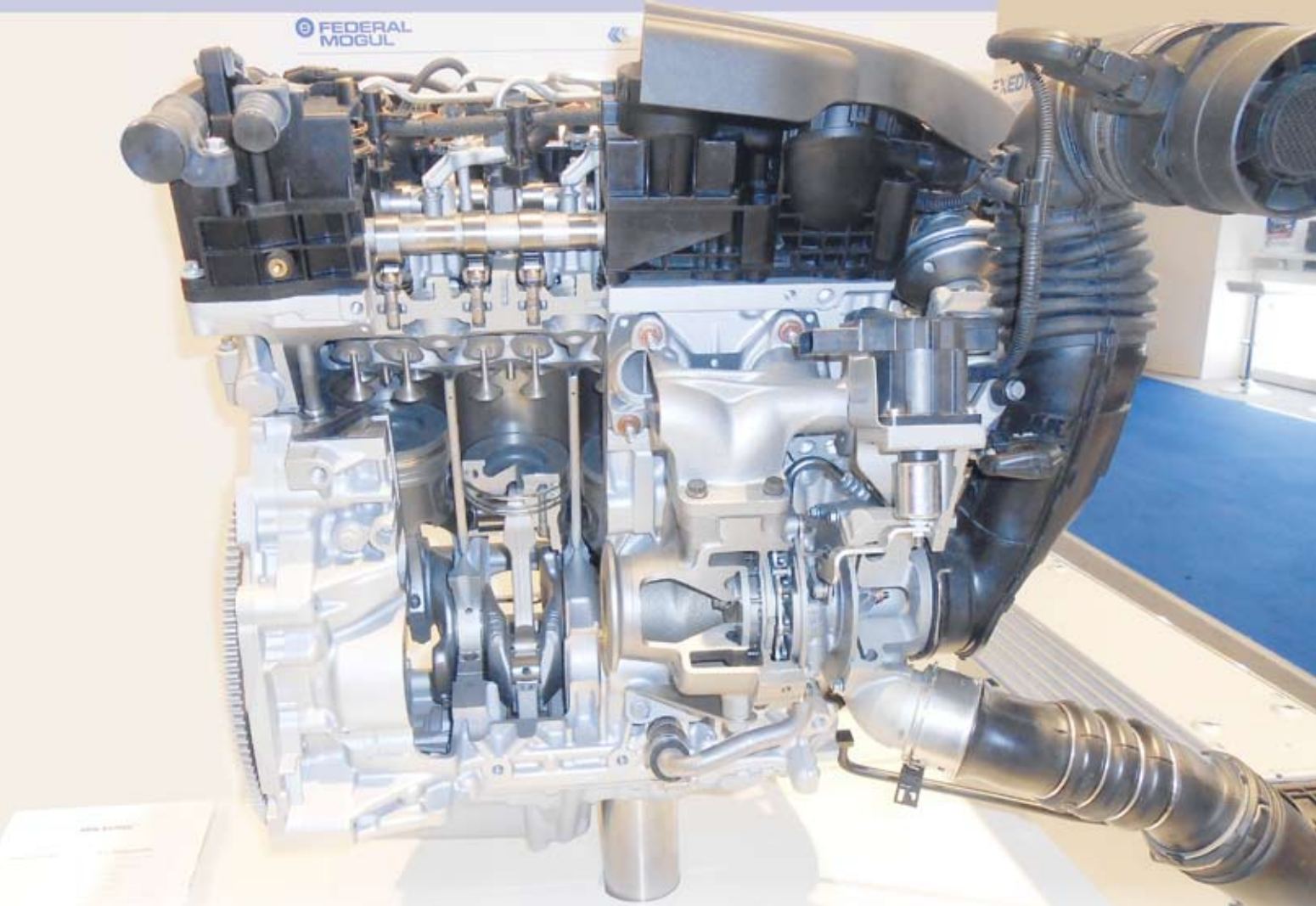


BMW N47 dízelmotor

1. rész

A BMW 2007 márciusában vezette be az N47-es kódú, 2 literes, 4 hengerű dízelmotort, ami a 8 éven át gyártott M47-et váltotta le. Az alapkoncepció nem sokat változott, de módosítottak a befecskendezésen, a hengerfej két részből áll, a motorblokk pedig alumínium lett. A szerkezeti módosításokon kívül a segédberendezések és mellékhajtások is átalakultak.

Az újítások a tüzelőanyagfogyasztás-csökkenést és teljesítménynövelést szolgálják. Eleinte két teljesítményszintben volt elérhető: a 118d-ben található 105 kW-os N47D20U0 kódú és a 120d-ben és 320d-ben található 130 kW teljesítményű N47D20O0 kódú motorral. Később megjelent egy két turbófeltöltős változat is, ami 150 kW teljesítmény leadására képes, motorkódja: N47D20T0. A motor tulajdonságai alapján sikerre született, de ezt beárnyékolta a 2011. márciusig gyártott motorok visszahívása vezérműlánc-problémák miatt. Folytatásos cikkünk első részében a motorcsalád főbb szerkezeti elemeit vesszük górcső alá.

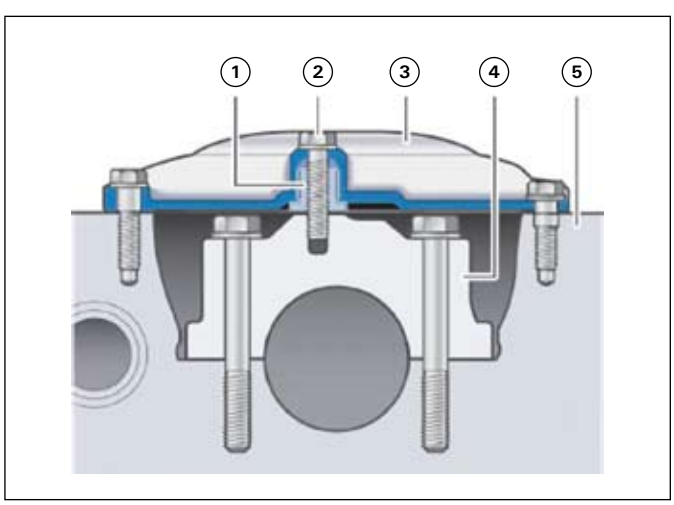
Motorblokk

Az N47 blokkja teljesen új fejlesztés, alumíniumötvözetből (AlSi8-Cu3) készült és „closed-deck" kialakítású. Azért választották a felül zárt megoldást, mert nagyobb merevséget biztosít, mint a nyitott kialakítás, ezáltal csökkenthető a hengerdeformáció és a vibráció. Az alumíniumötvözetek hátránya ugyanis a kisebb merevség, de a BMW mérnökei a tömegcsökkentést tartották elsődlegesnek, a merevséget pedig merevítőhéj segítségével és konstrukciós megoldásokkal javították. Az könnyűfém blokknak azonban a tömegén kívül más előnyei is vannak: jó a hővezetése, a kémiai ellenálló képessége és könnyebben megmunkálható, mint az öntöttvas. A kiegyenlítőtengelyek integráltak, a hüvelyek szürkeöntvényből készültek és termikus eljárással helyezték őket a blokkba. Költségi szempontok miatt a nyomás alatt lévő olajfuratok nagy részét előre öntötték. A forgattyúsház alján található az előbb említett merevítőhéj, amely a 3 középső főtengelycsapágynál van felerősítve a blokkra. Felszereléskor **(1. ábra)** először a távtartót kell becsavarozni a héjba. Fontos, hogy teljesen be legyen csavarva, ellenkező esetben ugyanis fennáll a héj sérülésének veszélye. A távtartó betekerése után a héjat a blokkon kell rögzíteni, majd a távtartót a csapágyfedél irányába meghúzni. Ezután kell rögzíteni a héjat a csapágyfedélhez. Ez a rendszer nagy merevséget biztosít, emellett olajterelő és olajvezető funkciót tölt be, valamint az olaj- és vákuumszivattyú is csatlakozik rá.

Műszaki adatok		
Motorkód	**N47D20U0**	**N47D20O0**
Hengerűrtartalom [cm³]	1995	1995
Hengerelrendezés	4 soros	4 soros
Gyújtási sorrend	1-3-4-2	1-3-4-2
Szelepek száma hengerenként	4	4
Furat/löket [mm]	84/90	84/90
Max. teljesítmény [kW]	105	130
Max. teljesítmény fordulatszáma [min⁻¹]	4000	4000
Max. nyomaték [Nm]	300	350
Max. nyomaték fordulatszáma [min⁻¹]	1750–2750	1750–3000
Sűrítési arány	16,0	16,0
Szívószelep-átmérő [mm]	27,2	27,2
Kipufogószelep-átmérő [mm]	24,6	24,6
Főtengely-nyugvócsapágy átmérő [mm]	55	55
Hajtórúdcsapágy-átmérő a főtengelyen [mm]	50	50
Motorirányítás	DDE7.0	DDE7.1

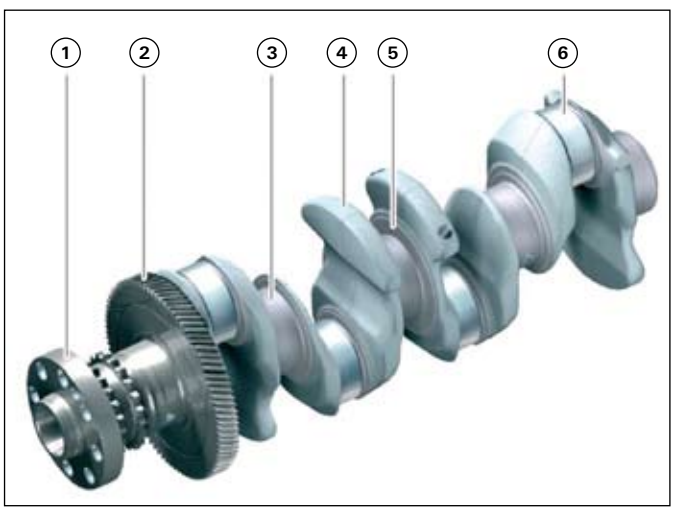
Forgattyús tengely

A forgattyús tengelyt szemügyre véve **(2. ábra)** két érdekességet is találhatunk. Az egyik, hogy páratlan számú ellentömeg található rajta, a másik, hogy a vezérműlánc a kihajtóoldalon található. Azért alkalmaztak 5 ellentömeget, mert a kiegyenlítőtengelyeket hajtó fogaskerék elfoglalja az egyik sonka helyét. Az ellentömegeket úgy alakították ki, hogy necsak a forgó, hanem az oszcilláló



1. ábra: a héj felszerelése. 1 – távtartó, 2 – főtengelycsapágyház-csavar, 3 – merevítőhéj, 4 – főtengelycsapágy alsó háza, 5 – forgattyús ház

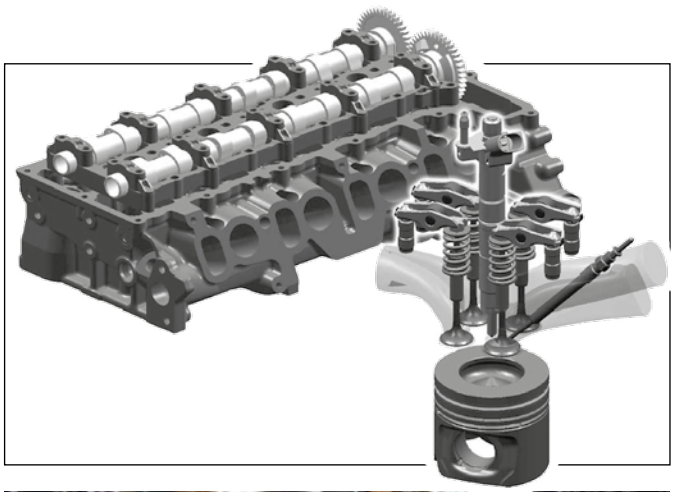
tömegerők egy részét is kiegyenlítse. A tengelyt kovácsolással formálják alakra, melynek nagy előnye az öntött tengelyekhez képest, hogy jobb merevségi és rezgési tulajdonságokkal rendelkezik, amire az alumíniumblokk miatt szükség is van. Az elődnek megfelelően minden henger forgattyúja két oldalról csapágyazott, ezért 5 főtengelycsapágy található, de az M47-tel ellentétben az N47-nél a 3. csapágy látja el a támcsapágy szerepét (a kedvezőbb hőtágulási viselkedés miatt), amely tengelyirányban rögzíti a főtengelyt. A csapágyak számozása értelemszerűen a kihajtás fele növekszik. A csapágycsészék trimetál típusúak, azaz 3 különböző anyagból készült rétegből állnak: acél támasztóhéj, átmeneti réz-alumínium ötvözet és fehérfém bélés. A fehérfém ón vagy ólomötvözet, amely a tulajdonságai javítására kis mennyiségben rezet, nikkelt, kadmiumot is tartalmazhat. A járművekben ónötvözeteket alkalmaznak, mivel jobb a teherbíró- és korrózióálló képessége, az ólomötvözeteket a motorolaj savtartalma megtámadja. A fehérfémek lágyak, ezért jó a beágyazóképességük, a bejáródási hajlamuk alkalmazkodó-képességük, a szükségfutási tulajdonságaik, de kis szilárdságuk miatt tömör csapágyak nem készíthetők belőlük. A főtengely alsó csapágyházainak pontos illeszkedése a felső részhez elengedhetetlen a megfelelő működéshez, ezért általában illesztőcsapokkal

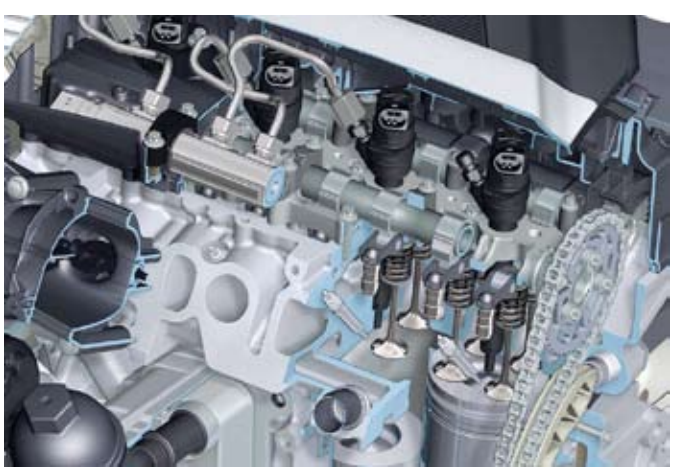


2. ábra: a forgattyús tengely. 1 – kihajtás a váltó irányába, 2 – kiegyenlítőtengelyeket hajtó fogaskerék, 3 – főtengelycsapágy, 4 – kiegyenlítő súlyok, 5 – főtengelytámcsapágy, 6 – hajtórúdcsapágy

vagy hornyokkal látják el őket, ha azonos anyagból készülnek, akkor lehetséges az is, hogy (akárcsak a hajtórudakat) repesztéssel eltörik. A BMW egy új technológiát fejlesztett ki a pozicionálásra, amit először az M67TU kódú motorban alkalmaztak. A gyártás során olyan mintát munkálnak az érintkező felületekre, amely a főtengelycsapágy csavarjainak meghúzásakor hossz- és keresztirányban is pozicionálják és támasztják az alsó csapágyházat. A főtengely tulajdonságait táblázatban összesítettük.

A főtengely adattáblája	
Anyag	37Cr4By
Gyártás	kovácsolás
Főtengelycsapágy-átmérő [mm]	55
Hajtórúdcsapágy-átmérő [mm]	50
Csapok elékelése [°]	180
Ellentömegek száma	5
Főtengelycsapágyak száma	5
Támcsapágy helye	3

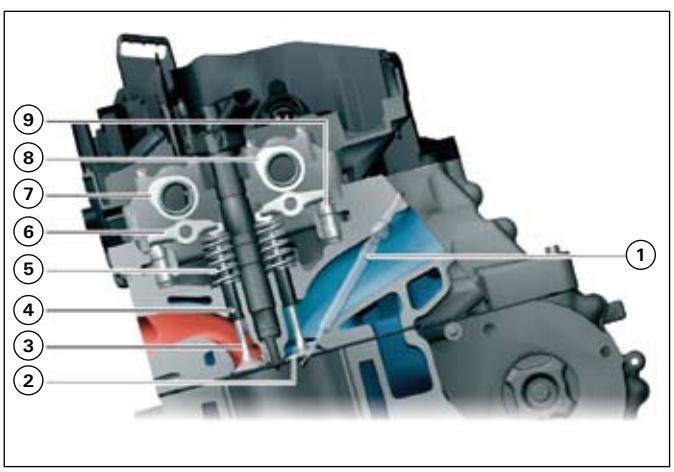




3. ábra: a hengerfej (beszerelt vezérműtengelyekkel) és a szívó- és kipufogójáratok, szelepmechanizmusok és a befecskendező

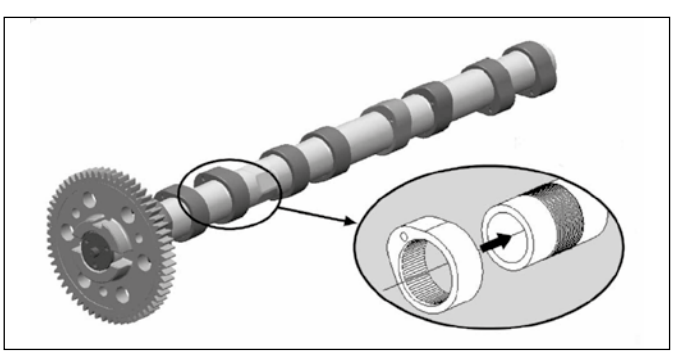
Hengerfej

A hengerfej (3. és 4. ábra) két darabból készült, anyaga AlSi7MgCu0.5. Az N47 hengerfejének érdekessége, hogy tartalmazza az EGR-járatokat és a szelepek a henger tengelyével párhuzamosan helyezkednek el. A korszerű dízeleknek megfelelően a két szívócsatorna eltér egymástól: az egyik egy úgynevezett „swirl csatorna", melynek kis fordulaton van nagy szerepe, amikor a beszívott levegő a hengertérben nem tud elég nagy turbulenciát létrehozni, ebben segít a „swirl csatorna" kialakítása, ami révén nagyobb turbulencia érhető el, ezzel javítható a károsanyag-kibocsátás. A másik csatorna tangenciális csatorna, ami nagy motorfordulatszám és -terhelés tartományban játszik nagy szerepet. A két kipufogójárat a hengerfejben egyesül. A vezérműtengelyek külön egységben találhatók a könnyebb szerelhetőség érdekében. Ez a tartó $AlSi_9Cu_3$(Fe) ötvözetből készült. A vezérműtengelyek a Presta-módszer szerint kialakított kompozittengelyek **(5. ábra)**, melyek egy csőtengelyből, a bütykökből és a fogaskerékből állnak. Így 40%-os tömegcsökkenést értek el a hagyományos tengelyekhez képest, ami fogyasztáscsökkenést, kedvező rezgési és zajkibocsátási tulajdonságokat biztosít. A tömegcsökkenésen kívül nagy előnye, hogy minden részelem a feladatának legjobban megfelelő anyagból készülhet és gyártása is gazdaságosabb. A Presta-módszer lényege, hogy hengerléssel létrehoznak egy szélesebb csőrészt a csatlakozásnál, és radiális irányú profillal látják el, amely segítségével a megfelelő helyzetben helyezhetők rá a

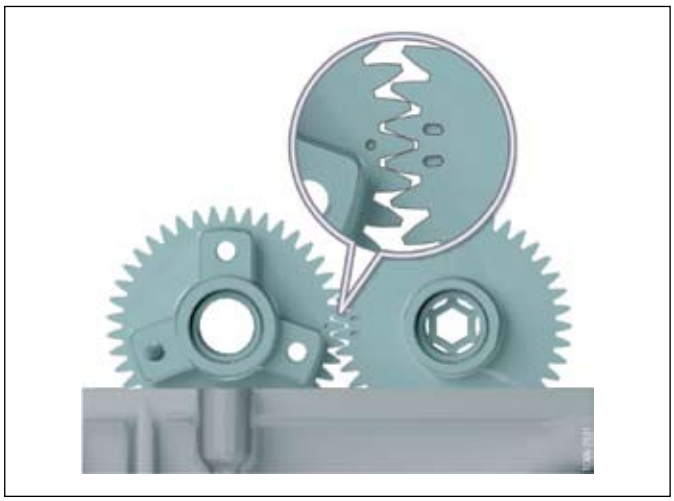


4. ábra: a hengerfej és az égéstér metszeti képe. 1 – izzítógyertya, 2 – szívószelep, 3 – kipufogószelep, 4 – szelepvezetés, 5 – szeleprugó, 6 – görgős himba, 7 – kipufogószelep-vezérműtengely, 8 – szívószelep-vezérműtengely, 9 – hidraulikus szelephézag-kiegyenlítő

bütyökgyűrűk és a fogaskerék, úgy hogy azután ne tudjanak elmozdulni. A vezérműtengely-érzékelőt a szívószelep-vezérműtengely fogaskerekébe integrálták, és erre a fogaskerékre csavarozható fel a lánckerék is. A tengelyek szerelésekor a fogaskerekeken található jelek megfelelő beállítására kell ügyelni **(6. ábra)**. A vezérműtengely bütykei a görgős himbával vannak kapcsolatban. A himbát teljesen újratervezték, így 14%-kal könnyebb lett elődjénél. A hidraulikus szelephézag-kiegyenlítő működését a **7. ábra** mutatja be: amikor a bütyök lenyomja a himbát, hogy nyissa a szelepet, akkor erőt fejt ki a 2-es számú dugattyú 10-es számmal jelölt félgömb végére. Ennek az erőnek hatását tompítja a

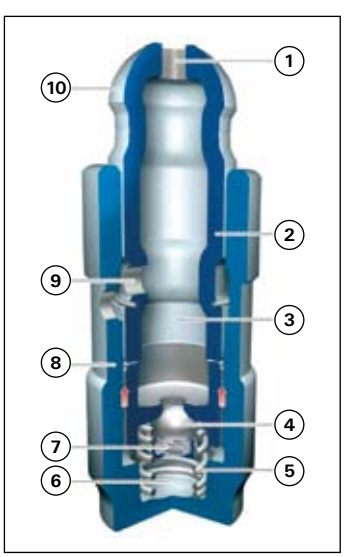


5. ábra: az N47 Presta módszerrel kialakított kompozit vezérműtengelyei



6. ábra: a vezérműtengely-fogaskerekeken található jelek, melyeket szereléskor figyelembe kell venni

6-os számmal jelzett olajkamra, az állandó nyomású hengerben (8). A folyamat során nagyon kevés olaj távozik a dugattyú és a henger között. Ezt az ábrán a piros nyilak jelölik. Azzal, hogy olaj távozik a kamrából, csökken az ellenerő, és a szelepnyitási löket során előfordulhatna, hogy a fej (10) és a himba között megszűnik a kapcsolat. Ennek elkerülésére csavarrugót (5) alkalmaznak, ami felfele nyomja a dugattyút (2). Ez vákuumhatást fejt ki a nyomáskamrában (6), amely eredményeként a 4-es számú szelepgolyó elmozdul az ülékéről, mivel a nyomáskülönbség legyőzi a 7-es szeleprugó erejét, így a kamra ismét feltöltődhet olajjal a tartályból (3). Amikor a nyomáskamra eléri a legnagyobb térfogatát, a vákuumhatás megszűnik, a nyomás kiegyenlítődik és a szelepgolyó ismét letömít. Minden szelepnyitáskor és -záráskor ez a folyamat játszódik le. A **8. ábrán** egy beszerelt állapotban lévő szelep látható. Az N47 szívószelepjei monometal szelepek, azaz egy anyagból készültek, a kipufogószelepek azonban bimetál szelepek, vagyis a szeleptányér és a szár más anyagból készült. A tányérnak nagy hőterhelhetőségűnek kell lennie, ezért nikkelötvözetből ($NiCr_{20}TiAl$) készül, a szárnál pedig a mechanikai terhelés a meghatározó.
A hengerfejcsavarokat 5 lépésben kell meghúzni: 70 Nm, 180 fokkal visszaereszt, 50 Nm, 120 fok, 120 fok.

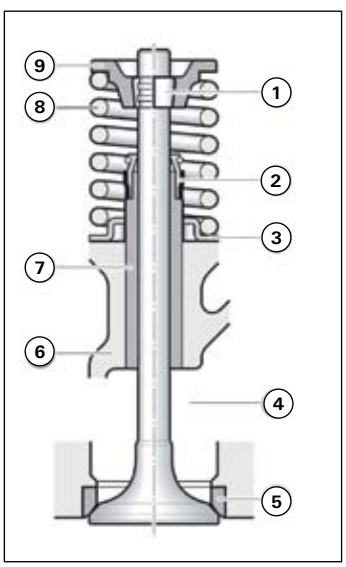


7. ábra: a hidraulikus szelephézag-kiegyenlítő metszeti képe és működése.

1 – furat,
2 – dugattyú,
3 – olajtér,
4 – szelepgolyó,
5 – dugattyúrugó,
6 – nyomáskamra,
7 – szelepgolyórugó,
8 – nyomáshenger,
9 – olajellátás,
10 – félgömbfej

Hajtórúd és dugattyú

A hajtórúd C70-es anyagból készült süllyesztékes kovácsolással. A dugattyúcsaphoz csatlakozó kis szem nem állandó szélességű, felfele szűkül, vagyis trapéz alakú a keresztmetszete. A trapéz alaknak köszönhetően elhagyható az olajozófurat a kis szemnél, ezáltal a szilárdsági tulajdonságok nem romlanak a hagyományos kialakításhoz képest. Az alsó szemet a szerelhetőség érdekében töréses eljárással választják szét. A töréses eljárás nagy előnye a nagyon pontos illeszkedés- és hogy nem igényel utómegmunkálást, viszont ha szereléskor nem jól párosítják őket össze, vagy fordítva próbálják összeilleszteni, akkor megrongálódik a törési felület, és a csapágy nem a megfelelő pozícióban lesz. Ilyen esetben a hajtórudat cserélni kell. Az N47 hajtórúdcsavarjait minden bontás után újakra kell cserélni. A BMW előírja, hogy a csapágyhézagot műanyag szállal (Plastigauge1) mérjük meg, ehhez a régi hajtórúdcsavarokat használjuk. Az új csavarokat két lépcsőben 20 Nm + 70 fok kell meghúzni.



8. ábra: szelepbeépítés.

1 – szelepék,
2 – szelepszár-szimmering,
3 – alsó szeleprugó-tányér,
4 – szívó/kipufogó csatorna,
5 – szelepülék,
6 – hengerfej,
7 – szelepvezetés,
8 – szeleprugó,
9 – felső szeleprugó-tányér

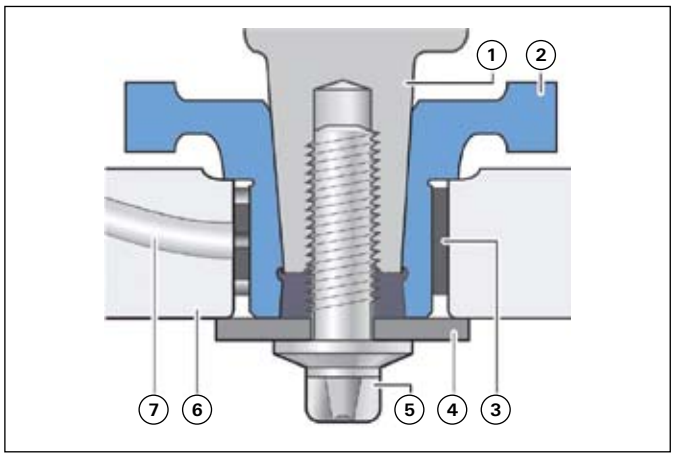
A BMW minőség iránti elkötelezettségét mutatja, hogy 25 csoportba sorolják a legyártott hajtórudakat a tömegük szerint: 5 csoportra a kis szem tömege és 5 csoportra a nagy szem tömege alapján is ± 2 g toleranciával. Így elérhető, hogy az egy motorba épített hajtórudak ± 4 g-on belül vannak.
A dugattyú **(. ábra)** alumínium-szilícium ötvözetből készült, mint a többi BMW dízelmotorban és hasonlít az elődben (M47TU2) alkalmazott dugattyúra, de a kompressziómagassága és a teljes hossza is nagyobb.

Kiegyenlítőtengelyek

Manapság egyre nagyobb szerepet kap a tervezés során az akusztika és vibráció, a legkisebb zavaró tényezőt is próbálják kiszűrni, ezért az olyan prémiummárkáknál, mint a BMW, presztízsjelentőséggel bír az autó NVH (Noise-Vibration-Harshness) értéke. Ennek jegyében az N47 a második dízelmotorja a BMW palettáján, amelyiket kiegyenlítőtengelylyel szereltek, ráadásul az M47-tel ellentétben a tengelyt integrálták a blokkba **(9. ábra)**. Jól látható, hogy a tengelyek fogaskerekeinek átmérője fele a hajtó fogaskerék átmérőjének, tehát a másodrendű erőket hivatottak kiegyenlíteni. Ahhoz, hogy xDrive hajtásláncú modelleknél is alkalmazhatók legyenek, a tengelyeket a motor eleje felől lehet ki- és beszerelni. A rögzítést a **10. ábra** mutatja. A fogaskerekek oldható (kú-

9. ábra: az elődden ellentétben az N47 kiegyenlítőtengelyeit a forgattyús házba integrálták

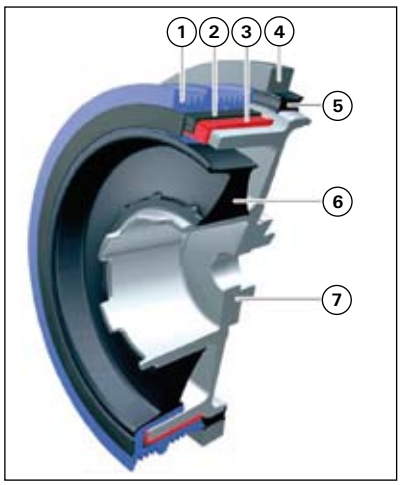
pos illesztés csavarkötéssel) illesztéssel kapcsolódnak a tengelyekhez, hogy könnyen kivehetők legyenek kis szerelőnyílásokon is, annak ellenére, hogy forgattyús házba integrálták őket. Az ágyazáshoz tengelyenként két görgőscsapágyat alkalmaztak, melyek kenését a motorolaj szolgálja olajozófuraton keresztül. Ahhoz, hogy a tömegerők kiegyenlítése megtörténjen, a két tengelynek egymással szemben kell forognia, ezért az egyik tengely egy forgásirány-fordító fogaskeréken keresztül kapcsolódik a főtengelyen elhelyezett meghajtó kerékhez.



10. ábra: a kiegyenlítőtengelyek fogaskerekeinek rögzítése. 1 – kiegyenlítőtengely, 2 – fogaskerék, 3 – persely, 4 – alátét, 5 – csavar, 6 – forgattyús ház, 7 – olajozójárat

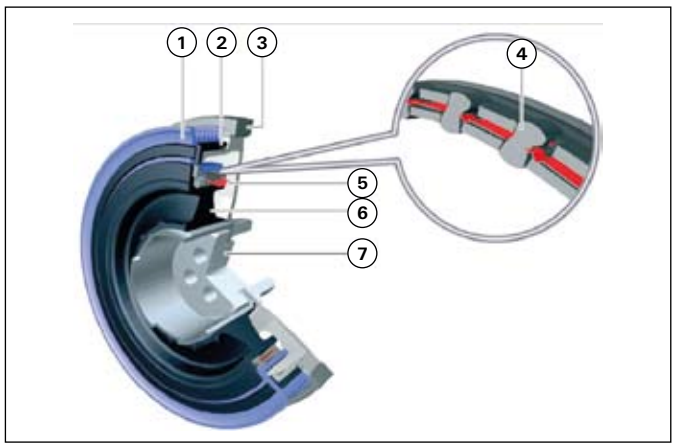
Lengéscsillapító- hosszbordásszíjtárcsa

A főtengely terhelésének és a hajtáslánc többi elemének kímélése érdekében a vibráció csökkentését a kiegyenlítőtengelyeken kívül a kettős tömegű lendkerék és a lengéscsillapítóval ellátott főtengelyszíjtárcsa végzi. A kettős tömegű lendkerekekről már sokszor esett szó, ezért most az egyre jobban terjedő szíjtárcsamegoldást szeretném részletezni, mivel ez az alkatrész az idősebb járműveken nem igényelt karbantartást, viszont a lengéscsillapítós kivitelek ma már egyre inkább a kettős tömegű lendkerékre hasonlítanak. A **11. ábrán** az automata váltóval szerelt modellekben alkalmazott tárcsa látható: az agyrész (7) és az inerciagyűrű (4) között található a vulkanizált csillapító, amely egy kis relatív szögelfordulást tesz lehetővé, ezzel csökkentve a főtengely vibrációját és a szíjjal hajtott segédberendezések terhelését. A szíjtárcsa sem mereven kapcsolódik az agyhoz, mivel egy leválasztó gumi van köztük, amely a csillapítónál nagyobb elmozdulást engedélyez. A tárcsa siklócsapágy-ágyazású az agyon. A manuális vagy kézi váltóval szerelt modellekben alkalmazott szíjtárcsa eltér ettől **(12. ábra)**! Azok a tárcsák szabadonfutóval rendelkeznek, ami eredményeképp a járásegyenetlenségből adódó lengések teljesen kiszűrhetők, amikor a motor egy cikluson belül éppen féküzemben van és lassítaná a tárcsát. Ezzel is csökkenthető az alkatrészek terhelése. A két tárcsa ránézésre is megkülönböztethető, mivel az automata váltóhoz szerelt tárcsa 1 csavarral van a főtengelyre rögzítve, a szabadonfutós pedig 4-gyel.



11. ábra: az automata váltóval szerelt modellekben alkalmazott lengéscsillapító.

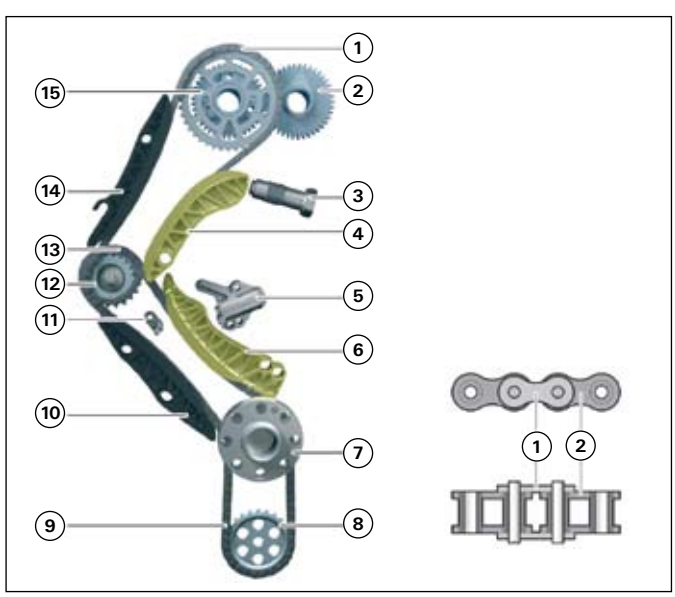
1 – szíjtárcsa,
2 – vulkanizált réteg,
3 – siklócsapágyazás,
4 – inerciagyűrű,
5 – csillapítógumi,
6 – elválasztógumi,
7 – agy



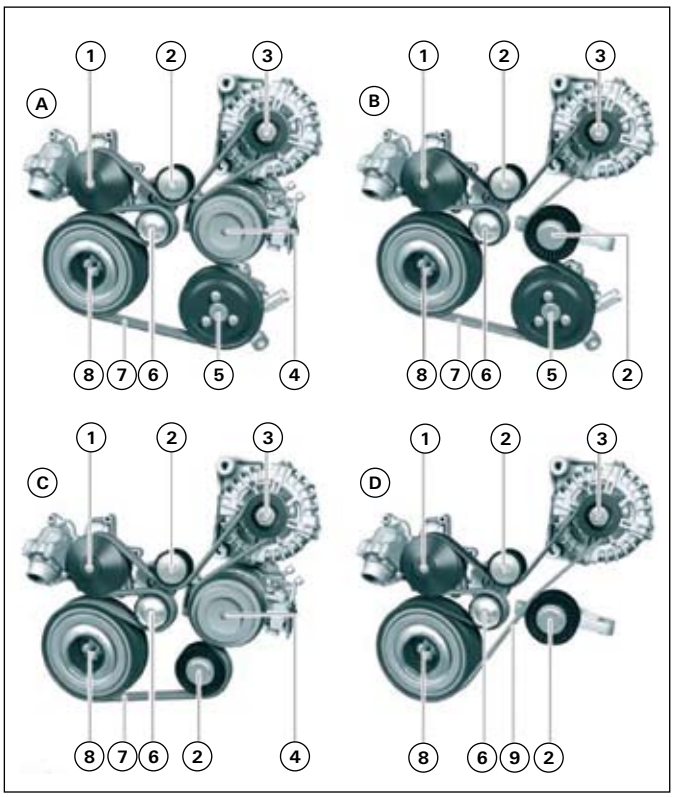
12. ábra: a kézi váltóval szerelt modellekben alkalmazott lengéscsillapító. 1 – szíjtárcsa, 2 – vulkanizált réteg és siklócsapágy, 3 – inerciagyűrű, 4 – bilincs, 5 – szabadonfutó, 6 – csillapítógumi, 7 – agy

Lánchajtás

Amint már a bevezetőben is említettem, ez a motor egyik kényes pontja. A **13. ábrán** látható a lánchajtásrendszer. Sok ügyfél tapasztalhatta, hogy alig 100 ezer km megtétele után hangos kaparó, súrlódó zaj hallatszik a motorból, ami az utastérből is hallható. Az ok a lánckerék kopása és a lánc nem megfelelő futása a vezetőkön. A visszahívások két esetre oszthatók: az első eset a 2007. 03. 01-től 2009. 01. 05-ig gyártott N47, N47DK0, N47S kódú motorok esetén a forgattyús tengely a csapágycsészékkel (11 21 7 803 479) együtt cserélendő, emellett még cserélendő: olajszivattyút hajtó lánc, alsó lánc, nagynyomású CR-szivattyú lánckerék, fogaskerék a kiegyenlítőtengelyekhez, felső lánc, felső feszítő és vezetősín.



13. ábra: a vezérműlánc és hajtásrendszere. 1 – felső lánc, 2 – kipufogószelep-vezérműtengely fogaskerék, 3 – felső láncfeszítő, 4 – felső feszítősín, 5 – alsó láncfeszítő, 6 – alsó feszítősín, 7 – forgattyús tengely, 8 – olaj/vákuumpumpa lánckerék, 9 – olaj/vákuumpumpát hajtó lánc, 10 – alsó vezetősín, 11 – olajozófúvóka, 12 – nagynyomású tüzelőanyagszivattyú-lánckerék, 13 – alsó lánc, 14 – felső vezetősín, 15 – szívószelep-vezérműtengely lánckerék



14. ábra: lehetséges szíjhajtás-kialakítások. A – klímakompresszor és hidraulikus szervoszivattyú esetén, B – hidraulikus szervoszivattyúval és klímakompresszor nélkül szerelve, C – klímakompresszorral és elektromos kormányszervóval szerelve, D – klímakompresszor nélkül és elektromos kormányszervóval szerelve, 1 – hűtőfolyadék-szivattyú, 2 – vezetőgörgő, 3 – generátor, 4 – klímakompresszor, 5 – hidraulikus szervoszivattyú, 6 – feszítőgörgő, 7 – két oldalon bordázott poly-V szíj, 8 – lengéscsillapító, 9 – egy oldalon bordázott szíj

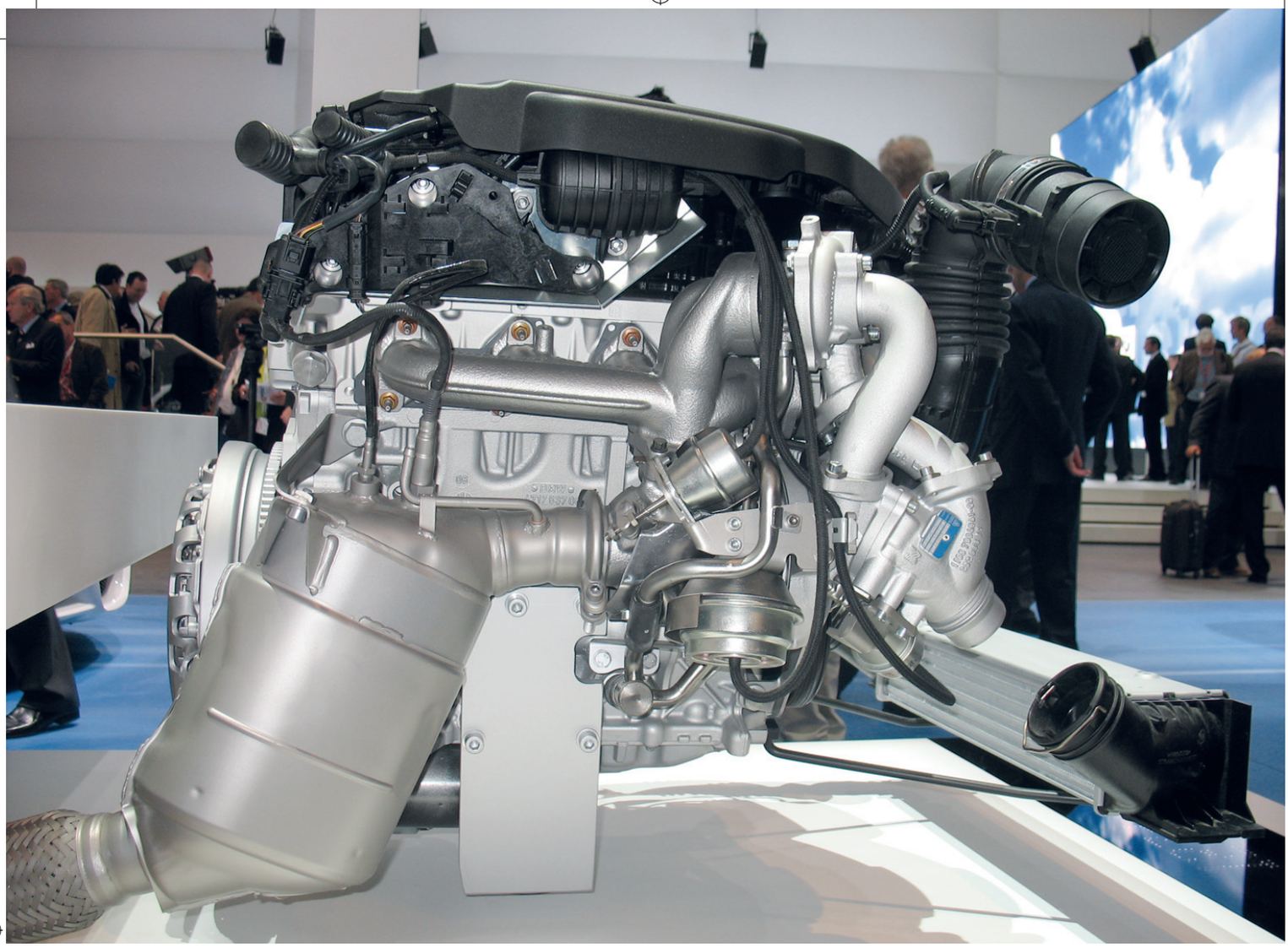
Ha 2009. 01. 05 és 2011. 03. 01. között gyártott motorról (N47, N47DK0, N47S, N47T) van szó, vagy a forgattyústengelyt már 2009. 01. 05 után gyártottra cserélték, akkor a következő alkatrészek cseréje szükséges: alsó lánc, nagynyomású CR-szivattyú lánckerék, felső lánc, felső feszítő és vezetősín.
A 2011. március után gyártott motorok módosított vezetősínekkel jöttek le a futószalagról, így azoknál már nem fordult elő ez a probléma.

A hosszbordás szíj és a segédberendezések

A segédberendezések (generátor, hűtőfolyadék-szivattyú, klímakompresszor és szervoszivattyú) hajtására poly-V szíjat alkalmaznak. Ha a jármű klímakompresszorral van szerelve, akkor (és csak akkor!) mindkét oldalán bordás szíjat használnak, mivel így kompaktabb lehet a szíjhajtás (minden segédberendezés egy oldalon van, nagyobb a tervezői szabadság és elhagyható egy terelőgörgő is. A jármű felszereltségétől (légkondicionáló, elektromos kormányszervo) függően 4-féle kialakítás lehetséges **(14. ábra)**. Jól látható, hogy az egyik oldalán bordázott szíj esetében eggyel több vezetőgörgőt kell alkalmazni. A Z-típusú szíjfeszítő minden esetben ugyanott helyezkedik el a terheletlen oldalon. 350 N feszítőerőt produkál és súrlódásból származó csillapítással rendelkezik.

(Folytatjuk)

ŐRI PÉTER



BMW N47 dízelmotor

2. rész

Az előző számunkban bemutattuk a BMW N47 dízelmotor főbb szerkezeti elemeit, most pedig a működéshez szükséges részrendszerek felépítését és működését mutatjuk be. Itt kitérünk a kenő-, hűtő-, tüzelőanyag- és elektromos rendszerre, valamint egy külön fejezetben részletezzük a 150 kW-os N47 TOP motoron alkalmazott módosításokat.

A kenés

Az N47 olajkörének elvi rajza az **1. ábrán** látható. A motorolajat a szivattyú szűrővel ellátott szívócsövön keresztül veszi fel az olajteknőből. A szivattyú a merevítőhéjon van rögzítve. Elődeivel ellentétben az N47-nél fogaskerekes olajszivattyút alkalmaztak **(2. ábra)**, a főtengelyről lánccal hajtják, az áttétel 21:25 (főtengely:olajpumpa). Egy fordulat alatt 16 cm^3 olajat szállít. A rendszer következő eleme a nyomásszabályozó szelep, ami 3,7 bar nyomás felett kinyit és nem engedi tovább nőni a nyomást a rendszerben. Erre főleg indítás után, hideg olajnál van szükség. A szabályozó felső kamrájába szűretlen olaj érkezik a pumpától, az alsóba pedig az olajszűrőből érkezik olaj. A vezérlő dugattyú helyzetét az előállított olajnyomás és a szabályozó tekercsrugójának egyensúlya határozza meg. Azért használják az olajszűrő előtti és utáni nyomást is vezérlésnek, mert:

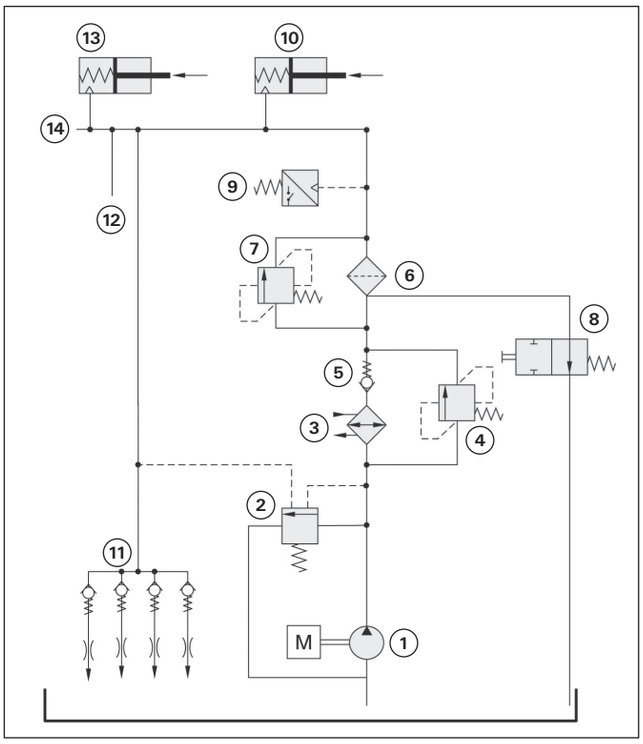
- ha csak az olajpumpa utáni nyomást vennék alapul, akkor – főleg hideg olaj esetében – előfordulhat, hogy az olajszűrő fojtása miatt megnövekszik a nyomás a szűrő előtt, így a szelep hamarabb kinyitna, mintsem a rendszerben meglenne a szükséges olajnyomás, de
- ha csak a szűrő utáni nyomást venné figyelembe a szabályzás, akkor megtörténhet, hogy a pumpa és a szűrő között olyan nagy nyomás alakul ki, amely rongálhatja a pumpát és a szűrőt is.

A két nyomás összegét használva elérhető, hogy indításkor ne léphessen fel túl nagy nyomás a rendszerben, ugyanakkor a kritikus alkatrészek megfelelő kenése is biztosított.

Az olajszűrő **(3. ábra)** megegyezik a többi BMW motoron található-val. A képen látható egységbe beletartozik

- a visszacsapószelep, melynek feladata az, hogy a motor leállításakor ne folyjon vissza az olaj a rendszerben, így indításkor hamarabb épülhet fel a megfelelő kenésállapot,
- az szűrőmegkerülő-szelep, ami akkor nyit ki, ha a szűrő előtti és utáni nyomás különbsége eléri a 2,5 bar-t, vagyis a szűrő eltömődött, vagy nagyon kicsi külső hőmérséklet esetén lehet az olaj viszkozitása olyan nagy, hogy működésbe hozza a megkerülőszelepet,

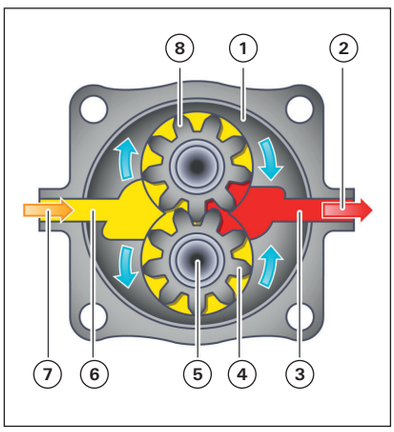
Autotechnika 2012_11-MaNo.indd 12 2012.11.22. 8:15:08



1. ábra: az olajkör felépítése, 1 – olajszivattyú, 2 – nyomáshatároló szelep, 3 – motorolaj/hűtőfolyadék hőcserélő, 4 – hőcserélő-megkerülőszelep, 5 – visszacsapószelep, 6 – olajszűrő, 7 – olajszűrőmegkerülő-szelep, 8 – olajszűrőleeresztő-szelep, 9 – olajnyomáskapcsoló, 10 – alsó láncfeszítő, 11 – dugattyúhűtő szelep, fúvókák, 12 – forgattyúsház kenési pontjai, 13 – felső láncfeszítő, 14 – hengerfej kenési pontjai.

– a leeresztőszelep, ami a szűrő kiemelésekor megnyit egy visszafolyó csatornát, így a szűrőház is leürül. Amíg a szűrő a helyén van, addig egy tömítéssel ellátott dugattyú zárja el a járatot.

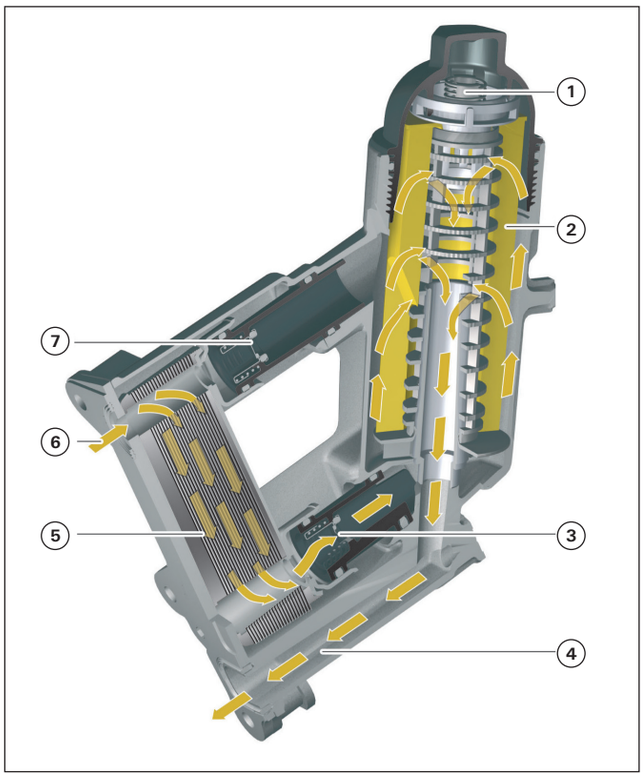
A nagy teljesítmény nagy hőterheléssel jár, ami a motorolajat is érinti, ezért egy olaj/hűtőfolyadék hőcserélőt alkalmaznak az olaj hőmérsékletének szabályozására. A túlmelegedés elkerülése mellett a motor felmelegedési fázisában is fontos szerepe van, hiszen segíti az olaj gyors felmelegedését, így hamarabb eléri az üzemi hőfokát. A hőcserélőnek is van egy megkerülőszelepe, ami 2 bar nyomáskülönbség esetén nyit ki, vagyis a hőcserélő eltömődésekor.



2. ábra: fogaskerekes olajszivattyú, 1 – szivattyúház, 2 – nagynyomású olaj, 3 – nyomástér, 4 – fogaskerék, 5 – hajtótengely, 6 – szívókamra, 7 – belépő olaj, 8 – fogaskerék

Vannak olyan alkatrészek is, melyek kenését olajszóró fúvóka végzi, az N47 esetében ezek a dugattyúk és a vezérműlánc. A lánc kenését egy 3 furattal ellátott műanyag egység végzi, ami a forgattyúsházra van csavarozva. A 3 furaton keresztül látja el olajjal a forgatytyústengelyt a nagynyomású tüzelőanyag-szivattyúval összekötő és a nagynyomású tüzelőanyag-szivattyút a vezérműtengellyel összekötő láncot. Szereléskor fokozottan ügyelni kell az olajozófúvókára, ha a lánc leesik a forgattyúsházba, károsíthatja az egységet. A dugattyú esetében **(4. ábra)** az olaj a hűtést szolgálja, ezért fontos a fúvóka megfelelő pozíciója, meghibásodás esetén pedig a dugattyú túlhevülésének elkerülése végett azonnal ki kell cserélni az elemet. A fúvóka pozicionálásához a BMW célszerszámot ajánl. Ez a fúvóka saját szeleppel rendelkezik, ami biztosítja, hogy csak akkor történik olajbefecskendezés a dugattyúra, ha a rendszerben minimum 1,2 bar nyomás van. Ennek több oka is van:

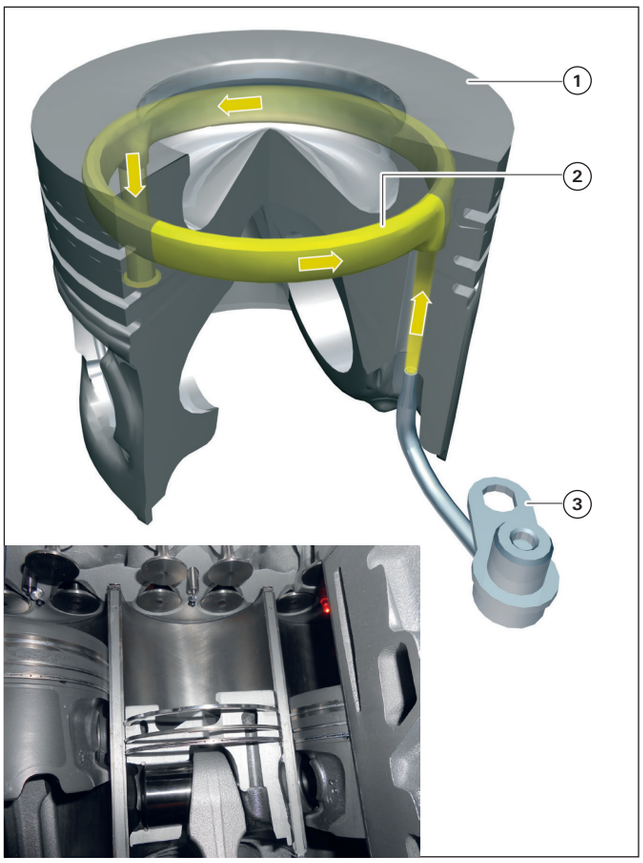
– ennél kisebb nyomás esetén az olaj nem érné el a dugattyú tetejét,
– alacsony rendszernyomás esetén fokozottan kell ügyelni a veszteségek csökkentésére, és ilyenkor a fontosabb kenési helyek prioritást élveznek,
– leállításkor ne távozzon olaj a rendszerből, indításkor pedig a prioritást élvező kenési pontok hamarabb kapjanak olajat.



3. ábra: az olajszűrő egység, 1 – olajszűrő-megkerülőszelep, 2 – olajszűrő, 3 – visszacsapószelep, 4 – fő olajcsatorna, 5 – motorolaj/hűtőfolyadék hőcserélő, 6 – szűretlen olajcsatorna, 7 – hőcserélőmegkerülő-szelep

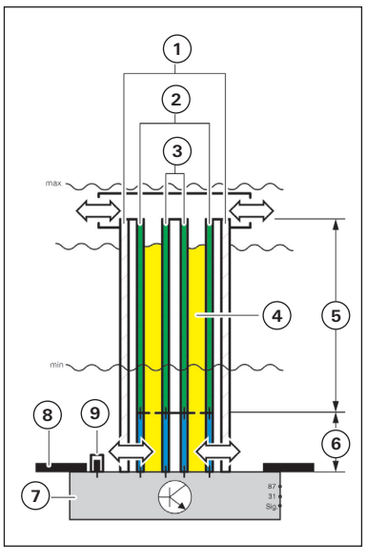
Az olajrendszer állapotát az egyszerű nyomáskapcsolón kívül egy elektromos olajállapot-szenzor **(5. ábra)** ellenőrzi. A szenzor két egymásra helyezett hengeres kondenzátorból áll. Az olaj minőségét az alsó kondenzátor segítségével ellenőrzi az elektronika. A 2-es és 3-as fémcsövek a kondenzátor fegyverzetei, az olaj pedig a két fegyverzet közötti szigetelőanyagként funkcionál. A szigetelés di-

Autotechnika 2012_11-MaNo.indd 13 2012.11.21. 14:32:47

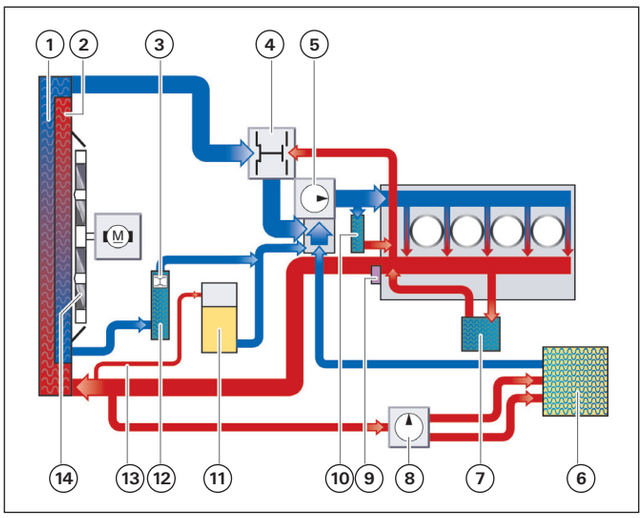


4. ábra: dugattyú hűtése motorolajjal, 1 – dugattyútető, 2 – dugattyú-hűtőcsatorna, 3 – olajozófúvóka

elektromos állandója meghatározható, ami azért fontos, mert az olaj elhasználódása során ez a tulajdonsága változik, ezáltal az elhasználódás mértéke nyomon követhető és egy kritikus szint elérése is vizsgálható. Az olaj szintjét pedig a felső kondenzátorral lehet vizsgálni, amit az olaj nem lep el teljes mértékben, de ahogy csökken a szint, fokozatosan csökken a kondenzátor „ellepettsége", ezáltal



5. ábra: olajminőség-ellenőrző,
1 – ház,
2 – külső fémcső,
3 – belső fémcső,
4 – olaj,
5 – olajszint-ellenőrző,
6 – olajminőség-érzékelő,
7 – szenzorelektronika,
8 – olajteknő,
9 – olajhőmérséklet-érzékelő

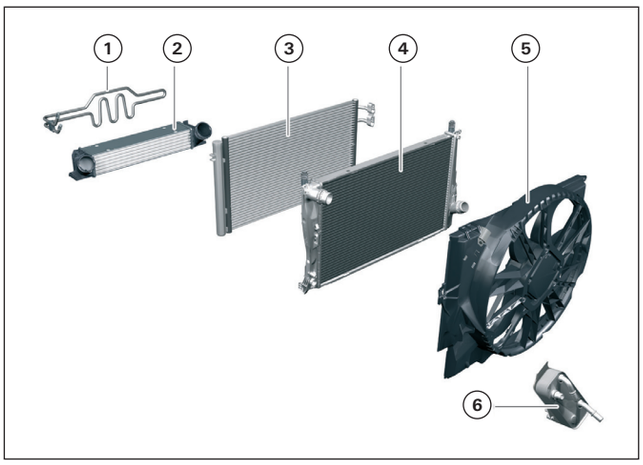


6. ábra: a hűtőkör felépítése, 1,2 – hűtőfolyadék-radiátor, 3 – váltóolajhűtő termosztát, 4 – termosztát, 5 – hűtőfolyadék-szivattyú, 6 – fűtőradiátor, 7 – motorolajhűtő, 8 – segéd hűtőfolyadék-szivattyú, 9 – hűtőfolyadékhőmérséklet-érzékelő, 10 – EGR-hűtő, 11 – kiegyenlítőtartály, 12 – váltóolajhűtő, 13 – légtelenítő vezeték, 14 – elektromos ventilátor

a kapacitása is. Ezt az elektronika érzékeli, így mindig pontos jelet tud adni az aktuális olajszintről. Ha a motorvezérlő egységet cseréljük vagy programozzuk az autóban, akkor nem lesz benne olajszintadat tárolva, így azt a hibát fogja jelezni, hogy a motorolajszint túl alacsony. Körülbelül 5 perc járatásra van szüksége a rendszernek, hogy a valós olajszintet mutassa, vagyis körülbelül 5 perc múlva a hibaüzenet megszűnik.

7. ábra: hűtőfolyadékhőmérséklet-szenzor és elhelyezkedése a motoron

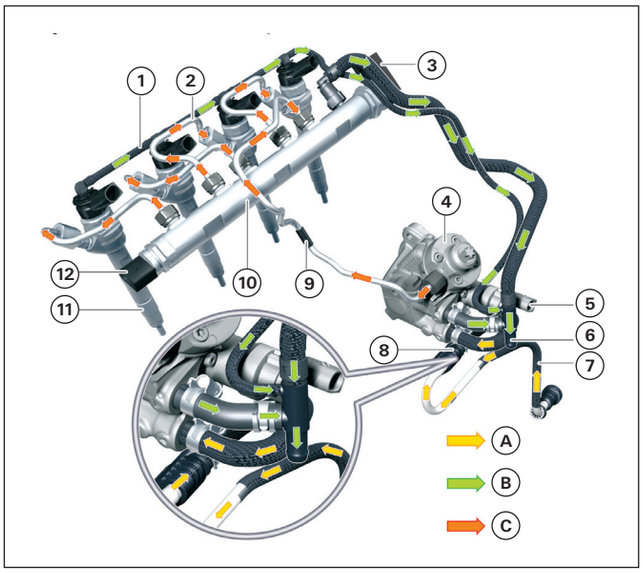
Autotechnika 2012_11-MaNo.indd 14 2012.11.21. 14:32:56



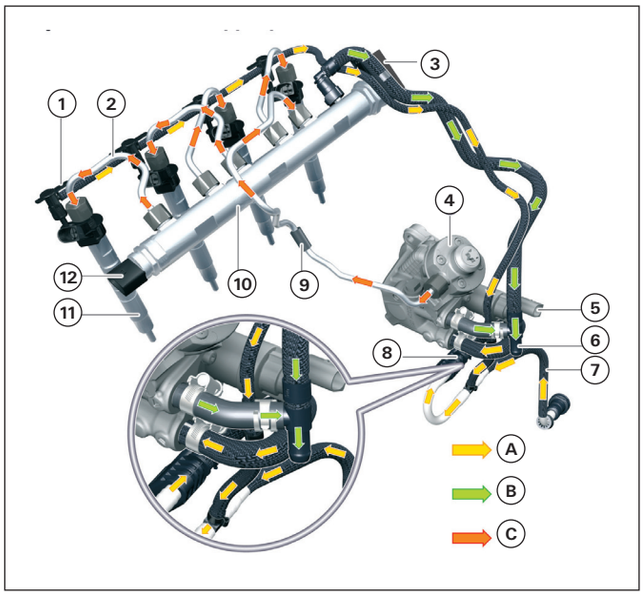
8. ábra: a hűtőmodul felépítése, 1 – szervoolajhűtő, 2 – töltőlevegő-visszahűtő, 3 – klímahűtő, 4 – hűtőfolyadék-radiátor, 5 – elektromos ventilátor, 6 – váltóolajhűtő

A hűtőrendszer

A hűtőrendszer elvi felépítését a **6. ábra** mutatja. A fejlesztők egyre nagyobb hangsúlyt fektetnek a motor termikus szabályozására – szokás termomenedzsmentnek is hívni – mivel az károsanyag-kibocsátási, tüzelőanyag-fogyasztási és motorkárosodási tulajdonságokat befolyásol. A rendszer hajtóeleme a hűtőfolyadék-szivattyú, melynek háza alumíniumötvözet ($AlSi_9Cu_3$), a járókerék és a termosztát háza pedig műanyagból készül. A járókerék ágyazása révén mindig történik egy minimális hűtőfolyadék-szivárgás, de ennek mértéke nem haladhatja meg a 800 mg/h értéket, ami azt jelenti, hogy 1 óra alatt kb. 1 cm átmérőjű nyomot hagyhat a kiszivárgott hűtőfolyadék az autó alatt. A termosztát a hűtőfolyadék-szivattyú egységre van rögzítve és hagyományos kivitelű, nem elektromosan vezérelt, csak a hűtőközeg hőmérsékletétől függ, mennyire van nyitva. A rendszerben van egy hűtőfolyadékhőmérséklet-szenzor **(7. ábra)**, ami összeköttetésben van az elektronikus vezérlőegységgel (DDE- Digital Diesel Electronics) és a hűtőventilátor, valamint a visszajelző bemeneti jelét határozza meg. Ellenállás-alapú szenzor, 5 V tápfeszültséget kap a DDE-tól és negatív hőmérséklet-együtthatójú: -40 °C-on 76 kΩ, +150 °C-on 42 Ω az ellenállása. A hűtőfolyadékszintet egy elektromos érzékelő figyeli, ami a kiegyenlítőtartályban lévő folyadék mennyiségét monitorozza, ha a 2,2 liter térfogatú tartályban a szint 0,4 literre csökken, akkor azt a műszerfalon jelzi. A már említett termomenedzsment felügyeleti kiterjedtségét jól mutatja a hűtőmodul **(8. ábra)**, ami magában foglalja a hűtőfolyadék radiátorát, a töltőlevegő-hűtőt, a klímahűtőt, a szervoolaj-hűtőt, a váltóolaj hűtőjét és az elektromos ventilátort. Három különböző ventilátort alkalmaztak jármű, teljesítményosztály és felszereltség függvényében: 300 W-os, 419 mm átmérőjű, 7 lapátos; 400 W-os, 488 mm átmérőjű, 6 lapátos; 600 W-os, 500 mm átmérőjű, 7 lapátos kivitelben.



9. ábra: 2. generációs BMW common rail rendszer, A – kisnyomású táp, B – visszafolyó ág, C – nagynyomású tér, 1 – résolajcső, 2 – nagynomású csövek az injektorokhoz, 3 – rail-nyomás szabályozó, 4 – nagynyomású tüzelőanyag-szivattyú, 5 – tüzelőanyag-mennyiség szabályozó szelep, 6 – visszavezetés a tankba, 7 – betáplálás a tankból, 8 – nyomás- és hőmérséklet-érzékelő, 9 – nagynyomású vezeték a szivattyútól a rail-ig, 10 – rail, 11 – szolenoid befecskendező-szelep, 12 – rail-nyomás érzékelő.

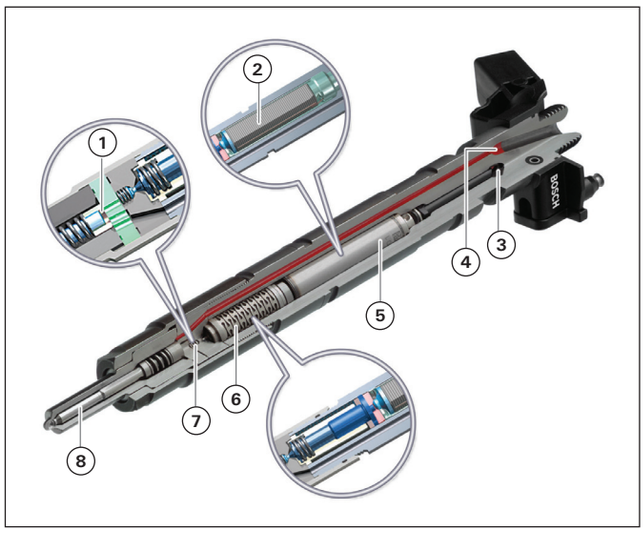


10. ábra: 3. generációs BMW common rail rendszer, A – kisnyomású táp, B – visszafolyó ág, C – nagynyomású tér, 1 – résolajcső, 2 – nagynyomású csövek az injektorokhoz, 3 – rail-nyomás-szabályozó, 4 – nagynyomású tüzelőanyag-szivattyú, 5 – tüzelőanyagmennyiség-szabályozó szelep, 6 – visszavezetés a tankba, 7 – betáplálás a tankból, 8 – nyomás- és hőmérséklet-érzékelő, 9 – nagynyomású vezeték a szivattyútól a railig, 10 – rail, 11 – piezo befecskendezőszelep, 12 – rail-nyomás-érzékelő

Tüzelőanyag-adagolás

Az N47-nél a BMW 2. és 3. generációs common rail rendszereit használták **(9. és 10. ábra)**. Az egydugattyús nagynyomású pumpa 1800 bar nyomás előállítására képes, ez az elem megegyezik a 2. és 3. generációban is. A pumpába integrált a tüzelőanyagtömegáram-szabályzó mágnesszelep, így a szivattyú részterhelésen,

Autotechnika 2012_11-MaNo.indd 15 2012.11.21. 14:33:04



11. ábra: a piezoinjektor felépítése, 1 – vezérlőkamra, 2 – piezoelem, 3 – nagynyomású tüzelőanyag-betáplálás, 4 – résolaj távozása, 5 – működtetőmodul, 6 – kapcsolómodul, 7 – kapcsolószelep, 8 – fúvókatű

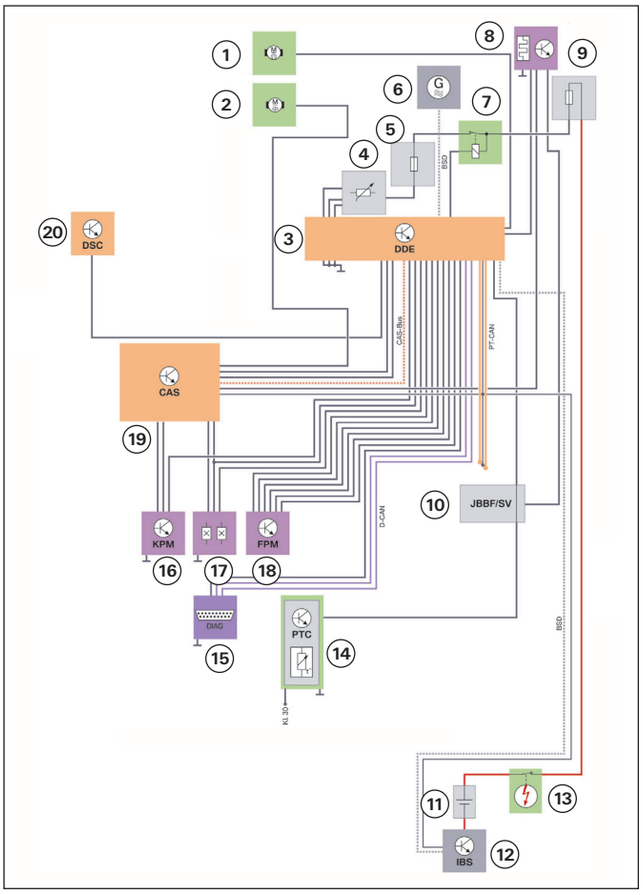
a kisebb bemenő tömegáram miatt kisebb nyomást fog előállítani, így próbálják csökkenteni a veszteséget. A mágneszelepet a motorvezérlő állítja. A „rail"-ben, vagyis a nagynyomású tárolóban is található egy szabályozószelep, ami a nyomást szabályozza. Mivel a pumpába épített szabályozás miatt a részterhelési szabályozás megoldottá vált, ezért ez a szelep leggyakrabban csak akkor lép működésbe, ha a járművezető hirtelen lelép a gázpedálról, valamint hidegindításkor, amikor a térfogatáram-szabályozó teljesen nyitva van, hogy a komprimálás miatt felmelegedett tüzelőanyag keringjen a rendszerben. A felmelegedést a tüzelőanyag-szűrő házába épített melegítő is segíti, amit a központi elektronika vezérel. A 105 és 130 kW-os modellek a befecskendezőszelepekben különböznek: a 105 kW-os verzióban egy 1600 bar befecskendezési nyomású, mágnesszelep-működtetésű befecskendező, a 130 kW-os verzióban pedig egy 1800 bar befecskendezési nyomású, piezokristályos injektor található.
A piezoinjektorokat 2005-ben vezette be a BMW az M67TU és M57TU2 motorokban, ugyanez az injektor található az N47-ben is. Felépítését a **11. ábra** mutatja. Az injektorból visszafolyó mennyiség a piezós esetében a nagynyomású pumpa elé kerül vissza, mivel a piezobefecskendező kapcsolószelepének kell egy minimális ellennyomás a megfelelő működéshez. Ez látható a **9. és 10. ábrán**, ahol a két rendszer felépítése látható.

Villamosenergia-ellátás

A **12. ábrán** a fedélzeti elektromos hálózat látható. A DDE (Digital Diesel Electronics) a CAS-ból (Car Access System) kapja a bekapcsoló jelet, mely után a DDE fő reléje a többi bemenetre is feszültséget ad. A DDE-ben lévő memória állandó tápellátást igényel, ezért a 30-as csatlakozóra is rá van kötve. Az akkumulátort az indítás után 3 perccel folyamatosan figyeli a vezérlőegység, akkor ad hibaüzenetet, ha kisebb, mint 2,5 vagy nagyobb, mint 24 V a feszültség. A DDE felel a generátor szabályozásáért is. Indításkor például nem engedi terhelni, hogy az indítómotornak kisebb ellenállást kelljen legyőznie. Az indítás során a generátor fordulatszáma 1200–1400 min^{-1}, a DDE pedig 2250 min^{-1}-nél kapcsolja be a generátort. Ha alapjáraton sok elektromos fogyasztó van bekapcsolva, akkor a fordulatszámesés elkerülése végett a generátort leszabályozza, így az akkumulátort használja ideiglenesen az energia pótlására, majd nagyobb terhelésen visszatölti, amit elhasznált. Teljes terhelésen 5 másodpercig leszabályozza a generátort, hogy ezzel is segítse a gyorsítási folyamatot. A töltőfeszültségnek 14,5 és 12,5 V között kell lennie, extrém esetekben ezek az értékek kicsit módosulhatnak: -30 °C-on 15,3–12,5 V-ra, 140 °C-on 14,8–11,6 V-ra.

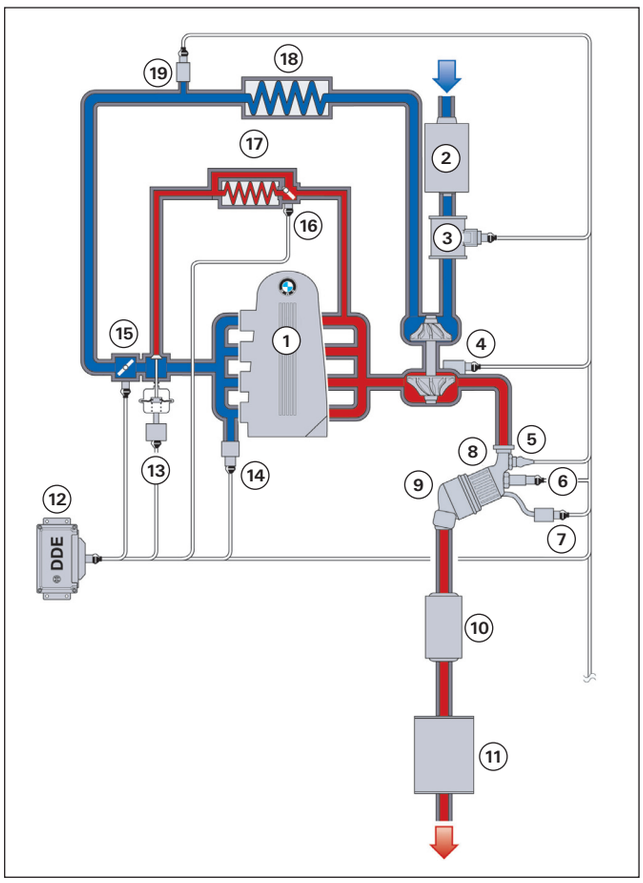
A szívó- és kipufogórendszer

A szívó- és kipufogórendszer felépítését a **13. ábra** mutatja. A szívórendszer újítása az elődökhöz képest a szívóhangot tompító egység a légszűrőháznál. A szigorodó károsanyag-kibocsátási normák miatt található pillangószelep a dízelmotor szívócsövében, melynek feladata a részecskeszűrő regenerálásakor a szívóág fojtása, hogy



12. ábra: a fedélzeti elektromos hálózat, 1 – elektromos ventilátor, 2 – indítómotor, 3 – Digital Diesel Electronics – DDE, 4 – Akkumulátor pozitív-potenciál elosztó, 5 – biztosítéktábla, 6 – generátor, 7 – DDE főrelé, 8 – tüzelőanyagszűrő-melegítő, 9 – külső indítás csatlakozópont, 10 – első, utasoldali csatlakozódoboz, 11 – akkumulátor, 12 – intelligens akkumulátorvizsgáló, 13 – biztonsági akkumulátorcsatlakozó, 14 – külső melegítő, 15 – diagnosztikai csatlakozó, 16 – tengelykapcsoló-modul, 17 – féklámpakapcsoló, 18 – gázpedálmodul, 19 – Car Access System – CAS, 20 – dinamikus stabilitásszabályozó

Autotechnika 2012_11-MaNo.indd 16 2012.11.21. 14:33:11



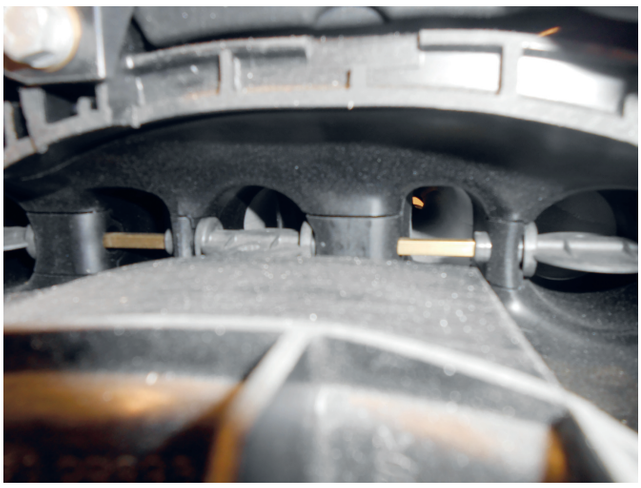
13. ábra: a szívó- és kipufogórendszer felépítése, 1 – N47 dízelmotor, 2 – légszűrő és hangtompító, 3 – forrófilmes légtömegmérő, 4 – turbófeltöltő, 5 – kipufogógázhőmérséklet-érzékelő, 6 – lambda-szonda, 7 – kipufogógázellennyomás-érzékelő, 8 – oxidációs katalizátor, 9 – DPF, 10 – középdob, 11 – hátsó dob, 12 – DDE, 13 – EGR-szelep, 14 – töltőnyomás-érzékelő, 15 – fojtószelep, 16 – EGR bypass- szelep (130 kW-os kéziváltós modelleknél), 17 – EGR-hűtő, 18 – töltőlevegő-visszahűtő, 19 – töltőlevegőhőmérséklet-érzékelő

elég nagy kipufogógáz-hőmérséklet legyen a regeneráláshoz. Mellékfunkciója a „gyújtás" levétele után a motor gyors, utánjárásmentes leállítása. A szívósorban minden második szelepnél van egy ún. „swirl-csappantyú" **(14. ábra)**. Feladata, hogy kis motorfordulatszámon nagymértékű örvénylés, perdület (swirl) legyen a hengertérben. A „swirl"-áramlás egy spirálszerű áramlás, melynek tengelye megegyezik a henger tengelyével. A hengerenkénti két szívócsatorna kialakítása ezért különbözik egymástól. Az egyik a perdületcsatorna, a másik a tangenciális csatorna. A csappantyúk elzárják a tangenciális csatornát, a levegőt a „swirl"-csatorna felé terelik, amelyből nagy turbulenciát okozva érkezik a levegő a hengertérbe. A csappantyúk 15 °C-os beszívott levegő- vagy hűtőfolyadék-hőmérséklet alatt nyitva maradnak. A mozgatásuk léptetőmotorral történik, amely PWM-vezérelt, a vezérlőjelet a DDE biztosítja. Érdekesség még a turbótöltő-kompresszorkerék előtti előperdítő **(15. ábra)**, ami a levegő belépési sebességének irányát igyekszik úgy módosítani, hogy a lehető legkisebb legyen a belépési veszteség.

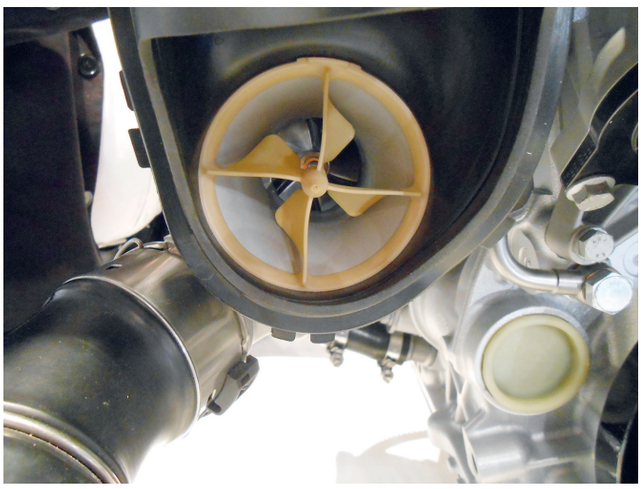
A kipufogórendszer a **16. ábrán** látható. A felépítése nagyon hasonlít az elődére. A katalizátorok motorközeliek, a szívócsonk 4-1 kialakítású, a turbófeltöltő változtatható geometriájú és elektromos vezérlésű, a kipufogógázvisszavezető-rendszert módosították.

A turbófeltöltő fordulatszáma 100 000 és 200 000 min^{-1} között változhat, a bemenő gáz hőmérséklete elérheti a 850 °C-ot, maximum 2,5 bar abszolút nyomás előállítására képes. A turbina szabályozása a vezetőlapátozás változtatásával (VNT – Variable Nozzle Turbine Geometry) történik **(17. ábra)**. Kis motorfordulatszámon az áramlási keresztmetszet („s"-sel szemléltetve) kicsi, ezáltal nagyobb nyomás állítható elő, ahogy a fordulatszám nő, úgy az állító folyamatosan bővíti a csatornát az álló lapátok elforgatásával. Az állítás szabályozását a DDE végzi PWM- jelekkel. A VNT előnye, hogy a kipufogógáz energiáját jobban használja ki, mint a hagyományos turbinák, valamint nem kell megkerülőcsatornás (waste-gate) szabályozás.

A kipufogógáz utókezelése egy oxidációs katalizátorban és egy részecskeszűrőben történik, amiket egy házba építenek. Az oxidációs katalizátor 170 °C-on kezd működni. A részecskeszűrő egy szilikon-karbid méhsejtszerkezet, platinaalapú katalitikus bevonattal. A bevonat segít lejjebb vinni a szűrő alsó működési hőmérsékletét és jó regenerálási tulajdonságokkal látja el. A kipufogógáz hőmérséklete sokszor nem elég nagy a részecskék elégetéséhez, mivel ahhoz majdnem teljes terhelé-

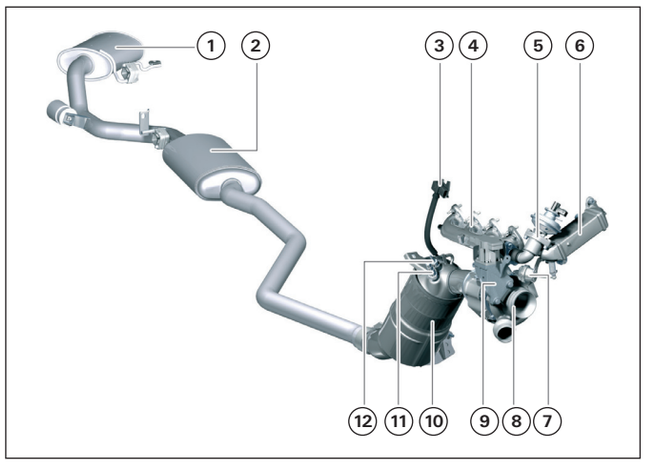


14. ábra: „swirl"-csappantyúk a szívósorban



15. ábra: a kompresszorlapátozás előtti előperdítő

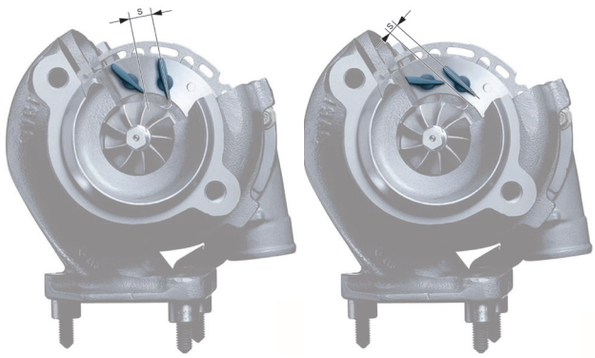
Autotechnika 2012_11-MaNo.indd 17 2012.11.21. 14:33:17



16. ábra: a kipufogórendszer felépítése, 1 – hátsó dob, 2 – középdob, 3 – kipufogógázellennyomás-érzékelő, 4 – leömlő, 5 – EGR-szelep, 6 – EGR-hűtő, 7 – EGR-megkerülőszelep, 8 – turbófeltöltő, 9 – VNT-szabályzó, 10 – oxidációs katalizátor és DPF, 11 – lambda-szonda, 12 – kipufogógázhőmérséklet-érzékelő

ses üzemállapot szükséges. Ezért a korom a szűrőben tárolódik, amikor a feltételek nem megfelelők az égetéshez, ezáltal folyamatosan nő a kipufogó ellennyomása a fojtás miatt. Nyomásmérővel figyeli a központi számítógép, hogy mikor szükséges a regenerálás. Az idő során megtapadnak a szűrőben olyan részecskék is, amik nem regenerálhatók, ezért a részecskeszűrőt 160–200 000 km után cserélni kell. A csere szükségességére a belső kijelző figyelmeztet. Ha a tankolt gázolaj kéntartalma 50 ppm felett van, akkor a kipufogórendszerből fehér füst érzékelhető és szulfidos szagot érezni.

Az EGR-rendszer az NO_x-kibocsátás csökkentését hivatott szolgálni, kis terhelési állapotú üzemben hatékony igazán, amikor a dízelmotor nagy légfelesleggel üzemel. Alkalmazásával csökken a nitrogén- és oxigéntartalom a hengerben és csökken az égési csúcshőmérséklet is. A visszavezetett kipufogógáz mennyiségét az EGR-szelep szabályozza, ami egy vákuumszabályozású szelep. A DDE PWM jelet küld egy elektropneumatikus nyomásátalakítónak (EPDW), ami a vákuumtartály nyomását állítja, ami hatására a szelep nyit egy tekercsrugó ellenében. Egy 10%-os kitöltésű PWM-jelre a szelep még zárva marad, 90%-os kivezérelt jelre pedig már teljesen nyitva van. A vákuumrendszer meghibásodása

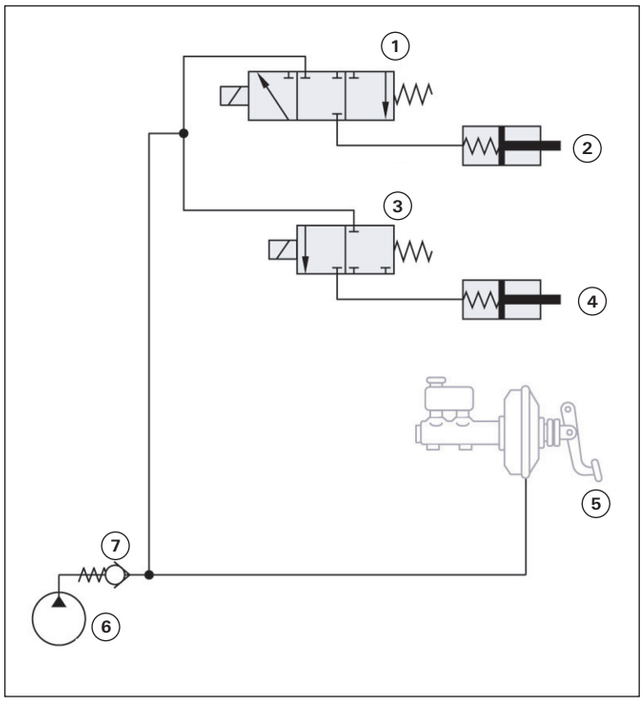


17. ábra: VNT-szabályozás

esetén a szelep zárva marad és nincs kipufogógáz-visszavezetés. A pontosabb szabályozás miatt az N47-nél mérik a szelep nyitásának mértékét egy potenciométerrel. Ezt az elődöknél még nem alkalmazták. A különböző teljesítményosztályokhoz más-más EGR-hűtő tartozik, ráadásul a sebességváltó típusa is befolyásolja milyen EGR-hűtővel szerelték a motort. A manuális sebességváltóval szerelt járműveknél egy bypass (megkerülő) szeleppel látták el a hűtőt, hogy a bemelegedési fázisban melegítsék a katalizátort. Ha a vákuumrendszer nem működik, a szelep zárva van és a visszavezetett kipufogógáz átmegy a hűtőn.

A vákuumrendszer

A vákuumrendszer elektronikus vezérlésű, pneumatikus működtetésű aktuátorok rendszere **(18. ábra)**. A vákuumpumpa az olajszivattyú házára csatlakozik, hajtása közös az olajszivattyúval. 500 mbar abszolút nyomást képes előállítani 5 másodperc alatt. Az EPDW, ami az EGR-szelepet vezérli pontosan szabályozható, az EGR-hűtő by-passát vezérlő vezérlőkapcsoló is hasonló módon működik, de ez nem tud tetszőleges nyitást szabályozni, olyan, mint egy kétállású kapcsoló, vagy teljesen csukva van a megkerülőszelep, vagy teljesen nyitva.

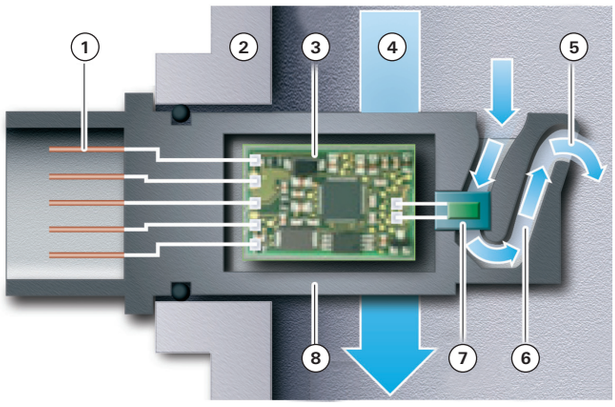


18. ábra: a vákuumrendszer, 1 – elektropneumatikus szelep, 2 – EGR-szelep vákuumtartály, 3 – elektropneumatikus kapcsolószelep, 4 – EGR-megkerülőszelep vákuumtartály, 5 – fékrásegítő, 6 – vákuumpumpa, 7 – visszacsapószelep

Egyéb szenzorok és aktuátorok

Főtengelyjeladó. A főtengelyjeladó a DDE-nek küld információt az aktuális főtengelyhelyzetről és fordulatszámról. Az aktív szenzor egy multipólusú kereket detektál. Ezáltal az elve ugyanaz, mint a hagyományos Hall-jeladóknak. Van két kitüntetett póluspár, melyek

Autotechnika 2012_11-MaNo.indd 18 2012.11.21. 14:33:24



19. ábra: forrófilmes légtömegmérő működése, 1 – elektromos csatlakozó, 2 – mérőcső tokozása, 3 – elektronikus kiértékelő, 4 – légtömegáram, 5 – a mérőlabirintuson áthaladó légtömegáram, 6 – labirintus, 7 – mérőcella, 8 – szenzor tokozása

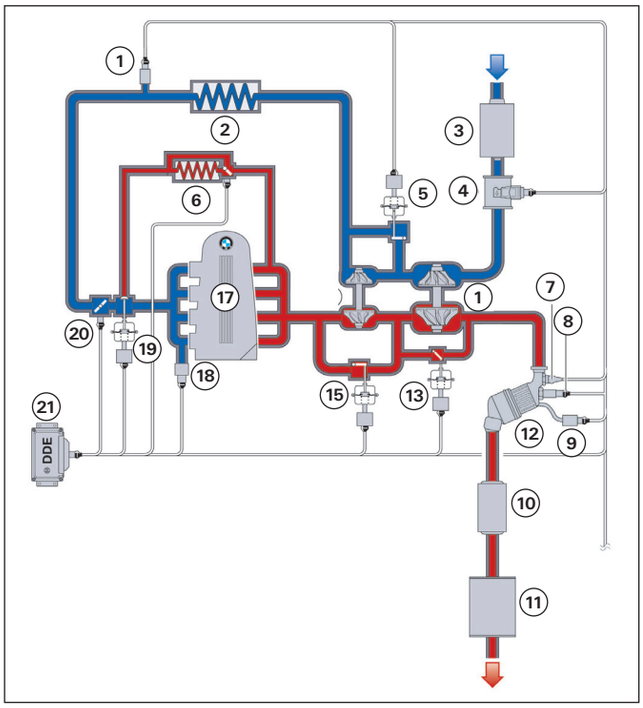
nagyobb körívet foglalnak el. A szenzor a forgási irányt is tudja figyelni, mivel mindkét pólusból van egy hosszabb ív. A hagyományos szenzorokkal ellentétben nem feszültség-, hanem áramjelet továbbít.

Vezérműtengely-jeladó. A szívószelep-vezérműtengely forgását érzékeli a vezérműtengely-jeladó, ami egy Hall-jeladó, a tárcsája pedig a tengelyen levő fogaskerék. 5 V-os feszültséggel üzemel, amit a DDE-ből kap.

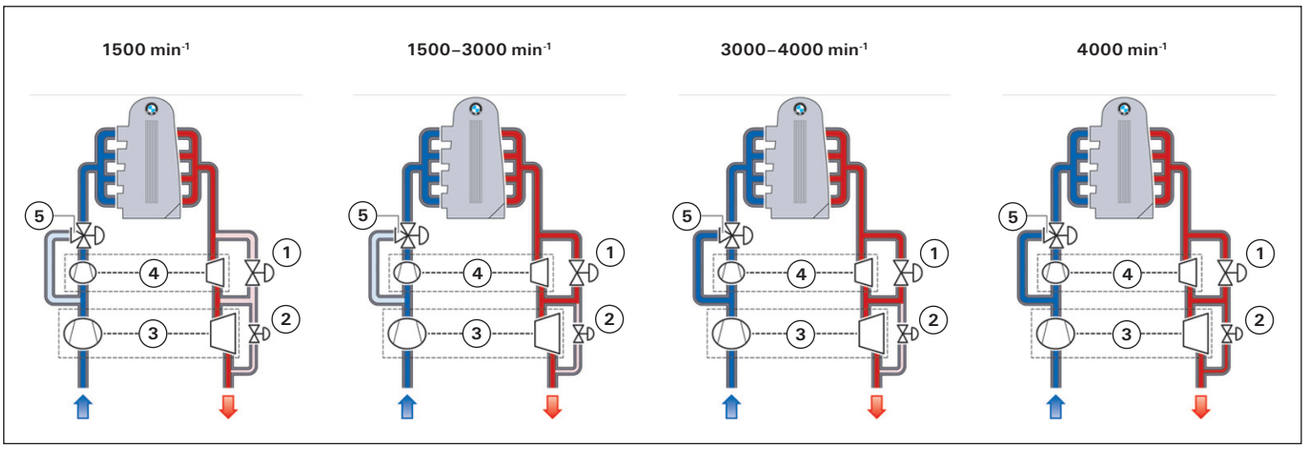
Forrófilmes légtömegmérő. A HFM 6 jelzésű légtömegmérő a szívórendszer-hangtompító után található, a motorba jutó levegő tömegáramán kívül annak hőmérsékletét is méri és küldi tovább a DDE-nek. A 22%-os kitöltésű jel –20 °C-ot jelent, a 63%-os pedig 80 °C-ot. A szenzor működését a **19. ábra** mutatja. Egy elektromosan fűtött mérőcellát (7) helyeznek a labirintusba (6). Ennek a cellának a hőmérséklete mindig ugyanannyi. Minél nagyobb a tömegáram, annál több energia kell a cella hőmérsékletének tartásához. Az elektronika (3) digitalizálja a szenzor jeleit és frekvenciamodulált an továbbítja a DDE-nek. Hálózati feszültséggel működik, testelése a DDE-n keresztül történik.

N47 TOP, mert a 130 kW nem elég

Az N47 motorcsalád legerősebb verzióját 2007 júniusában mutatták be és N47 TOP-nak nevezték el (címkép). 150 kW teljesítmény és 400 Nm nyomaték leadására képes, a 123d (E81, E82, E87)

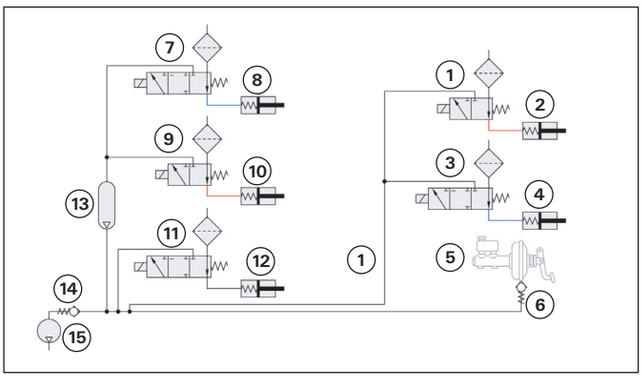


20. ábra: N47 TOP szívó- és kipufogórendszer, 1 – töltőlevegőhőmérséklet-szenzor, töltőlevegő-visszahűtő, 3 – légszűrő és hangtompító, 4 – forrófilmes légtömegmérő, 5 – kompresszor bypass-szelep, 6 – EGR-hűtő megkerülőszeleppel, 7 – kipufogógázhőmérséklet-érzékelő, 8 – lambda-szonda, 9 – kipufogógázellennyomás-érzékelő, 10 – első dob, 11 – középdob, 12 – oxidációs katalizátor és DPF, 13 – wastegate-szelep, 14 – kisnyomású feltöltő, 15 – turbinaszabályozó-szelep, 16 – nagynyomású feltöltő, 17 – N47 TOP dízelmotor, 18 – töltőnyomás-érzékelő, 19 – EGR-szelep, 20 – fojtószelep, 21 – DDE.



21. ábra: a feltöltés szabályozása a különböző fordulatszám-tartományokban, 1 – turbinaszabályozó-szelep, 2 – wastegate-szelep, 3 – kisnyomású töltő, 4 – nagynyomású töltő, 5 – kompresszor visszavezető szelep.

Autotechnika 2012_11-MaNo.indd 19 2012.11.22. 8:29:42



22. ábra: a módosított vákuumrendszer, 1 – elektropneumatikus kapcsolószelep, 2 – EGR-megkerülőszelep vákuumtartály, 3 – elektropneumatikus nyomásátalakító, 4 – EGR-szelep vákuum-tartály, 5 – fékrásegítő, 6 – visszacsapószelep, 7 – elektropneumatikus nyomásátalakító, 8 – turbinaszabályzó-szelep vákuumtartály, 9 – elektropneumatikus kapcsolószelep, 10 – kompresszor bypass-szelep vákuumtartály, 11 – elektropneumatikus nyomásátalakító, 12 – wastegate-szelep vákuumtartály, 13 – vákuumtartály, 14 – visszacsapószelep, 15 – vákuumpumpa

modellekben volt elérhető. A 105 és 130 kW-os modellhez képest néhány módosítást végeztek.

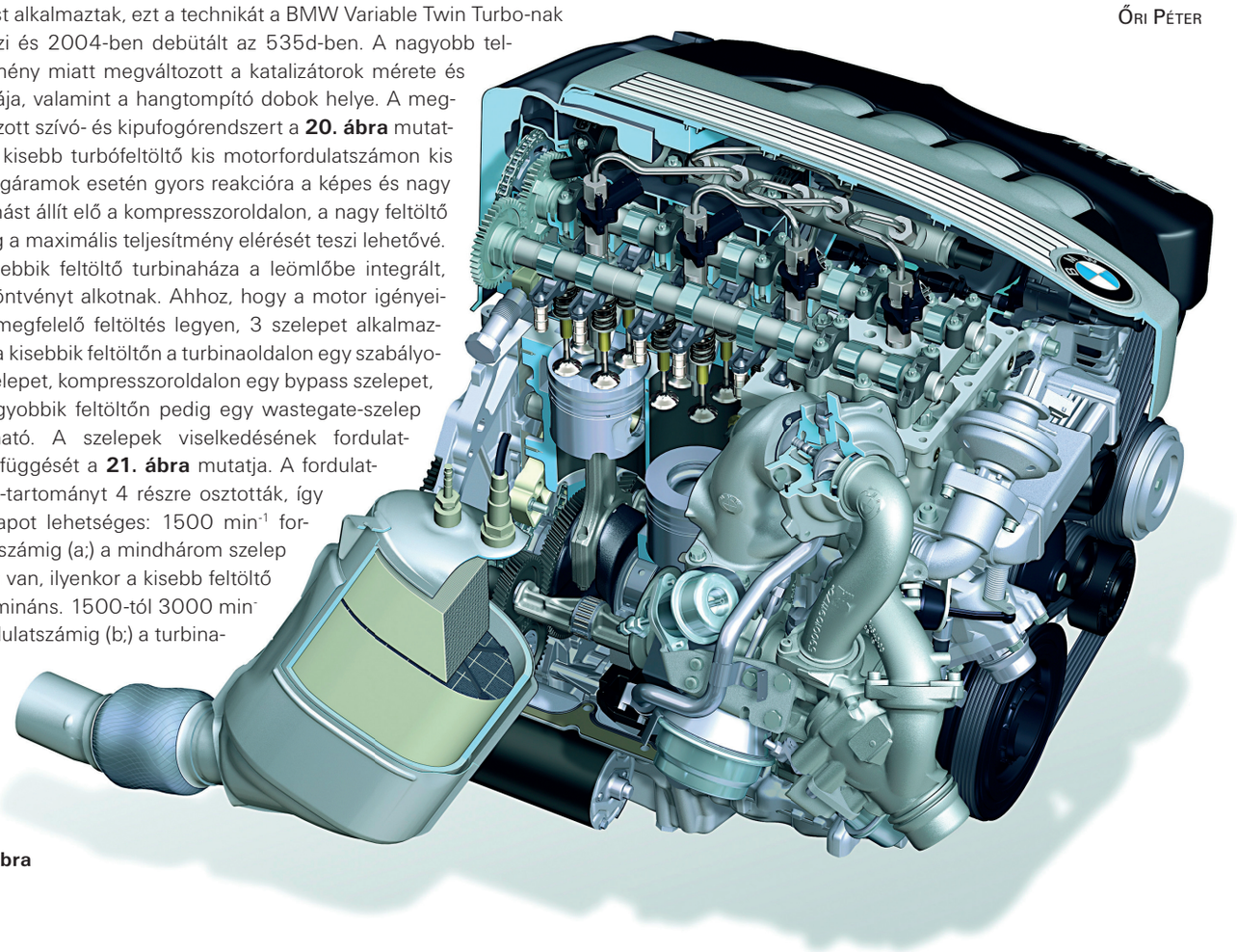
Szívó- és kipufogórendszer. Itt tapasztalható a legnagyobb változás, hiszen a 3 bar abszolút nyomás előállításához 2 lépcsős feltöltést alkalmaztak, ezt a technikát a BMW Variable Twin Turbo-nak nevezi és 2004-ben debütált az 535d-ben. A nagyobb teljesítmény miatt megváltozott a katalizátorok mérete és formája, valamint a hangtompító dobok helye. A megváltozott szívó- és kipufogórendszert a **20. ábra** mutatja. A kisebb turbófeltöltő kis motorfordulatszámon kis tömegáramok esetén gyors reakcióra a képes és nagy nyomást állít elő a kompresszoroldalon, a nagy feltöltő pedig a maximális teljesítmény elérését teszi lehetővé. A kisebbik feltöltő turbinaháza a leömlőbe integrált, egy öntvényt alkotnak. Ahhoz, hogy a motor igényeinek megfelelő feltöltés legyen, 3 szelepet alkalmaznak: a kisebbik feltöltőn a turbinaoldalon egy szabályozószelepet, kompresszoroldalon egy bypass szelepet, a nagyobbik feltöltőn pedig egy wastegate-szelep található. A szelepek viselkedésének fordulatszámfüggését a **21. ábra** mutatja. A fordulatszám-tartományt 4 részre osztották, így 4 állapot lehetséges: 1500 min^{-1} fordulatszámig (a;) a mindhárom szelep zárva van, ilyenkor a kisebb feltöltő a domináns. 1500-tól 3000 min^{-1} fordulatszámig (b;) a turbinaszabályozó-szelep a fordulatszám növekedésével arányosan folyamatosan nyit, mert a nagynyomású feltöltő eléri a pumpálási határt. Ami a kisebbik turbinát megkerüli kipufogógáz nem vész kárba, hiszen a nagyobbik turbinába érkezik meg. Ebben a szakaszban tehát mindkét feltöltő részt vesz a levegőellátásban. 3000 és 4000 min^{-1} motorfordulatszám között (c;) a kisebbik kompresszor bypass-szelepe is kinyit, a turbinaszabályozó pedig teljesen nyitva van. Ilyenkor a nagyobbik feltöltőre van szükség a motor optimális levegőellátására. 4000 min^{-1} fordulatszám felett (d;) a wastegate-szelep is elkezd nyitni a fordulatszám növekedésével arányosan, mivel a kisnyomású lépcső is eléri a pumpálási határt. Mindhárom szelep elektromos szabályzású, vákuumműködtetésű, ezért a vákuumrendszer is módosított **(22. ábra)**.

Tüzelőanyagellátó-rendszer. A tüzelőanyag-rendszer a nagynyomású szakaszában különbözik. A nagynyomású szivattyú kialakítása hasonló, kis módosítással 2000 bar nyomás előállítására képes. Az N47 TOP új injektorokat kapott (CRI3.3), melyek működési elve azonos a CRI3.2-vel, de a nagyobb nyomásviszonyokhoz áttervezték és a befecskendezőfúvókákat is megváltoztatták.

Torzióslengés-csillapító. A nagyobb igénybevétel miatt nem alkalmazható a kisebb teljesítményszintű modellekben látott gumis lengéscsillapító, ezért egy viszkózus lengéscsillapítóval látták el az N47 TOP-ot, mind a manuális, mind az automatikus váltóval szerelt modelleket.

Végezetül az N47 TOP motor gyári röntgenrajzán **(23. ábra)** tanulmányozhatjuk az ismertetett konstrukciós jellegzetességeket.

ŐRI PÉTER



23. ábra

Autotechnika 2012_11-MaNo.indd 20 2012.11.21. 14:33:36