



A rightsizing jegyében

AZ ÚJ TFSI-MOTOR

A motorfejlesztésre és -gyártásra nagy nyomást gyakorolnak a hamarosan életbe lépő előírások. Minden gyártónak elemi érdeke, hogy a 2020-as flotta CO₂-kibocsátást, a 95 g/km értéket teljesítse, mert különben az EU ezt szankcionálja. Kellenek tehát olyan motorok, melyek ennek az értéknek a közelébe hozzák az autók emisszióját, és ezekből a termelési részarányának is lehetőleg nagyinak kell lennie. A kihívás az Audi motor-, illetve gépjárműgyártását sem kerüli el, tehát a mai előírásoknak megfelelő, kiváló motorokat is tovább kell fejleszteni. Így került sor a TFSI-motorok „evo” változatának kifejlesztésére.

DR. NAGYSZOKOLYAI IVÁN

Mielőtt belevágnánk az új TFSI motorfejlesztés eredményeinek taglalásába, igazodjunk el a nevek, rövidítések útvesztőjében. Mint ismert, a VW-csoportban az Audi TFSI néven, a VW TSI néven hozza forgalomba a turbótöltött, közvetlen befecskendezésű Otto-motorokat, illetve a konszern más márkáinak is adja át. Vannak TFSI-motorok, melyek csak az Audi egyes modelljeibe kerülnek. Az első ilyen motorok FSI névvel szerepeltek, mely a turbocharged stratified injection kifejezés mozaik- vagy betűszava. Arra utal, hogy a motor turbótöltött és réteges keverék képzésű. Az Audi által használt TFSI ettől akart egy kicsit eltérni, így lett turbocharged fuel stratified injection, azaz turbótöltött, tüzelőanyag-réteges befecskendezésű. A réteges keverékképzés a közvetlen befecskendezést eleve feltételezi. Igen ám, de...

A réteges keverékképzés az üzemeltetésben, az ügyfeleknél, amikor a VW ezt bevezette – ahogy mondani szokták –, nem jött be. Elég gyorsan felismerték és változtattak: megmaradtak a hagyományos homogén keverékképzésnél. Mit csinálnak, ha már egy nevet bevezettek, de az nem fedti a műszaki megoldást? Több lehetőség is adta magát. Ne fedjük fel, mit is jelent, ha a betűszót fel kellene oldani, majd meg kell próbálni más jelentést adni a rövidítésnek, illetve a már bevezetett rövidítést kicsit módosítani is lehet. Az „átállás” jól sikerült! Az FSI „fuel straight injection” rövidítésre változott, ami közvetlen tüzelőanyag-befecskendezést jelent. Az Audi eléje tette a „t” betűt, miszerint ez a motor turbótöltött. A VW TSI-re változtatott. (Hivatalos Audi-oldalakon vajon miért oldják fel a betűszót mind a mai napig a rétegezett keverékképzés megjelöléssel?)

A TFSI-GENERÁCIÓK

Az alábbi összefoglalás az Audi R4-es, azaz négyhengerű, soros TFSI-generációkat tekinti át. (TFSI-motorok nagyobb lökettérfogattal és több hengerrel is készülnek.)

2004

- 2,0 liter TFSI EA113 (EU és NAR)

2007

EA888 Gen.2

- 2,0 liter TFSI
- AVS Audi Valvelift System a szívószelepeknél, szabályozott olajszivattyú.

2011

EA888 Gen.3

- 1,8 liter (CJEB, CJSA, CJSB) és 2,0 liter (CNCB, CNCD, CJXC) TFSI
- AVS (Audi Valvelift System) a kipufogószelepeknél a belső kipufogógáz-visszavezetés érdekében,
- hengerfejbe integrált kipufogó gyújtócső,
- elektromos termosztát,
- elektromos állítású wastegate szelep,
- kettős befecskendezés (szívótorok-MPI és közvetlen-FSI).
- A TFSI Gen.3 sorozat motorjaiból kihozható teljesítményeket

– EU- és német előírás alapján – három csoportba osztották (német megnevezéssel Leistungsklasse):

1. teljesítményszint: 118–148 kW / 240–310 Nm,
2. teljesítményszint: 160–185 kW / 340–360 Nm,
3. teljesítményszint: 220–228 kW / 370–380 Nm.

2015

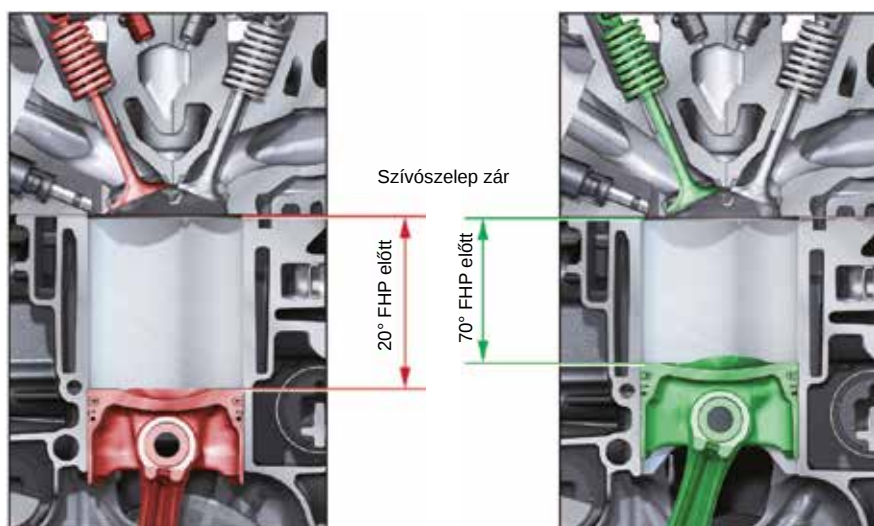
Gen.3 „evo”

- 2,0 liter EA888
- Leistungsklasse 1 és 2

A folyamatos motorfejlesztés célja a tüzelőanyag-fogyasztás csökkentése. A fenti motorokkal, A4-es modellben, automatikus váltóval, 2004-től 2015-ig kerekén 60 g/km CO₂ emissziócsökkenést értek el. Ebben a motor által elért eredmény 75%. A Gen.2 és a Gen.3 ma is nagysorozatu gyártásban van.

AZ ÚJ „EVO” GENERÁCIÓ

Az EA888 legújabb tagja, a Gen.3 „evo” részben közelebb, részben távolibb rokona a Gen.3 motoroknak. A Gen.3 „evo” bázismotorja a 2,0l-TFSI motor (motorkódja CNCB).



1 Dugattyúhelyzet a szívószelep zárásakor (szelepemelés 1,0 mm), bal oldalon a Gen.3, jobb oldalon a Gen.3B motornál.

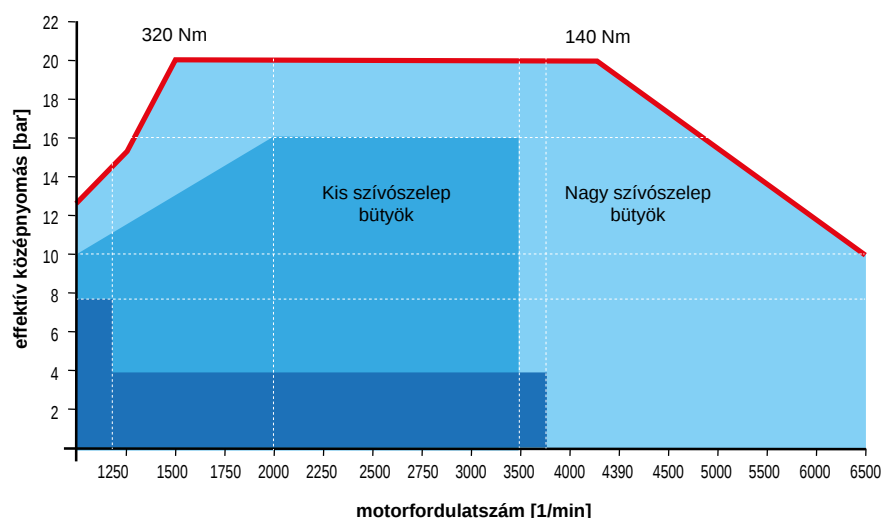
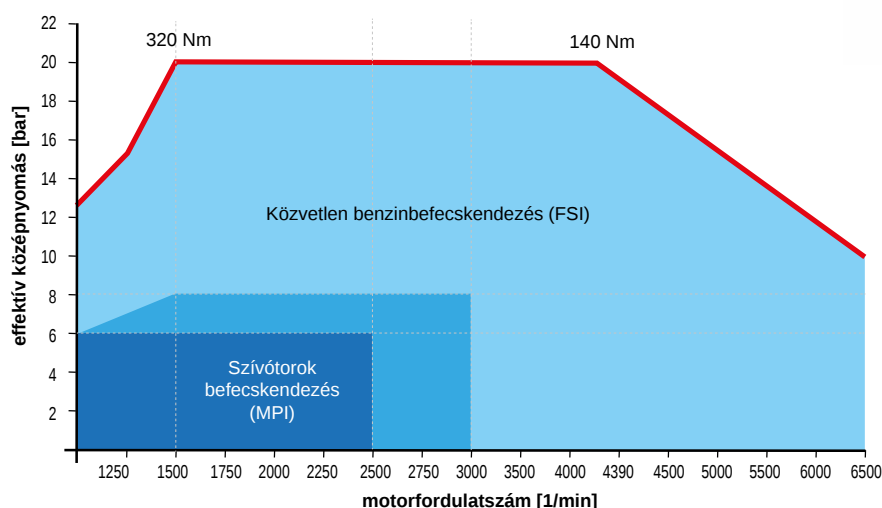
A 2,0 literes EA888 Gen.3 evo TFSI-motor a 125–147 kW-os tartományban le fogja váltani az 1,8 literes Gen.3 motort a VW-csoport minden eddigi alkalmazásánál. Az Audi-filozófia szerint a „rightsizing”, az optimális motorméret első reprezentánsa a Gen.3 evo motor, mely a „B-ciklus” szerint működik – erre a következőkben rátérünk – és számos más, korszerű motorépítési megoldást is alkalmaz. Az új Audi A4-esben elért 114 g/km CO₂ --kibocsátással (NEDC-ciklusban) osztálya legjobb hatásfokú szikragyújtású motorja.

A TFSI „evo” motorcsaládnak ma két tagja van, melynek adatait az alábbi

táblázat tartalmazza. Megnevezésük: 2,0l-TFSI-Motor Gen.3-MLBevo BZ (Audi ultra), teljesítményszint (Leistungsklasse) 1

2,0l-TFSI-Motor-Gen.3-MLBevo, teljesítményszint (Leistungsklasse) 2

A megnevezésben magyarázatra szorul az MLB, mely a Modularer Längsbaukasten rövidítése és hosszirányú motorbeépítést jelent, illetve ennek megfelelő platformot. Várható, hogy a motornak lesznek MQB beépítési változatai is. A BZ a „B-ciklus” (B-Zyklus) rövidítése. A két „evo” motor nagyon különbözik egymástól és természetesen a bázismotortól, a Gen.3-tól is.



Az igazi műszaki csemegét a BZ jelű motorban találjuk. Ennek megnevezéséül az Audinál, például a motor első bemutatásánál (forrás: 1), csak a „Gen.3B”-t használták.

Az evo motorok rendelkezésünkre álló műszaki adatait az alábbi táblázatba rendeztük (1 táblázat).

Amennyiben az új motor kap Stop-Start rendszert, ez lesz az alapváltozat 2.0 verziója.

Az Audi TT quattro sport concept (TT 420) modellbe a motorcsalád legerősebb tagját tették, teljesítménye 309 kW, maximális forgatónyomatéka 450 Nm. Korábban ilyen adatokkal 8 hengerűek rendelkeztek.

NEM MILLER, HANEM „B-CIKLUS”

A Gen.3 evo BZ igazi újdonsága a szelepvezérléssel alapvetően módosított töltetcsere-folyamat. A motoros szakirodalomban „meghosszabbított expanziós ütemű elégetési eljárás”-ként említik, és a turbótöltött motorokon alkalmazott változat, a megoldás kidolgozójáról elnevezve, a Miller-ciklus nevet kapta.

A valóságban nem a munkaütemet hosszabbították meg, hanem

MŰSZAKI ADATOK	2,0L-TFSI-MOTOR GEN.3-MLBEVO BZ (AUDI ULTRA) TELJESÍTMÉNYOSZTÁLY (LEISTUNGSKLASSE) 1	2,0L-TFSI-MOTOR-GEN.3-MLBEVO TELJESÍTMÉNYOSZTÁLY (LEISTUNGSKLASSE) 2
Motorkód	CVKB,	CYRB
Motorépítés	R4 (soros, 4 henger)	
Elégetési eljárás	BZ (B-Zyklus)	hagyományos
Lökettérfogat	1984 cm³	
Löket/Furat	92,8/82,5	
Szelepek száma	2+2	
Szelepátmérő	szívó Ø32,1 mm, kipufogó Ø28 mm	
Gyújtási sorrend	1-3-4-2	
Kompresszióviszony	11,65:1	9,6:1
Névleges teljesítmény	140 kW	185 kW
A névleges teljesítmény fordulatszáma	4200–6000 min ⁻¹	5000–6000 min ⁻¹
Maximális forgatónyomaték	320 Nm	370 Nm
A maximális forgatónyomaték fordulatszáma	1450–4200 min ⁻¹	1650–4500 min ⁻¹
Tüzelőanyag	Super benzin ROZ 95	
Motorolaj	0W-20	
Motorirányító egység	Bosch MED 17.1.10	SIMOS 18.4
Kommunikáció	FlexRay busz	
Szabályozás	Adaptív légviszonytényező, motorkopogás és alapijáratú töltetmennyiség szabályozás	
Befecskendezés	FSI – közvetlen befecskendezés (szekvenciális, kettős), MPI – szívótorok-befecskendezés	
Maximális befecskendezési nyomás	MPI 250 bar	
Kipufogógáz-tisztítás	Megfelel az euro 6 (W) előírásnak; 3 komponensre ható, kerámiahordozós katalizátor, lambda-szonda a turbótöltő előtt és a katalizátor után	
CO ₂ -emisszió*	114 g/km	129–139**

* Audi A4 Avant, váltó S tronic

**Audi A4 Limousine, váltó S tronic, illetve Audi A4 Avant quattro, váltó S tronic

1 táblázat

az effektív kompresszió ütemet – a kompressziós lökethosszt – csökkentették le. A Miller-féle megoldás szerint a szívószelep már messze az AHP előtti szöghelyzetben zár. A dugattyú tovább halad az AHP felé, növeli a zárt teret. Az FHP felé haladva akkor kezd csak komprimálni, amikor a szívóütemi zárásnak megfelelő szimmetriapontot el nem éri. Az FHP felé a szimmetriapontig haladva, a külső nyomás is rásegít a dugattyú mozgására. Ezt követi – a stratégiának megfelelően – a befecskendezés, akár többször is. A keverék a gyújtás pillanatában homogén, légviszonytényezője 1 szoros környe-

zetében van. Tehát nem az elégetési eljárás, hanem a töltetcsere-folyamat változott a „B”- vagy Miller-ciklusban. Ezzel elérik, hogy részterhelésnél csökkenjen a töltetceremunka, és így nem kell a szabályozást teljes mértékben fojtással – fojtószeleppel – végezni. A motor kompresszióviszonyának névleges értéke növelhető. (A névleges érték a lökettérfogatot viszonyítja az FHP-ben lévő térfogathoz képest.). Mivel a tényleges kompresszióviszony a névlegeshez képest kisebb, mert csak attól a főtengely-elfordulási szöghelyzettől számítjuk a hengertérfogatot, amikor

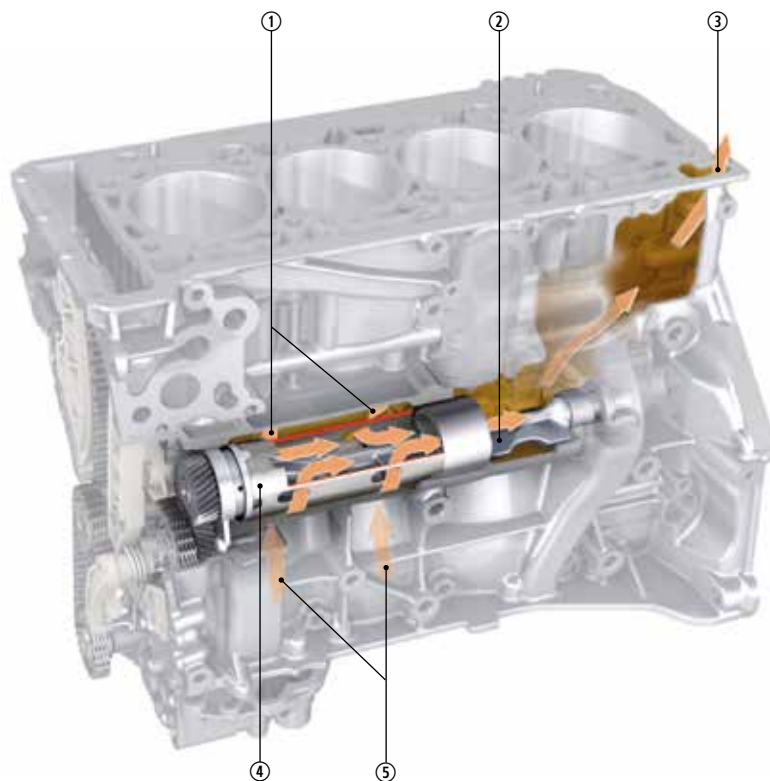


a tényleges sűrítés megkezdődik, ezért az égéstértérfogatot lehet csökkenteni. Ezáltal megnő a névleges kompresszióviszony (11,7:1). Mindennek az a haszna, hogy kisebb (részterhelési) hengertöltetnél nagyobb lesz a kompresszió-végnyomás, így az égési csúcsnyomás is. Ezzel elérik a hagyományos szelepvezérlésű motor csúcsnyomásszintjét, miközben a szívási, hengerfeltöltési munka jelentősen kisebb. Az expanzióviszony nem változik, ezt tekinthetjük meghosszabbított munkaütemnek. A motor B-ciklus szerint alapjáraton és alsó részterhelési tartományban üzemel.

Nézzük a vezérlést a számok nyelvén!

A motor szívó vezértengelye kapta meg az AVS-t, az Audi bütyökváltó konstrukcióját. A Miller-ciklusban (Audi belső elnevezéssel a B-ciklusban, innen a BZ rövidítés) a kis bütykök nyitják a két szívószelepet. Hagyományos vezérlésnél a szívási szög tartomány 190–200 °ft közötti érték, a Gen.3-nál 170 °ft, míg a Gen.3 evo-nál csak 140 °ft. Az „evo” motor szívószelepe az AHP előtt 70 °ft fő tengely szöghelyzetben zár. Ezt a vezértengely-fázisállító módosítja. Az 1. ábra összehasonlítja a Gen.3 és a Gen.3 evo motor szívószelep-zárási helyzetét. Ehhez hozzá kell tenni, hogy milyen motor üzemállapotban igaz a bemutatott érték, mert a vezértengely-fázisállító ezt módosítja. Esetünkben a motorfordulatszám 2000 min⁻¹, az effektív középnyomás 6 bar.

A tárgyalt 2,0l-TFSI-Motor Gen.3-ML-Bevo motor BZ üzeme szinte teljesen azonos az Autótechnika 2016/8. számában bemutatott VW EA211 TSI evo motor Miller-ciklus szerinti üzemével. A kedves olvasónak érdemes ismét átolvasnia annak leírását, mert jól megalapozza, illetve kiegészíti az itt leírtakat. A TSI-motor plusz „tudománya” a hengerlekapcsolás.



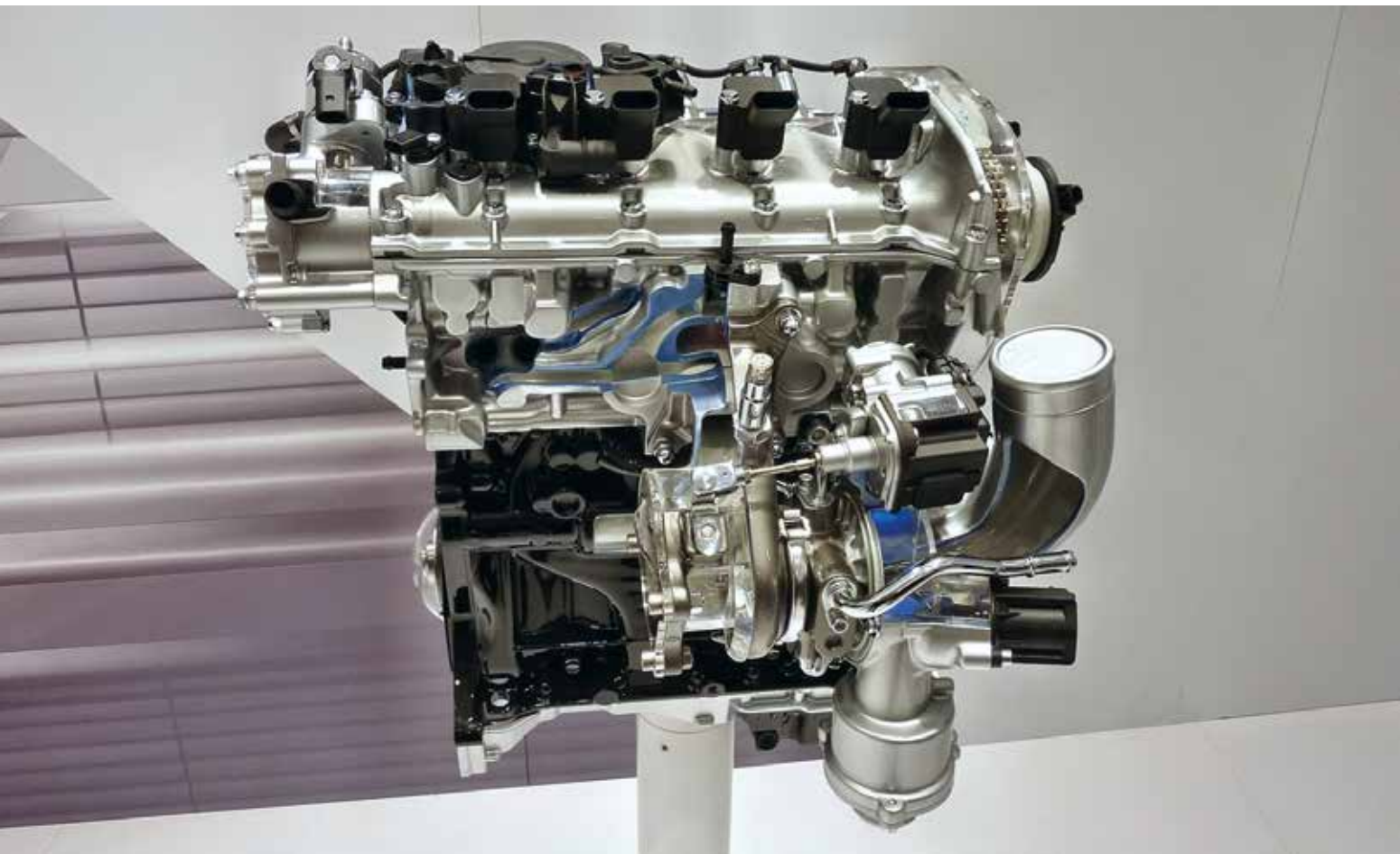
1 – Kartergáz beáramlás, 2 – Kiegyenlítő tengely, 3 – Kartergázáram a finomleválasztóhoz, 4 – Ablakos forgóhüvely, 5 – Kartergáz a forgattyútérben

AVS A SZÍVÓOLDALON

Amikor a „BZ” motor terhelési mezőjében a B-ciklus tartományának határát átlépjük, a bütyökváltó AVS a nagyobb szívóbütyökkel nyitja a szívószelepeket, mellyel a nyitvatartási szögtartomány 170 °ft. Ezt tekinthetjük hagyományos motorüzemnek. A 2. a bütyökváltás határait mutatja. A szaggatott vonal is váltási határ: a hagyományos üzembről, terheléscsökkenéskor itt vált át a rendszer kis bütyökre, azaz B-ciklusra. Az áramlástérelő szívócső lapok csak a legalsó terhelési tartományban vannak zárva. A szívótorok (MPI) és a közvetlen befecskendezés (FSI) üzemi tartományait láthatjuk a 3. Az MPI-üzem csak a kis terhelési tartományban, a mai NEDC-tesztciklus által igénybe vett motorterheléseknél van üzemben. Végül a 2,0l-TFSI-Motor Gen.3-MLBevo BZ néhány további érdekes konstrukciós megoldására térjünk még ki.

Napjaink problémája több okból is a kartergáz kenőolajtól való szinte tökéletes szeparálása. A kartergázzal az égéstérbe kerülő olaj egyrészt részecske- (PM) képző. A PM-emissziót ma koncentráció és darabszám szerint is méri a típusvizsgálati tesztek során és a közvetlen befecskendezésű Otto-motorok határértéket meghaladó részecske kibocsátásúak. Ennek egyik előidézője, a kartergázzal felhordott olaj mennyiséget drasztikusan csökkenteni kell. A csökkentés másik oka az, hogy az olajcseppek a motorban korai gyújtást okozhatnak.

A tárgyalt motornál az egyik kiegyenlítő segédtengely egyben centrifugális leválasztó. Mint a 4. ábra mutatja, a kartergáz áthalad a motorfordulatszám kétszeresével forgó segédtengely egy szakaszát övező, vele együtt forgó csöbörkolat belsejében, itt az olaj jelentős része kicsapódik. Innen kilépve



a gáz a hengerfejen lévő finomleválasztóba kerül.

A motor szívócsövében, a B-ciklusban nyitott fojtószelepnél bekövetkező visszaáramlás értékeléséhez két légtömégáram-mérőre van szükség.

A motor kenőolaja (VW-csoport premier) 0W-20 (VW 50800 és VW 50900), lásd erről az Autótechnika 2016/7., 37. oldalán megjelent cikkünket.

Az MPI-befecskendezés maximális rail-nyomása 250 bar.

Élettartam-vezérlési láncajtás, csökkentett láncfeszítő erővel, láncátugrást megakadályozó, meghosszabbított láncvezetőkkel.

A 3. dugattyúgyűrű (olajlehúzó gyűrű) 3 részes.

Kétfokozatú nyomású/szállítású olajszivattyú, növelt fordulatszámú láncajtás.

A módosított szívócsatorna, a szívószeleplék utáni, ún. maszkolt hengerfej-kialakítás a hengertéri fokozott töltetmozgást hivatott szolgálni.

ZÁRSZÓ

A belső égésű motorteknika itt tart ma. A feladat nem kisebb, mint kihozni ebből a hőerőgépből az effektív határfok maximumot. Mindehhez „raffinált” szerkezeti egységek és „élére állított” motorüzem-szabályozás kell, melyek nagyon sérülékenyek. Ezt fogja hamarosan tetézní a változtatható kompresszióviszonyt vezérlőjelre beállítani képes forgattyús mechanizmus. Murphy egyik „törvénye” szerint: „Minden megoldás új problémákat kölykezik.” – ezzel az autójavításnak számolnia kell.

A VW-csoport fejlesztői csapata mindent megtesz a belső égésű motorok fenntarthatósága érdekében, de nem csodálom, hogy közben igen nagy erővel fejlesztik az elektromos hajtást. ■

Forrás:

1. Dr.-Ing. Rainer Wurms, dr.-Ing. Ralf Budack, dr.-Ing. Michael Grigo, dr.-Ing. Günther Mendl, dr.-Ing. Thomas Heiduk, dr.-Ing. Stefan Knirsch (Audi AG, Ingolstadt): Der neue Audi 2.0l Motor mit innovativem Rightsizing – ein weiterer Meilenstein der TFSI-Technologie, 36. Internationales Wiener Motorensymposium, 2015.
2. www.audi-mediacyenter.com
3. Audi 2,0l-TFSI-Motoren Baureihe EA888, SSP 645