

Renault 2.0 dCi NSC-emissziótechnikával

A személygépjármű-dízelmotorok kipufogógáz-tisztítása mind a fejlesztők, mind az üzemeltetők egyik központi kérdésévé vált már az euro 5 motoroknál, és már kezdünk szembesülni az euro 6 emissziótechnikával is. Ha a „vegyipari gépészet” kivételében típusról típusra különbözik is egymástól, az alapelvek azonosak. A cikkünkben tárgyalt nitrogén-oxid-csökkentési eljárás – az NSC – érdekessége, hogy mind az Otto-, mind a dízelmotoroknál használható.



Mint az közismert, dízelmotor esetében ún. belső motorikus megoldásokkal és kipufogógáz-visszavezetéssel legfeljebb a kis tömegű személygépjárműveknél van esély, hogy például a nitrogén-oxidok katalitikus redukálását ne kelljen alkalmazni. Azonban itt sem kerülhető el a CO- és

HC-oxidáció (DOC) és a részecskeszűrés (DPF).

Nagyobb össztömegű gépjárműnél, kb. 1800 kg felett, már az euro 5 teljesítése is megkívánja valamennyi szennyező komponens emissziójának csökkentését. A DOC és teljesáramú DPF-technikában nincs alter-

natíva, alapvetően egyféle az emisszió-technika.

A nitrogén-oxidok redukcióját azonban kétféleképpen lehet megoldani:

- segédanyag nélkül, tárolókatalizátorral, a redukálóanyagok a motor tökéletlen égéséből származnak, a folyamat szakaszos üzemű („csapda” tárolás, majd redukálás). Nevezük ezt NSC-eljárásnak. Más megnevezések

a szakirodalomban: LNT (Lean NO_x trap), vagy NSR (NO_x Storage and Reduction Catalyst), vagy NAC (NO_x adsorber catalyst). – segédanyaggal (kereskedelmi neve AdBlue), redukációs és (második) oxidációs katalizátorral (CUC), folyamatos üzemben. Az eljárás betűszava SCR.

Az NSC előnye, hátránya

Az NSC vitathatatlan előnye, hogy

- az üzemeltetőnek nem kell segédanyag-utántöltésről gondoskodnia,
- a gyártónak olcsóbb, hogy kevesebb a potenciális gond vele.

Hátránya, hogy

- a nitrogén-oxid-csökkentő képessége behatárolt, talán csak 2 literes dízelmotor és 1800...2000 kg tömegű gépjármű adja a felső határt,
- a katalizátor drága, öregszik (750 °C felett rohamosan), élettartama (névleges tulajdonságainak megtartása) kb. 160 E km,
- nagyon érzékeny a tüzelőanyag kén- és egyéb szennyezőanyag-tartalmára,



1. ábra

- a regenerációs motorüzem viszonylag gyakori, mely regeneráció durván elrontott motorüzemet kíván,
- a szegény-dús keverékösszetétel-váltás kifinomult szoftvert igényel,
- beavatkozóelemei ha tulajdonságaiban változnak (például az áramlás változik a fojtószelepeknél, az EGR-nél), a rendszer kimeneti jellemzője, a nitrogén-oxid-csökkenés mértéke romlik.

Azt, hogy a gyártók az euro 6 modelljeikhez melyiket fogják választani, ma még többnyire nem ismert, de vannak olyanok, akik már euro 5-nél is alkalmazzák, és ezt kívánják euro 6-nál is használni.

Erre a megoldásra dízelmotoroknál már ma is több sorozatban gyártott példát találunk, talán legismertebb a Toyota D-CAT (DPNR) nevű emissziótechnikája. A BMW elsősorban az USA piacára szállít NSC-vel autót. Benzinmotoroknál is alkalmazzák, minden rétegezett keverékképzésű motornál. Talán a Mitsubishi GDI volt az első, amelyik Európába eljutott, használta a VW korai „igazi” FSI motorjainál, nagyobb Mercedes és BMW-motorokon is megtaláljuk.

Talán kevésbé ismert, hogy a Renault M9R 2.0 literes dCi motorja (**1. ábra**), is NSC-s technikával szerelt, melyet az Espace egyterűbe építenek. Az Espace tömege 1930 kg, a Grand Espace tömege 2040 kg.

A motorral először a 2009. évi frankfurti autósalonon találkoztunk (lásd a címképet).

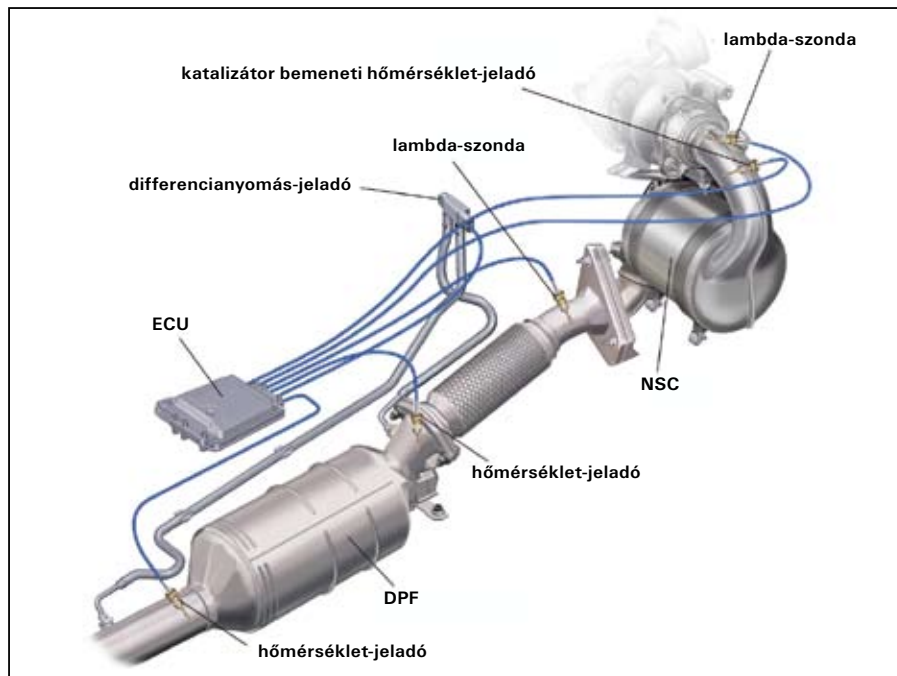
A Renault gyári rendszervázlat (**2. és 3. ábra**) segítségével tekintsük át az emissziótechnikát!

A turbótöltő után a kipufogógáz közvetlenül jut az ún. motor közeli beépítésű tároló (NSC) katalizátorba. A katalizátor egyben oxidációs katalizátor is, mely a CO és HC anyagokat oxidálja. Térfogatra 2,2 liter.

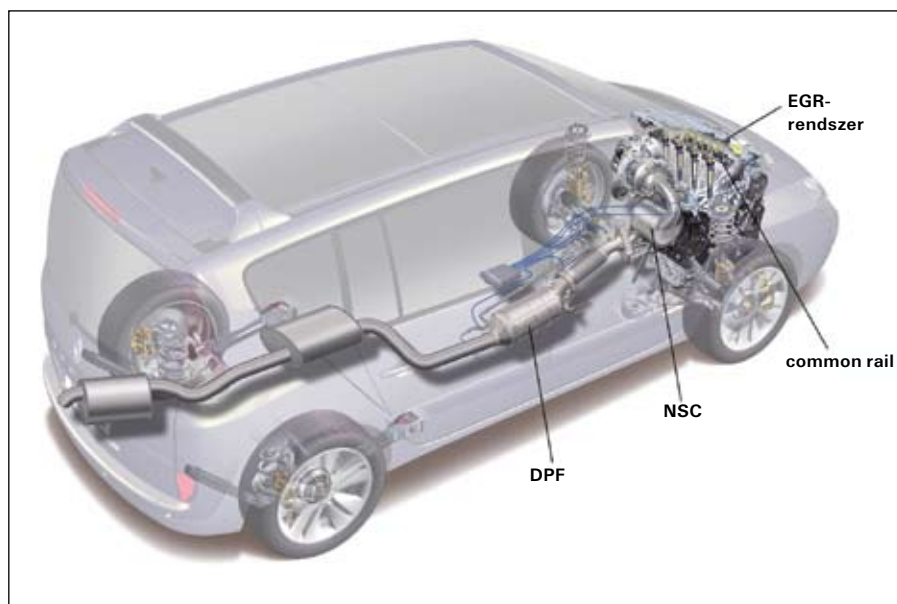
A gáz ezen áthaladva jut az Eberspächer gyártmányú, teljesáramú részecskeszűrőbe, melynek térfogata 3,7 liter. Látszani ugyan nem látszik, de a műszaki leírásokból tudjuk, hogy a koromszűrő után, annak házában van a H₂S- és COS-csapda és oxidációs katalizátor, térfogata 0,8 liter.

Az NSC-rendszer

A tárolókatalizátor vagy NO_x-csapda lényegét neve is jól kifejezi. A katalizátor felületén a kipufogógáz nitrogén-oxid molekulái megkötődnek, így nem emittálódnak. A tárolókatalizátor telítődése után kell megkezdődnie a regenerálásnak, azaz a nitrogén-oxid molekulák leválasztásának és redukciójának. A



2. ábra



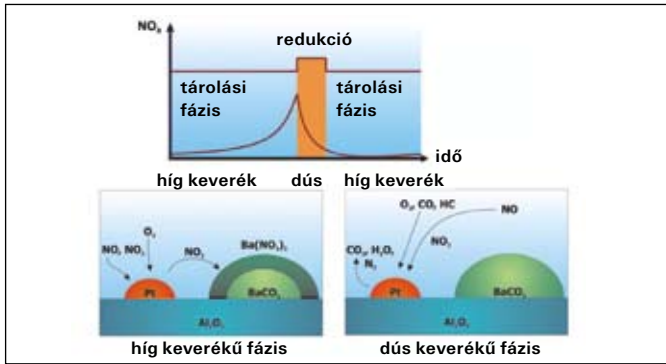
3. ábra

tárolás, majd a redukálás/regenerálás kémiájáról már többször is írtunk, melyet az irodalomjegyzékben fel is tüntetünk. Ennek előfizetők a <http://autechnika.hu> oldalon utána is nézhetnek.

A kipufogógáz-utókezelés két fázisra osztható. Az első a szokásos, „hétköznapi” dízel üzem, ahol a motor légviszonytényezője az alapjáratnál $\lambda \sim 7$ értékről tud lecsökkenni a padlógáznál kialakuló $\lambda \sim 1,3$ értékig. A motor a hígabb és a dús tartományban fo-

zottabb CO- és HC-kibocsátású, a dús (teljes terhelés közeli) tartományban pedig termeli a nitrogén-oxidokat és a részecskéket, a kormot.

A tárolókatalizátor egyben oxidációs katalizátor is, melyen platina is van. Ez és részben a részecskeszűrő folyamatosan üzemben oxidálja a szén-monoxidot és a szénhidrogéneket. A koromszűrő folyamatosan felfogja a részecskéket és a kipufogógáz hőfokától függően automatikusan „leégeti” vagy



4. ábra

kényszerregenerálással (kikényszerített nagy kipufogógáz-hőfokkal) oxidálja szén-dioxiddá.

A nitrogén-oxidok a szokásos dízelüzemben a tárolókatalizátoron megkötődnek. Nem riogatva a kedves olvasót a kémia rejtelmeivel, mely igencsak titkos területe a katalizátorosoknak is, annyit illik tudni, hogy a báriumé (Ba), a legnehezebb alkáli földfém a kulcsszerep. A Ba oxidja (BaO) a felületére érkező nitrogén-dioxidot bárium-nitrátként megköti $[Ba(NO_3)_2]$. A katalizátor hordozóján rögzülő wash-coat réteg anyaga $\gamma-Al_2O_3$, mely cériumot is tartalmaz, és a bárium mellett platina és ródium nemesfémeket is hordoz.

A tárolókapacitás feltöltésének végén, „befagy” a tárolás, a kipufogógáz HC és CO ugyan oxidálódik, de a nitrogén-oxidok érintetlenül haladnak tovább. A DPF-ben a $NO_2 +$ korom reakciójában némileg redukálód-



5. ábra



6. ábra



7. ábra

A Renault NSC/DPF technika eredményességét a tesztek mutatják:

komponensek	NO _x (g/km)	HC (g/km)	CO (g/km)	PM/részecske (g/km)
motorból való kilépésnél	0,24	0,47	2,25	0,05
a kipufogócső végénél	0,08 (új NSC), 0,124 (öregített NSC)	0,048	0,226	0,005

nak, de ez nem veszi vissza a NO_x-emisszióját érdemben.

A telítődés után regenerálandó a tárolókatalizátort, azaz a megkötött nitrogén-oxidot fel kell szabadítani és redukálni kell.

A felszabadításhoz és regeneráláshoz elsősorban szén-monoxid és hidrogén szükséges. (Lásd a **4. ábrát**.)

A dízelmotor is képes e két anyag „létrehozására”, ha a motor légviszonytényezője egy, vagy annál kisebb ($\lambda \sim 1,0$). Közben kormol rendszeren, de azt majd a szűrő megfogja.

A DeNO_x folyamat időigénye ugyan csekély, de viszonylag sűrűn kell végrehajtani: minden 5–10 km után kell kb. 5–10 másodpercig dúsítani, természetesen függvénye a megelőző időszak motorterhelésének.

Miként érhető el a dúsítás, illetve a kívánt reakciótermékek létrehozása?

Fojtani kell a szívócsövet, hogy kevesebb levegő jusson az égéstérbe, növelni és késleltetni kell a befecskendezést és növelni kell a visszavezetett kipufogógáz mennyiségét, állítva a turbótöltés vezérléscsatlózatát.

Mikor kezdődjön és mikor érjen véget a dúsított üzem?

A Renault ezt ún. modellek alapján, szoftveres úton rendeli el. A modellszámítás követi a motorüzemi pontokat, és ebből meghatározza, hogy mennyi nitrogén-oxid kerülhetett a csapdába, a NO_x-tároló katalizátorba. Ha a számítás azt valószínűsíti, hogy betelt a tárló, elrendeli a dúsítást, ennek eredményeként a regenerálást. A dúsítás időtartama is számított érték. Tehát nincs a motoron nitrogén-oxid-szonda, mely a tényleges NO_x-emisszióról adna hírt, a rendszer „szoftverjeladós”.

A dúsított üzemre való áttérés és a dúsított üzem zajosabb a normál dízelüzemnél. A zajnövekedés (hangnyomásszint-növekedés) csak 2 dB(A), melyet 60 km/h sebességig hallhat a vajtűlű autós, felette már a többi zajforrás elnyomja.

Az NSC rendkívül érzékeny a kén-szennyezésre, melyet kénmérgezésnek is neveznek. A gázolaj kéntartalma (mert a kén-szennyezés gázolaj sem teljesen kénmentes, kéntartalma 10 ppm alatti) az égésfolyamatban kén-dioxidá oxidálódik, melyet az NSC, a Pt katalizátorán tovább oxidál SO₃-má, majd ezt a vegyületet a bárium – hasonlóan a NO₂-höz – megköt, ezzel a nitrogén-oxid-tárolást megakadályozza. A szakirodalom szerint kb. 2 g kéntartalomnál kell elrendelni a DeSO_x folyamatot, azaz a katalizátor kéntelenítését. Ezt is modellszámítás alapján állapítja meg az emissziós irányítás. A kéntelenítésre minden 1000 km befutása után van szükség,

időtartama 5...10 perc. A kéntelenítéshez nagy kipufogógáz-hőfok (~600 °C) és dús keverékből származó kipufogógáz-komponensek kellene. A kéntelenítési folyamat 5–10 perce alatt többször is végrehajtják a dúsítást. A kéntelenítés során H₂S (kénhidrogén) és COS (karbonil-szulfid) vegyületek képződnek. Ezeket a DPF után elhelyezett oxidációs katalizátor semlegesíti.

A részecskeszűrő regenerálása az ismert eljárással megy végbe. Ha a számítás és a kipufogási ellennyomás mérés telítődést jelez, növelni kell a kipufogógáz hőfokát. Ezt az ismert eljárásokkal: késleltetett befecskendezés, EGR-lekapcsolás stb. lehet elérni. A DPF-regenerálásra menetállapottól függően kerül sor, általában 500...1000 km közötti futásnál, a művelet időtartama mintegy 15 perc. A NO_x-képződés számítási modelljének ezt figyelembe kell vennie, mert a DPF-regeneráció alatt megnő a nitrogén-oxid-emisszió.

A **2. ábrán** bemutatott rendszervázlat 2010 előtti. Az elrendezés mind a mai napig nem változott, de az általunk e hónapban, a Renault-importőr munkatársa, Palágyi Ádám jóvoltából megtekintett Espace már eltért tőle. Az NSC „rejtőzködik”: sem alulnézetből (**5. ábra**), sem a motorházból (**6. ábra**) nem látható, csak a fényképezőgépünket tudtuk a motor mögé benyújtani (**7. ábra**). A DPF nyomásmérője már nem differenciányomás-mérő, csak egy nyomásvételi helye van a DPF előtt és a második UEGO lambda-szondát sem találtuk meg. Ami eleshető volt, egy hőmérőt, egy nyomáscsövet és természetesen magát a DPF+CUC egységet, lefényképeztük (**8., 9. és 10. ábra**).

Három kérdést kell még felvetni, az egyik a fogyasztásnövekedés, a másik az olajfelhígulás és a harmadik a járműviselkedés az üzemállapot-átkapcsolásoknál. A fogyasztás esetleges növekedését a dúsítási fázisokban adagolt, kb. 1,5-ször több gázolaj eredményezheti. A mérések azt mutatják, hogy az euro 5 és az euro 6 összevetésében többletfogyasztás nem jelentkezik, az NSC nélküli változatokhoz képest sincs növekedés, mert közben a motoron számos optimalizálást hajtottak végre. A DPF-regenerációhoz szükséges utó- és késői gázolaj-befecskendezés okoz olajfelhígulást, de ezt mára már elhanyagolható mértékűvé tudták tenni – más gyártóknál is – a konstruktőrök.

A dúsítási üzemállapotba való átkapcsolásakor, valamint a kikapcsolásor torpanás vagy rángatás lehetséges vezetői „érzetét” a motor-nyomatékvezérlés finomításával telje-



9. ábra

sen megszüntették. Valószínűsíthető, hogy a modellek már ezek alap- vagy kontrollinformációit nem igényelték.

Kételyeim

A DOC/NSC/DPF/CUC „vegyművek” önmagában mint hardver, de talán vezérlő és diagnosztikai szoftverében inkább, nagy a tudomány, le a kalapot a kutatók, tervezők előtt. Az üzemeltetőnek, a gépkocsi vezetőjének az emissziótechnika észrevétlen kell, hogy legyen, nem is kell tudnia róla, ha jó. Ha a diagnosztika hibát jelez, akkor van a baj (vagy nincs?). Miután az NSC átjárható, eltömődés nem jön szóba, így „örök” élettartamú. Miután jeladó – mert nincs – nem szól vissza, hogy a NO_x-regenerálás eredménytelen volt, hiszen minden modellszámítás alapján vezérelt, a ciklusok mennek maguktól, akár jó, akár inaktívvá vált a katalizátor. Lehet, hogy a lambda-szonda és a hőmérők jele alapján mégis észreveszi, hogy az NSC nincs már a helyzet magaslatán? Aligha hiszem. A DPF esete kissé más, mert ott van nyomásmérés és modellszámítás, mely azt is tudja, hogy a nyomásjelnek kb. milyen értékűnek kell lennie a futás során.

DR. NAGYSZOKOLYAI IVÁN

Forrás:

D. Maroteaux, J. Beaulieu, S. D’Oria: Entwicklung der NO_x-Nachbehandlung für Renault-Dieselmotoren, MTZ, 2010/03. p. 184.
D. Maroteaux, S. D’Oria, J. Beaulieu: Entwicklung eines NO_x-Nachbehandlungssystems für Renault Dieselmotoren: Ein Schritt zur Einhaltung zukünftiger Emissionsgrenzwerte, 17. Aachener Kolloquium Fahrzeug- und Motorentechnik, 2008.
Petrók: Csapda típusú NO_x-katalizátor, 2002. 11. szám, p. 10–13.
Nagyszokolyai: BMW HPI-benzinbefecskendezés, 2007. 9. szám, p. 37–41.



8. ábra