

Възможности за подобряване на показателите на дизелови двигатели чрез управление на горивоподаването

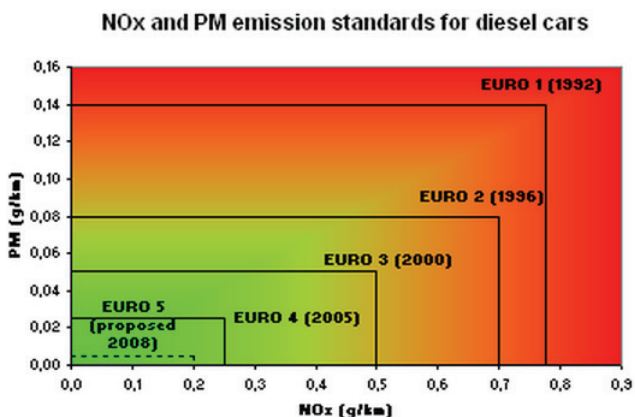
Христо Станчев, Красимир Марков

Possibility for improving diesel engine performances by fuel system control: High pressure common rail fuel injection system is the main development trend for fuel injection system of diesel engine last decades. Precise controlling of injection pressure and multiple injections are the advantages and key features of the high pressure common rail system. High pressure common rail fuel injection system can optimize combustion process, reduce NO_x , specific fuel consumption, soot and noise effectively by adjusting injection pressure, injection timing, duration and rate. The results from experimental investigation of different algorithms for distance between pilot and main injection are presented and discussed.

Key words: Fuel injection, Common Rail, High Pressure, Soot Pollution, Nitrogen Oxides

ВЪВЕДЕНИЕ

През последните години допустимите норми за токсичност на отработилите газове бяха намалени съществено. При дизеловите двигатели нормите за азотни окиси и дисперсни частици при всеки следващ стандарт намаляват значително (за сравнение между Евро4 и Евро 5, Фиг. 1.):



Фиг. 1. Евростандарти за азотни окиси и дисперсни частици за дизелови двигатели

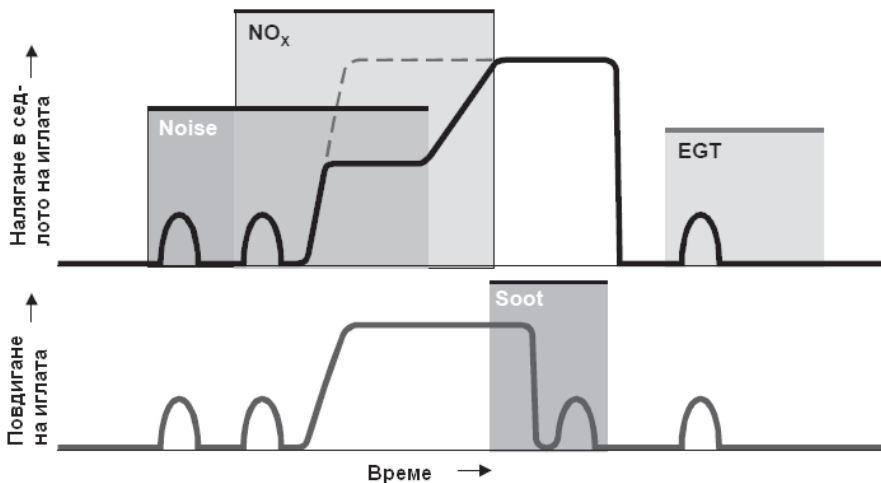
Съществуващите устройства за намаляване на тези компоненти са много сложни, скъпи и с ограничен ресурс. Освен това са свързани и с допълнителен разход на гориво. Възможностите за подобряване на токсичните показатели чрез усъвършенстване на конструкцията на дизеловите двигатели са изчерпани. За удовлетворяване на нормите се търсят методи и средства за намаляване на количеството образувани в цилиндъра азотни окиси и дисперсни частици. Ефективен метод е повишаване на максималното налягане на впръскване и контрол на температурата в цилиндъра. Това се постига с акумулаторните горивни уредби (common rail). За нормална работа на тези системи се поставят по-високи изисквания към качеството на горивата и техническото състояние на горивната уредба.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Впръскването на горивото под високо налягане води до по-фино разпръскване. Това улеснява изпарението, горивото изгаря по-пълно и намалява количеството на дисперсните частици. Намалява количеството задържани сажди в саждения филтър, по-рядко се налага почистване на филтъра (регенериране).

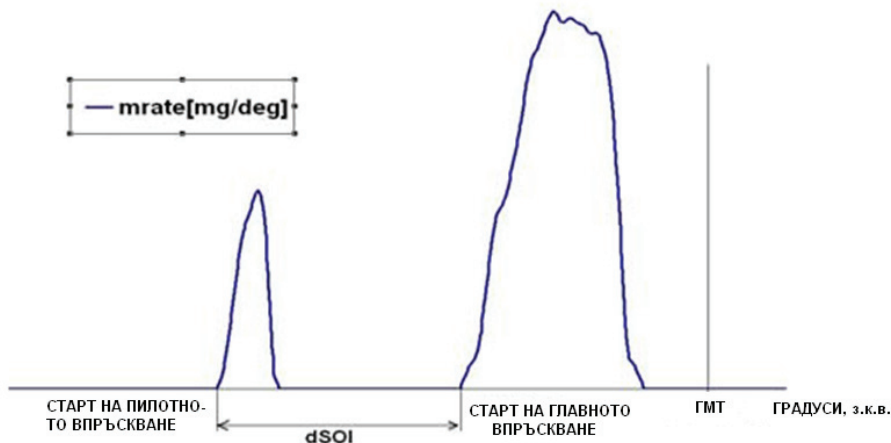
Възможността за разделяне на цикловата порция гориво на няколко впръсквания позволява по-плавно протичане на процеса на горене, по ниска температура в цилиндъра и съответно, по-малко количество азотни окиси. Разтоварва се системата за намаляване на азотните окиси. Според редица изследователи моментът на пилотното впръскване и количеството на пилотната порция гориво оказват съществено влияние върху показателите на дизеловите двигатели.

За намаляване на азотните окиси и шума са необходими едно или две пилотни впръсквания при ниско налягане (фиг. 2). Контрол на азотните окиси по време на първата фаза на основното горене се постига чрез управление на скоростта на нарастване на налягането и формата и продължителността на впръскване при напълно повдигната игла на разпръсквача.



Фиг. 2. Оптимално налягане и повдигане на иглата на разпръсквача [3].

С гъвкаво управление на процеса на впръскване на всички работни режими на дизеловия двигател се постига оптимална скорост на нарастване на налягането, момент на впръскване и многофазно впръскване, осигуряващи най-добър компромис между токсичност и икономичност. Например, при работа с рецикулация на отработили газове, при пълно натоварване се препоръчва главно впръскване с правоъгълна форма и високо налягане. Без рецикулация на отработили газове на този режим впръскване с триъгълна форма води до най-ниска токсичност, при запазване или леко подобряване на икономичността. С едно или няколко късни впръсквания се постига намаляване на количеството на саждите и подобряване на работата на устройствата в изпускателната система за намаляване на вредните компоненти [3].

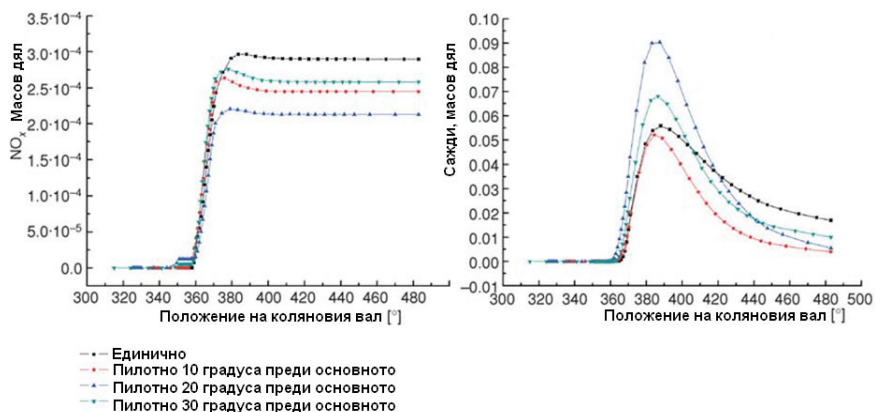


Фиг. 3. Диференциална характеристика на пилотно и основно впръскване

Управлението на пилотното впръскване в акумулаторните горивни уредби е ефективен метод за подобряване на показателите на дизеловите двигатели. Горивото, което се впръсква с голям ъгъл на изпреварване, спомага за съкращаване на периода на задържане на възпламеняването при студено пускане на двигателя. Това води също така до намаляване на температурата в цилиндъра, съответно количеството на NO_x и нивото на шума [1, 2].

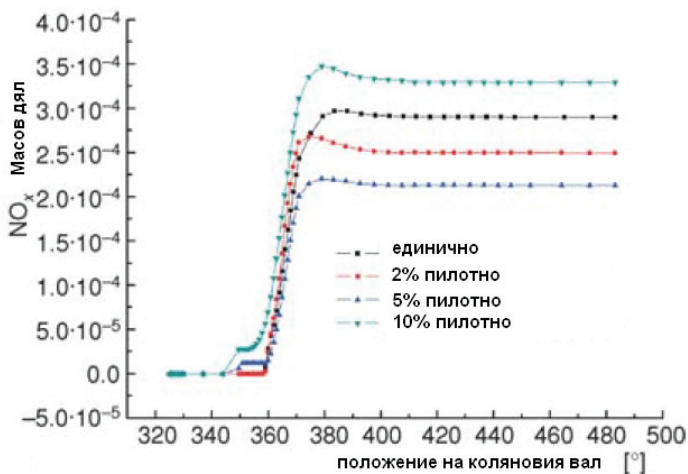
Ефектите на многофазното впръскване върху поведението на струята, горенето и емисиите на вредните вещества е изследвано в [5]. Изводът от изследването е, че разделянето на цикловата порция гориво на пилотна и основна може да повиши средното ефективно налягане и да намали емисиите на саждите, HC и CO . Използването на пилотна и основна порция гориво по време на празен ход след студен старт на дизелови двигатели показва, че подходящо подбиране на момента на пилотното впръскване води до подобряване на условията в цилиндъра за основното горене. За намаляване на шума и емисиите на азотните окиси трябва да бъдат извършени едно или две пилотни впръсквания при ниски налягания. За да се контролира образуването на азотни окиси по време на първата фаза на горене трябва да се управлява характера на главното впръскване чрез скоростта на нарастване на налягането и продължителността на впръскване (правоъгълна или триъгълна форма) при напълно отворена игла на разпръсквача. Максималното налягане на впръскване трябва да бъде най-малко 200 MPa. Иглата на разпръсквача трябва да се затваря рязко в края на основното впръскване. Допълнително трябва да има късно впръскване под високо налягане за намаляване на саждите. С късно впръскване при умерено налягане е възможно да се управлява температурата на отработилите газове за регенериране на саждения филтър или за да се осигурят въглеводороди, необходими за работа на акумулатора на NO_x .

Когато интервалът между пилотното и основното впръскване е твърде голям, влиянието на пилотното впръскване върху основното горене е доста слабо, защото горивото от пилотното впръскване изгаря бързо и въпреки, че то е изгоряло напълно, температурата в цилиндъра остава ниска преди основното горене. От друга страна, влиянието на пилотното впръскване върху основното горене също е малко, когато интервалът е твърде малък, поради това, че горивото от пилотното впръскване не може да изгори напълно.



Фиг. 4. Влияние на момента на пилотното впръскване спрямо основното върху съдържанието на азотни окиси и сажди [4]

Според резултатите и анализа следва, че пилотното впръскване може да намали шума от горенето в цилиндъра и емисиите на вредни вещества от дизеловите двигатели [4]. При по-голямо изпреварване на пилотно впръскване спрямо основното впръскване, емисиите на саждите намаляват докато шумът от горенето и емисиите на NOx имат най-ниски стойности при пилотно впръскване 20⁰ преди основното. Малки количества на пилотното впръскване нямат ефект върху шума от горенето и емисиите на NOx. Когато количеството на пилотно впръскваното гориво се увеличи на 10%, емисиите на азотните окиси се увеличават значително (Фиг. 5). Когато се увеличи количеството на пилотно впръскване, емисиите на саждите имат тенденция към увеличение. Когато основното впръскване се забави с 30⁰ спрямо пилотно впръскване с количество 5%, температурата е под 1800 К. Тогава емисиите на азотни окиси зависят само от налягането в цилиндъра.



Фиг. 5. Влияние на количеството на пилотно впръскваното гориво върху количеството на азотните окиси [4]

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. С управление на момента на пилотното впръскване и количеството на пилотната порция може да се намали шума и количеството на азотните окиси в отработилите газове.
2. При късно пилотно впръскване количеството на саждите се намалява значително (фиг.4).
3. С динамично изменение на момента на пилотното впръскване и количеството на пилотната порция може да се осигури съществено подобряване на мощностните, икономическите и екологичните показатели на съвременните дизелови двигатели с акумулаторни горивни уредби за широк диапазон от товарни и честотни режими.
4. С късно впръскване след GMT при умерено налягане на впръскването е възможно да се управлява температурата на отработилите газове за регенериране на саждения филтър.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] A. Trueba, B. Barbeau, O. pajot and K. Mokaddem. Pilot Injection Timing Effect on the Main Injection Development and Combustion in a DI Diesel Engine. SAE Technical paper series, paper no. 2002-01-0501, March 4-7, 2002, Detroit, U.S.A.
- [2] S. Ikezawa, M. Wakamatsu and T. Ueda. Diesel Particulate Analysis Using SEM-EDX and Laser-Induced Breakdown Spectroscopy. International Journal on Smart Sensing and Intelligent Systems.2011, 4:174-188.
- [3]. B. Mahr. Future and Potential of Diesel Injection Systems , Robert Bosch GmbH. THIESEL 2002 Conference on Thermo- and Fluid-Dynamic Processes in Diesel Engines
- [4] He, Z., *et al.*: Study on Effect of Fuel Injection Strategy on Combustion Noise and exhaust emission of diesel engine. THERMAL SCIENCE: Year 2012, Vol. 17, No. 1, pp. 81-90.
- [5] Su Han Park, Seung Hyun Yoon and Chang Sik Lee. Effects of multiple-injection strategies on overall spray behavior, combustion, and emissions reduction characteristics of biodiesel fuel. Applied Energy. 2011, 88:88-98.

За контакти:

Проф. д-р Христо Станчев, Катедра "Двигатели и транспортна техника",
Русенски университет "Ангел Кънчев", тел.: 082-888 275,
e-mail: hstanchev@uni-ruse.bg

Ас. инж. Красимир Марков, Катедра "Двигатели и транспортна техника",
Русенски университет "Ангел Кънчев", тел.: 082-888 373,
e-mail: kmarkov@uni-ruse.bg

Докладът е рецензиран.