

CHANGES IN THE HYDRAULIC CHARACTERISTICS OF PIEZOELECTRIC COMMON RAIL NOZZLES IN CONTINUOUS OPERATION¹

Assoc. Prof. Trifon Uzuntonev, PhD

Department of Automotive Engineering,

Technical University of Varna, Bulgaria

Phone: 0888 31 37 91

E-mail: uzuntonev_trifon@abv.bg

***Abstract:** This paper reviews the changes in the hydraulic characteristics of common-rail piezo injectors during their long operation. A special defect associated with the occurrence of unusual smoke mainly during engine idling is considered. A connection between the specific construction of the nozzle-needle in order to improve the dynamics of its movement, the way of managing its lift and the reasons for the occurrence of the defect mentioned is sought. A constructive solution for the elimination of the consequences of wear in the area of the sealing line is proposed.*

***Keywords:** piezo injector, nozzle, sealing in the nozzle, unusual smoke*

ВЪВЕДЕНИЕ

Пиезоелектричните дюзи намират широко приложение в съвременните дизелови двигатели. Принципът им на работа се основава на обратния пиезоелектрически ефект, като при това се гарантира голямо бързодействие и възможност за реализиране на многократно впръскване на гориво в рамките на един работен цикъл. При честотни режими на работа на двигателя при които съдържанието на токсични компоненти в отработилите газове е от особено голямо значение е възможно реализирането на седем впръсквания на гориво. Това води до многократно присядане на иглата на разпръсквача към уплътнителното легло, влошаване плътността на групата и промяна на хидравличните характеристики на пиезоелектричните дюзи при продължителна употреба. Този проблем е съществен за относително стария автомобилен парк в България и неговото решаване има важно икономическо значение и влияе значително опазване чистотата на околната среда.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Външно проявление на нарушените хидравлични характеристики на пиезоелектрична дюза

В голяма част от автомобилите с дизелови двигатели и пиезоелектрични дюзи след продължителна експлоатация (пробег над 250 хил. км) се наблюдава ескалиращо във времето обилно димене, пидружено с характерна миризма на неизгоряло гориво, най-вече при работа на двигателя на празен ход. Анализът на състава на отработилите газове недвусмислено потвърждава многократното увеличаване съдържанието на СН. Характерно в случая е, че този процес не е съпроводен с прекъсвания в работата на двигателя и проблемът очевидно не се дължи на моментно нарушаване на работния процес. В същото време не се активира процес на регенериране на филтъра за твърди частици чрез последващо вторично впръскване на гориво в края на такта изпускане. Това изключва възможността за софтуерен проблем. Безмоторните изпитания на дюзите на специализиран стенд по алгоритъм, характерен за съответната дюза, също не отчитат значителни отклонения от цикловете

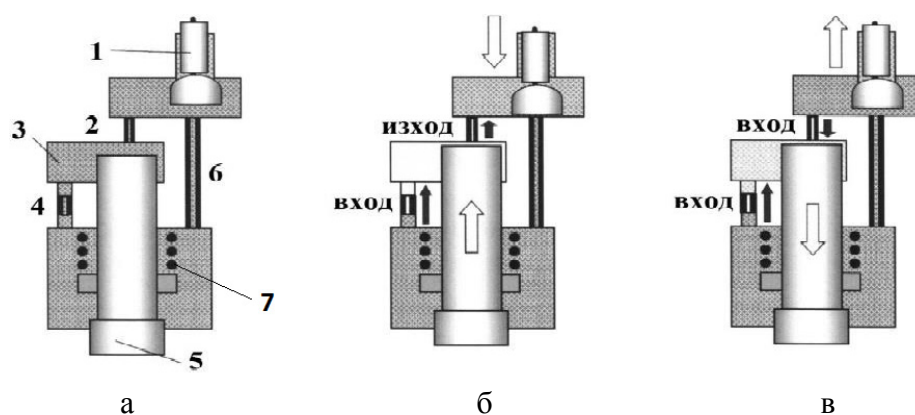
¹ Докладът е представен на пленарната сесия на 27 октомври 2017 с оригинално заглавие на български език: ИЗМЕНЕНИЯ В ХИДРАВЛИЧНИТЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ПИЕЗОЕЛЕКТРИЧНИ ДЮЗИ ОТ ГОРИВНА УРЕДБА COMMON RAIL ПРИ ПРОДЪЛЖИТЕЛНА ЕКСПЛОАТАЦИЯ

порции гориво за характерни комбинации от налягане в горивния акумулатор и продължителност на управляващия импулс. Това налага необходимостта от намиране на причината за появата на подобно явление, неговата диагностика, както и намирането на конкретно решение за неговото отстраняване.

Конструктивни особености на разпръсквачите на пиезоелектричните дюзи и произтичащите от това проблеми след продължителна експлоатация

В основата на проблема е принципа на действие на пиезоелектричната дюза, който позволява да се съкрати времето за реакция на иглата на разпръсквача при подаване или изключване на управляващия импулс.

Повдигането на иглата на разпръсквача в пиезоелектричната дюза се управлява косвено с помощта на усилващ управляващ клапан. Следователно големината на цикловата гориво е функция на продължителността на активиране на този клапан. На фиг. 1 е показан начина на действие на усилващия управляващ клапан.



Фиг.1 Принцип на действие на усилващия управляващ клапан

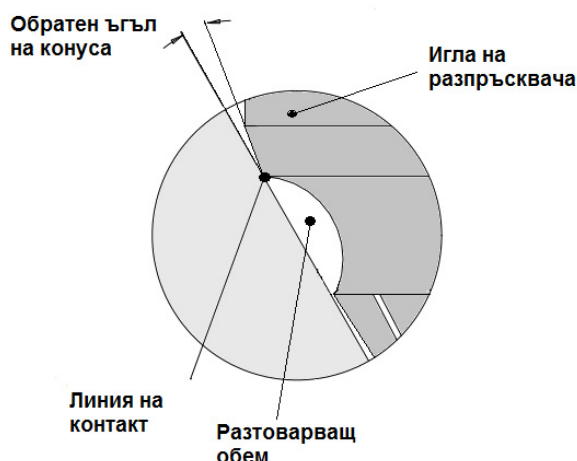
1-усилващ управляващ клапан; 2-изходящ дроселиращ отвор; 3-управляваща камера; 4-входящ дроселиращ отвор; 5-игла на разпръсквача; 6-байпасен отвор; 7-пружина.

В неактивирано състояние изпълнителното устройство е в стартова позиция, фиг. 1а, т.е. степените на високо и ниско налягане са разделени. Иглата на разпръсквача се държи в затворено положение от налягането в горивния акумулатор, упражнявано в управляващата камера 3. Когато пиезоелектричното изпълнително устройство се активира, усилващият управляващият клапан 1 се отваря. При своето движение надолу той затваря байпасния отвор 6, фиг. 1б. Балансът на дебитите на изтичащото гориво през изходния дроселиращ отвор 2 и постъпващото гориво през входящия дроселиращ отвор 4 води до намаляване на налягането в управляващата камера. В резултат на това, иглата на разпръсквача 5 се повдига нагоре и горивото се впръсква в цилиндъра на двигателя. Излишното гориво, което изтича от управляващата камера през отвора на управляващия клапан, достига до степента за ниско налягане. За да се затвори иглата на разпръсквача, изпълнителното устройство се деактивира и усилващият управляващ клапан се затваря, като при своето движение нагоре отваря байпасния отвор, фиг.1в. В резултат на това горивото постъпва в управляващата камера едновременно през двата дроселиращи отвора 2 и 4 и налягането в нея се повишава. При достигане на определена стойност иглата на разпръсквача започва движение надолу до пълното затваряне на отворите в разпръсквача и процесът на впръскване завършва.

Този принцип на работа и постигнатото бързодействие позволяват да се реализира многократно впръскване на гориво в рамките на един работен цикъл. Допълнителен положителен ефект указва скоростта на реализация на обратния пиезоелектрически ефект. Това означава, че времето от подаване на управляващия импулс към пиезопакета на

дюзата и реакцията на иглата на разпръсквача е значително по-малко в сравнение с това на конвенционалните електромагнитни дюзи.

Особен обект на анализ в случая е ускореното износване в леглото на разпръсквача, предизвикано от бързото затваряне на иглата в резултат на рязкото нарастване на налягането в управляващата камера 3, фиг.1 .Във всички пиезоелектрични дюзи диаметърът на иглата е 4мм. С цел подобряване на уплътнителните качества на иглата и увеличаване специфичното налягане в леглото, формата на уплътнителния конус е изработена по два различни ъгъла, така че контакта да се осъществява в линия.Едновременно с това с цел предотвратяване рязкото присядане на иглата в новите конструкции пиезоелектрични дюзи между двата ъгъла на уплътнителния конус е изработен разтоварващ обем с канали по образуващата на конусната повърхност на иглата,фиг.2.



Фиг.2 Конструкция на уплътнителната част на иглата на разпръсквача на пиезоелектрична дюза

Подобна конструкция усложнява изработването на изделието, но от друга страна подобрява динамиката на движение на иглата на разпръсквача. Това увеличава живота и надеждността на дюзата. При продължителна експлоатация на този елемент в комбинация с дизелово гориво с отклонения от стандартните изисквания за съдържание на сяра се предизвиква нарушаване на уплътнителната зона на иглата на разпръсквача. Това предизвиква неконтролирано изтичане на горивото през впръскващите отвори, дори тогава когато работния процес е завършил.

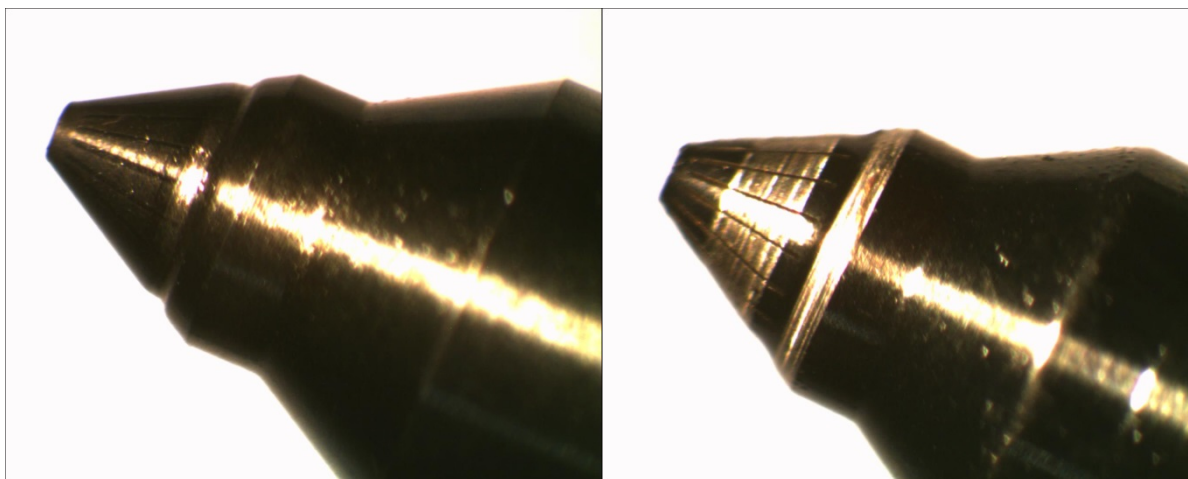
Най-ясно този процес е изразен при работа на двигателя на празен ход.Това се обяснява с факта, че при този режим на работа налягането в горивния акумулатор обикновено е в границите 250-300 bar за различните автомобили.

При промяна на режима на работа на двигателя, налягането в горивния акумулатор се променя в зависимост от зададения въртящ момент и честота на въртене на двигателя. Във всички случаи налягането в акумулатора е по-високо от това при работа на празен ход. По този начин хидравличната сила нараства значително, притискането на иглата на разпръсквача към конусното легло също нараства. Това води до подобряване на плътността на групата и преустановяване на процеса на самопроизволно изтичане на гориво през отворите на разпръсквача, тогава когато работният процес е приключил. Визуалната проява на този процес се заключава в това, че при промяна на зададения режим на работа на двигателя, несвойственото димене изчезва.

Възстановяване на плътността в разпръсквача на пиезоелектрична дюза

Решаването на този проблем очевидно може да бъде направено чрез замяна на пиезоелектричните дюзи. Най масово разпространени са дюзите на фирмата Bosch от типа 0 445 115 *** . Най-честото им приложение е в автомобили Audi (Q7,Q5,A5,A7) с V-образни двигатели с работен обем 2.7 и 3.0 dm³, Volkswagen Touareg, Phaeton, Chrysler 300, BMW(320d,530d,730d,X5,X3), Mercedes Benz C,E,S,ML,GLK,SLK клас. Видно е, че изброените автомобили са от висок клас и решаването на възникналите проблеми е наложително. Замяната на разпръсквача е невъзможно действие, тъй като фирмата производител не предлага в търговската мрежа самостоятелната продажба на този елемент. Това поведение на производителя е продиктувано от сложността на процеса на замяна на разпръсквача и необходимостта от допълнителна регулировка на специфични монтажни хлабини. До този момент фирмата Bosch не предлага технология и необходимите приспособления за извършване на този процес. Единственият начин за отстраняване на описания проблем е замяната на дюзите с нови. Автомобилите на които най-често се наблюдава този процес, са в повечето случаи шест цилиндрови V-образни или редови двигатели. В този смисъл решение, свързано със закупуването на нови дюзи често пъти е финансово съизмеримо с остатъчната стойност на самия автомобил.

В настоящата разработка се предлага технология за възстановяване на контактната зона между иглата и тялото на разпръсквача. В случая се въздейства на конусния връх на иглата с помощта на прецизна шлифовъчна машина. На фиг.3 е представен вида на конусния връх преди и след механичната обработка.



Фиг.3 Конусен връх на иглата на разпръсквача на пиезоелектрична дюза преди и след механичната обработка

Механичното отнемане на конусния връх формира нова контактна линия и рязко подобрява плътността на групата. Въпреки, че в резултат на механичната операция се предизвиква незначително аксиално преместване на иглата надолу, този факт не променя функционалността на пиезоелектричната дюза. Надеждността на този процес се гарантира от това, че иглата е обемно термообработена и отнемането на незначителен повърхnoten слой не променя нейните механични характеристики. Надеждности изпитания са проведени на реален автомобил като след 10 000 km действието на системата е непроменено. При това не се променят мощностно-икономическите показатели на автомобила.

ИЗВОДИ

1. След продължителна експлоатация на пиезоелектрични дюзи настъпват невъзвратими износвания в уплътнителната част на иглата на разпръсквача. Видимият резултат от това е обилно димене на двигателя на празен ход.

2. Констатирането на проблема чрез стендови безмоторни изпитания на дюзите е невъзможно, защото протечките се отчитат към общия дебит гориво за съответния режим.

3. Предложен е алтернативен метод за възстановяване на уплътнителния конус на иглата на разпръсквача и по този начин се постига икономия на средства за закупуване на нови дюзи (обикновено шест с обща цена, често пъти надвишаваща остатъчната стойност на автомобила).

REFERENCES

Hammer J.,Binder A.(2010) IVK Universität Stuttgart Injection technology part 1 (Оригинално заглавие:Hammer J.,Binder A. Einspritztechnik-Teil 1)

Robert Bosch Gmbh Dieselmotor-Management 2004 Stuttgart (Заглавие на българско издание:Системи за управление на дизелови двигатели)

Uzuntonev T.,Kirov S.,Belchev S.(2013) Changes in hydraulic characteristics of nozzles and strength qualities of Common Rail fuel system sprinklers in continuous operation (**Оригинално заглавие:** Изменения в хидравличните характеристики на дюзите и якостните качества на разпръсквачи от горивна уредба Common Rail при продължителна експлоатация) Science Conference of Ruse University,Bulgaria 2013,84-88