

Количествена корекция на цикловата порция гориво, предизвикана от вълновите явления в тръбопровода за високо налягане

Трифон Узунтонов, Сергей Белчев

Correction of main cyclic portion, due to wave phenomena in high pressure pipe: Wave phenomena are induced in the high pressure pipe by injection of a certain portion of fuel in the accumulative fuel system. The pressure fluctuations can significantly affect the cyclic portion of fuel, which is injected immediately after the one causing the oscillatory process. In the scientific report are investigated the wave phenomena at the end of the high pressure pipe and immediately before the Common Rail nozzle, designed for Peugeot 2.0 HDI engine. Wave phenomena are realized, induced by injections with different duration in different pressures in the fuel accumulator. The fuel supply differential characteristic is built and based on that is defined the actual main cyclic portion in its different distance from the pre-injection which is causing the wave phenomena. A strategy is developed for Quantity Wave Compensation, induced by the wave phenomena in the high pressure pipe.

Key words: Wave phenomena in the Common Rail system, Quantity Wave Compensation.

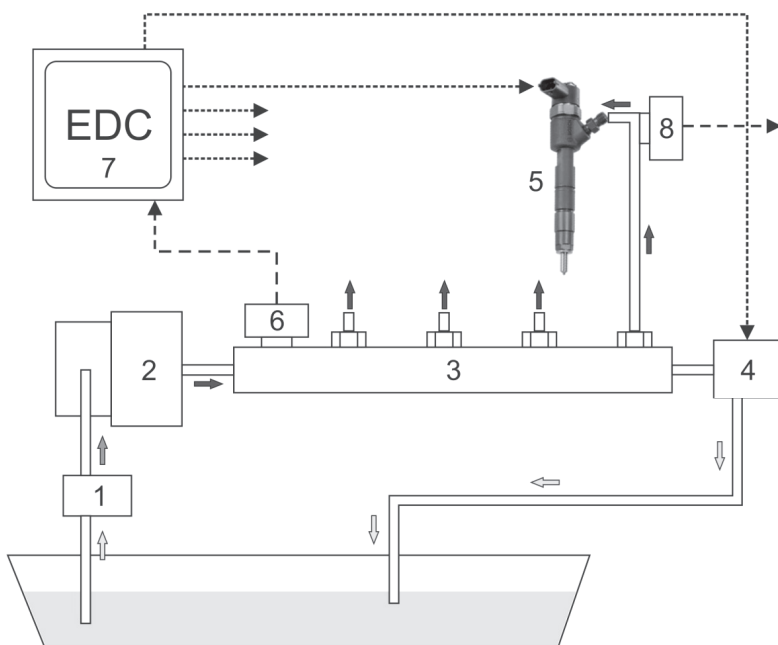
ВЪВЕДЕНИЕ

Общоприето е схващането, че налягането на горивото в горивния акумулатор на системата Common Rail е постоянно при установен режим на работа на двигателя. Това се оказва условно, защото пулсациите на налягането, предизвикани от последователното нагнетяване на горивото от помпените секции на горивонагнетателната помпа не могат да бъдат ефективно демпфирани от регулатора на налягането. Това неудобство може да бъде лесно преодоляно чрез правилен избор на предавателно отношение и съгласуваност при задвижването на колянвия вал и нагнетателната помпа. Впръскването на определено количество гориво от дюзата в горивната система Common Rail предизвиква допълнителни колебателни процеси в тръбопроводите за високо налягане. Времетраенето на този процес е несъразмерно по-кратък от процеса на създаване на високо налягане от помпената секция. Той оказва голямо влияние върху количеството впръснато гориво, тъй като през периода, през който иглата на разпръсквача е отворила нагнетателните отвори, налягането се променя в широки граници. При еднаква продължителност на управляващия импулс към дюзата влиянието на вълновите явления в тръбопровода за високо налягане се проявява в различна степен, в зависимост от разположението във времето на този импулс спрямо колебанията на налягането. В този смисъл е възможно както увеличаване, така и намаляване на цикловата порция гориво, което във всички случаи е нежелателно явление. Това налага необходимостта от изследване на влиянието на вълновите явления в тръбопровода за високо налягане върху цикловата порция гориво с цел нейната корекция и запазване на постоянната ѝ стойност.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Изследването на вълновите явления е проведено на експериментална установка, представена на фиг. 1.

Тя позволява да бъде променяно налягането в горивния акумулатор 3 и продължителността на управляващия импулс към дюзата 5. По този начин се създават условия за комплексното изследване влиянието на основните фактори, оказващи въздействие върху вълновите явления в тръбопровода за високо налягане. При провеждане на експерименталните изследвания е използвана горивна система на автомобила Peugeot 307 2.0 HDI с горивонагнетателна помпа Bosch CP1 0 445 010 010 и дюза 0 445 110 044.



- 1 - Горивен филтър; 2 - Помпа за високо налягане; 3 - Горивен акумулатор;
 4 - Регулатор на налягането; 5 - Електромагнитна дюза;
 6 - Датчик за налягане в горивния акумулатор; 7 - Електронен блок за управление;
 8 - Датчик за отчитане на налягането в края на тръбопровода за високо налягане.

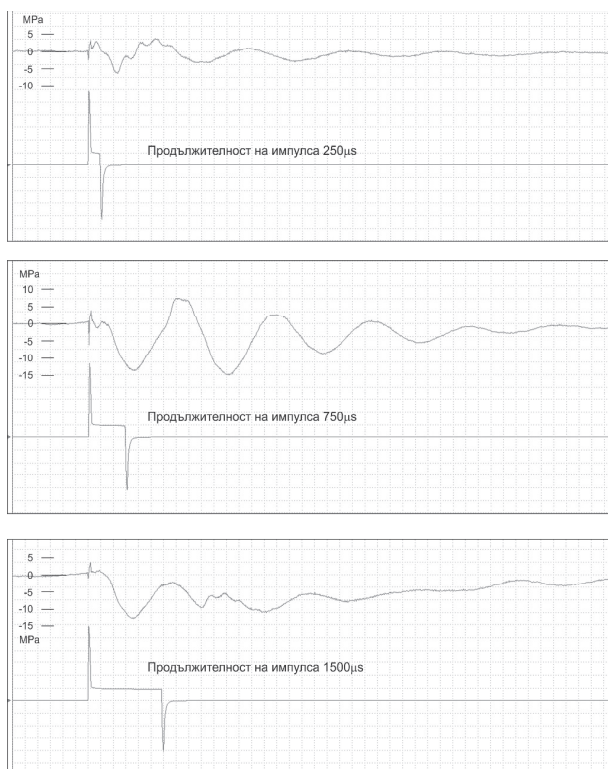
Фиг. 1. Експериментална установка, на която е проведено изследването на вълновите явления

Тръбопроводът за високо налягане е взиман от стандартното автомобилно изпълнение, като в неговия край и съответно входа към дюзата е монтиран датчик за отчитане на налягането 8.

На фиг. 2 е показана формата на колебателния процес в тръбопровода за високо налягане при различна продължителност на управляващия импулс.

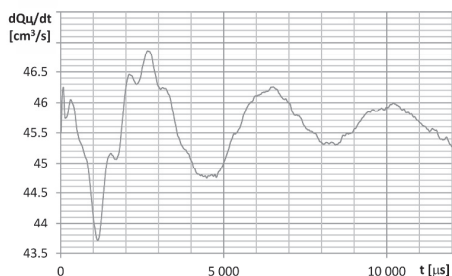
Приведеният пример е при зададено налягане в горивния акумулатор $P_{\text{Common Rail}} = 80 \text{ MPa}$ и тази стойност съответства на нулевото показание в графичната зависимост. По този начин се отчитат само промените на налягането спрямо номиналната му стойност. Въпреки, че при проведените експериментални изследвания има възможност за вариране в широки граници на входните фактори (каквито в случая са зададеното налягане в горивния акумулатор и продължителността на управляващия импулс), акцентът е поставен върху типични експлоатационни режими.

Най-значим от практическа гледна точка е случаят, в който се впръсква предварителна пилотна порция гориво. При осъществяване на следващото впръскване съществува опасност вълновите явления в тръбопровода за високо налягане да окажат съществено влияние върху количеството на впръснатото гориво. Особено чувствителна на тези явления е основната порция гориво, чието подаване в цилиндъра на двигателя се предхожда от една или две предварителни порции за повечето частични товарни режими.



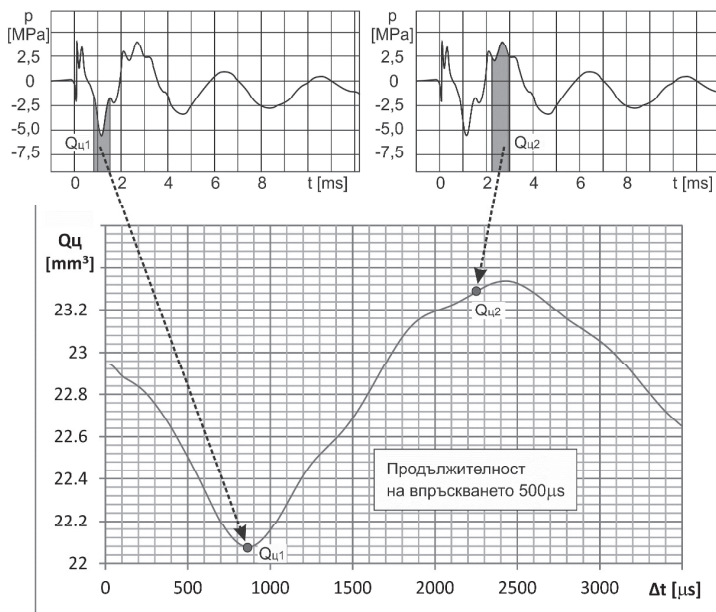
Фиг. 2. Зависимост на формата на колебателния процес на налягането в тръбопровода за високо налягане в зависимост от продължителността на управляващия импулс $\tau_{впр}$.

При следващото представяне на резултатите от експерименталните изследвания и обработката на данните е използван един типичен режим, който съответства на налягане в горивния акумулатор $p_{Common Rail}=80$ MPa и продължителност на управляващия импулс $\tau_{впр}=250$ μs.



Фиг. 3. Диференциална характеристика на горивоподаване

Това са реалните условия, при които се реализира пилотната порция гориво при средни натоварвания за посочената горивна система. Извършена е математическа обработка на експерименталните данни, която включва изглаждане на получената крива и превръщането на текущото налягане в тръбопровода за високо налягане в диференциална характеристика на горивоподаването. На фиг. 3 е представена зависимостта на $\frac{dQ_{ц}}{dt}$ във функция от времето, в което се вижда формата на вълновите явления в тръбопровода. Техният характер съответства на естествените физически явления, които протичат в този затворен обем и по-специално на входа към дюзата. При подаване на управляващ импулс, иглата на разпръсквача се отваря с известно закъснение, при което следва пад на налягането, съответно и на диференциалната характеристика на горивоподаване. Породените вълнови явления водят до образуването на отразена вълна и последващо нарастване на налягането. Следват колебателни процеси с ясно изразен затихващ характер. Ако по време на този процес се осъществи последващо впръскване с определена постоянна продължителност, количеството гориво, което ще постъпи в цилиндъра на двигателя, ще зависи много от местоположението на процеса във времето, т.е. спрямо формата на колебателния процес.



Фиг. 4. Циклова порция гориво, впръсквана в цилиндъра на двигателя при еднаква продължителност на управляващия импулс и различно местоположение на процеса във времето

На фиг. 4 е определена цикловата порция гориво, която се впръсква в цилиндъра на двигателя при продължителност на управляващия импулс $t_{впр.} = 500 \mu s$ и преместване на този процес на различно отстояние от момента на появяване на вълнови явления. От приведените примери и направените пресмятания става ясно, че $Q_{ц1}$ [mm³] се реализира в момент на най-ниска стойност на налягането в горивния

аккумулятор и има стойност $22,07 \text{ mm}^3$. За разлика от този случай, впръскването на гориво за същото време, но при максимални стойности на налягането има стойност $Q_{ц2}=23,3 \text{ mm}^3$. Разликата от 5% означава промяна на мощностните показатели на двигателя, предизвикани от изменението на момента на впръскване на основната порция гориво спрямо пилотната. Отстоянието между двете впръсквания е заложено в алгоритъма на управление на процеса на горивоподаване и зависи от режима на работа и експлоатационните условия. Успоредно с промяната на това отстояние се налага необходимостта от количествена корекция на цикловата порция гориво, предизвикана от вълновите явления в тръбопровода за високо налягане. Това се прави с помощта на корекция на продължителността на управляващия импулс и има за цел подобряване на мощностните показатели на двигателя.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В резултат на теоретичния анализ и проведените експериментални изследвания, могат да бъдат направени следните изводи:

1. Вълновите явления в тръбопровода за високо налягане, предизвикани от реализирането на пилотна порция, оказват влияние върху основната циклова порция гориво, впръсквана в цилиндъра на двигателя. Големината на това влияние зависи в най-голяма степен от местоположението на този процес във времето, т.е. спрямо формата на колебателния процес.
2. Разработена е стратегия за количествена корекция на основната циклова порция гориво с цел запазване на нейната стойност при промяна на отстоянието между предварителното и главното впръскване според алгоритъма за управление на този процес.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Сергей Белчев, Трифон Узунтонов, „Хидравлична характеристика и коефициент на дебита на електромагнитни дюзи от горивна уредба Common Rail”, Научни трудове на Русенския Университет;

[2] Hammer J., Binder A., „Einspritztechnik”, IVK, Universität Stuttgart, Stuttgart 2011

[3] Dieselmotor – Management, Robert Bosch GmbH, Stuttgart 2004;

[3] Klaus Mallenhauer, Helmit Tschöke, „Handbuch Dieselmotoren”, Springer, Berlin 2007.

За контакти:

Доц. д-р инж. Трифон Узунтонов, Катедра “Транспортна техника и технологии”, ТУ-Варна, e-mail: uzuntonev_trifon@abv.bg

Доц. д-р инж. Сергей Белчев, Катедра “Транспортна техника и технологии”, ТУ-Варна, тел: 052 383226, e-mail: sergu@abv.bg

Докладът е рецензиран.