

## CONSIDERAȚII ASUPRA IDENTIFICĂRII DEFECTELOR ÎN CAZUL MOTOARELOR TERMICE CU APRINDERE PRIN COMPRIMARE

### CONSIDERATIONS ON THE IDENTIFICATION OF DEFECTS IN THE CASE OF THERMAL ENGINES WITH COMPRESSION IGNITION

Bogdan Bebeselea<sup>1</sup>, Mihail Savaniu<sup>2</sup>, Cristian Pavel<sup>3</sup>,

<sup>1</sup> drd.ing., UTCB – Facultatea de Inginerie Mecanica si Robotica in Construcții

E-mail: [bogdan.bebeselea@phd.utcb.ro](mailto:bogdan.bebeselea@phd.utcb.ro)

<sup>2</sup> S.I.dr.ing., UTCB – Facultatea de Inginerie Mecanica si Robotica in Construcții

E-mail: [mihai.savaniu@utcb.ro](mailto:mihai.savaniu@utcb.ro)

<sup>3</sup> Prof.dr.ing., UTCB – Facultatea de Inginerie Mecanica si Robotica in Construcții

E-mail: [cristian.pavel@utcb.ro](mailto:cristian.pavel@utcb.ro)

**Rezumat.** În prezent există o gamă variată de motoare termice cu aprindere prin comprimare (denumite curent Diesel) montate atât pe echipamente utilizate în diverse aplicații (generatoare, pompe, utilaje de constructii) cât și pe autovehicule rutiere. Evoluția sistemelor de injecție de la cele clasice la cele moderne common rail, a permis mărirea performanțelor motoarelor ca urmare a gestiunii electronice a sistemului de injecție dar și posibilitatea de a asigura funcționarea motoarelor, chiar dacă unele sisteme s-au defectat. Prezenta lucrare își propune, printr-un studiu experimental, să scoată în evidență compensarea defectării unui injector, în cazul funcționării motorului termic la ralanti, defect care produce la nivelul motorului o funcționare care generează un alt spectru de frecvențe si amplitudini.

**Cuvinte cheie:** motor termic; sistem injecție; diagnoză motor termic.

**Abstract.** Today there is a wide range of compression ignition (Diesel) thermal engines fitted both on equipment used in various applications (generators, pumps, construction machinery) and on road vehicles. The evolution of fuel injection systems from conventional to modern common rail systems has allowed for increased engine performance as a result of electronic management of the injection system and the possibility of ensuring engine operation even if some systems have failed. The present work aims, by means of an experimental study, to highlight the compensation of an injector failure, in the case of thermal engine idling operation, a failure that produces an engine operation generating a different frequency and amplitude spectrum.

**Key words:** thermal engine; injection system; thermal engine diagnostics

## 1. Introducere

În prezent există o gamă variată de motoare termice cu aprindere prin comprimare (denumite curent Diesel) montate atât pe echipamente utilizate în diverse aplicații (generatoare, pompe, utilaje de constructii) cât și pe autovehicule rutiere. Motorul Diesel se evidențiază ca unul din cele mai utilizate motoare în special pe autovehicule cu gabarit mare datorită calităților sale, respectiv cuplu, putere, fiabilitate ridicată. Se remarcă de asemenea și prin consum și o rată de poluare tot mai scăzute ca urmare a metodelor moderne de reducere a emisiilor de gaze cu efect de seră.

Evoluția sistemelor de injecție de la cele clasice la cele moderne common rail, a permis mărirea performanțelor motoarelor ca urmare a gestiunii electronice a sistemului de injecție. La sistemele clasice este destul de dificil să se optimizeze combustia pentru fiecare punct de funcționare al motorului, dependența presiunii de injecție fiind condiționată de turația și sarcina motorului. Odată cu dezvoltarea sistemului de injecție common rail se înlătură acest inconvenient prin faptul că pompa generează presiune înaltă și o stochează într-un acumulator numit rampă comună iar injectoarele nu mai sunt conectate direct la pompă ci sunt alimentate din rampă.

Această independență conferă posibilitatea optimizării injecției pentru creșterea performanțelor dinamice, reducerea consumului de combustibil și asigurarea funcționării motorului prin secvențe de compensare a funcționării acestuia în cazul apariției unor defecte care nu conduc la distrugerea motorului, dar permit funcționarea pentru o perioadă scurtă până la efectuarea reparației (cum ar fi: defect de senzor de temperatură, de presiune, injector defect, etc).

De asemenea este posibilă divizarea injecției de combustibil în mai multe faze: pre-injecție, injecție principală și post-injecție. La turații și sarcini mici, funcționarea în regim de ralanti, se efectuează injecția cu cele mai multe secvențe, iar la turații mari, datorită timpului scurt de efectuare al arderii, injecția se efectuează într-o singură secvență.

Structura sistemului de injecție common rail poate fi împărțită în două componente, respectiv componenta de joasă presiune și cea de înaltă presiune. Componenta de joasă presiune este alcătuită din: rezervorul de combustibil; pompa de alimentare de joasă presiune (pompa de transfer); filtrul de combustibil; conducte de joasă presiune. Componenta de înaltă presiune este compusă din: pompa de înaltă presiune, acumulator sau rampă; injector; conducte de înaltă presiune.

Motoarele termice Diesel sunt construite și optimizate pentru a livra cuplu maxim la turații reduse. Defectarea unui injector conduce la apariția unui dezechilibru în funcționarea motorului sau chiar oprirea motorului cu consecințe asupra fiabilității acestuia. În acest sens, producătorii de motoare termice dotate cu sistem common rail asigură funcționarea acestuia și în cazul defectării unui injector. Aceasta este posibilă ca urmare a supavegherii funcționării, cu ajutorul unui sistem de senzori și comanda ECM.

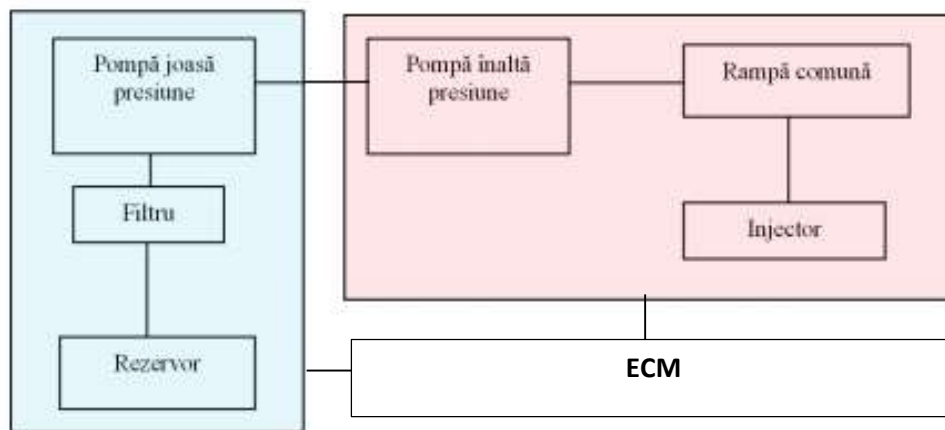


Fig.1 Structura sistemului de injecție Common Rail

Astfel este posibil să se compenseze oprirea unui injector prin mărirea debitului în secvențele de pre-injecție și injecție principală pentru injectoarele valide. Lucrarea scoate în evidență această compensare în funcționarea la ralanti prin efectuarea unor determinări experimentale pentru un motor termic dotat cu injecție common rail.

Considerații asupra identificării defectelor în cazul motoarelor termice cu aprindere prin comprimare

## 2. Determinări experimentale

Determinările experimentale s-au efectuat pe un motor diesel de 2.0 l common rail și a presupus:

- Test de evaluare funcționare și etanșitate camera de ardere;
- Test comparație cantități corectate pentru fiecare injector în cazul opririi funcționării unuia dintre injectoare.

Motorul diesel testat, vezi fig.2, are următoarele caracteristici tehnice :

Putere = 90CP@4000 rot/min; Cuplu = 205Nm@2000 rot/min; Capacitate = 1997 cm<sup>3</sup>; Număr de cilindri = 4; Configurația motorului - în linie; Raport de compresie = 18; Număr de supape per cilindru= 2; Aspirația motorului- Turbosuflanta, Intercooler.

Motorul este de generație nouă, are management electronic cu algoritmi de compensare a întreruperii unui piston prin alimentarea suplimentară a celor rămase valide.



Fig. 2 Motorul Diesel 2.0 l common rail testat

Sistemul de diagnoză utilizat, vezi fig.3, este de tipul Interfață de diagnoză profesională marca Jaltest care permite diagnosticarea, activarea, calibrarea, resetarea și parametrizarea funcțiilor avansate.



Fig. 3 Interfață de diagnoză profesională marca Jaltest

*Test de evaluare funcționare și etanșeitate camera de ardere*

Corecta funcționare a motorului cu ardere internă implică realizarea unei etanșări cât mai bune a camerei de ardere de-a lungul perioadei în care supapele sunt închise. Modul în care acest deziderat este realizat influențează desfășurarea proceselor termice, având repercusiuni directe asupra performanțelor energetice și economice ale motorului cât și asupra comportării lui din punct de vedere al poluării mediului ambiant. În cadrul acestui test se efectuează: compararea turațiilor corespunzătoare fiecărui cilindru la pornirea autovehiculului; test electronic de compresie, vezi fig. 4, compararea turațiilor corespunzătoare fiecărui cilindru la mers în gol, vezi fig 5.



Fig.4 Test electronic de compresie



Fig. 5 Compararea turațiilor la ralanti pe fiecare cilindru

Măsurătorile sunt disponibile pentru evaluare cu ajutorul testerului de diagnoză pentru majoritatea motoarelor termice cu management electronic.

Compararea turațiilor corespunzătoare fiecărui cilindru la mers în gol și compararea cantităților corectate de combustibil injectate pe fiecare cilindru au ca prim rol diagnosticarea injectoarelor. În cazul studiului am efectuat inițial testul de compresie electronic prin măsurarea

## Considerații asupra identificării defectelor în cazul motoarelor termice cu aprindere prin comprimare

turațiilor fiecărui cilindru la pornirea motorului, etanșeitatea camerei de ardere fiind un parametru cu influență asupra cantităților corectate de combustibil pentru fiecare cilindru.

### *Test comparație cantități corectate pentru fiecare injector in cazul opririi funcționării unuia dintre injectoare*

Condițiile pentru efectuarea acestei diagnosticări sunt: temperatura motorului să fie cea normală de funcționare, motorul să funcționeze la regimul de mers în gol sau turație ridicată de ralanti. Testul consideră doar informațiile primite de la senzorul de turație motor și cantitatea de combustibil injectată. În acest test calculatorul injectează o cantitate suplimentară sau deficitară de combustibil în cilindru, încercând să mențină o turație constantă în perioadele proceselor de destindere corespunzătoare fiecărui cilindru. În funcție de valoarea turației corespunzătoare procesului de destindere măsurată la fiecare cilindru, la următorul ciclu se va injecta o anumită cantitate: -dacă valoarea turației este mai mică decât valoarea medie, atunci se va injecta mai mult combustibil. -dacă valoarea turației este mai mare decât valoarea medie, atunci se va injecta mai puțin combustibil. Rezultatele acestui test se prezintă prin factori de corecție pentru fiecare cilindru, numărul de ordine corespunzând pozițiilor din motor.

Funcția se mai numește și reglaj de mers uniform al motorului, calculatorul motor corectează în mod dinamic cantitățile livrate de către injectoare ducând la stabilizarea turației de ralanti. Funcția compensează astfel diferența de putere dezvoltată individual de cilindrii determinată de diferențele de compresie sau de starea injectorului.

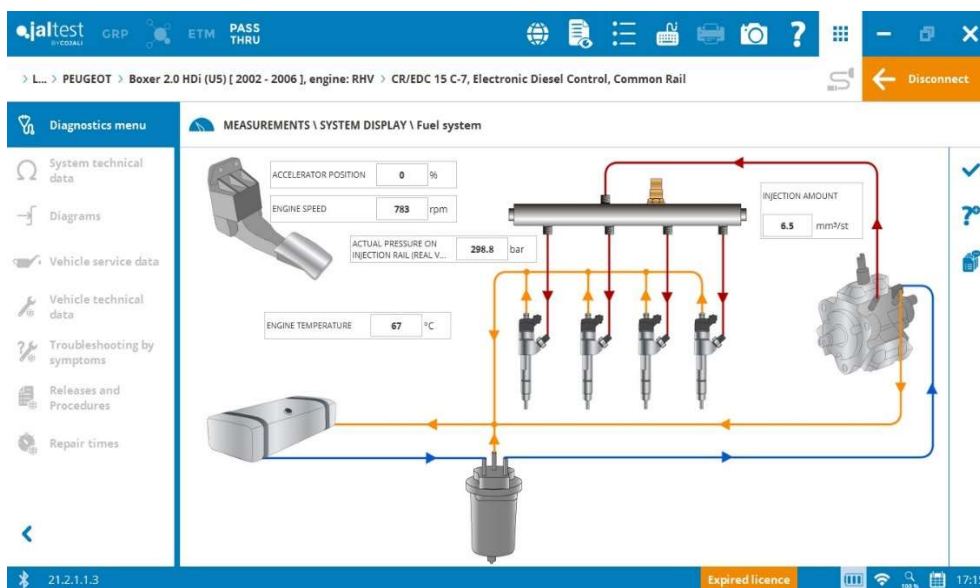


Fig. 6 Interfața testerului în cazul funcționării în ralanti

Testul de comparație cantități corectate s-a efectuat utilizând interfața de diagnoză Jaltest. Valorile de referință în momentul funcționării normale a injectoarelor sunt cele prezentate în fig.6. În cele ce urmează vom prezenta în imagini interfața Jaltest în care apar rezultatele obținute în urma opririi în mod voit, pe rând, a celor patru injectoare ale motorului testat.

La momentul inițial al testării valorile de intervenție ale funcției de reglaj uniform asupra injectoarelor arătau ca în figura 7.



Fig. 7 Test de comparație cantități activat, funcționare normală

În prima fază a determinărilor experimentale s-a oprit injectorul nr.1. În figura 8 se constată modificarea debitului celorlalte injectoare.



Fig. 8 Dezactivare injector 1

În a doua fază a determinărilor experimentale s-a oprit injectorul nr.2. În figura 9 se constată modificarea debitului celorlalte injectoare.

## Considerații asupra identificării defectelor în cazul motoarelor termice cu aprindere prin comprimare

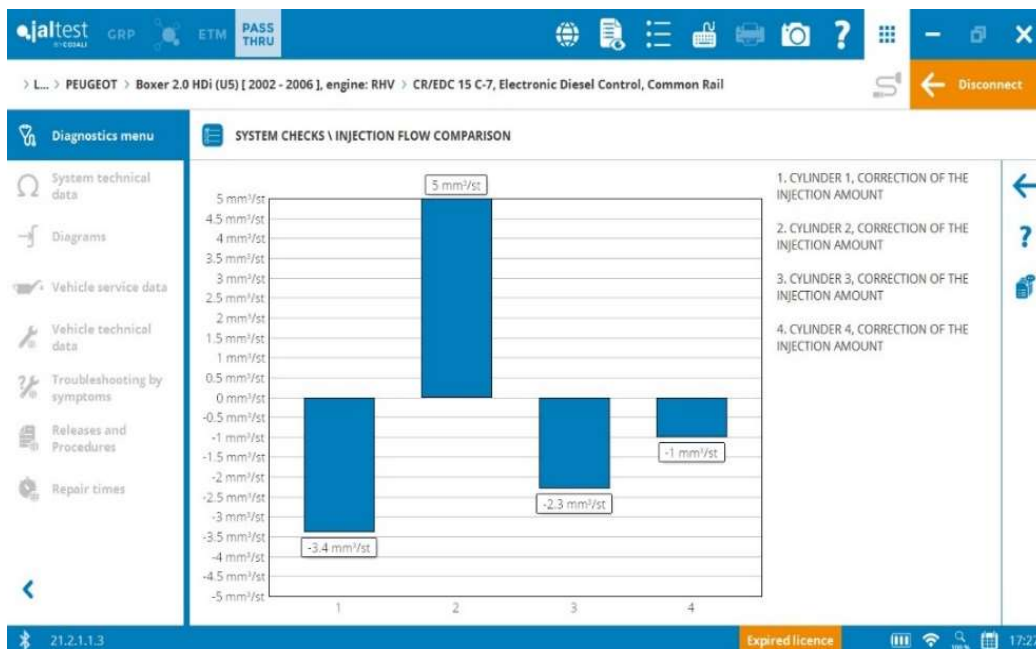


Fig. 9 Dezactivare injector 2

În a treia fază a determinărilor experimentale s-a oprit injectorul nr.3. În figura 10 se constată modificarea debitului celorlalte injectoare.



Fig. 10 Dezactivare injector 3

În a patra fază a determinărilor experimentale s-a oprit injectorul nr.4. În figura 11 se constată modificarea debitului celorlalte injectoare.



Fig. 11 Dezactivare injector 4

### 3. Concluzii

Parametrii ce țin de funcționarea motoarelor termice cu aprindere prin comprimare și care sunt diagnosticați în mod curent, pot fi: puterea motorului, consumul de combustibil, presiuni de aer, ulei, presiunea în cilindru la finele compresiei, temperaturi, concentrația de oxigen din gazele de evacuare, randament cilindri. Acești parametri sunt mărimi măsurabile și constituie parametrii de diagnosticare ai grupului motor. Evaluarea acestor parametrii definesc starea tehnică a motorului termic. De asemenea, se pot evalua și alți parametri în afară de cei prezentați anterior, cum sunt: vibrații, zgomote, intensitatea și caracterul bătailor, etc.

În cazul studiului efectuat, având în vedere că debitul a crescut la nivelul injectoarelor valide în cazul defectării unuia dintre acestea indiferent de poziția față de volant, a condus la mărirea presiunii interne în cilindrii funcționali pentru a compensa lipsa funcționării cilindrului având injectorul defect. Funcționarea neuniformă, diferită față de cea normală avută în vedere de producătorul motorului termic, produce vibrații cu un alt spectru de amplitudine și frecvență. Producătorul a rezemat motorul pe structură portantă (sasiul echipamentului) printr-un sistem elastoplastic cu tampoane de cauciuc având în vedere un spectru de frecvență și amplitudine corespunzător funcționării normale. Funcționarea defectuoasă (cu un injector defect) induce vibrații critice pentru structura portantă a echipamentului pe care este montat motorul, aspect care poate conduce la apariția unor fisuri în aceasta.

### Referințe

- [1] Ionescu, I.A., Motoare Termice, Soluții Constructive și Măsurări Generale pentru reducerea emisiilor poluante. Editura Matrix Rom, București, 2001, ISBN 973-685-216-4
- [2] Ionescu, I.A., Îndrumar de Laborator pentru Motoare Termice. Editura CONPRESS, București, 2012, ISBN 978-973-100-211-8
- [3] Ionescu, I.A., Soluții Moderne pentru Protecția Mediului la Motoarele Termice cu Ardere Internă. Editura CONPRESS, București, 2011, ISBN 978-973-100-150-0
- [4] Ionescu, I.A., Soluții Clasice în Construcția Motoarelor Termice cu Ardere Internă. Editura CONPRESS, București, 2010, ISBN 978-973-100-110-4
- [5] Ionescu, I.A., Mladin, G., Motoare Termice și Mașini de Tracțiune. Editura Matrix Rom, București, 2002, ISBN 978-685-437-X
- [6] <https://www.jaltest.com/ro/>