

STUDII SI CERCETARI PRIVIND EVALUAREA TERMOGAZODINAMICA A UNUI MOTOR DIESEL CU ADMISIUNE NORMALA ÎN CORELATIE CU INTERPRETAREA DATELOR PRIN FUNCTII FUZZY - PARTEA I

Virgiliu Dan Negrea^{*}, George Dragomir^{**}, Florian Blaga^{**}, Liviu Georgescu^{***}

^{*}) Univesitatea Politehnica Timisoara, negrhometm@yahoo.com

^{**}) Univesitatea din Oradea, georgedragomir@yahoo.com, fblaga@uoradea.ro,

^{***}) Universitatea Politehnica Bucuresti, liviugeorgescuro@yahoo.com

ABSTRACT

This paper presents a complex method of data processing using Fuzzy functions systems in order to receive the experimental results or mathematical simulation of a real cycle for the Diesel engine.

The purpose of this study is to development the potential to optimize the drive performance in correlation with the traffic conditions, the reduction of fuel consumption and exhaust gas control.

1. INTRODUCERE - IMPORTANTA MODELARII PE CALCULATOR PRIN FUNCTII FUZZY

Daca, la început, singurele metode de perfectionare erau cele experimentale, care necesitau timp si un efort material urias atât material cât si uman pentru verificarea practica a diverselor solutii constructive, în prezent, ca urmare a dezvoltarii modelelor matematice, se folosesc tot mai intens modele de simulare pe calculator a ciclului real de functionare a motoarelor. Acestea conduc la reducerea substantiala a numarului de încercari experimentale, solutia constructiva optima fiind aleasa înca din faza de proiectare. Încercarea experimentală este necesara doar pentru validarea predictiilor realizate pe calculator.

Teoria sistemelor fuzzy introdusa în 1965 de catre Lofti Zadeh la Universitatea Berkeley din California, studiaza sisteme cu mai multe stari, realizând un algoritm matematic flexibil, care permite luarea deciziilor pe baza calculelor din modelele obtinute pe baza acestei teorii .

2. CU PRIVIRE LA PRINCIPIILE EVALUARII CICLULUI REAL DE FUNCTIONARE AL MOTORULUI DIESEL ÎN CONDITIILE CURGERII ÎN REGIM CVASISTATIONAR PE TRASEELE DE SCHIMB DE GAZE

Principiul modelarii matematice a ciclului real de functionare al motorului diesel în conditiile curgerii în regim cvasistationar pe traseele de schimb de gaze consta în împartirea întregului ciclu în intervale mici egale cu un pas de calcul, pe care se considera constanti toti paramerii termogazodinamici, variatia acestora producându-se numai la trecerea spre pasul urmator. Astfel pentru descrierea miscarii gazelor, în locul ecuatiilor de tip hiperbolic cu derivate parțiale în raport cu timpul t si deplasarea x , se utilizeaza ecuatii diferentiale ordinare prin pastrarea continuitatii timpului si discretizarea variabilei x într-un numar de puncte, utilizând o schema cu diferente finite.

Traseul de curgere a gazelor se constituie de la sectiunea limita de intrare a aerului din atmosfera în sistemul de admisiune, pâna la sectiunea limita de iesire a acestora în atmosfera din sistemul de evacuare. De asemenea cilindrul este considerat un rezervor de tipul unui sistem nestationar deschis în care masa m si energia interna u din cilindru se modifica cu masa elementara m_g respectiv energia elementara E_g , transferate spre, sau de la cilindru prin frontierele sistemului .

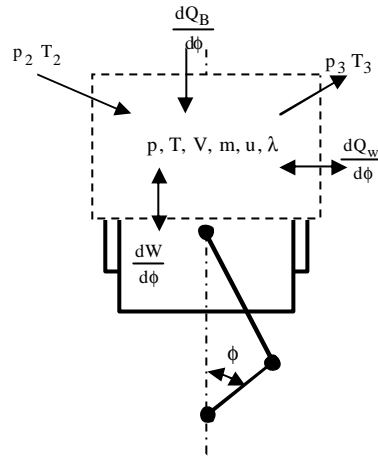


Fig. 1. Schimburile de energie si substanta aferente cilindrului motorului

Modul de interatiune cu elementele învecinate este descris prin ecuatiile generale ale dinamicii gazelor particularizate pentru fiecare element.

Daca elementul i se învecineaza în amonte cu elementul im si în cu aval cu elementul iv atunci ecuatiile generale au în final urmatoarele expresii [4] :

- ecuatia de conservare a masei:

$$\frac{dm_i}{dt} = \frac{dm_{im}}{dt} - \frac{dm_{iv}}{dt} \quad (1)$$

- ecuatia de bilant a impulsului:

$$\frac{m_i \cdot du_i}{dt} = (u_{im} - u_i) \cdot \frac{dm_{im}}{dt} - (u_{iv} - u_i) \cdot \frac{dm_{iv}}{dt} + A_i \cdot (p_{im} - p_{iv}) - l_i \cdot F_i^* \quad (2)$$

- ecuatia de bilant a energiei:

$$\begin{aligned} \frac{m_i \cdot dT_i}{dt} = & -[m \cdot T \cdot \frac{dc_v}{dr} \cdot \frac{dr}{dt}]_i - (\frac{m \cdot u \cdot du}{dt})_i + [(\frac{e - u^2}{2} + \frac{p}{\rho})_{im} - \\ & (e + \frac{u^2}{2})_i^2] \cdot \frac{dm_{im}}{dt} - [(e + \frac{u^2}{2} + \frac{p}{\rho})_{iv} - (e + \frac{u^2}{2})_i^2] \cdot \frac{dm_{iv}}{dt} + Q_i^* - W_i^* p \end{aligned} \quad (3)$$

- ecuatia de bilant a compozitiei gazelor de ardere:

$$\frac{m \cdot dr_i}{dt} = (r_{im} - r_i) \cdot \frac{dm_{im}}{dt} - (r_{iv} - r_i) \cdot \frac{dm_{iv}}{dt} \quad (4)$$

unde: p - presiunea din cilindru;

V - volumul descris de piston;

$l_i A_i$ - volumul elementului i

e - energia interna specifica;

c_v - caldura specifica la volum constant;

r - participatia masica a gazelor de ardere în amestecul de aer si gaze de ardere;

Q_i^* - viteza de transmitere a caldurii prin pereti pe cale convectiva pe unitatea de lungime;

W_i^* - puterea consumata pentru învingerea fortelor de frecare pe unitatea de lungime;

Φ - unghiul RAC corespunzator

Fluxul de caldura cedat peretelui dQ_w/dF se calculeaza ca suma fluxurilor partiale prin corpul pistonului, chiulasa si prin camasa cilindrului.

Coeficientul de schimb de caldura α rezulta din relatia lui Woschni, dependent de starea gazului din cilindru, viteza pistonului si de procedeul de ardere:

$$\alpha = 0.12793 \cdot D^{-0.2} p^{0.8} \gamma^{-0.59} \left(c_1 c_m + c_2 (p - p_0) \frac{V_{11} T_{11}}{p_{11} V} \right)^{0.8} \quad (5)$$

D- alezajul cilindrului

p_0 -presiunea din cilindru la motorul antrenat

p -presiunea din cilindru corespunzatoare ciclului motor

T_{11}, p_{11}, V_{11} -temperatura, presiunea si volumul la începutul comprimării.

c_1 - factor de proportionalitate între viteza gazului si viteza medie a pistonului c_m ,

ținând cont de viteza periferica c_U produsa prin admisia dirijata:

c_2 - factor pentru procedeul de ardere:

Toate relatii de calcul sunt implementate într-un program de calcul a carui structura este prezentata mai jos si care modeleaza termogazodinamica motorului prin metoda ciclului real, putându-se stabili pe cale analitica evolutia performantelor, consumului de combustibil si a emisiilor oxizilor de azot în raport cu duratele si momenele fazelor de distributie, a legii de miscare a supapelor de admisiune si evacuare, a turatiei motorului, a sarcinii prin caldura introdusa pe ciclu, masa de încarcatura proaspata, avansul la injectie, etc.

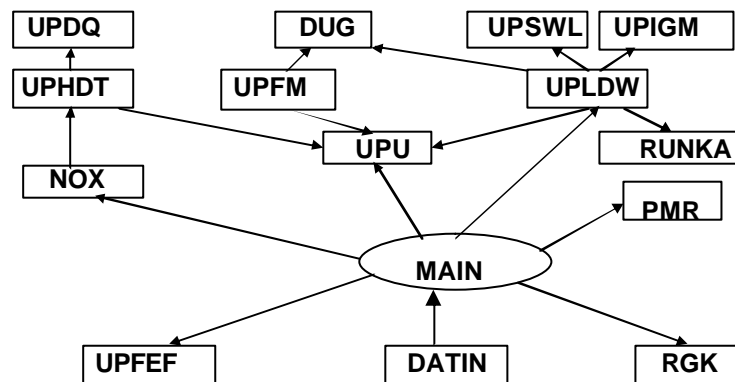


Fig. 2. Schema structurala a programului de calcul a ciclului real

DATIN - subrutina de citire a datelor de intrare;

UPFEF - subrutina de calcul a sectiunii efective de curgere ale orificiilor controlate de supape (admisiune si evacuare) în functie de legile de ridicare ale supapelor, geometria acestora si de a canalelor de curgere;

RGK - subrutina de calcul a constantei gazelor reale, pentru aer si gazele de ardere;

UPHDT - subrutina care calculeaza marimile de stare din cilindru pentru partea de înalta presiune a ciclului pe baza unei legi tip Vibe de ordinul II

NOX - subrutina care calculeaza noxele globale esapate

UPU - subrutina de calcul a energiei interne si a capacitatilor termice masice pentru fluidul motor care evolueaza în timpul fiecarui proces de lucru;

UPFEM - subrutina de calcul iterativ a presiunii gazelor din cilindru cu ajutorul ecuatiei de stare si cu luarea în considerare a constantei reale a gazelor;

UPLDW - subrutina de calcul a partii de joasa presiune a ciclului, se determina marimile de stare din cilindru în timpul procesului de schimb de gaze;

RUNKA - subrutina de aplicare a metodei Runge-Kutta;

UPIGM - subrutina de calcul a presiunii fluidului proaspat la intrarea în cilindru;
 UPSWL - subrutina de calcul a schimbului de caldura si a coeficientilor de convecție ;
 UPDQB - subrutina de calcul a caldurii degajate prin arderea combustibilului ;
 PMR - extensie tip functie, de calcul a presiunii medii indicate, a presiunii medii efective si a pierderilor mecanice;
 DUG - extensie tip functie, de calcul a sectiunilor efective de curgere prin orificiile controlate de supape;

3. FUNCTIILE FUZZY SI APLICATIILE PENTRU TERMOGAZODINAMICA MOTOARELOR DIESEL.

Sistemele fuzzy sunt utilizate pentru a obtine operativ foarte multe variante de pentru optimizarea constructiv functionala a sistemului de distributie a unui motor diesel. Scopul final al acestor studii îl constituie extinderea interpretarii rezultatelor obtinute pentru gasirea unui optim de compromis între performantele tehnice, economia de combustibil si emisiile de noxe .

Teoria multimilor fuzzy aduce un avantaj cert în aceasta directie, prin intermediul unei tratari adecvate a variabilelor lingvistice. O variabila lingvistica difera de o variabila numerica prin aceea ca valorile sale nu sunt numerice, ci cuvinte sau propozitii într-un limbaj natural sau artificial.

Algoritmului de modelare fuzzy a unui sistem decizional presupune parcurgerea urmatoarelor pasi (Fig. 2):

1. Alegerea variabilelor de intrare – iesire;
2. Stabilirea multimilor fuzzy si a valorilor lingvistice asociate acestora;
3. Întocmirea bazelor de reguli pentru inferente fuzzy;
4. Stabilirea proceselor de fuzzificare, realizare a inferentelor logice si de defuzzificare a iesirilor;
5. Adoptarea mecanismelor de defuzzificare;

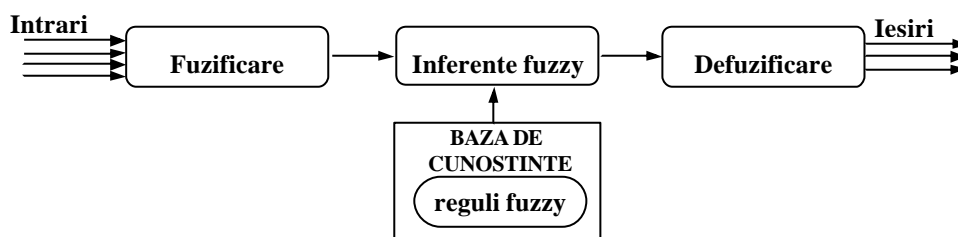


Fig. 2. Algoritmul de modelare fuzzy

3.1. PROCEDURA SPECIFICA SISTEMULUI FUZZY

Etapele care trebuie parcurse pentru desfasurarea procesului decizional bazat pe multimii fuzzy vor fi descrise în cele ce urmeaza.

Stabilirea marimilor de intrare (criteriilor) în raport cu care se va face determinarea performantelor tehnice, economice si a emisiilor de noxe

Marimile de intrare în raport cu care se face determinarea performantelor tehnice, economice si a emisiilor de noxe sunt urmatoarele:

1. Momentul deschiderii supapei de admisie (DSA);
2. Momentul închiderii supapei de admisie (ISA);
3. Momentul deschiderii supapei de evacuare (DSE);
4. Momentul închiderii supapei de evacuare (ISA).

Acestea formeaza multimea marimilor de intrare (criteriilor de evaluare):

$$IN = \{DSA, ISA, DSE, ISE\} \quad (6)$$

Definirea variabilei lingvistice asociate fiecarei marimi de intrare

Fiecarei marimi de intrare i se asociaza o *variabila lingvistica*. Astfel marimile de intrare DSA, ISA, DSE, ISE devin variabile lingvistice de intrare.

Definirea marimii de iesire din procesul decizional

Marimea de iesire din procesul decizional sunt:

1. Puterea efectiva (P_e);
2. Consumul specific efectiv (C_e);
3. Concentratia oxizilor de azot (NO_x);

Acestea formeaza multimea marimilor de iesire:

$$OUT = \{P_e, C_e, NO_x\} \quad (9)$$

Definirea variabilei lingvistice corespunzatoare marimilor de iesire

Fiecarei marime de iesire: *prioritate de prelucrare* a piesei i pe masina j , i se asociaza o *variabila lingvistica*: P_e, C_e, NO_x .

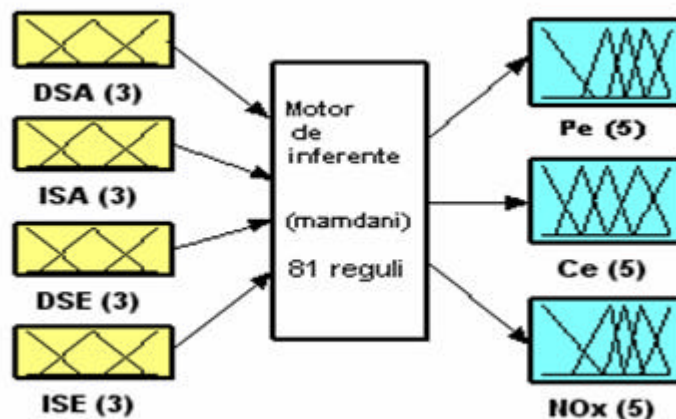


Fig. 3. Sistem fuzzy

Stabilire gradelor lingvistice asociate fiecarei variabile lingvistice

Pentru fiecare variabila lingvistica de iesire se definesc *gradele lingvistice* [8] sau *termeni lingvistici* [7]. Acestea vor servi la caracterizarea „vaga” a informatiilor ferme. Multimile gradelor lingvistice asociate fiecarei variabile lingvistice de intrare vor fi de forma:

Fiecarui grad lingvistic, corespunzator unei variabile lingvistice de intrare, i se asociaza o *functie de apartenenta*.

Stabilirea metodei de conectare a diverselor valori ale functiilor de apartenenta. Masina de inferenta

Multimea variabilelor lingvistice si a gradelor lingvistice, carora li s-au asociat functii de apartenenta, caracterizeaza „vag”, valorile ferme ale marimilor de intrare, respectiv ale marimilor de iesire.

Masina de inferenta este formata dintr-un set de reguli de forma:

$$DACA (premiza) ATUNCI (concluzia) \quad (12)$$

Stabilirea metodei de defuzzyficare

Din multitudinea de metode de defuzzyficare existente [6],[8], se va utiliza *metoda centrului de greutate*, metoda cea mai aplicata în practica.

3.2. IMPLEMENTAREA SISTEMULUI FUZZY PROPUS

Pentru cercetarea influentei variatiei fazelor de distributie asupra performantelor de tractiune, consum de combustibil si emisii de oxizi de azot utilizând sistemul fuzzy, în prealabil s-au stabilit mai multe legii de miscare a supapelor de admisiune si de evacuare. Acestea difera atât prin avansurile la deschidere, întârzierile la închidere, durata proceselor, cât si prin viteza si acceleratia deplasarii supapelor.

Pentru fiecare epura s-a rulat programul de calcul ce modeleaza ciclul motor real, iar datele din fisierele de iesire au fost centralizate si prelucrate pentru a fi utilizate în stabilirea regulilor specifice sistemului fuzzy.

În urma crearii multimii de reguli, se obtine cu ajutorul meniului din programul Matlab Fuzzy Logic Toolbox urmatoarea imagine globala a dependentei dintre valorile marimilor de intrare si cele de iesire :

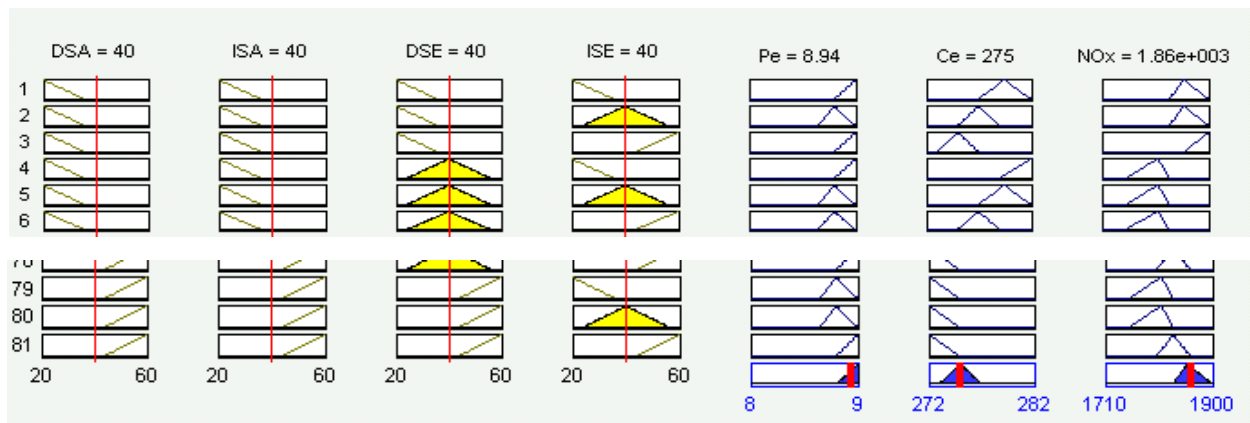


Fig. 4. Dependenta Pe , Ce si NO_x în functie de DSA , ISA , DSE SI ISE

Sistemul de functii fuzzy face astfel posibila o analiza complexa a influentelor simultane a tuturor parametrilor epurei de distributie asupra performantelor functionarii motorului.

4. BIBLIOGRAFIE

1. Abate, M., Dosio, N., 1990, "Use of Fuzzy Logic for Engine Idle Speed Control", SAE Paper 900594.
2. Hawley J., Wallace F., Cox A., Horrocks R., Bird G., 1999, "Reduction of steady-state NO_x levels from an automotive diesel engine using optimized VGT/EGR schedules", SAE paper 990835.
3. Kolmanovsky, I., Moraal, P., Van Nieuwstadt, M., Stefanopoulou, A., 1997, "Issues in Modelling and Control of Intake Flow In Variable Geometry Turbocharged Engines", IFIP 1997.
4. Negrea V.D. Procese în motoare cu ardere interna. Economicitate. Combaterea poluarii, vol. I, Editura Politehnica, Timisoara, 2001
5. Negrea V.D. Procese în motoare cu ardere interna. Economicitate. Combaterea poluarii, vol. II Editura Politehnica, Timisoara, 2003
6. Precup, E., Preitl, St., Sisteme de reglare avansata, Centrul de multiplicare Univ. " Politehnica", Timisoara, 1995
7. Preitl, St., Precup, E., Introducerea în conducerea fuzzy a proceselor, Ed. Tehnica, Bucuresti, 1997
8. Sofron, E., s. a., Sisteme de control fuzzy- Modelare si proiectare asistate de calculator, Ed. All, Bucuresti, 1998