

SIMULAREA DINAMICII LONGITUDINALE A VEHICULULUI **IN TIMP REAL**

Şef lucr. dr. ing. Ion PREDA
Universitatea "Transilvania" din Brasov
Ing. Pompiliu PISO,
Ing. Sabin COANDA
InAR Brasov

REZUMAT

Articolul prezintă un program de simulare în timp real, pentru evaluarea performanțelor dinamice ale autovehiculelor, în diverse regimuri de rulare: tracțiune, frânare și rulare liberă.

După o expunere succintă a considerațiilor teoretice și prezentarea organigramei algoritmului de calcul, se face referire asupra unor aplicații posibile pentru utilizarea programului.

Algoritmul s-a implementat în limbaj Turbo PASCAL, iar execuția se face pe microcalculatoare compatibile IBM PC.

ABSTRACT

A real time simulation program to evaluate the dynamic performances of the motor vehicles is described below.

Some theoretical considerations and the block flow chart of the calculation algorithm are exposed, and a few information are referring to some possible application using the simulation program.

The algorithm was implemented using Turbo PASCAL language and it is running on an IBM PC compatible microcomputer.

1 INTRODUCERE

Modelarea evoluției dinamice a autovehiculului presupune considerarea unei multitudini de parametri legați de performanțele motorului, transmisiei și sistemului de rulare, precum și de condițiile de traseu și de trafic. Elaborarea algoritmului de calcul necesită construirea unui model teoretic care să acopere cât mai multe situații ale regimurilor de deplasare.

O rezolvare completă a problemei presupune un algoritm complex, cu multe date de intrare și un volum mare de calcule laborioase. Un astfel de program de simulare permite optimizări în proiectare și chiar utilizarea proiectării pe sisteme de calcul, însă puterea de calcul solicitată poate duce la un cost prohibitiv, nejustificat de scopul inițial.

Implementarea programului descris în lucrarea de față nu a urmărit obținerea de soluții optime pentru proiectarea autovehiculelor, ci doar stabilirea comportamentului dinamic, în timp real, în diferite condiții de traseu, pentru tipuri cunoscute de autovehicule.

În acest scop s-au constituit două baze de date, una conținând parametrii autovehiculelor studiate necesari simulării și o alta cuprinzând caracteristicile de drum, operatorul având posibilitatea de a interveni în vederea selectării sau modificării acestor date. Totodată, operatorul îndeplinește și rolul conducătorului auto, acționând, într-o primă variantă de program, prin intermediul tastaturii calculatorului.

Algoritmul s-a implementat în limbaj Turbo PASCAL, iar execuția se poate face pe orice microcalculator IBM PC-XT/AT sau compatibil.

O aplicație eficientă a programului s-a făcut în cadrul testării și punerii la punct a două sisteme electronice brevetabile, pentru controlul, supervizarea și comanda unor cutii de viteze de autocamion [1].

2 MODELUL DINAMIC

Simularea funcționării se bazează pe integrarea aproximativă (prin metoda dreptunghiurilor) a ecuației diferențiale generale de mișcare a autovehiculului [2]:

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{F_R - R_r - R_p - R_a}{m_{ap}}, \quad (1)$$

unde a reprezintă accelerația autovehiculului; v - viteza; t - timpul; F_R - forța la roată; R_r - rezistența la rulare; R_p - rezistența pantei; R_a - rezistența aerodinamică; m_{ap} - masa aparentă.

Forța la roată este dată de relația:

$$F_R = \frac{M i_{cv} i_0 \eta_{tr}}{r}, \quad (2)$$

în care M este momentul motor net; i_{cv} - raportul de transmitere al cutiei de viteze; i_0 - raportul de transmitere din punte; η_{tr} - randamentul global al transmisiei; r - raza de calcul a pneurilor.

Momentul motor este raportul dintre puterea netă P și viteza unghiulară ω :

$$M = \frac{P}{\omega} = \frac{30 P}{\pi n}. \quad (3)$$

Puterea se determină prin interpolare lineară, în funcție de turația motorului n și de poziția cremalierii pompei de injecție l_c , utilizându-se pentru aceasta o rețea de valori determinate experimental în timpul încercării motorului pe stand:

$$P = f_1(n, l_c). \quad (4)$$

În același mod se stabilește poziția cremalierii pompei de injecție în funcție de turația motorului și de poziția pedalei de accelerație p_{ac} :

$$l_c = f_2(n, p_{ac}) \quad (5)$$

fiind utilizate în acest sens caracteristicile de regulator ridicate pe standul de pompe de injecție.

Întrucât înclinarea longitudinală a drumului de unghi α ia valori relativ reduse, s-a neglijat modificarea reacțiunii normale a solului cu aceasta (s-a considerat $\sin\alpha = \text{tg}\alpha = h/100$). În aceste condiții, rezistența la rulare și, respectiv, rezistența pantei au expresiile:

$$R_r = G f \quad (6)$$

$$R_p = G \frac{h}{100} \quad (7)$$

în care f reprezintă coeficientul de rezistență la rulare; G - greutatea autovehiculului; h - înclinarea longitudinală a drumului exprimată în procente.

Rezistența aerodinamică se calculează cu relația:

$$R_a = \frac{1}{2} \rho c_x S v^2 \quad (8)$$

în care ρ este densitatea aerului; c_x - coeficientul formei autovehiculului pe direcție longitudinală; S - suprafața maximă a secțiunii transversale.

Din cauza consumului de energie necesar accelerării pieselor aflate în mișcare de rotație ale motorului, transmisiei și roților, masa aparentă a autovehiculului în regim tranzitoriu este totdeauna superioară masei reale m a acestuia și poate fi calculată cu relația:

$$m_{ap} = m + \frac{J_M i_{cv}^2 i_0^2 + J_R}{r^2}, \quad (9)$$

în care J_M și J_R reprezintă momentul de inerție al pieselor în mișcare de rotație ale motorului și ambreiajului și, respectiv, momentul de inerție corespunzător tuturor roților și transmisiei, cu excepția ambreiajului.

3 CERINȚE SI PERFORMANȚE

Pentru obținerea unei precizii satisfăcătoare a parametrilor de funcționare a autovehiculului, s-a constatat că pasul de integrare nu trebuie să depășească 0,1 s. Pentru ca procesul simulat să se desfășoare cu aceeași viteză ca și cel real (simulare în timp real) este necesară efectuarea tuturor calculelor în acest interval de timp destul de scurt, lucru permis însă de simplitatea algoritmului și de performanțele calculatoarelor utilizate.

În figura 1 se prezintă organigrama programului. Ea dispune de proceduri diferite pentru calculul în regim de tracțiune, frânare sau rulare liberă.

Parametrii care pot fi modificați de operator în timpul rulării programului dau posibilitatea simulării deplasării într-o varietate de condiții de deplasare care ar fi practic imposibil de abordat experimental. Printre aceștia pot fi amintiți:

- masa totală a autovehiculului (modificabilă doar înainte de rularea programului);
- viteza de deplasare inițială;
- înclinarea longitudinală a drumului;
- poziția pedalei de accelerație;
- poziția pedalei de ambreiaj;
- poziția pedalei de frână;
- treapta de viteză care se cuplează;
- comutarea modului de simulare (cu date de intrare preluate automat sau manual).

De asemenea pot fi simulate anomalii în funcționarea transmisiei, cum ar fi de exemplu ratarea unei cuplări a unuia dintre reductoarele cutiei de viteze.

Mărimile afișate în permanență de program permit un bun control asupra majorității parametrilor funcționali de interes:

- turația motorului;
- viteza autovehiculului;
- poziția pedalei de accelerație;
- poziția cremalierei pompei de injecție;
- momentul motor net;
- puterea netă;
- consumul instantaneu de combustibil;
- accelerația autovehiculului;
- spațiul parcurs de autovehicul;
- înclinarea longitudinală a drumului;
- treapta curentă a cutiei de viteze;
- recomandările de schimbare a treptei (daca este cazul).

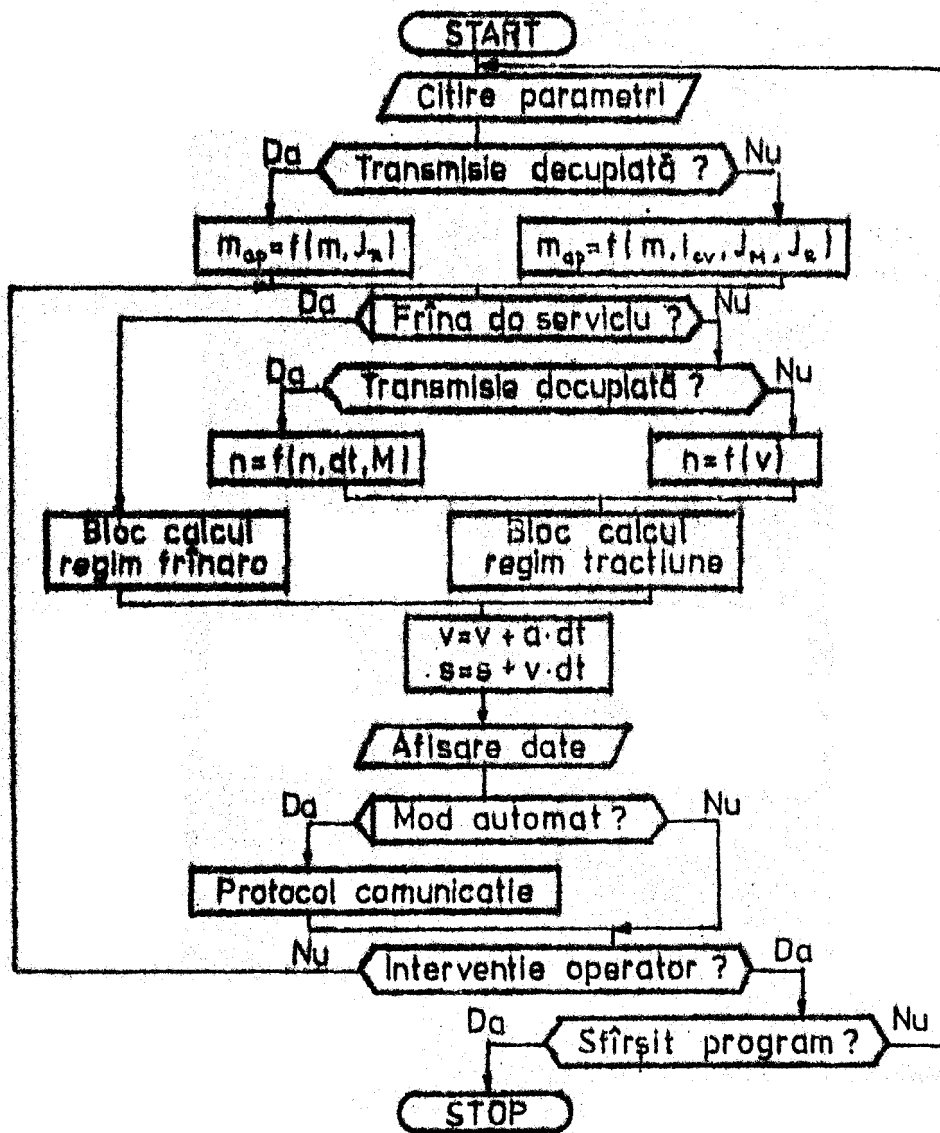


Fig. 1 Organigrama programului de simulare

Facilitățile grafice oferite permit vizualizarea mărimilor calculate în program atât în formă analogică, în mod asemănător cu modul de prezentare a acestora la bordul autovehiculului, cât și digital, cu valori exacte (fig.1). De asemenea, executarea programului poate fi întreruptă în orice moment în vederea analizării valorilor afișate.

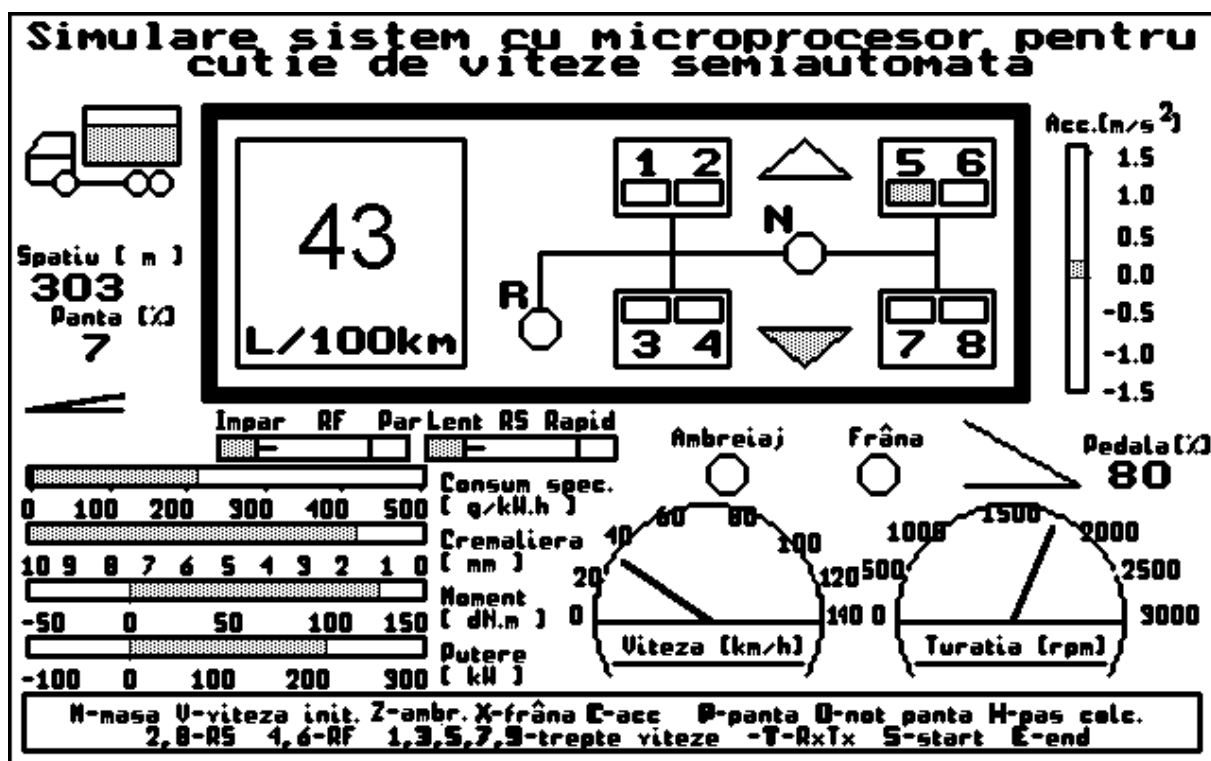


Fig. 2 Exemplificare a modului de prezentare a datelor pe monitor

Un semnal acustic cu frecvență proporțională cu turația motorului înlesnește percepția valorii turației și a modificărilor suferite de aceasta în urma schimbării treptei sau a modificării poziției pedalei de accelerație.

O altă posibilitate care s-a dovedit foarte utilă în timpul utilizării programului o constituie vizualizarea poziției curente, cu sau fără reținerea traiectoriei, a punctului de funcționare a motorului în planul turație-putere, plan în care mai sunt reprezentate caracteristica externă a motorului și curbele de izoconsum. În acest fel, se poate analiza extrem de rapid dacă indicația (recomandarea) sistemului electronic de schimbare a treptei de viteză este corectă.

În plus, prin utilizarea programului se poate învăța un stil de conducere economic.

4 CONCLUZII

În cadrul proiectării microsistemului pentru controlul și comanda cutiei cu 16 trepte de viteză a autotractorului 16.360 FSL s-a realizat și un modul de comunicație între calculatorul utilizat pentru simularea funcționării autovehiculului și microsistemul de comandă studiat. Astfel, datele pe care le-ar fi furnizat traductoarele în condiții reale de funcționare au putut fi determinate prin calcul, iar acțiunile de comandă ale microsistemului au putut fi recepționate, analizându-se efectul asupra dinamicii și economicității autovehiculului.

Eficiența utilizării simulatorului a fost pusă astfel în evidență atât din punct de vedere al reducerii costurilor și duratei de experimentare a modelului fizic (prototipului), cât și prin faptul că testarea sistemului electronic în condiții de drum nu a impus corecturi hardware sau software. Simularea funcționării autovehiculului în timp real a permis evitarea unor încercări de traseu și urmărirea în condiții de laborator a sistemului testat, cu toate avantajele de cost, precizie, repetabilitate, analiză a regimurilor tranzitorii, viteză de depanare și comoditate care decurg de aici.

Programul de simulare prezentat se poate dovedi util și în alte genuri de aplicații, cum ar fi alegerea celui mai bun grup motopropulsor din mai multe variante existente, pentru utilizarea în anumite condiții impuse sau atunci când se stabilesc caracteristicile unei noi transmisii, în faza de proiectare.

De asemenea, completarea sistemului descris cu un modul de achiziție de date și cu elemente de comandă, similare cu cele ale autovehiculelor (pedale, manete, volan) și dotate cu senzori, ar putea permite realizarea de simulatoare pentru învățarea conducerii auto.

BIBLIOGRAFIE

- 1 Piso, P. Radu, G. Preda, I. Electrically operated system for changing the gear under electronic control, for gearboxes. (Sistem cu comanda electrica pentru schimbarea treptelor de viteza sub control electronic la cutiile de viteze auto.) In: Buletinul CONAT, Brasov, 1993.
- 2 Untaru, M.s.a. Dinamica autovehiculelor pe roți. E.D.P., București, 1981.