

TEZĂ DE ABILITARE

APLICAȚII ALE MODELELOR MATEMATICE PARAMETRICE ȘI NEPARAMETRICE, FUNDAMENTATE PE DATE EXPERIMENTALE, ÎN DIAGNOZA ȘI PROIECTAREA AUTOVEHICULELOR

Domeniul: Ingineria Autovehiculelor

Candidat: conf. dr. ing. Marin-Stelian MARINESCU

Academia Tehnică Militară „Ferdinand I” - București

CUPRINS

(A) Rezumat

(B) Realizări științifice, profesionale, academice și planuri de evoluție și dezvoltare a carierei

(B-i) Realizările științifice, profesionale și academice

Introducere - Sinteza activității științifice, didactice și academice

1. Analiza vibrațională a organelor transmisiilor
2. Aspecte ale măsurării presiunilor
3. Modele matematice parametrice pentru simulări funcționale
4. Modele matematice neparametrice pentru analize funcționale
5. Verificarea prin simulare a parametrilor funcționali ai unor organe de autovehicul aflate în producție în vederea montării pe autovehicule noi
6. Simularea dinamicii longitudinale și determinarea performanțelor autoturismului Dacia Duster în varianta militarizată
7. Sistem de observare video pentru autovehicule de luptă

(B-ii) Plan de evoluție și dezvoltare a carierei

(B-iii) Bibliografie selectivă

Introducere

- * 31 Decembrie 1963 - Arad, jud. Arad
- * Educație și formare:
 - Studii în cadrul Academiei Tehnice Militare (ATM), București
 - 1983 – 1988: Inginer, specializarea “Tancuri-Auto”
 - 1993 – 1999: Doctor în Științe Inginerești, specializarea Automobile și Tractoare.
Titlul tezei de doctorat: *Considerații privind circulația de putere în transmisia automobilelor cu mai multe punți motoare din înzestrarea MApN*
 - Studii în cadrul Universității “Titu Maiorescu”, București
 - 1998 – 2003: Licențiat în Științe Juridice, specializarea “Drept”
- * Evoluția profesională extrauniversitară:
 - 1988-1991 - Inginer proiectant în unități productive ale MApN (specializare în transmisii pentru autovehicule: proiectare, tehnologie, fabricație piese agregate transmisie, proiectare scule danturat și canelat).
 - 2010-2013 - Expert formator pe termen lung în cadrul POSDRU, axa prioritară: 2 „Corelarea învățării pe tot parcursul vieții cu piața muncii”, domeniul major de intervenție: 2.3 „Acces și participare la Formare Profesională Continuă”
- * Evoluția profesională universitară:
 - 1991-1997: asistent universitar drd. ing. în ATM
 - 1997-2001: șef de lucrări dr. ing. în ATM
 - 2001-prezent: conferențiar universitar dr. ing. în ATM

(B-i) Realizările științifice, profesionale și academice

* Sinteza activităților didactice academice. Programe.

- Programe universitare:
 - Blindate, Automobile și Tractoare - BAT (Ciclul I de studii superioare - Licență)
 - Echipamente și Sisteme de Comandă și Control pentru Autovehicule - ESCCA (Ciclul I de studii superioare - Licență)
 - Managementul Structurilor Logistice - MSL (Ciclul II de studii superioare - Master)
 - Echipamente și Tehnologii în Ingineria Autovehiculelor - ETIA (Ciclul II de studii superioare - Master)
- Programe postuniversitare:
 - Programul postuniversitar de formare și dezvoltare profesională continuă în domeniul „Managementul activităților tehnico-ingineresti în structurile militare” (LTC)
 - Programul postuniversitar de formare și dezvoltare profesională continuă în „Conducere structuri, programe și activități tehnico-economice militare” (COL)

* Sinteza activităților didactice academice. Discipline.

- Programe universitare:
 - Bazele Ingineriei Autovehiculelor pe Roți - BAT, 1991-2001
 - Bazele Ingineriei Autovehiculelor pe Șenile - BAT, 1991-2001
 - Tehnologia Fabricării și Reparării Autovehiculelor - BAT, 1991-1995; 2022-prezent
 - Echipamentul Electric al Autovehiculelor - BAT, 1991-1993
 - Exploatarea Autovehiculelor - BAT, 1991-1993
 - Dinamica Autovehiculelor - BAT, 1993-1998

(B-i) Realizările științifice, profesionale și academice

* Sinteza activităților didactice academice. Discipline (continuare).

• Programe universitare (continuare):

- Testarea-evaluarea (Încercarea) Autovehiculelor - BAT, 1994-2000
- Calculul și Construcția Autovehiculelor Militare pe Roți - ESCCA, 1994-prezent
- Calculul și Construcția Autovehiculelor Militare pe Roți - BAT, 1995-prezent
- Calculul și Construcția Autovehiculelor Militare pe Șenile - BAT, 2003-2005
- Analiza și Reconstrucția Evenimentelor Rutiere - ETIA, 2007-2023
- Reglementări Tehnice Rutiere Interne și Internaționale - ETIA, 2007-prezent
- Managementul Transporturilor Rutiere Interne și Internaționale - ETIA, 2007-2023
- Soluții Moderne în Construcția Automobilelor - ETIA, 2007-prezent

• Programe postuniversitare:

- Vehicule de Luptă Moderne - COL, 2000-2008
- Contractarea achizițiilor logistice - LTC, 2015-2020
- Contractele achizițiilor în armată - COL, 2010-prezent

* Îndrumare:

- Proiecte de diplomă: 59 lucrări
- Proiecte disertație: 19 lucrări
- Teze doctorat (membru în comisii): 4 teze

* Cărți, manuale, îndrumare laborator: 9 lucrări

- Unic autor: 6 lucrări
- Prim autor: 1 lucrare
- Coautor: 2 lucrări

(B-i) Realizările științifice, profesionale și academice

- * Granturi/proiecte câștigate prin competiție/de cercetare/consultanță pentru mediul economic, în calitate de Director/Responsabil proiect:
 - Beneficiar - structuri ale MApN: 10 contracte
 - Beneficiar - agenți economici: 2 contracte
 - 1 contract cercetare-proiectare-realizare de produs
 - 1 contract consultanță tehnică
- * Granturi/proiecte câștigate prin competiție/de cercetare/consultanță pentru mediul economic, în calitate de membru în echipă:
 - Beneficiar - PNCDI: 3 granturi
 - Beneficiar - structuri ale MApN: 19 contracte
 - Beneficiar - agenți economici: 3 contracte
- * Publicații:
 - Articole in extenso în reviste cotate ISI și în proceedings indexate ISI Thomson Reuter sau SAE: 18 articole, din care un articol cu factor de impact nenul
 - Articole în reviste și volume ale unor manifestări științifice indexate în alte baze de date internaționale recunoscute CNATDCU: 40 articole
 - Articole în reviste și volume ale unor manifestări științifice indexate în alte baze de date internaționale sau neindexate: 90 articole
- * Citări ale lucrărilor publicate:
 - În lucrări ISI (WOS) cu factor de impact: 14 lucrări
 - În lucrări ISI (WOS) fără factor de impact: 37 lucrări
 - În lucrări în alte BDI recunoscute CNATDCU: 52 lucrări

(B-i) Realizările științifice, profesionale și academice

* Activități manageriale:

- Organizare/coordonare programe de studii:
 - Director program Master - Echipamente și Tehnologii în Ingineria Autovehiculelor: 2007-prezent
 - Director program Postuniversitar - Conducere structuri, programe și activități tehnico-economice militare (COL): 2012-2020
- Comisii academice și instituționale:
 - Președinte sau membru în comisii de admitere la programele de studii de licență, master și postuniversitare - anual
 - Președinte sau membru în comisii de absolvire a programele de studii de licență, master și postuniversitare - anual
 - Referent în comisii de doctorat: 12 teze
 - Membru/președinte comisii ocupare funcție didactică asistent universitar: 5 comisii
 - Membru/președinte comisii ocupare funcție didactică șef lucrări: 6 comisii
 - Membru comisii ocupare funcție didactică conferențiar universitar: 8 comisii (3 în ATM și 5 în alte universități).
 - Reprezentantul României în grupul de lucru NATO LG-2 (autovehicule blindate ușoare pe roți - 2002).
 - Șef de comisie didactică: 2001-2008; 2012-2023
- Coordonator cercuri studențești:
 - Cercul științific studențesc "Blindate, Automobile și Tractoare" din ATM
 - Cercul tehnic studențesc "Autovehicule" din ATM

(B-i) Realizările științifice, profesionale și academice

* Afilierii profesionale:

- Membru fondator SIAR
- Membru SAE International (Society of Automotive Engineers – SUA)
- Membru SIA - (Societe des Ingineurs de l'Automobile - France)

* Alte activități:

- Membru în colective redacționale
- Recenzor
- Membru în comitete organizare manifestări științifice
- Membru în comisii de analiză și expertizare a unor evenimente în care au fost implicate autovehicule ale MAPN

(B-i) Realizările științifice, profesionale și academice

1. Analiza vibrațională a organelor transmisiilor

* La autovehiculele militare, una din problemele instrumentării e reprezentată de accesibilitate (fig. 1.1)

1.1 Analiza spectrală

* Analiza monospectrală (clasică) presupune folosirea transformatei Laplace. Imaginea Fourier a semnalului în timp continuu este dată de:

$$X(jf) = F[x(t)] = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t)e^{-2\pi f t} dt$$

* De mare utilitate sunt spectrele de putere, deoarece permit determinarea frecvențelor pe care sistemul disipă valori mari de putere. Densitatea spectrală de putere este dată de de inversul transformatei Fourier a funcției de autocorelație $R_x(\tau)$ adică:

$$S_x(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} R_x(\tau)e^{-2\pi f \tau} d\tau$$

* Aria de sub curba transformatei Fourier pe un interval dat reprezintă valoarea medie a puterii semnalului pe acel interval, adică energia disipată de sistem pe banda de frecvențe stabilită. Cu cât valoarea ariei e mai mare, cu atât sistemul e mai afectat de respectiva bandă de frecvențe.

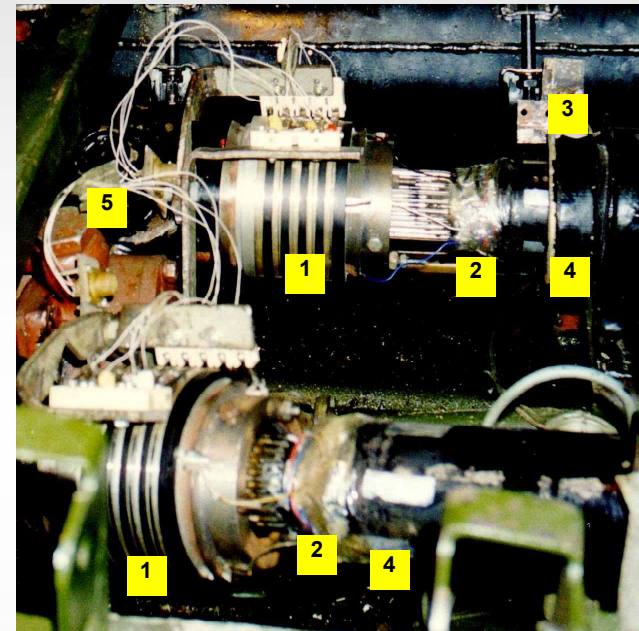


Fig. 1.1 - Măsurare turație și momente
(arbori transmisie TAB-77)

(B-i) Realizările științifice, profesionale și academice

1. Analiza vibrațională a organelor transmisiilor

1.1 Analiza spectrală

* Analiza monospectrală analizează semnalul în totalitatea lui, considerând semnalul ca fiind invariabil în timp (coeficienții ecuației diferențiale care ilustrează evoluția semnalului sunt constanți în timp). Procesele reale sunt caracterizate de ecuații diferențiale cu coeficienți variabili.

* Pentru analiza lor și decelarea zgomotelor se folosește, frecvent, analiza polispectrală (mai ales analiza bispectrală, adică analiza în timp-frecvență).

* Acest tip de analiză se bazează pe analiza de autocorelație, utilizând "cumulanți", care nu sunt altceva decât combinații liniare ale momentelor statistice de ordin superior. Astfel, cumulantul de ordinul 1 este, de fapt, media semnalului (în timp discret): $C_{1x}(k, r) = M\{x(n)\}$, cel de ordinul 2 este funcția de corelație din analiza monospectrală $C_{2x}(k) = M\{x^*(n) \cdot x(n+k)\}$ iar cel de ordinul 3 este $C_{3x}(k, r) = M\{x^*(n)x(n+k)x(n+r)\}$ corespunzător analizei bispectrale.

* Cu ajutorul cumulantului de ordinul 2 se obține funcția de corelație, care furnizează densitatea spectrală de putere:

$$S_{2x}(f_1, f_2) = \sum_{k=-\infty}^{+\infty} C_{2x}(k) e^{-2\pi j f k}, \quad k \in (-\infty, \infty)$$

* Cu ajutorul cumulantului de ordinul 3 se obține bispectrul semnalului, adică variația în timp a spectrului de frecvențe:

$$S_{3x}(f_1, f_2) = \sum_{k=-\infty}^{+\infty} \sum_{r=-\infty}^{+\infty} C_{3x}(k, r) e^{-2\pi j f_1 k} e^{-2\pi j f_2 r}, \quad k \in (-\infty, \infty)$$

(B-i) Realizările științifice, profesionale și academice

1. Analiza vibrațională a organelor transmisiilor

1.2 Prelucrarea primară a semnalelor. Zgomote și filtre

* În figura 1.7 este redată evoluția în timp a unui semnal al unui traductor de moment de torsiune și modelul matematic (Gauss) al acestuia. Se poate observa eroarea mare de modelare (34,7%) generată de prezența zgomotelor în semnal.

* Analiza monospectrală arată frecvențele pe care sistemul disipă energii importante. După identificarea surselor de zgomot, s-au determinat benzile de frecvență ale zgomotelor și au fost proiectate filtre digitale care să le înlăture de forma celui din fig 1.4 (filtru Butterworth stop-bandă).

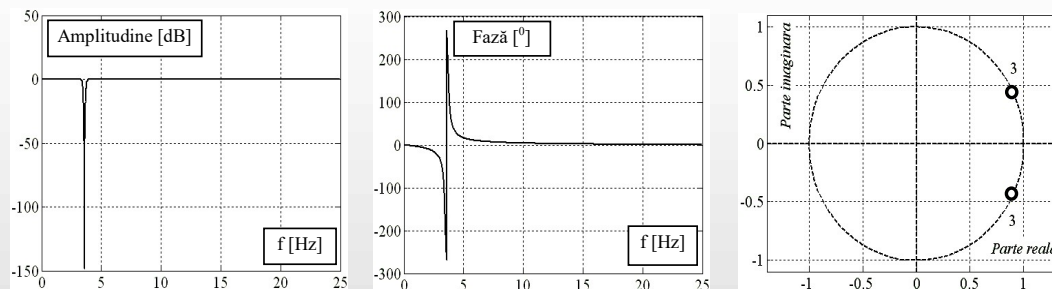


Fig. 1.4 - Filtru Butterworth IIR, de ordinul 6, stop-bandă

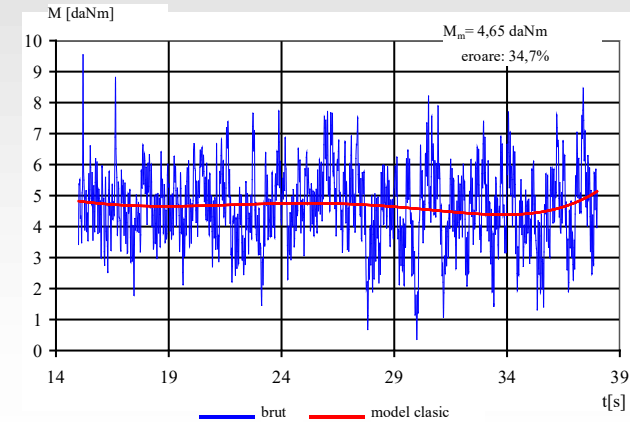


Fig. 1.7 - Semnal brut și modelat clasic (metoda Gauss)

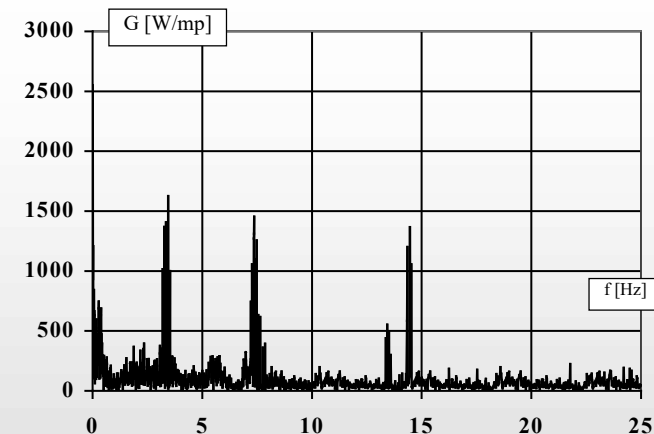


Fig. 1.3 - Spectrul densitatii de putere a semnalului

(B-i) Realizările științifice, profesionale și academice

1. Analiza vibrațională a organelor transmisiilor

1.2 Prelucrarea primară a semnalelor. Zgomote și filtre

- * În urma filtrării se obține o decelare a componentei neliniare de cea liniară (fig. 1.6).
- * În fig. 1.10 este redat semnalul filtrat, după „înlăturarea” celor trei benzi pe care s-au constatat zgomote mari și a fost identificată sursa acestora.

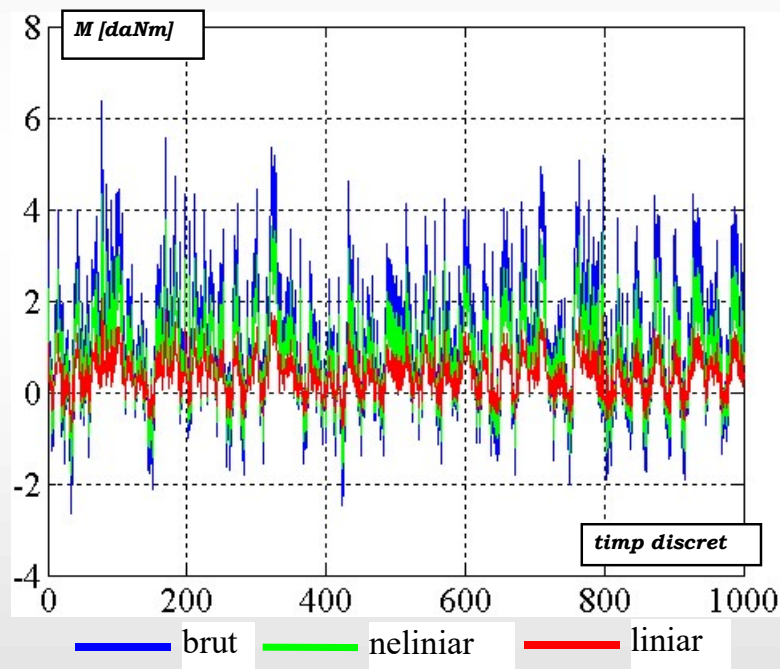


Fig. 1.6 - Semnal filtrat și separat pe componente

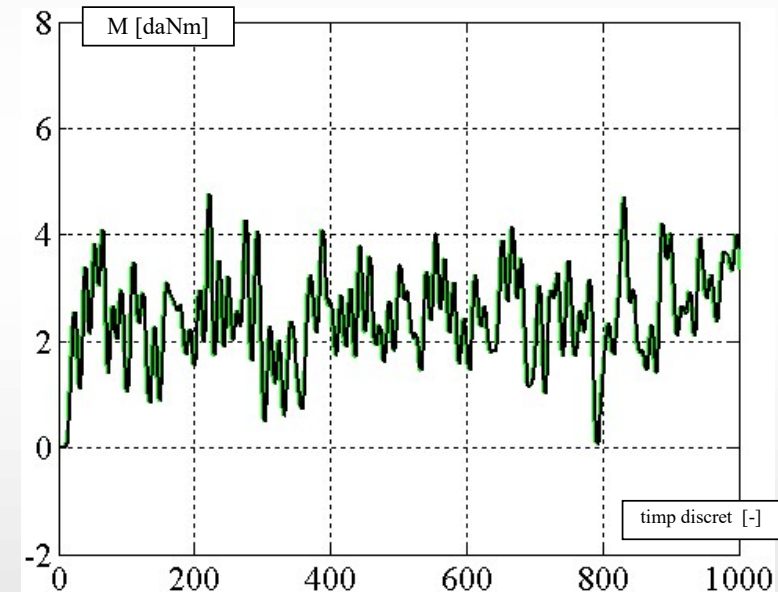


Fig. 1.10 - Semnal filtrat, forma finală

(B-i) Realizările științifice, profesionale și academice

1. Analiza vibrațională a organelor transmisiilor

1.3 Modele matematice bazate pe date experimentale

* Am considerat, întotdeauna, că cele mai veridice modele matematice sunt cele generate pornind de la serii dinamice ale mărimilor de interes măsurate pe cale experimentală. Există două tipuri de modele matematice: *parametrice* și *neparametrice*.

* *Modelele parametrice* sunt descrise de relații matematice. Sunt descrise de ecuații diferențiale de forma generală:

$$\frac{d^n y}{dt^n} + a_{n-1} \frac{d^{n-1} y}{dt^{n-1}} + \dots + a_0 y = b_{n-1,r} \frac{d^{n-1} u_r}{dt^{n-1}} + b_{n-2,r} \frac{d^{n-2} u_r}{dt^{n-2}} + \dots$$

$$+ b_{0,r} u_r + b_{n-1,p} \frac{d^{n-1} u_p}{dt^{n-1}} + b_{n-2,p} \frac{d^{n-2} u_p}{dt^{n-2}} + \dots + b_{0,r} u_r$$

* Cunoscând cei n parametri, modelul este definit prin determinarea coeficienților a_i și b_i , funcția de transfer având expresia:

$$W(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{b_{n-1} \cdot s^{n-1} + b_{n-2} \cdot s^{n-2} + \dots + b_0}{s^n + a_{n-1} \cdot s^{n-1} + \dots + a_0}$$

* Există mai multe tipuri de modele: SISO, MISO, MIMO etc., în funcție de tipul sistemului analizat și de precizia dorită de modelare.

(B-i) Realizările științifice, profesionale și academice

1. Analiza vibrațională a organelor transmisiilor

1.3 Modele matematice bazate pe date experimentale

* Modelul general al unui sistem SISO este:

$$A(q)y(t) = \frac{B(q)}{F(q)}x(t - nk) + \frac{C(q)}{D(q)}e(t)$$

în care $y(t)$ este ieșirea sistemului, $x(t)$ este intrarea acestuia, $e(t)$ este zgomotul (care poate fi interpretat ca eroare) iar timpul t este variabila independentă. În cadrul modelului, funcția

obiectiv de minimizat este: $f = \arg \sum_{t=1}^N e^2(t)$ iar coeficienții modelului sunt:

$$\left\{ \begin{array}{l} A(q) = 1 + a_1q^{-1} + a_2q^{-2} + \dots + a_naq^{-na} \\ B(q) = b_1 + b_2q^{-1} + b_3q^{-2} + \dots + b_n bq^{-nb+1} \\ C(q) = 1 + c_1q^{-1} + c_2q^{-2} + \dots + c_n cq^{-nc} \\ D(q) = 1 + d_1q^{-1} + d_2q^{-2} + \dots + d_nd q^{-nd} \\ F(q) = 1 + f_1q^{-1} + f_2q^{-2} + \dots + f_n f q^{-nf} \end{array} \right.$$

(B-i) Realizările științifice, profesionale și academice

1. Analiza vibrațională a organelor transmisiilor

1.3 Modele matematice bazate pe date experimentale

* Dintre multiplele cazuri particulare de generare a unui sistem SISO, voi ilustra modelul ARX, ale

cărui caracteristici $\begin{cases} nc = nd = nf = 0 \\ C(q) = D(q) = F(q) = 1 \end{cases}$ introduse în modelul general, îl particularizează la forma:

$$A(q)y(t) = B(q)x(t - nk) + e(t)$$

* Pentru o serie dinamică experimentală măsurată și înregistrată cu un lanț de măsurare precum cel din fig. 1.13, se obține o funcție de transfer de forma:

$$W = \frac{1,61s^3 - 61,95s^2 - 63,13s + 123}{s^4 - 1,977s^3 + 1,34s^2 + 0,074s - 0,38}$$

care conduce la un model matematic de forma:

$$\begin{aligned} \frac{d^5 y}{dt^5} + 91,19 \frac{d^4 y}{dt^4} + 2,83 \cdot 10^4 \frac{d^3 y}{dt^3} + 2,44 \cdot 10^5 \frac{d^2 y}{dt^2} + \\ + 3,65 \cdot 10^7 \frac{dy}{dt} + 1,36 \cdot 10^8 y = 5007 \frac{d^4 x}{dt^4} - 7,66 \cdot 10^5 \frac{d^3 x}{dt^3} + \\ + 1,5 \cdot 10^8 \frac{d^2 x}{dt^2} - 8,53 \cdot 10^9 \frac{dx}{dt} + 2,49 \cdot 10^{10} x \end{aligned}$$

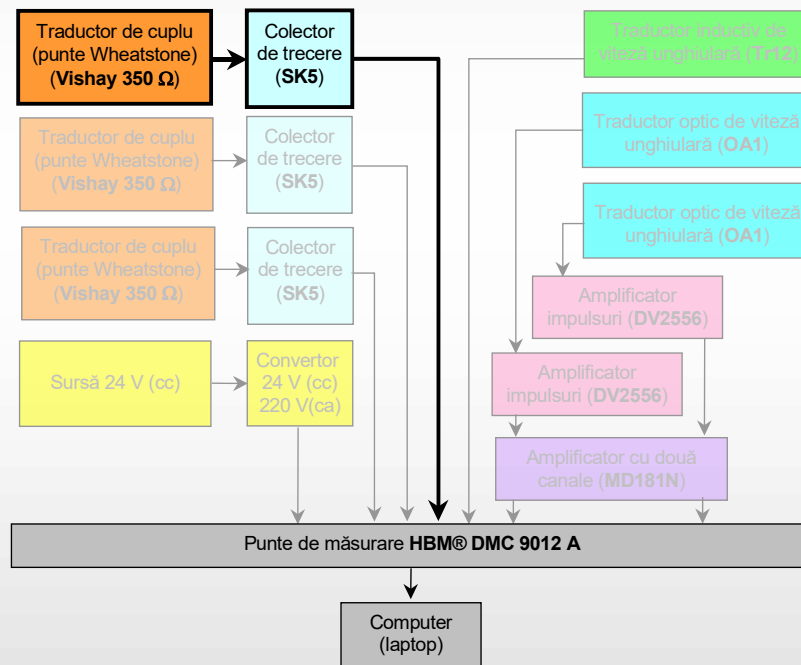


Fig. 1.13 - Structura unui lanț de măsurare pentru determinarea de momente și turații

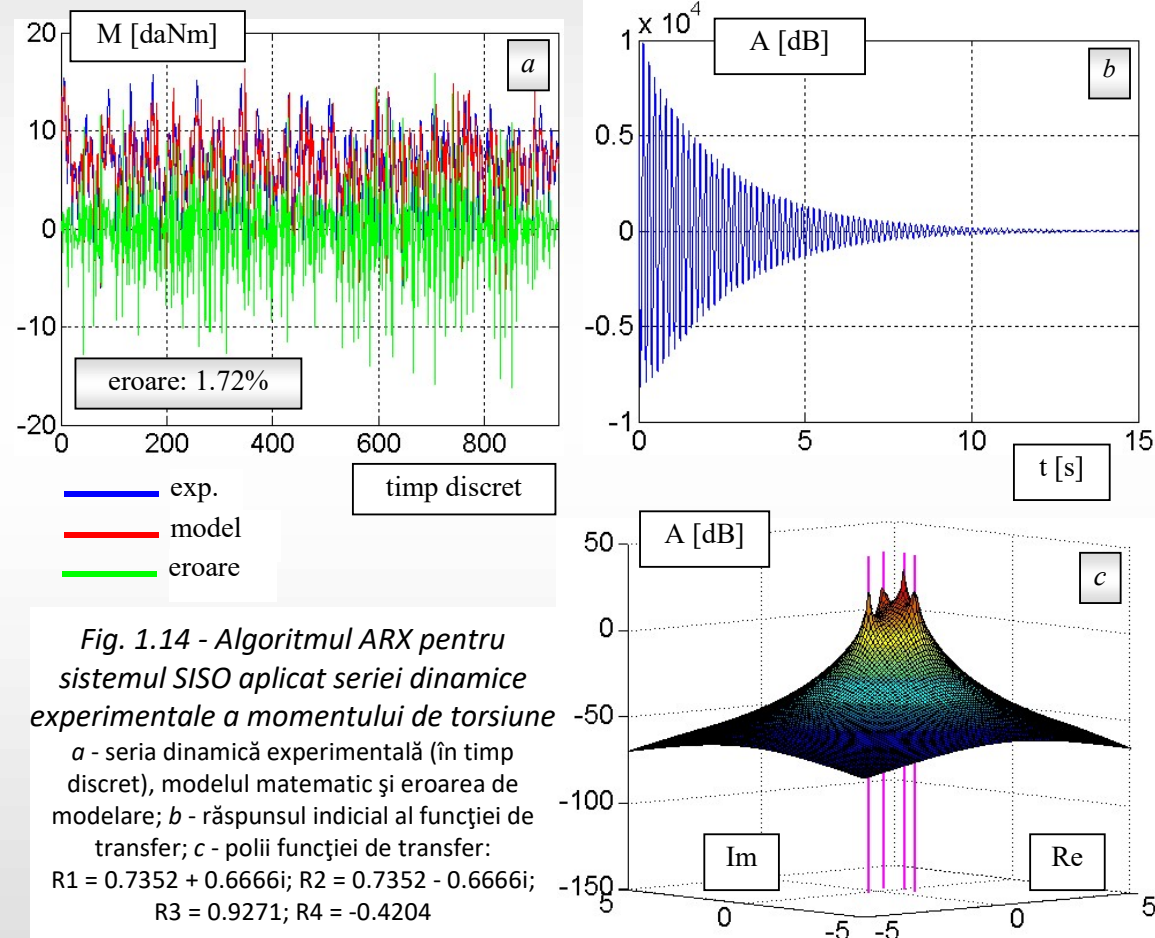
(B-i) Realizările științifice, profesionale și academice

1. Analiza vibrațională a organelor transmisiilor

1.3 Modele matematice bazate pe date experimentale

* Graficul din figura alăturată ilustrează modul de obținere a funcției de transfer de pe slide-ul precedent, care folosește la scrierea modelului matematic aferent.

* Precizia de calcul a modelului este determinată de caracteristicile funcției de transfer, ordinul acesteia fiind optimizat de către programul de calcul. Aici, funcția de transfer are 4 poli iar eroarea de modelare este de 1,72%.



(B-i) Realizările științifice, profesionale și academice

1. Analiza vibrațională a organelor transmisiilor

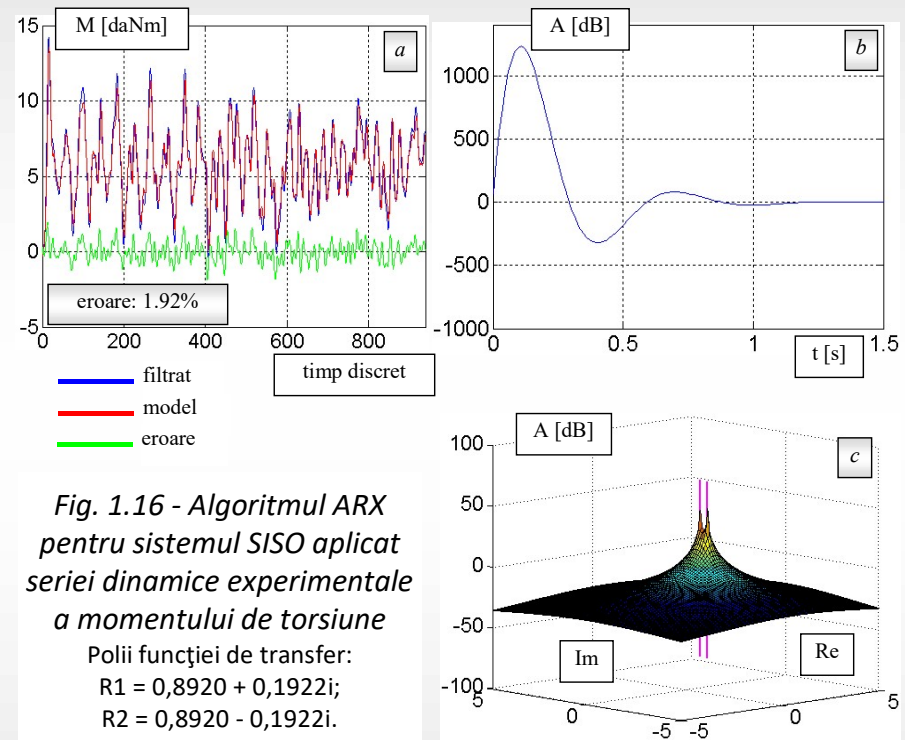
1.3 Modele matematice bazate pe date experimentale

- * Graficul din figura alăturată redă caracteristicile funcției de transfer al aceluiași semnal, filtrat în prealabil.
- * Funcția de transfer are numai doi poli. Se observă că răspunsul indicial al acestei funcții de transfer se atenuează rapid (funcția este mai stabilă).
- * Eroarea de calcul a modelului este de 1,92%.
- * Expresia funcției de transfer:

$$W = \frac{5,68s + 2,91}{s^2 - 1,78s + 0,83}$$

- * Ecuația modelului matematic al semnalului:

$$\frac{d^2y}{dt^2} + 9,16\frac{dy}{dt} + 133,6y = 69,23\frac{dx}{dt} + 2,36 \cdot 10^6$$



- * Se observă că semnalul filtrat are mult mai puține componente netaționare (în principiu, zgomote) iar acestea au amplitudini mai reduse.

(B-i) Realizările științifice, profesionale și academice

1. Analiza vibrațională a organelor transmisiilor

1.3 Modele matematice bazate pe date experimentale

- * *Modelele neparametrice* sunt modele matematice care surprind, sub formă grafică, sugestivă, comportamentul sistemelor dinamice
- * Un sistem de identificare parametric conduce la formularea unor modele matematice scrise pe baza unor ecuații. Metodele neparametrice conduc numai la reprezentări grafice. Acest tip de analiză permite însă, foarte rapid, estimarea necesității de a aplica o metodă de filtrare și, evident, de identificare a sursei zgomotului.
- * Cele mai utilizate transformate în aplicarea acestei metode sunt transformatele biliniare (cunoscute și sub denumirea de transformate din „clasa Cohen”) care au ecuația generală dată de:

$$C(t, \omega, \Phi) = \frac{1}{2\pi} \iiint \Phi(\xi, \tau) f\left(x + \frac{\tau}{2}\right) f^*\left(x - \frac{\tau}{2}\right) e^{j(\xi t - \tau \omega - \xi x)} dx d\xi d\tau$$

- * Există o largă varietate de transformate biliniare din această clasă, fiecare din ele fiind fezabilă prelucrării unui anumit tip de semnal. Metodologia este amplu dezbătută în Teoria Semnalelor.
- * Din perspectiva ingineriei mecanice, aceste modele matematice au utilitate în analiza variației în timp a spectrelor de frecvență a oscilațiilor, atât ca urmare a variației parametrilor funcționali cât și a existenței zgomotelor în funcționare.

(B-i) Realizările științifice, profesionale și academice

1. Analiza vibrațională a organelor transmisiilor

1.3 Modele matematice bazate pe date experimentale

* Figura alăturată prezintă modelul matematic neparametric (cumulantul de ord. 3, amplitudinea și faza bispectrului) al semnalului trasat cu curba neagră (variația momentului de torsiune pe unul din arborii transmisiei TAB-77)

* Interpretare: cu cât câmpurile cumulantului, al amplitudinii și fazei acestuia sunt mai puțin „populate”, cu atât semnalul este mai „curat”.

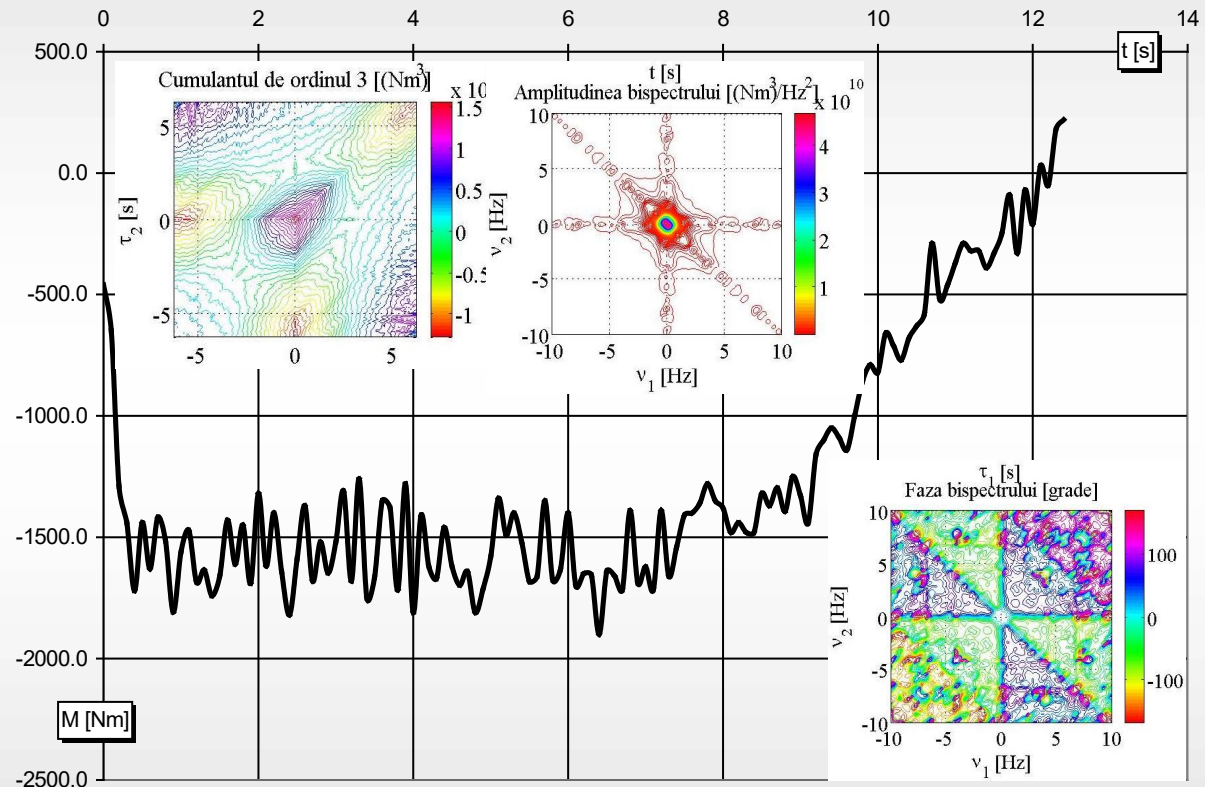


Fig. 1.17 - Analiza bispectrală a unui moment de torsiune de pe un arbore al transmisiei unui autovehicul militar (semnal nefiltrat)

(B-i) Realizările științifice, profesionale și academice

1. Analiza vibrațională a organelor transmisiilor

1.3 Modele matematice bazate pe date experimentale

* Același model matematic precum precedentul dar acum pentru același semnal filtrat în prealabil cu un filtru Savitzky-Golay.

* Se observă cum câmpurile cumulantului, al amplitudinii și fazei acestuia sunt mai puțin „populate” decât în imaginea precedentă, semnalul fiind filtrat în prealabil.

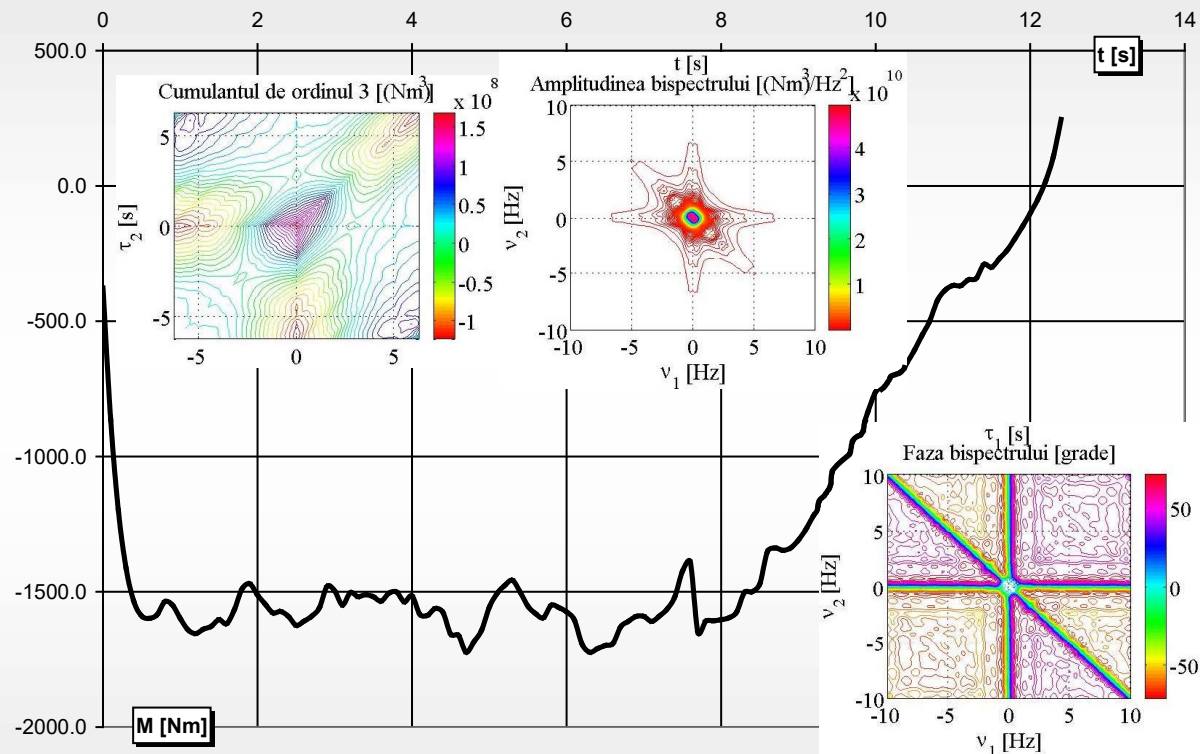


Fig. 1.18 - Analiza bispectrală a unui moment de torsiune de pe un arbore al transmisiei unui autovehicul militar (semnal filtrat)

(B-i) Realizările științifice, profesionale și academice

1. Analiza vibrațională a organelor transmisiilor

1.3 Modele matematice bazate pe date experimentale

* În fig. 1.19 este redată transformata Born-Jordan a unui semnal de moment de torsiune, înainte de filtrare. Câmpul grafic al transformatei relevă ponderea componentelor neliniare.

* Cu cât câmpul este mai "nepopulat", cu atât ponderea componentei neliniare în economia semnalului este mai scăzută.

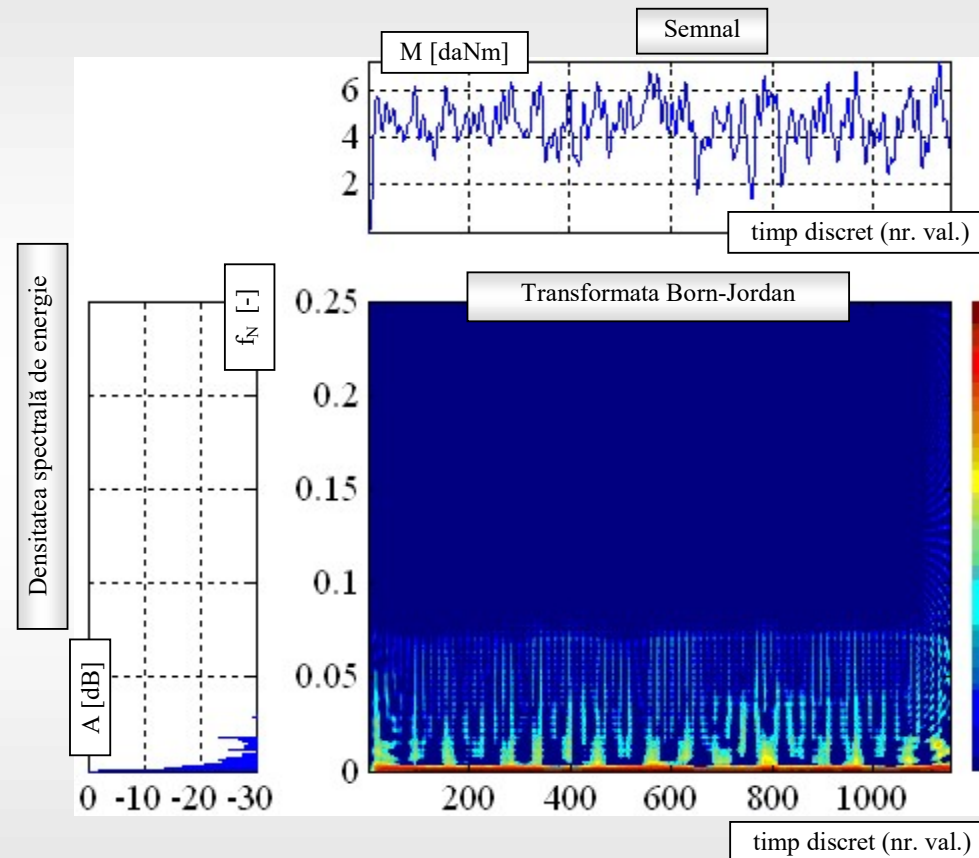


Fig. 1.19 - Transformata Born-Jordan a unui moment de torsiune de pe un arbore al transmisiei unui autovehicul militar (semnal nefiltrat)

(B-i) Realizările științifice, profesionale și academice

1. Analiza vibrațională a organelor transmisiilor

1.3 Modele matematice bazate pe date experimentale

* Spectrograma (fig. 1.20) este, de fapt, o reprezentare spațială a evoluției temporale a spectrului staționar de frecvențe relevat de transformata Fourier (prin "felierea" la momente de timp discrete, se obțin distribuțiile de amplitudine ale spectrelor de frecvențe de la momentele de timp stabilite prin eșantionare temporală).

* Spectrograma este obținută prin aplicarea Transformatei Fourier pe Termen Scurt, de ordinul doi:

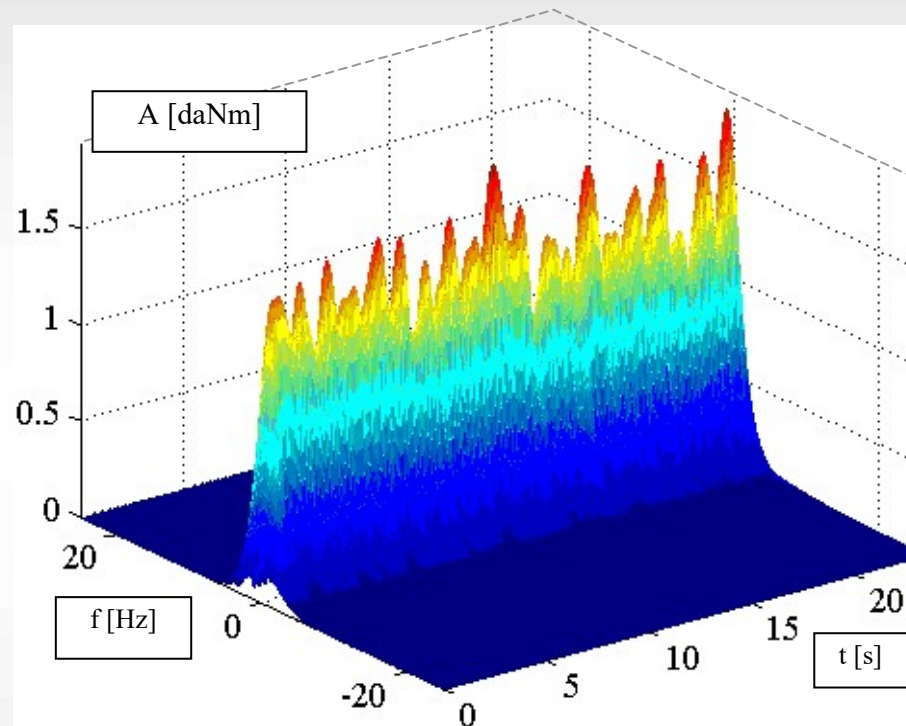


Fig. 1.20 - Spectrograma unui moment de torsiune de pe un arbore al transmisiei unui autovehicul militar (semnal filtrat)

$$SP(t, f) = \left| \int_{-\infty}^{+\infty} y(\tau) h^*(\tau - t) e^{-2\pi j f t} d\tau \right|^2$$

(B-i) Realizările științifice, profesionale și academice

1. Analiza vibrațională a organelor transmisiilor

1.3 Modele matematice bazate pe date experimentale

- * Transformata Stockwell este o transformată „wavelet”.
- * Forma simplificată, în timp continuu, a unei funcții „wavelet” este dată de ecuația de mai jos (de asemenea, se poate observa forma ei grafică)



$$F(\tau, s) = \frac{1}{\sqrt{|s|}} \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) \psi^* \left(\frac{t-\tau}{s} \right) dt$$

- * Ecuația generală a Transformatei Stockwell este:

$$Y(\tau, jf) = \int_{-\infty}^{+\infty} y(t) \frac{|f|}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t-\tau)^2 f^2}{2}} e^{-2\pi j f t} dt$$

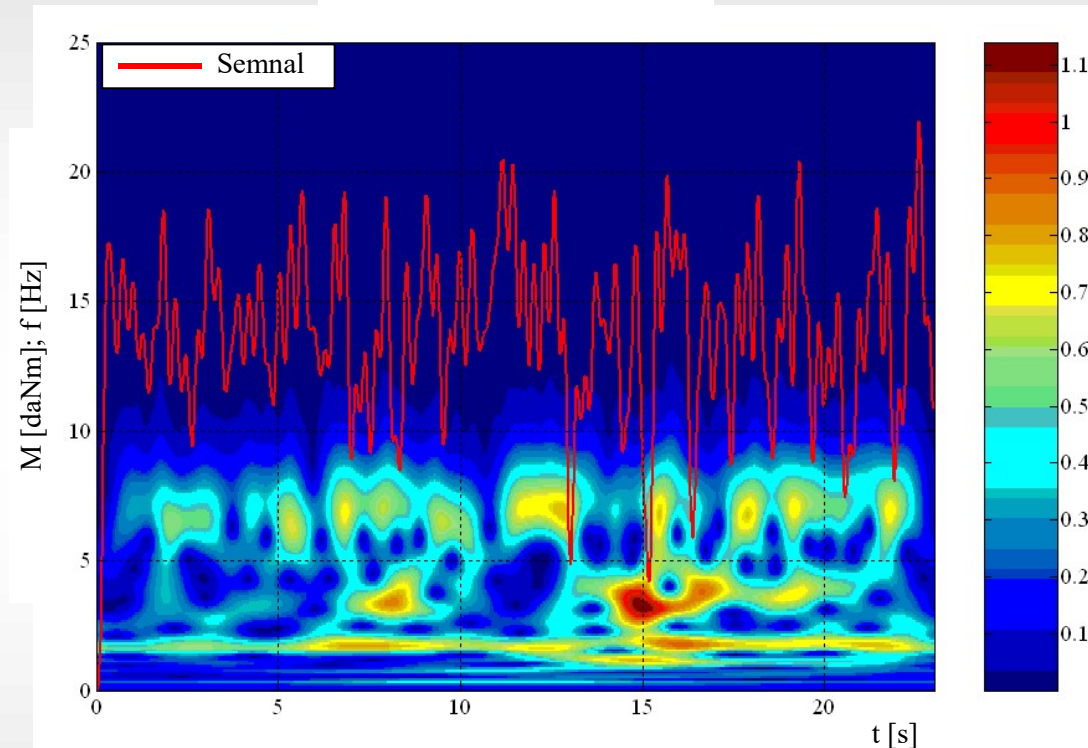


Fig. 1.22 - Semnalul util și transformata Stockwell a acestuia

(B-i) Realizările științifice, profesionale și academice

2. Aspecte ale măsurării presiunilor

* În scopul modernizării autovehiculelor militare, au fost încheiate contracte de determinare a performanțelor de frânare ale acestora.

* Au fost supuse testelor mai multe autovehicule din dotarea MAPN. Unul din subiectele cercetării experimentale l-a constituit transportorul amfibiu TAB C-79, cu sistem de frânare hidraulic, asistat pneumatic.

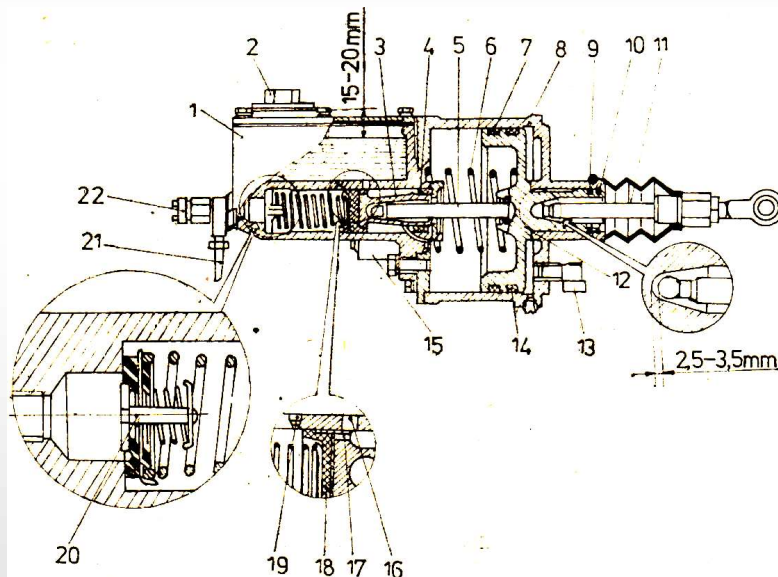


Fig. 2.2 - Cilindrul pneumo-hidraulic

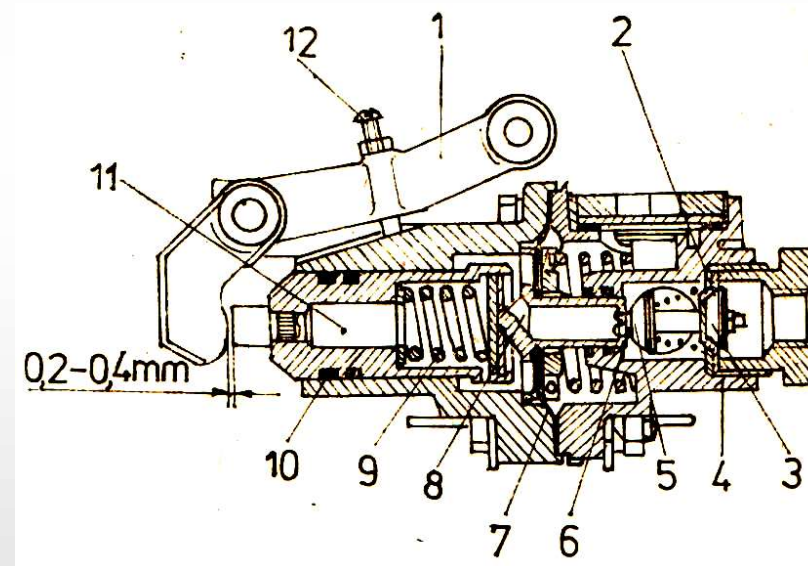


Fig. 2.3 - Distribuitorul de aer comprimat

(B-i) Realizările științifice, profesionale și academice

2. Aspecte ale măsurării presiunilor

* Datele măsurate au avut configurații tipice celor din figurile de mai jos

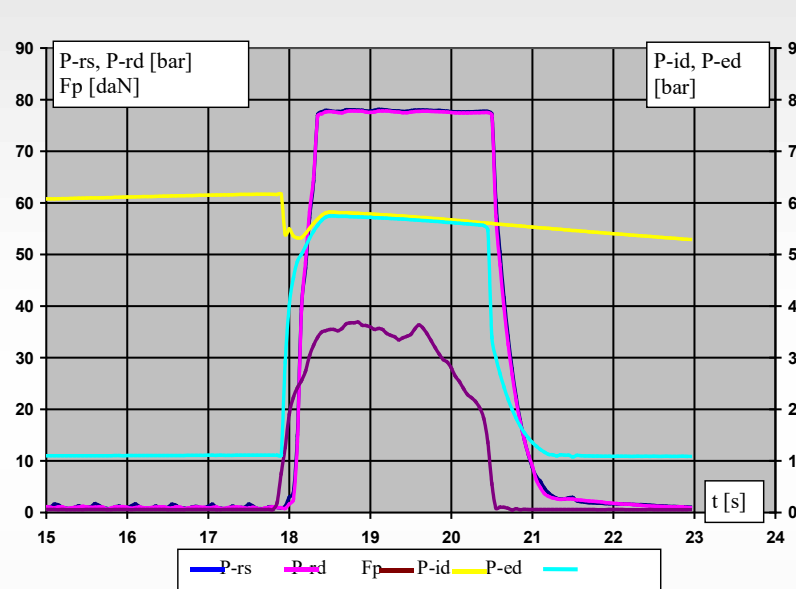


Fig. 2.4 - Exemplu de mărimi măsurate

P-rs: presiunea la cilindrul de frână al roții din stânga spate;
P-rd: presiunea la cilindrul de frână al roții din dreapta spate;
Fp: forța la pedala de frână; P-id: presiunea de intrare pe
distribuitor; P-ed: presiunea de ieșire pe distribuitor.

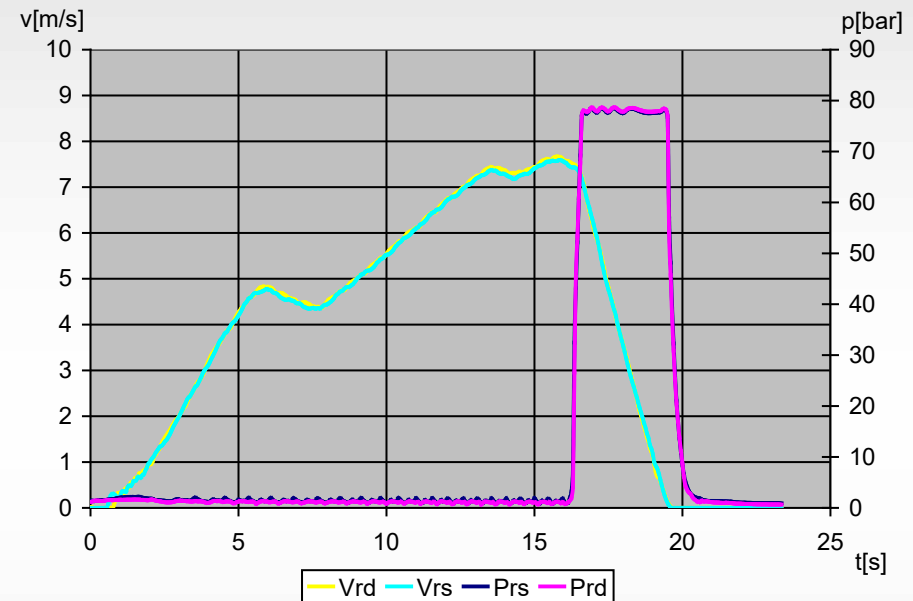


Fig. 2.6 - Exemplu de mărimi măsurate

P-rs: presiunea la cilindrul de frână al roții din stânga spate;
P-rd: presiunea la cilindrul de frână al roții din dreapta spate;
Vrd: viteza roții dreapta; Vrs: viteza roții stânga

* În ambele figuri se poate observa - în faza incipientă (în care pedala de frână încă nu a fost acționată) - un comportament particular al presiunii din cilindrul de frână (adică în secțiunea hidraulică a sistemului) ai ambelor roți, mai pregnant al roții din stânga.

(B-i) Realizările științifice, profesionale și academice

2. Aspecte ale măsurării presiunilor

2.1 Modele matematice bazate pe date experimentale

* pulsațiile au fost supuse *analizei în frecvență*

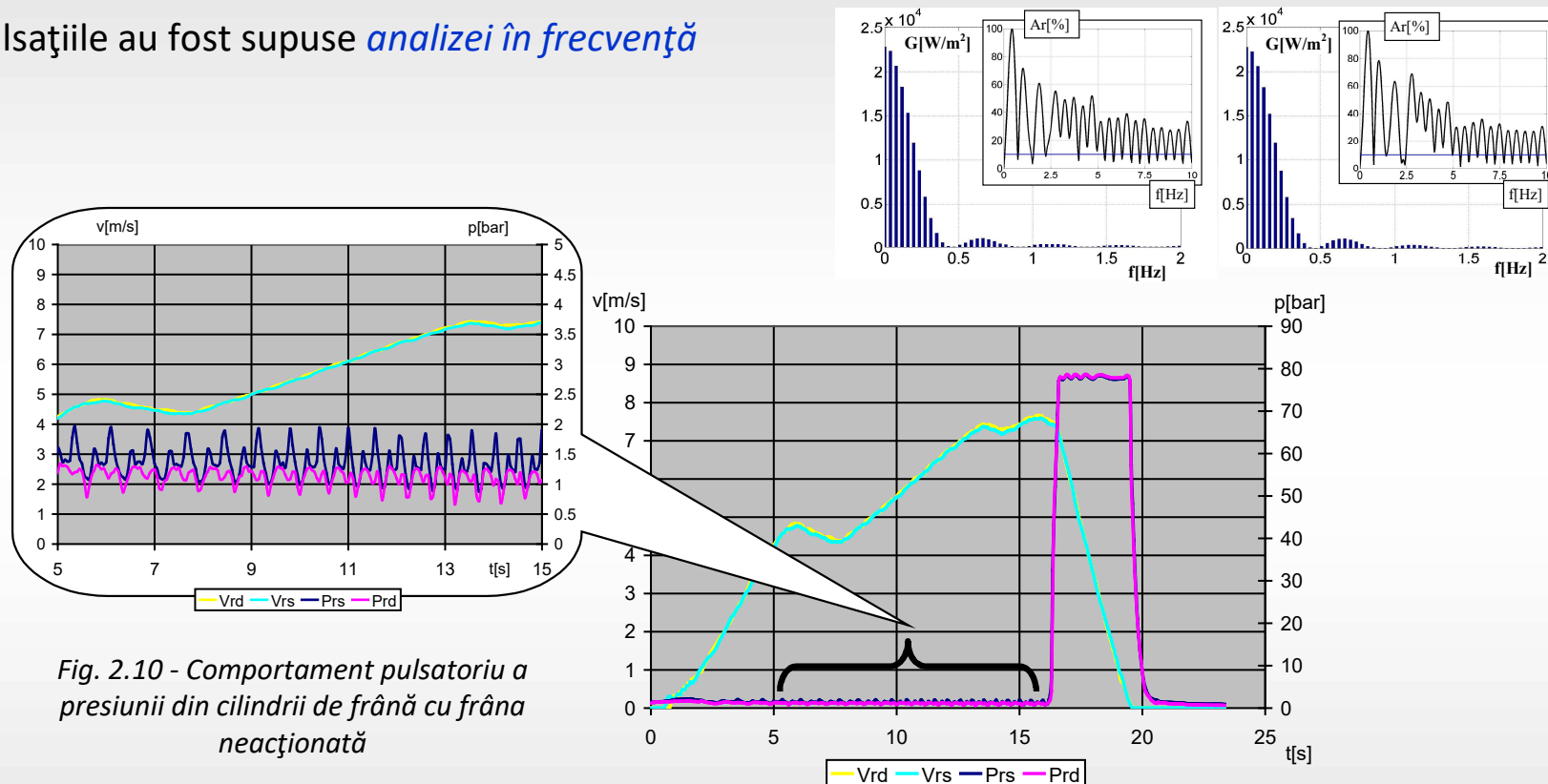


Fig. 2.10 - Comportament pulsatoriu a presiunii din cilindrii de frână cu frâna neacționată

* Concluzii:

- Semnalele sunt relativ "netede", cu energii disipate scăzute
- Spectrele de putere ale semnalelor ambilor cilindri sunt relativ asemănătoare (sursa de zgomot ar putea fi aceeași).

(B-i) Realizările științifice, profesionale și academice

2. Aspecte ale măsurării presiunilor

2.1 Modele matematice bazate pe date experimentale

* pulsația din cilindru din stânga (cu valori mai mari ale vârfurilor de presiune) a fost supusă *analizei în timp-frecvență*

* Cumulantul de ordinul 3 furnizează un model neparametric al sistemului analizat în care se poate observa "popularea" câmpurilor acestuia (prezența neliniarităților).

* În urma filtrării semnalului se pot observa modificări în structura bispectrului semnalului (aici, în 3D)

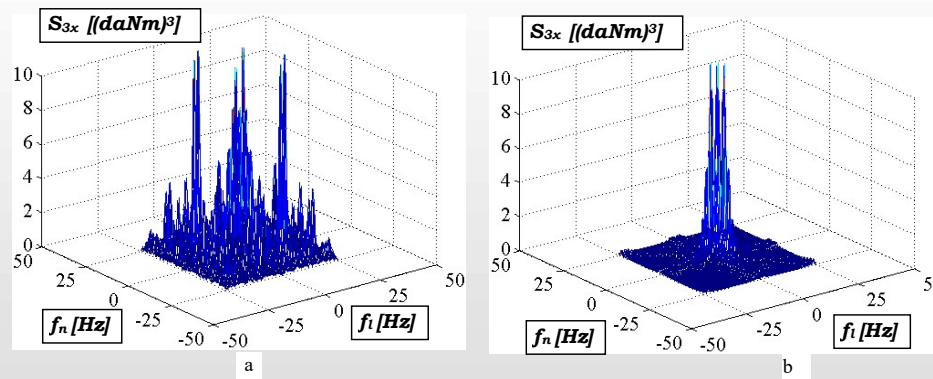
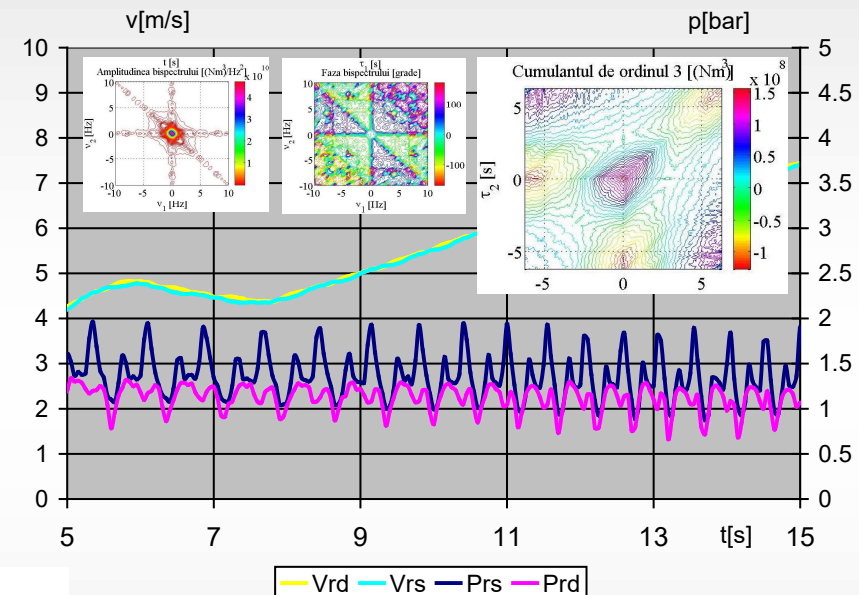


Fig. 2.11 - Analiza bispectrală a presiunii din cilindru de frână al roții din stânga (curba albastră) cu frâna neacționată (semnal nefiltrat)

Fig. 2.12 - Bispectrul semnalului (stânga - semnal nefiltrat, dreapta, semnal filtrat)

* Pulsația era cauzată de ovalizarea tamburului de frână

(B-i) Realizările științifice, profesionale și academice

2. Aspecte ale măsurării presiunilor

2.2 Model matematic parametric al evoluției unei presiuni în sistemul de frânare. Modele matematice generalizate.

* Folosind algoritmul ARX, pentru un singur test din cele efectuate, se obține un model de evoluție a presiunii dat de ecuația diferențială

$$\frac{d^2y}{dt^2} + 33,770 \frac{dy}{dt} + 192,280y = 50,300 \frac{dx}{dt} + 2660x$$

* Testul a fost repetat de foarte multe ori, măsurătorile efectuându-se simultan la ambele roți (stânga-dreapta). Aplicând același algoritm, pentru fiecare curbă a fost obținut un model matematic a cărui reprezentare grafică este similară celei din fig. 2.15.

* Coeficienții acestor modele sunt redați, sub formă de extras, în tabelul următor.

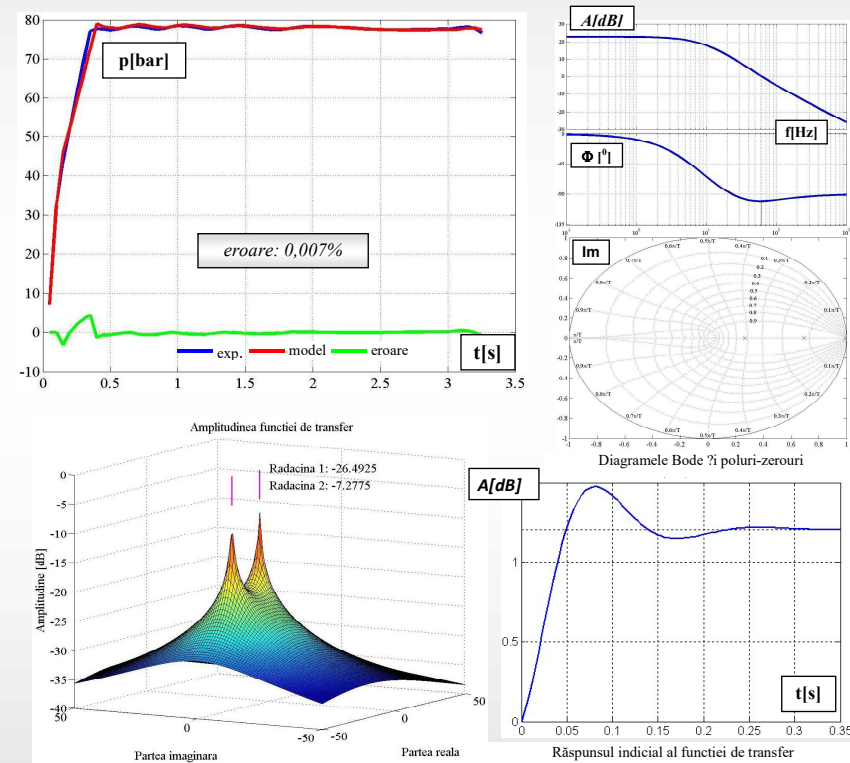


Fig. 2.15 - Algoritmul ARX pentru sistemul SISO aplicat seriei dinamice a presiunii dintr-unul din cilindrii de frână

(B-i) Realizările științifice, profesionale și academice

2. Aspecte ale măsurării presiunilor

2.2 Model matematic parametric al evoluției unei presiuni în sistemul de frânare. Modele matematice generalizate.

Test	Cilindrul de frână	$\frac{d^2 y}{dt^2}$	$\frac{dy}{dt}$	y	$\frac{dx}{dt}$	x	Eroarea normalizată de modelare [%]
.....
i	stânga	1,000	19,640	127,000	37,830	1760	0,001
	dreapta	1,000	52,470	376,500	83,630	5216	0,002
i+1	stânga	1,000	23,970	163,300	46,740	2253	0,011
	dreapta	1,000	28,900	185,200	50,510	2546	0,020
.....
Medie		1,000	30,970	206,483	50,851	2850	0,013

Tabelul cu coeficienții modelelor matematice individuale și ai modelului generalizat ARX (SISO)

* Ecuația modelului generalizat este:

$$\frac{d^2 y}{dt^2} + 30,970 \frac{dy}{dt} + 206,483 y = 50,851 \frac{dx}{dt} + 2850 x$$

(B-i) Realizările științifice, profesionale și academice

2. Aspecte ale măsurării presiunilor

2.2 Model matematic parametric al evoluției unei presiuni în sistemul de frânare. Modele matematice generalizate.

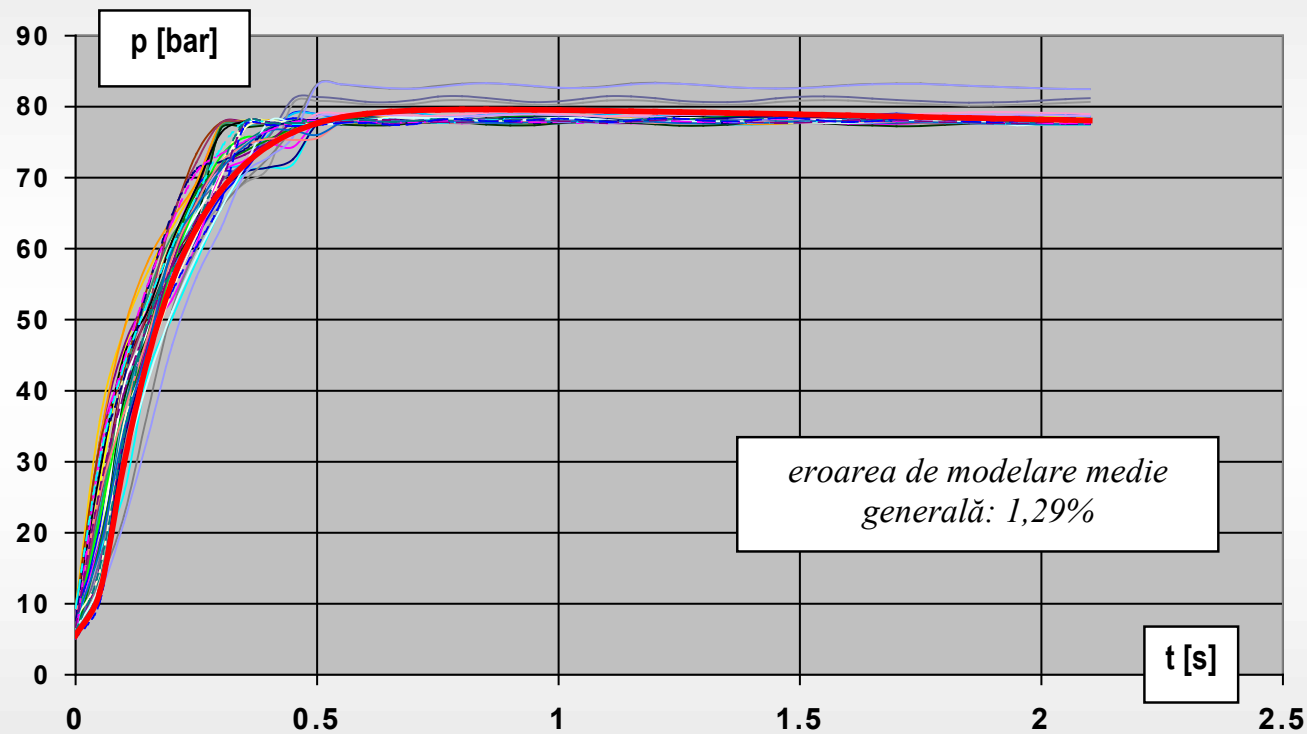


Fig. 2.16 - Reprezentarea grafică a modelelor matematice individuale și a modelului matematic generalizat a evoluției presiunii în cilindrii de frână

(B-i) Realizările științifice, profesionale și academice

3. Modele matematice parametrice pentru simulări funcționale

* Există multiple modalități de a crea modele matematice. În activitatea de cercetare pe care am desfășurat-o m-am axat pe două direcții:

- modele care au la bază expresii analitice ale comportamentelor sistemelor (cum sunt, spre exemplu, cele bazate pe ecuațiile dinamice clasice sau cele generate în Simulink - MatLab), referite în continuare ca *modele analitice*
- modele bazate pe date experimentale colectate de la seturi mari de experimentări referite în continuare ca *modele experimentale*

3.1 Simulare conlucrare motor-hidrotransformator și ridicare performanțe pentru prototipul de TAB 8x8 "SAUR 1" produs în România

* Fabricantul produsului a dorit echiparea acestuia cu un motor MAN, un hidrotransformator (HT) Allison-Clark și o cutie de viteze planetară (CVP) ZF.

* A fost necesară realizarea conlucrării dintre HT și motor, în mai multe variante de echipare a vehiculului. Sumele solicitate de partenerul extern pentru fiecare simulare erau foarte mari.

* În construcția modelului analitic am pornit de la ecuațiile clasice ale dinamicii:

- ecuația momentelor absorbite la pompa HT: $M_P = \lambda_P \cdot \rho \cdot n_P^2 \cdot D_h^5$
- ecuația generală de mișcare a autovehiculelor cu transmisie hidrodinamică:

$$\frac{dv}{dt} = \frac{g}{\delta' \cdot G_a} (F_t - \sum R)$$

(B-i) Realizările științifice, profesionale și academice

3. Modele matematice parametrice pentru simulări funcționale

3.1 Simulare conlucrare motor-hidrotransformator și ridicare performanțe pentru prototipul de TAB 8x8 "SAUR 1" produs în România

* Problema a reprezentat-o determinarea lui I_2 (momentul de inerție al pieselor aflate în mișcare de rotație legate la turbina HT, conform ecuației de mai jos), în speță cel al turbinei HT și a fluidului de lucru din agregat. Acesta s-a determinat pe cale experimentală, așa cum se va prezenta la pct. 3.2.

$$\delta' = 1 + \frac{g}{G_a} \left(I_1 k_h \frac{dn_P}{dn_T} + I_2 \right) \frac{i_{TM_i}^2}{r_r^2} \eta_{TM_i} + \frac{g}{G_a} \sum_{j=1}^n \frac{I_{r_j}}{r_r^2}$$

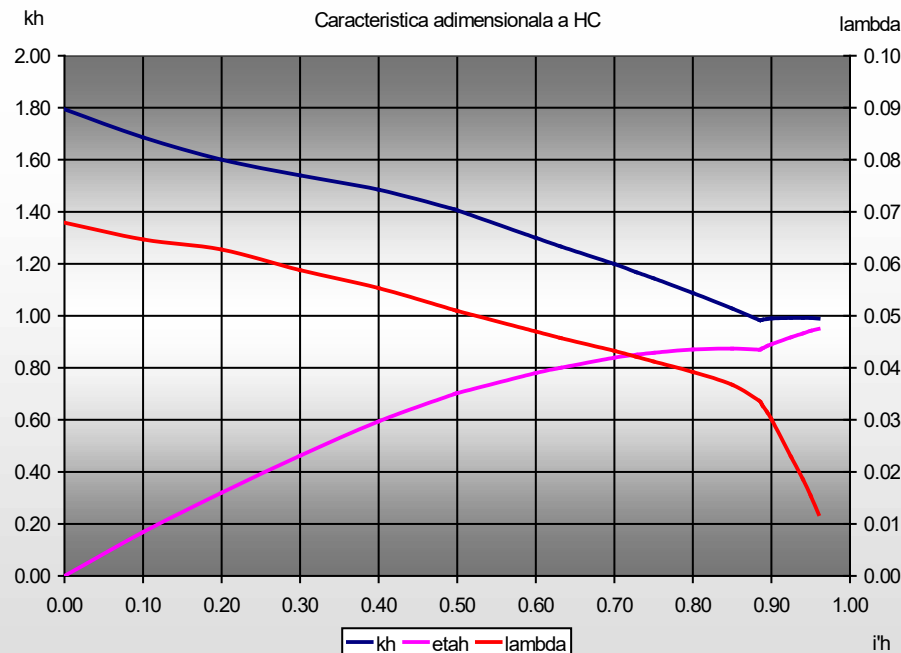


Fig. 3.1 - Caracteristica adimensională a hidrotransformatorului (furnizată de fabricantul agregatului)

(B-i) Realizările științifice, profesionale și academice

3. Modele matematice parametrice pentru simulări funcționale

3.1 Simulare conlucrare motor-hidrotransformator și ridicare performanțe pentru prototipul de TAB 8x8 "SAUR 1" produs în România

* S-a efectuat conlucrarea dintre motor și HT și a fost trasat graficul momentului la turbină. Pentru relevarea preciziei calculelor, sunt prezentate curbele de moment de ieșire în varianta livrată de furnizor și cea a simulării proprii (diferențele sunt sub 2,5%)

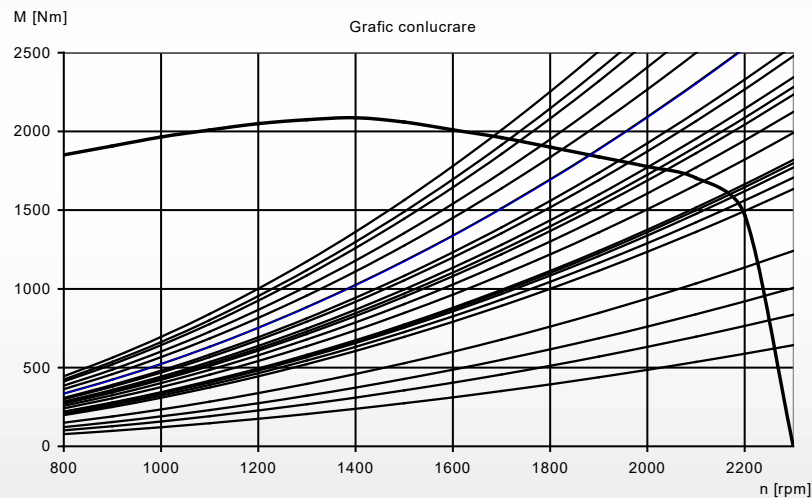


Fig. 3.3 - Caracteristica de conlucrare a motorului cu hidrotransformatorul (simulare proprie)

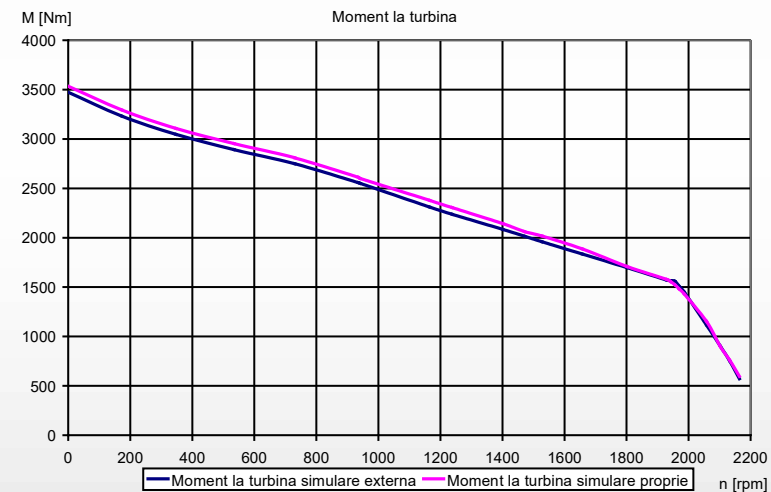
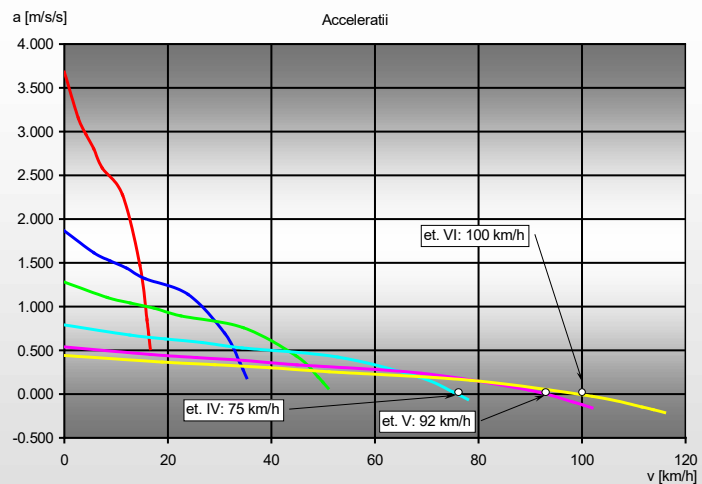
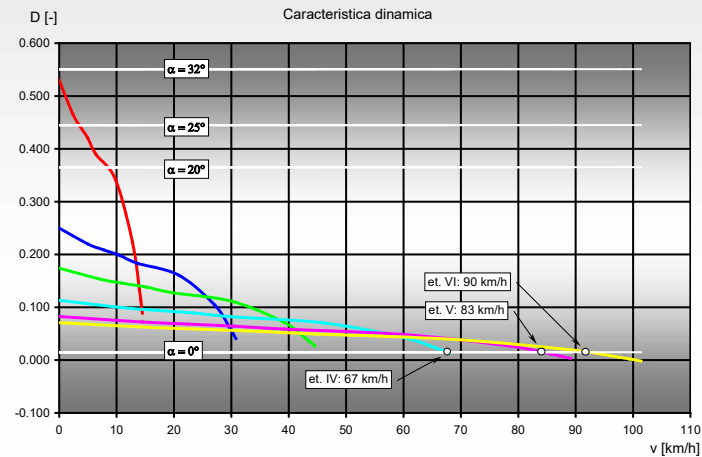


Fig. 3.4 - Momentul la turbina hidrotransformatorului (realizată de furnizorul agregatului și cea în simulare proprie)

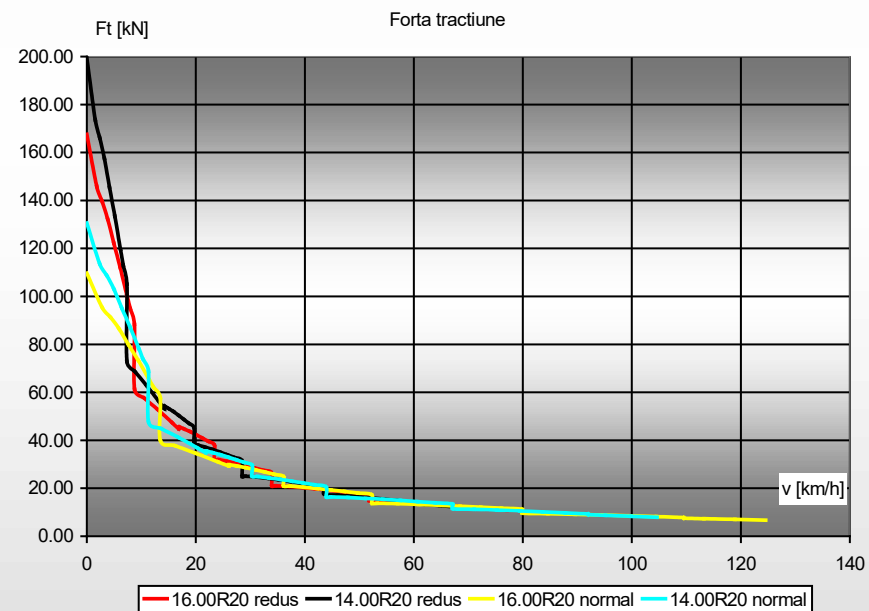
(B-i) Realizările științifice, profesionale și academice

3. Modele matematice parametrice pentru simulări funcționale

3.1 Simulare conlucrare motor-hidrotransformator și ridicare performanțe pentru prototipul de TAB 8x8 "SAUR 1" produs în România



* S-au obținut performanțele autovehiculelor în multiple variante de echipare de cutii de viteze, reductor-distribuitoare și dimensiuni de pneuri, la o mică fracțiune din prețul cerut de colaboratorul extern.



Graficele performanțelor autovehiculului (extras)

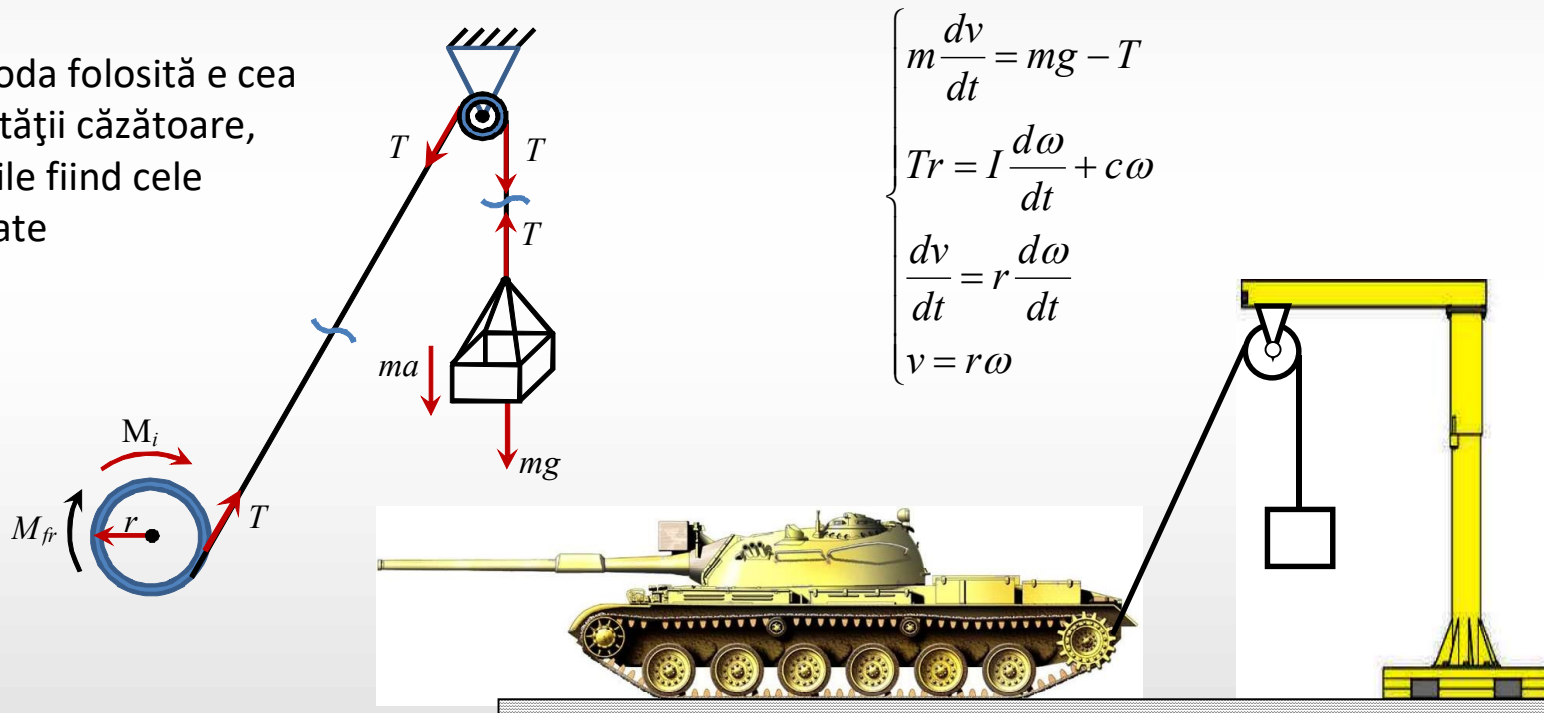
(B-i) Realizările științifice, profesionale și academice

3. Modele matematice parametrice pentru simulări funcționale

3.2 Model matematic analitic clasic al comportamentului funcțional al unui HT din transmisia unui autovehicul de luptă

* Problema a fost generată de solicitarea MAPN de a evalua contribuția HT din transmisia unui autovehicul militar (un tanc mijlociu) asupra performanțelor dinamice ale acestuia în regim de frânare cu motorul.

* Metoda folosită e cea a greutății căzătoare, ecuațiile fiind cele alăturate



Metoda folosită (schema de calcul și instalație)

(B-i) Realizările științifice, profesionale și academice

3. Modele matematice parametrice pentru simulări funcționale

3.2 Model matematic analitic clasic al comportamentului funcțional al unui HT din transmisia unui autovehicul de luptă

* Considerând o dependență liniară a momentului de frecare din transmisie (inclusiv cea hidraulică din HT), adică $M_{fr} = c\omega$ se poate scrie ecuația diferențială

$$\omega = \frac{mgr}{c} \left(1 - e^{-\frac{c}{mr^2 + I} t} \right)$$

care permite exprimarea vitezei unghiulare a roții motoare în funcție de coeficientul de frecare din transmisie și momentul de inerție al pieselor aflate în mișcare de rotație (legate de HT).

* Valoarea lui c se determină experimental, trăgând de cablu în poziție orizontală, cu viteză constantă.

* Pe cale matematică, devine posibilă determinarea lui I_2 pentru fiecare etaj al CVP.

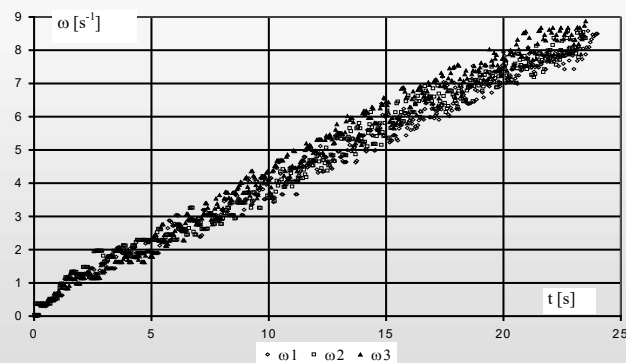


Fig. 3.11 -
Viteza
unghiulară
măsurată în
3 teste
efectuate
pentru viteza
a 3-a

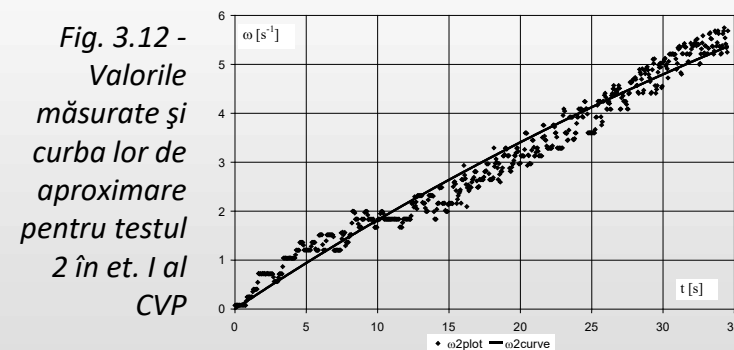


Fig. 3.12 -
Valorile
măsurate și
curba lor de
aproximare
pentru testul
2 în et. I al
CVP

(B-i) Realizările științifice, profesionale și academice

3. Modele matematice parametrice pentru simulări funcționale

3.2 Model matematic analitic clasic al comportamentului funcțional al unui HT din transmisia unui autovehicul de luptă

- * Confirmarea corectitudinii relației de calcul pentru simulare este făcută cu ajutorul vitezei terminale (când contează numai frecarea, nu și I_2 .)
- * Viteza a 4-a nu respectă evoluțiile vitezelor 1, 2 și 3)

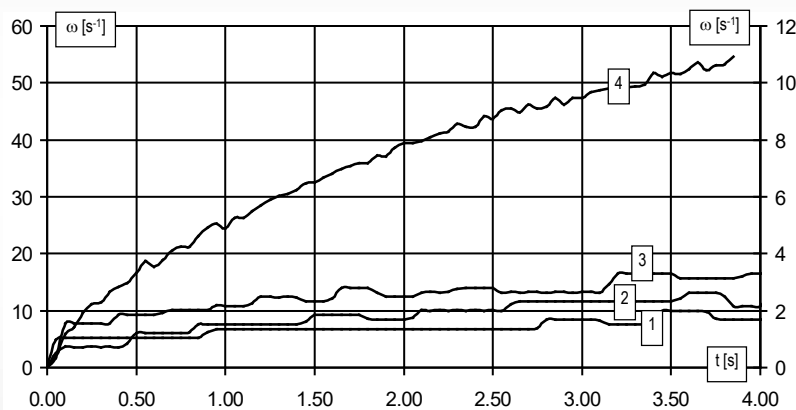


Fig. 3.15 - Viteza unghiulară unghiulară a roții motrice la căderea greutății

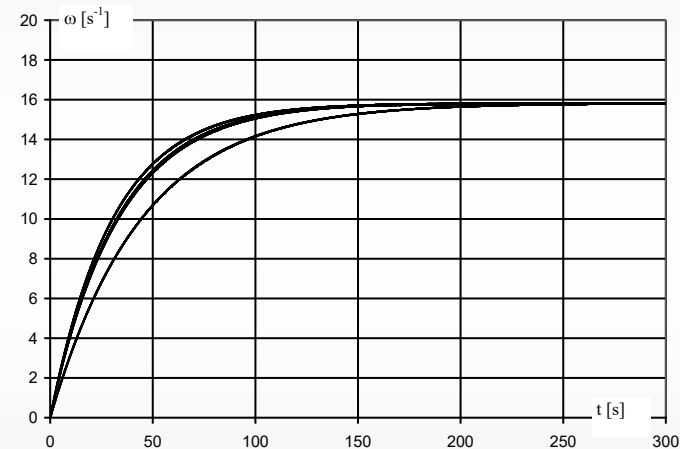


Fig. 3.14 - Viteza unghiulară terminală a roții motrice pentru primele 3 trepte de viteză

- * Singura inadvertență nu poate proveni decât din expresia momentului de frecare, mai precis din componenta fluidă a frecării (din HT). Se propune o variație de forma $M_{fr} = c \omega^2$

(B-i) Realizările științifice, profesionale și academice

3. Modele matematice parametrice pentru simulări funcționale

3.2 Model matematic analitic clasic al comportamentului funcțional al unui HT din transmisia unui autovehicul de luptă

* Sistemul e descris de noul set de ecuații

$$\begin{cases} m \frac{dv}{dt} = mg - T \\ Tr = I \frac{d\omega}{dt} + c\omega^2 \\ \frac{dv}{dt} = r \frac{d\omega}{dt} \\ v = r\omega \end{cases}$$

care conduce la ecuația diferențială a mișcării de forma $\frac{d\omega}{dt} = \frac{mgr}{mr^2 + I} - \frac{c}{mr^2 + I} \omega^2$ care are soluția:

$$\omega = \sqrt{\frac{mgr}{c}} \frac{1 - e^{-\left(\frac{2ct}{mr^2 + I} \sqrt{\frac{mgr}{c}}\right)}}{1 + e^{-\left(\frac{2ct}{mr^2 + I} \sqrt{\frac{mgr}{c}}\right)}}$$

(B-i) Realizările științifice, profesionale și academice

3. Modele matematice parametrice pentru simulări funcționale

3.2 Model matematic analitic clasic al comportamentului funcțional al unui HT din transmisia unui autovehicul de luptă

* Fig. alăturată redă comportamentul real și simulat al vitezei unghiulare a roții motrice la caderea greutății, cu CVP cuplată în et. IV.

* Folosind același procedeu, se determină coeficientul c din relația $M_{fr} = c\omega^2$ care are altă valoare față de cel corespunzător treptelor inferioare, fapt ce denotă o schimbare a caracterului curgerii din HT.

* Se poate determina și valoarea lui I (adică I_2 din ecuația generală de mișcare a autovehiculelor cu transmisie hidrodinamică), deoarece aproape toate elementele CVP se rotesc "înghețat".

* Noua ecuație diferențială furnizează o valoare a vitezei terminale mult mai ridicată decât în cazul celorlalte trepte (frâna de motor este mai puțin eficientă în treapta a IV-a).

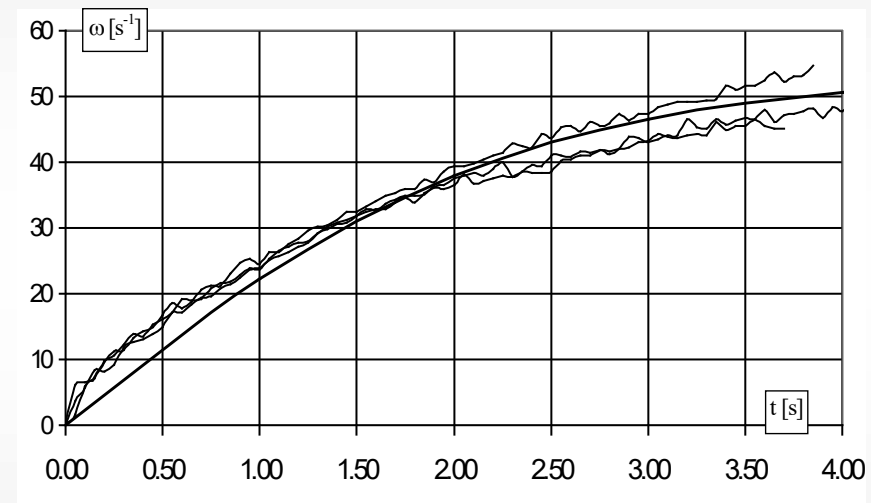


Fig. 3.17 - Viteza unghiulară a roții motrice la căderea masei inerte cu transmisia cuplată în treapta IV.

(B-i) Realizările științifice, profesionale și academice

3. Modele matematice parametrice pentru simulări funcționale

3.3 Model matematic obținut cu ajutorul mediilor de simulare, privind analiza funcționării unui HT pe timpul demarajului unui autovehicul de luptă

* Modelul matematic clasic pentru HT (obținut mai înainte) a fost confirmat prin modele construite în mediile SIMSCAPE și SIMULINK. Modelele create au fost integrate în rețele energetice complexe care simulează procesul demarajului autovehiculului. Modelul furnizează date privind conlucrarea motor-HT, caracteristicile dinamice ale HT și momentul de ieșire al acestuia (momentul la turbină).

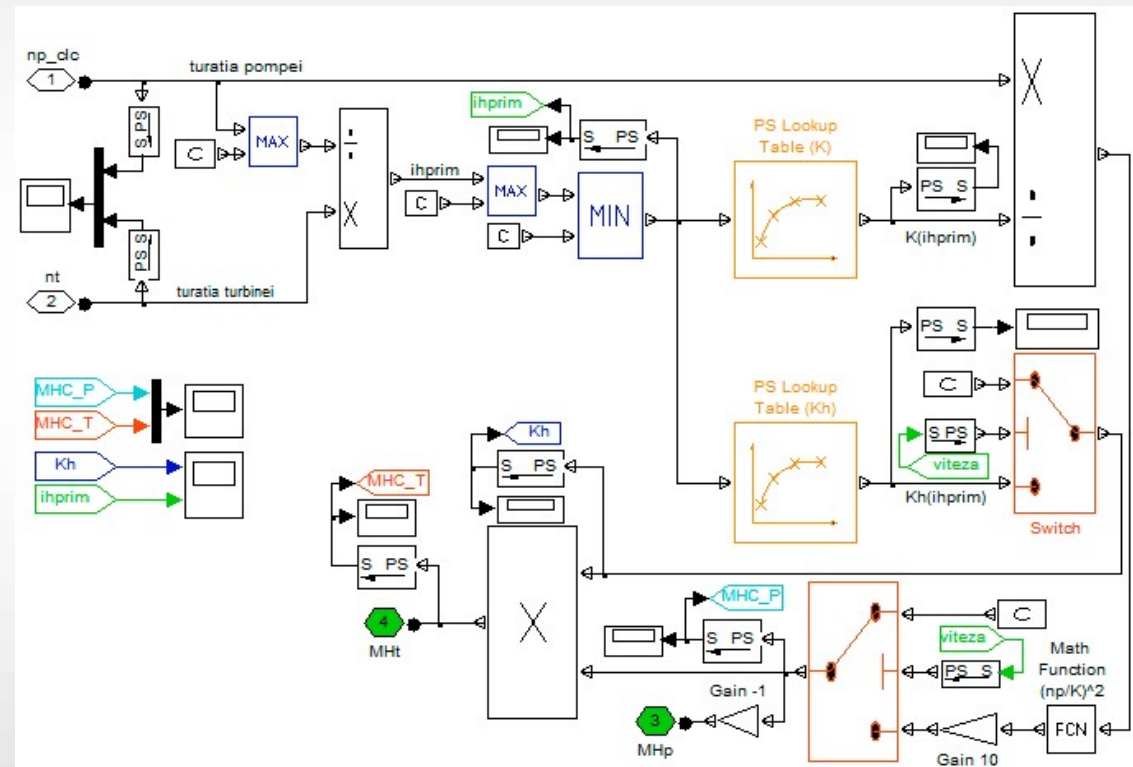


Fig. 3.18 - Modelul virtual al HT

(B-i) Realizările științifice, profesionale și academice

3. Modele matematice parametrice pentru simulări funcționale

3.3 Model matematic obținut cu ajutorul mediilor de simulare, privind analiza funcționării unui HT pe timpul demarajului unui autovehicul de luptă

- * Modelul creat a fost inserat în SIMSCAPE (fig. 3.20)
- * Folosind blocuri specializate inserate suplimentar (pentru elasticitatea arborilor, pentru evitarea anulării numitorului fracțiilor, pentru limitarea variațiilor în afara unor limite etc.) se obține modelul complet de simulare a HT (fig. 3.21).

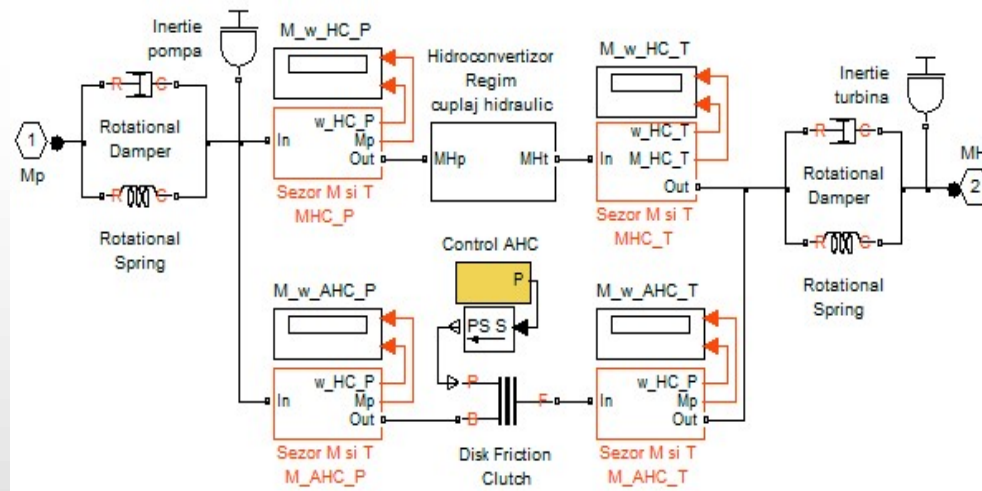


Fig. 3.21 - Modelul complet de simulare a funcționării HT

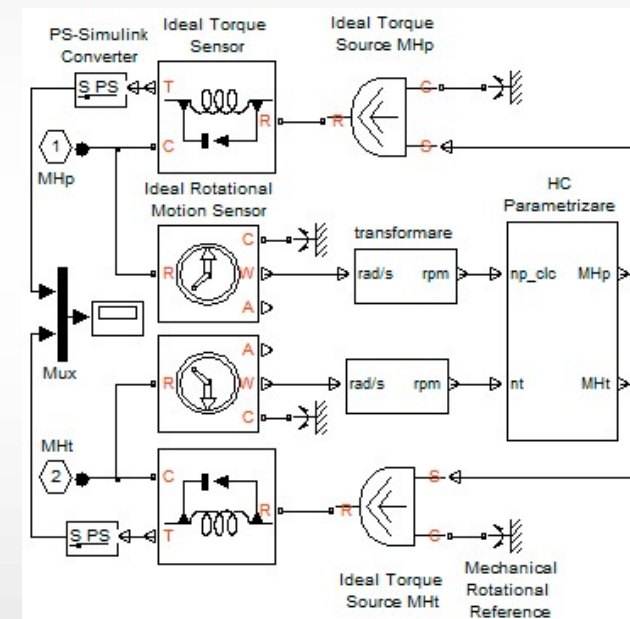


Fig. 3.20 - Inserarea modelului de simulare în SIMSCAPE

(B-i) Realizările științifice, profesionale și academice

3. Modele matematice parametrice pentru simulări funcționale

3.3 Model matematic obținut cu ajutorul mediilor de simulare, privind analiza funcționării unui HT pe timpul demarajului unui autovehicul de luptă

* Rezultate ale simulării funcționării HT

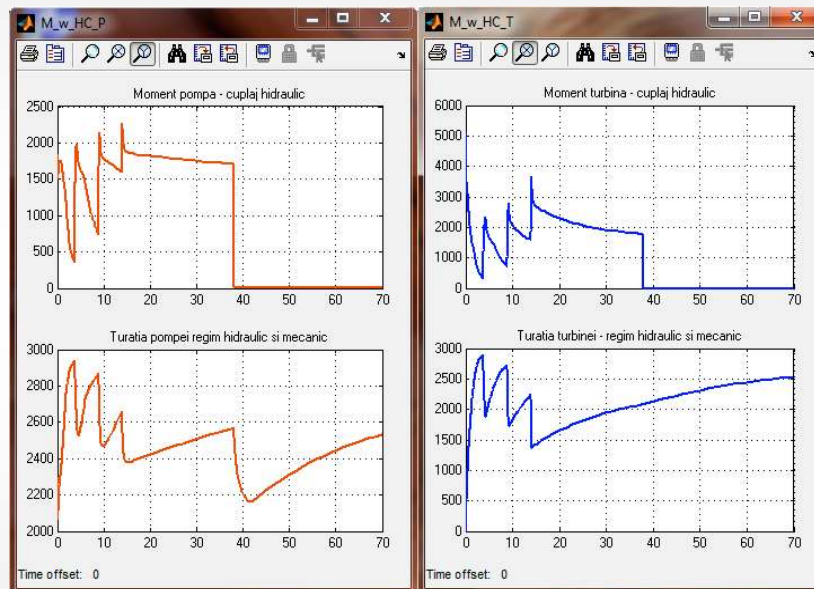


Fig. 3.22 - Evoluția momentelor și turațiilor pompei și turbinei HT în regimul hidraulic

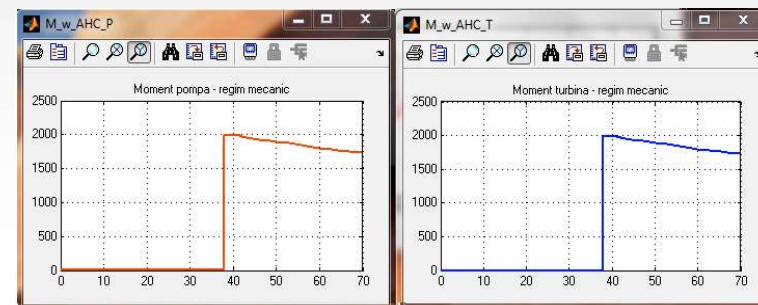


Fig. 3.23 - Evoluția momentelor și turațiilor pompei și turbinei HT în regimul mecanic (HT scurtcircuitat)

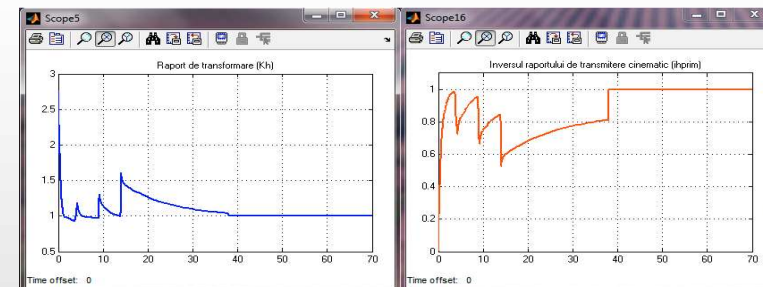


Fig. 3.24 - Evoluțiile complete ale raportului de transformare și inversului raportului de transmitere hidraulic pe perioada demarajului autovehiculului

(B-i) Realizările științifice, profesionale și academice

3. Modele matematice parametrice pentru simulări funcționale

3.3 Model matematic obținut cu ajutorul mediilor de simulare, privind analiza funcționării unei CVP din transmisia unui autovehicul de luptă

- * Construind blocuri pentru mecanismele planetare ale CVP și elementele de comandă ale acestora, și integrându-le într-un model general, se obține modelul matematic funcțional al unei CVP.
- * Modelul virtual a fost folosit pentru a depista posibilitățile de modernizare a transmisiei existente.
- * S-a constatat posibilitatea îmbunătățirii randamentului total al transmisiei prin modificarea configurației mecanismului de intrare în aceasta (mecanism de distribuție a fluxului de putere).

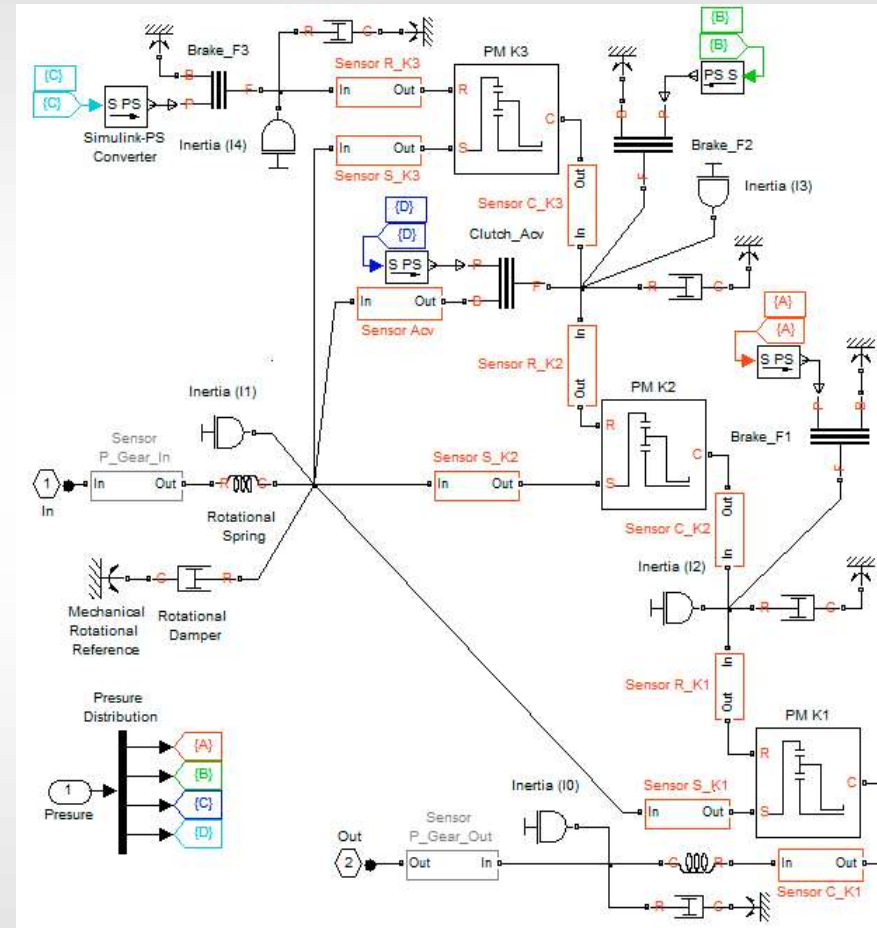


Fig. 3.25 - Modelul virtual de simulare a CVP a unui autovehicul de luptă

(B-i) Realizările științifice, profesionale și academice

3. Modele matematice parametrice pentru simulări funcționale

3.3 Model matematic obținut cu ajutorul mediilor de simulare, privind analiza funcționării unei CVP din transmisia unui autovehicul de luptă

* Prin modificarea structurală a mecanismului de distribuție (descriș cu schema nodală din fig. alăturată) se poate obține creșterea randamentului întregii transmisii

* Creșterea de randament nu este spectaculoasă (3...4%) dar pentru valori mari ale puterii transmise (peste 800 CP) aduce beneficii sesizabile performanțelor autovehiculului.

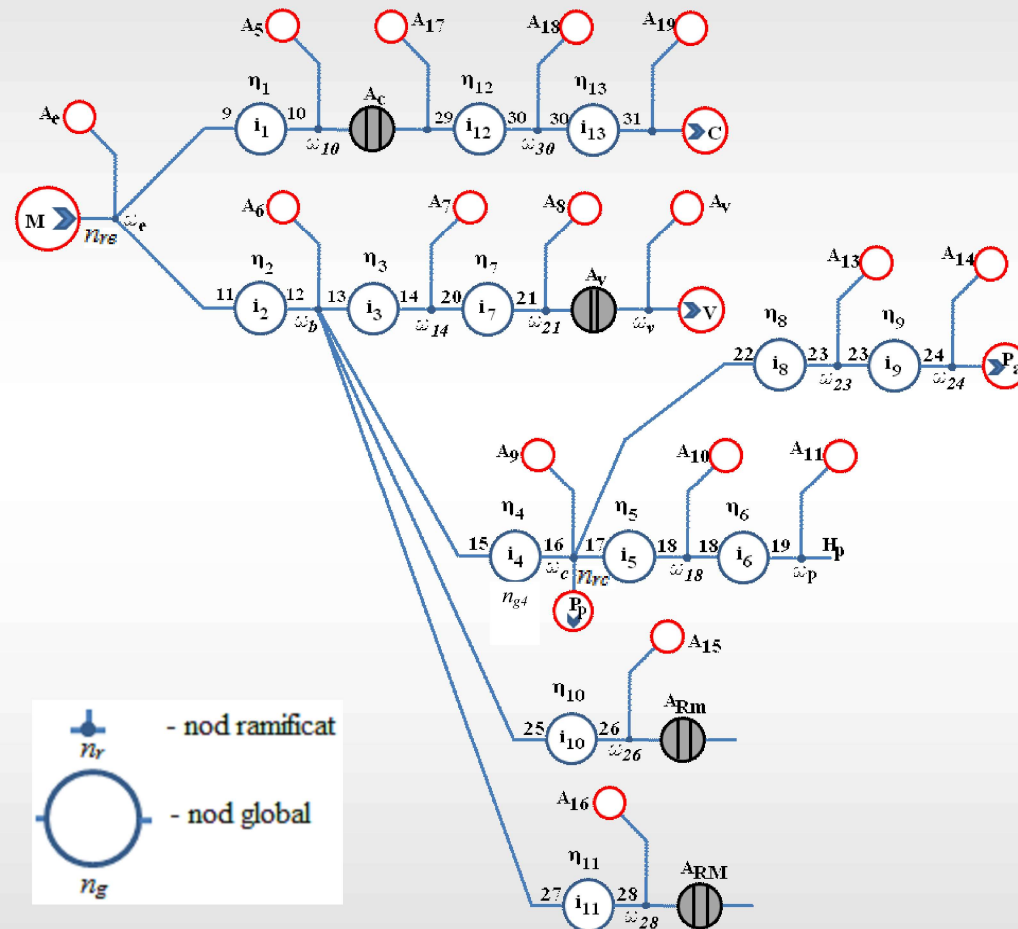


Fig. 3.33 - Schema nodală generală a mecanismului de distribuție

(B-i) Realizările științifice, profesionale și academice

3. Modele matematice parametrice pentru simulări funcționale

3.3 Model matematic obținut cu ajutorul mediilor de simulare, privind analiza funcționării unui HT pe timpul demarajului unui autovehicul de luptă

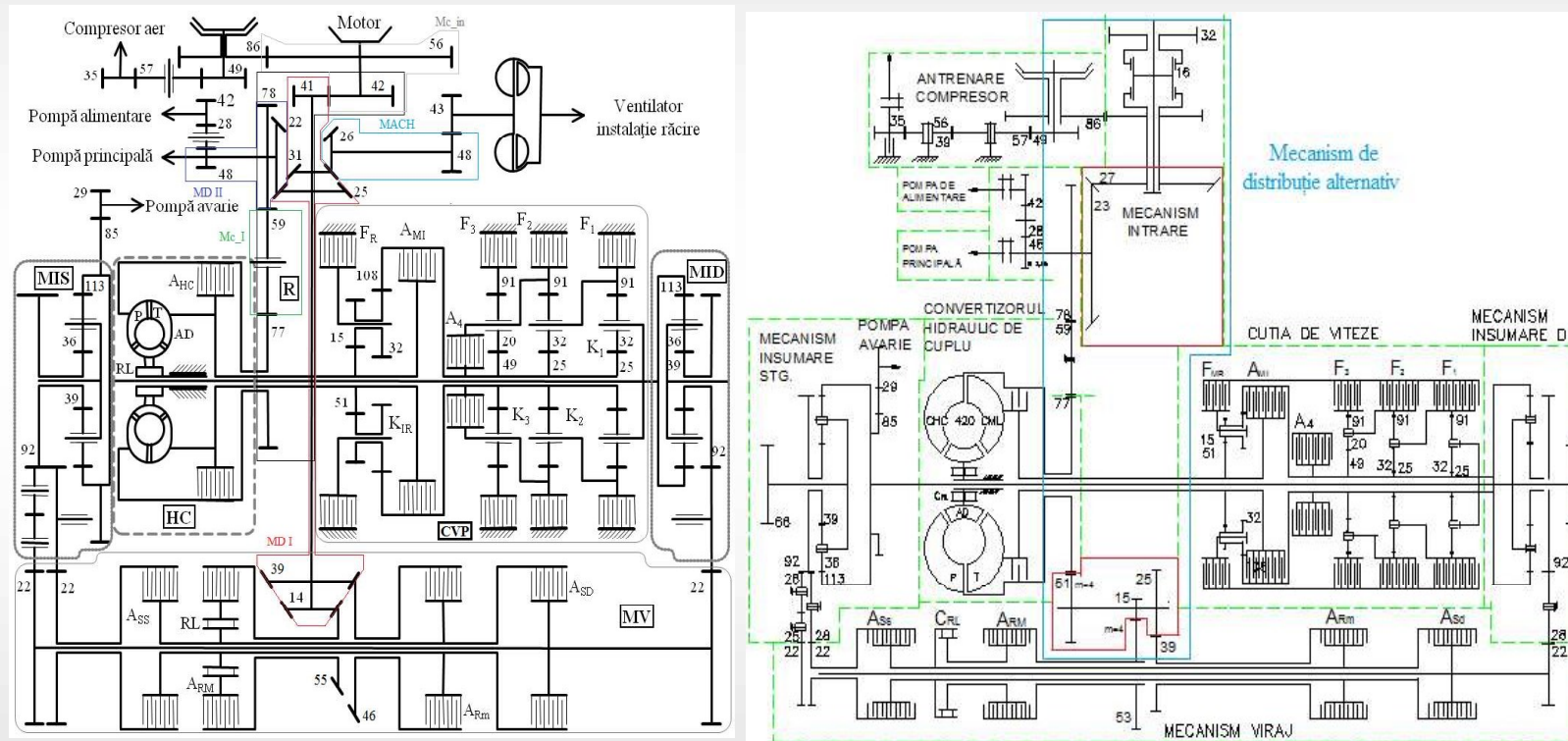


Fig. 3.32 - Transmisia in configurația inițială (stânga) și modificată (dreapta)

(B-i) Realizările științifice, profesionale și academice

3. Modele matematice parametrice pentru simulări funcționale

3.3 Model matematic obținut cu ajutorul mediilor de simulare, privind analiza funcționării unui HT pe timpul demarajului unui autovehicul de luptă

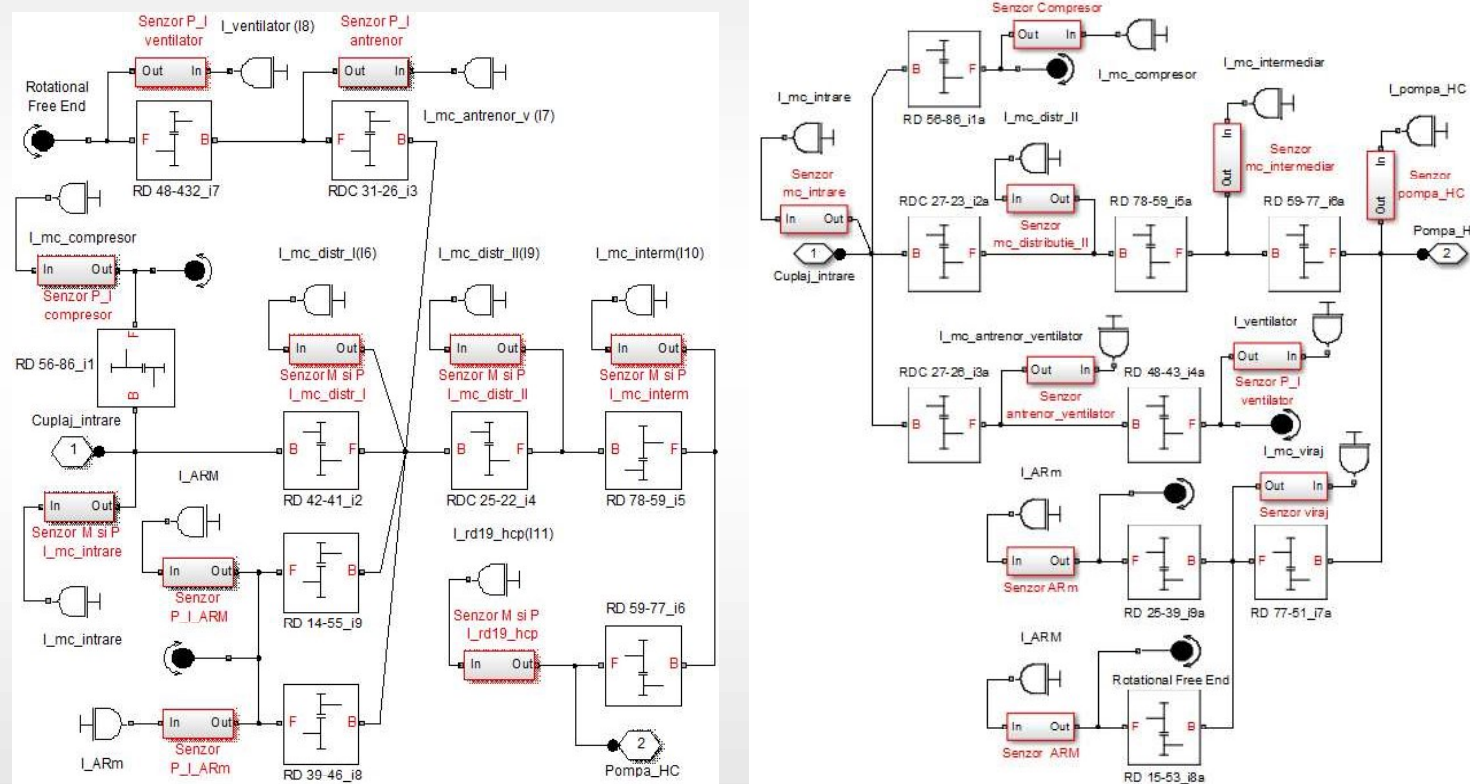


Fig. 3.35 - Modelul virtual de simulare al mecanismului de distribuție soluția existentă (stânga); soluția modificată (dreapta)

(B-i) Realizările științifice, profesionale și academice

3. Modele matematice parametrice pentru simulări funcționale

3.3 Model matematic obținut cu ajutorul mediilor de simulare, privind analiza funcționării unui HT pe timpul demarajului unui autovehicul de luptă

* În fig. de mai jos se redă o comparație grafică între performanțele de demaraj ale vehiculului în cele două variante constructive ale mecanismului de distribuție (intrare) în transmisie.

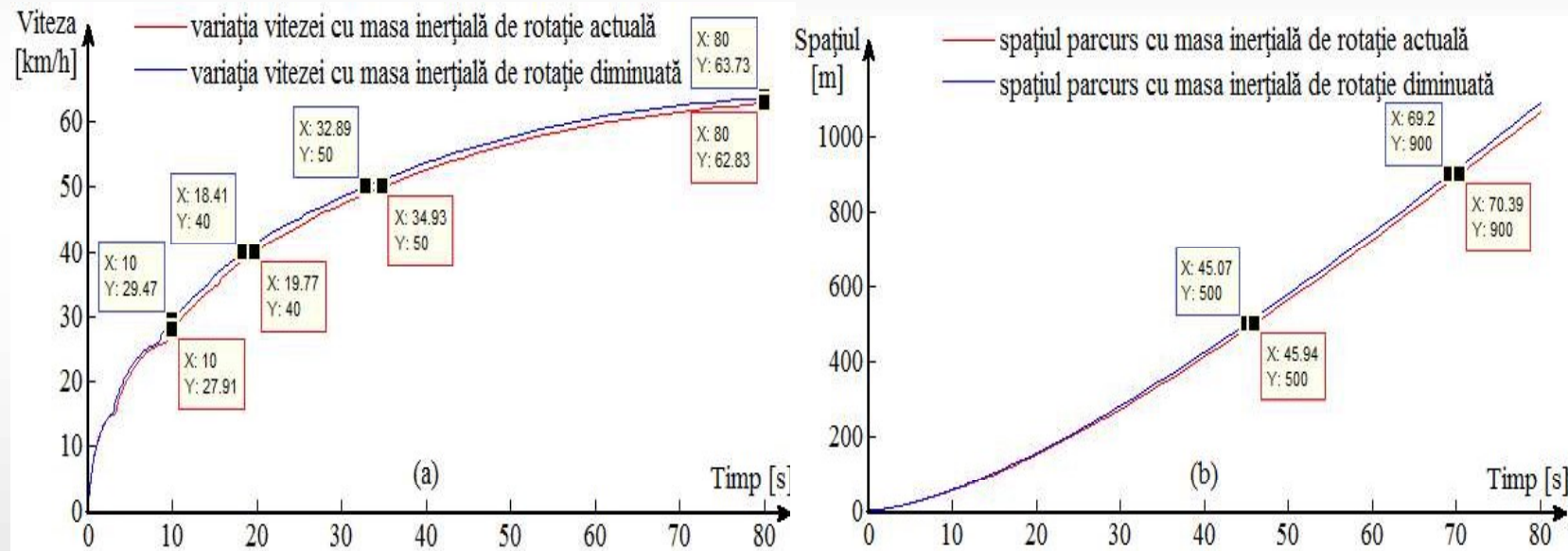


Fig. 3.35 - Comparație grafică între performanțele de demaraj soluția existentă (roșu); soluția modificată (albastru)

(B-i) Realizările științifice, profesionale și academice

4. Modele matematice neparametrice pentru analize funcționale

4.1 Grafice de recurență. Analiza de recurență a funcționării unui MAS cu injecție controlată electronic

* În scopul atingerii scopurilor urmărite am preferat parametrizarea variațiilor diferitelor mărimi măsurate.

* În general, am utilizat modelele matematice neparametrice pentru formarea unei idei generale privind evoluția și comportamentul unei mărimi sau a unui sistem. Practic, orice grafic de variație a unei (unor) mărimi măsurate ar putea fi interpretat ca un model neparametric

* Ulterior, prin identificarea sistemelor și obținerea funcțiilor de transfer am obținut modelele parametrice aferente.

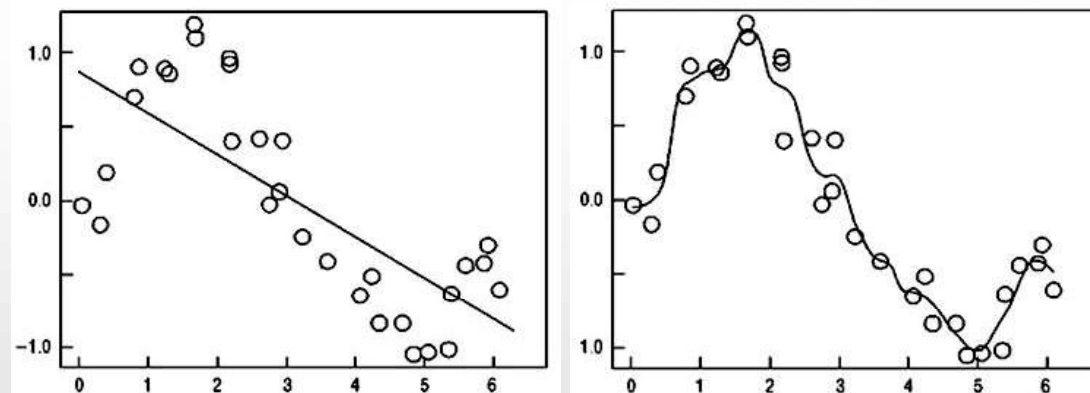


Fig. 4.1 - Model parametric vs model neparametric

(B-i) Realizările științifice, profesionale și academice

4. Modele matematice neparametrice pentru analize funcționale

4.1 Grafice de recurență.

* Considerând o serie experimentală în timp discret $x[N]$ cu N valori, spațiul m -dimensional al fazelor se obține folosind parametrul de decalare temporală τ conform relației:

$$\vec{V}_i = \sum_{k=0}^n x[i + (n-1)\tau] \cdot \vec{e}_k, \quad i = \overline{1, N}$$

în care \vec{V}_i sunt vectorii spațiului stărilor, $N = n - (m-1)\tau$ iar \vec{e}_k sunt versorii axelor vectorilor.

* Matricea (grafică) de recurență va fi o matrice pătrată cu dimensiunea $N \times N$ puncte, în care un punct este plasat la coordonatele (i, j) ori de câte ori $x(j)$ este suficient de apropiat de $x(i)$

* Elementele matricii sunt definite de $R_{jk} = H(\varepsilon - d_{jk})$ în care $d_{jk} = \|\vec{V}_j - \vec{V}_k\|$, $j, k = \overline{1, N}$ este distanța euclidiană între vectorii \vec{V}_j și \vec{V}_k , $H(x)$ este funcția treaptă unitară iar ε este intervalul-prag minim, definit ca un procent mic de la abaterea standard a seriei temporale inițiale (seria de valori măsurată).

* Punctul de plecare este ideea că o serie de timp măsurată este rezultatul interacțiunii dintre diferite variabile relevante ale unui proces dinamic. Fiecare dintre parametrii mășurați reprezintă o ieșire unidimensională a unui sistem dinamic multidimensional. Metoda deduce caracteristicile sistemului original și prezice comportamentul acestuia în viitor, având în vedere istoricul rezultatelor sale. Acesta se realizează prin analiza dinamicii semnalului în spațiul reconstruit al fazelor și oferă informații vizuale despre corelația distanței dintre două puncte de interes.

(B-i) Realizările științifice, profesionale și academice

4. Modele matematice neparametrice pentru analize funcționale

4.1 Analiza de recurență a funcționării unui MAS cu injecție controlată electronic

- * Unul din cazurile în care am utilizat modele neparametrice a fost cel în care am dorit, în cadrul unui contract de cercetare, să scoatem în evidență dinamica accentuat neliniară a funcționării unui sistem.
- * Procedeu folosit a fost cel al analizei de recurență. Aceasta este o metodă grafică ce permite localizarea unor modele comportamentale recurente ascunse, nestaționaritatea și modificările structurale.
- * A fost folosit software-ul *Visual Recurrence Analysis* (VRA). Analiza a fost aplicată funcționării unui MAI (de tip MAS) și a vizat doi parametri specifici ai acestuia: lățimea impulsului de injecție și viteza unghiulară a motorului.
- * Grafic, se obține o matrice pătrată numită matrice de recurență. Fiecare element din matricea de recurență va căpăta un pixel, alb sau negru, și va fi afișat într-o imagine digitală monocromă, numit punct de recurență. De fapt, fiecare punct de recurență este o reprezentare grafică a funcției integrale de corelație ale mărimilor analizate.
- * Interpretare: Se pot detecta cu ușurință structuri la scară micro (texturi) și macro (tipologii). Dacă semnalul de bază este complet aleatoriu nu vor exista modele identificabile. Dacă există un anumit determinism în semnal, acesta poate fi detectat printr-o distribuție caracteristică a nuanțelor. Lungimea segmentelor de linie diagonală de aceeași nuanță pe matrice poate oferi o idee despre predictibilitatea semnalului.

(B-i) Realizările științifice, profesionale și academice

4. Modele matematice neparametrice pentru analize funcționale

4.1 Analiza de recurență a funcționării unui MAS cu injecție controlată electronic

* Rezultate

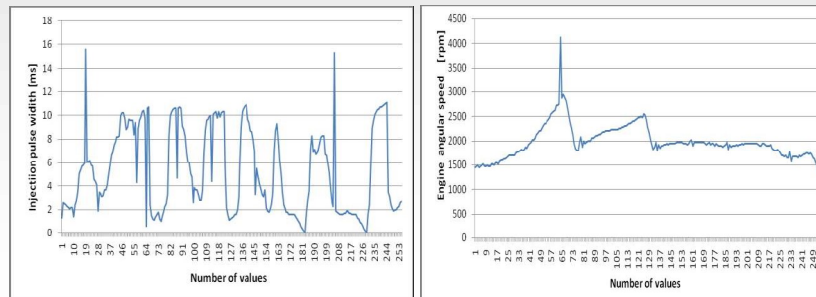


Fig. 4.2 - Semnal măsurat: lățimea impulsului injecției (stânga) și viteza unghiulară a motorului (dreapta) pentru un motor cu un parcurs de 95.000 km

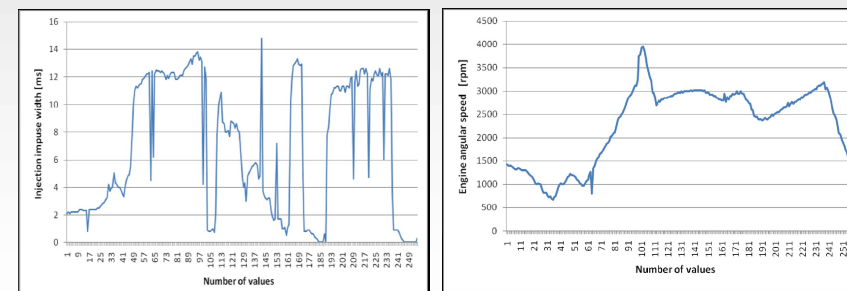


Fig. 4.4 - Semnal măsurat: lățimea impulsului injecției (stânga) și viteza unghiulară a motorului (dreapta) pentru un motor cu un parcurs de 33.000 km

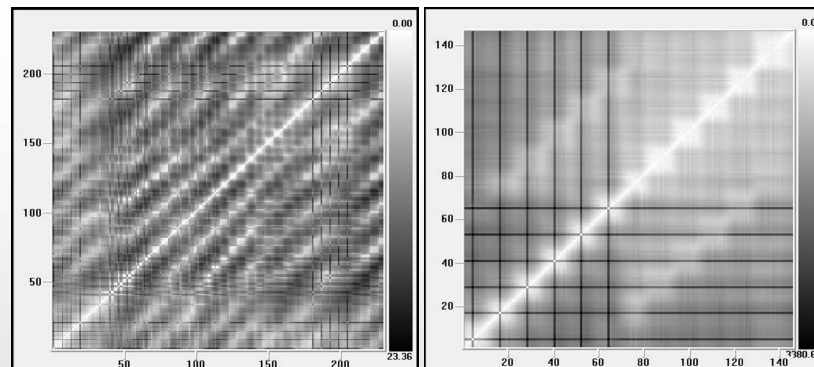


Fig. 4.3 - Matrici de recurență: lățimea impulsului injecției (stânga) și viteza unghiulară a motorului (dreapta) pentru un motor cu un parcurs de 95.000 km

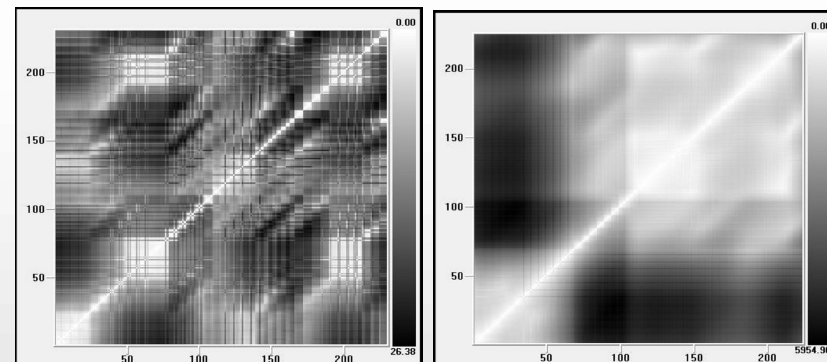


Fig. 4.5 - Matrici de recurență: lățimea impulsului injecției (stânga) și viteza unghiulară a motorului (dreapta) pentru un motor cu un parcurs de 33.000 km

(B-i) Realizările științifice, profesionale și academice

4. Modele matematice neparametrice pentru analize funcționale

4.1 Analiza de recurență a funcționării unui MAS cu injecție controlată electronic

* Interpretarea graficelor de recurență din slide-ul precedent:

- Impulsul de injecție pare a avea o variație mai deterministă decât viteza unghiulară a motorului. Natura deterministă a lățimii impulsului de injecție este confirmată de structurile observabile în graficele din partea din stânga a fig. 4.3 și 4.5
- Există câteva linii diagonale de evoluție a stărilor similare în momente diferite care o dovedesc, fapt ce denotă și un nivel suficient de predictibilitate a procesului.
- Apariția unor diagonale persistente în matricea (grafică) de recurență arată că sistemul revine periodic în aceeași stare (deci este predictibil).
- Asemănările nu mai pot fi observate în graficele de recurență ale vitezei unghiulare a motorului din dreapta figurilor 4.3 și 4.5. Unitatea electronică de control setează lățimea de injecție a impulsului pe baza unor variabile deterministe, în timp ce viteza unghiulară a motorului este influențată preponderent de variabile stohastice.
- Toate procesele analizate sunt non-staționare, nici unul dintre grafice nu prezintă omogenitate

(B-i) Realizările științifice, profesionale și academice

4. Modele matematice neparametrice pentru analize funcționale

4.2 Analiza de recurență a vibrațiilor de pe autovehiculele militare

- * În temeiul unui contract, au fost măsurate vibrațiile în diferite locuri ale unor autovehicule militare (două autovehicule, unul de transport și unul de luptă). Se vor prezenta metodele de generare a modelului neparametric folosind semnalele obținute la nivelul chiulasei motoarelor.
- * Pentru analiza influenței vibrațiilor au fost luate în discuție numai vibrațiile după axa verticală.
- * Aplicând cuantificarea DLQ (*Diagonal Lines Quantification*) se estimează periodicitatea revenirii, pe baza distanței dintre două linii diagonale consecutive:

$$dlq[n] = \frac{1}{N-n} \sum_{i=1}^{N-n} D_{i,i+n}^*$$

în care $D_{i,i+n}^* = 1 - \frac{D_{i,i+n}}{\max\{D_{i,i+n}\}}$ este complementara matricei distanțelor

- * Aplicând FFT relației de definiție a dlq se obține:

$$DLQ[k] = \left| \sum_{n=0}^{N-1} dlq[n] \cdot e^{-\frac{2\pi k n}{N}} \right|$$

(B-i) Realizările științifice, profesionale și academice

4. Modele matematice neparametrice pentru analize funcționale

4.2 Analiza de recurență a vibrațiilor de pe autovehiculele militare

* Spre exemplificare se consideră un semnal modulat în amplitudine de forma:

$$x[n] = \cos(\cos[\Omega n]) \cdot \cos(\cos[\omega n]), \quad \Omega \gg \omega$$

cu următoarele valori: $\Omega = 2\pi \cdot 100 \text{ rad/s}$ (semnal util), modulația pulsației este

$\omega = 2\pi \cdot 36 \text{ rad/s}$ (pe post de „zgomot”) iar frecvența de eșantionare $f_e = 5000 \text{ Hz}$

* La abordarea clasică, prin metoda analizei densității spectrale de putere (eficientă în cazul unui semnal lipsit de zgomote) va ieși în evidență numai banda dublă de frecvențe a semnalului modulat (fig. 4.7b) sau numai dublul frecvenței de modulare (fig. 4.7c).

* Analiza DLQ scoate ambele frecvențe în evidență (atât a semnalului util cât și a zgomotului, fig. 4.7d).

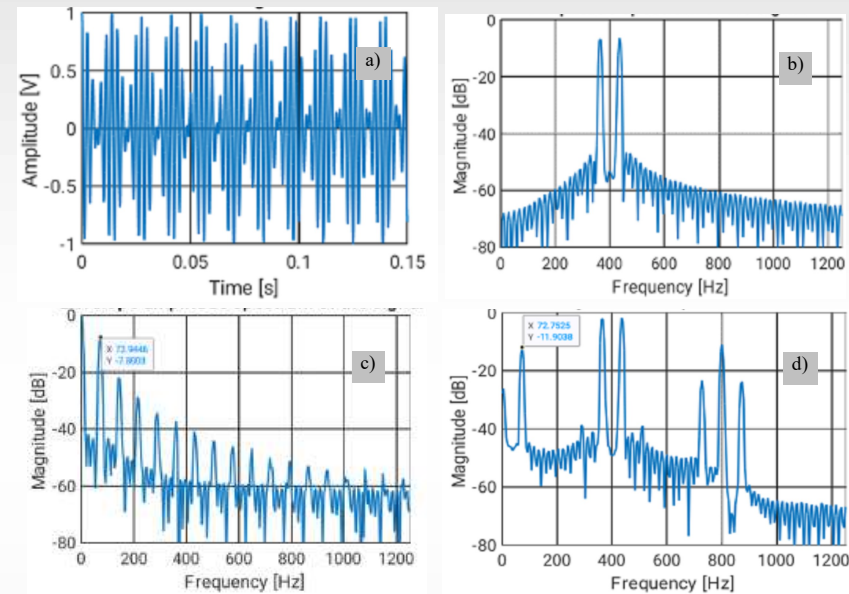


Fig. 4.7 - Semnal test căruia i-a fost aplicată analiza PSD (a densității spectrale de putere), respectiv DLQ (a cunatificării liniilor diagonale)

Analiza PSD (Power Spectral Density):

a) - forma semnalului în timp;

b) - densitatea spectrală de putere a semnalului;

c) - spectrul de amplitudine a anvelopei semnalului

Analiza DLQ:

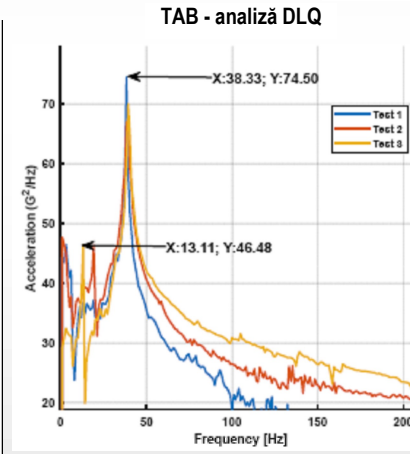
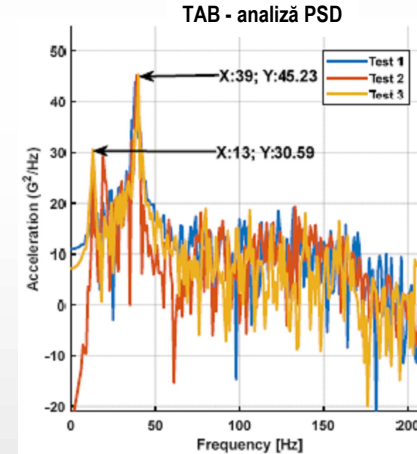
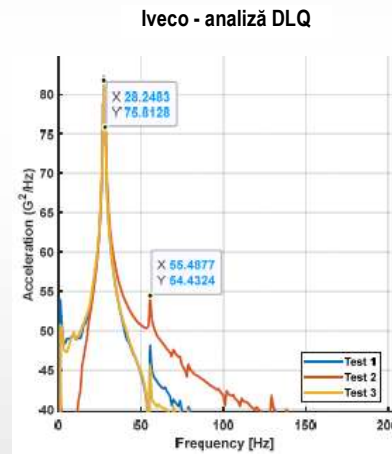
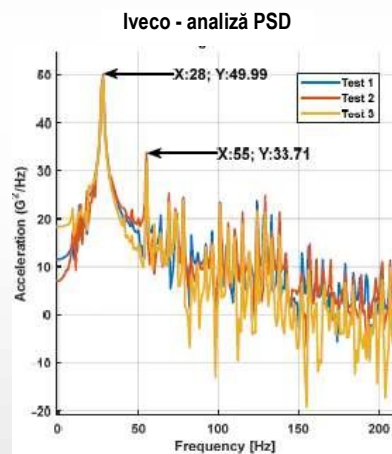
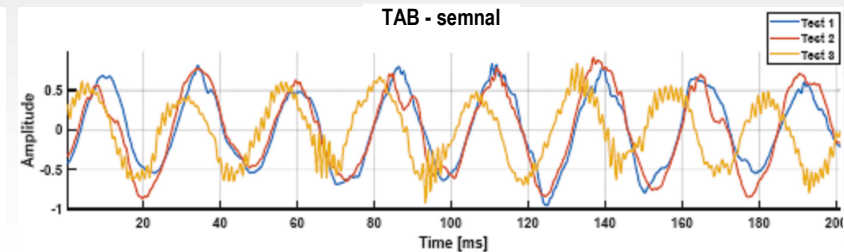
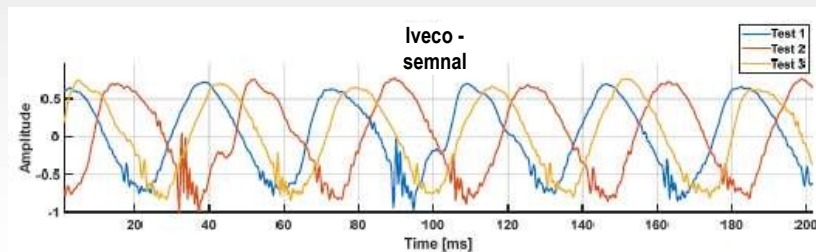
d) - rezultatele analizei cu identificarea frecvențelor proprii și de modulare

(B-i) Realizările științifice, profesionale și academice

4. Modele matematice neparametrice pentru analize funcționale

4.2 Analiza de recurență a vibrațiilor de pe autovehiculele militare

* Date măsurate, prelucrate cu PSD și cu DLQ



* Cu analiza DLQ se pot decela frecvențele pe care se disipă puteri importante. Se pot decela frecvențele corespunzătoare turației de funcționare a motorului precum și armonicile acestora (de ordinul I la autocamionul IVECO și de ordinul II la TAB-79C)

(B-i) Realizările științifice, profesionale și academice

5. Verificarea prin simulare a parametrilor funcționali ai unor organe de autovehicul aflate în producție în vederea montării pe autovehicule noi

5.1 Parametrii capacității de frânare

* S-a solicitat, prin contract, verificarea performanțelor de frânare a unui sistem existent pe un vehicul la montarea pe un alt vehicul.

* Am început prin folosirea metodelor clasice ale Dinamicii Autovehiculelor ce definesc repartitia forțelor de frânare pe punți scrise pentru aceeași aderență la întregul autovehicul:

$$\begin{cases} \frac{X_{f1}}{G_a} \left(1 - \frac{h_g}{L} \varphi \right) - \frac{X_{f2}}{G_a} \frac{h_g}{L} \varphi \leq \varphi \frac{b}{L} \cos \alpha \\ \frac{X_{f1}}{G_a} \frac{h_g}{L} \varphi + \frac{X_{f2}}{G_a} \left(1 + \frac{h_g}{L} \varphi \right) \leq \varphi \frac{a}{L} \cos \alpha \end{cases}$$

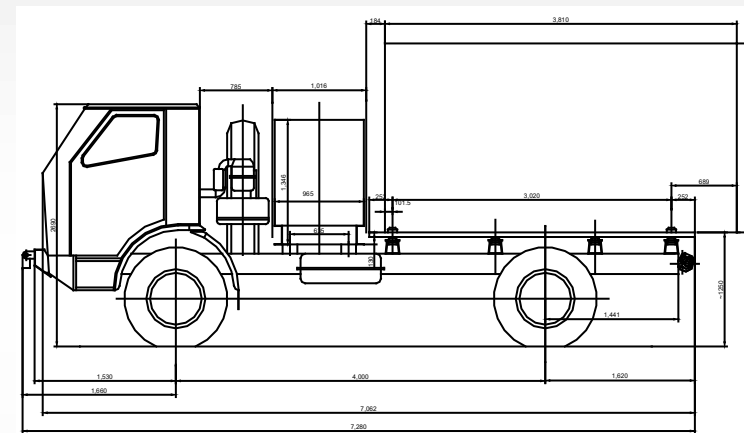


Fig. 5.1 - Autocamion AM 443 T

* Eliminând termenul aderență din sistem, se obține ecuația parabolei de repartitie ideală a forțelor de frânare:

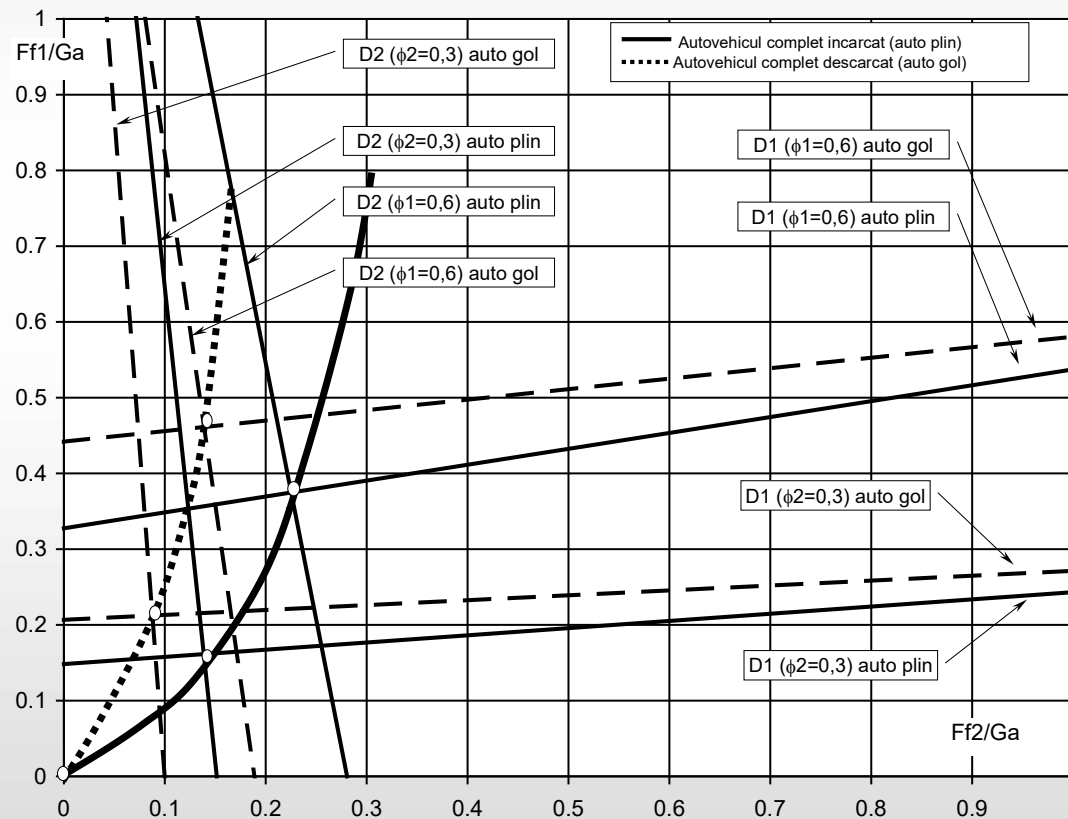
$$\left(\frac{X_{f1}}{G_a} + \frac{X_{f2}}{G_a} \right)^2 + \frac{X_{f2}}{G_a} \frac{b}{h_g} \cos \alpha - \frac{X_{f1}}{G_a} \frac{a}{h_g} \cos \alpha = 0$$

(B-i) Realizările științifice, profesionale și academice

5. Verificarea prin simulare a parametrilor funcționali ai unor organe de autovehicul aflate în producție în vederea montării pe autovehicule noi

5.1 Parametrii capacității de frânare

* Parabola a fost trasată pentru două stări de încărcare ale autocamionului (gol și complet încărcat) și pentru doi coeficienți de aderență ai căii.

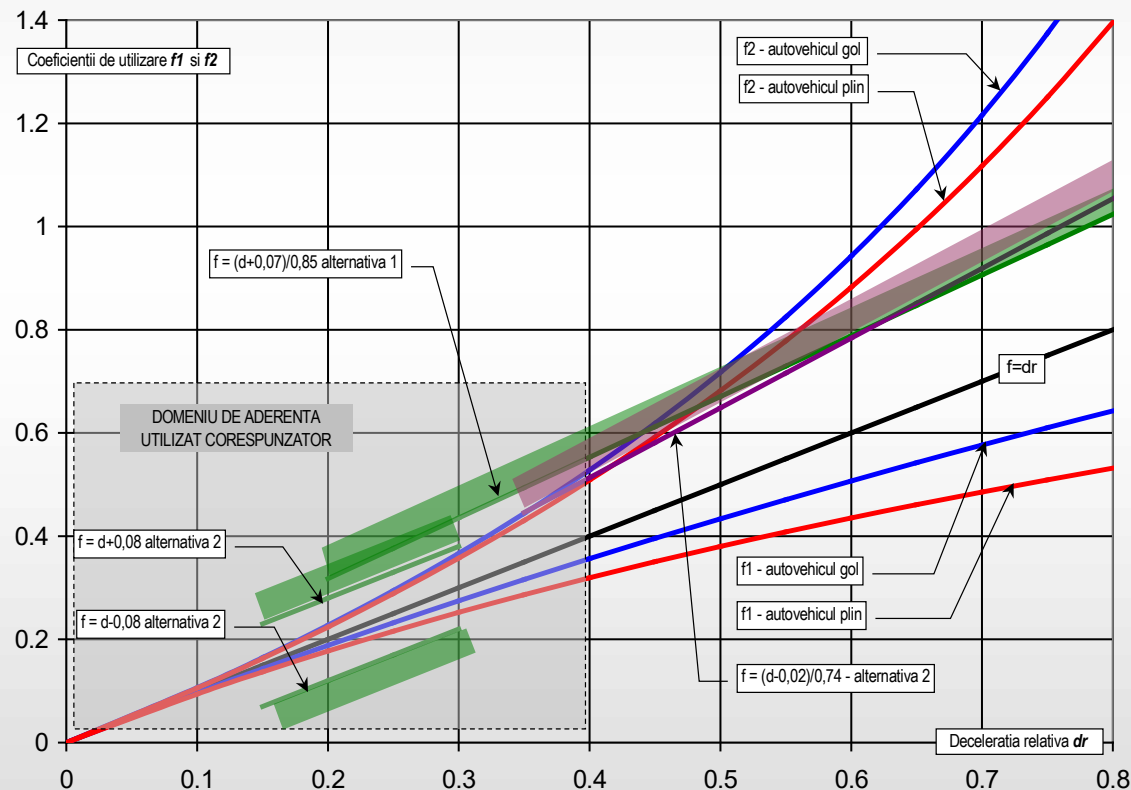


(B-i) Realizările științifice, profesionale și academice

5. Verificarea prin simulare a parametrilor funcționali ai unor organe de autovehicul aflate în producție în vederea montării pe autovehicule noi

5.2 Repartizarea forței de frânare la autovehiculul solo

* S-au determinat coeficienții de utilizare a aderenței $f_1 = \frac{F_{f1}}{Z_1 + G_a \frac{h_g}{L} d_r}$ și $f_2 = \frac{F_{f2}}{Z_2 - G_a \frac{h_g}{L} d_r}$



* Autocamionul utilizează judicios aderența și frânează corespunzător coeficienților de utilizare a aderenței numai în domeniul de aderență cuprins între 0,0 și 0,4. După $\varphi = 0,4$ curbele coeficienților de utilizare a aderenței ies din ecartul prevăzut atât de alternativa 1 cât și din cel prevăzut pentru alternativa 2 (R13ECE-ONU) în ceea ce privește puntea față. Prin urmare, puntea față nu va frâna eficient.

(B-i) Realizările științifice, profesionale și academice

5. Verificarea prin simulare a parametrilor funcționali ai unor organe de autovehicul aflate în producție în vederea montării pe autovehicule noi

5.2 Verificarea mecanică și termică a frânelor față

* Au fost studiate încărcările tamburilor de frână folosind MEF la acțiunea maximă frânelor

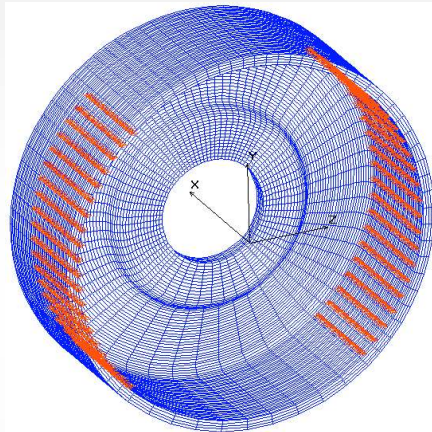


Fig. 5.16 - Modelul tamburului în MEF (discretizare și încărcare mecanică)

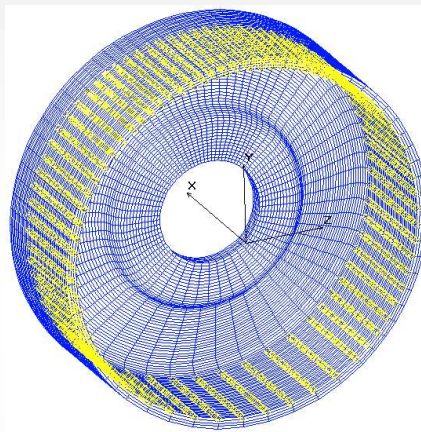


Fig. 5.20 - Distribuția câmpului termic ($t_f=150^{\circ}\text{C}$) generat la frânarea intensă

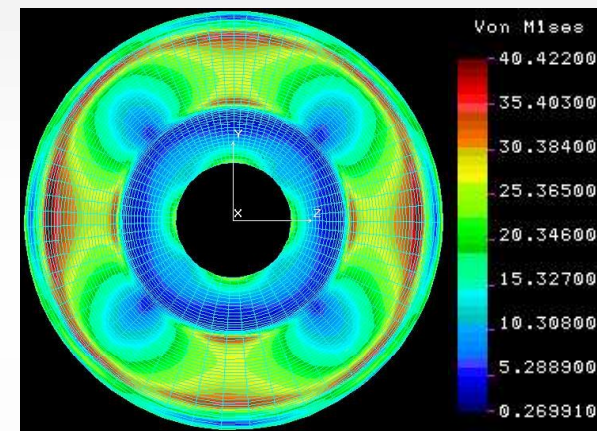


Fig. 5.17 - Tensiunile von Mises [N/mm^2] la aplicarea forței maxime de frânare

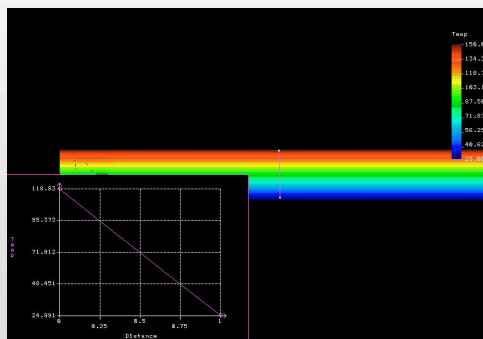


Fig. 5.21 - Variația temperaturii în peretele tamburului ($t_f=150^{\circ}\text{C}$, $t_e=25^{\circ}\text{C}$)

* Sistemul de frânare propus de constructor nu răspunde cerințelor dinamice impuse R13ECE-ONU și nu poate fi implementat pe noul produs

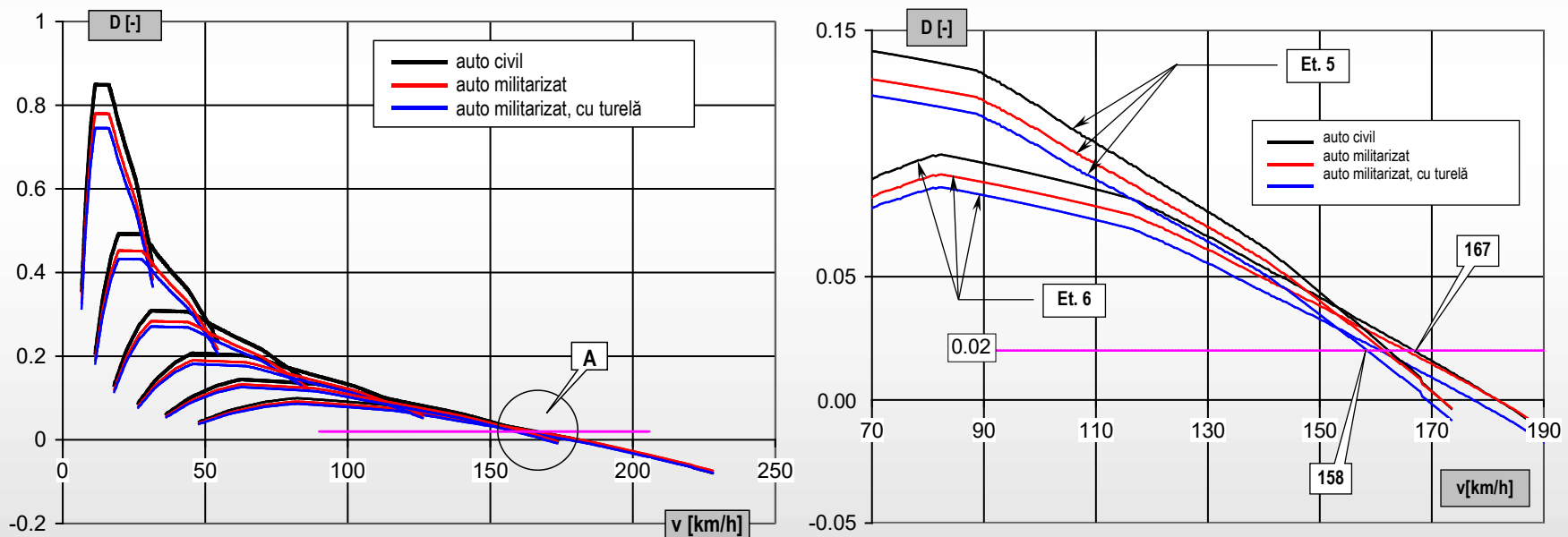
* Frânele de roată ale sistemului depășesc limitele admise de încărcare mecanică și termică

(B-i) Realizările științifice, profesionale și academice

6. Simularea dinamicii longitudinale și determinarea performanțelor autoturismului Dacia Duster în varianta militarizată

* În urma propunerii de militarizare a autoturismului Dacia Duster, MAPN a cerut un studiu de determinare a măsurii în care performanțele noilor produse se reduc ca urmare a blindării vehiculului (varianta militarizată simplu) și a montării unei turele (varianta militarizată cu turelă)

* În urma rezultatelor obținute cu metodele clasice de calcul, MAPN a constatat că dinamica vehiculului se reduce într-un mod care nu satisface cerințele din caietul de sarcini.



* Datele determinate prin calcul au fost confirmate și pe cale experimentală.

(B-i) Realizările științifice, profesionale și academice

7. Sistem de observare video pentru autovehicule de luptă

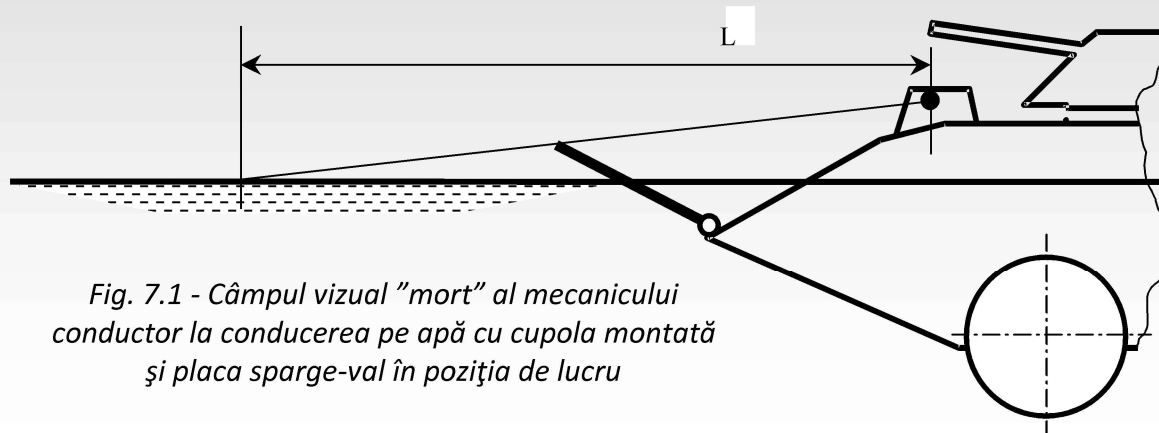


Fig. 7.1 - Câmpul vizual "mort" al mecanicului conductor la conducerea pe apă cu cupola montată și placa sparge-val în poziția de lucru

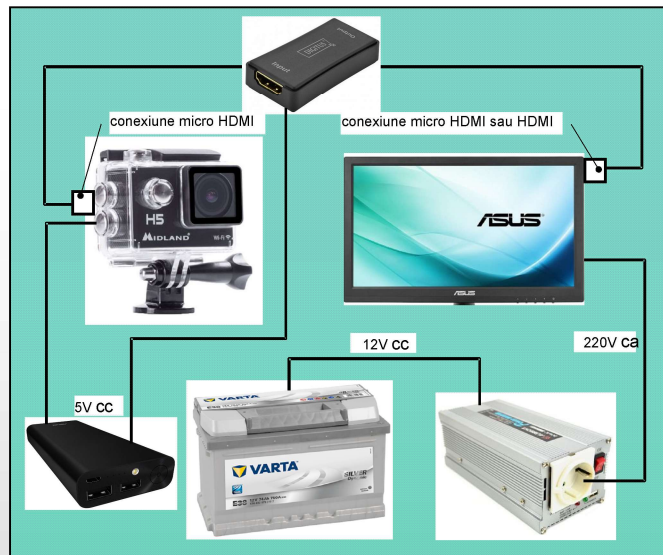


Fig. 7.2 - Sistem video cu cameră "sport" și monitor HD



Fig. 7.3 - Sistem video cu cameră web și tabletă

(B-i) Realizările științifice, profesionale și academice

7. Sistem de observare video pentru autovehicule de luptă

* Beneficiarul a optat pentru acest sistem pentru avantajele introduse din perspectiva lui:

- are componente procurabile "off-the-shelf", cu prețuri reduse și performanțe ridicate
- prin utilizarea unui DVR se pot obține imagini IR și se pot monta mai multe camere (spre exemplu, pentru mersul înapoi) prin introducerea unui switch în rețea.
- prin utilizarea unei camere cu IP legată la un computer (laptop) și folosind un sistem tip buetooth sau wi-fi, se poate stabili legătura video între mașinile de luptă precum și între acestea și centrul de comandă pe timpul pregătirii personalului.



Fig. 7.2 - Sistem video cu cameră de supraveghere și monitor HD

(B-ii) Plan de dezvoltare a carierei

* Consider că o carieră universitară trebuie dezvoltată pe cel puțin trei direcții principale:

1. Activitatea didactică
2. Activitatea de cercetare științifică (teoretică și experimentală)
3. Activitatea de colaborare instituțională din țară și străinătate

1. Direcții de dezvoltare a activității didactice și profesionale

* Am o vechime de 33 de ani în calitate de cadru didactic universitar. Sper că experiența acumulată îmi permite să formulez un punct de vedere coerent și bine argumentat în privința configurației unei cariere profesionale care să conducă, pe de o parte, la o înaltă calitate a procesului de învățământ și de pregătire profesională a viitorilor specialiști în domeniu iar, pe de altă parte, la satisfacții profesionale personale.

* Direcții de acțiune:

- continuarea implicării în activitățile de asigurare a calității învățământului în cadrul departamentului în care activez;
- continuarea coordonării programului de studii universitare de master "*Echipamente și Tehnologii în Ingineria Autovehiculelor*", actualizarea și modernizarea permanentă a planului de învățământ aferent programului;
- îmbunătățirea bazei materiale și dezvoltarea laboratoarelor de specialitate din domeniul autovehiculelor militare;

(B-ii) Plan de dezvoltare a carierei

1. Direcții de dezvoltare a activității didactice și profesionale

* Direcții de acțiune:

- desfășurarea orelor, oricare ar fi natura acestora, prin metode pronunțat interactive, care să atraga participativ studenții în procesul educațional
- creșterea ponderii învățământului digital, acolo unde este posibil, prin remodelarea structurală a conținutului cunoștințelor transferate dar și a metodologiei de transfer;
- elaborarea criteriilor de evaluare a studenților pornind de la obiectivele ce trebuie atinse în procesul educațional;
- elaborarea de materiale didactice care să faciliteze procesul de însușire a cunoștințelor;
- modernizarea procesului didactic prin intensificarea utilizării metodelor avansate de predare;
- atragerea studenților în emiterea unor sugestii critice atât asupra conținutului materiilor predate cât și în privința metodei pe care o folosesc;
- crearea unui spațiu virtual în care studenții să poată intra activ cu propuneri și sugestii de îmbunătățire a materialului didactic sau a actului educațional în ansamblu (de tip „căsuță poștală” sau „condică de sugestii și reclamații”).

(B-ii) Plan de dezvoltare a carierei

1. Direcții de dezvoltare a activității didactice și profesionale

* Direcții de acțiune:

- axarea mult mai intensă a pregătirii universitare ingineresti pe activități practice, care să fructifice (pe de o parte) și să justifice (pe de altă parte) modulele de pregătire pur teoretică;
- atragerea studenților în activitățile de cerc tehnico-aplicativ, care să abordeze proiecte cu finalizare practică
- stimularea participării studenților la concursuri profesionale interne și internaționale;
- promovarea pe poziția de profesor universitar în cadrul Departamentului de Autovehicule Militare și Transporturi din Academia Tehnică Militară;

(B-ii) Plan de dezvoltare a carierei

2. Direcții de dezvoltare a activității de cercetare științifică

* Am în vedere ca activitatea științifică din perioada următoare să continue dezvoltarea temelor generale pe care le-am abordat în perioada de la dobândirea calității de doctor-inginer dar și să abordeze tematici noi, de care am devenit interesat ulterior.

* Direcții de acțiune și de interes:

- cercetări care să permită dezvoltarea metodelor de analiză și diagnoză a stării tehnice prin procesarea semnalelor traductorilor montați în organele autovehiculelor militare;
- elaborarea de modele matematice de referință pentru sistemele autovehiculelor, pe baza datelor experimentale obținute prin serii vaste de testare.
- creșterea ponderii activității de modelare-simulare a diferitelor organe sau agregate ale autovehiculelor; voi urmări, însă, ca absolut toate modelele matematice să fie verificate pe cale experimentală (așa cum procedez la temele de proiect de disertație cu caracter aplicativ pe care le conduc).
- crearea de echipe mixte de cercetare, formate din cadre universitare, cercetători științifici și studenți (de la toate nivelurile: licență, master, doctorat) care, pe baza unor contracte încheiate cu diferiți beneficiari, să răspundă nevoilor directe ale acestora.

* Direcții de acțiune și de interes în activitatea de coordonare a [doctoranzilor](#):

- implicarea doctoranzilor în cercetarea științifică teoretică și, în aceeași măsură, orientarea acestora către cea tehnico-aplicativă în sensul găsirii soluțiilor tehnice ale problemelor abordate teoretic;

(B-ii) Plan de dezvoltare a carierei

2. Direcții de dezvoltare a activității de cercetare științifică

- * Direcții de acțiune și de interes în activitatea de coordonare a **doctoranzilor**:
 - stimularea doctoranzilor în sensul găsirii unor soluții ale problemelor abordate care să permită brevetarea rezultatelor cercetării lor;
 - participarea la apeluri de proiecte de cercetare științifică și educațională la toate nivelurile, inclusiv la nivel activitate doctorală.
- * Diseminarea rezultatelor cercetării:
 - publicarea de lucrări științifice în reviste cotate sau indexate Web of Science, sau BDI recunoscute CNATDCU, precum și în cadrul unor conferințe științifice naționale și internaționale care să conțină rezultatele muncii de cercetare;
 - brevetarea rezultatelor celor mai valoroase ale cercetării (dacă fac obiectul unor brevete de invenție)
 - publicarea de manuale și de cărți de specialitate în domeniul ingineriei autovehiculelor care să concretizeze/sintetizeze rezultatele activității de cercetare.
 - participarea la târguri și expoziții de profil, naționale sau internaționale, cu produse care să reflecte rezultatele muncii de cercetare, desfășurate.

(B-ii) Plan de dezvoltare a carierei

3. Direcții de impulsione a colaborării instituționale din țară și străinătate

- * Organizarea unei colaborări științifice între cadrele didactice universitare cu preocupări similare, atât la nivel național cât și la nivel internațional.
- * Continuarea procesului, început cu mulți ani în urmă, de a dezvolta cât mai bune conexiuni între instituțiile beneficiare ale absolvenților profilului nostru.
- * Menținerea legăturilor deja existente dar și inițierea unor legături care să permită formarea unor noi relații cu structuri educaționale, civile sau militare, de nivel superior ale țărilor membre NATO și UE;
- * Sprijinirea legăturilor între universități, atât la nivel de studenți cât și la nivel de cadre didactice; activitățile vor trebui încurajate atât cu universitățile civile cât și cu cele militare.
- * Organizarea de activități științifice comune cu alte instituții de învățământ superior, precum Conferința Internațională a Studenților “CERC” dar și de activități de tipul conferințelor sau congreselor internaționale.
- * Încurajarea participării studenților, de la toate nivelurile, în activități de învățământ cu programe comune, interne și internaționale
- * Încurajarea organizării activităților de pregătire doctorală în cotutelă, atât la nivel național cât și internațional.

Vă mulţumesc pentru atenţie !

