

# **CONTROLUL VIBRAȚIILOR UTILIZÂND MATERIALE COMPOZITE MAGNETO- REOLOGICE**

Teză destinată obținerii  
titlului științific de doctor la  
Universitatea "Politehnica" din Timișoara  
în domeniul INGINERIE MECANICĂ  
de către

**fiz. Alexandru BOLTOȘI**

Conducător științific:

Prof.dr.ing. Liviu Brîndeu †

Prof.dr.ing. Titus Cioară †

Prof.dr.ing. Liviu Bereteu

Referenți științifici:

Prof. dr. fiz. **IOAN BICA**

Conf. dr. ing. **TIBERIU VESSELENYI**

Prof. dr. ing. **ADRIAN CHIRIAC**

Ziua susținerii tezei: 16.07.2010

Seriile Teze de doctorat ale UPT sunt:

- |                        |                                             |
|------------------------|---------------------------------------------|
| 1. Automatică          | 7. Inginerie Electronică și Telecomunicații |
| 2. Chimie              | 8. Inginerie Industrială                    |
| 3. Energetică          | 9. Inginerie Mecanică                       |
| 4. Ingineria Chimică   | 10. Știința Calculatoarelor                 |
| 5. Inginerie Civilă    | 11. Știința și Ingineria Materialelor       |
| 6. Inginerie Electrică | 12. Ingineria sistemelor                    |

Universitatea „Politehnica” din Timișoara a inițiat seriile de mai sus în scopul diseminării expertizei, cunoștințelor și rezultatelor cercetărilor întreprinse în cadrul școlii doctorale a universității. Seriile conțin, potrivit H.B.Ex.S Nr. 14 / 14.07.2006, tezele de doctorat susținute în universitate începând cu 1 octombrie 2006.

Copyright © Editura Politehnica – Timișoara, 2010

Această publicație este supusă prevederilor legii dreptului de autor. Multiplicarea acestei publicații, în mod integral sau în parte, traducerea, tipărirea, reutilizarea ilustrațiilor, expunerea, radiodifuzarea, reproducerea pe microfilme sau în orice altă formă este permisă numai cu respectarea prevederilor Legii române a dreptului de autor în vigoare și permisiunea pentru utilizare obținută în scris din partea Universității „Politehnica” din Timișoara. Toate încălcările acestor drepturi vor fi penalizate potrivit Legii române a drepturilor de autor.

România, 300159 Timișoara, Bd. Republicii 9,  
tel. 0256 403823, fax. 0256 403221  
e-mail: editura@edipol.upt.ro

## Cuvânt înainte

Teza de doctorat cu tema „CONTROLUL VIBRAȚIILOR UTILIZÂND MATERIALE COMPOZITE MAGNETO-REOLOGICE”, a fost elaborată pe parcursul activității mele în cadrul Facultății de Mecanică, catedra de Mecanică și Vibrații, a Universității „Politehnica” din Timișoara.

Lucrarea a pus accentul pe aplicațiile compozitelor magnetoreologice în mecanică și în special pe utilizarea fluidelor magnetoreologice în realizarea de dispozitive semi-active de reducere a vibrațiilor. Controlul vibrațiilor este un domeniu cu numeroase aplicații remarcabile.

Am încercat să găsesc soluții originale dar simple și viabile pentru efectuarea de experimente începând de la standul experimental până la realizarea de dispozitive cu fluide magnetoreologice. Sper că acest demers va fi util celor care sunt interesați de acest domeniu.

~ ~ ~

***În încheiere aș dori și pe această cale să aduc cele mai calde mulțumiri conducătorului științific Prof.dr.ing. Liviu Bereteu pentru că m-a susținut în finalizarea tezei.***

***Totodată vreau să-mi exprim recunoștința față de regretații profesori, DR.ING. LIVIU BRÎNDEU cu care am început elaborarea acestei teze și DR.ING.TITUS CIOARĂ, pentru sprijinul substanțial, de un înalt profesionalism, pentru încurajări și interesul constant manifestat în timpul pregătirii mele.***

***De asemenea, mulțumesc distinșilor profesori, colegilor și personalului auxiliar din catedra de „Mecanică și Vibrații” a facultății de Mecanică-Timișoara, precum și a celor din facultatea de Fizică a Universității de Vest-Timișoara, în special D-lui dr.fiz. IOAN BICA, care m-au ajutat și susținut pe parcursul activității mele.***

***Sunt profund recunoscător D-lui dr.ing. TIBERIU VESSELENYI de la Universitatea din Oradea pentru rabdarea și altruismul sau și de la care am învățat multe lucruri despre modelari.***

***Nu pot să nu amintesc aici și despre D-nul dr.fiz. IOAN GROZESCU de la Institutul de Cercetare al Materiei Condensate din Timișoara care m-a sprijinit ani de zile în materializarea ideilor mai deosebite și care în final au fost valorificate în brevete de invenții și articole publicate.***

***Mulțumesc sincer tuturor prietenilor și familiei pentru încrederea și sprijinul moral acordat, pentru ducerea la bun sfârșit a acestei lucrări.***

***Dedic această lucrare celor dragi.***

Timișoara iulie 2010

Alexandru BOLTOȘI

**Alexandru BOLTOȘI**

*CONTROLUL VIBRAȚIILOR UTILIZÂND MATERIALE COMPOZITE  
MAGNETOREOLOGICE*

Teze de doctorat ale UPT, Seria 9, Nr. 80, Editura Politehnica, 2010, extinsă pe 160 pagini cuprinde: 98 ecuații matematice, 72 figuri ilustrative și grafice, 2 tabele, 2 anexe, 133 titluri bibliografice.

ISSN 1842-4937  
ISBN 978-606-554-137-5

*Cuvinte cheie:* fluid magnetoreologic, amortizoare semi-active cu MRF, pendul Charpy

*Rezumat,*

Teza de doctorat cu titlul „Controlul vibrațiilor utilizând materiale compozite magnetoreologice” face un studiu cu accentul pus pe amortizoarele cu fluid magnetoreologic. Au fost prezentate pe larg tipurile constructive iar în cazul amortizoarelor cu MRF cu circuit extern au fost explicate soluțiile originale adoptate de autor. Realizarea modulară și folosirea de subansamble industriale din alte domenii duc la scurtarea timpului de execuție, la creșterea fiabilității sistemului și la un preț foarte scăzut. Se prezintă realizarea a diferite acumulatori cu gaz sub presiune care pe lângă rolul lor clasic dispun de facilități de reglaj care pot modifica în limite largi caracteristicile amortizorului. Sunt prezentate și soluțiile originale aplicate în realizarea circuitului de by-pass. Experimentele și măsurătorile s-au efectuat pe un stand realizat prin modificarea unui pendul Charpy. Aici s-a pus accentul pe realizarea de accesorii care să permită studiarea amortizoarelor de diferite gabarite și forțe. S-a pus în evidență un fenomen nemenționat în literatură care permite autotestarea unui amortizor semi-activ cu MRF montat pe un autoturism dotat cu calculator de bord. În continuare sunt prezentate cele două modele realizate în MATLAB și o animație referitoare la mișcările ansamblului amortizor-pendul pentru valoarea minimă și maximă a coeficientului de amortizare.

# CUPRINS

<b>CUVÂNT ÎNAINTE</b>	3
<b>CUPRINS</b>	5
<b>CAPITOLUL 1</b>	
INTRODUCERE	
1.1.INTRODUCERE ÎN PROBLEMATICA TEZEI	7
1.2.SCOPUL ȘI OBIECTIVELE TEZEI	7
1.3.ORGANIZAREA TEZEI	8
<b>CAPITOLUL 2</b>	
MATERIALE MAGNETO REOLOGICE (MR). PROPRIETĂȚI ȘI MODELĂRI	
2.1. GENERALITĂȚI	9
2.2. TEHNOLOGIA DE OBTINERE A MRF	10
2.3. PROPRIETĂȚI ALE MRF	11
2.4. MODELE REOLOGICE PENTRU ELEMENTE MR	16
2.5. MODELE REOLOGICE ALE ELEMENTELOR DISIPATIVE MR	18
2.5.1 MODELUL REOLOGIC NEWTON	18
2.5.2 MODELUL REOLOGIC BINGHAM	18
2.5.3 MODELUL REOLOGIC BOUC-WEN	23
2.5.4 MODELUL REOLOGIC OH-ONODA	24
2.5.5 MODELUL REOLOGIC CHOI	25
2.6.ELASTOMERI MAGNETOREOLOGICI (MRE)	26
2.6.1.INTRODUCRE	26
2.6.2.OBTINEREA MRE	26
2.6.3.DISPOZITIVE MRE	27
2.7.CONCLUZII PARȚIALE	28
<b>CAPITOLUL 3</b>	
TESTAREA AMORTIZOARELOR CU MRF	
3.1.STAND PENDULAR PENTRU TESTAREA AMORTIZOARELOR CU MRF	30
3.2.MODELUL DINAMIC AL SISTEMULUI PENDULAR	31
3.3.SIMULAREA NUMERICĂ A MODELULUI DINAMIC	37
3.4.TESTE EXPERIMENTALE	45
3.5.CONCLUZII PARȚIALE	47

<b>CAPITOLUL 4</b>	
DISPOZITIVE AMORTIZOARE MR. APLICAȚII	
4.1. DISPOZITIVE PASIVE	48
4.1.1. DISPOZITIVE AMORTIZOARE HIDRAULICE LINEARE CU PISTON	48
4.1.2. DISPOZITIVE AMORTIZOARE PASIVE PENTRU DEPLASĂRI MICI	51
4.1.2.1. DISPOZITIVE HIDRAULICE	51
4.1.2.2. DISPOZITIVE CU ELEMENTE DEFORMABILE DIN POLIMERI	52
4.1.3. DISPOZITIVE AMORTIZOARE HIDRAULICE ROTATIVE	54
4.2. DISPOZITIVE AMORTIZOARE SEMIACTIVE CU MATERIALE MR	56
4.2.1. DISPOZITIVE AMORTIZOARE HIDRAULICE CU DISIPARE DE TIP VALVA	56
4.2.2. DISPOZITIVE AMORTIZOARE CU DISIPARE PRIN FORFECAREA STRATULUI DE MRF	59
4.2.2.1. DISPOZITIVE LINEARE	60
4.2.2.2. DISPOZITIVE ROTATIVE	61
4.2.3. DISPOZITIVE AMORTIZOARE CU FLUID MAGNETOREOLOGIC ÎN STRUCTURĂ MODULARĂ CU CIRCUIT EXTERN	62
4.3. FRĂNE ȘI CUPLAJE CU MRF	66
4.4. PLATFORME STEWART	67
<b>Capitolul 5</b>	
CONCLUZII. CONTRIBUȚII ORIGINALE	75
<b>BIBLIOGRAFIE</b>	77
<b>ANEXE</b>	86

# Capitolul 1

## INTRODUCERE

### 1.1. Introducere în problematica tezei

Majoritatea materialelor nu sunt capabile să se adapteze la schimbările din mediul lor. În contrast cu aceste materiale convenționale, în ultimele decenii au fost dezvoltate o serie de materiale de înaltă performanță ale căror proprietăți reologice pot fi modificate semnificativ în timpul utilizării. Aceste materiale intră în categoria materialelor multifuncționale sau „inteligente”(smart materials). În Germania ele sunt studiate în cadrul „adaptronicii”. Ele sunt definite ca materiale care posedă capacități adaptive la stimuli externi. În funcție de material, modificarea unor parametri ca temperatura, presiunea, intensitatea unui câmp magnetic sau electric induc modificări rapide în proprietățile acestor materiale.

Acest proces este precis, reversibil, reproductibil și permite un mare număr de cicluri de funcționare. Din acest motiv materialele inteligente sunt folosite atât ca elemente de acționare cât și în senzorială.

Cele mai multe aplicații și-au găsit locul în industria aeronautică și spațială, în industria de armament, în robotică, la autovehicule, structuri mari, chiar și în medicină. Dezvoltarea explozivă a nanotehnologiilor și utilizarea lor la realizarea acestor materiale a mărit și mai mult aria de aplicabilitate.

În aceasta lucrare s-a pus accentul pe aplicațiile compozitelor magnetoreologice în mecanică și în special pe utilizarea fluidelor magnetoreologice în realizarea de dispozitive semi-active de reducere a vibrațiilor.

Reducerea vibrațiilor este un domeniu cu numeroase aplicații remarcabile. Amortizoarele de vibrații semi-active realizate cu fluide magnetoreologice (MRF) și electrorologice (ERF) sunt testate și optimizate pentru înglobarea lor în suporturi de mașini de precizie, platforme Stewart, autovehicule și până la structuri mari.

În Japonia, China și Coreea de Sud, țări cu risc seismic ridicat, la mai multe clădiri înalte de birouri s-au folosit asemenea amortizoare semi-active care s-au comportat foarte bine comparativ cu dispozitivele clasice. Rezultate spectaculoase s-au obținut și la poduri suspendate prin cabluri.

Aceste materiale oferă șansa inginerilor de a proiecta componente și dispozitive care rezolvă în mod elegant și eficient cerințe din foarte multe domenii.

### 1.2. Scopul și obiectivele tezei

Lucrarea prezintă soluții simple, funcționale și ieftine pentru realizarea de amortizoare cu MRF cu circuit extern într-o gamă extrem de largă de gabarite. Conține de asemenea idei și soluții utile pentru persoanele interesate să facă experimente în domeniul izolării antivibratorii, deoarece atenuatoarele de vibrații semi-active realizate cu materiale magnetoreologice în matrice lichidă sau vâsco-elastică reprezintă un mare progres în acest domeniu.

Actualitatea și importanța temei tratate se regăsesc pe parcursul tezei.

### 1.3. Organizarea tezei

Lucrarea este structurată pe 5 capitole ce cuprind studii teoretice și experimentale care pun în evidență comportamentul dispozitivelor cu materiale composite magneto-reologice cu aplicații în atenuarea vibrațiilor.

**Capitolul 1** realizează introducerea în problematica temei tratate. Pe parcursul acestui capitol este justificată importanța și mai ales actualitatea acestei teme. Totodată sunt stabilite obiectivele urmărite de autor de-a lungul tezei și este prezentată organizarea tezei.

În **capitolul 2** sunt tratate pe larg proprietățile materialelor magneto-reologice, precizând tehnologia de obținere a acestora. Sunt de asemenea prezentate mai multe modele reologice pentru elemente magneto-reologice, în același timp analizând elastomerii magneto-reologici care reprezintă o clasă importantă de materiale din domeniul ingineriei, utilizate pentru absorbția vibrațiilor și controlul zgomotului.

**Capitolul 3** conține testarea amortizoarelor cu MRF, simularea numerică a modelului dinamic și studiul experimental al acestuia. Pentru determinările experimentale s-a realizat un stand pendular prin adaptarea unui pendul Charpy, iar pentru simularea numerică s-au construit și studiat două modele, simularea făcându-se cu ajutorul programului SimMechanics ce rulează sub mediul de programare Matlab.

Principalele dispozitive de amortizare și aplicațiile acestora sunt cuprinse în **capitolul 4**, insistând asupra principalele tipuri de platforme Stewart și unele dintre aplicațiile lor specifice în domeniul de izolare a vibrațiilor, evidențiind avantajele acestora privind costurile de fabricație reduse și precizia ridicată.

**Capitolul 5** este dedicat concluziilor și contribuțiilor originale, direcțiile de dezvoltare ulterioare a problematicii tezei rămânând deschise.

**Anexele** prezentate în finalul tezei, conțin programe de calcul, caracteristici de materiale.



## Capitolul 2

# MATERIALE MAGNETO-REOLOGICE MR. PROPRIETĂȚI ȘI MODELĂRI

### 2.1. Generalități

Materialele magneto și electro-reologice fac parte din clasa mai largă a materialelor așa-zis inteligente sau adaptive care reacționează la modificarea controlată a unor stimuli externi ca temperatura, presiunea, tensiunea electrică sau alți parametri fizici, prin modificarea proprietăților reologice.

Materialele magnetoreologice (MR) sunt suspensii coloidale omogene de particule magnetizabile, ultrafine, micrometrice, plasate într-o matrice. De aici provine și o variantă de clasificare. În funcție de natura matricei avem o matrice fluidică (apă, glicoli, hidrocarbon, uleiuri minerale sau uleiuri sintetice pe baza de silicon) sau o matrice vâsco-elastică din polimeri (cauciuc natural sau polimeri siliconici). În aplicațiile din mecanică se preferă, ca material cu rol de matrice, uleiurile și polimerii siliconici.

Ca particule magnetizabile, cele mai utilizate sunt microparticulele de Fe. Pentru evitarea efectelor de aglomerare și sedimentare gravitațională se folosesc aditivi care asigură o peliculă în jurul particulelor. La aditivi moderni apare și un efect de respingere electrostatică care micșorează și mai mult tendința de sedimentare și aglomerare. Se mai adaugă aditivi, care micșorează efectul abraziv, și antioxidanți. Oxidarea reprezintă un factor major de degradare pentru acest tip de material.

Sub influența unui câmp magnetic, particulele au tendința de a se alinia și de a crea lanțuri de particule orientate de-a lungul acestor linii de câmp (fig. 2.1b). Această aliniere este cauza principală de modificare a proprietăților de curgere. Modificarea curentului prin generatorul de câmp magnetic, care induce mărirea sau micșorarea vâscozității aparente, stă la baza aplicațiilor de atenuatoare de vibrații. Modificările sunt reversibile și rapide (aprox. 5 ms). Creditat cu descoperirea MRF și cu primele aplicații este Rabinow (1948). În aceeași perioadă apar mențiuni despre MRF și ERF și aplicații realizate de Winslow.

Fluidele electroreologice (ERF) se comportă similar cu fluidele magnetoreologice (MRF) și majoritatea aplicațiilor sunt comune. Un ERF conține particule polarizabile ultrafine, dispersate într-un mediu fluid cu constantă dielectrică ridicată.

Se constată că particulele au tendința de a forma lanțuri chiar și la intensități reduse ale câmpului electric aplicat. Odată cu creșterea intensității câmpului, lanțurile sunt forfecate din ce în ce mai greu și atunci când viteza particulelor scade la zero, lanțurile devin perpendiculare pe suprafețele electrozilor.

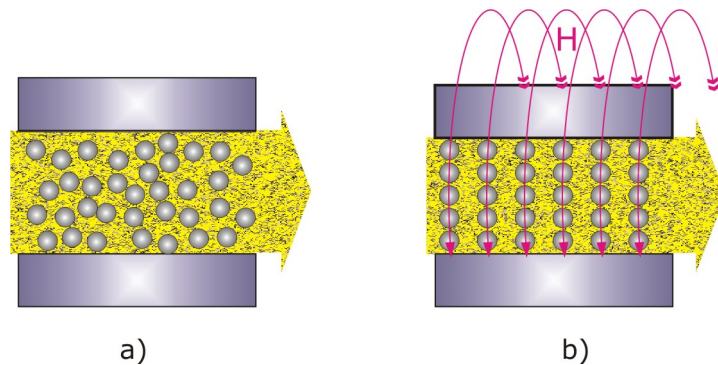


Fig 2.1 Ilustrarea orientării particulelor ferometalice sub acțiunea câmpului magnetic  
 a) Distribuția particulelor în masa de fluid  
 b) Orientarea particulelor de-a lungul liniilor câmpului magnetic

Creșterea vâscozității, cu până la trei ordine de mărime, este datorată energiei consumate pentru disocierea lanțurilor de particule. Reluarea curgerii are loc numai atunci când tensiunea de forfecare aplicată depășește tensiunea de curgere dinamică. Din acel moment, în continuare, materialul ER se comportă ca un fluid obișnuit, cu vâscozitate constantă. Așadar, materialele ER au comportamente diferite: în regim precurgere și în regim post-curgere. Majoritatea aplicațiilor sunt pentru materiale ER, cu comportare la forfecare controlabilă, în regim post-curgere.

## 2.2. Tehnologia de obținere a MRF

Particulele magnetizabile se obțin prin metode fizice, chimice sau fizico-chimice. O metoda preferată pentru obținerea de particule de calitate foarte buna și cu abateri dimensionale mici este dispersarea în jet de plasma cu argon. Instalatia folosita și detaliile aferente sunt pe larg descrise de I. BICA în [68]

În [88] firma Lord Corporation recomandă studenților și profesorilor o metodă simplă și ieftină de preparare a unui fluid magnetoreologic de o calitate acceptabilă, foarte utilă pentru experimente. În condițiile în care un litru de MRF costă între 700 și 1.800 de Euro, această rețetă este binevenită.

Cu excepția MRF-urilor de uz special, care conțin particule feritice din aliaje de fier, cobalt și pământuri rare și care sunt foarte scumpe, pentru acest fluid se folosesc particule din Fe de înaltă puritate și care au o valoare mare a punctului de saturație magnetică, condiție necesară pentru un MRF cu efect MR puternic. Dimensiunea acestor particule este un element foarte important. O dimensiune prea mare accelerează foarte mult tendința de aglomerare și sedimentare, iar o dimensiune prea mică micșorează sensibilitatea la acțiunea câmpului magnetic. Particulele de Fe sunt ușor de procurat sau de produs și sunt ieftine. Un MRF tipic conține între 20% și 40% procente volumice de particule. De la firma Edmund Scientifics se pot comanda în recipiente care conțin 500g la prețul de 7 dolari bucata [88].

Ca matrice lichidă firma recomandă ulei mineral, ulei sintetic sau un amestec dintre cele două. Un ulei bun este și tipul de ulei folosit pentru ungerea instalațiilor de aer condiționat care este colorat în majoritatea cazurilor în roșu sau verde. Calitățile pe care trebuie să le aibă acest ulei sunt următoarele: să fie un bun

lubrifiant, să fie stabil, presiunea de vapori să nu permită o evaporare excesivă la temperatura de lucru, vâscozitate relativ mică. Încercând să urmez aceste indicații, personal am utilizat ulei siliconic folosit în pompele de vid înalt, pur și cu vâscozitate scăzută, ușor de procurat.

Ca aditiv pentru inhibarea coroziunii se folosește stearat de litiu sau stearat de aluminiu. Cu aceleași rezultate se poate utiliza vaselina albă care conține litiu și care e mai ușor de procurat. Este genul de vaselină de calitate folosită pentru ungerea rulmenților mici care rezistă la temperatură și la turații mari.

Pentru 100 ml de MRF se folosesc următoarele cantități de materiale:

- 150 g de particule de Fe
- 55 g de ulei cu vâscozitate scăzută
- 5 g de vaselină albă cu litiu

Se amestecă vaselina în ulei și se agită puternic cu un mixer sau un tel și o mașină electrică de găurit după care se lasă câteva ore pentru ca vaselina să se dizolve complet în ulei. În continuare se mai agită cu mixerul câteva minute. Se adaugă particulele de fier puțin câte puțin și se mixează puternic până când tot conținutul a devenit o suspensie de o consistență și culoare uniformă. Din experiență am constatat că dacă aceste operațiuni se fac încălzind amestecul la 60-70° C, suspensia obținută este mai omogenă. Pentru o calitate mai bună este de preferat să înlocuim particulele de Fe cu altele care au abateri dimensionale mult mai mici. O sursă bună și ieftină de pudră de Fe o reprezintă pudra folosită ca aditiv la cereale și pentru anumite produse de panificație, ca adaos de microelemente.

Pentru cantități mai mari de MRF se folosește un factor de multiplicare pentru toate componentele.

Acest MRF are caracteristici magnetice similare cu fluidul magnetoreologic de tipul Rheonetic MRF-122-2ED , produs și comercializat de Lord Corporation [88].

### 2.3. Proprietăți ale MRF

În cele ce urmează, procesele fizice și proprietăți ale MRF sunt pe larg tratate. Dipolii magnetici de moment magnetic nu se orientează în lungul liniilor de câmp magnetic. Apar interacțiuni magnetice între dipoli. Dacă  $\bar{R}_0$  este distanța medie de separare dintre particule, la momentul inițial, atunci se arată [67] că timpul  $t_{ag}$  de formare de agregate în câmpul magnetic uniform poate fi aproximat de relația:

$$t_{ag} = \frac{32na\xi}{1\mu_0\mu_s m^2} \left[ \left( \frac{\bar{R}_0}{2a} \right) - 1 \right] \quad (2.1)$$

în care  $\xi$  este coeficientul de frecare.

Între două piese polare câmpul magnetic nu este în general uniform. Apare un gradient  $\bar{\delta}$  al intensității câmpului magnetic, sub acțiunea căruia dipolii se apropie. Din rezolvarea ecuației de mișcare a dipolilor magnetici se obține legea de mișcare:

$$x(t) = \Delta + \frac{\mu_0\mu_s}{\xi^2} \left( 1 - \frac{\xi}{M} t \right) \quad (2.2)$$

în care  $\Delta$  este distanța între dipoli și  $M$  este masa dipolului magnetic.

Timpul de agregare  $t_{ag}$  a dipolilor rezultă din relația (2.1), punând condiția  $x=0$ , pentru  $t = t_{ag}$ . Atunci, din ecuația (2.1) rezultă:

$$t_{ag} = \frac{M}{\xi} + \frac{\Delta\xi}{\mu_0\mu_s m\delta} = \frac{6\pi\eta a}{\mu_0\mu_s m\delta} \Delta \quad (2.3)$$

în care  $\eta$  este vâscozitatea lichidului de bază.

Timpul de agregare este influențat de existența microparticulelor de grafit cu suprafața rugoasă. Astfel, în [67],  $t_{ag\ exp} > 900$  s. În schimb, pentru cazul MRF pe bază de microparticule de fier și în aceleași condiții experimentale, rezultă  $t_{ag\ exp} \approx 180$  s.

Între doi electrozi aflați în contact cu MRF și conectați la un ohmetru se realizează un circuit electric. Prin circuitul electric astfel realizat se stabilește un curent electric, numai dacă MRF se află în câmp magnetic. Experimentele efectuate de S. Bednarek și de I. Bica în [67] pun în evidență dependența conductivității electrice a MRF de intensitatea și direcția vectorului intensitate al câmpului magnetic exterior.

Bednarek, utilizând MRF pe bază de polimeri (rășini epoxidice), microparticule de grafit și microparticule de silicon, pune în evidență dependența rezistivității  $\rho$  a MRF, de intensitatea  $H$  a câmpului magnetic transversal. De asemenea, tot Bednarek arată că  $\rho = \rho(H)$  se prezintă sub forma unei curbe de histereză.

În [67], se propune un model care descrie mecanismele de conducție ale MRF aflat în câmp magnetic. Conform acestui model, rezistența magnetorezistorului este:

$$R \approx \frac{2}{3\pi} \frac{\rho_m}{\varphi n l} \left( x_{max} - \frac{\mu_s M_s}{18\eta} \delta a^2 t \right) = R(t) \quad (2.4)$$

în care  $\rho_m$  este rezistivitatea lichidului de bază,  $L$  este lungimea corpului format din MRF,  $x_{max} = \overline{R_0}$ ,  $M_s$  este magnetizația de saturație a MRS și  $\eta$  vâscozitatea lichidului de bază.

Cercetările experimentale arată că modelul elaborat descrie calitativ  $R=R(t)$ , pentru cazul MRF pe bază de microparticule de fier (diametrul mediu de 2,10  $\mu\text{m}$ ) dispersate în ulei mineral cu acid stearic. Energia termică  $kT$  furnizată MRF, mărește agitația termică a particulelor. Rezultă micșorarea lui  $x(t)$ , la  $t$  fixat și în consecință diminuarea lui  $R(t)$ .  $R(t)$  se micșorează cu  $T$  și crește cu  $H$  (respectiv  $\delta$ ) în acord cu modelul elaborat.

Dacă în câmp magnetic constanta în timp, conductivitatea electrică a MRF, pe bază de microparticule de fier și microparticule de grafit dispersate în ulei siliconic cu acid stearic, este de tip longitudinal și respectiv de tip transversal [67]; în câmp magnetic alternativ conductivitatea electrică a MRF este numai de tip transversal.

Tot în [67] se arată că rezistența electrică a MRF pe bază de microparticule de fier (cu diametrul mediu de 2,10  $\mu\text{m}$ ) dispersate în ulei mineral cu acid stearic este infinită pentru câmpuri magnetice alternative. Conductivitatea electrică se instalează în MRF (cu  $\phi_1=0,30$  și  $\phi_2=0,06$ ) numai în cazul câmpului magnetic transversal.

Particulele magnetice din MRF efectuează mișcări oscilatorii, pe direcția câmpului magnetic. Dacă direcția câmpului magnetic este longitudinală, atunci într-o perioadă deplasarea medie efectuată de fiecare dipol magnetic este nulă. Particulele nu se întâlnesc și nu se instalează conducția electrică. Pentru cazul câmpurilor magnetice transversale, vibrațiile particulelor magnetice produc oscilații ce se propagă între cei doi electrozi ai magnetorezistenței. Presiunea oscilatorilor  $\Delta p \approx H_{eff} / \Phi$  (unde  $H_{eff}$  este intensitatea efectivă a câmpului magnetic alternativ). Sub acțiunea lui  $\Delta p$ , particulele magnetice se apropie. Pentru  $H_{eff} \geq 60$  kA/m se instalează inducția electrică. Ea crește sensibil cu  $H_{eff}$  și scade cu fracția volumică  $\Phi$  a particulelor magnetice. Suspensiile magnetoreologice au în compoziție o fază lichidă și respectiv o fază solidă. În câmp gravitațional, faza solidă sedimentează. S. Melle, determină, plecând de la ecuația de mișcare a particulelor în câmp gravitațional, că timpul de sedimentare poate fi estimat de relația:

$$t_{sed} \approx \frac{3\xi d}{4\pi a^3 (\rho - \rho_s) g 2a^2 (\rho - \rho_s) g} \quad (2.5)$$

în care  $d$  este distanța parcursă de particule,  $\rho$  este densitatea lichidului de bază și  $\rho_s$  este densitatea fazei solide. Pentru ca suspensiile magnetoreologice să-și păstreze proprietățile, este necesar ca  $t_{sed} \rightarrow \infty$ . Din relația (24) rezultă că  $t_{sed} \rightarrow \infty$  poate fi realizat fie cu  $\eta \rightarrow \infty$ , fie cu  $(\rho - \rho_s) \rightarrow \infty$ . De regulă, se preferă soluția de mijloc.

Stabilizarea suspensiilor magnetoreologice se realizează și prin adăugarea de suspensii coloidale. Astfel, Kordonski și colaboratorii adaugă suspensii de particule monodomenice în suspensii magnetoreologice obținute pe bază de microparticule de carbonat de fier. Monodomeniile magnetice aderă la unul din capetele particulelor de carbonat de fier. Rezultă o structură în care microparticulele de fier sunt dispersate în volumul lichidului de bază.

Stabilitatea lanțurilor cu dipoli magnetici este amplu studiată de Melle, Furst și colaboratorii și respectiv Biswall și colaboratorii. Se determină condițiile de stabilitate a agregatelor în câmp magnetic rotativ și respectiv în mișcare Couette.

Efectul magnetoreologic este definit ca fiind creșterea cu  $\Delta\sigma$  a tensiunii de forfecare  $\sigma$  la mărirea cu  $\Delta H$  a intensității  $H$  a câmpului magnetic aplicat. Multe dintre modelele dezvoltate pentru fluidele electrorologice (ERF) pot fi aplicate și pentru suspensiile magnetoreologice aflate în câmpuri magnetice de mică intensitate. Magnetizarea particulelor este neliniară în câmpuri magnetice intense. La valori mari ale intensității câmpului magnetic apare magnetizația de saturație. Experimentul se obține la intensități mari ale câmpului magnetic, modelele reologice de tip liniar, valabile pentru fluide electrorologice, își pierd valabilitatea în cazul suspensiilor magnetoreologice. Conform acestor modele, tensiunea de forfecare este proporțională cu  $\Phi\mu_s H^2$ . Se observă că aceste modele nu iau în considerare magnetizația de saturație.

Ginder și colaboratorii în [61] demonstrează că la intensități ale câmpului magnetic foarte mici comparativ cu cele corespunzătoare magnetizației de saturație, tensiunea de forfecare este proporțională cu  $H^2$ . În schimb, pentru intensități ale câmpului magnetic, de valori mai ridicate, dar sub cele corespunzătoare magnetizației de saturație, tensiunea de forfecare este proporțională cu  $H^{3/2}$ .

Predicțiile făcute de Ginder și colaboratorii neglijează importanța magnetizației de saturație.

Este interesant de subliniat că la câmpuri de intensități sub cele corespunzătoare magnetizației de saturație, magnetizarea de saturație apare în

regiunile de contact dintre particulele suspensiei magnetoreologice. Atunci, tensiunea de forfecare poate fi calculată de relația:

$$\sigma_y = \sqrt{6} \phi \mu_s M_s^2 H^2 \quad (2.6)$$

La intensități mari ale câmpului magnetic, particulele din suspensia magnetoreologică sunt saturate magnetic și pot fi asimilate dipolilor magnetici. În acest caz, tensiunea de forfecare este independentă de  $H$ . După Ginder și colaboratorii, tensiunea de forfecare rezultă din relația:

$$\sigma_y^{sat} = \frac{4}{5} \xi_m(3) \phi \mu_0 M_s^2 \quad (2.7)$$

unde  $\xi_m(3) = 1,212$  este o constantă.

Coefficientul de forfecare  $G$ , pentru cazul câmpurilor magnetice de intensități medii și mari, se poate calcula cu relația:

$$G = \phi \mu_0 M_s H \quad (2.8)$$

iar pentru cazul intensității câmpului magnetic corespunzătoare celor de saturație:

$$\sigma_y^{sat} = \frac{\xi_m}{4} \phi \mu_0 M_s^2 \quad (2.9)$$

Jolly și colaboratorii, în [70,71,72], realizează un model conform căruia tensiunea de forfecare indusă de câmpul magnetic se poate obține din relația:

$$\sigma = \frac{\partial U}{\partial \dot{\gamma}} \quad (2.10)$$

în care  $U$  este densitatea de energie magnetică și  $\dot{\gamma}$  este viteza de forfecare a suspensiei magnetoreologice (considerat ca mediu continuu).

Maximul tensiunii de forfecare a lanțurilor de dipoli magnetici rezultă din egalarea cu zero a relației (2.9), și are forma:

$$\sigma = \frac{0.1143 \cdot \phi \cdot J_p^2}{\mu_s \cdot \mu_0 \cdot h^3} \quad (2.11)$$

în care  $J_p$  este polarizarea magnetică a particulelor,  $\mu_s$  este permeabilitatea magnetică a suspensiei și  $\mu_0$  este permeabilitatea magnetică a vidului.

Mărimea  $h$  este un parametru adimensional, definit de relația:

$$h = \frac{r_0}{d} \quad (2.12)$$

unde  $r_0$  este distanța dintre centrele particulelor aliniate după direcția câmpului magnetic aplicat și  $d$  este diametrul particulei magnetice.

Studiul reologic al suspensiilor magnetoreologice poate fi realizat în două etape:

- înainte de forfecare:

$$\sigma = G\gamma; \quad \dot{\gamma} = 0, \quad \sigma < \sigma_y \quad (2.13)$$

- după forfecare:

$$\sigma = \mu_s \dot{\gamma} + \sigma_y; \quad \sigma \geq \sigma_y \quad (2.14)$$

unde  $\sigma$  este tensorul tensiunilor,  $\gamma$  este deformația,  $G$  este modulul de elasticitate,  $\dot{\gamma}$  este viteza de deformație,  $\eta_s$  este vâscozitatea structurală și  $\sigma_y$  este tensiunea de prag sau tensiunea dinamică de plastifiere.

În absența câmpului magnetic, suspensiile magnetoreologice au o comportare de fluid newtonian.

Câmpul magnetic, induce dipoli magnetici în suspensia magnetoreologică. Dipolii magnetici formează structuri în MRF. Formarea lor poate fi descrisă după Huang și colaboratorii utilizând modelele statisticii și a dicroismului optic, ca metodă experimentală.

Dacă energia de interacție magnetică a dipolilor este mare comparativ cu energia termică, lanțurile de dipoli devin rigide.

În întreg volumul MRF se formează structuri care conduc la o transformare a suspensiei într-un corp vâscoelastic. Pentru tensiuni  $\sigma > \sigma_y$ , corpul vâscoelastic este adus în fază fluidă.

Modelul corpului Bingham este utilizat în calcularea câmpului de tensiuni [83]. Într-un studiu recent autorii arată că modelul corpului Bingham este depășit și demonstrează că modelul tip Herschel-Bulkley este util în evaluarea câmpului de tensiuni în MRF aflat în câmp magnetic și solicitat mecanic.

Suspensiile magnetoreologice sunt anizotrope în câmp magnetic. Proprietatea de anizotropie a suspensiilor magnetoreologice este utilizată în aplicații. Astfel, la amortizoare, frâne și ambreiaje direcția câmpului magnetic coincide cu cea a mișcării suspensiei.

Deformarea directă și inversă a MRF provenite de la Lord Corporation a fost investigată de Li și colaboratorii [79]. Ei au determinat, tensiunea de forfecare funcție de diferite valori ale intensității câmpului magnetic și au constatat că în câmp magnetic suspensiile magnetoreologice au un răspuns de corp Bingham. În regim dinamic, Li și colaboratorii au determinat partea reală ( $G'$ ) și respectiv partea imaginară ( $G''$ ) a modelului de elasticitate complex a lui Zoung, funcție de frecvența de oscilație (10-100 Hz). Pentru acest interval de frecvențe, la suspensiile magnetoreologice cu  $\phi = 0,10$ ,  $G'$  a crescut față de  $G''$ . Tangenta unghiului de pierdere ( $\tan \delta = G''/G'$ ), s-a micșorat brusc la valori scăzute ale intensității câmpului magnetic. În schimb, la valori ridicate ale intensității câmpului magnetic a rezultat  $\tan \delta = cst$ . Comportarea dinamică a MRS cu evidențierea valorilor lui  $G'$  și  $G''$  pentru diverse configurații ale polilor magnetici și a dependenței acestora de compoziție și intensități ale câmpului magnetic exterior sunt bine demonstrate în lucrarea [67].

## 2.4. Modele reologice pentru elemente MR

Ținând seama de complexitatea fenomenelor intime de interacțiune dintre fluid și particule feromagnetice au fost elaborate o serie de modele reologice utile pentru aplicațiile practice ale fluidelor MR cum sunt:

- a) *element MR de tip valvă*, considerând fluidul 3 (fig.2.2) în mișcare cu viteza de curgere  $v_c$ , prin interstițiul, de grosime  $g$ , format între două plăci paralele 1 și 2, de volum

$$V = gL_1L_2 \quad (2.15)$$

al coloanei de ferrofluid dintre cele două plăci depinzând raportul de reglaj

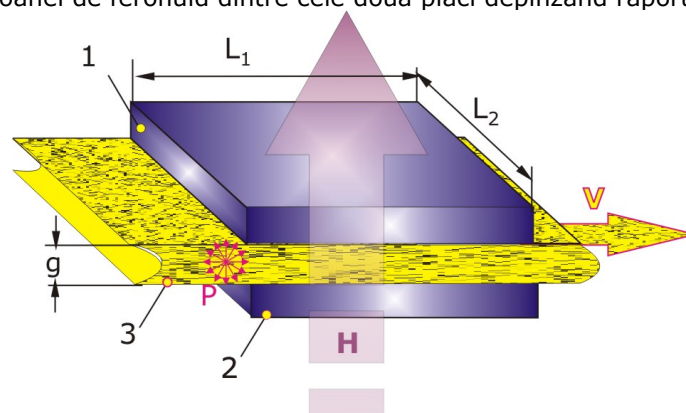


Fig.2.2 Ilustrarea elementului MR cu funcție de valvă

$$\frac{F_{max}}{F_{min}} \leq \frac{1}{F_{max}} \frac{V}{v_c} \frac{\tau_0^2}{\eta} \quad (2.16)$$

dintre forțele, maximă,  $F_{max}$  și minimă,  $F_{min}$ , raport reglabil prin intermediul inducției magnetice  $H$ ,  $\tau_0$  și  $\eta$  fiind, tensiunea limită de curgere și respectiv vâscozitatea coloanei de fluid MR;

- b) *elemente MR cu efect de forfecare*, a stratului de fluid 3 (fig.2.3), la care stratul de MRF 3 este situat între piesele 1 mobilă, cu viteza  $v$ , și 2 fixă, sub formele geometrice; plăci (fig.2.3a), bușe (fig.3b), și discuri (fig.3c), între acestea, prin intermediul stratului, luând naștere forțele de legătură  $\pm F$ , sau momentele de legătură  $\pm M$ , controlabile în magnitudine prin câmpul magnetic de intensitate  $H$ .



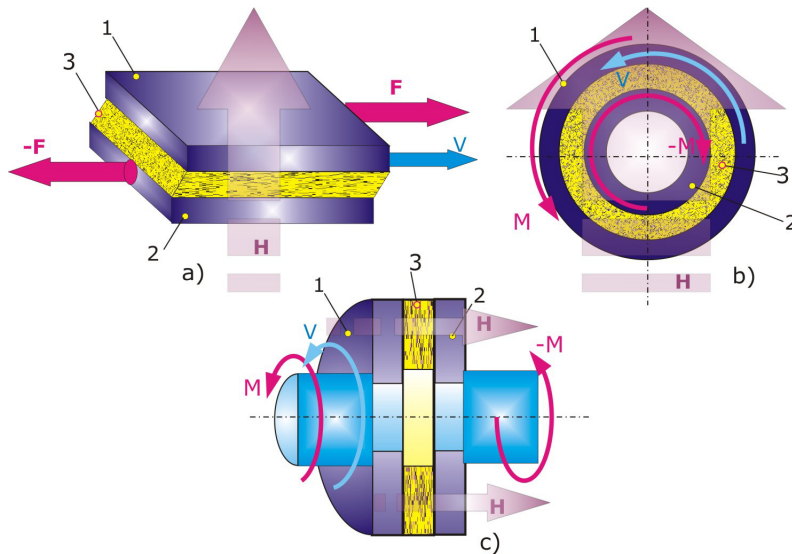


Fig. 2.3 Ilustrarea elementului MR disipativ prin forfecarea stratului de fluid  
 a) element liniar, b) element bucsă, c) element frontal de torsiune

- c) *elemente MR cu efect de compresiune* a stratului de ferrofluid, de grosime  $d$ , între cele două discuri 1 și 2 luând naștere reacțiunile  $\pm F$ , ca forțe actuatorie asupra structurilor 4 și 5, cuplate elastic între ele, magnitudinea lor

$$F = k_e \Delta g(H) \quad (2.17)$$

depinzând de constanta elastică  $k_e$  a cuplajului elastic dintre structurile 4 și 5 și deformația  $\Delta g(H)$  care la rândul ei depinde de intensitatea  $H$  a câmpului magnetic, a cărei variație comandată produce variația forței actuatorie  $F$

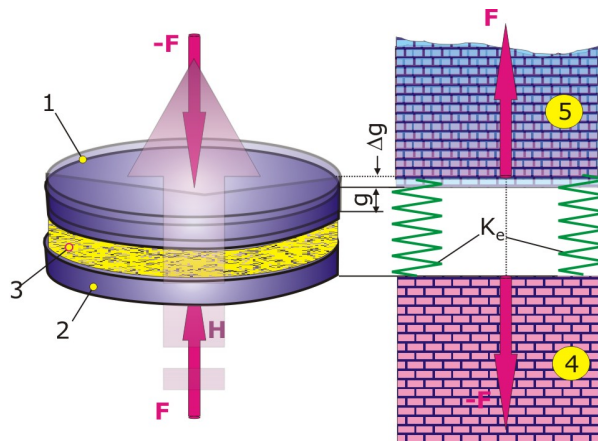


Fig.2.4 Ilustrarea elementului MR ca actuator

În multe cazuri practice se utilizează soluții tehnice care folosesc combinații între cele trei soluții prezentate mai sus.

## 2.5. Modele reologice ale elementelor disipative MR

Problema esențială la proiectarea unor aplicații tehnice cu elemente disipative utilizând materiale magneto reologice este modelarea reologică a elementului utilizat.

### 2.5.1. Modelul reologic Newton

Pentru lichidele Newtoniene modelul reologic admite ecuația caracteristică

$$\tau = \nu \dot{\gamma} \quad (2.18)$$

reprezentată grafic prin ramura 1 din fig. 5.1,  $\tau$ , reprezintă, tensiunea de forfecare a stratului de fluid,  $\nu$  vîscozitatea dinamică și  $\dot{\gamma}$  viteza de deformare tangențială, ( $\dot{\gamma}$ ).

### 2.5.2. Modelul reologic Bingham

Modelul Bingham completează caracteristica cu tensiunea limită de curgere  $\tau_c$  ecuația caracteristică devenind

$$\begin{aligned} \tau &= \tau_c \text{sign}(\dot{\gamma}) + \nu \dot{\gamma} & \text{pt } \dot{\gamma} \neq 0 \\ \tau &= \tau_c & \text{pt } \dot{\gamma} = 0 \end{aligned} \quad (2.19)$$

reprezentarea ei grafică fiind dată prin ramura 2 în fig.2.5 iar modelul mecanic echivalent în figura 2.6

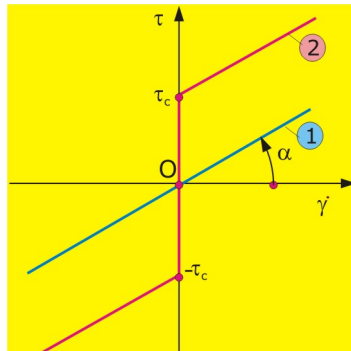


Fig. 2.5 Ilustrarea caracteristicilor modelelor: Newton, ramura 1 și Bingham, ramura 2

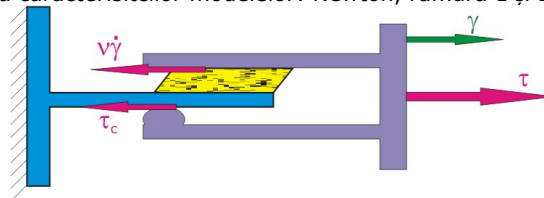


Fig. 2.6 Ilustrarea modelului Bingham

Mecanismul de disipație la o structură reală este foarte greu de modelat matematic. De aceea, se apelează la definirea unei energii specifice de disipare

$$w_d = \int \tau d\gamma \quad (2.20)$$

pe un ciclu pentru o variație armonică a legii de deformare

$$\gamma(t) = \gamma_0 \sin \omega t \quad (2.21)$$

În cazul modelului newtonian, ținând cont de (2.18) se obține,

$$W_d = \int v \dot{\gamma} d\gamma = \int_0^{2\pi/\omega} v \dot{\gamma}^2 dt = v \omega^2 \gamma_0^2 \int_0^{2\pi/\omega} (\cos \omega t)^2 dt = \pi v \omega \gamma_0^2 \quad (2.22)$$

Experimental energia de disipație pe un ciclu se obține după cum urmează,

$$\dot{\gamma} = \omega \lambda_0 \cos \omega t = \pm \omega \lambda_0 \sqrt{1 - (\sin \omega t)^2} = \pm \omega \sqrt{\gamma_0^2 - \gamma^2} \quad (2.23)$$

de unde

$$\tau = v \dot{\gamma} = \pm v \omega \sqrt{\gamma_0^2 - \gamma^2} \quad (2.24)$$

care pusă sub forma

$$\left( \frac{\tau}{v \omega \gamma_0} \right)^2 + \left( \frac{\gamma}{\gamma_0} \right)^2 = 1 \quad (2.25)$$

reprezintă ecuația unei elipse axată după sistemul  $O\gamma\tau$ , (fig.2.7a) a cărei suprafață interioară reprezintă valoarea energiei disipate  $W_d$ . Curba eliptică reprezintă așa numita *bucă de histerezis*.

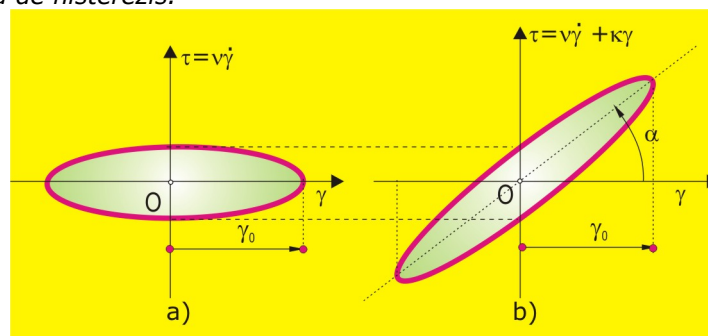


Fig. 2.7 Ilustrarea buclei de histerezis în cazul modelului Newton  
 a) legătură pur vâscoasă    b) legătură vâsco elastică

Cum legăturile de interacțiune particule fluid, mai ales în prezența câmpului magnetic conțin și componente elastice modelul Newtonian poate fi definit prin ecuația

$$\tau = v\dot{\gamma} + \kappa\gamma \quad (2.26)$$

unde  $\kappa$  este o constantă.

Pentru acest caz ecuația elipsei rezultante se va obține prin relația

$$\tau_I - \kappa\gamma = \pm v\omega\sqrt{\lambda_0^2 - \gamma^2} \quad (2.27)$$

care devine

$$\tau^2 + (\kappa^2 + v^2\omega^2)\gamma^2 - 2\kappa\gamma\tau - v^2\omega^2\gamma_0^2 = 0 \quad (2.28)$$

ecuație a unei elipse cu axele rotite cu unghiul  $\alpha$  față de sistemul  $O\gamma\tau$  (fig.2.7b).

Suprafața buclei de histerezis este în acest caz

$$S_H = \int_0^{2\pi/\omega} (v\dot{\gamma} + \kappa\gamma)d\gamma = W_d + \frac{1}{2} \int_0^{2\pi/\omega} \omega\gamma_0^2 \sin 2\omega t dt = W_d \quad (2.29)$$

egală cu cea buclei reale de histerezis.

Dacă amortizarea este extrem de slabă ( $v \rightarrow 0$ ) atunci suprafața elipsei tinde spre valoarea zero iar ecuația (2.28) degenerază în ecuația unei drepte

$$\tau - \kappa\gamma = 0 \quad (2.30)$$

de unde

$$\kappa = \frac{\tau}{\gamma} = \operatorname{tg}\alpha \quad (2.31)$$

Pentru modelul Bingham definit de relațiile (2.19), calculate, în MathCad, prin condiționarea

$$\begin{aligned} n &= 1000 \\ i &:= 0..n \\ \gamma_i &:= \gamma_0 \cdot \sin(\omega \cdot t_i) \\ \dot{\gamma}_i &:= \gamma_0 \cdot \omega \cdot \cos(\omega \cdot t_i) \\ \tau_i &:= \text{if}(\dot{\gamma}_i \leq 0, -\tau_c + v \cdot \dot{\gamma}_i, \tau_c + v \cdot \dot{\gamma}_i) \end{aligned} \quad (2.32)$$

În fig.2.8 a și b sunt trasate legile de variație  $\gamma(\omega t)$ ,  $\dot{\gamma}(\omega t)$  și  $\tau(\omega t)$  pe o perioadă  $T=2\pi/\omega$ .

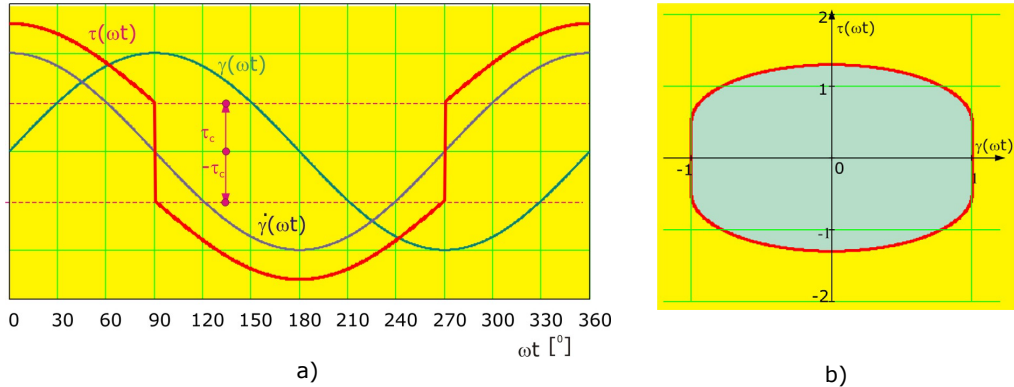


Fig.2.8 Ilustrarea modelului reologic Bingham  
 a)legile de variație  $\gamma(\omega t)$ ,  $\dot{\gamma}(\omega t)$  și  $\tau(\omega t)$  pe o perioadă  $T=2\pi/\omega$ ; b)bucla de histererezis

Dacă modelului Bingham i se adaugă o componentă elastică, prin forța de legătură  $\kappa\gamma$ , (fig. 2.9) atunci bucla de histerereză se va roti cu unghiul  $\alpha$ ,(fig. 2.10b)

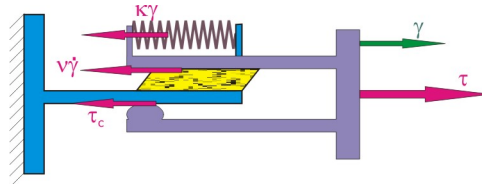


Fig.2.9 Ilustrarea modelului reologic Bingham cu cuplaj prin legătură elastică  $\kappa\gamma$

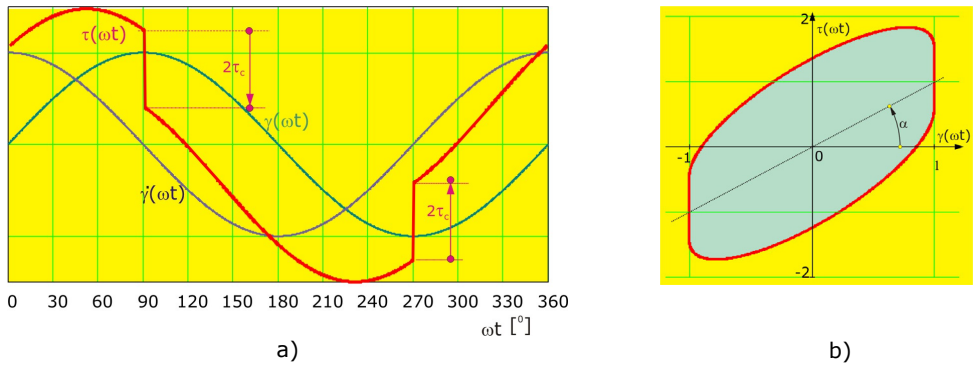


Fig.2.10 Legile de variație și bucla de histererezis pentru modelul Bingham cu cuplaj elastic  
 a)legile de variație  $\gamma(\omega t)$ ,  $\dot{\gamma}(\omega t)$  și  $\tau(\omega t)$  pe o perioadă  $T=2\pi/\omega$ ; b)bucla de histererezis

Alt model ce reprezintă o generalizare a corpului Bingham este cel plastic vâscoleastic (fig. 2.11). Acesta pornește de la modelul standard Bingham având în completare două componente liniare înseriate, a cărui echilibru dinamic este dat de sistemul de ecuații

$$\begin{aligned}
 v_1\dot{\gamma}_1 + \tau_c \text{sign}\dot{\gamma}_1 &= v_2(\dot{\gamma}_2 - \dot{\gamma}_1) + \kappa_1(\gamma_2 - \gamma_1) \\
 v_2(\dot{\gamma}_2 - \dot{\gamma}_1) + \kappa_1(\gamma_2 - \gamma_1) &= \kappa_2(\gamma_3 - \gamma_2) \\
 \tau &= \kappa_2(\gamma_3 - \gamma_2)
 \end{aligned}
 \tag{2.33}$$

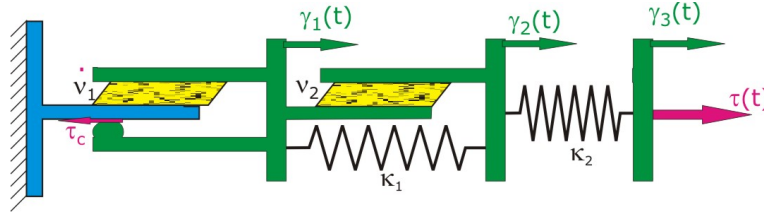


Fig. 2.11 Ilustrarea modelului Bingham generalizat

La testarea unui element disipativ pentru determinarea buclei de histerezis se impune o lege de variație armonică la capătul elementului

$$\gamma_3(t) = \gamma_0 \sin(\omega t) \quad (2.34)$$

pentru determinarea legilor  $\gamma_1(t)$  și  $\gamma_2(t)$ , din primele două ecuații din (2.33) obținându-se sistemul de ecuații

$$\begin{Bmatrix} \dot{\gamma}_1 \\ \dot{\gamma}_2 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} v_1 + v_2 & -v_2 \\ -v_2 & v_2 \end{bmatrix}^{-1} \left\{ \begin{bmatrix} -k_1 & k_1 \\ k_1 & -(k_1 + k_2) \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \gamma_1 \\ \gamma_2 \end{Bmatrix} - \tau_c \begin{Bmatrix} \text{sign} \dot{\gamma}_1 \\ 0 \end{Bmatrix} + k_2 \gamma_0 \begin{Bmatrix} 0 \\ \sin(\omega t) \end{Bmatrix} \right\} \quad (2.35)$$

apoi, se calculează tensiunea de legătură

$$\tau = k_2(\gamma_3 - \gamma_2) \quad (2.36)$$

cu ajutorul căreia se determină bucla de histereză.

Integrarea sistemului (2.35) de ecuații diferențiale se poate face pe cale numerică aplicând, de exemplu, metoda Euler, ce conduce la relația recursivă

$$\{y\}^{i+1} = \{y\}^i + \Delta t [D]^{-1} \left\{ [K] \{y\}^i - s \{T\} + \{f\} \sin(i\omega \Delta t) \right\} \quad (2.37)$$

unde

$$\begin{aligned} \{y\}_i &= \begin{Bmatrix} \gamma_1 \\ \gamma_2 \end{Bmatrix}_i; \quad [D] = \begin{bmatrix} v_1 + v_2 & -v_2 \\ -v_2 & v_2 \end{bmatrix}; \quad [K] = \begin{bmatrix} -k_1 & k_1 \\ k_1 & -(k_1 + k_2) \end{bmatrix} \\ s &= \text{sign} \left[ \frac{(\gamma_1)_i - (\gamma_1)_{i-1}}{\Delta t} \right]; \quad \{T\} = \begin{Bmatrix} \tau_i \\ 0 \end{Bmatrix}; \quad \{f\} = \begin{Bmatrix} 0 \\ k_2 \gamma_0 \sin(i\omega \Delta t) \end{Bmatrix} \end{aligned} \quad (2.38)$$

### 2.5.3. Modelul reologic Bouc-Wen

Unul dintre cele mai complexe și totodată utilizate modele reologice, în special pentru dispozitive amortizoare de vibrații este modelul Bouc –Wen a cărui ilustrare mecanică este dată în fig. 2.11a.

Pentru modelul Bouc-Wen se consideră că forța de legătură introdusă de elemental disipativ conține trei componente

$$F(t) = c_0\dot{x}(t) + k_0x(t) + az \tag{2.37}$$

cea de a treia conținând variabila  $z$ , o soluție a ecuației diferențiale neliniară

$$\dot{z} = -\gamma|\dot{x}(t)|z|z|^{n-1} - \beta\dot{x}(t)|z|^n + A\dot{x}(t) \tag{2.38}$$

parametrii,  $\gamma, \beta, A$  și  $n$  fiind ajustați după experiment, de exemplu .

valori  $a = 8,8 \cdot 10^4 \frac{N}{m}$ ,  $c_0 = 5000 \frac{Ns}{m}$ ,  $k_0 = 2500 \frac{N}{m}$ ,  $\gamma = 0,01 m^{-2}$ ,  $\beta = 0,01 m^{-2}$ ,  $n = 2$ ,  $A = 120$ .

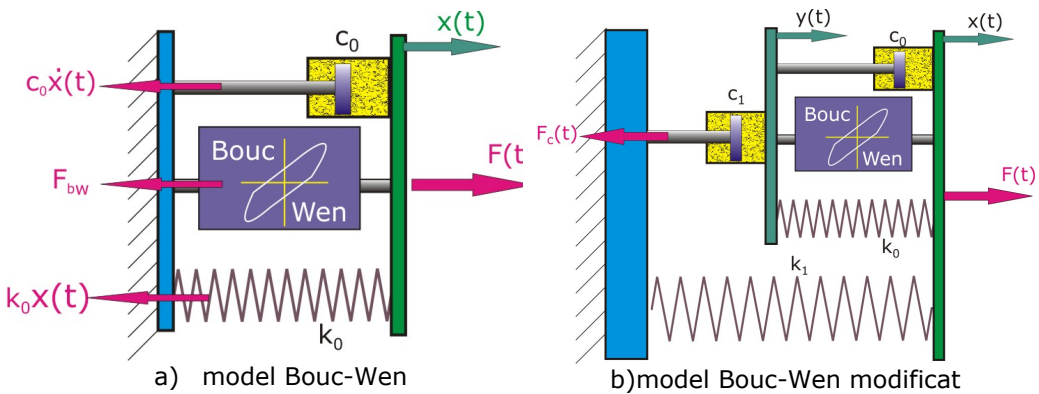


Fig 2.12 Ilustrarea modelului Bouc-Wen

O formă modificată a modelului Bouc-Wen este ilustrată în fig. 2.12b) pentru care forțele de legătură sunt date prin ecuațiile

$$F(t) = k_1x(t) + F_c(t) \tag{2.39}$$

$$F_c(t) = c_1\dot{y}(t) = c_0(\dot{x}(t) - \dot{y}(t)) + k_0(x(t) - y(t)) + az \tag{2.40}$$

unde

$$\dot{z} = -\gamma(\dot{x}(t) - \dot{y}(t))z|z|^{n-1} - \beta(\dot{x}(t) - \dot{y}(t))|z|^n + A(\dot{x}(t) - \dot{y}(t)) \tag{2.42}$$

#### 2.5.4. Modelul reologic Oh-Onoda

Modelul Oh-Onoda, ilustrat în fig.2.12, ia în considerare influența câmpului magnetic, prin intensitatea  $H$ , astfel că între elementele 1 și 2 în mișcare de translație după legile  $x(t)$  și  $y(t)$  iau naștere forțele de legătură

$$F_d = c(H)[\dot{x}(t) - \dot{y}(t)]|\dot{x}(t) - \dot{y}(t)|^{n-1} \quad (2.43)$$

disipative în stratul de MRE, (caracteristica în fig.2.13), controlabilă prin coeficientul  $c(H)$ , dependent de intensitatea  $H$  a câmpului magnetic, iar forța de fricțiune

$$F_c(t, H) = \begin{cases} F_c(t_0) + k_c \Delta u; & \text{pt. } |F_c| < f_c; \\ f_c(H) \text{sign}(\dot{u}); & \text{pt. } |F_c| \geq f_c; \end{cases} \quad (u = x - y) \quad (2.44)$$

având o componentă constantă ( $F_c(t_0)$ ), la momentul  $t_0$  corespunzătoare unei deplasări relative inițiale  $u_0$ , pentru care

$$\Delta u = u - u_0 \quad (2.45)$$

Din echilibrul forțelor de legătură rezultă

$$\begin{aligned} F_{e1}(t) &= k_1 y(t) = F(t) \\ F(t) &= F_c(H, t) + F_d(H, t) + F_{e2}(t) \\ F_{e1}(t) &= k_1 y(t) \\ F_{e2}(t) &= k_2 [x(t) - y(t)] \end{aligned} \quad (2.45)$$

Pentru modelarea unui amortizor asamblat trebuie să se țină seama și de masele în mișcare, ale pistonului și tijei, și de aceea modelului din figura 2.12 i se atașează masa  $m$  iar în relațiile (2.45) intervine forța de inerție  $-m\ddot{y}(t)$

$$\begin{aligned} F_{e1}(t) &= k_1 y(t) = F(t) \\ F(t) &= F_c(H, t) + F_d(H, t) + F_{e2}(t) - m\ddot{y}(t) \\ F_{e1}(t) &= k_1 y(t) \\ F_{e2}(t) &= k_2 [x(t) - y(t)] \end{aligned} \quad (2.45')$$



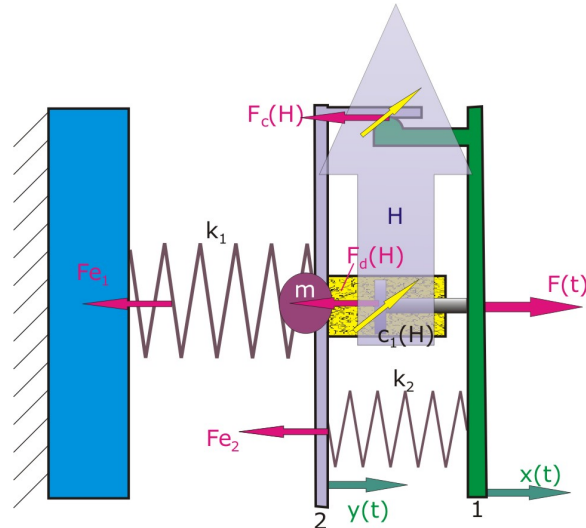


Fig. 2.13 Ilustrarea modelului Oh-Onoda

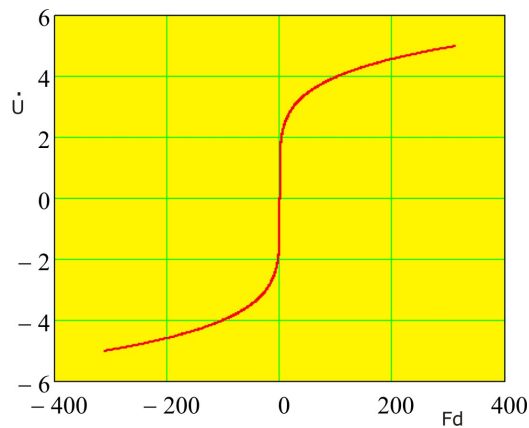


Fig. 2.14 Caracteristica viteză

### 2.5.5. Modelul reologic Choi

Modelul Choi consideră pentru modelarea caracteristicii forță disipativă  $F_d$ -viteză relativă  $\dot{u}$  o formă polinomială de ordinul 6

$$F_d = \sum_{i=0}^6 a_i \dot{u}^i \quad (2.46)$$

coeficienții  $a_i$  fiind determinați pe baza identificării cu date experimentale.

În lucrarea [41], [42], Choi a observat că modelul Bingham nu poate simula comportamentul histerzis în totalitate, deși este precisă amplitudinea forței de amortizare la o anumită viteză a pistonului.

## **2.6. Elastomeri magnetoreologici**

### **2.6.1. Introducere**

Materialele magnetoreologice (MR), fluide, geluri și elastomeri, fac parte dintr-o clasă de materiale inteligente ale căror proprietăți reologice pot fi controlate prin aplicarea unui câmp magnetic exterior [32]. Sub acțiunea câmpului magnetic aplicat, particulele feroase sunt organizate în structuri în formă de coloană în matricea de bază. Cele mai cunoscute exemple de materiale magneto-reologice sunt fluidele magneto-reologice, în care vâscozitatea aparentă se schimbă sub acțiunea câmpului magnetic. Aplicațiile clasice ale MRF sunt la frâne, ambreiaje, elemente amortizoare pentru controlul semi-activ al vibrațiilor, în special în industria de automobile.

Elastomerii reprezintă o clasă importantă de materiale din domeniul ingineriei [26] care sunt utilizate pentru absorbția vibrațiilor și controlul zgomotului. Materiale pe bază de elastomeri, controlabile în câmp magnetic, asigură o funcționalitate mai bună față de elastomerii obișnuiți și reprezintă un pas important prin punerea împreună a tehnologiilor moderne de control și a materialelor inteligente. Comportamentul specific al materialelor MRE constă în faptul că modulul lor de elasticitate se modifică în funcție de intensitatea câmpului magnetic aplicat. Pentru realizarea MRE se recomandă utilizarea particulelor feritice intens magnetizabile. În principal, MRE sunt compuse din particule magnetice, de dimensiuni micrometrice, de carbonil de fier, incluse într-o matrice de elastomer, și o componentă plastifiantă.

### **2.6.2. Obținerea MRE**

Cele mai utilizate materiale pentru matrice sunt cauciucul siliconic, alcool polivinilic, cauciucul natural și poliuretanul. Materialul cel mai adecvat pentru matrice poate fi ales în funcție de caracteristicile mediului de lucru (temperatură, umiditate, agenți chimici, etc). În anexa 1 sunt prezentate proprietățile relevante pentru o serie de materiale pentru matrice. Cele mai uzuale sunt matricele de cauciuc natural și cele de silicon, care oferă raport maxim calitate-costuri. În tabelul 2, sunt prezentate proprietățile de bază pentru câteva tipuri de cauciuc natural.

Pentru cele două dispozitive prezentate în lucrare s-a fost folosit în calitate de matrice cauciuc siliconic. Compoziția utilizată pentru MRE constă în particule de carbonil de fier, ulei de silicon și cauciuc siliconic. Proprietățile magneto-reologice depind de procentul de greutate dintre cele trei componente.

Din datele din literatura de specialitate și din experimentele proprii a rezultat că procentul de greutate optimă este de 60% pentru particulele de carbonil de fier, 20% pentru uleiul de silicon și 20% pentru cauciucul siliconic. În ceea ce privește procentul de ulei de silicon, în literatura de specialitate este indicat un interval de 10-20% și păstrarea ca procent fix de 60% pentru particule de carbonil de fier, diferența dintre procentul de ulei de silicon se regăsește în procentul de cauciuc siliconic. În cadrul studiului propriu am stabilit că la un procent de 18-20% ulei siliconic, tendința de auto-asamblare a particulelor de carbonil de fier în microstructuri și potențialul mișcărilor lor ușoare sunt maxime.

Uleiul folosit este uleiul de silicon, utilizat în tehnica de vid. Particulele de carbonil de fier sunt imersate în ulei siliconic și apoi, se amestecă cu cauciuc siliconic; întreaga operațiune trebuie efectuată într-o incintă cu vid, în lipsa

câmpului magnetic. Ultima etapă de pregătire constă în păstrarea timp de 24 de ore la temperatura camerei.

### 2.6.3. Dispozitive MRE

În fig.2.15, este prezentat un dispozitiv MRE tip bucșe, iar în fig.2.16, reprezentarea sa schematică.

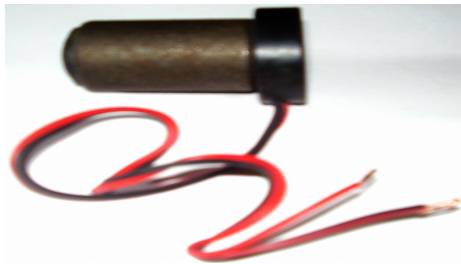


Fig. 2.15. Dispozitiv MRE tip bucșe

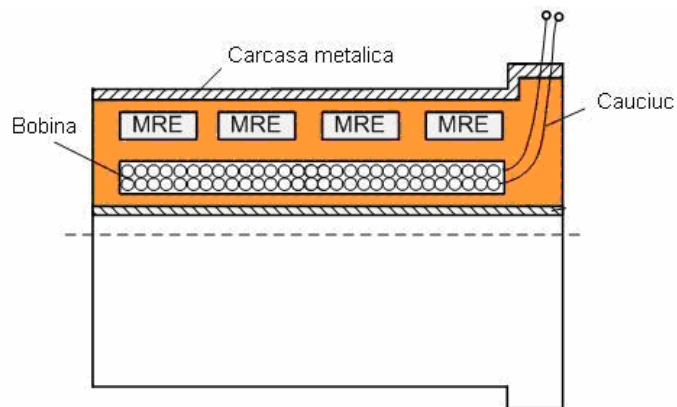
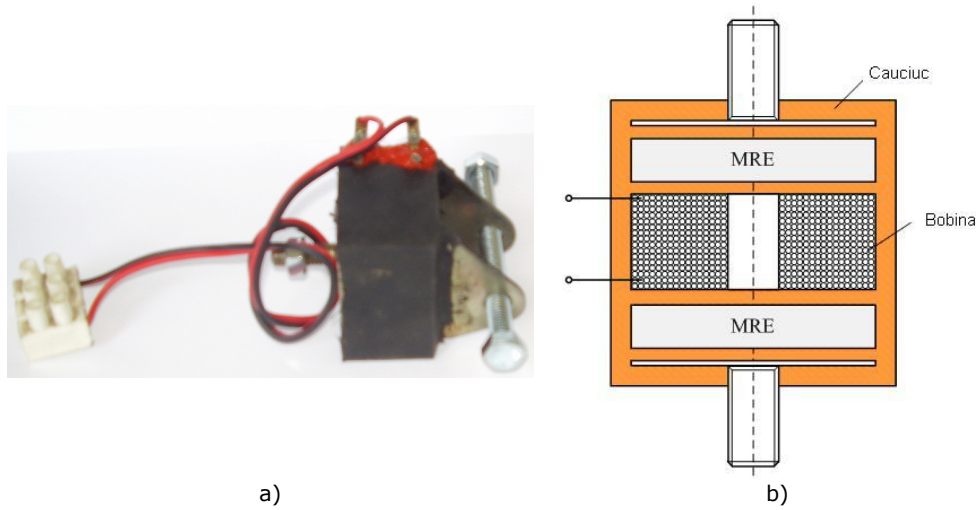


Fig. 2.16. Reprezentare schematică al unui dispozitiv MRE tip bucșe

În fig.2.16, se poate remarca faptul că matricea din cauciuc siliconic conține cavități cu pereți subțiri, umplute cu MRE. Această soluție tehnică asigură o creștere importantă a fiabilității bucșei. În scopul de a crește intensitatea câmpului magnetic prin MRE, bobina a fost amplasată cât mai aproape de axa longitudinală a bucșei, în opoziție cu soluția clasică, unde bobina este externă.

Altă aplicație este prezentată în fig.2.17a), iar în 2.17b) se observă reprezentarea schematică corespunzătoare.



a)  
b)  
Fig. 2.17. Suport cu elastomer mageto-reologic

După cum se poate observa, într-o matrice de cauciuc natural, sunt amplasate două elemente de fixare (șuruburi), bobina, care generează un câmp magnetic variabil, și două cavități umplute cu elastomer magneto-reologic. Aceste componente, matricea de cauciuc natural și simetria perfectă asigură fiabilitatea și eficiența dispozitivului.

## 2.7. Concluzii parțiale

Acest capitol cuprinde o sinteză bibliografică despre materiale magneto-reologice (MR), proprietăți și modelări ale acestora. Au fost studiate Modele reologice ale elementelor disipative MR: modelul reologic Newton, modelul reologic Bingham, modelul reologic Bouc-Wen, modelul reologic Oh-Onoda, modelul reologic Choi.

Din analiza modelelor prezentate rezultă necesitatea elaborării unor modele care să țină cont de influența accumulatorului cu gaz atașat amortizorului, de modificările induse de creșterea temperaturii în timpul funcționării precum și comportarea la impulsuri rapide.

S-a făcut și un studiu de optimizare a funcționării pentru două dispozitive MRE în scopul de a asigura o fiabilitate foarte bună. Modul de realizare a obiectivului a fost de a găsi o poziție optimă a bobinei care generează câmpul magnetic, în ceea ce privește zona de MRE, astfel încât să crească capacitatea dispozitivului de comandă. Privind amplasarea optimă a bobinei, se apreciază că soluția găsită reprezintă o contribuție originală la creșterea performanțelor tehnice ale dispozitivului. O altă contribuție este realizarea dispozitivului cu matrice de cauciuc natural, cu pereți subțiri care conțin cavități umplute cu MRE, ceea ce conduce la creșterea fiabilității.

## CAPITOLUL 3

### TESTAREA AMORTIZOARELOR CU MRF

Proiectarea unei soluții tehnice eficiente de diminuare a vibrațiilor la o mașină, agregat, mijloc de transport sau la o construcție civilă sau industrială, presupune cunoașterea caracteristicilor tehnice ale elementelor disipative de energie utilizate. Astfel, pentru un amortizor tip RD -1001/4 cu fluid magneto-reologic (fig. 3.1.a), produs de firma Lord Corporation, existent în cadrul Laboratorului de Vibrații al Universității Politehnica din Timișoara, caracteristica forță de legătură  $F_a$  - viteză relativă  $v_r$  este dată în fig. 3.1.b. Se remarcă, din această diagramă, că pentru o alimentare a bobinei electromagnetului ce realizează câmpul de control, la un curent de  $I=1.5$  A, forța de legătură  $F_a$  poate atinge valoarea de  $\approx 230$  daN.

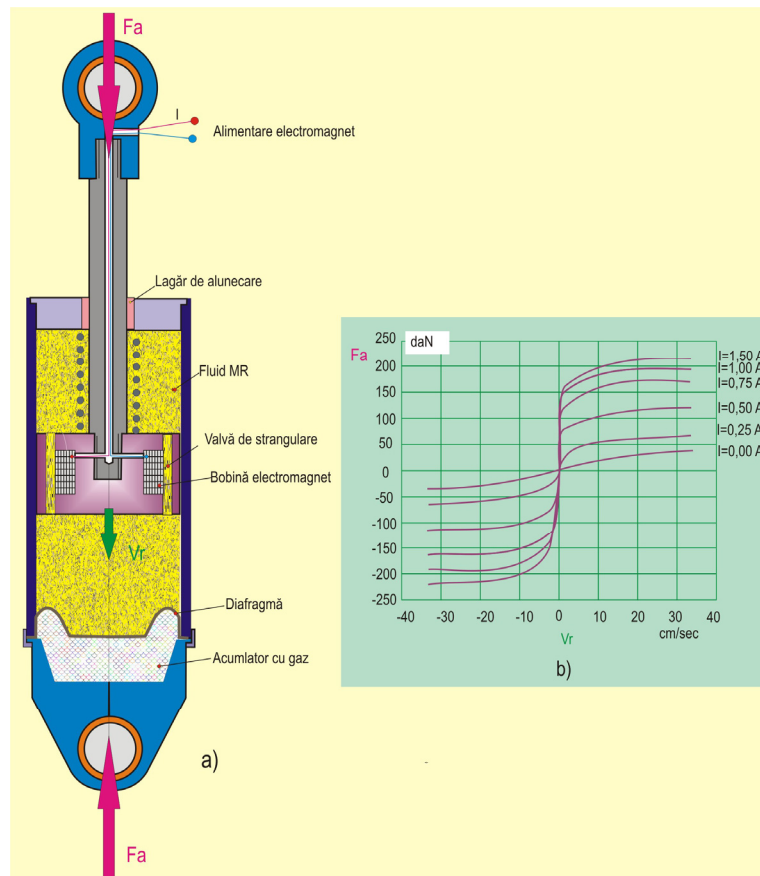


Fig. 3.1 Amortizorul tip RD -1001/4 cu fluid magneto-reologic  
Caracteristica forță de legătură  $F_a$  - viteză relativă  $v_r$

Pentru atingerea acestei valori standul de testare al amortizorului disipativ trebuie să fie cu acționare hidraulică cea ce implică un cost ridicat al instalației. Pentru a evita această facilitate, la care nu am avut acces, am ales o soluție accesibilă mai simplă: adaptarea unui pendul de reziliență Charpy pentru testarea amortizorului.

### 3.1 Stand pendular pentru testarea amortizoarelor cu MRF

Adaptarea pendulului Charpy pentru testarea amortizorului MR (3, fig.3.2) s-a realizat prin amplasarea acestuia la un capăt (articulația A) de tija 2 a pendulului, prin intermediul unei bușe 11, iar la celălalt capăt, (articulația C), prin intermediul unui cadru 4 fixat de batiul 1 al pendulului. Ambele articulații de fixare A și C pot fi reglate prin faptul că bușă 11 poate fi prinsă la diverse lungimi  $L_1$  de-a lungul tije 2 iar articula C este situată pe capătul unui bulon filetat 5 ce poate fi blocat de cadrul 4 prin piuliță și contrapiuliță.

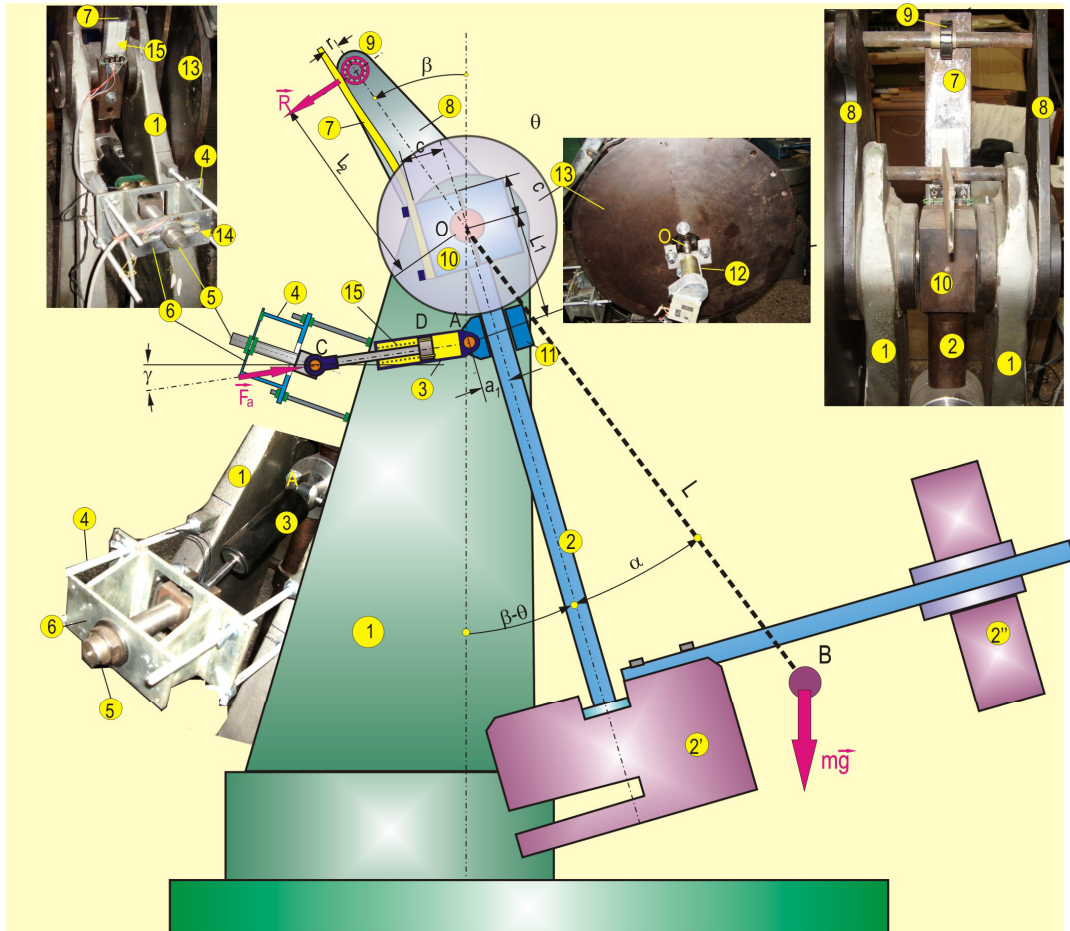


Fig. 3.2 Adaptarea unui pendul Charpy pentru testarea amortizorului MR

Testarea amortizorului se face prin intercalarea acestuia într-un sistem oscilant supus la vibrații libere, caracteristica de amortizare a amortizorului se determinându-se din răspunsul sistemului, - prin înregistrarea legii de mișcare  $\theta(t)$  utilizând un traductor incremental 12, cuplat pe axul pendulului, a cărei axă trece prin  $O_r$  și prin înregistrarea forței de legătură  $F_a$ , cu care amortizorul se opune mișcării relative piston carcasă, de viteză

$$v_r = \frac{d|AC|}{dt} \quad (3.1)$$

Forța de legătură  $F_a$  se înregistrează prin intermediul unui montaj de traductoare electororezistive (TER) amplasate pe eclisa de legătură 6 a cadrului 4, (fig 3.2).

Având în vedere faptul că forța de legătură  $F_a$  poate atinge valori ce nu permit ca pendulul să efectueze oscilații s-a adăugat la masa ghilotinei 2' o masă suplimentară 2'' prin care s-a mărit inerția pendulului, centrul de masă mutându-se în punctul B, pendulul fizic astfel realizat având lungimea L și axa pendulului fiind decalat cu unghiul  $\alpha_0$  față de poziția originală.

De asemenea, s-a mărit rigiditatea pendulului prin intermediul unui arc, constituit dintr-o lamă elastică 7 fixată rigid la un capăt de carcasa 10 de rotație în O a pendulului, iar la un capăt aceasta fiind sprijinită pe un rulment 9, fixat la rândul său pe cadrul 8 ce poate fi blocat față de batiul 1, prin rotirea cadrului în jurul axei de rotație pendulului cu unghiul  $\beta$ , raportat la axa longitudinală a brațului 2.

### 3.2 Modelul dinamic al sistemului pendular

Modelul dinamic al sistemului pendular al standului are un singur grad de libertate, mișcarea pendulară fiind definită de legea  $\theta(t)$ , energia cinetică a sistemului fiind dată de relația

$$E_c(t) = \frac{1}{2} J \left( \frac{d(a + \beta - \theta(t))}{dt} \right)^2 = \frac{1}{2} J \left( -\frac{d\theta(t)}{dt} \right)^2 \quad (3.2)$$

unde J este momentul de inerție, în raport cu axa de rotație a pendulului, al tuturor maselor rigidizate de brațul 2 al pendulului.

Energia potențială depinde de poziția pe verticală a centrului de masă B

$$E_p(t) = mgL(1 - \cos(\beta + \alpha - \theta(t))) \quad (3.3)$$

unde  $\alpha$  este unghiul pe care vectorul  $\overline{OB}$ , de lungime L, o a centrului de masă B o face cu axa brațului 2 al pendulului.

În echilibrul energetic intervin și următoarele energii:

- $E_{dp}$  energia arcului platbandă

$$E_{dp}(t) = \frac{1}{2} k_p (w(t))^2 \quad (3.4)$$

unde  $w(t)$  este deformația, la momentul  $t$ , a platbandei arc 7, în punctul P (fig. 3.3) de contact cu rulmentul de sprijin 9,  $k_p$  fiind constanta elastică a platbandei,

$$k_p = \frac{3EI}{L_b} \quad (3.5)$$

$E=2.15 \cdot 10^{11}$  N/m, fiind modulul de elasticitate al oțelului, material din care este confecționată platbanda arc 7, iar  $I$  modulul de inerție geometric al secțiunii transversale a platbandei

$$I = \frac{bs^2}{12} \quad (3.6)$$

$b$  și  $s$  fiind lățimea respectiv grosimea platbandei arc 7.  
Deformației  $w(t)$  îi corespunde o rotire

$$\theta(t) \approx \frac{w(t)}{R} \quad (3.7)$$

prin intermediul căreia expresia (2.4) a energiei de deformație devine

$$E_{dp}(t) = \frac{1}{2} k_p R^2 (\theta(t))^2 \quad (3.8)$$

- *energia de deformație a arcului 3<sub>a</sub> amplasat în interiorul amortizorului 3*

$$E_{da} = \frac{1}{2} k_a (u - u_0)^2 \quad (3.9)$$

unde  $u = |\overline{AC}|$  este distanța dintre articulațiile de prindere ale amortizorului, A, de prindere de brațul 2 și C fixat de batiul 1, de coordonate  $x_C$  și  $y_C$ ,  $u_0$  fiind distanța dintre articulațiile A și C în stare nemontată a amortizorului.

Amortizorul 3 având, în principal, funcția de disipator de energie introduce o forță de legătură

$$F_d = F_d(v_r, p_s, \varepsilon) \quad (3.10)$$

ce depinde de viteza relativă dintre capetele A și C

$$v_r = \frac{du}{dt}, \quad (3.11)$$

de parametrii  $p_s$  ai suspensiei fluid - particule și de fluxul magnetic  $\phi$  al câmpului magnetic ce străbate suspensia.

Sistemul dinamic are un singur grad de libertate depinzând la orice moment de poziția unghiulară  $\theta(t)$  a brațului 2 al pendulului, distanța  $u = |\overline{AC}|$  dintre



articulațiile de prindere a amortizorului și deformația  $w(t)$  a arcului platbandă 7 depinzând de  $\theta(t)$ .

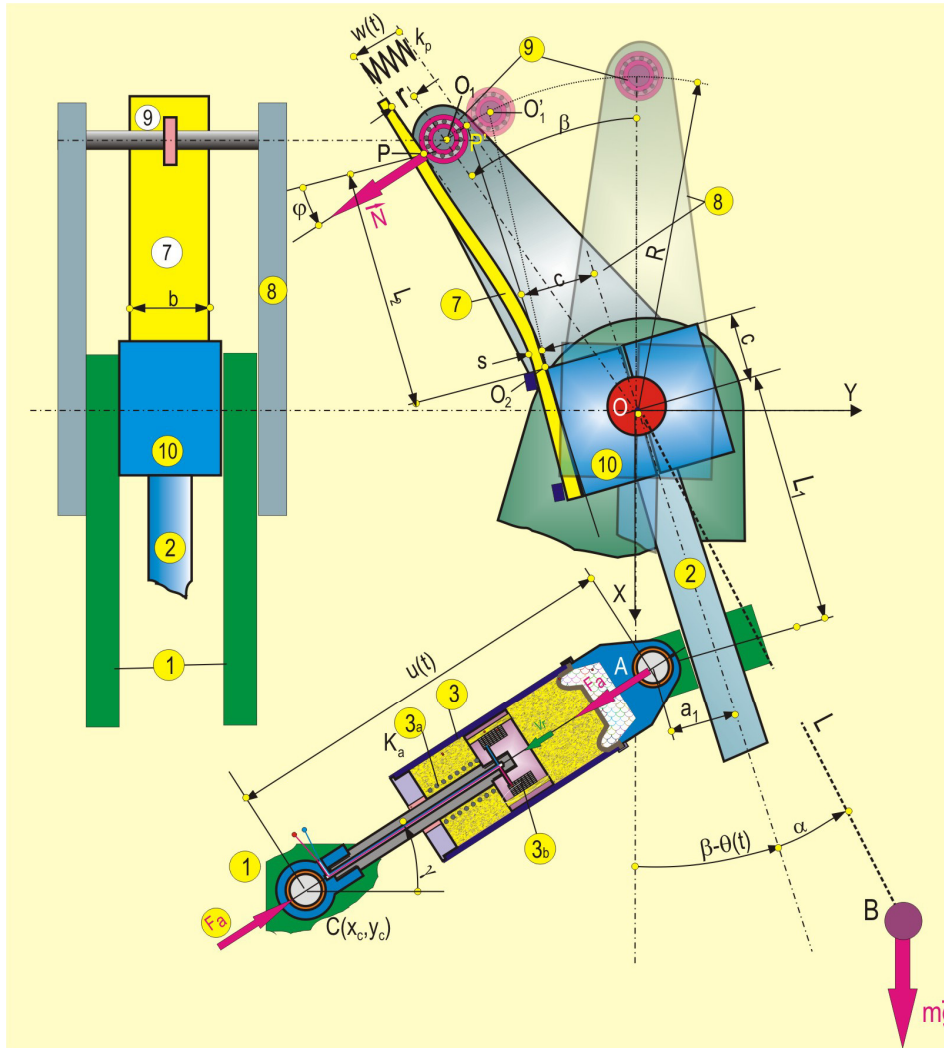


Fig.3.3 Ilustrarea echilibrului dinamic al mecanismului standului de testare a amortizorului

Astfel, din condiții geometrice, (fig. 3.3), se obțin relațiile

$$\begin{aligned} y_C + u \cos \gamma + a_1 \cos(\beta + \theta) - L_1 \sin(\beta + \theta) &= 0 \\ x_C - u \sin \gamma - a_1 \sin(\beta + \theta) - L_1 \cos(\beta + \theta) &= 0 \end{aligned} \quad (3.12)$$

de unde

$$u = \sqrt{x_C^2 + y_C^2 + a_1^2 + L_1^2 + 2(x_C a_1 + y_C L_1) \sin(\beta - \theta) + 2(x_C L_1 - y_C a_1) \cos(\beta - \theta)} \quad (3.13)$$

și

$$\gamma = \arctg \frac{x_C - a_1 \sin(\beta - \theta) - L_1 \cos(\beta - \theta)}{L_1 \sin(\beta - \theta) - \gamma_C - a_1 \cos(\beta - \theta)} \quad (3.14)$$

Prin derivarea relației (3.11) în raport cu timpul, se obține, conform cu (3.9), viteza relativă

$$v_r = \frac{du}{dt} = \frac{-(x_C a_1 + \gamma_C L_1) \cos(\beta - \theta) + (x_C L_1 - \gamma_C a_1) \sin(\beta - \theta)}{\sqrt{x_C^2 + \gamma_C^2 + a_1^2 + L_1^2 + 2(x_C a_1 + \gamma_C L_1) \sin(\beta - \theta) + 2(x_C L_1 - \gamma_C a_1) \cos(\beta - \theta)}} \frac{d\theta}{dt} \quad (3.15)$$

Pentru deducerea ecuației diferențiale de echilibru dinamic al sistemului pendular se apelează la forma Lagrange,

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial E_C}{\partial \dot{\theta}} \right) - \frac{\partial E_C}{\partial \theta} + \frac{\partial E_p}{\partial \theta} + \frac{\partial (E_{dp} + E_{da})}{\partial \theta} + \frac{\partial E_{dispa}}{\partial \theta} = 0 \quad (3.16)$$

pentru care rezultă:

- din (3.2),

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial E_C}{\partial \dot{\theta}} \right) = -J\ddot{\theta}(t) \quad (3.17)$$

- din (3.3),

$$\frac{\partial E_p(t)}{\partial \theta} = mgL [\sin(a + \beta) \cos \theta(t) - \sin \theta(t) \cos(a + \beta)] \quad (3.18)$$

- din (3.8),

$$\frac{\partial E_{dp}(t)}{\partial \theta} = k_p R^2 \theta(t) \quad (3.19)$$

- și, din (3.9) și (3.13)

$$\begin{aligned} \frac{\partial E_{da}}{\partial \theta} = k_a \left\{ \sqrt{x_C^2 + \gamma_C^2 + a_1^2 + L_1^2 + 2(x_C a_1 + \gamma_C L_1) \sin(\beta - \theta) + 2(x_C L_1 - \gamma_C a_1) \cos(\beta - \theta)} - u_0 \right\} \times \\ \times \frac{-(x_C a_1 + \gamma_C L_1) \cos(\beta - \theta) + (x_C L_1 - \gamma_C a_1) \sin(\beta - \theta)}{\sqrt{x_C^2 + \gamma_C^2 + a_1^2 + L_1^2 + 2(x_C a_1 + \gamma_C L_1) \sin(\beta - \theta) + 2(x_C L_1 - \gamma_C a_1) \cos(\beta - \theta)}} \end{aligned} \quad (3.20)$$

Energia de disipație  $E_{\text{dispa}}$  depinde de lucrul mecanic al forței de disipație  $F_d = F_d(v_r, \rho_s, \phi)$ , pentru care se definesc diferite modele (capitolul 2)

În prima fază să considerăm sistemul dinamic pasiv, fără amortizare, ( $E_{\text{dispa}}=0$ ) a cărui ecuație diferențială de mișcare, după legea  $\theta(t)$ , este,

$$\begin{aligned}
 & -J\ddot{\theta}(t) + mgL[\sin(a + \beta)\cos\theta(t) - \sin\theta(t)\cos(a + \beta)] + k_p R^2 \dot{\theta}(t) - \\
 & -k_a \left\{ \sqrt{x_C^2 + y_C^2 + a_1^2 + L_1^2 + 2(x_C a_1 + y_C L_1)\sin(\beta - \theta) + 2(x_C L_1 - y_C a_1)\cos(\beta - \theta)} - u_0 \right\} \times \\
 & \times \frac{-(x_C a_1 + y_C L_1)\cos(\beta - \theta) + (x_C L_1 - y_C a_1)\sin(\beta - \theta)}{\sqrt{x_C^2 + y_C^2 + a_1^2 + L_1^2 + 2(x_C a_1 + y_C L_1)\sin(\beta - \theta) + 2(x_C L_1 - y_C a_1)\cos(\beta - \theta)}} = 0
 \end{aligned} \tag{3.21}$$

Ecuația diferențială (3.21) admite o soluție  $\theta_s = \text{ct}$ , care dă poziția de echilibru static prin ecuația trigonometrică,  $\alpha$  și  $\beta$  fiind constante

$$\begin{aligned}
 & mgL[\sin(a + \beta)\cos\theta_s - \sin\theta_s\cos(a + \beta)] + k_p R^2 \dot{\theta}_s - \\
 & -k_a \left\{ \sqrt{x_C^2 + y_C^2 + a_1^2 + L_1^2 + 2(x_C a_1 + y_C L_1)\sin(\beta - \theta_s) + 2(x_C L_1 - y_C a_1)\cos(\beta - \theta_s)} - u_0 \right\} \times \\
 & \times \frac{-(x_C a_1 + y_C L_1)\cos(\beta - \theta_s) + (x_C L_1 - y_C a_1)\sin(\beta - \theta_s)}{\sqrt{x_C^2 + y_C^2 + a_1^2 + L_1^2 + 2(x_C a_1 + y_C L_1)\sin(\beta - \theta_s) + 2(x_C L_1 - y_C a_1)\cos(\beta - \theta_s)}} = 0
 \end{aligned} \tag{3.22}$$

În jurul acestei poziții  $\theta_s$  sistemul oscilează după legea  $\theta(t)$ , guvernată de ecuația diferențială

$$\begin{aligned}
 & -J\ddot{\theta}(t) + mg.L[\sin(a + \beta)\cos(\theta + \theta_s) - \sin(\theta + \theta_s)\cos(a + \beta)] + k_p R^2 [\dot{\theta}(t) + \dot{\theta}_s] - \\
 & -k_a \left\{ \sqrt{x_C^2 + y_C^2 + a_1^2 + L_1^2 + 2(x_C a_1 + y_C L_1)\sin(\beta - \theta_s - \theta) + 2(x_C L_1 - y_C a_1)\cos(\beta - \theta_s - \theta)} - u_0 \right\} \times \\
 & \times \frac{-(x_C a_1 + y_C L_1)\cos(\beta - \theta_s - \theta) + (x_C L_1 - y_C a_1)\sin(\beta - \theta_s - \theta)}{\sqrt{x_C^2 + y_C^2 + a_1^2 + L_1^2 + 2(x_C a_1 + y_C L_1)\sin(\beta - \theta_s - \theta) + 2(x_C L_1 - y_C a_1)\cos(\beta - \theta_s - \theta)}} = 0
 \end{aligned} \tag{3.23}$$

care pentru mici elongații  $\theta(t)$ , unde se pot face aproximările,  $\cos\theta \approx 1$  și  $\sin\theta \approx \theta$ , cea ce duce la relațiile

$$\begin{aligned}
\sin(\theta + \theta_s) &= \theta \cos \theta_s + \sin \theta_s \\
\cos(\theta + \theta_s) &= \cos \theta_s - \theta \sin \theta_s \\
\sin(\beta - \theta - \theta_s) &= \sin(\beta - \theta_s) - \theta \cos(\beta - \theta_s) \\
\cos(\beta - \theta - \theta_s) &= \cos(\beta - \theta_s) + \theta \sin(\beta - \theta_s)
\end{aligned} \tag{3.24}$$

Cu acestea ecuația diferențială (3.21) trece în forma

$$\begin{aligned}
& -J\ddot{\theta}(t) + mgL[\sin(a + \beta)(\cos \theta_s - \theta \sin \theta_s) - (\theta \cos \theta_s + \sin \theta_s)\cos(a + \beta)] + k_p R^2 (\theta(t) + \theta_s) - \\
& -k_a \left\{ \sqrt{\frac{x_C^2 + y_C^2 + a_1^2 + L_1^2 + 2(x_C a_1 + y_C L_1)[\sin(\beta - \theta_s) - \theta \cos(\beta - \theta_s)] +}{+2(x_C L_1 - y_C a_1)[\cos(\beta - \theta_s) + \theta \sin(\beta - \theta_s)]}} - u_0 \right\} \times \\
& \times \frac{-(x_C a_1 + y_C L_1)[\cos(\beta - \theta_s) + \theta \sin(\beta - \theta_s)] + (x_C L_1 - y_C a_1)[\sin(\beta - \theta_s) - \theta \cos(\beta - \theta_s)]}{\sqrt{\frac{x_C^2 + y_C^2 + a_1^2 + L_1^2 + 2(x_C a_1 + y_C L_1)[\sin(\beta - \theta_s) - \theta \cos(\beta - \theta_s)] +}{+2(x_C L_1 - y_C a_1)[\cos(\beta - \theta_s) + \theta \sin(\beta - \theta_s)]}}} = 0
\end{aligned} \tag{3.25}$$

care ținând cont de (3.22) devine

$$J\ddot{\theta}(t) + K_e \theta(t) = 0 \tag{3.26}$$

o ecuație diferențială liniară omogenă care guvernează mișcarea oscilatorie  $\theta(t)$  în jurul poziției de echilibru static  $\theta_s$ , unde constanta elastică echivalentă  $K_e$ , are forma

$$K_e = \left\{ \begin{aligned} & mgL \cos(a + \beta - \theta_s) - k_p R^2 - \\ & k_a \left[ \sqrt{\frac{x_C^2 + y_C^2 + a_1^2 + L_1^2 + 2(x_C a_1 + y_C L_1) \sin(\beta - \theta_s) +}{+2(x_C L_1 - y_C a_1) \cos(\beta - \theta_s)}} - u_0 \right] \times \\ & \times \frac{-(x_C a_1 + y_C L_1) \sin(\beta - \theta_s) + (x_C L_1 - y_C a_1) \cos(\beta - \theta_s)}{\sqrt{\frac{x_C^2 + y_C^2 + a_1^2 + L_1^2 + 2(x_C a_1 + y_C L_1) \sin(\beta - \theta_s) +}{+2(x_C L_1 - y_C a_1) \cos(\beta - \theta_s)}}} \end{aligned} \right\} \tag{3.27}$$

ea putând fi modificată prin poziția unghiulară  $\beta$ , de blocare a cadrului 8, astfel încât poate fi modificată, prin intermediul ei, și pulsația proprie a micilor oscilații după legea  $\theta(t)$

$$\omega = \sqrt{\frac{K_e}{J}} \tag{3.28}$$

Acum, se poate introduce și termenul corespunzător amortizării controlate prin amortizorul MR, dată prin componenta disipativă  $F_d$  a forței de legătură  $F_a$ , a cărei lucru mecanic elementar virtual este

$$\delta L_d = F_d \delta u \quad (3.29)$$

unde, prin intermediul relației (3.15)

$$\delta u = \frac{-(x_C a_1 + y_C L_1) \cos(\beta - \theta) + (x_C L_1 - y_C a_1) \sin(\beta - \theta)}{\sqrt{x_C^2 + y_C^2 + a_1^2 + L_1^2 + 2(x_C a_1 + y_C L_1) \sin(\beta - \theta) + 2(x_C L_1 - y_C a_1) \cos(\beta - \theta)}} \delta \theta \quad (3.30)$$

astfel că, ecuația diferențială (3.26) a oscilațiilor libere amortizate poate fi scrisă sub forma

$$J\ddot{\theta}(t) + C_p F_d(v_r, p_s, \varepsilon) + K_e \theta(t) = 0 \quad (3.31)$$

unde  $C_p$  este o constantă

$$C_p = \frac{-(x_C a_1 + y_C L_1) \cos(\beta - \theta_s) + (x_C L_1 - y_C a_1) \sin(\beta - \theta_s)}{\sqrt{x_C^2 + y_C^2 + a_1^2 + L_1^2 + 2(x_C a_1 + y_C L_1) \sin(\beta - \theta_s) + 2(x_C L_1 - y_C a_1) \cos(\beta - \theta_s)}} \quad (3.32)$$

care depinde de unghiurile  $\beta$  și  $\theta_s$ .

Ecuația diferențială (3.31), care modelează dinamica standului pendular, cu amortizorul MR atașat, constituie modelul de identificare a caracteristicii amortizorului MR.

### 3.3 Simularea numerică a modelului dinamic

Cu ajutorul modelului A se poate studia comportamentul dinamic al sistemului pendul care include amortizorul cu fluid MR tip LORD ce s-a utilizat în cadrul experimentelor. Modelul a fost realizat cu ajutorul programului SimMechanics, ce rulează sub mediul de programare MATLAB.

Modelul s-a construit cu ajutorul blocurilor definite în biblioteca programului. Schema de simulare este prezentată în figură:

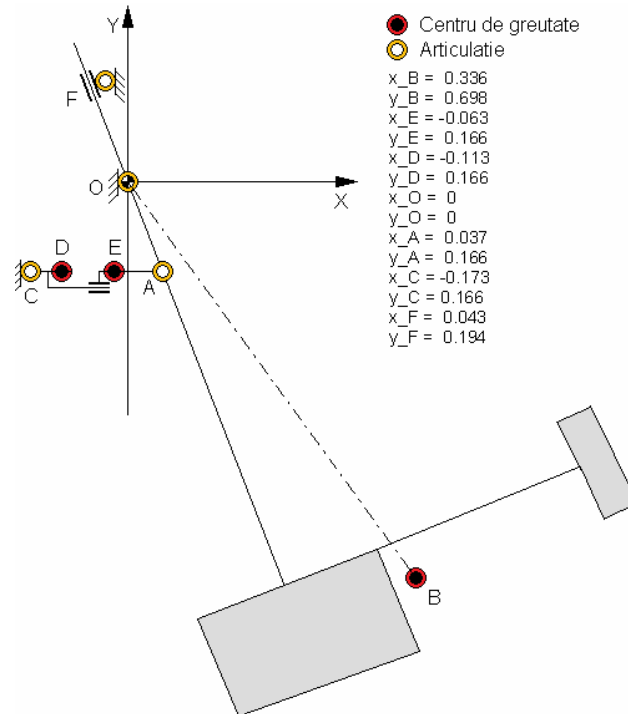


Fig. 3.4 Ilustrarea modelului dinamic simplificat rezolvat prin consola Simulink a mediului de programare Matlab

Tabelul 3.1. Date de programare pentru simularea răspunsului dinamic al standului

CORP	PORT	Coord. X	Coord. Y
Pendul	CG (B)	0.336	0.698
	CS1 (O)	0.000	0.000
	CS2 (A)	0.037	0.166
Piston	CG (E)	-0.063	0.166
	CS1 (A)	0.037	0.166
	CS2 (G)	-0.083	0.166
Cilindru	CG (D)	-0.113	0.166
	CS1 (G)	-0.083	0.166
	CS2 (C)	-0.173	0.166
Fixare O	Coord. (O)	0	0
Fixare C	Coord. (C)	-0.173	0.166

Pentru fiecare bloc s-au definit parametrii geometrici (fig. 3.4) și dinamici. Calculul coordonatelor punctelor caracteristice s-a realizat cu ajutorul unui program MATLAB (ANEXA 2). Afișarea diagramelor mișcării punctelor caracteristice și a forțelor s-a realizat cu același program.

• **Modelul I**

Cu ajutorul modelului 1 se poate studia comportamentul dinamic al sistemului pendul care include amortizorul cu fluid MR tip LORD ce s-a utilizat în cadrul experimentelor. Modelul a fost realizat cu ajutorul programului SimMechanics, ce rulează sub mediul de programare MATLAB.

Modelul s-a construit cu ajutorul blocurilor definite în biblioteca programului. Schema de simulare este prezentată în fig.3.5:

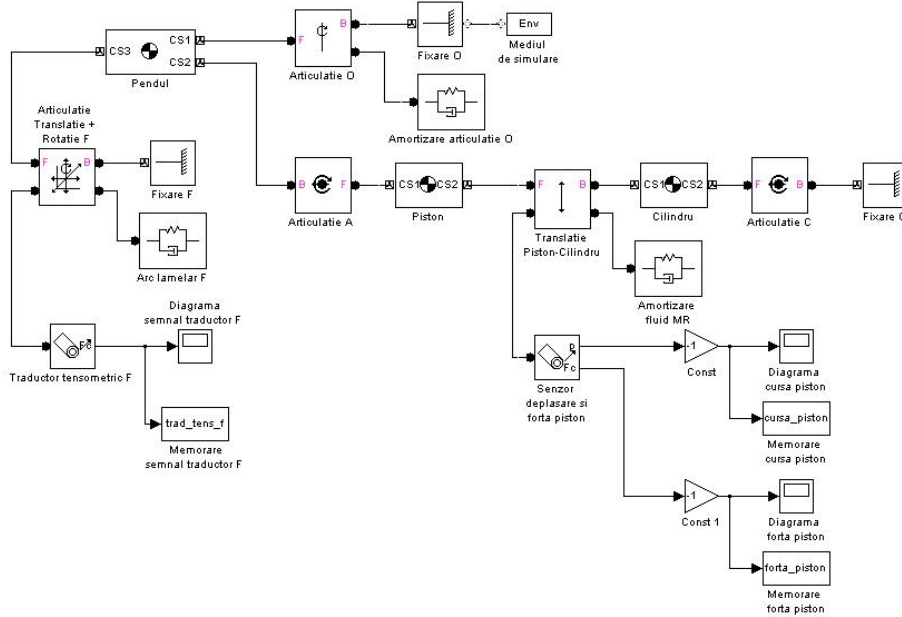


Fig. 3.5 Schema bloc a modelului programat în SimMechanics

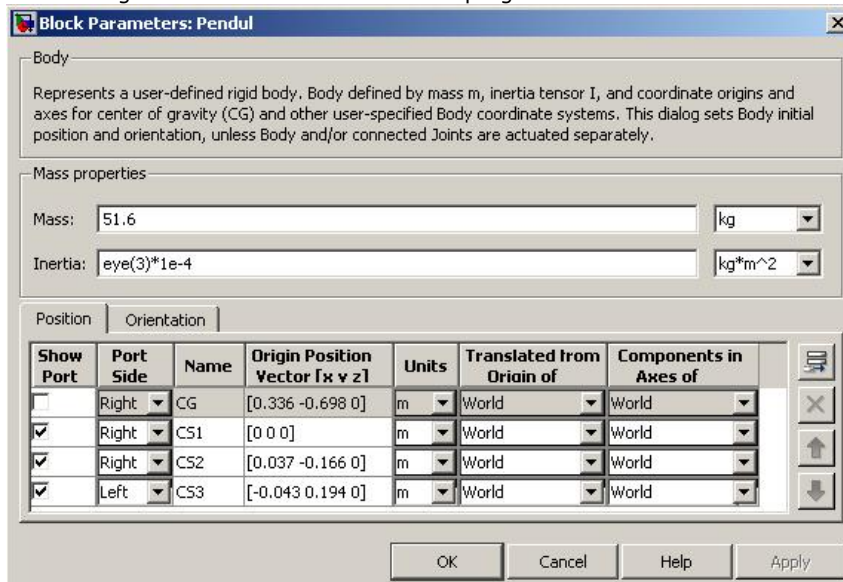


Fig. 3.6 Fereastra de programare parametrii pentru pendul

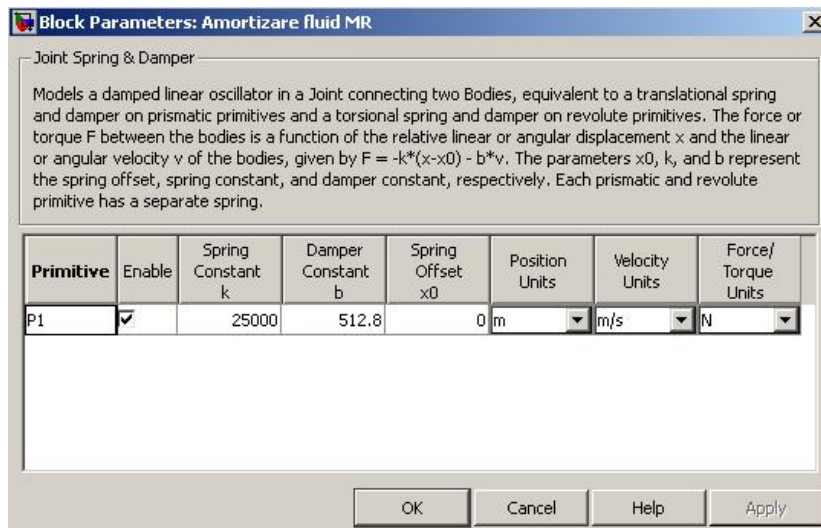


Fig. 3.7 Fereastra de programare parametrului pentru amortizorul cu fluid MR

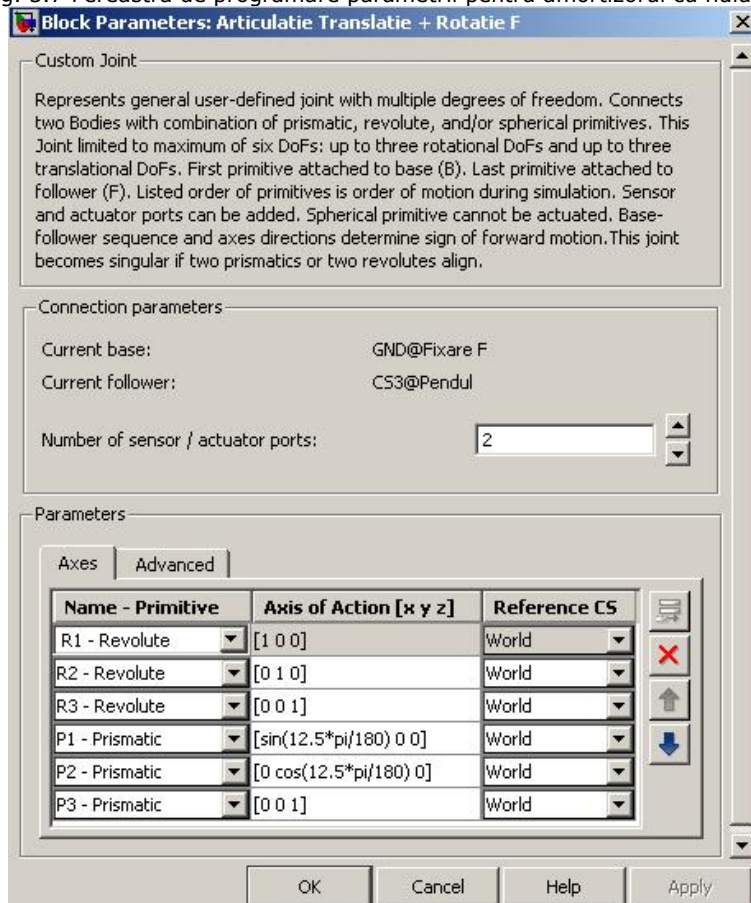


Fig. 3.8 Fereastra de programare parametrului pentru articulație-translație (punct F)



Simularea a fost realizată pentru diferite valori ale coeficientului de amortizare, valori ce s-au obținut conform curbelor date în documentația amortizorului (LORD TECHNICAL DATA RD-1005-3 Damper). Valorile coeficienților utilizați sunt date în tabelul 3.2.

Tabelul 3.2 Coeficienții de amortizare pentru diverse intensități ale curentului de excitație bobină amortizor cu fluid MR

Nr. simulare	Coeficient de amortizare MR
1	512.8
2	1092.7
3	1672.5
4	2252.4
5	2832.2
6	3412.1
7	3992.0
8	4571.8
9	5151.7
10	5731.5
11	6311.4

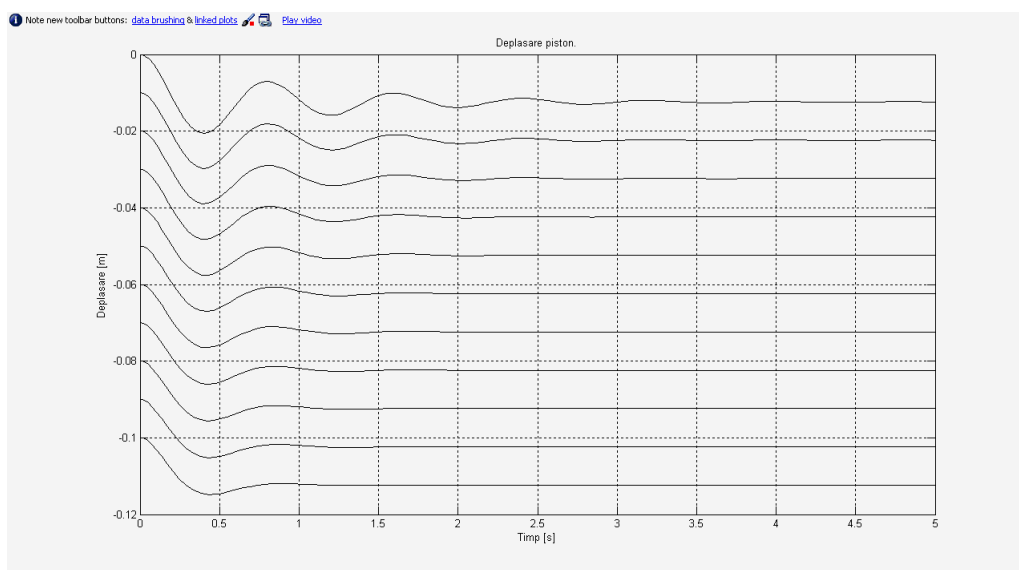


Fig.3.9 Diagramele oscilațiilor libere amortizate ale mișcării pistonului  $u(t)$  (fig.2.3) corespunzătoare celor 11 valori ale curentului de alimentare a bobinei amortizorului cu fluid MR

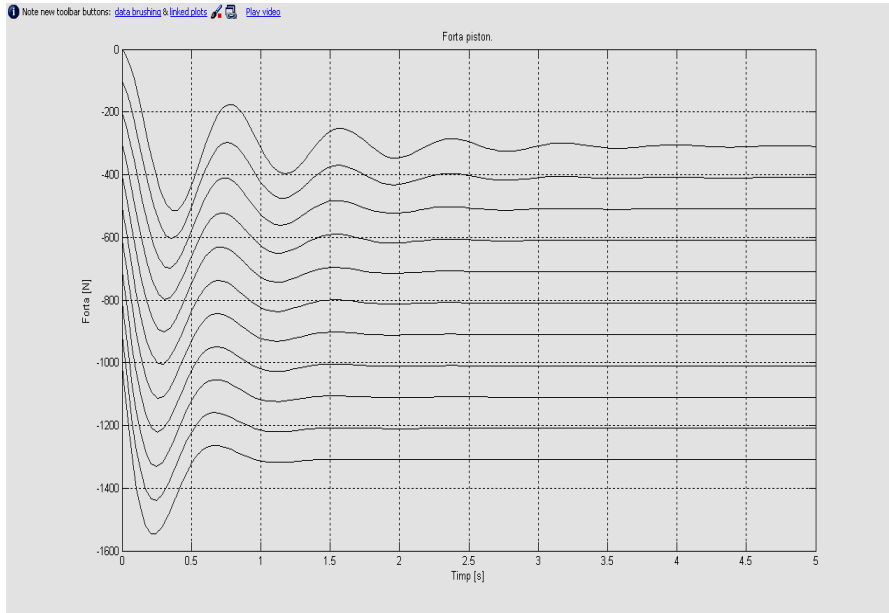


Fig.3.10 Diagramele oscilațiilor libere amortizate ale forței de legătură  $F_a(t)$  (fig.2.3) a amortizorului (3) corespunzătoare celor 11 valori ale curentului de alimentare a bobinei amortizorului cu fluid MR

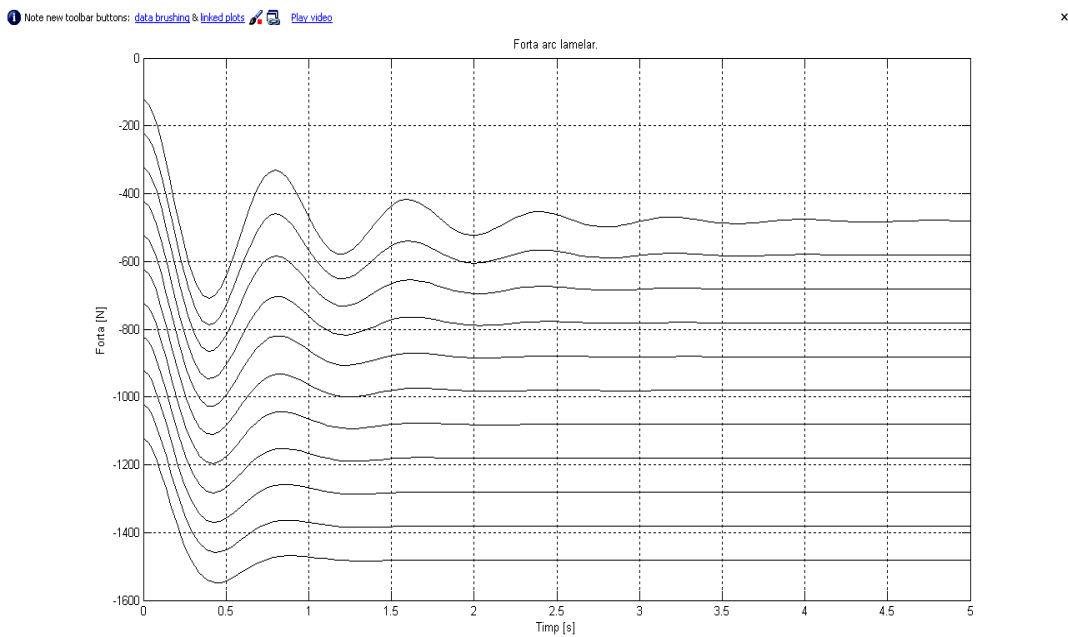


Fig.3.10 Diagramele oscilațiilor libere amortizate ale reacțiunii  $N(t)$  pe arcul lamelar 7 (fig.2.3) corespunzătoare celor 11 valori ale curentului de alimentare a bobinei amortizorului cu fluid MR

• **MOBELUL II**

Partea mecanică a modelului este similară cu cea pentru modelul I. Amortizorul a fost modelat conform schemei OH și ONODA după modelul prezentat anterior.

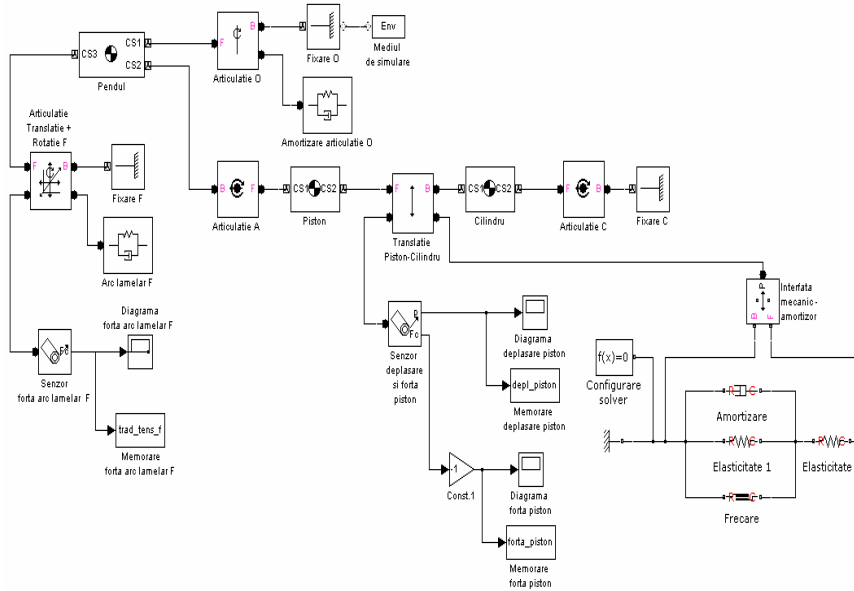


Fig. 3.11 Schema bloc a modelului programat în SimMechanics cu modelarea amortizorului după schema OH-ONODA

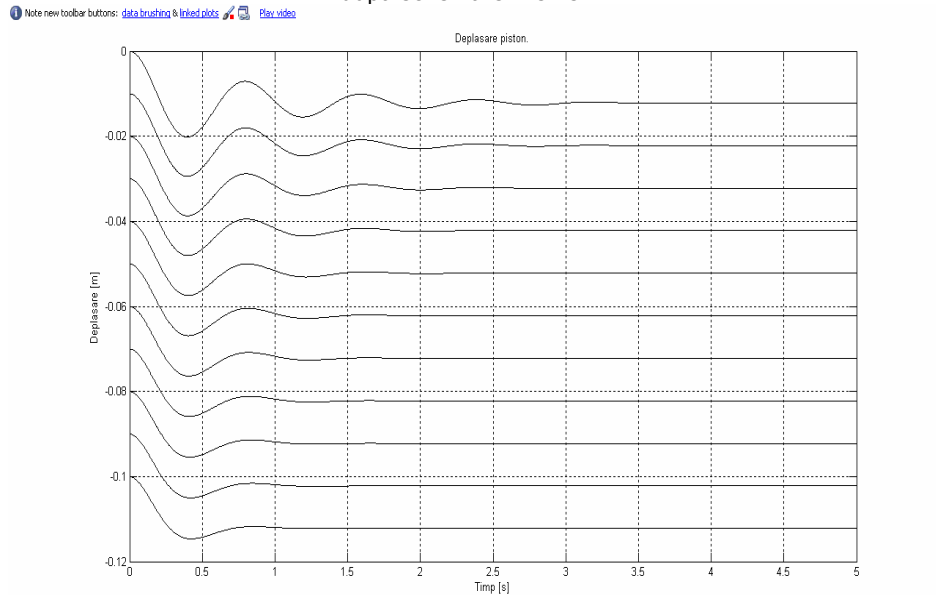


Fig. 3.12 Diagramele oscilațiilor libere amortizate ale mișcării pistonului  $u(t)$  (fig.2.3) corespunzătoare celor 11 valori ale curentului de alimentare a bobinei amortizorului cu fluid MR, modelat după schema OH-ONODA

## 44 Testarea amortizoarelor cu MRF-3

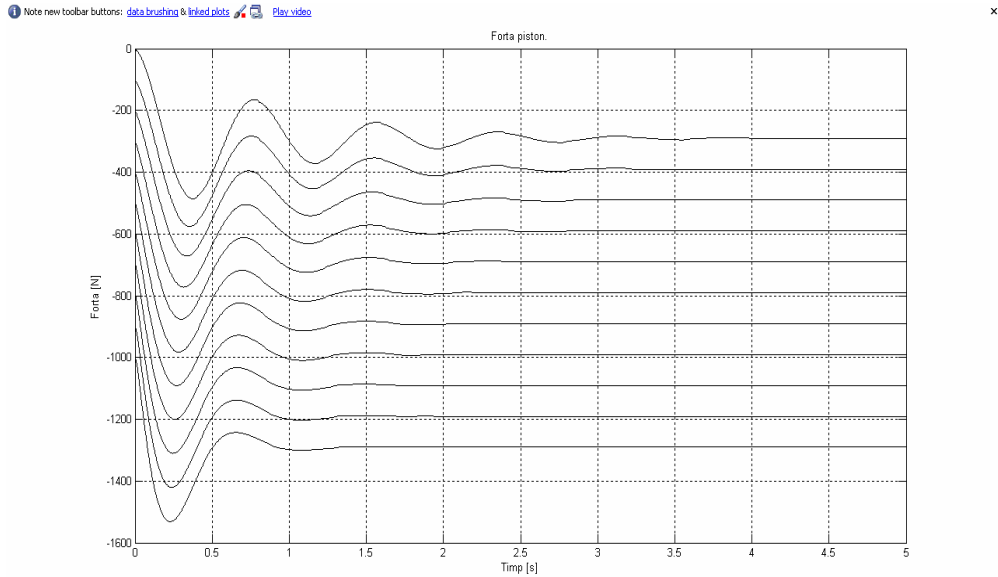


Fig. 3.13 Diagramele oscilațiilor libere amortizate ale forței de legătură  $F_a(t)$  (fig.2.3) a amortizorului (3) corespunzătoare celor 11 valori ale curentului de alimentare a bobinei amortizorului cu fluid MR , modelat după schema OH-ONODA

În cadrul simulării s-a realizat și animația mișcărilor pendulului (directorul model\_a/animații), pentru valoarea minimă și maximă a coeficientului de amortizare din tabelul 2.2

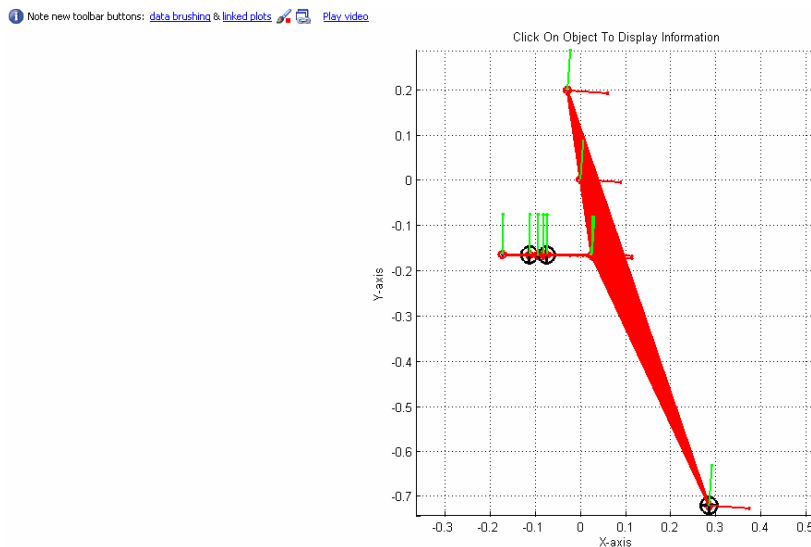


Fig. 3.14 O secvență din animația mișcării pendulare

### 3.4 Teste experimentale

În figura 3.15 este prezentată o vedere de ansamblu a standului și echipamentelor de măsurare unde sunt marcate pozițiile:

- 1- batiul pendulului,
- 2- pendulul ghilotinei Charpy, (detalii fig.3.16)
- 3- amortizorul cu fluid MR, (detalii fig.3.17)
- 4- traductorul pentru forță  $F_a$  de legătură a amortizorului (detalii fig.3.18)
- 5- traductorul incremental de măsurare a poziției unghiulare a pendulului (detalii în fig.3.19).

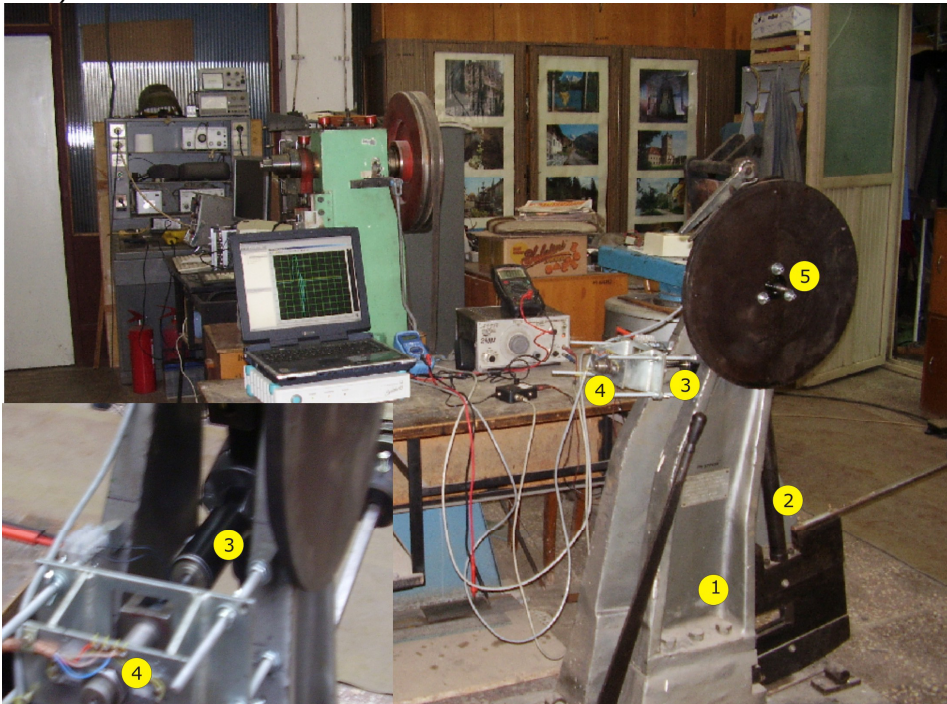
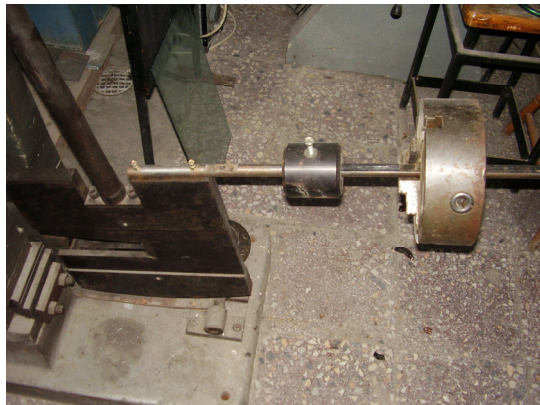


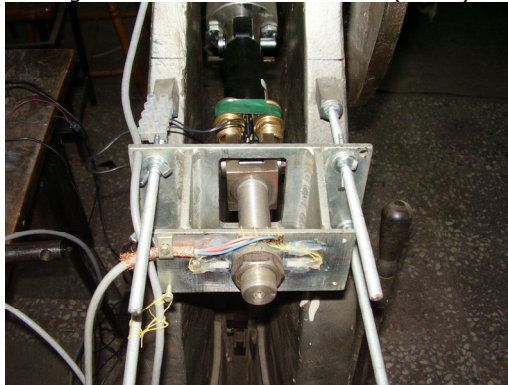
Fig. 3.15 Standul de testare al amortizorului MR



3.16. Pendul cu ghilotină modificată



Fig. 3.17 Amortizor cu fluid MR (LORD)



3.18. Dispozitiv de prindere al brațului de amortizor. Traductorul pentru forța de legătură a amortizorului



3.19. Traductorul incremental de măsurare a poziției unghiulare a pendulului atașat la axul pendulului

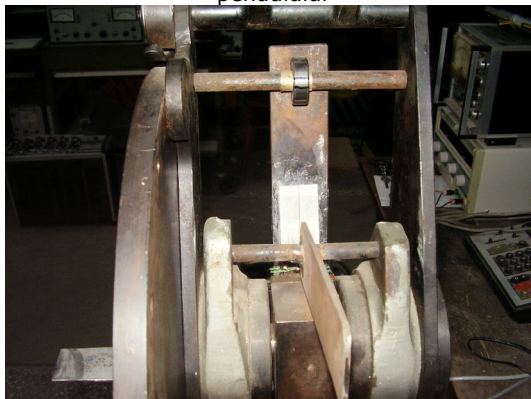


Fig.3.20. Arc lamelar prevăzut cu punte tensometrică fixat în prelungirea pendulului

Lansând pendulul din aceeași poziție unghiulară fig. 3.21 sunt prezentate diagramele legii de mișcare ale pendulului, corespunzătoare a 11 grade de amortizare, programate prin modificarea caracteristicilor reologice a amortizorului la 11 tensiuni de alimentare a bobinei 3b, (fig. 3.3). Semnalul de ieșire, furnizat de traductoare, este digitalizat prin convertorul analog digital A/D (SPIDER-8) și trecut sub forma unui fișier în memoria calculatorului, folosind programul dedicat CATMAN.

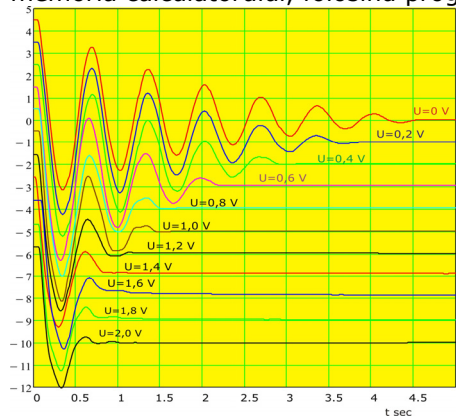


Fig. 3.21 Oscilogrammele mișcării pendulare pentru 11 grade de amortizare ale amortizorului MR, programate prin 11 tensiuni de alimentare a bobinei amortizorului

Cum este și normal, gradul de amortizare cel mai scăzut este pentru tensiune de alimentare  $u=0$  V, stingerea oscilației corespunzătoare făcându-se după 7 secunde iar pentru tensiune de alimentare de 2 V stingerea oscilațiilor făcându-se după numai o secundă.

Prin prelucrarea acestor oscilogramme se poate determina caracteristica de amortizare a oricărui dispozitiv disipativ, fără a necesita utilizarea unui excitator cu forță de excitație de nivel înalt, cum sunt pulsatoarele hidraulice, foarte scumpe.

### 3.5 Concluzii parțiale

S-au realizat două modele pentru a studia comportamentul dinamic al sistemului amortizor-pendul. Modelele au fost realizate cu ajutorul programului Sim Mechanics ce rulează sub mediul de programare MATLAB. La al doilea model s-a plecat de la modelul Oh-Onoda. În cadrul simulării s-a realizat și animația mișcărilor pendulului pentru valoarea minima și maxima a coeficientului de amortizare.

S-a realizat un stand pentru experimente și măsurători prin modificarea unui pendul Charpy. S-au realizat și atașat dispozitive mecanice reglabile care să reducă amplitudinea impulsurilor și să facă posibilă utilizarea de punți tensiometrice pentru colectarea de date. Modificările au vizat și posibilitatea montării de amortizoare de diferite gabarite și forte făcând doar reglaje simple.

Din studiul comparativ al datelor experimentale și simulate se poate concluziona că rezultatele oferite de Modelului I se apropie cel mai mult de cele obținute experimental

Punerea în evidență al unui fenomen care poate fi foarte util pentru autotestarea unui amortizor cu MRF cu circuit intern. Solenoidul din interiorul amortizorului generează o tensiune de ordinul mV-lor în timpul funcționării deci, în anumite condiții, solenoidul poate fi folosit ca un senzor fără să utilizăm alte elemente. Această facilitate urmează să fie studiată în viitorul apropiat pentru amortizoarele de acest tip montate pe autoturisme prevazute cu calculator de bord pentru implementarea funcției de autotestare în regim dinamic

## Capitolul 4 DIPOZITIVE AMORTIZOARE MR. APLICAȚII

Cele mai multe aplicații ale dispozitivelor cu materiale magnetoreologice se găsesc în domeniul amortizării vibrațiilor mecanice la structuri de mașini, utilaje, instalații și construcții industriale și civile, unde acțiunea acestor dispozitive este una semiactivă, prin care este controlată funcția de disipație. Controlul amortizării este, în majoritatea cazurilor, foarte eficace la atenuarea vibrațiilor structurilor.

### 4.1. Dispozitive pasive

Primele dispozitive, la care s-au folosit materialele electro și magneto reologice, au fost amortizoarele de vibrații la suspensiile automobilelor la care amortizarea vibrațiilor se face prin disiparea energetică utilizând un circuit hidraulic închis într-un cilindru cu două camere, umplute cu lichid, care comunică prin orificii ce constituie rezistențe hidraulice, prin care se realizează transferul energetic.

#### 4.1.1. Dispozitive amortizoare hidraulice lineare cu piston

Funcțional, amortizorul linear pasiv, (fig.4.1), se compune din două camere 1a și 1b în cilindrul 1, delimitate de pistonul 3, acționat prin tija 2.

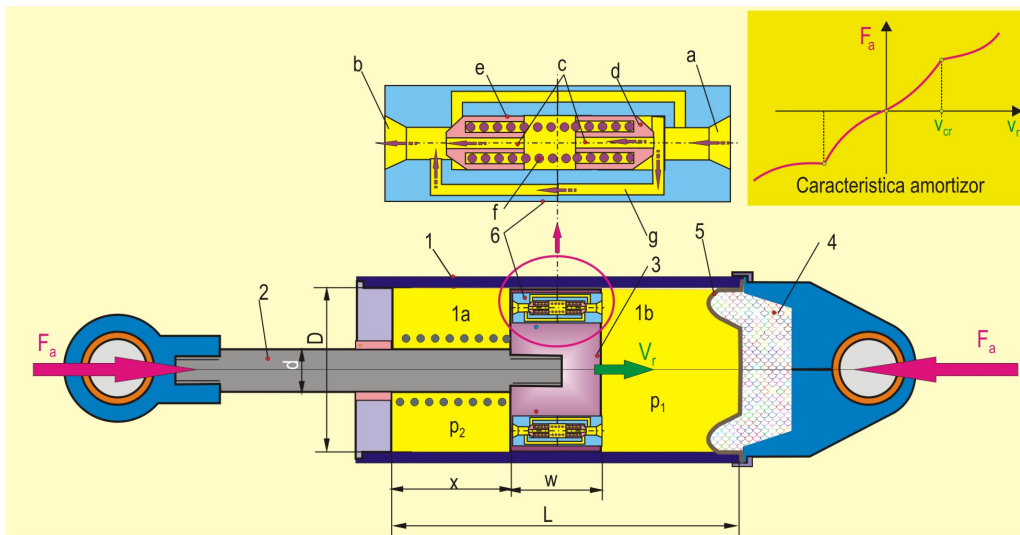


Fig. 4.1 Construcția clasică a unui amortizor pasiv pentru suspensiile autovehiculelor



Cele două camere sunt umplute cu lichid amortizor considerat ca fiind practic incompresibil, astfel ca, la deplasarea relativă a tijei 2 a pistonului 3 față de cilindrul 1, după legea  $x(t)$ , cu viteza

$$v_r = \frac{dx(t)}{dt} \quad (4.1)$$

se produc variații de volume

$$\Delta V_a = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \frac{dx(t)}{dt} \quad \Delta V_b = \frac{\pi}{4} D^2 \frac{dx(t)}{dt} \quad (4.2)$$

ale camerelor 1a și 1b, în cilindrul 1, delimitate de pistonul 3, diferența

$$\Delta V = \Delta V_b - \Delta V_a \quad (4.3)$$

fiind compensată de acumulatorul cu gaz 4, delimitat de camera 1b prin diafragma elastică 5.

Lichidul amortizor circulă între cele două camere prin canalele valvei bidirecțională 6 plasată în pistonul 3, valva fiind o rezistență hidraulică pasivă, debitul masic  $Q$

$$Q = \rho A v_r \quad (4.4)$$

ce trece dintr-o cameră în alta prin valve este legat de presiunile  $p_1$  și  $p_2$  prin intermediul unei relații de forma generală,

$$Q = \frac{1}{C_r} (p_1 - p_2)^n \quad (4.5)$$

unde  $\rho$  și  $A$  sunt densitatea lichidului amortizor și, respectiv, aria pistonului

$$A = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \quad (4.6)$$

$C_r$  exprimă valoric rezistența întâmpinată la trecerea prin valvă de lichid și se numește coeficient de pierdere al presiunii iar  $n$  este un alt coeficient care pentru lichidul ideal este  $n=0,5$ . Coeficientul  $C_r$  depinde de vâscozitatea dinamică a lichidului și de geometria canalelor de trecere a lichidului prin valva 4.

Forța de legătură  $F_a$  pe care amortizorul o dezvoltă este

$$F_a = \frac{\pi}{4} [p_1 D^2 - p_2 (D^2 - d^2)] \quad (4.7)$$

din care ținând cont de faptul că  $D^2 \gg d^2$  și de relațiile (4.4) și (4.5) va rezulta

$$F_a \approx \frac{\pi D^2}{4} (C_r \rho A v_r)^{\frac{1}{n}} \quad (4.8)$$

fiind o funcție neliniară de viteza relativă  $v_r$ .

La o anumită viteză relativă critică  $v_{r,c}$ , presiunea  $p_1$  din camera 1b ajunge la o anumită valoare la care forța axială rezultată pe fața frontală a supapei  $d$ , a valvei 6, învinge forța de pretensionare din arcul  $f$ , cea ce duce la deplasarea supapei  $d$  deschizându-se canalul bypass  $g$  de trecere a lichidului din camera 1b în camera 1a, în paralel cu canalul axial  $c$ . Mărindu-se secțiunea de trecere a lichidului automat se micșorează coeficientul  $C_r$  de pierdere a presiunii astfel încât mărind în continuare viteza relativă  $v_r$  caracteristica trece pe o ramură mai lină (fig.4.1, medalion). Această caracteristică cu inflexiuni și în general asimetrică este eficace la amortizarea pasivă a vibrațiilor suspensiilor autovehiculelor.

Pentru alte aplicații ale amortizării vibrațiilor la structuri se pot aplica soluții mai simple, (fig.4.2) cu tija 2 a pistonului prelungită în ambele camere 1a și 1b, astfel încât aria secțiunilor active  $A$  este aceeași pentru ambele fețe ale pistonului 3, ne mai fiind necesară existența acumulatorului compensator de volum.

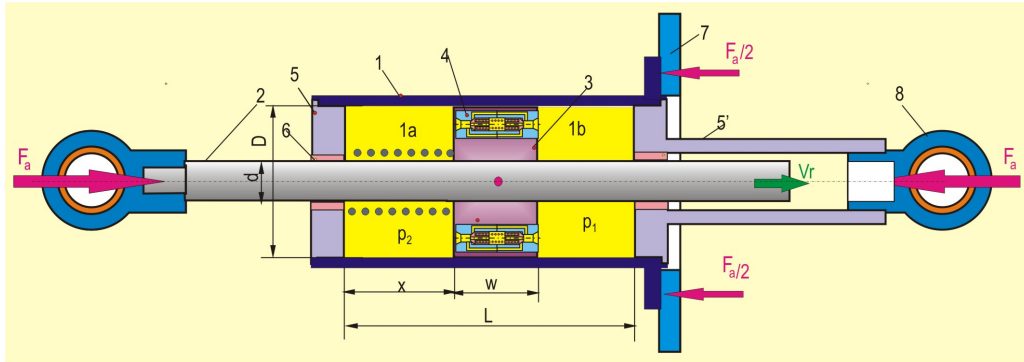


Fig. 4.2 Amortizor liniar cu tijă 2 pe ambele fețe ale pistonului 3

O altă simplificare constructivă se realizează prin plasarea valvei 6, (fig.4.3), în exteriorul cilindrului 1, legătura între cele două camere, 1a și 1b, făcându-se prin calea bypass 5. Compensarea volumetrică se poate face prin introducerea în cilindru 1 unui al doilea piston 4 realizându-se acumulatorul 1c umplut cu gaz.

În multe cazuri de atenuare a vibrațiilor structurilor utilizând dispozitive amortizoare este necesar ca forța de legătură introdusă de dispozitiv să fie reglată la o anumită valoare optimă pentru atenuare. Acest lucru se poate realiza prin soluția tehnică prezentată în fig.4.4. Atât acumulatorul 5 cât și valva 7, de construcție rotativă, sunt amplasate în exteriorul cilindrului 1, legătura hidraulică dintre camerele 1a și 1b făcându-se prin căile bypass  $c$  și  $d$  între care este înseriată valva rotativă.

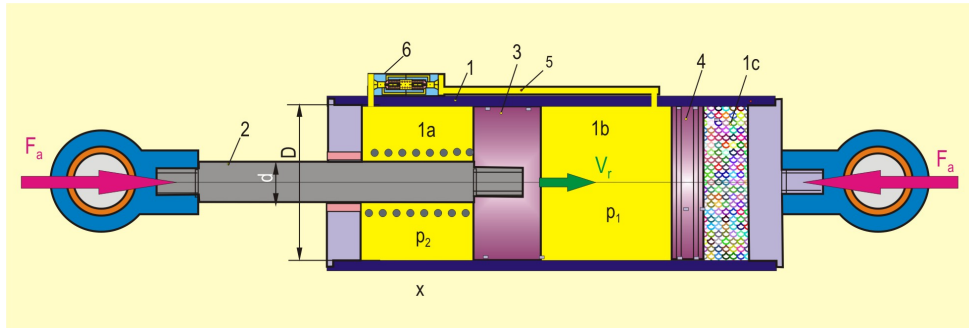


Fig. 4.3 Amortizor linear cu valvă exterioră

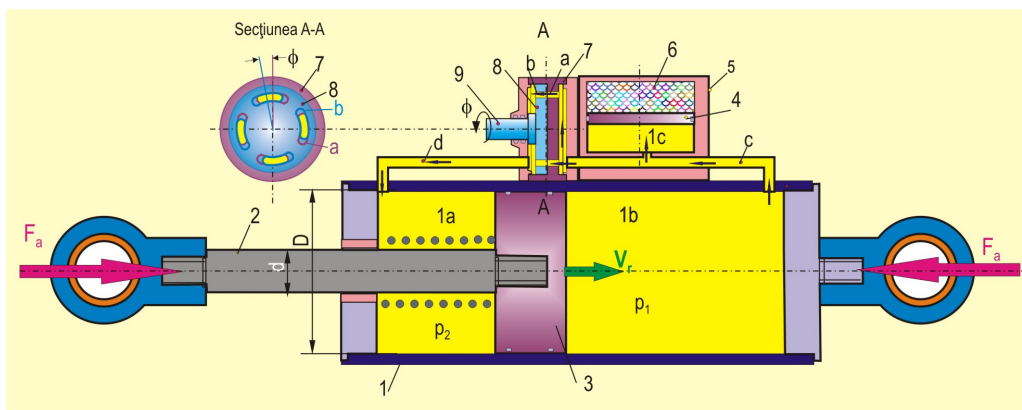


Fig. 4.4 Amortizor linear cu valvă rotativă și acumulator exterior

Aceasta dă posibilitate reglării secțiunii de trecere a lichidului prin fantele a și b, identice, care străpung discurile 7 și 8. Secțiunea de trecere a lichidului se modifică ușor prin rotirea, din axul 9, solidar cu discul 8, a poziției unghiulare  $\phi$  a discului 8 față de discul 7 fix. Prin suprapunerea exactă a celor două fante secțiunea de trecere a lichidului prin valvă este maximă cea ce duce la o rezistență hidraulică minimă, iar la o nesuprapunere rezistența hidraulică este maximă. La axul 9 poate fi cuplat un servomotor comandat.

#### 4.1.2. Dispozitive amortizoare pasive pentru deplasări mici

##### 4.1.2.1. Dispozitive hidraulice

În general nivelurile de vibrații periculoase pentru structuri de mașini, utilaje și construcții industriale și civile nu depășesc câțiva milimetri. De aceea, în aceste cazuri, utilizarea amortizoarelor hidraulice cu piston nu se justifică. Se folosesc dispozitive pe bază de materiale polimerice, cu proprietăți elastice și disipative. Astfel în figura 1 este prezentă o soluție de realizare a unui amortizor pasiv pentru deplasări mici, compus dintr-un element elastic 1, din cauciuc, cu un contur revolut profilat, astfel încât permite fixarea de el, la un capăt un element de sprijin 2 iar de suprafața exterioară o carcasă învelitoare 3. Această construcție permite o deplasare  $x$ , sub acțiunea unei forțe axiale  $F_a$ , prin deformarea elastică a elementului de cauciuc 1, după o caracteristică elastică de tip tare.

Deoarece un rol important la atenuarea vibrațiilor structurilor de mașini și utilaje îl joacă disiparea energetică, dispozitivul permite realizarea a două camere închise 1a și 1b, care comunică prin valva 4, de exemplu cea prezentată în fig.4.5. Valva fiind o rezistență hidraulică aceasta permite o disipare energetică suplimentară față de cea disipată prin deformarea elementului de cauciuc 1, care disipează o cotă de energie uneori insuficientă.

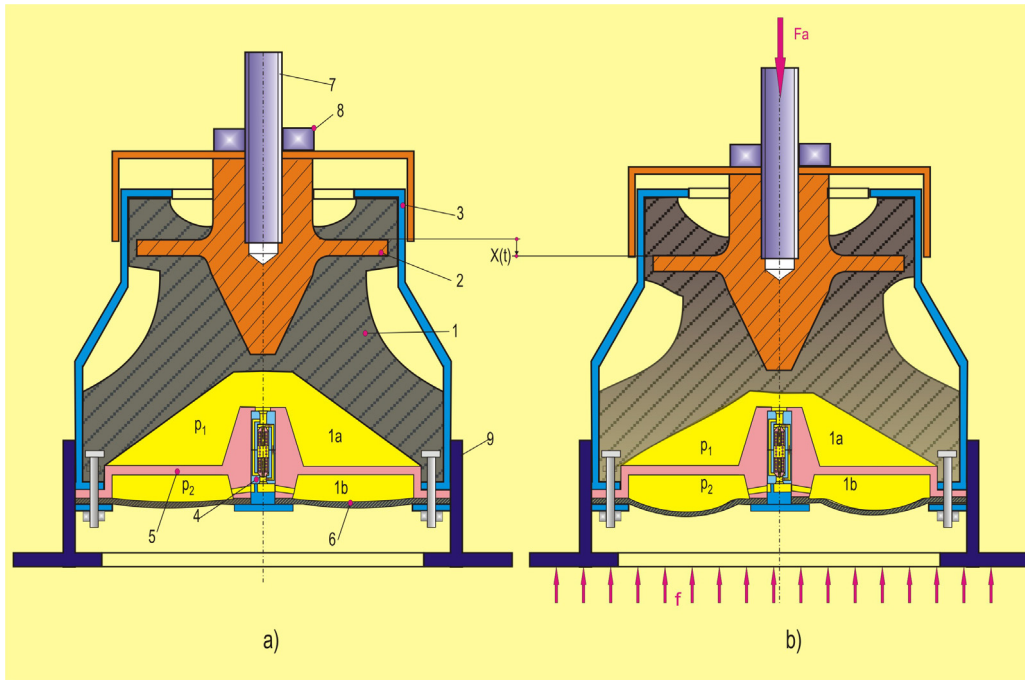


Fig. 4.5 Dispozitiv amortizor pentru deplasări mici

Un asemenea dispozitiv se utilizează la izolarea blocului motor de șasiul autovehiculului, deoarece echilibrarea perfectă a mecanismelor cilindri bielă arbore cotit nu poate fi realizat perfect și de aceea constructorii dau o mare importanță reducerii la maximum a transmisibilității vibrațiilor la șasiu și de aici la cabina pasagerilor. Problema nu este ușor de rezolvat datorită turației variabile a arborelui motor, și de aceea se recurge mai nou la montaje semiactive.

#### 4.1.2.2. Dispozitive cu elemente deformabile din polimeri

Cele mai simple sunt bușele elastice, o bușă, (fig. 4.6), fiind constituită din două tuburi concentrice 1 și 2, între care este plasat prin vulcanizare un manșon de material polimeric, de obicei cauciuc 3. Sub acțiunea a doua forțe coaxiale, egale și de sens contrar,  $F_a$ , aplicată pe tubul interior 3 și suma forțelor  $f$  distribuite pe flanșa tubului exterior 1, tubul interior se va deplasa relativ cu  $x$  față de tubul exterior, prin deformarea elastică de forfecare a manșonului 2 din material polimeric.

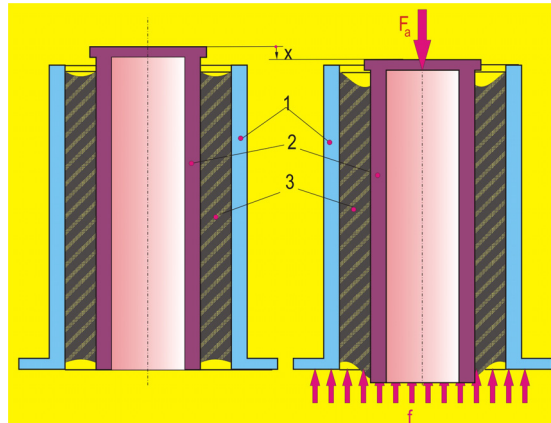


Fig.4.6 Ilustrarea unei buçe elastice

O soluție interesantă dezvoltată de firma elvețiană ROSTA , este buța element de torsiune (fig. 4.7)

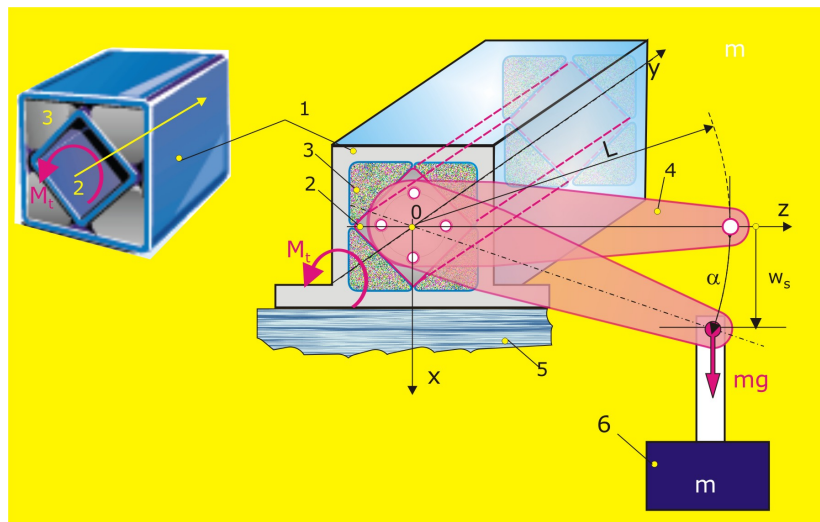


Fig. 4.7 Ilustrarea elementului elastic buța de torsiune tip ROSTA

Între două tuburi coaxiale, 1, exterior și 2, interior, cu secțiuni transversale pătrate, în rosturile dintre ele sunt amplasate patru pene 3 dintr-un material polimeric, cu proprietăți elastice deosebite: nu prezintă tasări, chiar și la deformații mari de torsiune, rotații axiale relative între buțe, de până la  $\alpha=20^{\circ}$ .

Aceasta permite ca frecvența proprie  $f_p$ , a unui sistem masă  $m$ , de exemplu, a batiului unui utilaj 6, care este izolat antivibratoriu, prin elementul elastic de torsiune și levierul 4, frecvență având forma

$$f_p = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{L \sin \alpha}} \quad (4.9)$$

Deci, valoarea ei, ea poate fi reglată prin lungimea  $L$  a levierului și unghiul  $\alpha$  care este determinat din relația

$$M_f = k_G a = mgL \cos \alpha \quad (4.10)$$

$k_{G_r}$  fiind constanta elastică la torsiune a elementului elastic ROSTA.

#### 4.1.3. Dispozitive amortizoare hidraulice rotative

Probleme dificil de rezolvat, se întâlnesc în lanțurile cinematice de transmițeri de puteri prin arbori elastici. Un exemplu edificator este mecanismul de transmitere a puterii la un motor termic, prin arbore cotit 1, (fig. 4.8), unde forțele  $F_{ij}$ , ( $j=1,2,3,4$ ), de tip impulsiv, dezvoltate prin combustie pe grupul de cilindrii 2, dezvoltă un cuplu motor  $M_m$ , care pe lângă o componentă cvasi constantă și componente periodice cu perioada de rotație a arborelui.

$$T = 2\pi \frac{1}{\omega}; \quad \omega = \frac{d\varphi(t)}{dt} \quad (4.11)$$

și multiplele acesteia,  $\varphi(t)$  fiind legea de rotație a axului arborelui cotit.

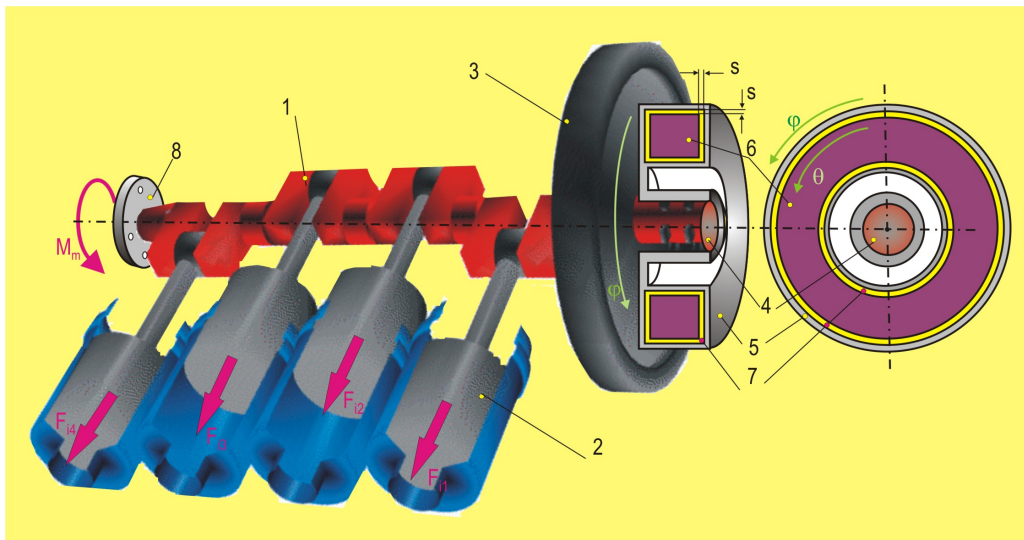


Fig. 4.8 Ilustrarea soluției clasice de atenuare a vibrațiilor de torsiune la motoare termice

Aceste perturbații produc vibrații de torsiune ce se transmit de-a lungul întregii transmisii. Atenuarea vibrațiilor de torsiune se realizează prin amplasarea unui amortizor hidraulic pasiv la capătul liber 4 al arborelui cotit, unde este cuplat și volantul 3. Corpul 6 al amortizorului hidraulic este constituit dintr-o carcasă toroidală închisă 5, cu secțiune radială dreptunghiulară, în interiorul ei fiind plasat un inel masiv 6, cu un rost  $s$ , de până la 1 mm, volumul dintre tor și disc fiind umplut cu lichid vâcos 7. Datorită mișcării relative, dintre mișcările absolute de

rotație,  $\varphi(t)$  și  $\theta(t)$  a inelului se dezvoltă, datorită forțelor de forfecare a stratului de fluid 7, un cuplu de frecare a cărui moment se poate scrie sub forma

$$M_f = -c_f \left( \frac{d\theta(t)}{dt} - \frac{d\varphi(t)}{dt} \right) \quad (4.12)$$

unde  $c_f$  este un coeficient ce depinde de dimensiunile geometrice ale torului, de rostul  $s$  și în special de vâscozitatea fluidului.

Legea de rotație a torului  $\theta(t)$  este dată de ecuația,

$$J_i \frac{d^2\theta(t)}{dt^2} + c_f \frac{d\theta(t)}{dt} = c_f \frac{d\varphi(t)}{dt} \quad (4.13)$$

care este cuplată cu legea de rotație a arborelui cotit  $\varphi(t)$ .  $J_i$  este momentul de inerție al inelului masiv 6.

Modele dinamice mai complexe considera arborele cotit deformabil la torsiune modelul fiind constituit din un șir de volanți cuplați elastic prin arcuri de torsiune.

Pentru mărirea capacității de amortizare se poate apela la soluția pe care o propun în figura 4.9.

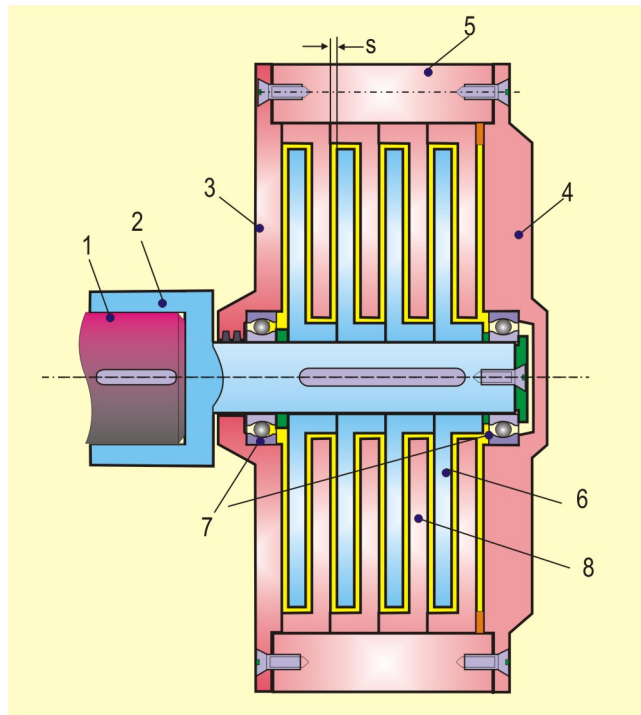


Fig.4.9 Amortizor hidraulic cu interstiții multiple de forfecare a straturilor de fluid

În incinta cilindrică închisă, formată din tubul 5 și capacele 3, sunt amplasate discurile inelare 8, centrate și rigidizate de incinta închisă. În spațiile

create între discurile lineare sunt amplasate discurile 6, rigidizate de arborele 2, calat pe capătul arborelui 1, al transmisiei ale căror vibrații de torsiune este necesar a fi diminuate.

Centrarea celor două sisteme în rotație, - arbore 2 cu discurile 6, având legea de rotație  $\varphi(t)$  și incinta cilindrică închisă de care sunt rigidizate discurile inelare 8, cu legea de rotație  $\theta(t)$ , - permite realizarea unor interștii s mult mai înguste decât cele realizate la soluția clasică, (fig. 4.8), fapt ce mărește mult eficacitatea disipării energetice prin forfecarea stratului de fluid, disipare mărită și prin extinderea suprafeței de contact, discuri - fluid.

## 4.2. Dispozitive amortizoare semiactive cu materiale MR

Dispozitivele amortizoare de vibrații utilizând materiale magneto reologice (MR) au mari avantaje față de dispozitivele clasice, câteva prezentate în paragraful 4.1.

În primul rând faptul că parametrii mecanici ai acestor dispozitive pot fi modificați ușor prin bucle de reacție, comandate pe baza unor algoritmi optimali, rezultând o diminuare dorită a vibrațiilor structurii la care este atașat dispozitivul. Această modificare posibilă a parametrilor dispozitivului permit o eficiență amortizare a structurii, chiar și pentru cazul când spectrul excitației structurii variază într-un domeniu de frecvență larg. În al doilea rând, constructiv, un asemenea dispozitiv cu MR este mai simplificat

### 4.2.1. Dispozitive amortizoare hidraulice cu disipare de tip valvă

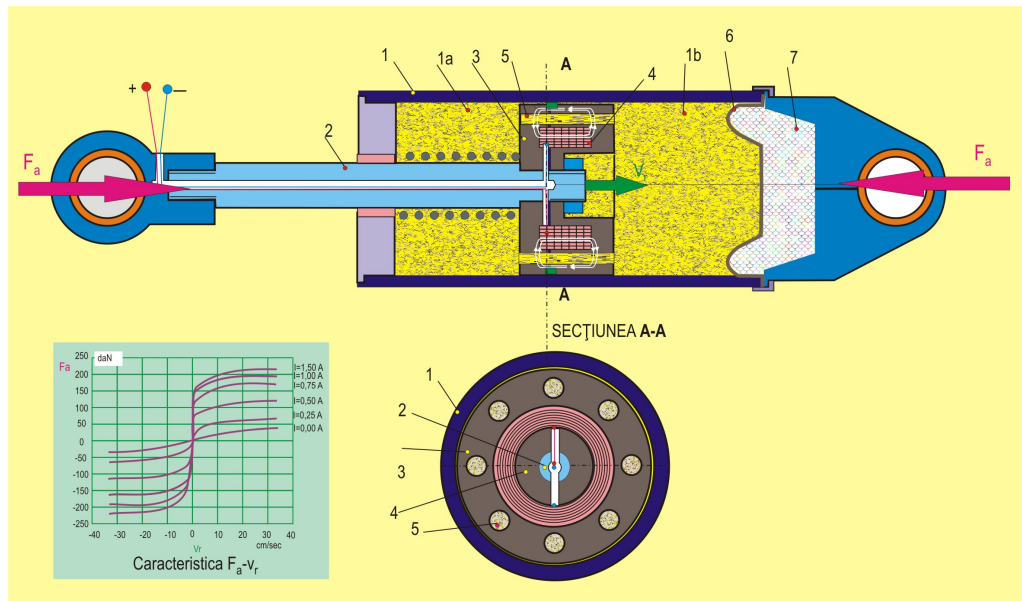


Fig. 4.10 Amortizor hidraulic cu MRF

Astfel, comparând construcția amortizorului hidraulic cu MRF, (fig. 4.10), cu cele clasice din figurile 4.2, 4.3 și 4.4, se observă o simplificare netă a circuitului de



disipare energetică prin strangularea fluidului forțat să treacă dintr-o cameră, (1a), în alta, (1b), prin canale, 5. Variația rezistenței hidraulice se face prin variația inducției câmpului magnetic dezvoltat în spațiile ocupate de canalele 5, câmp prin care se controlează vâscozitatea aparentă a lichidului MR în acele spații.

În acest mod controlul amortizării se face continuu, prin variația curentului de alimentare al bobinei 4, rezultând o caracteristică forță de legătură  $F_a$  - viteză relativă  $v_r$ , dintre pistonul 3 în cilindru 1. Aceeași caracteristică pentru amortizorul clasic hidraulic, (fig.4.1), este fixă, construcția valvei 4 fiind pretențioasă din punct de vedere al realizării și al reglajului punctelor critice de pe diagrama caracteristică. O serie de alte soluții constructive de amortizoare hidraulice cu MRF pot fi realizate. Astfel, în figura 4.11 prezintă o soluție tija 1 este solidarizată de un pistonul simplu 7, care glisează în interiorul unui cilindru tubular 5, de care este fixat la capătul din dreapta un piston 8 pe care este fixată bobina de excitație 9, prin care se modifică vâscozitatea lichidului MR, forțat să treacă din camera 1b în camera 1c, prin orificiile a aplicate în corpul pistonului 8.

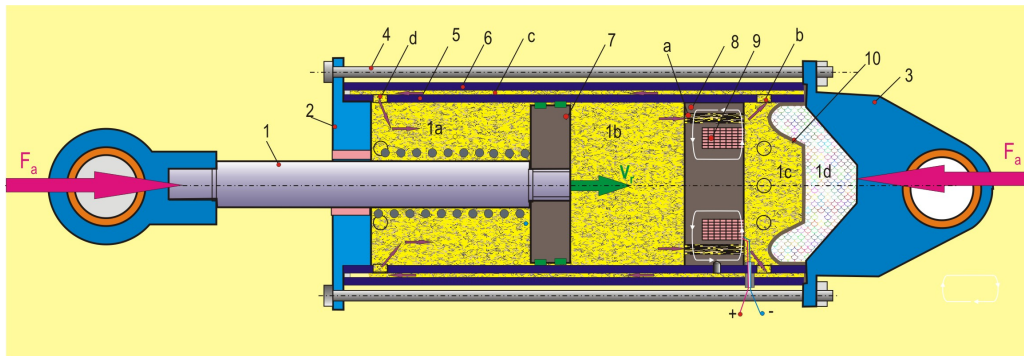


Fig. 4.11 Amortizor hidraulic MRF cu dublu cilindrii

Din camera 1c, formată între suprafața din dreapta a pistonului fix 8 și diafragma 10 a acumulatorului 1d, fluidul este împins, prin orificiile b, aplicate radial în cilindru tubular 5, tubul inelar c, închis de un al doilea tub 6, și de aici în camera 1a, prin orificiile d, aplicate radial în partea stângă a cilindrului tubular 5.

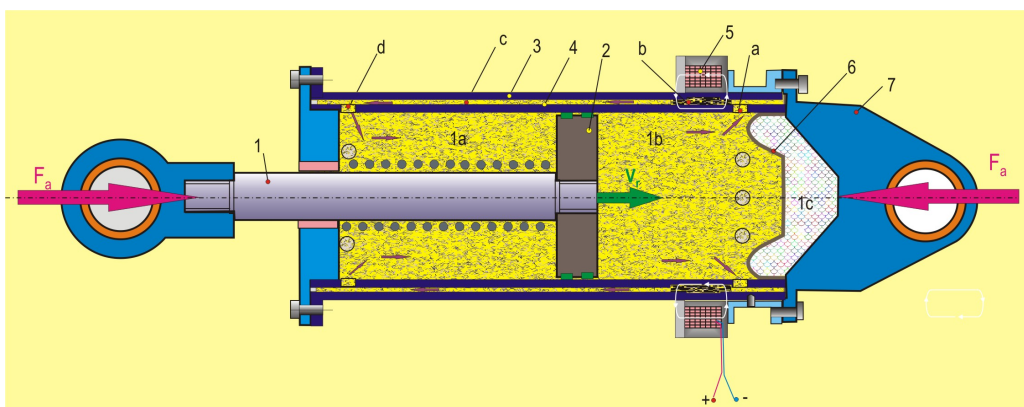


Fig. 4.12 Amortizor hidraulic MRF cu dublu cilindrii și bobină de excitație exterioară

Soluția prezintă avantajul că bobina de excitație este fixă de corpul amortizorului ceea ce permite o mai simplă și sigură cablare a alimentării din exterior.

O altă soluție, pe care o propun, este cea din fig.4.12. Bobina de excitație 5 este amplasată în exteriorul cilindrului 3, iar la mișcarea pistonului 2 lichidul din camera 1b este forțat să treacă prin orificiile a, aplicate radial pe cilindrul interior 4, pe sectorul b al inelului c de fluid, aflat în zona de influență a câmpului magnetic al bobinei. Pe acest sector inelar se modifică, prin comandă, vâscozitatea lichidului MR, și respectiv rezistența hidraulică a circuitului ce se continuă prin orificiile d în camera 1a. Soluția prezintă avantajul unei simplități constructive.

Fluidele magneto-reologice ridică unele probleme legate de procesul de sedimentare gravitațională în timp, cum este în cazul dispozitivelor amortizoare antiseismice pentru structuri, unde dispozitivele nu lucrează mult timp, numai cu ocazia unor evenimente nepredictibile. În acest caz se poate apela la o soluție tehnică, (fig. 4.13), pe care o propun în cadrul acestei lucrări

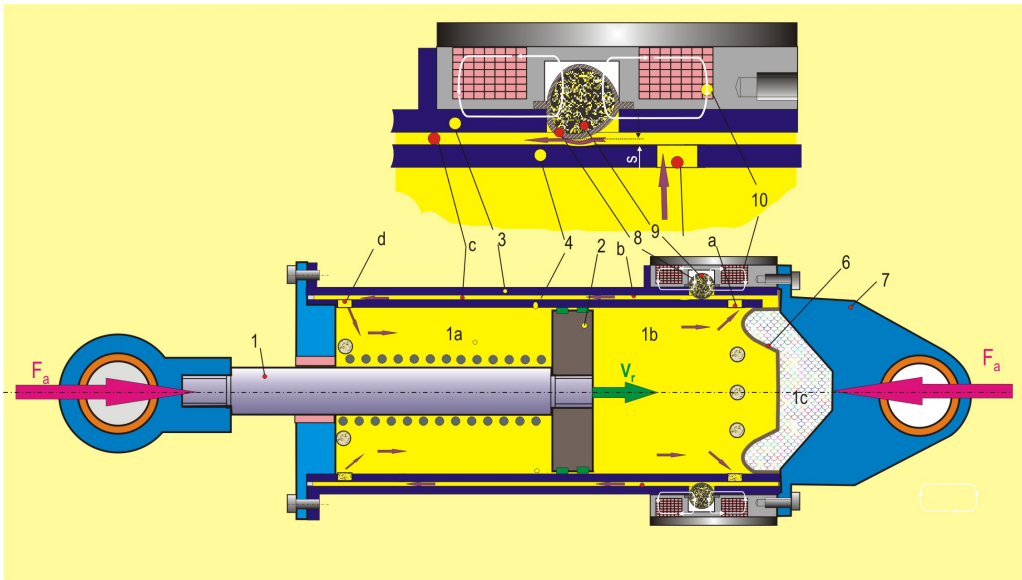


Fig. 4.13 Amortizor hidraulic semiactiv comandat prin valvă cu MRF

Ca fluid disipator de energie se poate folosi lichidul uzual al amortizoarelor pasive. Disiparea se face prin rezistența hidraulică creată în interstițiul  $s$  dintre cilindrul tubular 4 și un inel toroidal format dintr-un anvelopă elastică 8, din cauciuc, umplută cu lichid MR, 9. Inelul se află în câmpul magnetic generat de perechea de bobine 10. În stare nealimentată a bobinelor 10, deci în lipsa câmpului magnetic, inelul și la toroidal închide complet interstițiul inelar b dintre cilindrii 3 și 4. La mișcarea forțată a pistonului 2 se creează o diferență de presiune între partea dreaptă și partea stângă a obturării din spațiul inelar b, rezultând o deformare a inelului care se deformează creându-se un interstițiu de trecere a lichidului, de grosime  $s$ . Grosimea interstițiului  $s$  depinde de valoarea depresiunii și de inducția câmpului magnetic ce străbate inelul toroidal umplut cu MRF. La un câmp mai puternic inelul toroidal devine mai rigid și se deformează mai puțin, rezultând un interstițiu și mai

mic și deci o rezistență hidraulică mai puternică. Inelul toroidal poate fi realizat și dintr-un compozit, polimer elastic (cauciuc) cu microparticule magnetice.

În vederea studiului experimental al diverselor soluții de amortizoare hidraulice cu MRF am conceput și realizat circuitul bypass din fig.4.14

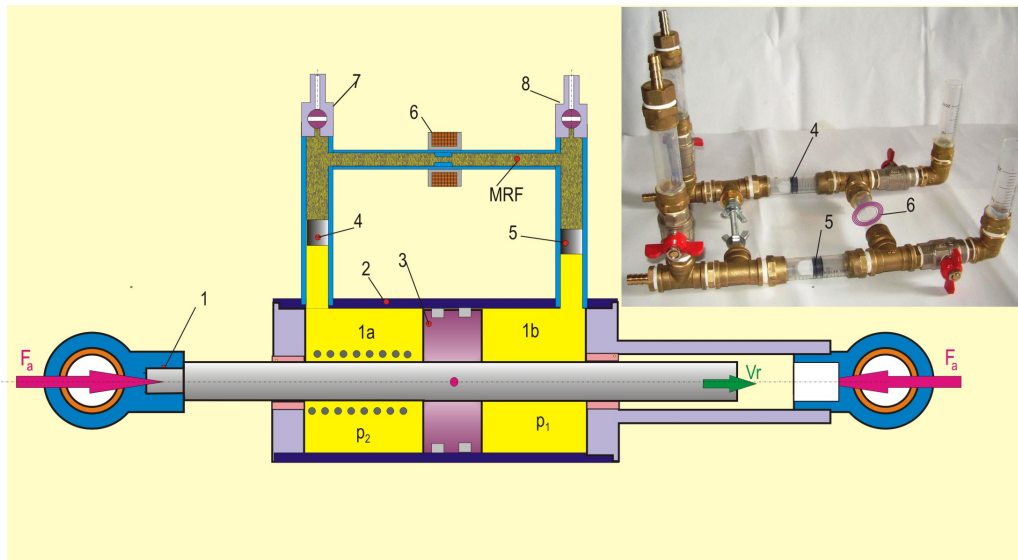


Fig. 4.14 Amortizor hidraulic semiactiv comandat prin valvă exterioră cu MRF

Cu acest circuit se poate realiza umplerea și aerisirea camerelor 1a și 1b ale amortizorului precum și separarea coloanelor de lichid pasiv și lichid MRF activ, prin intermediul pistoanelor, 4 și 5. Coloana de MRF este forțată să treacă prin bypass unde e plasată bobina de excitație, prin care se reglează rezistența hidraulică a circuitului.

#### 4.2.2. Dispozitive amortizoare cu disipare prin forfecarea stratului MRF

O largă aplicație a dispozitivelor amortizoare cu MRF sunt acelea unde disiparea energetică se efectuează prin forfecarea stratului îngust de fluid 4, (fig.4.15), plasat între două suprafețe unitare 2 și 3 în mișcarea relativă cu viteza  $v_r$ . Tensiunea de forfecare  $\tau$ , de legătură dintre cele două suprafețe, după modelul Bingham este,

$$\tau = \frac{\nu v_r}{s} + \tau_c \text{sign} v_r \quad (4.14)$$

unde  $\nu$  și  $\tau_c$  sunt vâscozitatea dinamică și, respectiv, tensiunea de curgere la forfecare a fluidului.

Tensiunea de curgere la forfecare a stratului de fluid MR se poate exprima printr-o relație de forma

$$\tau_c = aH^\beta \quad (4.15)$$

unde  $\alpha$  și  $\beta$ , sunt doi coeficienți iar  $H$  intensitatea câmpului magnetic ce traversează stratul de MRF.

#### 4.2.2.1. Dispozitive liniare

La un dispozitiv amortizor linear, (fig.4.15), cu strat MRF de forfecare, fluidul MR este amplasat în interstițiul inelar 4 dintre cilindrul 2 și pistonul 3, pe care sunt montate bobinele 4, prin care este generat câmpul magnetic modulator .

Forța de legătură introdusă de amortizor se determină prin relația

$$F_a = nDL \left( \frac{v v_r}{s} + a H^\beta \text{sign} v_r \right) \quad (4.16)$$

unde  $D$  și  $L$  sunt diametrul și, respectiv, lungimea pistonului.

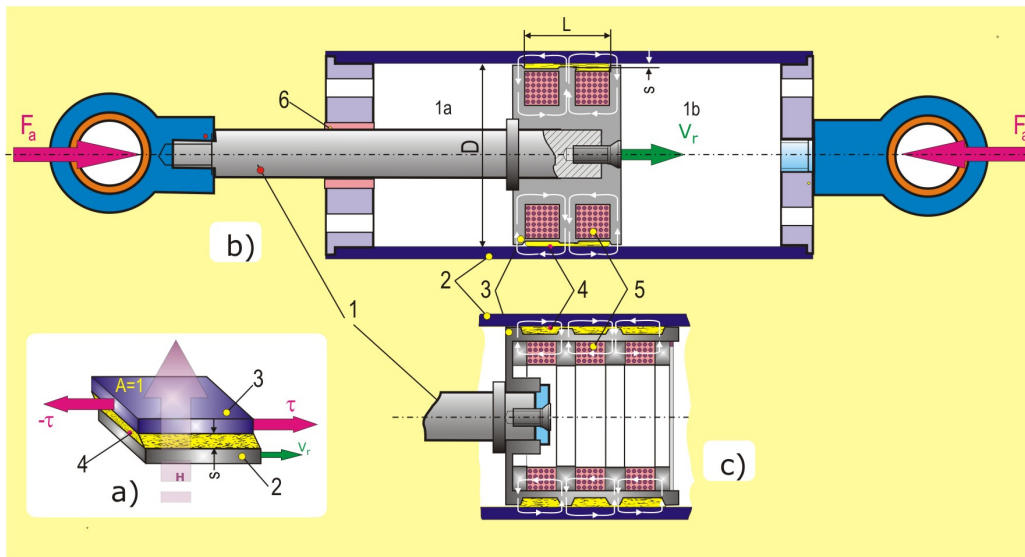


Fig. 4.15 Dispozitiv amortizor linear cu disipare prin forfecarea stratului 4 de FRM

Acest tip de amortizor folosește mult mai puțină cantitate de fluid MR, nu mai este necesară compensarea volumică cum este necesară la amortizorul hidraulic cu valvă, camerele 1a și 1b fiind umplute cu aer, la presiunea atmosferică, iar centrarea mișcării liniare este realizată o dată pe bușca 6 și pe suprafața cilindrică a pistonului.

Pentru realizarea câmpului și dirijarea liniilor sale se pot alege mai multe variante, două dintre ele fiind prezentate în fig.4.15 b și c. În soluția b sunt introduse două bobine 4 iar în soluția c trei, unde fluxul magnetic este concentrat cu o densitate mai mare pe zona filmului de MRF, deci cu o eficiență sporită a amortizării.

#### 4.2.2.2. Dispozitive rotative

Eficiența diminuării vibrațiilor de torsiune la transmisii prin arbori poate fi mult îmbunătățită printr-un amortizor rotativ cu disipare MRF. O soluție tehnică originală de realizare a unui asemenea dispozitiv este cea din fig. 4.16. Pe unul din capetele libere 1, de arbore, ale transmisiei se atașează ca în cazul clasic, (fig. 4.8) dispozitivul de amortizare compus din carcasa 2, în care se găsește torul inerțial 6. Spațiul închis dintre carcasa 2 și torul 6 este umplut cu lichid MR. Câmpul magnetic, necesar controlului amortizării prin forfecarea stratului 5, de MRF, de grosime  $s$ , este asigurat de două bobine 4 și 7, ambele solidare de carcasa 3, fixată la rândul său de batiul 8 al transmisiei.

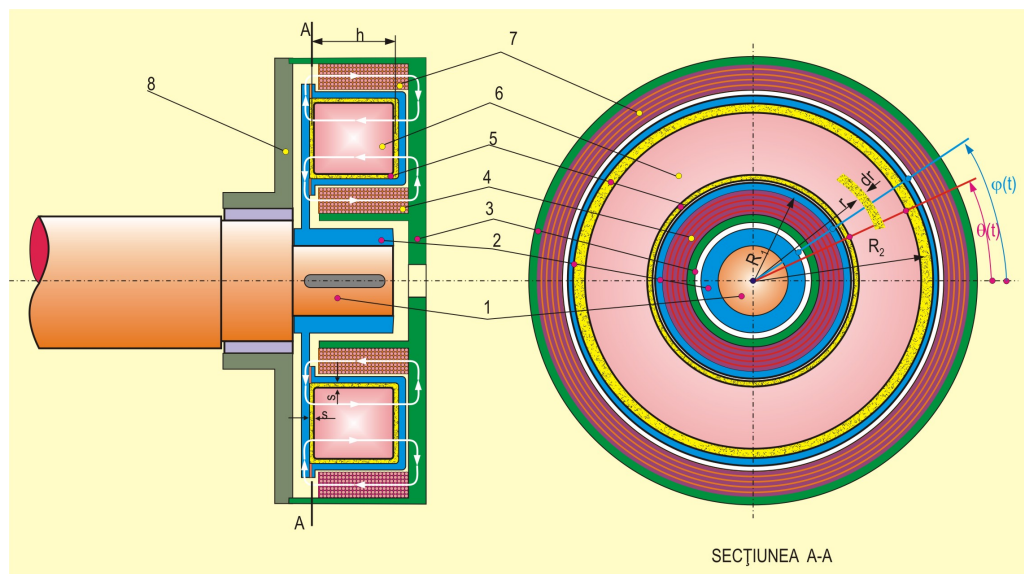


Fig. 4.16 Dispozitiv amortizor semiactiv cu MRF pentru diminuarea vibrațiilor de torsiune

Momentul forțelor de disipare în raport cu axa de rotație este suma momentelor

$$M_f = M_{1f} + M_{2f} + 2M_{3f} \quad (4.17)$$

unde

$$M_{1f} = 2\pi R_1^2 h \left( \frac{\nu (\dot{\varphi}(t) - \dot{\theta}(t))}{s} + aH_1^\beta \text{sign}(\dot{\varphi}(t) - \dot{\theta}(t)) \right) \quad (4.18)$$

și

$$M_{2f} = 2\pi R_2^2 h \left( \frac{\nu (\dot{\varphi}(t) - \dot{\theta}(t))}{s} + aH_2^\beta \text{sign}(\dot{\varphi}(t) - \dot{\theta}(t)) \right), \quad (4.19)$$

sunt momentele forțelor de disipație din straturile cilindrice de raze  $R_1$  și  $R_2$ , supuse unor câmpuri electrice de intensități diferite,  $H_1^\beta$  și  $H_2^\beta$ .

Pe fețele laterale ale torului inerțial 6 se dezvoltă forțele de disipație care dau momentul

$$M_{3f} = 2\pi \int_{R_1}^{R_2} r^2 \left( \frac{v(\dot{\varphi}(t) - \dot{\theta}(t))}{s} + aH_3^\beta(r) \text{sign}(\dot{\varphi}(t) - \dot{\theta}(t)) \right) dr \quad (4.20)$$

distribuția  $H_3(r)$  de-a lungul razei  $r$  între  $R_1$  și  $R_2$  se determină experimental sau prin calculul circuitului magnetic, pe cale numerică, utilizând un cod de element finit. Acest calcul este foarte important pentru optimizarea constructivă a dispozitivului de disipare.

O aplicație importantă a acestui tip semiactiv de amortizor de vibrații de torsiune este la acționările cu motoare pas cu pas, utilizate la poziționare precisă a unor subansambluri, cum ar fi poziționarea secvențială a patului alunecător de la un tomograf. Amortizarea vibrațiilor după fiecare oprire trebuie să se facă rapid pentru a permite obținerea unei imagini clare a secțiunii transversale "tăiată" prin subiect.

#### 4.2.3. Dispozitive amortizoare cu fluid magnetoreologic în structură modulară cu circuit extern

În fig. 4.17 este prezentat un amortizor MRF semi-activ, cu un circuit magnetic exterior. Pistonul 1, fixat pe arborele 2, trece prin cilindru 3 umplut cu MRF. Acumulatorul 4 este umplut cu azot sub presiune și acționează asupra pistonului 5, care are rolul de a reduce efectul șocurilor prin axul amortizor și de a echilibra posibilele dilatații ale fluidului de lucru. Fluidul poate trece dintr-o parte a pistonului 1 în cealaltă printr-un canal by-pass 6. Un electromagnet 7 așezat pe canalul bypass acționează asupra vâscozității fluidului asigurând o posibilitate de optimizare a funcționării. La un capăt al cilindrului acumulator este amplasat dispozitivul de umplere 8, care permite încărcarea cu azot, monitorizată de manometrul 9. Supapa 10 asigură posibilitatea de optimizare a acumulatorului.

În continuare se prezintă metoda proprie de realizare fiabilă, la costuri reduse, a amortizoarelor semi-actives cu fluide magnetoreologice, reproductibile

Ansamblul este compus din patru module: amortizor, acumulator, generator de câmp magnetic cu dispozitiv by-pass încorporat. Pentru a realiza amortizarea, componentele comune ale dispozitivelor de control ale transmisiilor hidraulice au fost utilizate cu modificări minime.

În fig.4.18.a este prezentat amortizorul hidraulic industrial comun, unde, la extremități, au fost montate mici dispozitive de aerare. În fig. 4.19, este prezentat amortizorul pneumatic industrial comun, cu diferite capacități și forme ale secțiunii, iar în fig.4.20, părțile componente ale unui amortizor pneumatic fără rotație [6]. Un alt avantaj al acestei soluții este faptul că amortizorul poate fi fabricat din orice material, datorită absenței câmpului magnetic intern. În plus, față de acest avantaj, este de asemenea faptul că aparatul are construcție modulară, astfel încât poate fi utilizată o gamă largă de amortizoare.

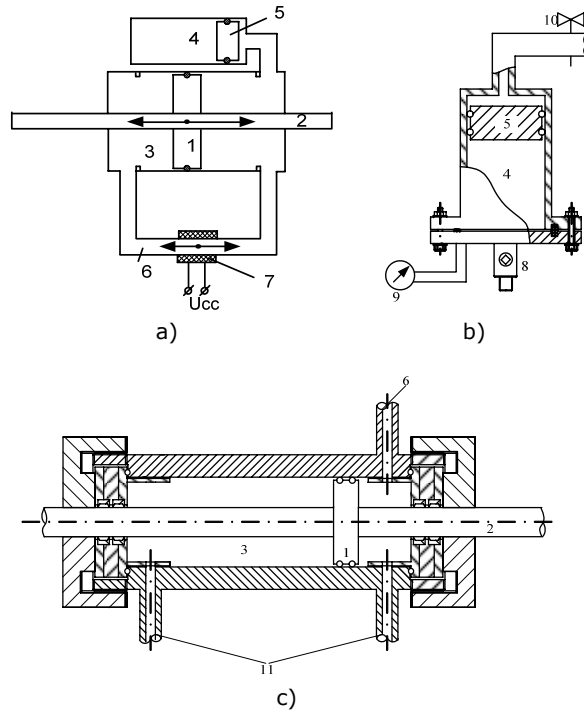


Fig. 4.17. Ansamblu amortizor semi-activ MRF cu circuit extern  
 a) Schema bloc, b) Acumulator, c) Amortizor MRF

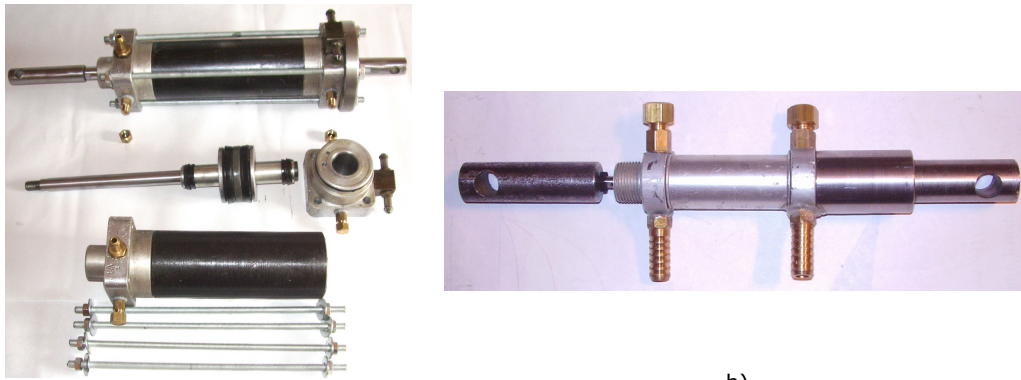


Fig. 4.18. a) Cilindru hidraulic, b) Cilindru hidraulic modificat



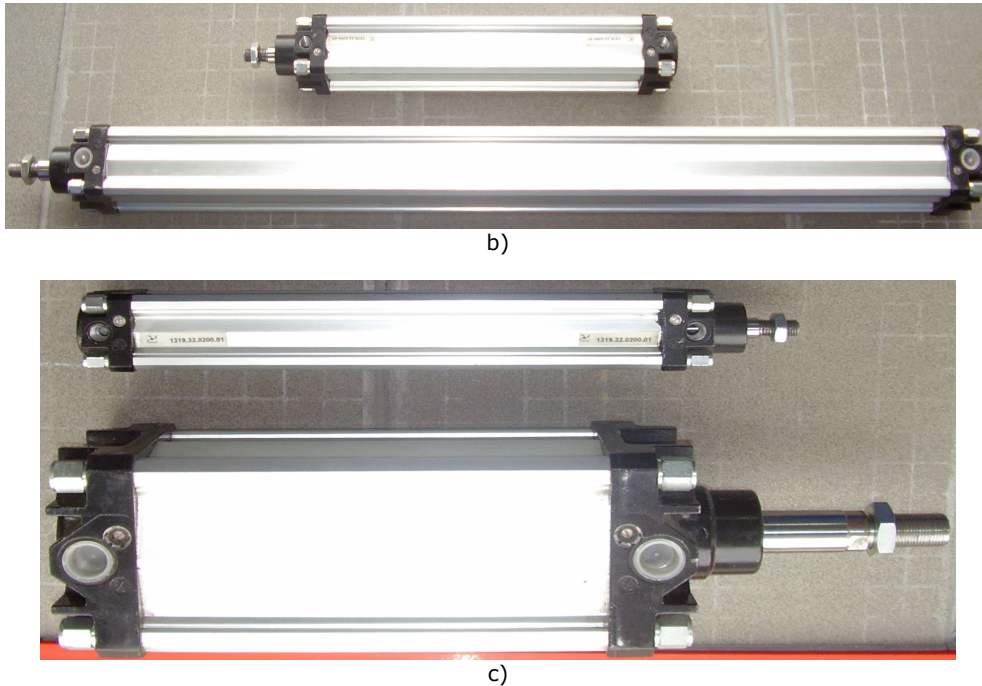


Fig. 4.19. Cilindru pneumatic: a) Secțiune circulară, b) Secțiune pătrată, c) secțiune pătrată de capacitate mică și mare

Acumulatorul are rolul de a prelua efectele modificărilor volumului de lichid, datorate variațiilor de temperatură. În interiorul cilindrului există un piston care separă partea umplută cu azot de partea în contact cu fluidul magnetoreologic. Această soluție clasică a fost îmbunătățită prin adăugarea a două noi facilități. Partea care conține azot a fost echipată cu un dispozitiv de încărcare cu gaz care permite controlul presiunii, în funcție de cerere. La extremitatea opusă a fost montată o supapă de control continuu. Rolul său este de a modifica, în limite foarte largi, comportamentul amortizorului între situații limită, când acumulatorul execută funcția sa de bază (definită anterior) sau dacă funcționează ca un amortizor cu gaz. Un aspect remarcabil este faptul că oricare dintre amortizoarele prezentate mai sus pot fi adaptate ca acumuloare, cu modificările menționate.



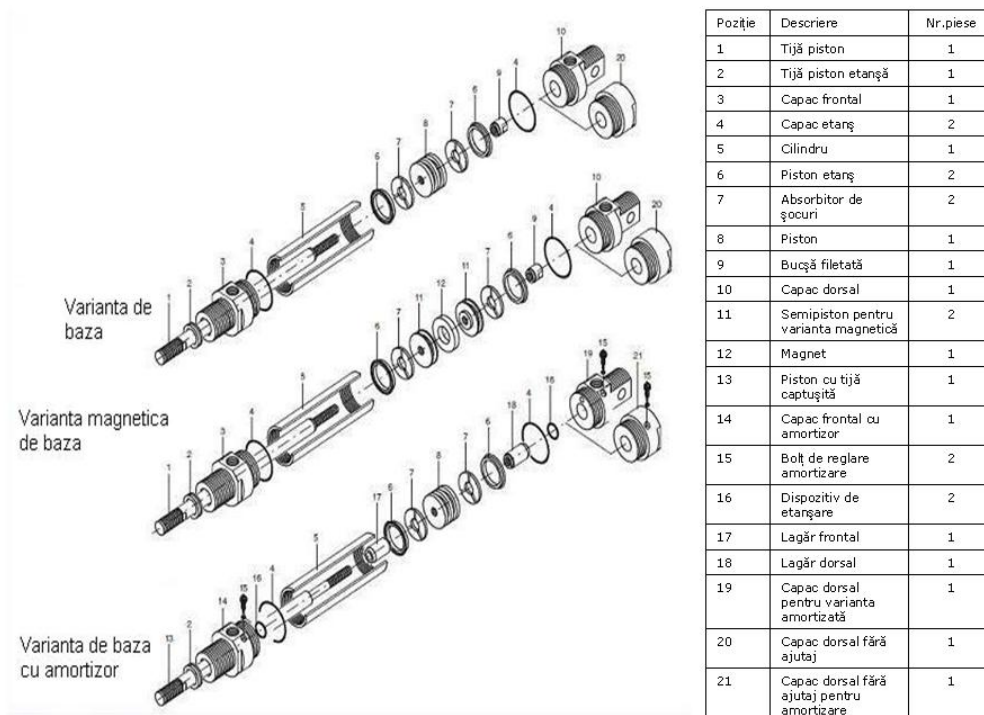


Fig. 4.20. Amortizor pneumatic nerotativ

Din motive de simplitate, un alt tip de acumulator, prezentat în fig.4.21.a, a fost realizat folosind componente comune standardizate, din alamă și prevăzute cu filet. În cazul în care amortizarea este mare, pentru a folosi o cantitate mai mică de fluid magnetoreologic, va fi adoptată o altă soluție. În această situație generatorul de câmp magnetic acționează un dispozitiv echipat cu două pistoane și care conține MRF, restul circuitului fiind umplut cu ulei de silicon utilizat în tehnica de vid, datorită vâscozității sale foarte mici. În seria de fig.4.21.b, și fig.4.22.a sunt prezentate câteva variantele de bypass cu două pistoane.

Un set de elementele flexibile de conectare, garantat de către producător până la presiunea de 60 Barr, este prezentat în fig.4.22.b. Componentele transparente există, de asemenea, în execuție metalică (Cu, Al). Interschimbabilitatea lor este facilitată de faptul că toate elementele constitutive se înșurubează.

Luând în considerare faptul că MRF are o vâscozitate relativ mare, eliminarea bulelor de aer este o operație foarte importantă și obligatorie în procesul de umplere. Prezența bulelor de aer în MRF are o influență negativă asupra comportamentului fluidului și asupra măsurării rezultatelor. Acesta este motivul pentru care, în majoritatea figurilor, se poate remarca prezența elementelor de aerare. Ca lichid magnetoreologic a fost folosit tipul MRHCCS4-B, produs de LIQUIDS RESEARCH Limited din U.K.

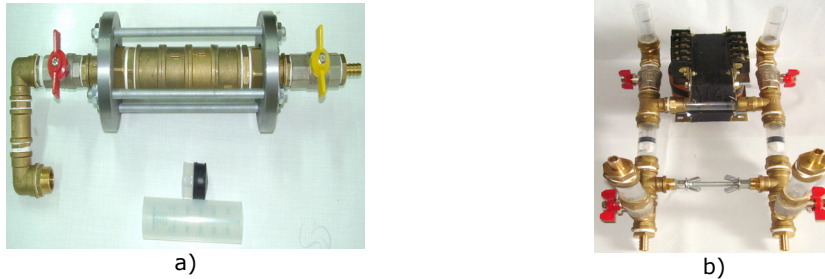


Fig. 4.21. a) Acumulator multifuncțional, b) Generator de câmp magnetic cu by-pass

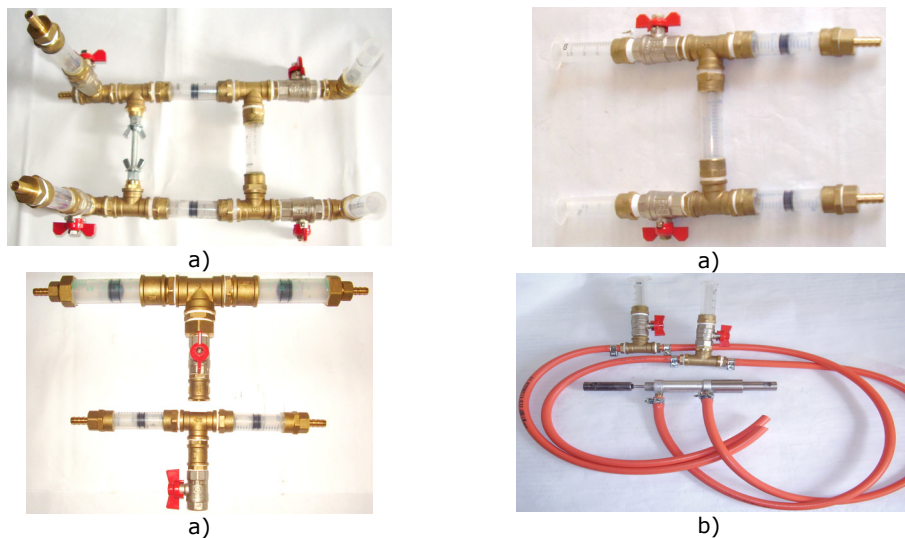


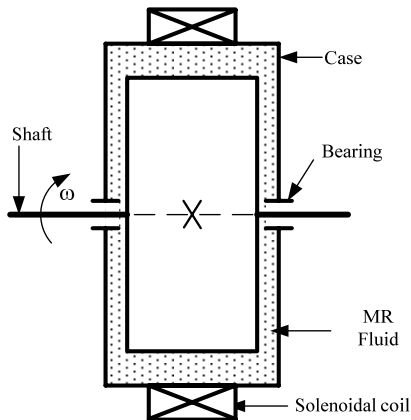
Fig. 4.22. a) Dispozitive by-pass, cu elemente de umplere,  
b) Racorduri flexibile, cu 2 elemente de aerare

Sistemul obținut oferă avantaje importante, cum ar fi: înlocuirea oricărui modul fără a modifica restul configurației; efectuarea de reglaje de precizie prin facilitățile oferite de acumulator; amplitudinea câmpului magnetic al generatorului nu mai este limitată de dimensiunile cilindrului interior, fiind posibilă utilizarea diferitelor tipuri de MRF; căldura disipată de amortizor nu influențează MRF.

### 4.3. Frâne și cuplaje cu MRF

Frâna cu MRF are o construcție relativ simplă în comparație cu frânele convenționale, unul dintre avantajele constând în fiabilitatea ridicată și uzura redusă.

Dispozitivul este format din doi cilindri concențrici cu întrefierul umplut cu fluid magnetoreologic (fig.4.23 și fig.4.24). Modularea vâscozității aparente a fluidului se realizează prin intermediul unui solenoid montat pe cilindrul exterior.



4.23. Schemă tipică de frână cilindrică cu MRF

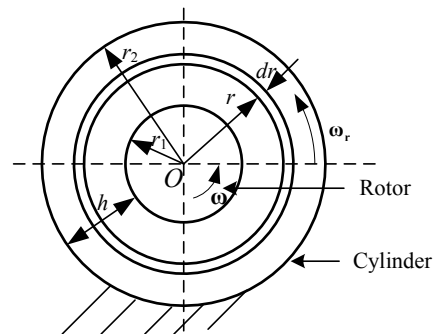


Fig. 4.24. Secțiune transversală

Principiul de funcționare al cuplajului cu MRF (fig. 4.25) este identic cu cel de la frână cu MRF. Cuplajele cu MRF și ERF au început să fie folosite cu succes la realizarea protezelor și ortezelor pentru membre inferioare.

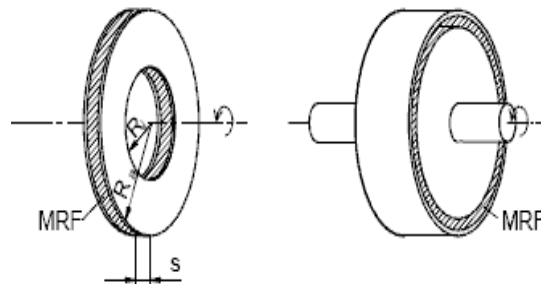


Fig. 4.25. Soluție constructivă pentru un cuplaj MRF

Ambele dispozitive sunt deja folosite la bicicletele de recuperare medicală și la unele tipuri de orteze și proteze.

#### 4.4. Platforma Stewart

În literatura de specialitate părțile componente (amortizoare și elemente de acționare cu lichid magnetoreologic) sunt bine studiate, dar platforma Stewart (fig. 4.26) realizată cu aceste componente nu este suficient de abordată în cercetările de până acum. Folosirea componentelor cu fluide magnetoreologice în construcția unor platforme Stewart duce la scăderea semnificativă a costurilor și este de asemenea mai simplă și prezintă precizie mai ridicată.

Mecanismele cu platforme paralele cu 6 grade de libertate sunt ideale pentru aplicațiile de poziționare de precizie. Comparativ cu mecanismele cinematice în serie, cele 6 lanțuri cinematice le dau o mai mare capacitate de încărcare, rigiditate mai mare, capacitatea de a rămâne stabil când nu este acționat, și redundanță în mișcare. Multe dintre aplicațiile de poziționare de precizie sunt localizate în medii în care există anumite grade de perturbații. Aceste perturbații sub formă de vibrații degradează performanțele instrumentelor sensibile necesare pentru o poziționare de

precizie. Prin urmare, este important să se creeze un mediu fără vibrații, pentru a permite poziționarea de precizie. Din perspectiva proiectării ar fi logic să aibă un mecanism cu platformă paralelă care este în mod inerent un mecanism ideal pentru poziționare precisă care asigură și izolarea vibrațiilor în același timp.

Robustețea și proiectarea mecanică simplă a amortizoarelor magnetoreologice face ca acestea să fie preferate printre dispozitivele de control semi-activ. Acestea au nevoie de un minim de energie pentru a controla forțe mari potrivite pentru aplicații pe o scară largă. Acestea sunt sigure, deoarece se comportă ca dispozitive pasive în cazul pierderilor de putere.

În timp ce controlul pasiv și activ al vibrațiilor au fost intens folosite la platforme paralele, unei platforme paralele cu 6 grade de libertate, care utilizează controlul semi-activ al vibrațiilor, nu i s-a acordat suficientă atenție. Avantajele controlului semi-activ includ un cost redus (prin folosirea unui mecanism de acționare simplu, destinat numai pentru o poziționare), cerințe reduse de putere, stabilitate bună. Fiecare picior al platformei este modelat ca un sistem cu două grade de libertate cu un amortizor MR cu amortizare reglabilă, în paralel cu un element de rigiditate și în serie cu un dispozitiv de comandă utilizat pentru poziționare. Calitatea izolării vibrațiilor prin mecanismul cu platformă paralelă și capacitatea sa de poziționare sunt cuantificate prin simulări. Rezultatele simulării arată că amortizoarele MR sunt eficiente la izolarea vibrațiilor la aplicații cu 6 grade de libertate atunci când acestea sunt încorporate în mecanismele cu platforme paralele.

Prin urmare, obiectivul ar trebui să fie izolarea vibrațiilor la interfețele dintre sursa de vibrații și echipamentele sensibile. Aceasta este situația în care mecanismele cinematice paralele sunt ideale. Datorită celor șase lanțuri cinematice, ele au capacitate de încărcare mai mare, rigiditate mai mare, capacitatea de a rămâne stabile în configurația „unpowered” și redundanță în mișcare, ceea ce le face mai tolerante la erori de poziționare comparativ cu mecanismele cinematice în serie. Ele au, de asemenea, un număr minim de elemente de acționare pentru a genera mișcări cu 6 grade de libertate. Aceste avantaje le fac ideale pentru aplicații de poziționare de precizie. Dacă precizia de poziționare și capacitatea de izolare a vibrațiilor, în toate cele 6 grade de libertate, se combină în același mecanism, acest lucru ar duce la economii semnificative în complexitatea și greutatea sistemului. Toate forțele transmise între placa de sus și cea de jos a unui mecanism cu plăci paralele sunt doar forțe axiale de acționare, presupunând că gravitația și încărcarea inițială a conectorilor sunt neglijabile. În cazul în care aceste forțe axiale pot fi decuplate, ele pot fi calculate și vibrațiile cauzate de aceste forțe pot fi eliminate. [3,12,124].

Literatura de specialitate oferă câteva exemple de platforme paralele, scopul fiind de a combina precizia de poziționare și izolarea vibrațiilor în același mecanism. Toate acestea utilizează controlul pasiv sau activ, sau o combinație a ambelor. Controlul activ (piezoceramic, electromagnetic, cu magnetostricțiune, reprezintă diverse posibilități) este folosit pentru poziționarea cât și pentru reducerea transmiterii vibrațiilor la frecvențe joase. Controlul pasiv (elastomeri, fluide de amortizare sau curenți turbionari sunt cele mai folosite) atenuează intrări de înaltă frecvență. Studiile de specialitate nu au prezentat exemple de control semi-activ într-un mecanism cu platforme paralele care efectuează, de asemenea, poziționare. Cu toate acestea, au fost găsite două exemple recente de mecanisme cu platforme paralele, care sunt construite exclusiv pentru controlul vibrațiilor prin utilizarea amortizoarelor magnetoreologice cu control semi-activ [73,74]

Avantajul controlului semi-activ constă în faptul că necesită energie externă redusă, asigură disiparea energiei pasive în cazul în care partea semi-activă nu reușește, și are o stabilitate inerentă. Un dispozitiv de amortizare variabil care utilizează controlul semi-activ se va apropia de performanțele unui dispozitiv activ la reducerea vibrațiilor de joasă frecvență, în timp ce oferă mai multe avantaje. Aceste avantaje includ costuri reduse, prin folosirea unui mecanism de acționare simplă destinat doar pentru o poziționare, putere redusă și o stabilitate îmbunătățită.

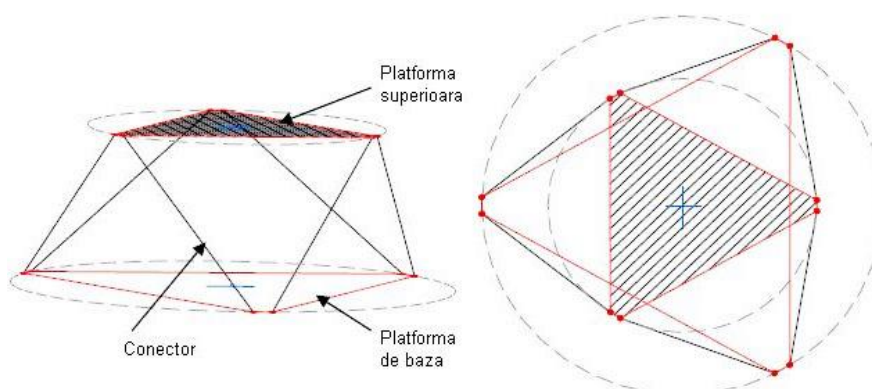


Fig. 4.26. Geometria optimă a mecanismului cu platforme paralele

Mai multe platforme hexapod diferite au fost elaborate de diferite grupuri de cercetători pentru a realiza izolarea vibrațiilor pe 6 axe în sisteme de precizie. Unele dintre aceste platforme au curse de acționare mai mari decât altele, care le dau, de asemenea, o capacitate de localizare pe 6 axe. Două grupuri dintre aceste hexapode sunt după cum urmează:

- platforme grele, care utilizează un mecanism de acționare rigid, singur sau în serie cu un arc moale și au de obicei o cursă de acționare de dimensiuni foarte mici ( $\sim 50 \mu\text{m}$ ).
- platforme ușoare care utilizează un mecanism de acționare ușor, utilizat în paralel cu un arc moale și au curse de acționare mult mai mari ( $1000 \mu\text{m}$  sau mai mult).

Primul hexapod greu a fost făcut de Intelligent Automation, Inc (Rockville, MD) (fig.4.27). Acest hexapod folosește un mecanism de acționare rigid care utilizează aliaj magnetostrictiv, Terfenol-D. Terfenol-D prevede mișcări liniare și oscilante exacte în cadrul unui câmp magnetic generat de un curent electric de joasă tensiune. Cursa de acționare este de  $\pm 127 \mu\text{m}$ . Barele de susținere nu au capacitatea de izolare pasivă și se folosește un arc de compensare pentru masa sarcinii utile. O celulă de încărcare măsoară forța axială de acționare și patru accelerometre sunt plasate în partea de jos și de sus a fiecărui dispozitiv de acționare.

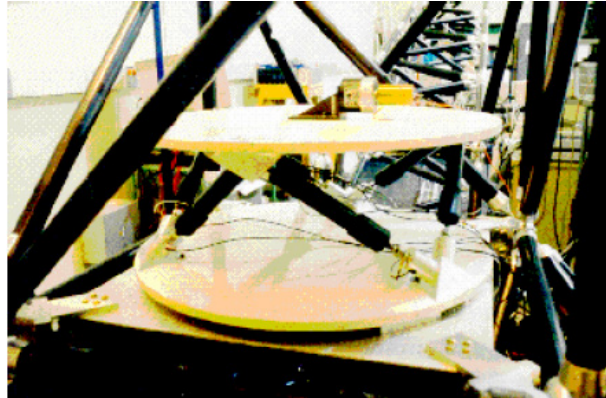


Fig.4.27. Sistem hexapod activ de izolarea vibrațiilor (HAVI)

Hexapodul proiectat de Laboratoarele Draper (Cambridge, MA) utilizează elemente de acționare piezoceramice. Celule de încărcare sunt folosite pentru senzori de feedback. Acest hexapod nu are capacitatea de izolare pasivă. Harris Corporation (Melbourne, FL) a construit de asemenea un hexapod cu acționare piezoceramică. Nu există nici o izolare pasivă și cursa de acționare este de  $\pm 25 \mu\text{m}$ .

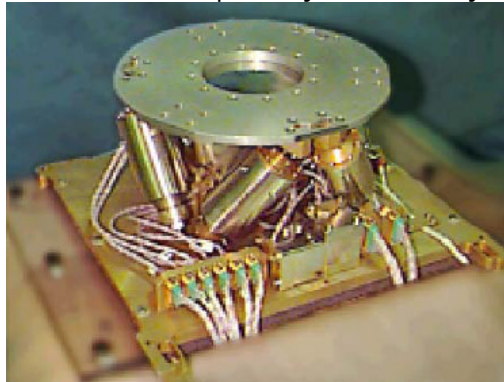


Fig. 4.28. Ansamblu hexapod (SUITE) de la CSA Engineering

CSA Engineering (Mountainview, CA) a construit două hexapode grele. Primul este Ultra Quiet Platform (UQP). Elemente de acționare electromagnetică rigide furnizează forța și șase gefoane sunt amplasate în fiecare stâlp pentru a oferi o măsurare unică a mișcării. Al doilea hexapod greu produs de CSA Engineering este Satellite Ultra Quiet Isolation Technology Experiment (SUITE) ansamblu hexapod (HXA) (fig.4.28). Hexapod SUITE utilizează elemente de acționare piezoceramice. În serie cu dispozitivele de acționare sunt, de asemenea flexurile de izolare pasivă.

Prima platformă ușoară a fost revizuită de Honeywell și este hexapodul Vibration Isolation and Suppression System (VISS). Hibridul D-Strut (fig.4.29) este componenta cheie a VISS. Hibridul D-Strut constă dintr-un dispozitiv de acționare și dintr-un burduf umplut cu lichid de amortizare care trece prin intermediul unui orificiu. Accelerometre sunt utilizate pentru feedback și cursa de acționare este de  $\pm 2 \text{ mm}$  (care are un ordin de mărime mai mare decât deplasarea de la orice sisteme hexapod greu). Acest lucru face ca VISS să aibă o capacitate scăzută de localizare a frecvenței, ca majoritatea sistemelor hexapod ușoare. Al doilea hexapod ușor (fig.4.30) a fost construit de Jet Propulsion Laboratory (JPL) (Pasadena, CA). Acesta

utilizează elemente de acționare celule de sarcină. El are o cursă acționare de  $\pm 0,5$  mm. Un hexapod similar a fost, de asemenea, construit de JPL, la Universitatea din Wyoming (fig.4.31), singura diferență fiind că acest hexapod are arcuri interne. Acest sistem are de asemenea cursă de acționare de  $\pm 0,5$  mm.



Fig. 4.29. Hibridul D-Strut

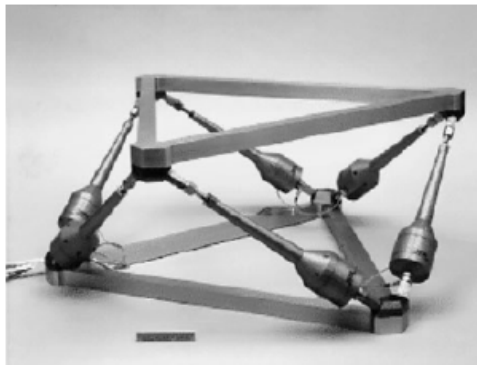


Fig.4.30. Hexapod fără arcuri interne

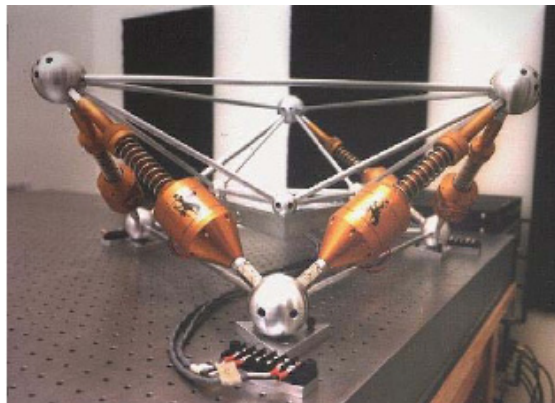


Fig. 4.31. Hexapod cu arcuri interne

Hexapodul produs de Hood Tehnologie (Hood River, OR) și Universitatea din Washington (fig.4.32) folosește, de asemenea, elemente de acționare care au o

cursă de de  $\pm 5$  mm. O celulă de sarcină, o LVDT, și geofone sunt integrate în ca senzori. Elastomerii sunt utilizați pentru amortizarea pasivă.

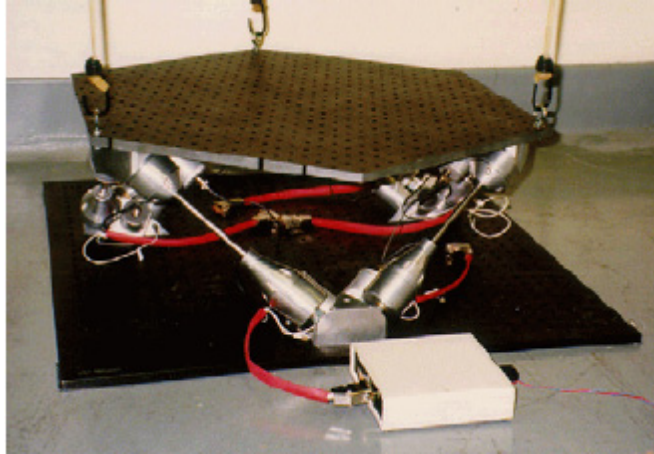


Fig. 4.32. Hexapod ușor de la HT/UW

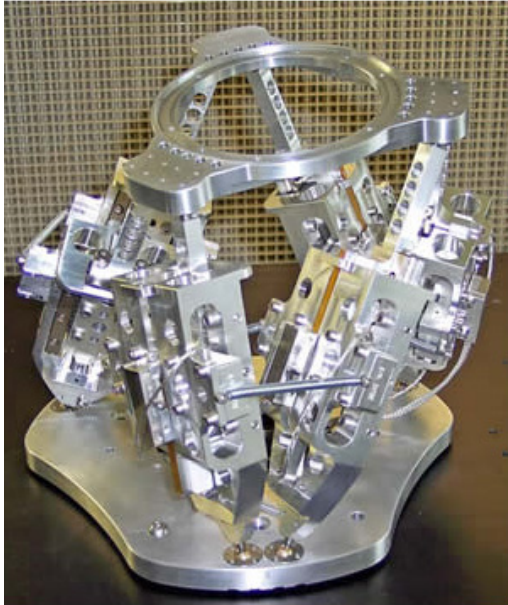
Hexapodul din fig.4.33 a fost fabricat de către Université Libre de Bruxelles (ULB) și utilizează actuatoare și celule de sarcină. Amortizare pasivă nu este inclusă și suspensia externă este folosită pentru a compensa masa sarcinii utile. Cursa de acționare este de  $\pm 1,5$  mm.



Fig. 4.33. Hexapod ușor de la ULB

În fig.4.34 sunt prezentate cele mai reprezentative platforme Stewart comerciale

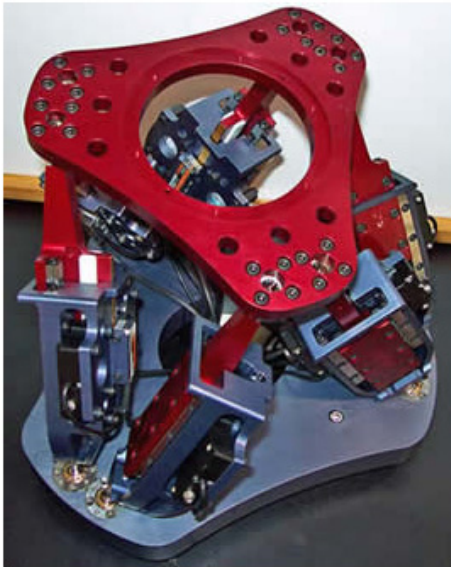




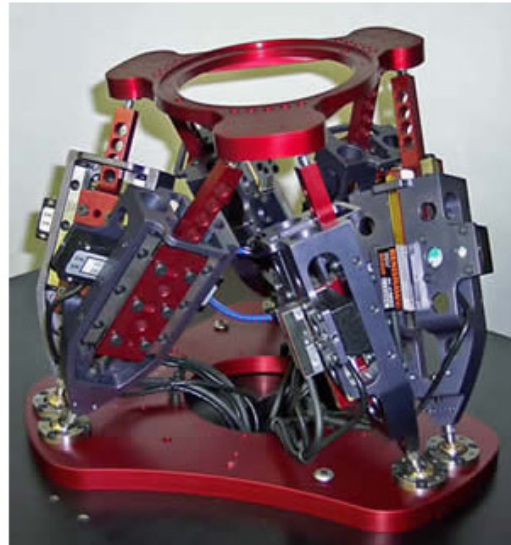
AI-HR2-HV Hexapod  
a)



AI-HR8 Hexapod  
b)



AI-HR4 Hexapod  
c)



Hexapods from ALIO AI-HR2 Hexapod  
d)

Fig. 4.34. Platforme Stewart comerciale

#### **4.5. Concluzii parțiale**

- Realizarea de amortizoare cu fluid magnetoreologic (MRF) cu circuit extern în structură modulară: amortizorul propriu-zis , acumulatorul încărcat cu gaz inert sub presiune, circuitul de by-pass, conectoarele flexibile și generatorul de câmp magnetic variabil, reprezintă o soluție foarte bună pentru obținerea unui sistem ideal pentru experimente prin ușurința efectuării modificărilor și multitudinea reglajelor posibile.
- Realizarea de dispozitive by-pass cu MRF în mai multe variante constructive prevăzute cu discuri identice suprapuse și având fante în forma de segmente de coroană circulară pentru reglarea debitului , dotate cu elemente de încărcare și aerisire, permite utilizarea de fluide magnetoreologice cu vâscozități diferite. Un alt avantaj : dacă se scot cele două pistoane din by-pass tot sistemul se poate încărca cu fluid MR , dacă pistoanele raman , se încarca cu MRF doar porțiunea care este în zona de acțiune al generatorului de câmp magnetic iar în rest cu ulei hidraulic sau alt ulei cu vâscozitate scăzută. În acest mod , cantitatea de MRF este redusă de zeci de ori și economia realizată este substanțială.
- Utilizarea de elemente standardizate de conectare filetate din alamă, procurabile din comerț, pentru realizarea de acumuloare și dispozitive by-pass, este o soluție care permite modificări rapide și asigură calitatea și fiabilitatea similare unui produs industrial.
- Folosirea cilindrilor de acționare hidraulică și pneumatică pentru realizarea de amortizoare cu MRF cu circuit extern este o alta soluție practica, simplă și elegantă și care scurtează enorm timpul de execuție. Cilindrii pneumatici reprezintă chiar o soluție foarte bună și pentru realizarea de acumuloare deoarece necesită modificări minime și au un raport preț – calitate excelent.

## Capitolul 5

### CONCLUZII. CONTRIBUȚII ORIGINALE

Acest capitol conține contribuțiile autorului tezei care sunt trecute în cadrul fiecărui capitol și câteva idei concluzive.

#### 5.1. Contributii personale

- Realizarea unui stand pentru experimente și măsurători prin modificarea unui pendul Charpy. S-au realizat și atașat dispozitive mecanice reglabile care să reducă amplitudinea impulsurilor și să facă posibilă utilizarea de punți tensiometrice pentru colectarea de date. Modificările au vizat și posibilitatea montării de amortizoare de diferite gabarite și forțe făcând doar reglaje simple.
- Realizarea de amortizoare cu fluid magnetoreologic (MRF) cu circuit extern în structura modulară: amortizorul propriu-zis, acumulatorul încărcat cu gaz inert sub presiune, circuitul de by-pass, conectoarele flexibile și generatorul de câmp magnetic variabil.
- Proiectarea și realizarea unui acumulator multifuncțional cu mai multe posibilități de reglaj care poate modifica în limite largi caracteristicile de funcționare al amortizorului. Înlocuirea membranelor elastice cu pistoane, mult mai ușor de realizat.
- Realizarea de dispozitive by-pass cu MRF în mai multe variante constructive prevăzute cu discuri suprapuse cu fante în forma de segmente de coroană circulară pentru reglarea debitului și având elemente de încărcare și aerisire. Posibilitatea de a alege între două variante, cu sau fără pistoane. În varianta fără pistoane, tot sistemul se încarcă cu MRF și se folosește un volum mare de fluid. În varianta cu pistoane în circuitul de by-pass, MRF se introduce doar pe porțiunea dintre pistoane situată în zona activă a solenoidului. În rest se folosește ulei hidraulic sau uleiuri siliconice cu vâscozitate redusă. În acest fel volumul de MRF este de zeci de ori mai mic ca în primul caz și costurile sânt reduse semnificativ.
- Utilizarea de elemente standardizate de conectare filetate din alamă, procurabile din comerț, pentru realizarea de acumuloare și dispozitive by-pass, soluție care permite modificări rapide la costuri minime și asigură o calitate și fiabilitate similare unui produs industrial.
- Folosirea cilindrilor de acționare hidraulică și pneumatică pentru realizarea de amortizoare cu MRF cu circuit extern. Cilindrii pneumatici reprezintă chiar o soluție foarte bună și pentru realizarea de acumuloare deoarece necesită modificări minime și au un raport preț – calitate excelent.

- Punerea în evidență al unui fenomen care poate fi foarte util pentru autotestarea unui amortizor cu MRF cu circuit intern. Solenoidul din interiorul amortizorului generează o tensiune de ordinul mV-lor în timpul funcționării deci, în anumite condiții, solenoidul poate fi folosit ca un senzor fără să utilizăm alte elemente. Această tensiune este diferită pentru fiecare tip de amortizor și reprezintă și o "amprentă" de identificare. Această facilitate urmează să fie studiată în viitorul apropiat pentru obținerea de informații suplimentare despre starea tehnică al unui asemenea amortizor în regim dinamic, montat pe un autoturism dotat cu calculator de bord și în timpul deplasării.
- Realizarea de bucșe și suporturi din materiale magnetoreologice obținute din polimeri siliconici și cauciuc natural. S-a schimbat poziția solenoidului în structura bucșei pentru a maximiza efectul câmpului magnetic generat exercitat asupra materialului activ. S-a realizat o structură alveolară cu pereți subțiri din cauciuc natural care conține materialul activ și astfel s-a mărit rigiditatea structurii.
- S-au realizat două modele pentru a studia comportamentul dinamic al sistemului amortizor - pendul. Modelele au fost realizate cu ajutorul programului Sim Mechanics ce rulează sub mediul de programare MATLAB. La al doilea model s-a plecat de la modelul Oh-Onoda. S-a constatat în cazul primului model, o foarte bună corelare între datele obținute și datele experimentale. În cadrul simulării s-a realizat și animația mișcărilor pendulului pentru valoarea minimă și maximă a coeficientului de amortizare.

## 5.2. Concluzii

Atenuatoarele de vibrații semi-active realizate cu materiale magnetoreologice în matrice lichidă sau vâsco-elastică reprezintă un mare progres în acest domeniu. Aplicațiile sunt extrem de numeroase. Aproape fiecare dispozitiv mecanic poate fi reproiectat utilizând aceste materiale, de la suporturi de instrumente pentru nanotehnologii, până la structuri uriașe. Stabilizarea cablurilor pentru podurile suspendate, suporturi antiseismice pentru clădiri, platforme Stewart cu MRF montate pe sateliți ca suporturi pentru antene, camere de luat vederi și panouri solare, reducerea vibrațiilor palelor elicopterelor, în tehnica militară pentru suporturi de dispozitive de ochire și arme fără recul, la trenuri, suspensii pentru autoturisme. În domeniul medicinei de recuperare, s-au construit proteze și orteze foarte eficiente cu aceste materiale.

M-am străduit în această teză să ofer soluții simple, funcționale și ieftine pentru realizarea de amortizoare cu MRF cu circuit extern cu comandă semiactivă într-o gamă extrem de largă de gabarite. Structura modulară și folosirea de subansamble industriale cu alte destinații reduc foarte mult timpul de execuție și asigură fiabilitatea sistemului. Posibilitatea înlocuirii unui modul fără modificarea celorlalte, multiplele reglaje cu care este prevăzut fiecare modul fac posibilă setarea ansamblului pentru aplicația dorită. Modul simplu și eficient de testare cu ajutorul unui ansamblu pendul-amortizor folosind traductoare tensometrice este pe larg prezentat în lucrare. Sunt idei și soluții utile pentru cine dorește să facă experimente în acest domeniu.

## BIBLIOGRAFIE

1. ADRIAN CHIRIAC, ALEXANDRU **BOLTOSI**, LIVIU BERETEU, RAMONA NAGY, ON THE ENERGETIC EFFICIENCY OF SOME MECHANICAL TRANSMISSIONS, ANNALS OF THE ORADEA UNIVERSITY, FASCICLE OF MANAGEMENT AND TECHNOLOGICAL ENGINEERING, VOLUME VII (XVII), 2008, CD-ROM EDITION
2. ADRIAN CHIRIAC, ALEXANDRU **BOLTOSI**, LIVIU BERETEU, RAMONA NAGY, STUDY OF POWER CIRCULATION IN TRANSVERSAL PLAN AT A FOUR WHEEL DRIVE VEHICLE, 11 TH CONFERENCE ON VEHICLE SYSTEM DYNAMICS, IDENTIFICATION AND ANOMALIES, VSDIA 2008, 10 - 12 NOVEMBER, 2008, BUDAPEST, HUNGARY
3. ANNIS NATHANAEL DOUGLAS, DEVELOPMENT OF A VISUAL DEMONSTRATION PLATFORM FOR PARALLEL EVALUATION OF ACTIVE SUSPENSION SYSTEMS, VIRGINIA POLYTECHNIC INSTITUTE AND STATE UNIVERSITY, 2006
4. BATTERBEE D. C., SIMS N. D., HARDWARE-IN-THE-LOOP SIMULATION OF MAGNETORHEOLOGICAL DAMPERS FOR VEHICLE SUSPENSION SYSTEMS, PROC. IMECHE VOL. 221 PART I: J. SYSTEMS AND CONTROL ENGINEERING, 2007
5. BERETEU, L., **BOLTOSI**, A., CHIRIAC, A., NAGY, R., PROSTHESIS AND ORHOSIS REALIZED WITH SMART FLUID DEVICES, ANALELE UNIV. DE VEST DIN TIMIȘOARA, VOL.XLIX, SER. FIZICĂ, 2007, P., ISSN:1224-9718
6. BERETEU, L., **BOLTOSI**, A., CHIRIAC, A., NAGY, R., PROSTHESIS AND ORHOSIS REALIZED WITH SMART FLUID DEVICES, PROCEED. OF THE 32<sup>ND</sup> CONF. ON R & D IN AGRIC. ENGIN., GÖDÖLŐ, HUNGARY, CD EDITION, 2008, P., ISBN 963 611 423 7
7. BERETEU, L., CHIRIAC, A., **BOLTOSI**, A., NAGY, R., CONSTRUCTION AND OPTIMIZATION OF RHEOLOGICAL FLUID BRAKES AND CLUTCHES, PROCEED. OF PAPERS OF THE 20<sup>TH</sup> INTERN. CONF. ON NOISE AND VIBRATION, TARA, SERBIA AND MONTENEGRO, CD EDITION, 2006, P.1-5, ISBN ID 20-10
8. BERETEU, L., CHIRIAC, A., **BOLTOSI**, A., NAGY, R., CONSTRUCTIVE MODELS FOR SEMI-ACTIVE DAMPERS USING SMART FLUIDS, PROCEED. OF THE 31<sup>ST</sup> CONF. ON R & D IN AGRIC. ENGIN., GÖDÖLŐ, HUNGARY, CD EDITION, 2007, P.131-135, ISBN 963 611 423 6
9. BERGANDER ARVID, CONTROL, WEAR TESTING & INTEGRATION OF STICK - SLIP MICROPOSITIONING, PH.D. THESIS, ECOLE POLYTECHNIQUE FEDERALE DE LAUSANNE, 2003[3]
10. **BOLTOSI** AL, NAGY RAMONA, 2006, MODELING OF RHEOLOGICAL FLUID DEVICES, ANNALS OF THE ORADEA UNIVERSITY, FASCICLE OF MANAGEMENT AND TEHNOLOGICAL ENGINEERING, CD-ROM EDITION, VOL V (XV), ISSN 1583-0691
11. **BOLTOSI** ALEXANDRU, ADRIAN CHIRIAC, RAMONA NAGY, LIVIU BERETEU, SIMPLE METHODS TO REALIZE SEMI-ACTIVE DAMPERS, WITH

- MAGNETORHEOLOGICAL FLUIDS, 11 TH CONFERENCE ON VEHICLE SYSTEM DYNAMICS, IDENTIFICATION AND ANOMALIES, VSDIA 2008, 10 - 12 NOVEMBER, 2008, BUDAPEST, HUNGARY
12. **BOLTOSI** ALEXANDRU, ADRIAN CHIRIAC, RAMONA NAGY, LIVIU BERETEU, STEWART PLATFORM. APPLICATION OF SMART FLUID DAMPERS IN THIS FIELD, ANNALS OF THE ORADEA UNIVERSITY, FASCICLE OF MANAGEMENT AND TECHNOLOGICAL ENGINEERING, VOLUME VII (XVII), 2008, CD-ROM EDITION
  13. **BOLTOSI**, A., BERETEU, L., BIRÓ, I., CHIRIAC, A., NAGY, R., APPLICATION OF SMART FLUID DEVICES TO PROSTHETICS, PROCEED. OF THE 32<sup>ND</sup> CONF. ON R & D IN AGRIC. ENGIN., GÖDÖLÓ, HUNGARY, CD EDITION, 2008, P., ISBN 963 611 423 7
  14. **BOLTOSI**, A., BERETEU, L., CHIRIAC, A., NAGY, R., STEWART PLATFORMS EQUIPPED WITH MAGNETORHEOLOGICAL FLUID DAMPERS, ANALELE UNIV. DE VEST DIN TIMIȘOARA, VOL.XLIX, SER. FIZICĂ, 2007, P., ISSN:1224-9718
  15. **BOLTOSI**, A., BIRÓ, I., CHIRIAC, A., NAGY, R., BERETEU, L., DECREASING OF VIBRATION LEVEL AT SELF PROPELLED AGRICULTURAL MACHINES USING SEMI-ACTIVE DEVICES WITH MAGNETO-RHEOLOGICAL FLUIDS, PROCEED. OF THE 31<sup>ST</sup> CONF. ON R & D IN AGRIC. ENGIN., GÖDÖLÓ, HUNGARY, CD EDITION, 2007, P.136-140, ISBN 963 611 423 6
  16. **BOLTOSI**, A., CHIRIAC, A., BALTA, A., ACTUATING OF THE PLANE SIEVES BY CRANK AND CONNECTING ROD ASSEMBLY, PROCEED. OF THE 8<sup>TH</sup> SYMP. ON ACOUST. AND VIBR. OF MECH. STRUCT., TIMIȘOARA, 2005, P.185-192, ISBN 973-625-238-8
  17. **BOLTOSI**, A., CHIRIAC, A., NAGY, R., BRAKES AND CLUTCHES WITH SMART FLUIDS ANALELE UNIV. DE VEST DIN TIMIȘOARA, VOL.XLVIII, SER. FIZICĂ, 2006, P.151-156, ISSN:1224-9718
  18. **BOLTOSI**, A., CHIRIAC, A., NAGY, R., INCREASING OF VEHICLE COMFORT USING SMART FLUID DEVICES, PROCEED. OF THE 10<sup>TH</sup> CONF. ON VEHICLE SYSTEM DYNAMICS, IDENTIFICATION AND ANOMALIES, BUDAPEST, HUNGARY, 2006
  19. **BOLTOSI**, A., NAGY, R., CHIRIAC, A., MODELING OF MAGNETORHEOLOGICAL (MR) AND ELECTORRHEOLOGICAL (ER) FLUID DEVICES, PROCEED. OF THE 6<sup>TH</sup> INTERN. CONF. "RESEARCH AND DEVELOP. IN MECH. INDUSTRY", BUDVA, SERBIA AND MONTENEGRO, CD EDITION, 2006, P.1-7, ISBN 86-83803-21-X (HTMS)
  20. **BOLTOSI** AL., NAGY RAMONA, CHIRIAC A., 2006, MODELING OF MAGNETORHEOLOGICAL (MR) AND ELECTORRHEOLOGICAL (ER) FLUID DEVICES, 6<sup>TH</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE, "RESEARCH AND DEVELOPMENT IN MECHANICAL INDUSTRY" RADMI 2006, 13 - 17. SEPTEMBER 2006, BUDVA, SERBIA AND MONTENEGRO, ISBN 86-83803-10-4
  21. BOULOS ALFRED, A FEASIBILITY STUDY ON ADAPTIVE VEHICLE SUSPENSION CONTROL ARMS, MSC SOFTWARE
  22. BOURMISTROVA A., STOREY I., SUBIC A., MULTIOBJECTIVE OPTIMISATION OF ACTIVE AND SEMI-ACTIVE SUSPENSION SYSTEMS WITH APPLICATION OF EVOLUTIONARY ALGORITHM
  23. BRANDON PAUL, WHITE NIGEL, SENSITIVITY OF DAMPER VALVE ARCHITECTURE TO CHANGES IN MOUNT STIFFNESS/ DAMPING/ HYSTERESIS AND THE SUBSEQUENT COMBINED DAMPING

- 
- CHARACTERISTICS, KINGSTON UNIVERSITY
24. BRINDEU L., BERETEU L., NAGY RAMONA, **BOLTOȘI AL.**, 2005, DYNAMIC MODELS OF SHOCK DAMPER WITH MAGNETORHEOLOGICAL FLUID, "POLITEHNICA" UNIVERSITY OF TIMISORA, TRANS OF MECHANICS SPECIAL ISSUE. THE XI-TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON VIBRATION ENGINEERING, TIMISOARA, SEPT 27-30 2005, ISSN 1224-6077 (191-196)
  25. BRÎNDEU L., BERETEU L., NAGY RAMONA, **BOLTOȘI AL.**, 2005, MODELING OF WORK OF SHOCK DAMPER WITH MAGNETORHEOLOGICAL FLUID, ANNALS OF THE ORADEA UNIVERSITY, FASCICLE OF MANAGEMENT AND TECHNOLOGICAL ENGINEERING, CD-ROM EDITION, VOL IV (XIV) (40) ISSN 1583-0691
  26. BRÎNDEU L., HULE V., TĂTARU B., HORA H.: VIBRAȚIILE LONGITUDINALE ALE BARELOR VÂSCO-ELASTICE CU MASE CONCENTRATE LA EXTREMITĂȚI, ANALELE UNIV. ORADEA 2004, FASCICOLA INGINERIE MANAGERIALĂ ȘI TEHNOLOGICĂ, SECȚIUNEA: MECANICĂ, 2004, ISSN 1583-0691, (CD)
  27. BRÎNDEU L.: MECANICA DINAMICĂ, INSTIT. POLIT. TRAIAN VUIA, TIMIȘOARA, 1975
  28. BRÎNDEU L.: VIBRAȚII. MECANICA ANALITICĂ. VIBRAȚII MECANICE, INSTIT. POLIT. TRAIAN VUIA, TIMIȘOARA, 1979
  29. BRÎNDEU, L., BERETEU, L., NAGY, R., BOLTOȘI, A., (2005), DYNAMIC MODELS OF SHOCK DAMPER WITH MAGNETORHEOLOGICAL FLUID, SCIENT. BULL. OF "POLITEHNICA" UNIV. OF TIMIȘOARA, TOM 50(64), SPECIAL ISSUE.
  30. BRÎNDEU, L., **BOLTOȘI, A.**, NAGY, R., CHIRIAC, A., SHOCK ABSORBERS WITH MAGNETORHEOLOGICAL FLUIDS, PROCEED. OF THE 30<sup>TH</sup> CONF. ON R & D IN AGRIC. ENGIN., GÖDÖLLŐ, HUNGARY, 2006, P.316-321, ISBN 963 611 423 5
  31. BURSON KRISTOPHER, LORD MR DAMPING SOLUTIONS FOR AUTOMOTIVE APPLICATIONS, LORD CEDRAT TECHNOLOGIES, NEW LINEAR MAGNETIC ACTUATORS, 2007
  32. CARLSON, J.D. & JOLLY, M.R. MR-FLUID, FOAM AND ELASTOMER DEVICES, MECHATRONICS 10 (2000) P. 555-569.
  33. CARSLON, J. D., JOLLY, M. R., (2000), MR FLUID, FOAM AND ELASTOMER DEVICES, MECHATRONICS, 10, P. 555-569
  34. CHINNIAH JEYACHANDRABOSE, SAYERS E. MITCHELL, AN APPROACH FOR THE OPTICAL DESIGN OF AN LED FOG LAMP, SAE WORLD CONGRESS DETROIT, MICHIGAN, 2004
  35. CHIRIAC, A., BERETEU, L., BIRÓ, I., NAGY, R., **BOLTOȘI, A.**, ON THE DYNAMICS OF A PLANE SIEVE FOR SEED SORTING, DRIVEN BY AN ELECTRIC MOTOR, PROCEED. OF THE 32<sup>ND</sup> CONF. ON R & D IN AGRIC. ENGIN., GÖDÖLŐ, HUNGARY, CD EDITION, 2008, P., ISBN 963 611 423 7
  36. CHIRIAC, A., BERETEU, L., NAGY, R., **BOLTOȘI, A.**, AN APPROXIMATE SOLUTION OF THE EQUATION OF MOTION OF A ROTARY INDUSTRIAL EQUIPMENT, ANNALS OF THE ORADEA UNIV., FASC. MANAG. AND TECHN. ENGIN., VOL.VI(XVI), CD EDITION, 2007, P.12-16, ISSN 1583-0691
  37. CHIRIAC, A., **BOLTOȘI, A.**, NAGY, R., MODELS OF CONTROL OF SEMI-ACTIVE VEHICLE SUSPENSIONS REALIZED WITH SMART FLUIDS, PROCEED. OF THE 10<sup>TH</sup> CONF. ON VEHICLE SYSTEM DYNAMICS,

- IDENTIFICATION AND ANOMALIES, BUDAPEST, HUNGARY, 2006
38. CHIRIAC, A., NAGY, R., BERETEU, L., **BOLTOSI**, A., ON THE DYNAMICS OF MOTIONS OF A ROBOT FOR THE ELECTRONIC INDUSTRY, ANALELE UNIV. DE VEST DIN TIMIȘOARA, VOL.XLIX, SER. FIZICĂ, 2007, P., ISSN:1224-9718
  39. CHIRIAC, A., NAGY, R., BERETEU, L., **BOLTOSI**, A., ON THE MODELING OF BEHAVIOR OF ELECTRO AND MAGNETO-RHEOLOGICAL DEVICES, PROCEED. OF THE 31<sup>ST</sup> CONF. ON R & D IN AGRIC. ENGIN., GÖDÖLŐ, HUNGARY, CD EDITION, 2007, P.141-145, ISBN 963 611 423 6
  40. CHOI Y-T, WERELEY N. M., MITIGATION OF BIODYNAMIC RESPONSE TO VIBRATORY AND BLAST-INDUCED SHOCK LOADS USING MAGNETORHEOLOGICAL SEAT SUSPENSIONS, PROC. IMECHE. VOL. 219 PART D: J. AUTOMOBILE ENGINEERING, 2005
  41. CHOI, S.-B. & LEE, S.-K. A HYSTERESIS MODEL FOR THE FIELD-DEPENDENT DAMPING FORCE OF A MAGNETORHEOLOGICAL DAMPER, JOURNAL OF SOUND AND VIBRATION (2001) 245(2), P.375. 383.
  42. CHOI, S.-B. & LEE, S.-K. A HYSTERESIS MODEL FOR THE FIELD-DEPENDENT DAMPING FORCE OF A MAGNETORHEOLOGICAL DAMPER, JOURNAL OF SOUND AND VIBRATION (2001) 245(2), P. 375. 383.
  43. CIOARA T. GH., GLIGOR TR., BERETEU L., DAESCU D.: EXPERIMENTAL METHOD FOR MULTICYLINDER COMPRESSOR MASSIVE FOUNDATION VIBRATION ANALYSIS, 6<sup>TH</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE SOIL DYNAMICS, SOUTHAMPTON, UK 1993 PP.655-672
  44. CIOARA T. GH.: TEHNICI EXPERIMENTALE ÎN INGINERIE. TRADUCTOARE ȘI SENZORI, EDITURA POLITEHNICA TIMIȘOARA, 1999, ISBN 9739389-33-3
  45. CIOARA T. GH.: VIBRATION IN ENGINEERING, CD LECTURES
  46. CIOARA T. GH.: VIBRATION MONITORING OF MECHANICAL SYSTEM. FAULT DIAGNOSIS LEVEL REDUCTION, ED. UNIVERSITY OF SOUTH CAROLINA COLUMBIA U.S.A., 1999, ISBN 973-9485-09-X
  47. CIOARA T. GH.: VIBRATION OF MECHANICAL SYSTEMS WITH THE COMPOSED
  48. CIOARA T. GH.: VIBRAȚII ȘI ZGOMOTE. NOTE DE CURS, EDIȚIE ELECTRONICĂ, UNIVERSITATEA POLITEHNICA TIMIȘOARA
  49. COLLINS, S., A., VON FLOTOW, A., H., (1991), ACTIVE VIBRATION ISOLATION FOR SPACECRAFT, 42<sup>ND</sup> IAF CONGRESS, PAPER NO IAF-91-289, MONTREAL.
  50. DAVIS, L. C., (1999), MODEL OF MAGNETORHEOLOGICAL ELASTOMERS, J. APPL. PHYS., 85(6), P. 3348-3351.
  51. DYKE, R. A., WERELEY, N. M., (1999), CHARACTERIZATION OF A MAGNETORHEOLOGICAL FLUID DAMPER USING A QUASI-STEADY MODEL, MECHATRONICS, PROCEEDINGS OF SPIE - THE INTERNATIONAL SOCIETY FOR OPTICAL ENGINEERING, I, P. 507-519.
  52. DYKE, S. J., SPENCER JR., B. F., SAIN, M. K., CARLSON, J. D., (1997), AN EXPERIMENTAL STUDY OF MR DAMPERS FOR SEISMIC PROTECTION, PROCEEDINGS OF ASCE STRUCTURES CONGRESS, P. 1358-1362.
  53. DYKE, S.J., SPENCER, B.F. JR., SAIN, M.K. & CARLSON, J.D. AN EXPERIMENTAL STUDY OF MR DAMPERS FOR SEISMIC PROTECTION, SMART MATER. STRUCT. 7 (1998) P. 693.703.
  54. ENCYCLOPEDIA OF SMART MATERIALS,  
[HTTP://WWW.MRW.INTERSCIENCE.WILEY.COM/ESM/INDEX.HTML](http://www.mrw.interscience.wiley.com/esm/index.html).



55. FAI T. C., DELBRESSINE F., RAUTERBERG M., VEHICLE SEAT DESIGN: STATE OF THE ART AND RECENT DEVELOPMENT, PROCEEDINGS WORLD ENGINEERING CONGRESS 2007 (PP. 51-61), PENANG MALAYSIA
56. FERRAZZIN D., BARBAGLI F., AVIZZANO C. A., PIETRO G., BERGAMASCO M., DESIGNING NEW COMMERCIAL MOTORCYCLES THROUGH A HIGHLY RECONFIGURABLE VIRTUAL REALITY-BASED SIMULATOR, ADVANCED ROBOTICS, VOL. 17, NO. 4, PP. 293-318 (2003)
57. GENC, S. & PHULÉ P.P. RHEOLOGICAL PROPERTIES OF MAGNETORHEOLOGICAL FLUIDS, SMART MATER. STRUCT. 11 (2002) P. 140.146.
58. GERRARD BARNEY, MAGNETI MARELLI, THE U-LINK SUSPENSION CONCEPT, VEHICLE DYNAMICS EXPO 2006
59. GHOSH M. K., DINAVAH I R., VIBRATION ANALYSIS OF A VEHICLE SYSTEM SUPPORTED ON A DAMPER-CONTROLLED VARIABLE-SPRING-STIFFNESS SUSPENSION, PROC. IMECHE. VOL. 219 PART D: J. AUTOMOBILE ENGINEERING, 2005
60. GILIOME CHRISTIAAN LAMBERT, ANALYSIS OF A FOUR STATE SWITCHABLE HYDROPNEUMATIC SPRING AND DAMPER SYSTEM, UNIVERSITY OF PRETORIA, 2005
61. GINDER J. M., NICHOLS, M. E., ELIE, L. D., TARDIFF, J. L., (1999), MAGNETORHEOLOGICAL ELASTOMERS: PROPERTIES AND APPLICATIONS, SPIE, 3675, P. 131-138.
62. GIUA ALESSANDRO, MELAS MAURO, SEATZU CARLA, DESIGN OF A CONTROL LAW FOR A MAGNETO-RHEOLOGICAL SUSPENSION, UNIVERSITY OF CAGLIARI
63. GOH Y. M., BOOKER J. D., MCMAHON C. A., UNCERTAINTY MODELLING OF A SUSPENSION UNIT, PROC. IMECHE. VOL. 219 PART D: J. AUTOMOBILE ENGINEERING, 2005
64. HAN Y. M., JUNG J. Y., CHOI S. B., SLIDING MODE CONTROL OF ER SEAT SUSPENSION CONSIDERING HUMAN VIBRATION MODEL, INTERNATIONAL JOURNAL OF MODERN PHYSICS B VOL. 19, 2005, 1689-1695
65. HARTMUT JANOSCHA, NEUE AKTOREN AUS DER SICHT DER MECHATRONIK, UNIVERSITÄT DES SAARLANDES
66. HARTMUT JANOSCHA, UNKONVENTIONELLE AKTOREN IM KRAFTFAHRZEUG, UNIVERSITÄT DES SAARLANDES, 2004
67. IOAN BICA, ADVANCES IN MAGNETORHEOLOGICAL SUSPENSION: PRODUCTION AND PROPERTIES, ELSEVIER, JOURNAL IND. ENG. CHEM., VOL. 12, No. 4, (2006) , 501-515
68. IOAN BICA, NANOPARTICLE PRODUCTION BY PLASMA, DEPARTMENT OF PHYSICS, ELSEVIER, MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING B, VOL. 68, ISSUE 1, 20 DEC. 1999, PAGES 5-9
69. JANSSON FREDRIK, JOHANSSON OSKAR, A STUDY OF ACTIVE ENGINE MOUNTS, LINKÖPINGS UNIVERSITET, 2003
70. JOLLY, M. R., CARSLON, J. D., MUÑOZ, B. C., BULLIONS, T. A., (1996), THE MAGNETOVISCOELASTIC RESPONSE OF ELASTOMER COMPOSITES CONSISTING OF FERROUS PARTICLES EMBEDDED IN POLYMER MATRIX, J. INTEL. MATER. SYST. STRUCT., 7(11), P. 613-622.
71. JOLLY, M., R., BENDER, J., W., CARLSON, J., D., (1998), PROPERTIES AND APPLICATIONS OF COMMERCIAL MAGNETORHEOLOGICAL FLUIDS. PROCEEDINGS OF SPIE - THE INTERNATIONAL SOCIETY FOR OPTICAL ENGINEERING, 3327, P. 262-275.

72. JOLLY, M.R., CARLSON, J.D. & MUNOZ, B.C. A MODEL OF THE BEHAVIOUR OF MAGNETORHEOLOGICAL MATERIALS, SMART MATER. STRUCT. 5 (1996) P. 607.614.
73. KARKOUB MANSOUR A., ZRIBI MOHAMED, ACTIVE/SEMI-ACTIVE SUSPENSION CONTROL USING MAGNETORHEOLOGICAL ACTUATORS, INTERNATIONAL JOURNAL OF SYSTEMS SCIENCE, VOL. 37, NO. 1, 15 JANUARY 2006, 35-44
74. KELSO SHAWN P, BLANKINSHIP ROSS, HENDERSON BENJAMIN KYLE, PRECISION CONTROLLED ACTUATION AND VIBRATION ISOLATION UTILIZING MAGNETORHEOLOGICAL (MR) FLUID TECHNOLOGY, AIAA 2001-4568
75. KITCHING K. J., COLE D.J., CEBON D., PERFORMANCE OF A SEMI-ACTIVE DAMPER FOR HEAVY VEHICLES, ASME JOURNAL OF DYNAMIC SYSTEMS MEASUREMENT AND CONTROL
76. KRUNTCEVA MARIANA R., ACOUSTIC-STRUCTURAL COUPLING OF THE AUTOMOBILE PASSENGER COMPARTMENT, WCE 2007
77. KUHNEN K., JANOCHA H., SCHOMMER M., EXPLOITATION OF INHERENT SENSOR EFFECTS IN MAGNETOSTRICTIVE ACTUATORS
78. LAUWERYS C., SWEVERS J., SAS P., MODEL FREE CONTROL DESIGN FOR A SEMI-ACTIVE SUSPENSION OF A PASSENGER CAR, K.U.LEUVEN, DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING, DIVISION PMA
79. LI, W.H., YAO, G.Z., CHEN, G., YEO, S.H. & YAP, F.F. TESTING AND STEADY STATE MODELING OF A LINEAR MR DAMPER UNDER SINUSOIDAL LOADING, SMART MATER. STRUCT. 9 (2000) P. 95.102.
80. LIAO, W.H. & LAI, C.Y. HARMONIC ANALYSIS OF A MAGNETORHEOLOGICAL DAMPER FOR VIBRATION CONTROL, SMART MATER. STRUCT. 11 (2002) P. 288.296.
81. LIEDES TONI, POSSIBILITIES OF PIEZOELECTRICS, UNIVERSITY OF OULU
82. LIU YANQING, MATSUHISA HIROSHI, UTSUNO HIDEO, PARK JEONG GYU, CONTROLLABLE VIBRATION OF THE CAR-BODY USING MAGNETORHEOLOGICAL FLUID DAMPER, VEHICLE SYSTEM DYNAMICS SUPPLEMENT 41 (2004). P.627-636
83. LIVIU BERETEU, ALEXANDRU **BOLTOSI**, RAMONA NAGY AND ADRIAN CHIRIAC, DOUBLE SEPARATING SCREEN ACTIVE CONTROL, PHYSICS CONFERENCE TIM-08, 27-28 NOV, 2008, UNIVERSITATEA DE VEST, TIMISOARA(IN-PRESS)
84. LIVIU BERETEU, RAMONA NAGY, ALEXANDRU **BOLTOSI**, ADRIAN CHIRIAC, STUDY AND TESTS OF A SEMI-ACTIVE DAMPER USING COMPLEX MEDIA, ANNALS OF THE ORADEA UNIVERSITY, FASCICLE OF MANAGEMENT AND TECHNOLOGICAL ENGINEERING, VOLUME VII (XVII), 2008, CD-ROM EDITION
85. LIVIU BERETEU, RAMONA NAGY, ALEXANDRU **BOLTOSI**, ADRIAN CHIRIAC, VIBRATION ISOLATION USING STEWART PLATFORM, 11 TH CONFERENCE ON VEHICLE SYSTEM DYNAMICS, IDENTIFICATION AND ANOMALIES, VSDIA 2008, 10 - 12 NOVEMBER, 2008, BUDAPEST, HUNGARY
86. LOHÖFENER MANFRED, AKTORIK 1, FACHHOCHSCHULE MERSEBURG, UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
87. LOKANDER, M. & STENBERG, B. PERFORMANCE OF ISOTROPIC MAGNETORHEOLOGICAL RUBBER MATERIALS, POLYMER TESTING, VOLUME 22, ISSUE 3, MAY 2003, P. 245.251.

88. LORD CORPORATION ([HTTP://WWW.MRFLUID.COM](http://www.mrfluid.com)).  
[WWW.LORD.COM](http://www.lord.com)
89. MAGNAC G., MENEROUD P., SIX M.F., PATIENT G., LELETY R., CLAEYSSSEN F., CHARACTERISATION OF MAGNETO-RHEOLOGICAL FLUIDS FOR ACTUATORS APPLICATIONS, ACTUATOR 2006, 10TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON NEW ACTUATORS, 2006
90. MAIN JOHN A., GARCIA EPHRAHIM, NEWTON DAVID V., PRECISION POSITION CONTROL OF PIEZOELECTRIC ACTUATORS USING CHARGE FEEDBACK, JOURNAL OF GUIDANCE, CONTROL AND DYNAMICS VOL. 18, NO.5, 1995
91. MAJER OLIVER LEWIS, THE APPLICATION OF SMART MATERIAL ACTUATORS IN THE DEVELOPMENT OF A MODEL PLANE WING, UNION COLLEGE, 2006
92. MATTHIAS HAUCK, GEREGLTE DAMPFUNG FUR TRAKTOR-FAHRERSITZE, PH.D. THESIS, TECHNISCHE UNIVERSITAT BERLIN, 2001
93. MELIKHOV Y., LEE S. J., JILES D. C., SCHMIDT D. H., PORTER M. D., SHINAR R., MICROELECTROMAGNETIC FERROFLUID-BASED ACTUATOR, JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, VOLUME 93, NUMBER 10, 2003
94. MIEGE A. J. P., CEBON D., ACTIVE ROLL CONTROL OF AN EXPERIMENTAL ARTICULATED VEHICLE, PROC. IMECHE. VOL. 219 PART D: J. AUTOMOBILE ENGINEERING, 2005
95. MIRCEA FENCHEA, ALEXANDRU **BOLTOSI**, INFLUENCE OF SUSPENSION ON THE VEHICLE DYNAMIC PERFORMANCE, ORADEA UNIVERSITY, FASCICLE OF MANAGEMENT AND TECHNOLOGICAL ENGINEERING, CD-ROM EDITION, VOL V (XV), ISSN 1583-0691
96. MISSELHORN W. E., THERON N. J., ELS P. S., INVESTIGATION OF HARDWARE-IN-THE-LOOP FOR USE IN SUSPENSION DEVELOPMENT, VEHICLE SYSTEM DYNAMICS VOL. 44, NO. 1, 2006, 65-81
97. NAGY RAMONA, **BOLTOSI** AL., 2006, SOME CONSIDERATIONS REGARDING COLLISION MODELS, ORADEA UNIVERSITY, FASCICLE OF MANAGEMENT AND TECHNOLOGICAL ENGINEERING, CD-ROM EDITION, VOL V (XV), ISSN 1583-0691
98. NAGY RAMONA, **BOLTOSI** AL., 2006, SOME CONSIDERATIONS REGARDING COLLISION MODELS, ORADEA UNIVERSITY, FASCICLE OF MANAGEMENT AND TECHNOLOGICAL ENGINEERING, CD-ROM EDITION, VOL V (XV), ISSN 1583-0691
99. NAGY RAMONA, **BOLTOSI** AL, BALŢĂ ADRIANA, 2005, CONSIDERATION REGARDING THE IMPULSIVE FORCES AND DISTRIBUTIONS IN THE STUDY OF VIBROIMPACT. PROCEEDING OF THE VIII - TH SYMPOSIUM, ACUSTICA ŞI VIBRAŢIILE STRUCTURILOR MECANICE, 26-27 MAI TIMIŞOARA, PG: 177-185, ISBN 973-625-238-8
100. NAGY RAMONA, BRÎNDEU L., **BOLTOSI** AL., 2005, IMPULSIVE FORCES AND DISTRIBUTIONS IN THE STUDY OF VIBROIMPACT MOTIONS, KUTATASI ES FEJLESZTESI TANACSKOZAS, GODOLLO, NR. 29. ISBN 963-611-423-4.
101. NAGY, R., BERETEU, L., **BOLTOSI**, A., CHIRIAC, A., BIRÓ, I., CLUTCHES AND BRAKES, REALIZED WITH MAGNETO AND ELECTRO-RHEOLOGICAL FLUIDS, PROCEED. OF THE 31<sup>ST</sup> CONF. ON R & D IN AGRIC. ENGIN., GÖDÖLŐ, HUNGARY, CD EDITION, 2007, P.146-150, ISBN 963 611 423 6
102. NAGY, R., BERETEU, L., **BOLTOSI**, A., CHIRIAC, A., FLAT SIEVES FOR SEED SEPARATING, AS COMPLEX VIBRO-IMPACTING MECHANICAL SYSTEMS, PROCEED. OF THE 32<sup>ND</sup> CONF. ON R & D IN AGRIC. ENGIN., GÖDÖLŐ, HUNGARY, CD EDITION, 2008, P., ISBN 963 611 423 7

103. NAGY, R., **BOLTOSI**, A., CHIRIAC, A., HEAT TRANSFER AT SMART FLUID DAMPERS, PROCEED. OF THE 10<sup>TH</sup> CONF. ON VEHICLE SYSTEM DYNAMICS, IDENTIFICATION AND ANOMALIES, BUDAPEST, HUNGARY, 2006
104. NAGY, R., CHIRIAC, A., **BOLTOSI**, A., BERETEU, L., MOTION SIMULATION OF A VIBRATING DEVICE OF CRANK AND CONNECTING-ROD TYPE, ANALELE UNIV. DE VEST DIN TIMIȘOARA, VOL.XLIX, SER. FIZICĂ, 2007, P., ISSN:1224-9718
105. NAGY, R., CHIRIAC, A., **BOLTOSI**, A., MAGNETO-RHEOLOGICAL FLUID (MRF) AND ELECTRO-RHEOLOGICAL FLUID (ERF) DEVICE MODELING, ANALELE UNIV. DE VEST DIN TIMIȘOARA, VOL.XLVIII, SER. FIZICĂ, 2006, P.191-197, ISSN:1224-9718
106. NI, Y. Q., LIU, H. J., KO, J. M., (2002), EXPERIMENTAL INVESTIGATION ON SEISMIC RESPONSE CONTROL OF ADJACENT BUILDINGS USING SEMI-ACTIVE MR DAMPERS, SMART STRUCTURES AND MATERIALS: SMART SYSTEMS FOR BRIDGES, STRUCTURES AND HIGHWAYS, 4696, P. 334-344.
107. NI, Y., Q., LIU, H., J., KO, J., M., (2002), EXPERIMENTAL INVESTIGATION ON SEISMIC RESPONSE CONTROL OF ADJACENT BUILDINGS USING SEMI-ACTIVE MR DAMPERS. SMART STRUCTURES AND MATERIALS: SMART SYSTEMS FOR BRIDGES, STRUCTURES AND HIGHWAYS, 4696, P. 334-344.
108. PAWELCZAK DIETER, NUTZUNG INHARENTEN MESSEFFEKTE VON AKTOREN UND METHODEN ZUR SENSORLOSEN POSITIONSMESSUNG IM BETRIEB, PH.D. THESIS, UNIVERSITAT DER BUNDESWEHR MUNCHEN
109. PLANE-ELLIPTICAL MIRROR FURNACE FOR CRYSTAL GROWTH, S.NOVACONI, AL. BOLTOSI , R. BAIES , M. BARTAN , I. GROZESCU, FUNCTIONAL MATERIALS , VOL. 11, NO.4 ( 2004 ), PAG. 810-814
110. PRELIMINARY RESULTS ON OBTAINING OF LANGASITE IN PHOTON FURNACE WITH MEDIA SEPARATION, AL.**BOLTOSI** , S. NOVACONI , R. BAIES, M. BARTAN, I. GROZESCU, MOLDAVIAN JOURNAL OF THE PHYSICAL SCIENCES, 2003,VOL.2,N 3-4, PAG.389 -392
111. RAMONA NAGY, LIVIU BERETEU, ADRIAN CHIRIAC, ALEXANDRU **BOLTOSI**, CONSIDERATIONS ON SUSPENSION VIBRATION OF A ROAD VEHICLE, 11 TH CONFERENCE ON VEHICLE SYSTEM DYNAMICS, IDENTIFICATION AND ANOMALIES, VSDIA 2008, 10 - 12 NOVEMBER, 2008, BUDAPEST, HUNGARY
112. RAMONA NAGY, LIVIU BERETEU, ADRIAN CHIRIAC, ALEXANDRU **BOLTOSI**, ENVIRONMENT NOISE IN INDUSTRIAL ZONES, ANNALS OF THE ORADEA UNIVERSITY, FASCICLE OF MANAGEMENT AND TECHNOLOGICAL ENGINEERING, VOLUME VII (XVII), 2008, CD-ROM EDITION
113. RETTIG UWE, OSKAR VON STRYK, OPTIMAL AND ROBUST DAMPING CONTROL FOR SEMI-ACTIVE VEHICLE SUSPENSION, EUROMECH NONLINEAR DYNAMICS CONFERENCE, EINDHOVEN, THE NETHERLANDS, 2005
114. RUTTEN S.H.L.A., 'SMART' MATERIALS IN AUTOMOTIVE APPLICATIONS, EINDHOVEN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
115. SEDEH R. SHARIFI, AHMADIAN M. T., ELAHI A., AZAR R. SAEIDPOUR, APPLICATION OF DIFFERENT CONTROL APPROACHES TO THE DESIGN OF SEMI-ACTIVE SUSPENSION SYSTEMS, 13TH ANNUAL (INTERNATIONAL) MECHANICAL ENGINEERING CONFERENCE - MAY 2005, ISFAHAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, ISFAHAN, IRAN.

116. SHEN, Y., GOLNARAGHI, M. F., HEPPLER, G. R., (2004), EXPERIMENTAL RESEARCH AND MODELING OF MAGNETORHEOLOGICAL ELASTOMERS, J. OF INTELLIGENT MATERIAL SYSTEMS AND STRUCTURES, VOL. 15, JANUARY, P. 27-35.
117. SJOERDSMA MICHAEL HENRI, CONTROLLING STRUCTURE BORNE NOISE IN AUTOMOBILES USING MAGNETORHEOLOGICAL COMPONENTS, SIMON FRASER UNIVERSITY, CANADA
118. SNYDER, R., A., WERELEY, N., M., (1999), CHARACTERIZATION OF A MAGNETORHEOLOGICAL FLUID DAMPER USING A QUASI-STEADY MODEL. PROCEEDINGS OF SPIE - THE INTERNATIONAL SOCIETY FOR OPTICAL ENGINEERING, 3668, I, P. 507-519.
119. STIEBEL C., JANÓCHA H., 6 KV POWER AMPLIFIER DESIGNED FOR ACTUATORS WITH ELECTORRHEOLOGICAL (ER) FLUIDS
120. TAN XIAOBO, BARAS JOHN S., MODELING AND CONTROL OF A MAGNETOSTRICTIVE ACTUATOR, CDCSS TR 2002-3 (ISR TR 2002-8)
121. THE MECHANICAL SYSTEMS DESIGN HANDBOOK, MODELING, MEASUREMENT AND CONTROL, CRC PRESS, 2002
122. TSAMPARDOUKAS G., STAMMERS C. W., GUGLIELMINO E., SEMI-ACTIVE CONTROL OF A PASSENGER VEHICLE FOR IMPROVED RIDE AND HANDLING, PROC. IMECHANICAL VOL. 222 PART D: J. AUTOMOBILE ENGINEERING, 2008
123. UNSAL, M., CRANE, C., NIEZRECKI, C., (2006), VIBRATION CONTROL OF PARALLEL PLATFORMS BASED ON MAGNETORHEOLOGICAL DAMPING, FCRAR 2006, MIAMI, FLORIDA, 1-6.
124. UNSAL, M., CRANE, C., NIEZRECKI, C., (2006), VIBRATION CONTROL OF PARALLEL PLATFORMS BASED ON MAGNETORHEOLOGICAL DAMPING, FLORIDA CONFERENCE ON RECENT ADVANCES IN ROBOTICS, FCRAR.
125. VITRANI M. A., NIKITCZUK J., MOREL G., MAVROIDIS C., WEINBERG B., TORQUE CONTROL OF ELECTORRHEOLOGICAL FLUIDIC RESISTIVE ACTUATORS FOR HAPTIC VEHICULAR INSTRUMENT CONTROLS, TRANSACTIONS OF THE ASME, VOL. 128, JUNE 2006, 216-226
126. WEINBERG B., NIKITCZUK J., FISCH A., MAVROIDIS C., DEVELOPMENT OF ELECTRO-RHEOLOGICAL FLUIDIC RESISTIVE ACTUATORS FOR HAPTIC VEHICULAR INSTRUMENT CONTROLS, SMART MATER. STRUCT. 14 (2005) 1107-1119
127. WU JIAN-DA, LIN CHIH-JER, KUO KUN-YIN, A STUDY OF SEMI-ACTIVE VIBRATION CONTROL FOR VEHICLE SUSPENSION SYSTEM USING AN ADJUSTABLE SHOCK ABSORBER, JOURNAL OF LOW FREQUENCY NOISE, VIBRATION AND ACTIVE CONTROL, VOL. 27 NO. 3 2008, 219 - 235
128. WWW.GICA.RO
129. WWW.VIBRATIONMOUNTS.COM TECHNICAL SECTION: VIBRATION AND SHOCK ISOLATION.
130. XUE WEI, PYLE ROB, OPTIMAL DESIGN OF ROLLER ONE WAY CLUTCH FOR STARTER DRIVES, SAE WORLD CONGRESS DETROIT, MICHIGAN, 2004
131. YALCINTAS, M., (1999), MAGNETORHEOLOGICAL FLUID BASED TORQUE TRANSMISSION CLUTCHES. PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL OFFSHORE AND POLAR ENGINEERING CONFERENCE, 4, P. 563-569.
132. ZIPSER L., RICHTER L., LANGE U., MAGNETORHEOLOGIC FLUIDS FOR ACTUATORS, SENSORS AND ACTUATORS A 92 (2001) 318-325
133. ZSCHUNKE FLORIAN, AKTOREN AUF BASIS DES MAGNETORHEOLOGISCHEN EFFEKTS, PH.D. THESIS, DER TECHNISCHEN FAKULTÄT DER UNIVERSITÄT ERLANGEN-NÜRNBERG, 2005



## Anexa 1

Table 1. Proprietățile cauciucului comparativ cu ale altor materiale conexe

MATERIALE (Abrevieri)	Butyl	Ethylene Propylene	Hypalon	Natural Rubber	Neoprene (Chlofo- prene)	Nitrol (GR-A)	Silicone	Styrene Butadiene (GR-S)	Urethane	Flouro- Elastomer (Viton)
	HR	EPT	CSM	NR	CR	NBR	SI	SBR	PU	HK
<b>Cost relativ pentru cauciucul natural</b>	110%	110%	150%	100%	110%	125%	850%	85%	450%	2000%
<b>Durometru</b>	40-75	30-100	55-95	30-90	30-90	40-95	45-85	40-90	65-95	50-90
<b>Elongația</b>	accept	bun	accept	excelent	excelent	bun	accept	bun	bun	bun
<b>Îmbătrânire</b>	excelent	excelent	excelent	bun	excelent	excelent	excelent	bun	excelent	excelent
<b>Îmbătrânirea la căldură</b>	excelent	excelent	bun	bun	foarte bun	excelent	excelent	bun	excelent	excelent
<b>Îmbătr. la căldură solară</b>	bun	excelent	excelent	slab	bun	slab	bun	slab	excelent	excelent
<b>Rezist. la uleiuri de lubrifiere</b>	slab	slab	bun	slab	bun	excelent	accept	slab	bun	bun
<b>Rezist. la uleiuri aromatice</b>	slab	slab	slab	slab	accept	bun	slab	slab	bun	bun
<b>Rezist. la uleiuri veget și animal</b>	excelent	slab	bun	accept	excelent	bun	bun	accept	accept	bun
<b>Rezistența la foc</b>	slab	slab	excelent	slab	bun	slab	accept	slab	slab	bun
<b>Rezistența la uzură</b>	bun	bun	excelent	bun	bun	accept	slab	accept	excelent	accept
<b>Rezistența la abraziune</b>	bun	bun	excelent	excelent	excelent	bun	slab	bun	excelent	accept
<b>Rezistența la compresiune</b>	accept	accept	bun	slab	accept	bun	accept	accept	excelent	bun
<b>Permeabilitate la gaze</b>	F.scăzut	bun	bun	accept	scăzut	accept	accept	accept	bun	excelent
<b>Izolare electrică</b>	bun	bun	bun	excelent	accept	slab	bun	excelent	accept	bun
<b>Degajare Miros</b>	bun	accept	excelent	excelent	bun	accept	accept	accept	bun	accept
<b>Temperatura maximă (OF)</b>	250	300	250	210	260	260	600	215	250	500
<b>Temperatura minimă (OF)</b>	-50	-50	-50	-65	-50	-60	-150	-60	-60	-40

Table 2. Proprietăți de bază pentru cinci tipuri de cauciuc natural

Proprietăți/Tip	R-325-BFK	R430-8FK	R-530-BFK	R-630-8FK	R-725-BFK
<b>Modul de forfecare [lb.sq]</b>	50	70	95	140	195
<b>Decrementul logaritm al amplitudinii (în baza 10)</b>	0.41	0.055	0.14	0.23	0.35
<b>Raportul amplitudinilor succesive</b>	0.91	0.88	0.72	0.59	0.45
<b>Procentul energiei pierdute datorat fenomenului de histerezis, pentru un ciclu al vibrației</b>	17	22	47	65	80
<b>Caldura specifică</b>	0.47	0.43	0.40	0.38	0.35
<b>Conductivitatea termică</b>	0.97	1.04	1.08	1.15	1.26
<b>Viteza sunetului [ft/sec]</b>	115	165	210	345	750

## Anexa 2

### Modelul I

```
% Calcul coordonate pendul
% Alfa initial pendul = 12,5 grade
alfa = 12.5*pi/180; % Alfa in radiani
% Dimensiuni in metri, kilograme

% Coord. centru de greutate palca mare M
M = 38.86; % Masa in kg
x_M = (0.625+0.340/2)*sin(alfa);
y_M = (0.625+0.340/2)*cos(alfa);

% Coord. centru de greutate masa ajustabila m
m = 12.2; % Masa in kg
x_m = (0.625*sin(alfa) + 0.740*cos(alfa));
y_m = (0.625*cos(alfa) - 0.740*sin(alfa));

% Coord. centru de greutate palca mare + masa ajustabila B
x_B = (m*x_m + M*x_M)/(m + M);
y_B = (m*y_m + M*y_M)/(m + M);

% Coord. centru de greutate piston amortizor E
x_E = 0.170*sin(alfa) - 0.100;
y_E = 0.170*cos(alfa);

% Coord. centru de greutate cilindru amortizor D
x_D = 0.170*sin(alfa) - 0.150;
y_D = 0.170*cos(alfa);

% Coord. articulatie O
x_O = 0;
y_O = 0;

% Coord. articulatie A
x_A = 0.170*sin(alfa);
y_A = 0.170*cos(alfa);

% Coord. articulatie C
x_C = 0.170*sin(alfa) - 0.210;
y_C = 0.170*cos(alfa);

% Coord. articulatie F
x_F = 0.199*sin(alfa);
y_F = 0.199*cos(alfa);
```



```
% Plotare diagrafe
figure
plot(tout,depl_piston,'k')
title('Deplasare piston. Coef. de amortizare: b = 6311.4')
ylabel('Deplasare [m]')
xlabel('Timp [s]')
grid on
figure
plot(tout,forta_piston,'k')
title('Forta piston. Coef. de amortizare: b = 6311.4')
ylabel('Forta [N]')
xlabel('Timp [s]')
grid on
figure
plot(tout,trad_tens_f,'k')
title('Forta arc lamelar. Coef. de amortizare: b = 6311.4')
ylabel('Forta [N]')
xlabel('Timp [s]')
grid on
save b depl_piston forta_piston tout trad_tens_f

% Plotare diagrama suprapusa forta arc lamelar

% figure
% load a512
% plot(tout,trad_tens_f,'k')
% hold on
% load a1092
% plot(tout,trad_tens_f-100,'k')
% load a1672
% plot(tout,trad_tens_f-200,'k')
% load a2252
% plot(tout,trad_tens_f-300,'k')
% load a2832
% plot(tout,trad_tens_f-400,'k')
% load a3412
% plot(tout,trad_tens_f-500,'k')
% load a3992
% plot(tout,trad_tens_f-600,'k')
% load a4571
% plot(tout,trad_tens_f-700,'k')
% load a5151
% plot(tout,trad_tens_f-800,'k')
% load a5731
% plot(tout,trad_tens_f-900,'k')
% load a6311
% plot(tout,trad_tens_f-1000,'k')
% title('Forta arc lamelar.')
% ylabel('Forta [N]')
% xlabel('Timp [s]')
% grid on

% Plotare diagrama suprapusa forta piston

% figure
% load a512
% plot(tout,forta_piston,'k')
```

```
% hold on
% load a1092
% plot(tout,forta_piston-100,'k')
% load a1672
% plot(tout,forta_piston-200,'k')
% load a2252
% plot(tout,forta_piston-300,'k')
% load a2832
% plot(tout,forta_piston-400,'k')
% load a3412
% plot(tout,forta_piston-500,'k')
% load a3992
% plot(tout,forta_piston-600,'k')
% load a4571
% plot(tout,forta_piston-700,'k')
% load a5151
% plot(tout,forta_piston-800,'k')
% load a5731
% plot(tout,forta_piston-900,'k')
% load a6311
% plot(tout,forta_piston-1000,'k')
%
% title('Forta piston.')
% ylabel('Forta [N]')
% xlabel('Timp [s]')
% grid on

% Plotare diagrama suprapusa deplasare piston

% figure
% load a512
% plot(tout,-1*depl_piston,'k')
% hold on
% load a1092
% plot(tout,depl_piston-0.01,'k')
% load a1672
% plot(tout,depl_piston-0.02,'k')
% load a2252
% plot(tout,depl_piston-0.03,'k')
% load a2832
% plot(tout,depl_piston-0.04,'k')
% load a3412
% plot(tout,depl_piston-0.05,'k')
% load a3992
% plot(tout,depl_piston-0.06,'k')
% load a4571
% plot(tout,depl_piston-0.07,'k')
% load a5151
% plot(tout,depl_piston-0.08,'k')
% load a5731
% plot(tout,depl_piston-0.09,'k')
% load a6311
% plot(tout,depl_piston-0.1,'k')
%
% title('Deplasare piston.')
% ylabel('Deplasare [m]')
% xlabel('Timp [s]')
% grid on
```

```

Model {
  Name "pendul_model_LORD_RD1005_A"
  Version 7.1
  MdlSubVersion 0
  GraphicalInterface {
    NumRootInports 0
    NumRootOutports 0
    ParameterArgumentNames ""
    ComputedModelVersion "1.240"
    NumModelReferences 0
    NumTestPointedSignals 0
  }
  Description "Simple Pendulum\n\nA rod swinging in gravity by one revolute
joint. Scope shows angle and angular velocity. XY Graph shows model phase space."
  SavedCharacterEncoding "US-ASCII"
  SaveDefaultBlockParams on
  SampleTimeColors off
  LibraryLinkDisplay "none"
  WideLines off
  ShowLineDimensions off
  ShowPortDataTypes off
  ShowLoopsOnError on
  IgnoreBidirectionalLines off
  ShowStorageClass off
  ShowTestPointIcons on
  ShowSignalResolutionIcons on
  ShowViewerIcons on
  SortedOrder off
  ExecutionContextIcon off
  ShowLinearizationAnnotations on
  ScopeRefreshTime 0.035000
  OverrideScopeRefreshTime on
  DisableAllScopes off
  DataTypeOverride "UseLocalSettings"
  MinMaxOverflowLogging "UseLocalSettings"
  MinMaxOverflowArchiveMode "Overwrite"
  BlockNameDataTip off
  BlockParametersDataTip off
  BlockDescriptionStringDataTip off
  ToolBar on
  StatusBar on
  BrowserShowLibraryLinks off
  BrowserLookUnderMasks off
  Created "Thu Oct 11 21:32:10 2001"
  Creator "arnav"
  UpdateHistory "UpdateHistoryNever"
  ModifiedByFormat "%<Auto>"
  LastModifiedBy "Tibi"
  ModifiedDateFormat "%<Auto>"
  LastModifiedDate "Fri Sep 18 09:47:16 2009"
  RTWModifiedTimeStamp 0
  ModelVersionFormat "1.%<AutoIncrement:240>"
  ConfigurationManager "None"
  UserBdParams
  "PhysicalModelingChecksum;PhysicalModelingParameterChecksum;PhysicalModelingProducts;"

```

```

SimulationMode "normal"
LinearizationMsg "none"
Profile off
ParamWorkspaceSource "MATLABWorkspace"
AccelSystemTargetFile "accel.tlc"
AccelTemplateMakefile "accel_default_tmf"
AccelMakeCommand "make_rtw"
TryForcingSFcnDF off
RecordCoverage off
CovPath "/"
CovSaveName "covdata"
CovMetricSettings "dw"
CovNameIncrementing off
CovHtmlReporting on
covSaveCumulativeToWorkspaceVar on
CovSaveSingleToWorkspaceVar on
CovCumulativeVarName "covCumulativeData"
CovCumulativeReport off
CovReportOnPause on
CovModelRefEnable "Off"
ExtModeBatchMode off
ExtModeEnableFloating on
ExtModeTrigType "manual"
ExtModeTrigMode "normal"
ExtModeTrigPort "1"
ExtModeTrigElement "any"
ExtModeTrigDuration 1000
ExtModeTrigDurationFloating "auto"
ExtModeTrigHoldOff 0
ExtModeTrigDelay 0
ExtModeTrigDirection "rising"
ExtModeTrigLevel 0
ExtModeArchiveMode "off"
ExtModeAutoIncOneShot off
ExtModeIncDirWhenArm off
ExtModeAddSuffixToVar off
ExtModeWriteAllDataToWs off
ExtModeArmWhenConnect on
ExtModeSkipDownloadWhenConnect off
ExtModeLogAll on
ExtModeAutoUpdateStatusClock off
BufferReuse on
ShowModelReferenceBlockVersion off
ShowModelReferenceBlockIO off
Array {
  Type "Handle"
  Dimension 1
  Simulink.ConfigSet {
    $ObjectID 1
    Version "1.4.0"
    Array {
      Type "Handle"
      Dimension 8
      Simulink.SolverCC {
        $ObjectID 2
        Version "1.4.0"
        StartTime "0.0"
        StopTime "5"
      }
    }
  }
}

```

```

AbsTol          "1e-8"
FixedStep       "auto"
InitialStep     "auto"
MaxNumMinSteps  "-1"
MaxOrder        5
ZcThreshold     "auto"
ConsecutiveZCsStepRelTol "10*128*eps"
MaxConsecutiveZCs "1000"
ExtrapolationOrder 4
NumberNewtonIterations 1
MaxStep         "auto"
MinStep         "auto"
MaxConsecutiveMinStep "1"
RelTol          "1e-5"
SolverMode      "Auto"
Solver          "ode45"
SolverName      "ode45"
ShapePreserveControl "DisableAll"
ZeroCrossControl "UseLocalSettings"
ZeroCrossAlgorithm "Non-adaptive"
AlgebraicLoopSolver "TrustRegion"
SolverResetMethod "Fast"
PositivePriorityOrder off
AutoInsertRateTranBlk off
SampleTimeConstraint "Unconstrained"
InsertRTBMode      "Whenever possible"
}
Simulink.DataIOCC {
  $ObjectID      3
  Version        "1.4.0"
  Decimation     "1"
  ExternalInput  "[t, u]"
  FinalStateName "xFinal"
  InitialState   "xInitial"
  LimitDataPoints on
  MaxDataPoints  "1000"
  LoadExternalInput off
  LoadInitialState off
  SaveFinalState off
  SaveFormat     "Array"
  SaveOutput     on
  SaveState      off
  SignalLogging  on
  InspectSignalLogs off
  SaveTime       on
  StateSaveName  "xout"
  TimeSaveName   "tout"
  OutputSaveName "yout"
  SignalLoggingName "sigsOut"
  OutputOption   "RefineOutputTimes"
  OutputTimes    "[]"
  Refine         "1"
}
Simulink.OptimizationCC {
  $ObjectID      4
  Array {
    Type         "Cell"
    Dimension     5
  }
}

```

```

    Cell          "ZeroExternalMemoryAtStartup"
    Cell          "ZeroInternalMemoryAtStartup"
    Cell          "InitFltsAndDblsToZero"
    Cell          "OptimizeModelRefInitCode"
    Cell          "NoFixptDivByZeroProtection"
    PropName     "DisabledProps"
}
Version        "1.4.0"
BlockReduction on
BooleanDataType off
ConditionallyExecuteInputs on
InlineParams   off
InlineInvariantSignals on
OptimizeBlockIOStorage on
BufferReuse    on
EnhancedBackFolding off
EnforceIntegerDowncast on
ExpressionFolding on
ExpressionDepthLimit 2147483647
FoldNonRolledExpr on
LocalBlockOutputs on
RollThreshold  5
SystemCodeInlineAuto off
StateBitsets   off
DataBitsets    off
UseTempVars    off
ZeroExternalMemoryAtStartup on
ZeroInternalMemoryAtStartup on
InitFltsAndDblsToZero on
NoFixptDivByZeroProtection off
EfficientFloat2IntCast off
OptimizeModelRefInitCode off
LifeSpan       "inf"
BufferReusableBoundary on
SimCompilerOptimization "Off"
AccelVerboseBuild off
}
Simulink.DebuggingCC {
  $ObjectID     5
  Version       "1.4.0"
  RTPrefix      "error"
  ConsistencyChecking "none"
  ArrayBoundsChecking "none"
  SignalInfNanChecking "none"
  SignalRangeChecking "none"
  ReadBeforeWriteMsg "UseLocalSettings"
  WriteAfterWriteMsg "UseLocalSettings"
  WriteAfterReadMsg "UseLocalSettings"
  AlgebraicLoopMsg "warning"
  ArtificialAlgebraicLoopMsg "warning"
  SaveWithDisabledLinksMsg "warning"
  SaveWithParameterizedLinksMsg "none"
  CheckSSInitialOutputMsg on
  CheckExecutionContextPreStartOutputMsg on
  CheckExecutionContextRuntimeOutputMsg on
  SignalResolutionControl "TryResolveAllWithWarning"
  BlockPriorityViolationMsg "warning"
  MinStepSizeMsg "warning"
}

```

---

```

TimeAdjustmentMsg      "none"
MaxConsecutiveZCsMsg   "error"
SolverPrmCheckMsg      "none"
InheritedTsInSrcMsg    "warning"
DiscreteInheritContinuousMsg "warning"
MultiTaskDSMMsg        "warning"
MultiTaskCondExecSysMsg "none"
MultiTaskRateTransMsg  "error"
SingleTaskRateTransMsg "none"
TasksWithSamePriorityMsg "warning"
SigSpecEnsureSampleTimeMsg "none"
CheckMatrixSingularityMsg "none"
IntegerOverflowMsg     "warning"
Int32ToFloatConvMsg    "warning"
ParameterDowncastMsg   "error"
ParameterOverflowMsg   "error"
ParameterUnderflowMsg  "none"
ParameterPrecisionLossMsg "warning"
ParameterTunabilityLossMsg "warning"
UnderSpecifiedDataTypeMsg "none"
UnnecessaryDatatypeConvMsg "none"
VectorMatrixConversionMsg "none"
InvalidFcnCallConnMsg  "error"
FcnCallInpInsideContextMsg "Use local settings"
SignalLabelMismatchMsg "none"
UnconnectedInputMsg    "warning"
UnconnectedOutputMsg   "warning"
UnconnectedLineMsg     "warning"
SFcnCompatibilityMsg   "none"
UniqueDataStoreMsg     "none"
BusObjectLabelMismatch "warning"
RootOutputRequireBusObject "warning"
AssertControl          "UseLocalSettings"
EnableOverflowDetection off
ModelReferenceIOMsg    "none"
ModelReferenceVersionMismatchMessage "none"
ModelReferenceIOMismatchMessage "none"
ModelReferenceCSMismatchMessage "none"
ModelReferenceSimTargetVerbose off
UnknownTsInhSupMsg    "warning"
ModelReferenceDataLoggingMessage "warning"
ModelReferenceSymbolNameMessage "warning"
ModelReferenceExtraNoncontSigs "error"
StateNameClashWarn    "warning"
StrictBusMsg          "None"
LoggingUnavailableSignals "error"
BlockIODiagnostic     "none"
}
Simulink.HardwareCC {
  $ObjectID      6
  Version        "1.4.0"
  ProdBitPerChar 8
  ProdBitPerShort 16
  ProdBitPerInt  32
  ProdBitPerLong 32
  ProdIntDivRoundTo "Undefined"
  ProdEndianness   "Unspecified"
  ProdWordSize     32
}

```

```

ProdShiftRightIntArith on
ProdHWDeviceType "32-bit Generic"
TargetBitPerChar 8
TargetBitPerShort 16
TargetBitPerInt 32
TargetBitPerLong 32
TargetShiftRightIntArith on
TargetIntDivRoundTo "Undefined"
TargetEndianness "LittleEndian"
TargetWordSize 32
TargetTypeEmulationWarnSuppressLevel 0
TargetPreprocMaxBitsSint 32
TargetPreprocMaxBitsUint 32
TargetHWDeviceType "MATLAB Host"
TargetUnknown off
ProdEqTarget off
}
Simulink.ModelReferenceCC {
  $ObjectID 7
  Version "1.4.0"
  UpdateModelReferenceTargets "IfOutOfDateOrStructuralChange"
  CheckModelReferenceTargetMessage "error"
  ModelReferenceNumInstancesAllowed "Multi"
  ModelReferenceSigSizeVariationType "Always allowed"
  ModelReferencePassRootInputsByReference on
  ModelReferenceMinAlgLoopOccurrences off
}
Simulink.RTWCC {
  $BackupClass "Simulink.RTWCC"
  $ObjectID 8
  Array {
    Type "Cell"
    Dimension 1
    Cell "IncludeHyperlinkInReport"
    PropName "DisabledProps"
  }
  Version "1.4.0"
  SystemTargetFile "rsim.tlc"
  GenCodeOnly off
  MakeCommand "make_rtw"
  GenerateMakefile on
  TemplateMakefile "rsim_default_tmf"
  Description "Rapid Simulation Target"
  GenerateReport off
  SaveLog off
  RTWVerbose on
  RetainRTWFile off
  ProfileTLC off
  TLCDebug off
  TLCCoverage off
  TLCAssert off
  ProcessScriptMode "Default"
  ConfigurationMode "Optimized"
  ProcessScript "rsim_make_rtw_hook"
  ConfigAtBuild off
  IncludeHyperlinkInReport off
  LaunchReport off
  TargetLang "C"
}

```



```

IncludeBusHierarchyInRTWFileBlockHierarchyMap off
IncludeERTFirstTime on
GenerateTraceInfo off
GenerateTraceReport off
GenerateTraceReportSI off
GenerateTraceReportSf off
GenerateTraceReportEml off
GenerateCodeInfo off
RTWCompilerOptimization "Off"
Array {
  Type "Handle"
  Dimension 2
  Simulink.CodeAppCC {
    $ObjectID 9
    Array {
      Type "Cell"
      Dimension 16
      Cell "IgnoreCustomStorageClasses"
      Cell "InsertBlockDesc"
      Cell "SFDataObjDesc"
      Cell "SimulinkDataObjDesc"
      Cell "DefineNamingRule"
      Cell "SignalNamingRule"
      Cell "ParamNamingRule"
      Cell "InlinedPrmAccess"
      Cell "CustomSymbolStr"
      Cell "CustomSymbolStrGlobalVar"
      Cell "CustomSymbolStrType"
      Cell "CustomSymbolStrField"
      Cell "CustomSymbolStrFcn"
      Cell "CustomSymbolStrBlkIO"
      Cell "CustomSymbolStrTmpVar"
      Cell "CustomSymbolStrMacro"
      PropName "DisabledProps"
    }
  }
  Version "1.4.0"
  ForceParamTrailComments off
  GenerateComments on
  IgnoreCustomStorageClasses on
  IncHierarchyInIds off
  MaxIdLength 31
  PreserveName off
  PreserveNameWithParent off
  ShowEliminatedStatement off
  IncAutoGenComments off
  SimulinkDataObjDesc off
  SFDataObjDesc off
  IncDataTypeInIds off
  MangleLength 1
  CustomSymbolStrGlobalVar "$R$N$M"
  CustomSymbolStrType "$N$R$M"
  CustomSymbolStrField "$N$M"
  CustomSymbolStrFcn "$R$N$M$F"
  CustomSymbolStrBlkIO "rtb_-$N$M"
  CustomSymbolStrTmpVar "$N$M"
  CustomSymbolStrMacro "$R$N$M"
  DefineNamingRule "None"
  ParamNamingRule "None"

```

```

SignalNamingRule      "None"
InsertBlockDesc       off
SimulinkBlockComments on
EnableCustomComments  off
InlinedPrmAccess      "Literals"
ReqsInCode            off
}
RTW.RSimTargetCC {
$BackupClass          "Simulink.TargetCC"
$ObjectID              10
Array {
    Type                "Cell"
    Dimension           13
    Cell                "IncludeMdlTerminateFcn"
    Cell                "CombineOutputUpdateFcns"
    Cell                "SuppressErrorStatus"
    Cell                "ERTCustomFileBanners"
    Cell                "GenerateSampleERTMain"
    Cell                "GenerateTestInterfaces"
    Cell                "MultiInstanceERTCode"
    Cell                "PurelyIntegerCode"
    Cell                "SupportNonFinite"
    Cell                "SupportComplex"
    Cell                "SupportAbsoluteTime"
    Cell                "SupportContinuousTime"
    Cell                "SupportNonInlinedSFcns"
    PropName            "DisabledProps"
}
Version                "1.4.0"
TargetFcnLib           "ansi_tfl_tmw.mat"
TargetLibSuffix        ""
TargetPreCompLibLocation ""
TargetFunctionLibrary  "ANSI_C"
UtilityFuncGeneration  "Auto"
GenerateFullHeader     on
GenerateSampleERTMain  off
GenerateTestInterfaces off
IsPILTarget           off
ModelReferenceCompliant on
CompOptLevelCompliant on
IncludeMdlTerminateFcn on
CombineOutputUpdateFcns off
SuppressErrorStatus    off
ERTFirstTimeCompliant off
IncludeFileDelimiter   "Auto"
ERTCustomFileBanners  off
SupportAbsoluteTime    on
LogVarNameModifier     "rt_"
MatFileLogging         on
MultiInstanceERTCode   off
SupportNonFinite       on
SupportComplex         on
PurelyIntegerCode      off
SupportContinuousTime  on
SupportNonInlinedSFcns on
EnableShiftOperators   on
ParenthesesLevel       "Nominal"
PortableWordSizes      off

```

```

    ModelStepFunctionPrototypeControlCompliant off
    AutosarCompliant off
    RSIM_SOLVER_SELECTION "Auto"
    ExtMode off
    ExtModeTransport 0
    ExtModeStaticAlloc off
    ExtModeStaticAllocSize 1000000
    ExtModeTesting off
    ExtModeMexFile "ext_comm"
    ExtModeIntrfLevel "Level1"
    RSIM_PARAMETER_LOADING on
    RSIM_STORAGE_CLASS_AUTO on
    RTWCAPISignals off
    RTWCAPIParams off
    RTWCAPISStates off
  }
  PropName "Components"
}
}
SSC.SimscapeCC {
  $ObjectID 11
  Array {
    Type "Cell"
    Dimension 1
    Cell "Name"
    PropName "DisabledProps"
  }
  Array {
    Type "Handle"
    Dimension 1
    MECH.SimMechanicsCC {
      $ObjectID 12
      Version "1.4.0"
      Name "SimMechanics"
      WarnOnRedundantConstraints on
      WarnOnSingularInitialAssembly off
      ShowCutJoints off
      VisOnUpdateDiagram on
      VisDuringSimulation on
    }
    PropName "Components"
  }
  Name "Simscape"
  EditingMode "Full"
  Version "1.0"
}
PropName "Components"
}
Name "Configuration"
CurrentDlgPage "Solver"
}
PropName "ConfigurationSets"
}
Simulink.ConfigSet {
  $PropName "ActiveConfigurationSet"
  $ObjectID 1
}
PhysicalModelingChecksum "481191792"

```

```

PhysicalModelingParameterChecksum "4282125885"
PhysicalModelingProducts "SimMechanics"
BlockDefaults {
  Orientation          "right"
  ForegroundColor     "black"
  BackgroundColor     "white"
  DropShadow          off
  NamePlacement       "normal"
  FontName            "Helvetica"
  FontSize            10
  FontWeight          "normal"
  FontAngle           "normal"
  ShowName            on
}
BlockParameterDefaults {
  Block {
    BlockType          Actuator
    SubClassName       "unknown"
    PortType           "blob"
  }
  Block {
    BlockType          Demux
    Outputs            "4"
    DisplayOption      "none"
    BusSelectionMode  off
  }
  Block {
    BlockType          From
    IconDisplay        "Tag"
    TagVisibility      "local"
  }
  Block {
    BlockType          Fcn
    Expr               "sin(u[1])"
    SampleTime         "-1"
  }
  Block {
    BlockType          Gain
    Gain               "1"
    Multiplication     "Element-wise(K.*u)"
    ParamMin           "[]"
    ParamMax           "[]"
    ParameterDataTypeMode "Same as input"
    ParameterDataType  "fixdt(1,16,0)"
    ParameterScalingMode "Best Precision: Matrix-wise"
    ParameterScaling   "[]"
    ParamDataTypeStr   "Inherit: Same as input"
    OutMin             "[]"
    OutMax             "[]"
    OutDataTypeMode    "Same as input"
    OutDataType        "fixdt(1,16,0)"
    OutScaling         "[]"
    OutDataTypeStr     "Inherit: Same as input"
    LockScale          off
    RndMeth             "Floor"
    SaturateOnIntegerOverflow on
    SampleTime         "-1"
  }
}

```

```
Block {
  BlockType      Goto
  IconDisplay    "Tag"
}
Block {
  BlockType      Ground
}
Block {
  BlockType      Inport
  Port           "1"
  UseBusObject   off
  BusObject      "BusObject"
  BusOutputAsStruct off
  PortDimensions "-1"
  SampleTime     "-1"
  OutMin         "[]"
  OutMax         "[]"
  DataType       "auto"
  OutDataType    "fixdt(1,16,0)"
  OutScaling     "[]"
  OutDataTypeStr "Inherit: auto"
  SignalType     "auto"
  SamplingMode   "auto"
  LatchByDelayingOutsideSignal off
  LatchByCopyingInsideSignal off
  Interpolate    on
}
Block {
  BlockType      Integrator
  ExternalReset  "none"
  InitialConditionSource "internal"
  InitialCondition "0"
  LimitOutput    off
  UpperSaturationLimit "inf"
  LowerSaturationLimit "-inf"
  ShowSaturationPort off
  ShowStatePort   off
  AbsoluteTolerance "auto"
  IgnoreLimit     off
  ZeroCross       on
  ContinuousStateAttributes ""
}
Block {
  BlockType      Mux
  Inputs         "4"
  DisplayOption  "none"
  UseBusObject   off
  BusObject      "BusObject"
  NonVirtualBus  off
}
Block {
  BlockType      Outport
  Port           "1"
  UseBusObject   off
  BusObject      "BusObject"
  BusOutputAsStruct off
  PortDimensions "-1"
  SampleTime     "-1"
}
```

```

OutMin          "[]"
OutMax          "[]"
DataType        "auto"
OutDataType     "fixdt(1,16,0)"
OutScaling      "[]"
OutDataTypeStr  "Inherit: auto"
SignalType      "auto"
SamplingMode    "auto"
OutputWhenDisabled "held"
InitialOutput   "[]"
}
Block {
  BlockType      PMComponent
  SubClassName   "unknown"
}
Block {
  BlockType      Scope
  ModelBased     off
  TickLabels     "OneTimeTick"
  ZoomMode       "on"
  Grid           "on"
  TimeRange      "auto"
  YMin           "-5"
  YMax           "5"
  SaveToWorkspace off
  SaveName       "ScopeData"
  LimitDataPoints on
  MaxDataPoints  "5000"
  Decimation     "1"
  SampleInput    off
  SampleTime     "-1"
}
Block {
  BlockType      Selector
  NumberOfDimensions "1"
  IndexMode      "One-based"
  InputPortWidth "-1"
  SampleTime     "-1"
}
Block {
  BlockType      Sensor
  SubClassName   "unknown"
  PortType       "blob"
}
Block {
  BlockType      "S-Function"
  FunctionName    "system"
  SFunctionModules ""
  PortCounts     "[]"
  SFunctionDeploymentMode off
}
Block {
  BlockType      SubSystem
  ShowPortLabels "FromPortIcon"
  Permissions    "ReadWrite"
  PermitHierarchicalResolution "All"
  TreatAsAtomicUnit off
  CheckFcnCallInpInsideContextMsg off
}

```

```

SystemSampleTime      "-1"
RTWFcnNameOpts       "Auto"
RTWFileNameOpts      "Auto"
RTWMemSecFuncInitTerm "Inherit from model"
RTWMemSecFuncExecute "Inherit from model"
RTWMemSecDataConstants "Inherit from model"
RTWMemSecDataInternal "Inherit from model"
RTWMemSecDataParameters "Inherit from model"
SimViewingDevice      off
DataTypeOverride      "UseLocalSettings"
MinMaxOverflowLogging "UseLocalSettings"
}
Block {
  BlockType          Sum
  IconShape           "rectangular"
  Inputs              "++"
  CollapseMode        "All dimensions"
  CollapseDim         "1"
  InputSameDT         on
  AccumDataTypeStr    "Inherit: Inherit via internal rule"
  OutMin              "[]"
  OutMax              "[]"
  OutDataTypeMode     "Same as first input"
  OutDataType         "fixdt(1,16,0)"
  OutScaling          "[]"
  OutDataTypeStr      "Inherit: Same as first input"
  LockScale           off
  RndMeth             "Floor"
  SaturateOnIntegerOverflow on
  SampleTime         "-1"
}
Block {
  BlockType          ToWorkspace
  VariableName       "simulink_output"
  MaxDataPoints      "1000"
  Decimation         "1"
  SampleTime         "0"
  FixptAsFi          off
}
Block {
  BlockType          Terminator
}
Block {
  BlockType          PMIOPort
}
Block {
  BlockType          Constant
  Value              "1"
  VectorParams1D     on
  SamplingMode        "Sample based"
  OutMin              "[]"
  OutMax              "[]"
  OutDataTypeMode     "Inherit from 'Constant value'"
  OutDataType         "fixdt(1,16,0)"
  ConRadixGroup      "Use specified scaling"
  OutScaling          "[]"
  OutDataTypeStr      "Inherit: Inherit from 'Constant value'"
  SampleTime         "inf"
}

```

```

    FramePeriod    "inf"
  }
}
AnnotationDefaults {
  HorizontalAlignment    "center"
  VerticalAlignment      "middle"
  ForegroundColor        "black"
  BackgroundColor        "white"
  DropShadow             off
  FontName               "Helvetica"
  FontSize               10
  FontWeight             "normal"
  FontAngle              "normal"
  UseDisplayTextAsClickCallback off
}
LineDefaults {
  FontName              "Helvetica"
  FontSize              9
  FontWeight            "normal"
  FontAngle             "normal"
}
System {
  Name                  "pendul_model_LORD_RD1005_A"
  Location              [88, 74, 934, 668]
  Open                  on
  ModelBrowserVisibility off
  ModelBrowserWidth    200
  ScreenColor           "white"
  PaperOrientation      "landscape"
  PaperPositionMode    "auto"
  PaperType             "usletter"
  PaperUnits            "inches"
  TiledPaperMargins    [0.500000, 0.500000, 0.500000, 0.500000]
  TiledPageScale       1
  ShowPageBoundaries   off
  ZoomFactor           "100"
  ReportName           "simulink-default.rpt"
  BlocksetDataString   "[0    -9.81    0]|1|0|1e-3|1|1e-3|1|2|1e-4|1e-4|0|0|1|1e-
5|Deprecated|matlab graphics|0|1|1|0"
  Block {
    BlockType          ToWorkspace
    Name               " Memorare \nforta arc lamelar F"
    Position           [150, 380, 210, 410]
    VariableName       "trad_tens_f"
    MaxDataPoints      "inf"
    SampleTime         "-1"
    SaveFormat         "Array"
  }
  Block {
    BlockType          Reference
    Name               "Amortizare \nfluid MR"
    Ports              [0, 0, 0, 0, 0, 1]
    Position           [575, 230, 635, 280]
    DialogController   "MECH.DynMechDlgSource"
    SourceBlock        "mblibv1/Force \nElements/Joint Spring & Damper"
    SourceType         "Joint Spring & Damper"
    ShowPortLabels     "FromPortIcon"
    SystemSampleTime   "-1"
  }
}

```



```

FunctionWithSeparateData off
RTWMemSecFuncInitTerm "Inherit from model"
RTWMemSecFuncExecute "Inherit from model"
RTWMemSecDataConstants "Inherit from model"
RTWMemSecDataInternal "Inherit from model"
RTWMemSecDataParameters "Inherit from model"
ClassName "JointSpringDamper"
DialogClass "JointSpringDamper"
JFEParameters
"P1>true$25000$6311.4$0$m$m/s$N$rad$rad/s$N*m#P2>false$0$0.5$10$m$m/s$N$rad$rad/s$N*m#P3>false$0$0$0$m$m/s$N$rad$rad/s$N*m#R1>false$0$0.5$0$m$m/s$N$rad$rad/s$N*m#R2>false$0$0$0$m$m/s$N$rad$rad/s$N*m#R3>false$0$0$0$m$m/s$N$rad$rad/s$N*m#S>false$0$0$0$m$m/s$N$rad$rad/s$N*m"
}
Block {
BlockType Reference
Name "Amortizare articulatie O"
Ports [0, 0, 0, 0, 0, 1]
Position [380, 80, 440, 130]
DialogController "MECH.DynMechDlgSource"
SourceBlock "mblibv1/Force \nElements/Joint Spring & Damper"
SourceType "Joint Spring & Damper"
ShowPortLabels "FromPortIcon"
SystemSampleTime "-1"
FunctionWithSeparateData off
RTWMemSecFuncInitTerm "Inherit from model"
RTWMemSecFuncExecute "Inherit from model"
RTWMemSecDataConstants "Inherit from model"
RTWMemSecDataInternal "Inherit from model"
RTWMemSecDataParameters "Inherit from model"
ClassName "JointSpringDamper"
DialogClass "JointSpringDamper"
JFEParameters
"P1>false$0$0.5$5$m$m/s$N$rad$rad/s$N*m#P2>false$0$0.5$10$m$m/s$N$rad$rad/s$N*m#P3>false$0$0$0$m$m/s$N$rad$rad/s$N*m#R1>true$0$50$0$m$m/s$N$rad$rad/s$N*m#R2>false$0$0$0$m$m/s$N$rad$rad/s$N*m#R3>false$0$0$0$m$m/s$N$rad$rad/s$N*m#S>false$0$0$0$m$m/s$N$rad$rad/s$N*m"
}
Block {
BlockType Reference
Name "Arc lamelar F"
Ports [0, 0, 0, 0, 0, 1]
Position [130, 205, 190, 255]
DialogController "MECH.DynMechDlgSource"
SourceBlock "mblibv1/Force \nElements/Joint Spring & Damper"
SourceType "Joint Spring & Damper"
ShowPortLabels "FromPortIcon"
SystemSampleTime "-1"
FunctionWithSeparateData off
RTWMemSecFuncInitTerm "Inherit from model"
RTWMemSecFuncExecute "Inherit from model"
RTWMemSecDataConstants "Inherit from model"
RTWMemSecDataInternal "Inherit from model"
RTWMemSecDataParameters "Inherit from model"
ClassName "JointSpringDamper"
DialogClass "JointSpringDamper"
JFEParameters "P1>true$25000$50$-
0.005$m$m/s$N$rad$rad/s$N*m#P2>true$0$0$0$m$m/s$N$rad$rad/s$N*m#P3>false$0$0$

```

```

0$m$m/s$N$rad$rad/s$N*m#R1>true$0$0$0$m$m/s$N$rad$rad/s$N*m#R2>false$0$0$0$m
$m/s$N$rad$rad/s$N*m#R3>false$0$0$0$m$m/s$N$rad$rad/s$N*m#S>false$0$0$0$m$m/s
$N$rad$rad/s$N*m"
}
Block {
  BlockType      Reference
  Name           "Articulatie \nTranslatie + \nRotatie F"
  Ports          [0, 0, 0, 0, 0, 2, 2]
  Position       [40, 147, 90, 198]
  Orientation    "left"
  NamePlacement  "alternate"
  DialogController "MECH.DynMechDlgSource"
  FontName       "Arial"
  SourceBlock    "mblibv1/Joints/Custom Joint"
  SourceType     "Custom Joint"
  PhysicalDomain "mechanical"
  SubClassName   "custom_joint"
  LeftPortType  "blob"
  RightPortType "blob"
  LConnTagsString "__newl0|SA1"
  RConnTagsString "__newr0|SA1"
  NumSAPorts    "2"
  CutJoint      "off"
  MarkAsCut     "off"
  Primitives    "prismatic"
  PrimitiveProps "R1$World$[1      0      0]$revolute#R2$World$[0      1
0]$Revolute#R3$World$[0      0      1]$Revolute#P1$World$[sin(12.5*pi/180)
0]$Prismatic#P2$World$[0 cos(12.5*pi/180) 0]$Prismatic#P3$World$[0 0 1]$Prismatic"
  ClassName     "Joint"
  DialogClass   "JointBlock"
  R1Axis        "[1 0 0]"
  R2Axis        "[0 1 0]"
  R3Axis        "[0 0 1]"
  P1Axis        "[sin(12.5*pi/180) 0 0]"
  P2Axis        "[0 cos(12.5*pi/180) 0]"
  P3Axis        "[0 0 1]"
  SAxis        "[]"
}
Block {
  BlockType      Reference
  Name           "Articulatie A "
  Ports          [0, 0, 0, 0, 0, 1, 1]
  Position       [270, 155, 320, 205]
  DialogController "MECH.DynMechDlgSource"
  SourceBlock    "mblibv1/Joints/Spherical"
  SourceType     "Spherical"
  PhysicalDomain "mechanical"
  SubClassName   "Unknown"
  LeftPortType  "blob"
  RightPortType "blob"
  LConnTagsString "__newl0"
  RConnTagsString "__newr0"
  NumSAPorts    "0"
  CutJoint      "off"
  MarkAsCut     "off"
  Primitives    "spherical"
  PrimitiveProps "$$WORLD$[0 0 0]$$spherical"
  ClassName     "Joint"
}

```

```

    DialogClass      "JointBlock"
    SAxis            "[0 0 0]"
  }
  Block {
    BlockType        Reference
    Name             "Articulatie C"
    Ports            [0, 0, 0, 0, 0, 1, 1]
    Position         [680, 155, 730, 205]
    Orientation      "left"
    DialogController "MECH.DynMechDlgSource"
    SourceBlock      "mblibv1/Joints/Spherical"
    SourceType       "Spherical"
    PhysicalDomain   "mechanical"
    SubClassName     "Unknown"
    LeftPortType     "blob"
    RightPortType    "blob"
    LConnTagsString "__newl0"
    RConnTagsString "__newr0"
    NumSAPorts      "0"
    CutJoint         "off"
    MarkAsCut        "off"
    Primitives       "spherical"
    PrimitiveProps   "S$World$[0 0 0]$spherical"
    ClassName        "Joint"
    DialogClass      "JointBlock"
    SAxis            "[0 0 0]"
  }
  Block {
    BlockType        Reference
    Name             "Articulatie O"
    Ports            [0, 0, 0, 0, 0, 2, 1]
    Position         [270, 22, 320, 73]
    Orientation      "left"
    DialogController "MECH.DynMechDlgSource"
    SourceBlock      "mblibv1/Joints/Revolute"
    SourceType       "Revolute"
    PhysicalDomain   "mechanical"
    SubClassName     "Unknown"
    LeftPortType     "blob"
    RightPortType    "blob"
    LConnTagsString "__newl0|SA1"
    RConnTagsString "__newr0"
    NumSAPorts      "1"
    CutJoint         "off"
    MarkAsCut        "off"
    Primitives       "revolute"
    PrimitiveProps   "R1$World$[0 0 1]$revolute"
    ClassName        "Joint"
    DialogClass      "JointBlock"
    R1Axis           "[0 0 1]"
  }
  Block {
    BlockType        Reference
    Name             "Cilindru"
    Ports            [0, 0, 0, 0, 0, 1, 1]
    Position         [580, 160, 640, 200]
    DialogController "MECH.DynMechDlgSource"
    SourceBlock      "mblibv1/Bodies/Body"
  }

```

---

```

SourceType      "Body"
PhysicalDomain  "mechanical"
SubClassName    "Unknown"
LeftPortType    "workingframe"
RightPortType   "workingframe"
LConnTagsString "CS1"
RConnTagsString "CS2"
ClassName       "Body"
DialogClass     "MechanicalBodyBlock"
Mass            "0.5"
MassUnits       "kg"
InertiaUnits    "kg*m^2"
Inertia         "eye(3)*1e-4"
Shape           "Cylinder"
ShapeDims       "[1 1]"
ShapeUnits      "m"
ShapeUse        "false"
Density         "1"
DensityUnits    "kg/m^3"
DensityUse      "false"
GraphicsMode    "1"
BodyColor       "[0.5 0.5 0.5]"
GraphicsObj     "[]"
AttachedToCS    "1"
CG              "Left$CG$[-0.113 -0.166 0]$World$World$m$[0 0 0]$Euler X-Y-
Z$deg$World>false$none"
WorkingFrames   "Left$CS1$[-0.083 -0.166 0]$World$World$m$[0 0 0]$Euler X-
Y-Z$deg$World>true$none#Right$CS2$[-0.173 -0.166 0]$World$World$m$[0 0 0]$Euler X-Y-
Z$deg$World>true$none"
CGPos          "[-0.113 -0.166 0]"
CGRot          "[0 0 0]"
CS0Pos         "[]"
CS0Rot         "[]"
CS1Pos         "[-0.083 -0.166 0]"
CS1Rot         "[0 0 0]"
CS2Pos         "[-0.173 -0.166 0]"
CS2Rot         "[0 0 0]"
CS3Pos         "[]"
CS3Rot         "[]"
CS4Pos         "[]"
CS4Rot         "[]"
CS5Pos         "[]"
CS5Rot         "[]"
CS6Pos         "[]"
CS6Rot         "[]"
CS7Pos         "[]"
CS7Rot         "[]"
CS8Pos         "[]"
CS8Rot         "[]"
CS9Pos         "[]"
CS9Rot         "[]"
CS10Pos        "[]"
CS10Rot        "[]"
CS11Pos        "[]"
CS11Rot        "[]"
CS12Pos        "[]"
CS12Rot        "[]"
CS13Pos        "[]"

```

```

CS13Rot          "[]"
CS14Pos          "[]"
CS14Rot          "[]"
CS15Pos          "[]"
CS15Rot          "[]"
CS16Pos          "[]"
CS16Rot          "[]"
CS17Pos          "[]"
CS17Rot          "[]"
CS18Pos          "[]"
CS18Rot          "[]"
CS19Pos          "[]"
CS19Rot          "[]"
CS20Pos          "[]"
CS20Rot          "[]"
}
Block {
  BlockType      Gain
  Name           "Const 1"
  Position       [620, 445, 650, 475]
  Gain           "-1"
  ParameterDataTypeMode "Inherit via internal rule"
  ParameterDataType "sfix(16)"
  ParameterScaling  "2^0"
  ParamDataTypeStr  "Inherit: Inherit via internal rule"
  OutDataTypeMode  "Inherit via internal rule"
  OutDataType      "sfix(16)"
  OutScaling       "2^0"
  OutDataTypeStr   "Inherit: Inherit via internal rule"
  SaturateOnIntegerOverflow off
}
Block {
  BlockType      Scope
  Name           "Diagrama\nforta arc lamelar F"
  Ports          [1]
  Position       [165, 310, 195, 340]
  NamePlacement  "alternate"
  Floating       off
  Location       [5, 45, 1285, 771]
  Open           off
  NumInputPorts "1"
  List {
    ListType      AxesTitles
    axes1         "%<SignalLabel>"
  }
  YMin           "-350"
  YMax           "350"
  SaveName       "ScopeData2"
  DataFormat     "StructureWithTime"
  SampleTime     "0"
}
Block {
  BlockType      Scope
  Name           "Diagrama \ndeplasare piston"
  Ports          [1]
  Position       [705, 310, 735, 340]
  Floating       off
  Location       [5, 45, 1285, 771]
}

```

```

Open                off
NumInputPorts      "1"
List {
  ListType          AxesTitles
  axes1             "%<SignalLabel>"
}
YMin                "-350"
YMax                "350"
SaveName            "ScopeData3"
DataFormat          "StructureWithTime"
SampleTime          "0"
}
Block {
  BlockType          Scope
  Name               "Diagrama \nforta piston"
  Ports              [1]
  Position            [705, 445, 735, 475]
  Floating            off
  Location            [5, 45, 1285, 771]
  Open                off
  NumInputPorts      "1"
  List {
    ListType          AxesTitles
    axes1             "%<SignalLabel>"
  }
  YMin                "-350"
  YMax                "350"
  DataFormat          "StructureWithTime"
  SampleTime          "0"
}
Block {
  BlockType          Reference
  Name               "Fixare C"
  Ports              [0, 0, 0, 0, 0, 0, 1]
  Position            [780, 160, 820, 200]
  Orientation         "left"
  UserDataPersistent on
  UserData            "DataTag0"
  DialogController    "MECH.DynMechDlgSource"
  SourceBlock         "mblibv1/Bodies/Ground"
  SourceType          "Ground"
  ShowPortLabels      "FromPortIcon"
  SystemSampleTime    "-1"
  FunctionWithSeparateData off
  RTWMemSecFuncInitTerm "Inherit from model"
  RTWMemSecFuncExecute "Inherit from model"
  RTWMemSecDataConstants "Inherit from model"
  RTWMemSecDataInternal "Inherit from model"
  RTWMemSecDataParameters "Inherit from model"
  LeftPortType        "env"
  RightPortType        "workingframe"
  PhysicalDomain        "Mechanical"
  DialogClass          "GroundBlock"
  ClassName            "Ground"
  CoordPosition         "[-0.173 -0.166 0]"
  CoordPositionUnits    "m"
  StateVectorMgrId      "-1"
  MachineId             "[0 0]"
}

```

```
ShowEnvPort    off
}
Block {
  BlockType      Reference
  Name           "Fixare F"
  Ports          [0, 0, 0, 0, 0, 0, 1]
  Position       [140, 140, 180, 180]
  Orientation    "left"
  UserDataPersistent on
  UserData       "DataTag1"
  DialogController "MECH.DynMechDlgSource"
  SourceBlock    "mblibv1/Bodies/Ground"
  SourceType     "Ground"
  ShowPortLabels "FromPortIcon"
  SystemSampleTime "-1"
  FunctionWithSeparateData off
  RTWMemSecFuncInitTerm "Inherit from model"
  RTWMemSecFuncExecute "Inherit from model"
  RTWMemSecDataConstants "Inherit from model"
  RTWMemSecDataInternal "Inherit from model"
  RTWMemSecDataParameters "Inherit from model"
  LeftPortType    "env"
  RightPortType   "workingframe"
  PhysicalDomain  "Mechanical"
  DialogClass     "GroundBlock"
  ClassName       "Ground"
  CoordPosition  "[-0.043 0.194 0]"
  CoordPositionUnits "m"
  StateVectorMgrId "-1"
  MachineId      "[0 0]"
  ShowEnvPort    off
}
Block {
  BlockType      Reference
  Name           "Fixare O"
  Ports          [0, 0, 0, 0, 0, 1, 1]
  Position       [380, 15, 420, 55]
  Orientation    "left"
  UserDataPersistent on
  UserData       "DataTag2"
  DialogController "MECH.DynMechDlgSource"
  SourceBlock    "mblibv1/Bodies/Ground"
  SourceType     "Ground"
  ShowPortLabels "FromPortIcon"
  SystemSampleTime "-1"
  FunctionWithSeparateData off
  RTWMemSecFuncInitTerm "Inherit from model"
  RTWMemSecFuncExecute "Inherit from model"
  RTWMemSecDataConstants "Inherit from model"
  RTWMemSecDataInternal "Inherit from model"
  RTWMemSecDataParameters "Inherit from model"
  LeftPortType    "env"
  RightPortType   "workingframe"
  PhysicalDomain  "Mechanical"
  DialogClass     "GroundBlock"
  ClassName       "Ground"
  CoordPosition  "[0 0 0]"
  CoordPositionUnits "m"
}
```

```

StateVectorMgrId      "1"
MachineId             "[2 0]"
ShowEnvPort          on
}
Block {
  BlockType           Reference
  Name                "Mediul \nde simulare"
  Tag                 "Factory ground"
  Ports               [0, 0, 0, 0, 0, 0, 1]
  Position             [460, 25, 500, 45]
  Orientation         "left"
  DialogController    "MECH.DialogSource"
  SourceBlock         "mblibv1/Bodies/Machine\nEnvironment"
  SourceType          "Machine Environment"
  ShowPortLabels      "FromPortIcon"
  SystemSampleTime    "-1"
  FunctionWithSeparateData off
  RTWMemSecFuncInitTerm "Inherit from model"
  RTWMemSecFuncExecute "Inherit from model"
  RTWMemSecDataConstants "Inherit from model"
  RTWMemSecDataInternal "Inherit from model"
  RTWMemSecDataParameters "Inherit from model"
  PortType            "env"
  PhysicalDomain      "Mechanical"
  ClassName           "Environment"
  DialogTemplateClass "MECH.MachineEnvironment"
  SyncWhenCopied     "off"
  Gravity             "[0 -9.81 0]"
  GravityUnits        "m/s^2"
  GravityAsSignal     off
  Dimensionality      "3D Only"
  AnalysisType        "Forward dynamics"
  LinearAssemblyTolerance "1e-3"
  LinearAssemblyToleranceUnits "m"
  AngularAssemblyTolerance "1e-3"
  AngularAssemblyToleranceUnits "rad"
  ConstraintSolverType "Stabilizing"
  ConstraintRelTolerance "1e-4"
  ConstraintAbsTolerance "1e-4"
  UseRobustSingularityHandling off
  RedundancyAnalysisToleranceType "Automatically select tolerance"
  RedundancyAnalysisTolerance "1e-14"
  StatePerturbationType "Fixed"
  PerturbationSize     "1e-5"
  VisualizeMachine     on
}
Block {
  BlockType           ToWorkspace
  Name                "Memorare \ndeplasare piston"
  Position             [690, 375, 750, 405]
  VariableName         "depl_piston"
  MaxDataPoints        "inf"
  SampleTime          "-1"
  SaveFormat          "Array"
}
Block {
  BlockType           ToWorkspace
  Name                "Memorare \nforta piston"

```



```

Position          [690, 510, 750, 540]
VariableName      "forta_piston"
MaxDataPoints     "inf"
SampleTime        "-1"
SaveFormat        "Array"
}
Block {
BlockType         Reference
Name              "Pendul"
Ports             [0, 0, 0, 0, 0, 2, 1]
Position          [100, 40, 180, 80]
Orientation       "left"
DialogController  "MECH.DynMechDlgSource"
SourceBlock       "mblibv1/Bodies/Body"
SourceType        "Body"
PhysicalDomain    "mechanical"
SubClassName      "Unknown"
LeftPortType     "workingframe"
RightPortType    "workingframe"
LConnTagsString  "CS1|CS2"
RConnTagsString  "CS3"
ClassName        "Body"
DialogClass      "MechanicalBodyBlock"
Mass             "51.6"
MassUnits        "kg"
InertiaUnits     "kg*m^2"
Inertia          "eye(3)*1e-4"
Shape            "Cylinder"
ShapeDims        "[1 1]"
ShapeUnits       "m"
ShapeUse         "false"
Density          "1"
DensityUnits     "kg/m^3"
DensityUse       "false"
GraphicsMode     "1"
BodyColor        "[0.5 0.5 0.5]"
GraphicsObj      "[]"
AttachedToCS     "1"
CG               "Left$CG$[0.336 -0.698 0]$WORLD$WORLD$m$[0 0 0]$Euler X-Y-
Z$deg$WORLD>false$none"
WorkingFrames    "Left$CS1$[0 0 0]$WORLD$WORLD$m$[0 0 0]$Euler X-Y-
Z$deg$WORLD>true$none#Left$CS2$[0.037 -0.166 0]$WORLD$WORLD$m$[0 0 0]$Euler X-
Y-Z$deg$WORLD>true$none#Right$CS3$[-0.043 0.194 0]$WORLD$WORLD$m$[0 0 0]$Euler
X-Y-Z$deg$WORLD>true$none"
CGPos            "[0.336 -0.698 0]"
CGRot            "[0 0 0]"
CS0Pos           "[]"
CS0Rot           "[]"
CS1Pos           "[0 0 0]"
CS1Rot           "[0 0 0]"
CS2Pos           "[0.037 -0.166 0]"
CS2Rot           "[0 0 0]"
CS3Pos           "[-0.043 0.194 0]"
CS3Rot           "[0 0 0]"
CS4Pos           "[]"
CS4Rot           "[]"
CS5Pos           "[]"
CS5Rot           "[]"

```

```

CS6Pos      "[]"
CS6Rot      "[]"
CS7Pos      "[]"
CS7Rot      "[]"
CS8Pos      "[]"
CS8Rot      "[]"
CS9Pos      "[]"
CS9Rot      "[]"
CS10Pos     "[]"
CS10Rot     "[]"
CS11Pos     "[]"
CS11Rot     "[]"
CS12Pos     "[]"
CS12Rot     "[]"
CS13Pos     "[]"
CS13Rot     "[]"
CS14Pos     "[]"
CS14Rot     "[]"
CS15Pos     "[]"
CS15Rot     "[]"
CS16Pos     "[]"
CS16Rot     "[]"
CS17Pos     "[]"
CS17Rot     "[]"
CS18Pos     "[]"
CS18Rot     "[]"
CS19Pos     "[]"
CS19Rot     "[]"
CS20Pos     "[]"
CS20Rot     "[]"
}
Block {
  BlockType      Reference
  Name           "Piston"
  Ports          [0, 0, 0, 0, 0, 1, 1]
  Position       [360, 160, 420, 200]
  DialogController "MECH.DynMechDlgSource"
  SourceBlock    "mblibv1/Bodies/Body"
  SourceType     "Body"
  PhysicalDomain "mechanical"
  SubClassName   "Unknown"
  LeftPortType   "workingframe"
  RightPortType  "workingframe"
  LConnTagsString "CS1"
  RConnTagsString "CS2"
  ClassName      "Body"
  DialogClass    "MechanicalBodyBlock"
  Mass           "0.3"
  MassUnits      "kg"
  InertiaUnits   "kg*m^2"
  Inertia        "eye(3)*1e-4"
  Shape          "Cylinder"
  ShapeDims      "[1 1]"
  ShapeUnits     "m"
  ShapeUse       "false"
  Density        "1"
  DensityUnits   "kg/m^3"
  DensityUse     "false"

```

```

GraphicsMode          "1"
BodyColor             "[0.5 0.5 0.5]"
GraphicsObj           "[]"
AttachedToCS          "1"
CG                    "Left$CG$[-0.063 -0.166 0]$World$World$m$[0 0 0]$Euler X-Y-
Z$deg$World>false$none"
WorkingFrames         "Left$CS1$[0.037 -0.166 0]$World$World$m$[0 0 0]$Euler X-
Y-Z$deg$WORLD>true$none#Right$CS2$[-0.083 -0.166 0]$World$World$m$[0 0 0]$Euler X-
Y-Z$deg$World>true$none"
CGPos                 "[-0.063 -0.166 0]"
CGRot                 "[0 0 0]"
CS0Pos                "[]"
CS0Rot                "[]"
CS1Pos                "[0.037 -0.166 0]"
CS1Rot                "[0 0 0]"
CS2Pos                "[-0.083 -0.166 0]"
CS2Rot                "[0 0 0]"
CS3Pos                "[]"
CS3Rot                "[]"
CS4Pos                "[]"
CS4Rot                "[]"
CS5Pos                "[]"
CS5Rot                "[]"
CS6Pos                "[]"
CS6Rot                "[]"
CS7Pos                "[]"
CS7Rot                "[]"
CS8Pos                "[]"
CS8Rot                "[]"
CS9Pos                "[]"
CS9Rot                "[]"
CS10Pos               "[]"
CS10Rot               "[]"
CS11Pos               "[]"
CS11Rot               "[]"
CS12Pos               "[]"
CS12Rot               "[]"
CS13Pos               "[]"
CS13Rot               "[]"
CS14Pos               "[]"
CS14Rot               "[]"
CS15Pos               "[]"
CS15Rot               "[]"
CS16Pos               "[]"
CS16Rot               "[]"
CS17Pos               "[]"
CS17Rot               "[]"
CS18Pos               "[]"
CS18Rot               "[]"
CS19Pos               "[]"
CS19Rot               "[]"
CS20Pos               "[]"
CS20Rot               "[]"
}
Block {
  BlockType           Reference
  Name                 "Senzor \ndeplasare si\nforta piston C"
  Ports                [0, 2, 0, 0, 0, 1]
}

```

```

Position                [485, 315, 525, 355]
DialogController        "MECH.DynMechDlgSource"
SourceBlock             "mblibv1/Sensors & \nActuators/Joint Sensor"
SourceType              "Joint Sensor"
ShowPortLabels         "FromPortIcon"
SystemSampleTime       "-1"
FunctionWithSeparateData off
RTWMemSecFuncInitTerm  "Inherit from model"
RTWMemSecFuncExecute   "Inherit from model"
RTWMemSecDataConstants "Inherit from model"
RTWMemSecDataInternal  "Inherit from model"
RTWMemSecDataParameters "Inherit from model"
PhysicalDomain         "Mechanical"
PortType               "blob"
Muxed                  "off"
Pose                   "off"
Angle                  "on"
AngleUnits             "deg"
ArcVelocity            "on"
ArcVelocityUnits       "deg/s"
ArcAcceleration        "off"
ArcAccelerationUnits  "deg/s^2"
CoordPosition          "on"
CoordPositionUnits    "m"
Velocity               "off"
VelocityUnits          "m/s"
Acceleration           "off"
AccelerationUnits     "m/s^2"
Quaternion             "on"
QuaternionDT           "off"
QuaternionDDT          "off"
QuaternionUnits        "off"
OutputVector           "[ 1 1 ]"
ActiveIO               "on"
Width                  "2"
ClassName              "JointSensor"
DialogClass            "MechanicalSensorBlock"
Primitive              "P1"
Force                  "on"
ForceUnits             "N"
Torque                 "off"
TorqueUnits            "N*m"
ReferenceFrame         "Absolute (INERTIAL)"
ReactionSensedSide     "Base"
ReactionReferenceFrame "Absolute (World)"
ReactionForce          "off"
ReactionForceUnits     "N"
ReactionMoment         "off"
ReactionMomentUnits   "N*m"
}
Block {
BlockType              Reference
Name                   "Senzor forta \narc lamelar F "
Ports                  [0, 1, 0, 0, 0, 1]
Position                [50, 305, 90, 345]
DialogController        "MECH.DynMechDlgSource"
SourceBlock             "mblibv1/Sensors & \nActuators/Joint Sensor"
SourceType              "Joint Sensor"

```

```

ShowPortLabels      "FromPortIcon"
SystemSampleTime    "-1"
FunctionWithSeparateData off
RTWMemSecFuncInitTerm "Inherit from model"
RTWMemSecFuncExecute "Inherit from model"
RTWMemSecDataConstants "Inherit from model"
RTWMemSecDataInternal "Inherit from model"
RTWMemSecDataParameters "Inherit from model"
PhysicalDomain      "Mechanical"
PortType            "blob"
Muxed               "off"
Pose                "off"
Angle               "on"
AngleUnits          "deg"
ArcVelocity         "on"
ArcVelocityUnits    "deg/s"
ArcAcceleration     "off"
ArcAccelerationUnits "deg/s^2"
CoordPosition       "off"
CoordPositionUnits  "m"
Velocity            "off"
VelocityUnits       "m/s"
Acceleration        "off"
AccelerationUnits   "m/s^2"
Quaternion          "on"
QuaternionDT        "off"
QuaternionDDT       "off"
QuaternionUnits     "off"
OutputVector        "[ 1 1 ]"
ActiveIO            "on"
Width               "1"
ClassName           "JointSensor"
DialogClass         "MechanicalSensorBlock"
Primitive           "P1"
Force               "on"
ForceUnits          "N"
Torque              "off"
TorqueUnits         "N*m"
ReferenceFrame      "Absolute (INERTIAL)"
ReactionSensedSide  "Base"
ReactionReferenceFrame "Absolute (World)"
ReactionForce       "off"
ReactionForceUnits  "N"
ReactionMoment      "off"
ReactionMomentUnits "N*m"
}
Block {
  BlockType      Reference
  Name           "Translatie \nPiston-Cilindru"
  Ports          [0, 0, 0, 0, 0, 2, 2]
  Position       [485, 166, 535, 219]
  Orientation    "left"
  DialogController "MECH.DynMechDlgSource"
  SourceBlock    "mblibv1/Joints/Prismatic"
  SourceType     "Prismatic"
  PhysicalDomain "mechanical"
  SubClassName   "Unknown"
  LeftPortType   "blob"

```

```

RightPortType      "blob"
LConnTagsString    "__newl0|SA1"
RConnTagsString    "__newr0|SA1"
NumSAPorts         "2"
CutJoint           "off"
MarkAsCut          "off"
Primitives         "prismatic"
PrimitiveProps     "P1$Base$[1 0 0]$prismatic"
ClassName          "Joint"
DialogClass        "JointBlock"
P1Axis             "[1 0 0]"
}
Line {
  LineType          "Connection"
  SrcBlock          "Fixare O"
  SrcPort           RConn1
  DstBlock          "Articulatie O"
  DstPort           LConn1
}
Line {
  LineType          "Connection"
  SrcBlock          "Pendul"
  SrcPort           LConn1
  DstBlock          "Articulatie O"
  DstPort           RConn1
}
Line {
  LineType          "Connection"
  SrcBlock          "Fixare O"
  SrcPort           LConn1
  DstBlock          "Mediul \nde simulare"
  DstPort           RConn1
}
Line {
  LineType          "Connection"
  SrcBlock          "Articulatie A "
  SrcPort           RConn1
  DstBlock          "Piston"
  DstPort           LConn1
}
Line {
  LineType          "Connection"
  SrcBlock          "Piston"
  SrcPort           RConn1
  DstBlock          "Translatie \nPiston-Cilindru"
  DstPort           RConn1
}
Line {
  LineType          "Connection"
  SrcBlock          "Translatie \nPiston-Cilindru"
  SrcPort           LConn1
  DstBlock          "Cilindru"
  DstPort           LConn1
}
Line {
  LineType          "Connection"
  SrcBlock          "Articulatie A "
  SrcPort           LConn1
}

```

```

Points                [-20, 0; 0, -110]
DstBlock              "Pendul"
DstPort               LConn2
}
Line {
  LineType             "Connection"
  SrcBlock             "Articulatie C"
  SrcPort              RConn1
  DstBlock             "Cilindru"
  DstPort              RConn1
}
Line {
  LineType             "Connection"
  SrcBlock             "Articulatie C"
  SrcPort              LConn1
  DstBlock             "Fixare C"
  DstPort              RConn1
}
Line {
  LineType             "Connection"
  SrcBlock             "Articulatie \nTranslatie + \nRotatie F"
  SrcPort              RConn1
  Points               [-10, 0; 0, -100]
  DstBlock             "Pendul"
  DstPort              RConn1
}
Line {
  LineType             "Connection"
  SrcBlock             "Articulatie \nTranslatie + \nRotatie F"
  SrcPort              LConn1
  DstBlock             "Fixare F"
  DstPort              RConn1
}
Line {
  LineType             "Connection"
  SrcBlock             "Articulatie \nTranslatie + \nRotatie F"
  SrcPort              LConn2
  Points               [5, 0; 0, 45]
  DstBlock             "Arc lamelar F"
  DstPort              LConn1
}
Line {
  LineType             "Connection"
  SrcBlock             "Articulatie \nTranslatie + \nRotatie F"
  SrcPort              RConn2
  Points               [-10, 0; 0, 140]
  DstBlock             "Senzor forta \narc lamelar F "
  DstPort              LConn1
}
Line {
  SrcBlock             "Senzor forta \narc lamelar F "
  SrcPort              1
  Points               [40, 0]
  Branch {
    DstBlock           "Diagrama\nforta arc lamelar F"
    DstPort             1
  }
}
Branch {

```

```

        DstBlock      " Memore \nforta arc lamelar F"
        DstPort      1
    }
}
Line {
    LineType          "Connection"
    SrcBlock          "Translatie \nPiston-Cilindru"
    SrcPort           RConn2
    Points            [-5, 0; 0, 130]
    DstBlock          "Senzor \ndeplasare si\nforta piston C"
    DstPort           LConn1
}
Line {
    SrcBlock          "Senzor \ndeplasare si\nforta piston C"
    SrcPort           1
    Points            [130, 0]
    Branch {
        DstBlock      "Diagrama \ndeplasare piston"
        DstPort      1
    }
    Branch {
        Points        [0, 65]
        DstBlock      "Memore \ndeplasare piston"
        DstPort      1
    }
}
}
Line {
    LineType          "Connection"
    SrcBlock          "Articulatie O"
    SrcPort           LConn2
    Points            [15, 0; 0, 45]
    DstBlock          "Amortizare articulatie O"
    DstPort           LConn1
}
Line {
    LineType          "Connection"
    SrcBlock          "Amortizare \nfluid MR"
    SrcPort           LConn1
    Points            [-5, 0; 0, -50]
    DstBlock          "Translatie \nPiston-Cilindru"
    DstPort           LConn2
}
Line {
    SrcBlock          "Const 1"
    SrcPort           1
    Points            [5, 0]
    Branch {
        DstBlock      "Diagrama \nforta piston"
        DstPort      1
    }
    Branch {
        Points        [0, 65]
        DstBlock      "Memore \nforta piston"
        DstPort      1
    }
}
}
Line {
    SrcBlock          "Senzor \ndeplasare si\nforta piston C"

```



```

    SrcPort          2
    Points           [35, 0; 0, 115]
    DstBlock         "Const 1"
    DstPort          1
  }
}
}
MatData {
  NumRecords        3
  DataRecord {
    Tag              DataTag2
    Data             " % )30 . 6 8 ( ! % \" $ C 0 0 (P
'!E;F1U;%]M;V1E;%],3U)$7U)$,3 P-5]!+T9I>&%R92!/
  }
  DataRecord {
    Tag              DataTag1
    Data             " % )30 . 6 8 ( ! % \" $ C 0 0 (P
'!E;F1U;%]M;V1E;%],3U)$7U)$,3 P-5]!+T9I>&%R92!&
  }
  DataRecord {
    Tag              DataTag0
    Data             " % )30 . 6 8 ( ! % \" $ C 0 0 (P
'!E;F1U;%]M;V1E;%],3U)$7U)$,3 P-5]!+T9I>&%R92!#
  }
}
}

```

## Modelul II

```

% Calcul coordonate pendul
% Alfa initial pendul = 12,5 grade
alfa = 12.5*pi/180; % Alfa in radiani
% Dimensiuni in metri, kilograme

% Coord. centru de greutate palca mare M
M = 38.86; % Masa in kg
x_M = (0.625+0.340/2)*sin(alfa);
y_M = (0.625+0.340/2)*cos(alfa);

% Coord. centru de greutate masa ajustabila m
m = 12.2; % Masa in kg
x_m = (0.625*sin(alfa) + 0.740*cos(alfa));
y_m = (0.625*cos(alfa) - 0.740*sin(alfa));

% Coord. centru de greutate palca mare + masa ajustabila B
x_B = (m*x_m + M*x_M)/(m + M);
y_B = (m*y_m + M*y_M)/(m + M);

% Coord. centru de greutate piston amortizor E
x_E = 0.170*sin(alfa) - 0.100;
y_E = 0.170*cos(alfa);

```

```
% Coord. centru de greutate cilindru amortizor D
x_D = 0.170*sin(alfa) - 0.150;
y_D = 0.170*cos(alfa);

% Coord. articulatie O
x_O = 0;
y_O = 0;

% Coord. articulatie A
x_A = 0.170*sin(alfa);
y_A = 0.170*cos(alfa);

% Coord. articulatie C
x_C = 0.170*sin(alfa) - 0.210;
y_C = 0.170*cos(alfa);

% Coord. articulatie F
x_F = 0.199*sin(alfa);
y_F = 0.199*cos(alfa);

% % Plotare diagrame
% depl_piston1 = depl_piston.signals.values;
% tout = depl_piston.time;
% figure
% plot(tout,depl_piston1,'k')
% title('Deplasare piston. Coef. de amortizare: b = 6311.4')
% ylabel('Deplasare [m]')
% xlabel('Timp [s]')
% grid on
%
% forta_piston1 = forta_piston.signals.values;
% tout = depl_piston.time;
% figure
% plot(tout,forta_piston1,'k')
% title('Forta piston. Coef. de amortizare: b = 6311.4')
% ylabel('Forta [N]')
% xlabel('Timp [s]')
% grid on
%
% [lin col] = size(depl_piston);
% tout = linspace(1,5,lin);
%
% trad_tens_f1 = trad_tens_f.signals.values;
% tout = trad_tens_f.time;
% figure
% plot(tout,trad_tens_f1,'k')
% title('Forta arc lamelar. Coef. de amortizare: b = 6311.4')
% ylabel('Forta [N]')
% xlabel('Timp [s]')
% grid on
% save b6311 depl_piston forta_piston tout trad_tens_f

% Plotare diagrama suprapusa forta arc lamelar

% figure
% load b512
% plot(tout,trad_tens_f.signals.values,'k')
% hold on
```

```
% load b1092
% plot(tout,trad_tens_f.signals.values-100,'k')
% load b1672
% plot(tout,trad_tens_f.signals.values-200,'k')
% load b2252
% plot(tout,trad_tens_f.signals.values-300,'k')
% load b2832
% plot(tout,trad_tens_f.signals.values-400,'k')
% load b3412
% plot(tout,trad_tens_f.signals.values-500,'k')
% load b3992
% plot(tout,trad_tens_f.signals.values-600,'k')
% load b4571
% plot(tout,trad_tens_f.signals.values-700,'k')
% load b5151
% plot(tout,trad_tens_f.signals.values-800,'k')
% load b5731
% plot(tout,trad_tens_f.signals.values-900,'k')
% load b6311
% plot(tout,trad_tens_f.signals.values-1000,'k')
% title('Forta arc lamelar.')
% ylabel('Forta [N]')
% xlabel('Timp [s]')
% grid on

% Plotare diagrama suprapusa forta piston

% figure
% load b512
% plot(tout,forta_piston.signals.values,'k')
% hold on
% load b1092
% plot(tout,forta_piston.signals.values-100,'k')
% load b1672
% plot(tout,forta_piston.signals.values-200,'k')
% load b2252
% plot(tout,forta_piston.signals.values-300,'k')
% load b2832
% plot(tout,forta_piston.signals.values-400,'k')
% load b3412
% plot(tout,forta_piston.signals.values-500,'k')
% load b3992
% plot(tout,forta_piston.signals.values-600,'k')
% load b4571
% plot(tout,forta_piston.signals.values-700,'k')
% load b5151
% plot(tout,forta_piston.signals.values-800,'k')
% load b5731
% plot(tout,forta_piston.signals.values-900,'k')
% load b6311
% plot(tout,forta_piston.signals.values-1000,'k')
%
% title('Forta piston.')
% ylabel('Forta [N]')
% xlabel('Timp [s]')
% grid on

% Plotare diagrama suprapusa deplasare piston
```

```

% figure
% load b512
% plot(tout,depl_piston.signals.values,'k')
% hold on
% load b1092
% plot(tout,depl_piston.signals.values-0.01,'k')
% load b1672
% plot(tout,depl_piston.signals.values-0.02,'k')
% load b2252
% plot(tout,depl_piston.signals.values-0.03,'k')
% load b2832
% plot(tout,depl_piston.signals.values-0.04,'k')
% load b3412
% plot(tout,depl_piston.signals.values-0.05,'k')
% load b3992
% plot(tout,depl_piston.signals.values-0.06,'k')
% load b4571
% plot(tout,depl_piston.signals.values-0.07,'k')
% load b5151
% plot(tout,depl_piston.signals.values-0.08,'k')
% load b5731
% plot(tout,depl_piston.signals.values-0.09,'k')
% load b6311
% plot(tout,depl_piston.signals.values-0.1,'k')
%
% title('Deplasare piston.')
% ylabel('Deplasare [m]')
% xlabel('Timp [s]')
% grid on
%

Model {
  Name "pendul_model_ONODA"
  Version 7.1
  MdSubVersion 0
  GraphicalInterface {
    NumRootInputs 0
    NumRootOutputs 0
    ParameterArgumentNames ""
    ComputedModelVersion "1.271"
    NumModelReferences 0
    NumTestPointedSignals 0
  }
  Description "Simple Pendulum\n\nA rod swinging in gravity by one revolute joint. Scope shows angle and angular velocity. XY Graph shows model phase space."
  SavedCharacterEncoding "US-ASCII"
  SaveDefaultBlockParams on
  SampleTimeColors off
  LibraryLinkDisplay "none"
  WideLines off
  ShowLineDimensions off
  ShowPortDataTypes off
  ShowLoopsOnError on
  IgnoreBidirectionalLines off
  ShowStorageClass off
  ShowTestPointIcons on
  ShowSignalResolutionIcons on
}

```

```
ShowViewerIcons      on
SortedOrder          off
ExecutionContextIcon off
ShowLinearizationAnnotations on
ScopeRefreshTime     0.035000
OverrideScopeRefreshTime on
DisableAllScopes     off
DataTypeOverride     "UseLocalSettings"
MinMaxOverflowLogging "UseLocalSettings"
MinMaxOverflowArchiveMode "Overwrite"
BlockNameDataTip     off
BlockParametersDataTip off
BlockDescriptionStringDataTip off
ToolBar              on
StatusBar             on
BrowserShowLibraryLinks off
BrowserLookUnderMasks off
Created              "Thu Oct 11 21:32:10 2001"
Creator              "arnav"
UpdateHistory        "UpdateHistoryNever"
ModifiedByFormat     "%<Auto>"
LastModifiedBy      "Tibi"
ModifiedDateFormat   "%<Auto>"
LastModifiedDate     "Sat Sep 19 15:13:14 2009"
RTWModifiedTimeStamp 0
ModelVersionFormat   "1.%<AutoIncrement:271>"
ConfigurationManager "None"
UserBdParams
"PhysicalModelingChecksum;PhysicalModelingParameterChecksum;PhysicalModelingProducts;"
SimulationMode       "normal"
LinearizationMsg     "none"
Profile              off
ParamWorkspaceSource "MATLABWorkspace"
AccelSystemTargetFile "accel.tlc"
AccelTemplateMakefile "accel_default_tmf"
AccelMakeCommand     "make_rtw"
TryForcingSFcnDF    off
RecordCoverage      off
CovPath              "/"
CovSaveName          "covdata"
CovMetricSettings    "dw"
CovNameIncrementing off
CovHtmlReporting     on
covSaveCumulativeToWorkspaceVar on
CovSaveSingleToWorkspaceVar on
CovCumulativeVarName "covCumulativeData"
CovCumulativeReport off
CovReportOnPause     on
CovModelRefEnable    "Off"
ExtModeBatchMode     off
ExtModeEnableFloating on
ExtModeTrigType      "manual"
ExtModeTrigMode      "normal"
ExtModeTrigPort      "1"
ExtModeTrigElement   "any"
ExtModeTrigDuration  1000
ExtModeTrigDurationFloating "auto"
ExtModeTrigHoldOff   0
```

```

ExtModeTrigDelay      0
ExtModeTrigDirection  "rising"
ExtModeTrigLevel      0
ExtModeArchiveMode    "off"
ExtModeAutoIncOneShot off
ExtModeIncDirWhenArm  off
ExtModeAddSuffixToVar off
ExtModeWriteAllDataToWs off
ExtModeArmWhenConnect on
ExtModeSkipDownloadWhenConnect off
ExtModeLogAll         on
ExtModeAutoUpdateStatusClock off
BufferReuse           on
ShowModelReferenceBlockVersion off
ShowModelReferenceBlockIO off
Array {
  Type      "Handle"
  Dimension 1
  Simulink.ConfigSet {
    $ObjectID 1
    Version    "1.4.0"
    Array {
      Type      "Handle"
      Dimension 8
      Simulink.SolverCC {
        $ObjectID 2
        Version    "1.4.0"
        StartTime  "0.0"
        StopTime   "5"
        AbsTol     "1e-8"
        FixedStep  "auto"
        InitialStep "auto"
        MaxNumMinSteps "-1"
        MaxOrder   5
        ZcThreshold "auto"
        ConsecutiveZCsStepRelTol "10*128*eps"
        MaxConsecutiveZCs "1000"
        ExtrapolationOrder 4
        NumberNewtonIterations 1
        MaxStep "auto"
        MinStep "auto"
        MaxConsecutiveMinStep "1"
        RelTol "1e-5"
        SolverMode "Auto"
        Solver     "ode23t"
        SolverName "ode23t"
        ShapePreserveControl "DisableAll"
        ZeroCrossControl "UseLocalSettings"
        ZeroCrossAlgorithm "Non-adaptive"
        AlgebraicLoopSolver "TrustRegion"
        SolverResetMethod "Fast"
        PositivePriorityOrder off
        AutoInsertRateTranBlk off
        SampleTimeConstraint "Unconstrained"
        InsertRTBMode "Whenever possible"
      }
    }
  }
  Simulink.DataIOCC {
    $ObjectID 3
  }
}

```

```

Version          "1.4.0"
Decimation       "1"
ExternalInput    "[t, u]"
FinalStateName   "xFinal"
InitialState      "xInitial"
LimitDataPoints  on
MaxDataPoints    "1000"
LoadExternalInput off
LoadInitialState off
SaveFinalState   off
SaveFormat       "Array"
SaveOutput       on
SaveState        off
SignalLogging    on
InspectSignalLogs off
SaveTime         on
StateSaveName    "xout"
TimeSaveName     "tout"
OutputSaveName   "yout"
SignalLoggingName "sigsOut"
OutputOption     "RefineOutputTimes"
OutputTimes      "[]"
Refine           "1"
}
Simulink.OptimizationCC {
  $ObjectID      4
  Array {
    Type          "Cell"
    Dimension      5
    Cell           "ZeroExternalMemoryAtStartup"
    Cell           "ZeroInternalMemoryAtStartup"
    Cell           "InitFltsAndDbIsToZero"
    Cell           "OptimizeModelRefInitCode"
    Cell           "NoFixptDivByZeroProtection"
    PropName       "DisabledProps"
  }
  Version        "1.4.0"
  BlockReduction on
  BooleanDataType off
  ConditionallyExecuteInputs on
  InlineParams   off
  InlineInvariantSignals on
  OptimizeBlockIOStorage on
  BufferReuse     on
  EnhancedBackFolding off
  EnforceIntegerDowncast on
  ExpressionFolding on
  ExpressionDepthLimit 2147483647
  FoldNonRolledExpr on
  LocalBlockOutputs on
  RollThreshold   5
  SystemCodeInlineAuto off
  StateBitsets    off
  DataBitsets     off
  UseTempVars     off
  ZeroExternalMemoryAtStartup on
  ZeroInternalMemoryAtStartup on
  InitFltsAndDbIsToZero on

```

```

NoFixptDivByZeroProtection off
EfficientFloat2IntCast off
OptimizeModelRefInitCode off
LifeSpan "inf"
BufferReusableBoundary on
SimCompilerOptimization "Off"
AccelVerboseBuild off
}
Simulink.DebuggingCC {
$ObjectID 5
Version "1.4.0"
RTPrefix "error"
ConsistencyChecking "none"
ArrayBoundsChecking "none"
SignalInfNanChecking "none"
SignalRangeChecking "none"
ReadBeforeWriteMsg "UseLocalSettings"
WriteAfterWriteMsg "UseLocalSettings"
WriteAfterReadMsg "UseLocalSettings"
AlgebraicLoopMsg "warning"
ArtificialAlgebraicLoopMsg "warning"
SaveWithDisabledLinksMsg "warning"
SaveWithParameterizedLinksMsg "none"
CheckSSIInitialOutputMsg on
CheckExecutionContextPreStartOutputMsg on
CheckExecutionContextRuntimeOutputMsg on
SignalResolutionControl "TryResolveAllWithWarning"
BlockPriorityViolationMsg "warning"
MinStepSizeMsg "warning"
TimeAdjustmentMsg "none"
MaxConsecutiveZCsMsg "error"
SolverPrmCheckMsg "none"
InheritedTsInSrcMsg "warning"
DiscreteInheritContinuousMsg "warning"
MultiTaskDSMMsg "warning"
MultiTaskCondExecSysMsg "none"
MultiTaskRateTransMsg "error"
SingleTaskRateTransMsg "none"
TasksWithSamePriorityMsg "warning"
SigSpecEnsureSampleTimeMsg "none"
CheckMatrixSingularityMsg "none"
IntegerOverflowMsg "warning"
Int32ToFloatConvMsg "warning"
ParameterDowncastMsg "error"
ParameterOverflowMsg "error"
ParameterUnderflowMsg "none"
ParameterPrecisionLossMsg "warning"
ParameterTunabilityLossMsg "warning"
UnderSpecifiedDataTypeMsg "none"
UnnecessaryDatatypeConvMsg "none"
VectorMatrixConversionMsg "none"
InvalidFcnCallConnMsg "error"
FcnCallInpInsideContextMsg "Use local settings"
SignalLabelMismatchMsg "none"
UnconnectedInputMsg "warning"
UnconnectedOutputMsg "warning"
UnconnectedLineMsg "warning"
SFcnCompatibilityMsg "none"

```



```
UniqueDataStoreMsg      "none"
BusObjectLabelMismatch  "warning"
RootOutportRequireBusObject "warning"
AssertControl           "UseLocalSettings"
EnableOverflowDetection off
ModelReferenceIOMsg     "none"
ModelReferenceVersionMismatchMessage "none"
ModelReferenceIOMismatchMessage "none"
ModelReferenceCSMismatchMessage "none"
ModelReferenceSimTargetVerbose off
UnknownTsInhSupMsg     "warning"
ModelReferenceDataLoggingMessage "warning"
ModelReferenceSymbolNameMessage "warning"
ModelReferenceExtraNoncontSigs "error"
StateNameClashWarn     "warning"
StrictBusMsg           "None"
LoggingUnavailableSignals "error"
BlockIODiagnostic      "none"
}
Simulink.HardwareCC {
  $ObjectID      6
  Version        "1.4.0"
  ProdBitPerChar 8
  ProdBitPerShort 16
  ProdBitPerInt  32
  ProdBitPerLong 32
  ProdIntDivRoundTo "Undefined"
  ProdEndianness  "Unspecified"
  ProdWordSize    32
  ProdShiftRightIntArith on
  ProdHWDeviceType "32-bit Generic"
  TargetBitPerChar 8
  TargetBitPerShort 16
  TargetBitPerInt  32
  TargetBitPerLong 32
  TargetShiftRightIntArith on
  TargetIntDivRoundTo "Undefined"
  TargetEndianness "LittleEndian"
  TargetWordSize 32
  TargetTypeEmulationWarnSuppressLevel 0
  TargetPreprocMaxBitsSint 32
  TargetPreprocMaxBitsUint 32
  TargetHWDeviceType "MATLAB Host"
  TargetUnknown      off
  ProdEqTarget       off
}
Simulink.ModelReferenceCC {
  $ObjectID      7
  Version        "1.4.0"
  UpdateModelReferenceTargets "IfOutOfDateOrStructuralChange"
  CheckModelReferenceTargetMessage "error"
  ModelReferenceNumInstancesAllowed "Multi"
  ModelReferenceSigSizeVariationType "Always allowed"
  ModelReferencePassRootInputsByReference on
  ModelReferenceMinAlgLoopOccurrences off
}
Simulink.RTWCC {
  $BackupClass "Simulink.RTWCC"
```

```

$ObjectID          8
Array {
  Type              "Cell"
  Dimension          1
  Cell              "IncludeHyperlinkInReport"
  PropName          "DisabledProps"
}
Version            "1.4.0"
SystemTargetFile   "rsim.tlc"
GenCodeOnly        off
MakeCommand        "make_rtw"
GenerateMakefile   on
TemplateMakefile   "rsim_default_tmf"
Description         "Rapid Simulation Target"
GenerateReport     off
SaveLog            off
RTWVerbose         on
RetainRTWFile      off
ProfileTLC         off
TLCDebug           off
TLCCoverage        off
TLCAssert          off
ProcessScriptMode  "Default"
ConfigurationMode  "Optimized"
ProcessScript       "rsim_make_rtw_hook"
ConfigAtBuild      off
IncludeHyperlinkInReport off
LaunchReport       off
TargetLang         "C"
IncludeBusHierarchyInRTWFileBlockHierarchyMap off
IncludeERTFirstTime on
GenerateTraceInfo  off
GenerateTraceReport off
GenerateTraceReportSI off
GenerateTraceReportSf off
GenerateTraceReportEml off
GenerateCodeInfo   off
RTWCompilerOptimization "Off"
Array {
  Type              "Handle"
  Dimension          2
  Simulink.CodeAppCC {
    $ObjectID        9
    Array {
      Type              "Cell"
      Dimension          16
      Cell              "IgnoreCustomStorageClasses"
      Cell              "InsertBlockDesc"
      Cell              "SFDataObjDesc"
      Cell              "SimulinkDataObjDesc"
      Cell              "DefineNamingRule"
      Cell              "SignalNamingRule"
      Cell              "ParamNamingRule"
      Cell              "InlinedPrmAccess"
      Cell              "CustomSymbolStr"
      Cell              "CustomSymbolStrGlobalVar"
      Cell              "CustomSymbolStrType"
      Cell              "CustomSymbolStrField"
    }
  }
}

```

```

        Cell                "CustomSymbolStrFcn"
        Cell                "CustomSymbolStrBlkIO"
        Cell                "CustomSymbolStrTmpVar"
        Cell                "CustomSymbolStrMacro"
        PropName            "DisabledProps"
    }
    Version                 "1.4.0"
    ForceParamTrailComments off
    GenerateComments       on
    IgnoreCustomStorageClasses on
    IncHierarchyInIds      off
    MaxIdLength            31
    PreserveName           off
    PreserveNameWithParent off
    ShowEliminatedStatement off
    IncAutoGenComments     off
    SimulinkDataObjDesc    off
    SFDataObjDesc          off
    IncDataTypeInIds       off
    MangleLength           1
    CustomSymbolStrGlobalVar "$R$N$M"
    CustomSymbolStrType     "$N$R$M"
    CustomSymbolStrField    "$N$M"
    CustomSymbolStrFcn      "$R$N$M$F"
    CustomSymbolStrBlkIO    "rtb_ $N$M"
    CustomSymbolStrTmpVar   "$N$M"
    CustomSymbolStrMacro    "$R$N$M"
    DefineNamingRule        "None"
    ParamNamingRule         "None"
    SignalNamingRule        "None"
    InsertBlockDesc         off
    SimulinkBlockComments  on
    EnableCustomComments    off
    InlinedPrmAccess        "Literals"
    ReqsInCode              off
}
RTW.RSimTargetCC {
    $BackupClass            "Simulink.TargetCC"
    $ObjectID               10
    Array {
        Type                 "Cell"
        Dimension            13
        Cell                 "IncludeMdlTerminateFcn"
        Cell                 "CombineOutputUpdateFcns"
        Cell                 "SuppressErrorStatus"
        Cell                 "ERTCustomFileBanners"
        Cell                 "GenerateSampleERTMain"
        Cell                 "GenerateTestInterfaces"
        Cell                 "MultiInstanceERTCode"
        Cell                 "PurelyIntegerCode"
        Cell                 "SupportNonFinite"
        Cell                 "SupportComplex"
        Cell                 "SupportAbsoluteTime"
        Cell                 "SupportContinuousTime"
        Cell                 "SupportNonInlinedSFcns"
        PropName            "DisabledProps"
    }
    Version                 "1.4.0"
}

```

```

TargetFcnLib      "ansi_tfl_tmw.mat"
TargetLibSuffix   ""
TargetPreCompLibLocation ""
TargetFunctionLibrary "ANSI_C"
UtilityFuncGeneration "Auto"
GenerateFullHeader on
GenerateSampleERTMain off
GenerateTestInterfaces off
IsPILTarget      off
ModelReferenceCompliant on
CompOptLevelCompliant on
IncludeMdlTerminateFcn on
CombineOutputUpdateFcns off
SuppressErrorStatus off
ERTFirstTimeCompliant off
IncludeFileDelimiter "Auto"
ERTCustomFileBanners off
SupportAbsoluteTime on
LogVarNameModifier "rt_"
MatFileLogging     on
MultiInstanceERTCode off
SupportNonFinite   on
SupportComplex     on
PurelyIntegerCode  off
SupportContinuousTime on
SupportNonInlinedSFcns on
EnableShiftOperators on
ParenthesesLevel   "Nominal"
PortableWordSizes  off
ModelStepFunctionPrototypeControlCompliant off
AutosarCompliant  off
RSIM_SOLVER_SELECTION "Auto"
ExtMode            off
ExtModeTransport   0
ExtModeStaticAlloc off
ExtModeStaticAllocSize 1000000
ExtModeTesting     off
ExtModeMexFile     "ext_comm"
ExtModeIntrfLevel  "Level1"
RSIM_PARAMETER_LOADING on
RSIM_STORAGE_CLASS_AUTO on
RTWCAPISignals    off
RTWCAPIParams     off
RTWCAPISStates    off
}
PropName           "Components"
}
}
SSC.SimscapeCC {
  $ObjectID        11
  Array {
    Type           "Cell"
    Dimension      1
    Cell           "Name"
    PropName       "DisabledProps"
  }
  Array {
    Type           "Handle"
  }
}

```

```

        Dimension 1
        MECH.SimMechanicsCC {
            $ObjectID 12
            Version "1.4.0"
            Name "SimMechanics"
            WarnOnRedundantConstraints on
            WarnOnSingularInitialAssembly off
            ShowCutJoints off
            VisOnUpdateDiagram on
            VisDuringSimulation on
        }
        PropName "Components"
    }
    Name "Simscape"
    EditingMode "Full"
    Version "1.0"
}
PropName "Components"
}
Name "Configuration"
CurrentDlgPage "Solver"
}
PropName "ConfigurationSets"
}
Simulink.ConfigSet {
    $PropName "ActiveConfigurationSet"
    $ObjectID 1
}
PhysicalModelingChecksum "2499686221"
PhysicalModelingParameterChecksum "1905155831"
PhysicalModelingProducts "SimMechanics|Simscape"
BlockDefaults {
    Orientation "right"
    ForegroundColor "black"
    BackgroundColor "white"
    DropShadow off
    NamePlacement "normal"
    FontName "Helvetica"
    FontSize 10
    FontWeight "normal"
    FontAngle "normal"
    ShowName on
}
BlockParameterDefaults {
    Block {
        BlockType Actuator
        SubClassName "unknown"
        PortType "blob"
    }
    Block {
        BlockType Demux
        Outputs "4"
        DisplayOption "none"
        BusSelectionMode off
    }
    Block {
        BlockType From
        IconDisplay "Tag"
    }
}

```

```

    TagVisibility    "local"
  }
  Block {
    BlockType        Fcn
    Expr             "sin(u[1])"
    SampleTime       "-1"
  }
  Block {
    BlockType        Gain
    Gain             "1"
    Multiplication    "Element-wise(K.*u)"
    ParamMin         "[]"
    ParamMax         "[]"
    ParameterDataTypeMode "Same as input"
    ParameterDataType "fixdt(1,16,0)"
    ParameterScalingMode "Best Precision: Matrix-wise"
    ParameterScaling "[]"
    ParamDataTypeStr  "Inherit: Same as input"
    OutMin            "[]"
    OutMax            "[]"
    OutDataTypeMode   "Same as input"
    OutDataType       "fixdt(1,16,0)"
    OutScaling        "[]"
    OutDataTypeStr    "Inherit: Same as input"
    LockScale         off
    RndMeth           "Floor"
    SaturateOnIntegerOverflow on
    SampleTime       "-1"
  }
  Block {
    BlockType        Goto
    IconDisplay      "Tag"
  }
  Block {
    BlockType        Ground
  }
  Block {
    BlockType        Inport
    Port             "1"
    UseBusObject     off
    BusObject        "BusObject"
    BusOutputAsStruct off
    PortDimensions   "-1"
    SampleTime       "-1"
    OutMin           "[]"
    OutMax           "[]"
    DataType         "auto"
    OutDataType       "fixdt(1,16,0)"
    OutScaling        "[]"
    OutDataTypeStr    "Inherit: auto"
    SignalType       "auto"
    SamplingMode     "auto"
    LatchByDelayingOutsideSignal off
    LatchByCopyingInsideSignal off
    Interpolate      on
  }
  Block {
    BlockType        Integrator

```

```

ExternalReset          "none"
InitialConditionSource "internal"
InitialCondition       "0"
LimitOutput            off
UpperSaturationLimit  "inf"
LowerSaturationLimit  "-inf"
ShowSaturationPort    off
ShowStatePort         off
AbsoluteTolerance     "auto"
IgnoreLimit           off
ZeroCross              on
ContinuousStateAttributes ""
}
Block {
  BlockType            Mux
  Inputs               "4"
  DisplayOption        "none"
  UseBusObject         off
  BusObject            "BusObject"
  NonVirtualBus       off
}
Block {
  BlockType            Outputport
  Port                 "1"
  UseBusObject         off
  BusObject            "BusObject"
  BusOutputAsStruct   off
  PortDimensions      "-1"
  SampleTime          "-1"
  OutMin               "[]"
  OutMax               "[]"
  DataType             "auto"
  OutDataType          "fixdt(1,16,0)"
  OutScaling           "[]"
  OutDataTypeStr       "Inherit: auto"
  SignalType          "auto"
  SamplingMode         "auto"
  OutputWhenDisabled  "held"
  InitialOutput        "[]"
}
Block {
  BlockType            PMComponent
  SubClassName         "unknown"
}
Block {
  BlockType            Scope
  ModelBased          off
  TickLabels          "OneTimeTick"
  ZoomMode            "on"
  Grid                "on"
  TimeRange           "auto"
  YMin                "-5"
  YMax                "5"
  SaveToWorkspace     off
  SaveName            "ScopeData"
  LimitDataPoints     on
  MaxDataPoints       "5000"
  Decimation          "1"
}

```

```

    SampleInput    off
    SampleTime     "-1"
}
Block {
    BlockType      Selector
    NumberOfDimensions "1"
    IndexMode      "One-based"
    InputPortWidth "-1"
    SampleTime     "-1"
}
Block {
    BlockType      Sensor
    SubClassName   "unknown"
    PortType       "blob"
}
Block {
    BlockType      "S-Function"
    FunctionName   "system"
    SFunctionModules ""
    PortCounts     "[]"
    SFunctionDeploymentMode off
}
Block {
    BlockType      SubSystem
    ShowPortLabels "FromPortIcon"
    Permissions    "ReadWrite"
    PermitHierarchicalResolution "All"
    TreatAsAtomicUnit off
    CheckFcnCallInpInsideContextMsg off
    SystemSampleTime "-1"
    RTWFcnNameOpts "Auto"
    RTWFileNameOpts "Auto"
    RTWMemSecFuncInitTerm "Inherit from model"
    RTWMemSecFuncExecute "Inherit from model"
    RTWMemSecDataConstants "Inherit from model"
    RTWMemSecDataInternal "Inherit from model"
    RTWMemSecDataParameters "Inherit from model"
    SimViewingDevice off
    DataTypeOverride "UseLocalSettings"
    MinMaxOverflowLogging "UseLocalSettings"
}
Block {
    BlockType      Sum
    IconShape      "rectangular"
    Inputs         "++"
    CollapseMode   "All dimensions"
    CollapseDim    "1"
    InputSameDT    on
    AccumDataTypeStr "Inherit: Inherit via internal rule"
    OutMin         "[]"
    OutMax         "[]"
    OutDataTypeMode "Same as first input"
    OutDataType    "fixdt(1,16,0)"
    OutScaling     "[]"
    OutDataTypeStr "Inherit: Same as first input"
    LockScale      off
    RndMeth        "Floor"
    SaturateOnIntegerOverflow on
}

```



```

    SampleTime    "-1"
  }
  Block {
    BlockType      ToWorkspace
    VariableName   "simulink_output"
    MaxDataPoints  "1000"
    Decimation     "1"
    SampleTime     "0"
    FixptAsFi      off
  }
  Block {
    BlockType      Terminator
  }
  Block {
    BlockType      Reshape
    OutputDimensionality "1-D array"
    OutputDimensions "[1,1]"
  }
  Block {
    BlockType      PMIOPort
  }
  Block {
    BlockType      Constant
    Value          "1"
    VectorParams1D on
    SamplingMode    "Sample based"
    OutMin          "[]"
    OutMax          "[]"
    OutDataTypeMode "Inherit from 'Constant value'"
    OutDataType     "fixdt(1,16,0)"
    ConRadixGroup   "Use specified scaling"
    OutScaling      "[]"
    OutDataTypeStr  "Inherit: Inherit from 'Constant value'"
    SampleTime     "inf"
    FramePeriod     "inf"
  }
}
}
AnnotationDefaults {
  HorizontalAlignment "center"
  VerticalAlignment   "middle"
  ForegroundColor     "black"
  BackgroundColor     "white"
  DropShadow          off
  FontName            "Helvetica"
  FontSize            10
  FontWeight          "normal"
  FontAngle           "normal"
  UseDisplayTextAsClickCallback off
}
LineDefaults {
  FontName            "Helvetica"
  FontSize            9
  FontWeight          "normal"
  FontAngle           "normal"
}
System {
  Name                "pendul_model_ONODA"
  Location             [38, 74, 1135, 683]
}

```

```

Open          on
ModelBrowserVisibility off
ModelBrowserWidth 200
ScreenColor     "white"
PaperOrientation "landscape"
PaperPositionMode "auto"
PaperType       "usletter"
PaperUnits      "inches"
TiledPaperMargins [0.500000, 0.500000, 0.500000, 0.500000]
TiledPageScale  1
ShowPageBoundaries off
ZoomFactor      "100"
ReportName      "simulink-default.rpt"
BlocksetDataString "[0 -9.81 0]|1|0|1e-3|1|1e-3|1|2|1e-4|1e-4|0|0|1|1e-
5|Deprecated|matlab graphics|0|1|1|0"
Block {
  BlockType      ToWorkspace
  Name           " Memorare \nforta arc lamelar F"
  Position       [145, 380, 205, 410]
  VariableName   "trad_tens_f"
  MaxDataPoints  "inf"
  SampleTime     "-1"
  SaveFormat     "Structure With Time"
}
Block {
  BlockType      Reference
  Name           "Amortizare"
  Ports          [0, 0, 0, 0, 0, 1, 1]
  Position       [895, 346, 935, 374]
  DialogController "NetworkEngine.DynNeDlgSource"
  FontName       "Verdana"
  FontSize       11
  SourceBlock    "fl_lib/Mechanical/Translational\nElements/Translational Damper"
  SourceType     "Translational Damper"
  ShowPortLabels "FromPortIcon"
  SystemSampleTime "-1"
  FunctionWithSeparateData off
  RTWMemSecFuncInitTerm "Inherit from model"
  RTWMemSecFuncExecute "Inherit from model"
  RTWMemSecDataConstants "Inherit from model"
  RTWMemSecDataInternal "Inherit from model"
  RTWMemSecDataParameters "Inherit from model"
  ClassName      "damper_transl"
  SchemaVersion  "1"
  D              "6311.4"
  D_unit         "N/(m/s)"
  force_Log      "off"
  rel_velocity_Log "off"
  power_Log      "off"
  LocalVarNames  "|force|rel_velocity|power"
  LocalVarDescs  "|Damping force (N)|Damper relative velocity (m/s)|Power
dissipated in the damper (W)"
  LocalVarLogging "[0 0 0]"
}
Block {
  BlockType      Reference
  Name           "Amortizare articulatie O"
  Ports          [0, 0, 0, 0, 0, 1]

```

```

Position                [375, 80, 435, 130]
DialogController        "MECH.DynMechDlgSource"
SourceBlock             "mblibv1/Force \nElements/Joint Spring & Damper"
SourceType              "Joint Spring & Damper"
ShowPortLabels         "FromPortIcon"
SystemSampleTime       "-1"
FunctionWithSeparateData off
RTWMemSecFuncInitTerm  "Inherit from model"
RTWMemSecFuncExecute   "Inherit from model"
RTWMemSecDataConstants "Inherit from model"
RTWMemSecDataInternal  "Inherit from model"
RTWMemSecDataParameters "Inherit from model"
ClassName              "JointSpringDamper"
DialogClass            "JointSpringDamper"
JFEParameters
"P1>false$0$0.5$5$m$m/s$N$rad$rad/s$N*m#P2>false$0$0.5$10$m$m/s$N$rad$rad/s$N*
m#P3>false$0$0$0$m$m/s$N$rad$rad/s$N*m#R1>true$0$50$0$m$m/s$N$rad$rad/s$N*m#
R2>false$0$0$0$m$m/s$N$rad$rad/s$N*m#R3>false$0$0$0$m$m/s$N$rad$rad/s$N*m#S$f
alse$0$0$0$m$m/s$N$rad$rad/s$N*m"
}
Block {
  BlockType              Reference
  Name                  "Arc lamelar F"
  Ports                 [0, 0, 0, 0, 0, 1]
  Position              [130, 205, 190, 255]
  DialogController      "MECH.DynMechDlgSource"
  SourceBlock           "mblibv1/Force \nElements/Joint Spring & Damper"
  SourceType            "Joint Spring & Damper"
  ShowPortLabels        "FromPortIcon"
  SystemSampleTime     "-1"
  FunctionWithSeparateData off
  RTWMemSecFuncInitTerm "Inherit from model"
  RTWMemSecFuncExecute  "Inherit from model"
  RTWMemSecDataConstants "Inherit from model"
  RTWMemSecDataInternal "Inherit from model"
  RTWMemSecDataParameters "Inherit from model"
  ClassName            "JointSpringDamper"
  DialogClass          "JointSpringDamper"
  JFEParameters        "P1>true$25000$50$-
0.005$m$m/s$N$rad$rad/s$N*m#P2>true$0$0$0$m$m/s$N$rad$rad/s$N*m#P3>false$0$0$
0$m$m/s$N$rad$rad/s$N*m#R1>true$0$0$0$m$m/s$N$rad$rad/s$N*m#R2>false$0$0$0$m
$m/s$N$rad$rad/s$N*m#R3>false$0$0$0$m$m/s$N$rad$rad/s$N*m#S>false$0$0$0$m$m/s
$N$rad$rad/s$N*m"
}
Block {
  BlockType              Reference
  Name                  "Articulatie \nTranslatie + \nRotatie F"
  Ports                 [0, 0, 0, 0, 0, 2, 2]
  Position              [40, 147, 90, 198]
  Orientation           "left"
  NamePlacement         "alternate"
  DialogController      "MECH.DynMechDlgSource"
  FontName              "Arial"
  SourceBlock           "mblibv1/Joints/Custom Joint"
  SourceType            "Custom Joint"
  PhysicalDomain        "mechanical"
  SubClassName          "custom_joint"
  LeftPortType         "blob"

```

```

RightPortType      "blob"
LConnTagsString    "__newl0|SA1"
RConnTagsString    "__newr0|SA1"
NumSAPorts         "2"
CutJoint           "off"
MarkAsCut          "off"
Primitives         "prismatic"
PrimitiveProps     "R1$World$[1 0 0]$revolute#R2$World$[0 1 0]$Revolute#R3$World$[0 0 1]$Revolute#P1$World$[sin(12.5*pi/180) 0 0]$Prismatic#P2$World$[0 cos(12.5*pi/180) 0]$Prismatic#P3$World$[0 0 1]$Prismatic"
ClassName          "Joint"
DialogClass        "JointBlock"
R1Axis             "[1 0 0]"
R2Axis             "[0 1 0]"
R3Axis             "[0 0 1]"
P1Axis             "[sin(12.5*pi/180) 0 0]"
P2Axis             "[0 cos(12.5*pi/180) 0]"
P3Axis             "[0 0 1]"
SAxis             "[]"
}
Block {
  BlockType        Reference
  Name              "Articulatie A "
  Ports             [0, 0, 0, 0, 0, 1, 1]
  Position          [270, 155, 320, 205]
  DialogController  "MECH.DynMechDlgSource"
  SourceBlock       "mblibv1/Joints/Spherical"
  SourceType        "Spherical"
  PhysicalDomain    "mechanical"
  SubClassName      "Unknown"
  LeftPortType     "blob"
  RightPortType    "blob"
  LConnTagsString  "__newl0"
  RConnTagsString  "__newr0"
  NumSAPorts       "0"
  CutJoint         "off"
  MarkAsCut        "off"
  Primitives       "spherical"
  PrimitiveProps   "S$WORLD$[0 0 0]$spherical"
  ClassName        "Joint"
  DialogClass      "JointBlock"
  SAxis           "[0 0 0]"
}
Block {
  BlockType        Reference
  Name              "Articulatie C"
  Ports             [0, 0, 0, 0, 0, 1, 1]
  Position          [695, 155, 745, 205]
  Orientation       "left"
  DialogController  "MECH.DynMechDlgSource"
  SourceBlock       "mblibv1/Joints/Spherical"
  SourceType        "Spherical"
  PhysicalDomain    "mechanical"
  SubClassName      "Unknown"
  LeftPortType     "blob"
  RightPortType    "blob"
  LConnTagsString  "__newl0"
  RConnTagsString  "__newr0"
}

```

```

    NumSAPorts      "0"
    CutJoint        "off"
    MarkAsCut       "off"
    Primitives      "spherical"
    PrimitiveProps  "$World$[0 0 0]$spherical"
    ClassName       "Joint"
    DialogClass     "JointBlock"
    SAxis           "[0 0 0]"
  }
  Block {
    BlockType      Reference
    Name           "Articulatie O"
    Ports          [0, 0, 0, 0, 0, 2, 1]
    Position       [270, 22, 320, 73]
    Orientation    "left"
    DialogController "MECH.DynMechDlgSource"
    SourceBlock    "mblibv1/Joints/Revolute"
    SourceType     "Revolute"
    PhysicalDomain "mechanical"
    SubClassName   "Unknown"
    LeftPortType  "blob"
    RightPortType "blob"
    LConnTagsString "__newl0|SA1"
    RConnTagsString "__newr0"
    NumSAPorts     "1"
    CutJoint       "off"
    MarkAsCut      "off"
    Primitives     "revolute"
    PrimitiveProps "R1$World$[0 0 1]$revolute"
    ClassName      "Joint"
    DialogClass    "JointBlock"
    R1Axis        "[0 0 1]"
  }
  Block {
    BlockType      Reference
    Name           "Cilindru"
    Ports          [0, 0, 0, 0, 0, 1, 1]
    Position       [575, 160, 635, 200]
    DialogController "MECH.DynMechDlgSource"
    SourceBlock    "mblibv1/Bodies/Body"
    SourceType     "Body"
    PhysicalDomain "mechanical"
    SubClassName   "Unknown"
    LeftPortType  "workingframe"
    RightPortType "workingframe"
    LConnTagsString "CS1"
    RConnTagsString "CS2"
    ClassName      "Body"
    DialogClass    "MechanicalBodyBlock"
    Mass           "0.5"
    MassUnits      "kg"
    InertiaUnits   "kg*m^2"
    Inertia        "eye(3)*1e-4"
    Shape          "Cylinder"
    ShapeDims      "[1 1]"
    ShapeUnits     "m"
    ShapeUse       "false"
    Density        "1"
  }

```

```

DensityUnits      "kg/m^3"
DensityUse        "false"
GraphicsMode      "1"
BodyColor         "[0.5 0.5 0.5]"
GraphicsObj       "[]"
AttachedToCS      "1"
CG                "Left$CG$[-0.113 -0.166 0]$World$World$m$[0 0 0]$Euler X-Y-
Z$deg$World$false$none"
WorkingFrames     "Left$CS1$[-0.083 -0.166 0]$World$World$m$[0 0 0]$Euler X-
Y-Z$deg$World$true$none#Right$CS2$[-0.173 -0.166 0]$World$World$m$[0 0 0]$Euler X-Y-
Z$deg$World$true$none"
CGPos             "[-0.113 -0.166 0]"
CGRot             "[0 0 0]"
CS0Pos            "[]"
CS0Rot            "[]"
CS1Pos            "[-0.083 -0.166 0]"
CS1Rot            "[0 0 0]"
CS2Pos            "[-0.173 -0.166 0]"
CS2Rot            "[0 0 0]"
CS3Pos            "[]"
CS3Rot            "[]"
CS4Pos            "[]"
CS4Rot            "[]"
CS5Pos            "[]"
CS5Rot            "[]"
CS6Pos            "[]"
CS6Rot            "[]"
CS7Pos            "[]"
CS7Rot            "[]"
CS8Pos            "[]"
CS8Rot            "[]"
CS9Pos            "[]"
CS9Rot            "[]"
CS10Pos           "[]"
CS10Rot           "[]"
CS11Pos           "[]"
CS11Rot           "[]"
CS12Pos           "[]"
CS12Rot           "[]"
CS13Pos           "[]"
CS13Rot           "[]"
CS14Pos           "[]"
CS14Rot           "[]"
CS15Pos           "[]"
CS15Rot           "[]"
CS16Pos           "[]"
CS16Rot           "[]"
CS17Pos           "[]"
CS17Rot           "[]"
CS18Pos           "[]"
CS18Rot           "[]"
CS19Pos           "[]"
CS19Rot           "[]"
CS20Pos           "[]"
CS20Rot           "[]"
}
Block {
  BlockType      Reference

```

```

Name                "Configurare\nsolver"
Ports               [0, 0, 0, 0, 0, 1]
Position            [735, 314, 780, 346]
DialogController   "NetworkEngine.DynNeUtilDlgSource"
FontName            "Verdana"
FontSize            11
SourceBlock         "nesl_utility/Solver\nConfiguration"
SourceType          "Solver\nConfiguration"
ShowPortLabels     "FromPortIcon"
SystemSampleTime   "-1"
FunctionWithSeparateData off
RTWMemSecFuncInitTerm "Inherit from model"
RTWMemSecFuncExecute "Inherit from model"
RTWMemSecDataConstants "Inherit from model"
RTWMemSecDataInternal "Inherit from model"
RTWMemSecDataParameters "Inherit from model"
PhysicalDomain     "network_engine_domain"
LeftPortType       "input"
RightPortType      "generic"
SubClassName       "solver"
Accelerate         off
Profile            off
ResidualTolerance "1e-9"
MaxNonlinIter     "12"
MaxModeIter       "2"
DoFixedCost       off
DoDC               off
LinearAlgebra      "Full"
}
Block {
  BlockType        Gain
  Name              "Const.1"
  Position          [555, 415, 585, 445]
  Gain              "-1"
  ParameterDataTypeMode "Inherit via internal rule"
  ParameterDataType  "sfix(16)"
  ParameterScaling   "2^0"
  ParamDataTypeStr   "Inherit: Inherit via internal rule"
  OutDataTypeMode    "Inherit via internal rule"
  OutDataType        "sfix(16)"
  OutScaling         "2^0"
  OutDataTypeStr     "Inherit: Inherit via internal rule"
  SaturateOnIntegerOverflow off
}
Block {
  BlockType        Scope
  Name              "Diagrama\nforta arc lamelar F "
  Ports            [1]
  Position          [160, 310, 190, 340]
  NamePlacement    "alternate"
  Floating          off
  Location          [5, 45, 1285, 771]
  Open              off
  NumInputPorts    "1"
  List {
    ListType        AxesTitles
    axes1           "%<SignalLabel>"
  }
}

```

```

YMin          "-350"
YMax          "350"
SaveName      "ScopeData2"
DataFormat    "StructureWithTime"
SampleTime    "0"
}
Block {
  BlockType    Scope
  Name         "Diagrama \ndeplasare piston"
  Ports        [1]
  Position     [645, 275, 675, 305]
  Floating     off
  Location     [5, 45, 1285, 771]
  Open        off
  NumInputPorts "1"
  List {
    ListType    AxesTitles
    axes1       "%<SignalLabel>"
  }
  YMin          "-350"
  YMax          "350"
  SaveName      "ScopeData3"
  DataFormat    "StructureWithTime"
  SampleTime    "0"
}
Block {
  BlockType    Scope
  Name         "Diagrama \nforta piston"
  Ports        [1]
  Position     [640, 415, 670, 445]
  Floating     off
  Location     [5, 45, 1285, 771]
  Open        off
  NumInputPorts "1"
  List {
    ListType    AxesTitles
    axes1       "%<SignalLabel>"
  }
  YMin          "-350"
  YMax          "350"
  DataFormat    "StructureWithTime"
  SampleTime    "0"
}
Block {
  BlockType    Reference
  Name         "Elasticitate 1"
  Ports        [0, 0, 0, 0, 0, 1, 1]
  Position     [895, 391, 935, 419]
  DialogController "NetworkEngine.DynNeDlgSource"
  FontName     "Verdana"
  FontSize    11
  SourceBlock  "fl_lib/Mechanical/Translational\nElements/Translational Spring"
  SourceType   "Translational Spring"
  ShowPortLabels "FromPortIcon"
  SystemSampleTime "-1"
  FunctionWithSeparateData off
  RTWMemSecFuncInitTerm "Inherit from model"
  RTWMemSecFuncExecute  "Inherit from model"
}

```



```

RTWMemSecDataConstants "Inherit from model"
RTWMemSecDataInternal "Inherit from model"
RTWMemSecDataParameters "Inherit from model"
ClassName "spring_transl"
SchemaVersion "1"
spr_rate "25000"
spr_rate_unit "N/m"
init_def "0"
init_def_unit "m"
force_Log "off"
deformation_Log "off"
LocalVarNames "|force|deformation"
LocalVarDescs "|Spring force (N)|Spring deformation (m)"
LocalVarLogging "[0 0]"
}
Block {
BlockType Reference
Name "Elasticitate 2"
Ports [0, 0, 0, 0, 0, 1, 1]
Position [1005, 391, 1045, 419]
DialogController "NetworkEngine.DynNeDlgSource"
FontName "Verdana"
FontSize 11
SourceBlock "fl_lib/Mechanical/Translational\nElements/Translational Spring"
SourceType "Translational Spring"
ShowPortLabels "FromPortIcon"
SystemSampleTime "-1"
FunctionWithSeparateData off
RTWMemSecFuncInitTerm "Inherit from model"
RTWMemSecFuncExecute "Inherit from model"
RTWMemSecDataConstants "Inherit from model"
RTWMemSecDataInternal "Inherit from model"
RTWMemSecDataParameters "Inherit from model"
ClassName "spring_transl"
SchemaVersion "1"
spr_rate "500000"
spr_rate_unit "N/m"
init_def "0"
init_def_unit "m"
force_Log "off"
deformation_Log "off"
LocalVarNames "|force|deformation"
LocalVarDescs "|Spring force (N)|Spring deformation (m)"
LocalVarLogging "[0 0]"
}
Block {
BlockType Reference
Name "Fixare C"
Ports [0, 0, 0, 0, 0, 0, 1]
Position [785, 160, 825, 200]
Orientation "left"
UserDataPersistent on
UserData "DataTag0"
DialogController "MECH.DynMechDlgSource"
SourceBlock "mblibv1/Bodies/Ground"
SourceType "Ground"
ShowPortLabels "FromPortIcon"
SystemSampleTime "-1"

```

```

FunctionWithSeparateData off
RTWMemSecFuncInitTerm "Inherit from model"
RTWMemSecFuncExecute "Inherit from model"
RTWMemSecDataConstants "Inherit from model"
RTWMemSecDataInternal "Inherit from model"
RTWMemSecDataParameters "Inherit from model"
LeftPortType "env"
RightPortType "workingframe"
PhysicalDomain "Mechanical"
DialogClass "GroundBlock"
ClassName "Ground"
CoordPosition "[-0.173 -0.166 0]"
CoordPositionUnits "m"
StateVectorMgrId "-1"
MachineId "[0 0]"
ShowEnvPort off
}
Block {
BlockType Reference
Name "Fixare F"
Ports [0, 0, 0, 0, 0, 0, 1]
Position [140, 140, 180, 180]
Orientation "left"
UserDataPersistent on
UserData "DataTag1"
DialogController "MECH.DynMechDlgSource"
SourceBlock "mblibv1/Bodies/Ground"
SourceType "Ground"
ShowPortLabels "FromPortIcon"
SystemSampleTime "-1"
FunctionWithSeparateData off
RTWMemSecFuncInitTerm "Inherit from model"
RTWMemSecFuncExecute "Inherit from model"
RTWMemSecDataConstants "Inherit from model"
RTWMemSecDataInternal "Inherit from model"
RTWMemSecDataParameters "Inherit from model"
LeftPortType "env"
RightPortType "workingframe"
PhysicalDomain "Mechanical"
DialogClass "GroundBlock"
ClassName "Ground"
CoordPosition "[-0.043 0.194 0]"
CoordPositionUnits "m"
StateVectorMgrId "-1"
MachineId "[0 0]"
ShowEnvPort off
}
Block {
BlockType Reference
Name "Fixare O"
Ports [0, 0, 0, 0, 0, 1, 1]
Position [380, 15, 420, 55]
Orientation "left"
UserDataPersistent on
UserData "DataTag2"
DialogController "MECH.DynMechDlgSource"
SourceBlock "mblibv1/Bodies/Ground"
SourceType "Ground"

```

```

ShowPortLabels      "FromPortIcon"
SystemSampleTime    "-1"
FunctionWithSeparateData off
RTWMemSecFuncInitTerm "Inherit from model"
RTWMemSecFuncExecute "Inherit from model"
RTWMemSecDataConstants "Inherit from model"
RTWMemSecDataInternal "Inherit from model"
RTWMemSecDataParameters "Inherit from model"
LeftPortType        "env"
RightPortType        "workingframe"
PhysicalDomain        "Mechanical"
DialogClass          "GroundBlock"
ClassName             "Ground"
CoordPosition        "[0 0 0]"
CoordPositionUnits   "m"
StateVectorMgrId     "0"
MachineId            "[1 0]"
ShowEnvPort          on
}
Block {
  BlockType           Reference
  Name                 "Frecare"
  Ports                [0, 0, 0, 0, 0, 1, 1]
  Position              [895, 445, 935, 465]
  DialogController     "NetworkEngine.DynNeDlgSource"
  FontName              "Verdana"
  FontSize              11
  SourceBlock          "fl_lib/Mechanical/Translational\nelements/Translational\Friction"
  SourceType            "Translational\Friction"
  ShowPortLabels        "FromPortIcon"
  SystemSampleTime     "-1"
  FunctionWithSeparateData off
  RTWMemSecFuncInitTerm "Inherit from model"
  RTWMemSecFuncExecute "Inherit from model"
  RTWMemSecDataConstants "Inherit from model"
  RTWMemSecDataInternal "Inherit from model"
  RTWMemSecDataParameters "Inherit from model"
  ClassName             "friction_transl"
  SchemaVersion         "1"
  brkwy_frc             "2.1"
  brkwy_frc_unit        "N"
  Col_frc               "0.002"
  Col_frc_unit          "N"
  visc_coef             "0"
  visc_coef_unit        "N/(m/s)"
  trans_coef            "0.01"
  trans_coef_unit       "s/m"
  vel_thr               "1e-04"
  vel_thr_unit          "m/s"
  friction_force_Log    "off"
  rel_velocity_Log      "off"
  power_Log             "off"
  LocalVarNames         "|friction_force|rel_velocity|power"
  LocalVarDescs         "|Friction force (N)|Relative velocity (m/s)|Power (W)"
  LocalVarLogging        "[0 0 0]"
}
Block {
  BlockType           Reference

```

```

Name                "Interfata\nmecanic - \namortizor"
Ports               [0, 0, 0, 0, 0, 2, 1]
Position            [920, 260, 960, 300]
Orientation         "up"
DialogController    "MECH.DynMechDlgSource"
SourceBlock         "mblibv1/Interface \nElements/Prismatic -\nTranslational\nInterface"
SourceType          "Prismatic - Translational Interface"
ShowPortLabels     "FromPortIcon"
SystemSampleTime   "-1"
FunctionWithSeparateData off
RTWMemSecFuncInitTerm "Inherit from model"
RTWMemSecFuncExecute "Inherit from model"
RTWMemSecDataConstants "Inherit from model"
RTWMemSecDataInternal "Inherit from model"
RTWMemSecDataParameters "Inherit from model"
ClassName          "PrismaticTranslationalInterface"
DialogClass        "PrismaticTranslationalInterface"
Primitive          "P1"
}
Block {
BlockType          Reference
Name               "Mechanical\nTranslational\nReference"
Ports              [0, 0, 0, 0, 0, 1]
Position           [745, 395, 765, 415]
Orientation        "left"
ShowName           off
DialogController   "NetworkEngine.DynNeDlgSource"
SourceBlock        "fl_lib/Mechanical/Translational\nElements/Mechanical\nTranslational\nReference"
SourceType         "Mechanical\nTranslational\nReference"
ShowPortLabels     "FromPortIcon"
SystemSampleTime   "-1"
FunctionWithSeparateData off
RTWMemSecFuncInitTerm "Inherit from model"
RTWMemSecFuncExecute "Inherit from model"
RTWMemSecDataConstants "Inherit from model"
RTWMemSecDataInternal "Inherit from model"
RTWMemSecDataParameters "Inherit from model"
ClassName          "reference_transl"
SchemaVersion      "1"
LocalVarLogging    "[]"
}
Block {
BlockType          Reference
Name               "Mediul \nde simulare"
Tag                "Factory ground"
Ports              [0, 0, 0, 0, 0, 0, 1]
Position           [460, 25, 500, 45]
Orientation        "left"
DialogController   "MECH.DialogSource"
SourceBlock        "mblibv1/Bodies/Machine\nEnvironment"
SourceType         "Machine Environment"
ShowPortLabels     "FromPortIcon"
SystemSampleTime   "-1"
FunctionWithSeparateData off
RTWMemSecFuncInitTerm "Inherit from model"
RTWMemSecFuncExecute "Inherit from model"
RTWMemSecDataConstants "Inherit from model"

```

```

RTWMemSecDataInternal "Inherit from model"
RTWMemSecDataParameters "Inherit from model"
PortType "env"
PhysicalDomain "Mechanical"
ClassName "Environment"
DialogTemplateClass "MECH.MachineEnvironment"
SyncWhenCopied "off"
Gravity "[0 -9.81 0]"
GravityUnits "m/s^2"
GravityAsSignal off
Dimensionality "3D Only"
AnalysisType "Forward dynamics"
LinearAssemblyTolerance "1e-3"
LinearAssemblyToleranceUnits "m"
AngularAssemblyTolerance "1e-3"
AngularAssemblyToleranceUnits "rad"
ConstraintSolverType "Stabilizing"
ConstraintRelTolerance "1e-4"
ConstraintAbsTolerance "1e-4"
UseRobustSingularityHandling off
RedundancyAnalysisToleranceType "Automatically select tolerance"
RedundancyAnalysisTolerance "1e-14"
StatePerturbationType "Fixed"
PerturbationSize "1e-5"
VisualizeMachine on
}
Block {
  BlockType ToWorkspace
  Name "Memorare \ndeplasare piston"
  Position [630, 340, 690, 370]
  VariableName "depl_piston"
  MaxDataPoints "inf"
  SampleTime "-1"
  SaveFormat "Structure With Time"
}
Block {
  BlockType ToWorkspace
  Name "Memorare \nforta piston"
  Position [625, 480, 685, 510]
  VariableName "forta_piston"
  MaxDataPoints "inf"
  SampleTime "-1"
  SaveFormat "Structure With Time"
}
Block {
  BlockType Reference
  Name "Pendul"
  Ports [0, 0, 0, 0, 0, 2, 1]
  Position [100, 40, 180, 80]
  Orientation "left"
  DialogController "MECH.DynMechDlgSource"
  SourceBlock "mblibv1/Bodies/Body"
  SourceType "Body"
  PhysicalDomain "mechanical"
  SubClassName "Unknown"
  LeftPortType "workingframe"
  RightPortType "workingframe"
  LConnTagsString "CS1|CS2"
}

```

```

RConnTagsString      "CS3"
ClassName             "Body"
DialogClass          "MechanicalBodyBlock"
Mass                 "50"
MassUnits            "kg"
InertiaUnits         "kg*m^2"
Inertia              "eye(3)*1e-4"
Shape                "Cylinder"
ShapeDims            "[1 1]"
ShapeUnits           "m"
ShapeUse             "false"
Density              "1"
DensityUnits         "kg/m^3"
DensityUse           "false"
GraphicsMode         "1"
BodyColor            "[0.5 0.5 0.5]"
GraphicsObj          "[]"
AttachedToCS         "1"
CG                   "Left$CG$[0.336 -0.698 0]$WORLD$WORLD$m$[0 0 0]$Euler X-Y-
Z$deg$WORLD>false$none"
WorkingFrames        "Left$CS1$[0 0 0]$WORLD$WORLD$m$[0 0 0]$Euler X-Y-
Z$deg$WORLD>true$none#Left$CS2$[0.037 -0.166 0]$WORLD$WORLD$m$[0 0 0]$Euler X-
Y-Z$deg$WORLD>true$none#Right$CS3$[-0.043 0.194 0]$WORLD$WORLD$m$[0 0 0]$Euler
X-Y-Z$deg$WORLD>true$none"
CGPos                "[0.336 -0.698 0]"
CGRot                "[0 0 0]"
CS0Pos               "[]"
CS0Rot               "[]"
CS1Pos               "[0 0 0]"
CS1Rot               "[0 0 0]"
CS2Pos               "[0.037 -0.166 0]"
CS2Rot               "[0 0 0]"
CS3Pos               "[-0.043 0.194 0]"
CS3Rot               "[0 0 0]"
CS4Pos               "[]"
CS4Rot               "[]"
CS5Pos               "[]"
CS5Rot               "[]"
CS6Pos               "[]"
CS6Rot               "[]"
CS7Pos               "[]"
CS7Rot               "[]"
CS8Pos               "[]"
CS8Rot               "[]"
CS9Pos               "[]"
CS9Rot               "[]"
CS10Pos              "[]"
CS10Rot              "[]"
CS11Pos              "[]"
CS11Rot              "[]"
CS12Pos              "[]"
CS12Rot              "[]"
CS13Pos              "[]"
CS13Rot              "[]"
CS14Pos              "[]"
CS14Rot              "[]"
CS15Pos              "[]"
CS15Rot              "[]"

```

```

CS16Pos          "[]"
CS16Rot          "[]"
CS17Pos          "[]"
CS17Rot          "[]"
CS18Pos          "[]"
CS18Rot          "[]"
CS19Pos          "[]"
CS19Rot          "[]"
CS20Pos          "[]"
CS20Rot          "[]"
}
Block {
  BlockType      Reference
  Name           "Piston"
  Ports          [0, 0, 0, 0, 0, 1, 1]
  Position       [360, 160, 420, 200]
  DialogController "MECH.DynMechDlgSource"
  SourceBlock    "mblibv1/Bodies/Body"
  SourceType     "Body"
  PhysicalDomain "mechanical"
  SubClassName   "Unknown"
  LeftPortType   "workingframe"
  RightPortType  "workingframe"
  LConnTagsString "CS1"
  RConnTagsString "CS2"
  ClassName      "Body"
  DialogClass    "MechanicalBodyBlock"
  Mass           "0.3"
  MassUnits      "kg"
  InertiaUnits   "kg*m^2"
  Inertia        "eye(3)*1e-4"
  Shape          "Cylinder"
  ShapeDims      "[1 1]"
  ShapeUnits     "m"
  ShapeUse       "false"
  Density        "1"
  DensityUnits   "kg/m^3"
  DensityUse     "false"
  GraphicsMode   "1"
  BodyColor      "[0.5 0.5 0.5]"
  GraphicsObj    "[]"
  AttachedToCS   "1"
  CG             "Left$CG$[-0.063 -0.166 0]$World$World$m$[0 0 0]$Euler X-Y-
Z$deg$World$false$none"
  WorkingFrames  "Left$CS1$[0.037 -0.166 0]$World$World$m$[0 0 0]$Euler X-
Y-Z$deg$WORLD>true$none#Right$CS2$[-0.083 -0.166 0]$World$World$m$[0 0 0]$Euler X-
Y-Z$deg$World>true$none"
  CGPos         "[-0.063 -0.166 0]"
  CGRot         "[0 0 0]"
  CS0Pos        "[]"
  CS0Rot        "[]"
  CS1Pos        "[0.037 -0.166 0]"
  CS1Rot        "[0 0 0]"
  CS2Pos        "[-0.083 -0.166 0]"
  CS2Rot        "[0 0 0]"
  CS3Pos        "[]"
  CS3Rot        "[]"
  CS4Pos        "[]"

```

```

CS4Rot          "[]"
CS5Pos          "[]"
CS5Rot          "[]"
CS6Pos          "[]"
CS6Rot          "[]"
CS7Pos          "[]"
CS7Rot          "[]"
CS8Pos          "[]"
CS8Rot          "[]"
CS9Pos          "[]"
CS9Rot          "[]"
CS10Pos         "[]"
CS10Rot         "[]"
CS11Pos         "[]"
CS11Rot         "[]"
CS12Pos         "[]"
CS12Rot         "[]"
CS13Pos         "[]"
CS13Rot         "[]"
CS14Pos         "[]"
CS14Rot         "[]"
CS15Pos         "[]"
CS15Rot         "[]"
CS16Pos         "[]"
CS16Rot         "[]"
CS17Pos         "[]"
CS17Rot         "[]"
CS18Pos         "[]"
CS18Rot         "[]"
CS19Pos         "[]"
CS19Rot         "[]"
CS20Pos         "[]"
CS20Rot         "[]"
}
Block {
  BlockType      Reference
  Name           "Sensor\n forta arc lamelar F "
  Ports          [0, 1, 0, 0, 0, 1]
  Position       [50, 305, 90, 345]
  DialogController "MECH.DynMechDlgSource"
  SourceBlock    "mblibv1/Sensors & \nActuators/Joint Sensor"
  SourceType     "Joint Sensor"
  ShowPortLabels "FromPortIcon"
  SystemSampleTime "-1"
  FunctionWithSeparateData off
  RTWMemSecFuncInitTerm "Inherit from model"
  RTWMemSecFuncExecute "Inherit from model"
  RTWMemSecDataConstants "Inherit from model"
  RTWMemSecDataInternal "Inherit from model"
  RTWMemSecDataParameters "Inherit from model"
  PhysicalDomain  "Mechanical"
  PortType        "blob"
  Muxed           "off"
  Pose            "off"
  Angle           "on"
  AngleUnits      "deg"
  ArcVelocity     "on"
  ArcVelocityUnits "deg/s"
}

```



```

ArcAcceleration          "off"
ArcAccelerationUnits    "deg/s^2"
CoordPosition           "off"
CoordPositionUnits      "m"
Velocity                "off"
VelocityUnits           "m/s"
Acceleration            "off"
AccelerationUnits       "m/s^2"
Quaternion              "on"
QuaternionDT            "off"
QuaternionDDT           "off"
QuaternionUnits         "off"
OutputVector            "[ 1 1 ]"
ActiveIO                "on"
Width                   "1"
ClassName               "JointSensor"
DialogClass             "MechanicalSensorBlock"
Primitive               "P1"
Force                   "on"
ForceUnits              "N"
Torque                  "off"
TorqueUnits             "N*m"
ReferenceFrame          "Absolute (INERTIAL)"
ReactionSensedSide     "Base"
ReactionReferenceFrame  "Absolute (World)"
ReactionForce           "off"
ReactionForceUnits     "N"
ReactionMoment          "off"
ReactionMomentUnits    "N*m"
}
Block {
  BlockType             Reference
  Name                  "Senzor \ndeplasare\n si forta\n piston"
  Ports                 [0, 2, 0, 0, 0, 1]
  Position              [480, 280, 520, 320]
  DialogController      "MECH.DynMechDlgSource"
  SourceBlock           "mblibv1/Sensors & \nActuators/Joint Sensor"
  SourceType            "Joint Sensor"
  ShowPortLabels        "FromPortIcon"
  SystemSampleTime     "-1"
  FunctionWithSeparateData off
  RTWMemSecFuncInitTerm "Inherit from model"
  RTWMemSecFuncExecute  "Inherit from model"
  RTWMemSecDataConstants "Inherit from model"
  RTWMemSecDataInternal "Inherit from model"
  RTWMemSecDataParameters "Inherit from model"
  PhysicalDomain        "Mechanical"
  PortType              "blob"
  Muxed                 "off"
  Pose                  "off"
  Angle                 "on"
  AngleUnits            "deg"
  ArcVelocity           "on"
  ArcVelocityUnits      "deg/s"
  ArcAcceleration       "off"
  ArcAccelerationUnits  "deg/s^2"
  CoordPosition         "on"
  CoordPositionUnits    "m"
}

```

```

Velocity          "off"
VelocityUnits     "m/s"
Acceleration      "off"
AccelerationUnits "m/s^2"
Quaternion        "on"
QuaternionDT      "off"
QuaternionDDT     "off"
QuaternionUnits   "off"
OutputVector      "[ 1 1 ]"
ActiveIO          "on"
Width             "2"
ClassName         "JointSensor"
DialogClass       "MechanicalSensorBlock"
Primitive         "P1"
Force             "on"
ForceUnits        "N"
Torque            "off"
TorqueUnits       "N*m"
ReferenceFrame    "Absolute (INERTIAL)"
ReactionSensedSide "Base"
ReactionReferenceFrame "Absolute (World)"
ReactionForce     "off"
ReactionForceUnits "N"
ReactionMoment    "off"
ReactionMomentUnits "N*m"
}
Block {
  BlockType      Reference
  Name           "Translatie \nPiston-Cilindru"
  Ports          [0, 0, 0, 0, 0, 2, 2]
  Position       [485, 166, 535, 219]
  Orientation    "left"
  DialogController "MECH.DynMechDlgSource"
  SourceBlock    "mblibv1/Joints/Prismatic"
  SourceType     "Prismatic"
  PhysicalDomain "mechanical"
  SubClassName   "Unknown"
  LeftPortType   "blob"
  RightPortType  "blob"
  LConnTagsString "__newl0|SA1"
  RConnTagsString "__newr0|SA1"
  NumSAPorts     "2"
  CutJoint       "off"
  MarkAsCut      "off"
  Primitives     "prismatic"
  PrimitiveProps "P1$Base$[1 0 0]$prismatic"
  ClassName      "Joint"
  DialogClass    "JointBlock"
  P1Axis         "[1 0 0]"
}
Line {
  LineType      "Connection"
  SrcBlock      "Fixare O"
  SrcPort       RConn1
  DstBlock      "Articulatie O"
  DstPort       LConn1
}
Line {

```

```
LineType      "Connection"
SrcBlock      "Pendul"
SrcPort       LConn1
DstBlock      "Articulatie O"
DstPort       RConn1
}
Line {
LineType      "Connection"
SrcBlock      "Fixare O"
SrcPort       LConn1
DstBlock      "Mediul \nde simulare"
DstPort       RConn1
}
Line {
LineType      "Connection"
SrcBlock      "Articulatie A "
SrcPort       RConn1
DstBlock      "Piston"
DstPort       LConn1
}
Line {
LineType      "Connection"
SrcBlock      "Piston"
SrcPort       RConn1
DstBlock      "Translatie \nPiston-Cilindru"
DstPort       RConn1
}
Line {
LineType      "Connection"
SrcBlock      "Translatie \nPiston-Cilindru"
SrcPort       LConn1
DstBlock      "Cilindru"
DstPort       LConn1
}
Line {
LineType      "Connection"
SrcBlock      "Articulatie A "
SrcPort       LConn1
Points        [-20, 0; 0, -110]
DstBlock      "Pendul"
DstPort       LConn2
}
Line {
LineType      "Connection"
SrcBlock      "Articulatie C"
SrcPort       RConn1
DstBlock      "Cilindru"
DstPort       RConn1
}
Line {
LineType      "Connection"
SrcBlock      "Articulatie C"
SrcPort       LConn1
DstBlock      "Fixare C"
DstPort       RConn1
}
Line {
LineType      "Connection"
```

```

SrcBlock      "Articulatie \nTranslatie + \nRotatie F"
SrcPort      RConn1
Points       [-10, 0; 0, -100]
DstBlock     "Pendul"
DstPort      RConn1
}
Line {
  LineType   "Connection"
  SrcBlock   "Articulatie \nTranslatie + \nRotatie F"
  SrcPort    LConn1
  DstBlock   "Fixare F"
  DstPort    RConn1
}
Line {
  LineType   "Connection"
  SrcBlock   "Articulatie \nTranslatie + \nRotatie F"
  SrcPort    LConn2
  Points     [5, 0; 0, 45]
  DstBlock   "Arc lamelar F"
  DstPort    LConn1
}
Line {
  LineType   "Connection"
  SrcBlock   "Articulatie \nTranslatie + \nRotatie F"
  SrcPort    RConn2
  Points     [-10, 0; 0, 140]
  DstBlock   "Senzor\n forta arc lamelar F "
  DstPort    LConn1
}
Line {
  LineType   "Connection"
  SrcBlock   "Translatie \nPiston-Cilindru"
  SrcPort    RConn2
  Points     [-20, 0; 0, 95]
  DstBlock   "Senzor \ndeplasare\n si forta\n piston"
  DstPort    LConn1
}
Line {
  SrcBlock   "Senzor \ndeplasare\n si forta\n piston"
  SrcPort    1
  Points     [75, 0]
  Branch {
    DstBlock "Diagrama \ndeplasare piston"
    DstPort  1
  }
  Branch {
    Points   [0, 65]
    DstBlock "Memorare \ndeplasare piston"
    DstPort  1
  }
}
Line {
  LineType   "Connection"
  SrcBlock   "Articulatie O"
  SrcPort    LConn2
  Points     [15, 0; 0, 45]
  DstBlock   "Amortizare articulatie O"
  DstPort    LConn1
}

```

```

}
Line {
  LineType          "Connection"
  SrcBlock          "Interfata\nmecanic - \namortizor"
  SrcPort           RConn1
  Points            [-385, 0; 0, -40]
  DstBlock          "Translatie \nPiston-Cilindru"
  DstPort           LConn2
}
Line {
  LineType          "Connection"
  Points            [805, 405; 15, 0]
  Branch {
    ConnectType     "SRC_DEST"
    SrcBlock        "Configurare\nsolver"
    SrcPort         RConn1
    Points          [10, 0; 0, 75]
  }
  Branch {
    ConnectType     "SRC_SRC"
    DstBlock        "Mechanical\nTranslational\nReference"
    DstPort         LConn1
  }
  Branch {
    ConnectType     "DEST_SRC"
    Points          [25, 0]
    Branch {
      ConnectType   "DEST_DEST"
      SrcBlock      "Frecare"
      SrcPort       LConn1
      Points        [-35, 0; 0, -50]
    }
    Branch {
      ConnectType   "DEST_SRC"
      Points        [0, -45]
      DstBlock      "Amortizare"
      DstPort       LConn1
    }
    Branch {
      ConnectType   "DEST_SRC"
      DstBlock      "Elasticitate 1"
      DstPort       LConn1
    }
  }
  Branch {
    ConnectType     "DEST_SRC"
    Points          [0, -75; 110, 0]
    DstBlock        "Interfata\nmecanic - \namortizor"
    DstPort         LConn1
  }
}
Line {
  SrcBlock          "Const.1"
  SrcPort           1
  Points            [5, 0]
  Branch {
    DstBlock        "Diagrama \nforta piston"
    DstPort         1
  }
}

```

```

}
Branch {
  Points          [0, 65]
  DstBlock        "Memorare \nforta piston"
  DstPort         1
}
}
Line {
  SrcBlock        "Senzor \ndeplasare\n si forta\n piston"
  SrcPort         2
  Points          [5, 0; 0, 120]
  DstBlock        "Const.1"
  DstPort         1
}
Line {
  LineType        "Connection"
  Points          [980, 405; 0, 50; -30, 0]
  DstBlock        "Frecaire"
  DstPort         RConn1
  Branch {
    ConnectType   "SRC_SRC"
    Points        [0, -45]
    DstBlock      "Amortizare"
    DstPort       RConn1
  }
  Branch {
    ConnectType   "SRC_SRC"
    DstBlock      "Elasticitate 2"
    DstPort       LConn1
  }
  Branch {
    ConnectType   "SRC_DEST"
    SrcBlock      "Elasticitate 1"
    SrcPort       RConn1
    Points        [30, 0]
  }
}
}
Line {
  LineType        "Connection"
  SrcBlock        "Elasticitate 2"
  SrcPort         RConn1
  Points          [0, -75; -110, 0]
  DstBlock        "Interfata\nmecanic - \namortizor"
  DstPort         LConn2
}
Line {
  SrcBlock        "Senzor\n forta arc lamelar F "
  SrcPort         1
  Points          [90, 0]
  Branch {
    DstBlock      "Diagrama\nforta arc lamelar F "
    DstPort       1
  }
  Branch {
    Points        [-65, 0; 0, 70]
    DstBlock      " Memorare \nforta arc lamelar F"
    DstPort       1
  }
}

```

```
}
}
}
MatData {
  NumRecords          3
  DataRecord {
    Tag                DataTag2
    Data               " %)30 . 4 8 ( ! % \" $ ; 0 0 &P
"!E;F1U;%]M;V1E;%]/3D]$02]&:7AA<F4@3P "
  }
  DataRecord {
    Tag                DataTag1
    Data               " %)30 . 4 8 ( ! % \" $ ; 0 0 &P
"!E;F1U;%]M;V1E;%]/3D]$02]&:7AA<F4@1@ "
  }
  DataRecord {
    Tag                DataTag0
    Data               " %)30 . 4 8 ( ! % \" $ ; 0 0 &P
"!E;F1U;%]M;V1E;%]/3D]$02]&:7AA<F4@0P "
  }
}
}
```