

**Dinamica sistemelor mecatronice și robotice.
Teorie și aplicații**

Daniela Pătrașcu Pană

Viorel Stoian

Cristina Reșceanu

**Dinamica sistemelor
meatronică și robotice.
Teorie și aplicații**



**EDITURA UNIVERSITARIA
Craiova, 2016**

Referenți științifici:

Prof. univ. dr. ing. ILIE DIACONU

Prof. univ. dr. ing. NICU BÎZDOACĂ

Copyright © 2016 Universitaria

Toate drepturile sunt rezervate Editurii Universitaria

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României

PĂTRAȘCU-PANĂ, DANIELA

Dinamica sistemelor mecatronice și robotice : teorie și aplicații /

Pătrașcu-Pană Daniela, Stoian Viorel, Reșceanu Cristina Floriana. –

Craiova : Universitaria, 2016

Conține bibliografie

ISBN 978-606-14-1092-7

I. Stoian, Viorel

II. Reșceanu, Cristina Floriana

621.38

621.865.8

Prefață

De mai mulți ani, mecatronica are o anumită popularitate în Japonia (unde, de altfel, s-a și conceput), dar și în Europa. În Marea Britanie și Statele Unite ale Americii acceptarea industrială și academică ca domeniu de studiu, cercetare și practică s-a obținut foarte lent. În urmă cu câțiva ani, design-ul de produs era domeniul inginerilor mecanici, urmând ca după ce aceștia proiectau produsul, inginerii automatiști să găsească soluții în rezolvarea aspectelor de control și a problemelor de programare. Această abordare *secvențială*, în condițiile evoluției actuale, nu mai este capabilă să ofere satisfacție cererilor de produse optime.

Rolul principal al mecatronicii este unul de inițiere și de integrare pe parcursul întregului proces de proiectare, plasând inginerul mecatronist în poziția de coordonator (lider). Experții în domeniul mecatronicii trebuie să posede cunoștințe generale din diverse domenii și să fie capabili să stăpânească întregul proces de proiectare. Aceștia trebuie să fie în măsură să utilizeze resursele de cunoștințe speciale ale altor specialiști și, conlucrând împreună, să ofere soluția cea mai inovatoare, elegantă și adecvată din punct de vedere economic pentru un anumit produs. Industria are nevoie de ingineri mecatroniști pentru a continua să dezvolte rapid produse inovatoare, cu performanță, calitate și costuri reduse.

Cartea de față se adresează viitorilor specialiști în domeniile mecatronică și robotică, dar și actualilor experți în aceste domenii. Autorii oferă un suport de studiu care, în acord cu programele de studii universitare din cadrul domeniului mecatronică și robotică, contribuie la întregirea și aprofundarea unor cunoștințe solide din tematica *Dinamicii sistemelor mecatronice și robotice* atât pentru ciclul de licență, ciclul de master cât și pentru ciclul doctoral.

Cartea este structurată pe patru capitole, eforturile autorilor concentrându-se atât în sintetizarea unor studii teoretice, cât și în dezvoltarea unor studii analitico-experimentale care să releve complexitatea tematicii abordate. Toate elementele sunt prezentate într-o manieră concisă și evolutivă, prin exemple utile pentru fixarea cunoștințelor teoretice la care se adaugă numeroase imagini, figuri, capturi de ecran.

În primul capitol intitulat *Sisteme mecatronice și robotice* se prezintă Definiții, Conceptul, Primele idei, precum și o serie amplă de Sisteme mecatronice.

Capitolul 2, *Modelarea dinamică a sistemelor. Fundamente. Formalisme*, conține noțiuni fundamentale și metode consacrate, utile în studiul și dezvoltarea modelelor dinamice ale structurilor mecatronice.

În capitolul 3, *Modele dinamice ale sistemelor mecatronice și robotice*, sunt studiate în detaliu modelele dinamice pentru diverse clase de sisteme mecatronice și robotice. Astfel a rezultat o colecție utilă de modele dinamice în studiul dinamicii automobilului modern, al unor sisteme și componente mecatronice bazate pe tehnologii inteligente, al unor configurații pendulare, al roboților pășitori precum și în studiul unor configurații extrem de complexe cum e cazul structurilor hiper-redundante.

În capitolul 4, *Controlul dinamic al sistemelor mecatronice și robotice*, sunt studiate anumite soluții în ceea ce privește problematica controlului dinamic al unor sisteme mecatronice și robotice ce au constituit teme de cercetare și aprofundare pentru autori. Astfel se prezintă atât metode convenționale de control dinamic, cât și metode neconvenționale pentru o serie de sisteme complexe: roboți mobili, manipolatoare tentaculare.

Craiova, 2016

Capitolul 1. Sisteme mecatronice și robotice

1.1. Concept. Definiții

Mecatronica s-a conturat în mediile ingineresti de robotică și control, în condițiile în care, abordarea de rezolvare pur "mecanică" a design-ului unui produs tehnic nu a mai corespuns exigențelor calitative ale pieței, în contextul apariției nenumăratelor oportunități pe care le oferă alte domenii ale tehnologiei: electronică, optoelectronică, ingineria materialelor, informatică.

În ultimii ani, mecatronica este definită simplu: **știința mașinilor inteligente.**

Scopul mecatronicii este acela de a îmbunătăți funcționalitatea sistemelor tehnice existente și de a crea noi concepte de mașini și echipamente în care să fie încorporată "inteligența artificială" prin integrarea disciplinelor componente. Pentru mecatronică este caracteristică o totală interdisciplinaritate, unde nici una dintre disciplinele componente nu este dominantă. Astfel, o problemă importantă în funcționarea unei mașini inteligente (sistem mecatronic) o constituie coordonarea mișcărilor elementelor componente. Ingineria mecatronică oferă o oportunitate, nu numai în sensul că poate produce o *umanizare a mașinilor*, dar, mai ales, schimbă mentalitatea în modul de abordare a problemelor tehnologice, în modul de instruire în domeniul noilor tehnologii și al modalităților de a dobândi cunoștințe și abilități.

În diverse surse din literatura de specialitate pot fi întâlnite numeroase definiții ale mecatronicii, majoritatea punând accentul pe integrarea funcțională a acționării mecanice cu electronica și controlul cu ajutorul calculatorului, de exemplu:

"Integrarea sistemelor mecanice, electronice și informatice pentru realizarea produselor și sistemelor tehnologice "inteligente" **Japan Industrial Robot Association (JIRA)**

"Mecatronica este o combinație sinergetică între ingineria mecanică de precizie, tehnologia electronică și informatică. Este o tehnologie interdisciplinară care se apropie de fiecare din disciplinele cu care, altfel, în mod normal, nu ar putea fi asociată cu nici una din ele." **Industrial Research and Development Advisory Committee of the European Community (IRDAC)**

"Cea mai importantă caracteristică a sistemelor mecatronice este capacitatea de a procesa și de a comunica cu acuratețe informații provenite de la diferite tipuri de semnale (mecanice, electrice, hidraulice, pneumatice,

optice, chimice, biologice), fiind sisteme cu un nivel ridicat de automatizare.” (Isermann, 2002)

"Domeniul interdisciplinar al ingineriei care cuprinde proiectarea și dezvoltarea sistemelor electromecanice inteligente." Applied Mechatronics

"Combinăție de software și hardware pentru analiza și sinteza tehnicilor avansate de control". Clemson University, USA.

"Domeniul interdisciplinar al ingineriei care se ocupă cu proiectarea produselor a căror funcție se bazează pe integrarea componentelor mecanice și electronice coordonate de o arhitectură de control." (Algiatore, D., Histan, M., 2012)

"Mecatronics este o filozofie de design care utilizează o integrare sinergică între domeniile Mecanică, Electronică și Tehnologie Calculatoare (sau IT) pentru a produce produse îmbunătățite, procese sau sisteme." Loughborough University (Marea Britanie)

Robotul reprezintă, în momentul de față, cel mai complex sistem mecatronic fiind punctul de intersecție al rezultatelor de vârf într-o serie de domenii: mecanică, automată, calculatoare și sisteme de acționare. Această congruență a unor ramuri științifice și tehnologice atât de diferite se explică prin complexitatea deosebită a robotului, atât sub raportul arhitecturii mecanice, cât și în ceea ce privește sistemul de conducere.

Propriu-zis, robotul este rezultatul firesc al evoluției de la mașinile unelte automatizate, mașinile cu comandă program, liniile automate de fabricație etc. în momentul în care rigiditatea și inflexibilitatea acestora nu a mai corespuns cerințelor actuale de productivitate și calitate, iar omul a încercat să execute acțiuni directe, nemijlocite asupra proceselor căpătând un rol de supraveghere și control.

Dintre numeroasele definiții care se întâlnesc în literatura de specialitate amintim:

"Un aparat automat, al cărui program conține un sistem complex cu legături inverse (cu reacție) stabilite cu anumite excitații exterioare și care, ca urmare, este capabil de o serie de acțiuni dirijate de programul menționat". Dictionarul Enciclopedic (E.S.E., 1978)

"O mașină reprogramabilă, multifuncțională, creată pentru a mișca diverse materiale, subansamble, unelte sau alte dispozitive specializate prin diverse mișcări programate, pentru realizarea unei mari varietăți de sarcini". Robot Institute of America (RIA)

"Orice mașină sau dispozitiv mecanic, care operează automat, cu abilități similare omului", sau chiar: "mașină care seamănă cu un om și execută acțiuni mecanice la comandă, Webster's Dictionary

"Robotul este un dispozitiv versatil și flexibil care oferă funcții de deplasare similare celor ale membrilor umani sau ale cărui funcții de

deplasare sunt comandate de senzori și de mijloace proprii de recunoaștere.” **Japan Industrial Robot Association (JIRA)**

“Robotul este un echipament fizic cu funcționare programabilă capabil să efectueze anumite operații și secvențe de operații orientate spre manipularea de piese, scule, subansamble.” **General Motors Company**

În Larousse din 1999 se descrie robotul ca: “o mașină cu aspect uman, întâlnită în operele de science fiction, capabilă să se miște, să execute diverse operațiuni și să vorbească”, iar robotica este definită ca: “știința și tehnica proiectării și construcției de roboți”. **Webster’s Encyclopaedia**

Trebuie remarcat faptul că elementul esențial comun al acestor definiții este activitatea automată și autonomă desfășurată de sistemul mecatronic sau de sistemul robot.

Sintetic, hipersistemul mecatronic este dat în figura 1.1 (Dolga, V., 2008). Sistemul controlat este procesul mecanic aflat în contact cu mediul prin “senzori” și “actuatoare”. Sistemul mecatronic se deosebește de alte sisteme prin cele trei subsisteme ale sistemului de control reprezentate prin percepție, planificare / control și reprezentarea cunoștințelor.

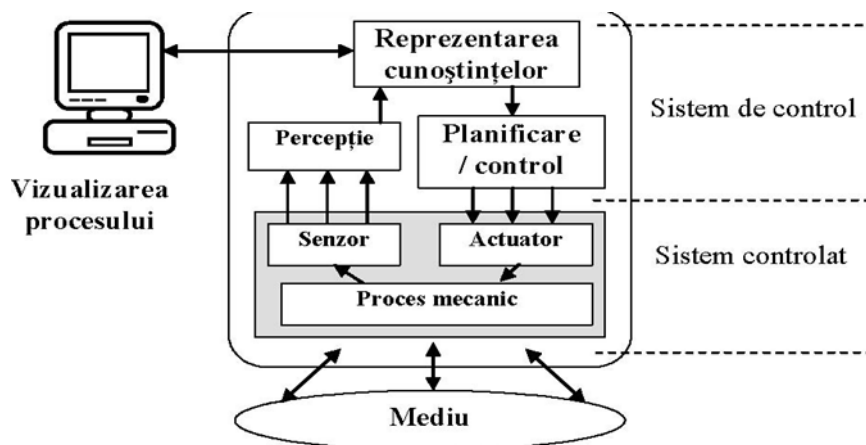


Figura 1.1: Hipersistem mecatronic (Dolga, V., 2008)

Modulul “**Mediu**” influențează prin parametrii proprii – temperatură, umiditate, presiune etc. – comportarea sistemului. Condițiile de mediu în care un sistem își poate desfășura activitatea la parametrii doriți sunt precizate prin recomandări practice.

Modulul “**Proces mecanic**” definește realitatea fizică a sistemului care este cercetată și condusă. Intrările în acest modul provin de la modulul “Actuator”. Ieșirile modulului se constituie ca și mărimi de intrare pentru

modulul “Senzor”. Modulul “*Senzor*” are rolul de obținere a informațiilor necesare despre procesul mecanic. Modulul “**Planificare / control**” stabilește, pe baza informațiilor primite despre procesul mecanic, planul de acțiune și control astfel încât să fie atinși parametrii doriți în procesul mecanic. Modulul de interfațare “**Vizualizare proces**” transferă informațiile între componentele sistemului și permite dialogul cu operatorul uman (Dolga, V., 2008).

1.2. Primele idei

De secole, oamenii au creat mașini ale căror aspect și mișcare oglindeau pe cele ale creaturilor biologice într-un grad surprinzător. Marile provocări ale științei și tehnicii nu au vizat doar simplul aspect fizic, redarea acestuia făcând obiectul artelor frumoase sau al diverselor costume, statui sau păpuși. Ceea ce a atras și a reținut atenția a fost comportamentul animat și mișcarea acestora, fără o intervenție umană aparentă.

Multitudinea de dispozitive realizate de-a lungul timpului au constituit până relativ de curând doar simulacre de mișcări autoate, controlate prin „mâini nevăzute”, doar în ultimele decenii cercetătorii și proiectanții încercând transpunerea variatelor mișcări biologice în mecanisme.

Începutul preocupărilor oamenilor de știință de a crea sisteme automate ca să producă mișcare poate fi reprezentat de activitățile inginerului grec Ctesibius, 270 î.Cr., care a făcut uz de cunoștințele sale de pneumatică și hidraulică pentru a produce ceasuri subacvatice cu figurine în mișcare.

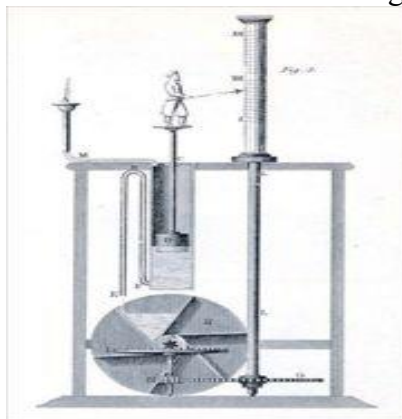


Figura 1.2: Ceasul subacvatic al lui Ctesibius (Zielinska, 2004)

Philo din Bizanț, 200 î. Cr., un discipol al lui Ctesibius, a scris colecția “*Mecanica*” în care a descris studiile celui mai sus amintit. Mai târziu, pe