

## FIȘA DISCIPLINEI

### 1. Date despre program

|                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| 1.1 Instituția de învățământ superior | UNIVERSITATEA TEHNICĂ DIN CLUJ-NAPOCA         |
| 1.2 Facultatea                        | Autovehicule Rutiere, Mecatronică și Mecanică |
| 1.3 Departamentul                     | Mecatronică și Dinamica Mașinilor             |
| 1.4 Domeniul de studii                | Mecatronică și Robotica                       |
| 1.5 Ciclul de studii                  | master  |
| 1.6 Programul de studii / Calificarea | Ingineria sistemelor mecatronice - (masN1)    |
| 1.7 Forma de învățământ               | IF – învățământ cu frecvență                  |
| 1.8 Codul disciplinei                 | 2   |

### 2. Date despre disciplină

|  |  |               |        |
|--|--|---------------|--------|
| 2.1 Denumirea disciplinei                                    | Proiectarea optimală a sistemelor mecatronice                        |               |        |
| 2.2 Titularul de curs  | <i>Conf.dr.ing.Olimpiu HANCU, email: Olimpiu.Hancu@mdm.utcluj.ro</i> |               |        |
| 2.3 Titularul activităților de seminar / laborator / proiect | <i>Conf.dr.ing.Olimpiu HANCU, email: Olimpiu.Hancu@mdm.utcluj.ro</i> |               |        |
| 2.4 Anul de studiu   | I  | 2.5 Semestrul | 1      |
| 2.6 Tipul de evaluare  |  |               | examen |
| 2.7 Regimul disciplinei                                      | Categoría formativă  |               | DA     |
|  | Opționalitate  |               | DI     |

### 3. Timpul total estimat

|  |    |           |          |    |             |   |               |   |             |    |
|--|----|-----------|----------|----|-------------|---|---------------|---|-------------|----|
| 3.1 Număr de ore pe săptămână  | 3  | din care: | 3.2 Curs | 2  | 3.3 Seminar | 0 | 3.3 Laborator | 0 | 3.3 Proiect | 1  |
| 3.4 Număr de ore pe semestru   | 42 | din care: | 3.5 Curs | 28 | 3.6 Seminar | 0 | 3.6 Laborator | 0 | 3.6 Proiect | 14 |
| 3.7 Distribuția fondului de timp (ore pe semestru) pentru:                                       |    |           |          |    |             |   |               |   |             |    |
| (a) Studiul după manual, suport de curs, bibliografie și notițe                                  |    |           |          |    |             |   |               |   |             | 28 |
| (b) Documentare suplimentară în bibliotecă, pe platforme electronice de specialitate și pe teren |    |           |          |    |             |   |               |   |             |    |
| (c) Pregătire seminarii / laboratoare, teme, referate, portofolii și eseuri                      |    |           |          |    |             |   |               |   |             | 26 |
| (d) Tutoriat   |    |           |          |    |             |   |               |   |             |    |
| (e) Examinări  |    |           |          |    |             |   |               |   |             | 2  |
| (f) Alte activități: consultatii   |    |           |          |    |             |   |               |   |             | 2  |
| 3.8 Total ore studiu individual (suma (3.7(a))...3.7(f))   |    |           |          |    | 58          |   |               |   |             |    |
| 3.9 Total ore pe semestru (3.4+3.8)  |    |           |          |    | 100         |   |               |   |             |    |
| 3.10 Numărul de credite  |    |           |          |    | 4           |   |               |   |             |    |

### 4. Precondiții (acolo unde este cazul)

|                   |  |
|-------------------|--|
| 4.1 de curriculum | -  |
| 4.2 de competențe | Cunoștințe și competențe generale în domeniile: Sisteme mecanice, Sisteme electrice, Senzori și actuatori, Dinamica, Controlul sistemelor. |

### 5. Condiții (acolo unde este cazul)

|                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| 5.1. de desfășurare a cursului    | Sala de curs, tabla, cretă colorată, proiector multimedia                                      |
| 5.2. de desfășurare a proiectului | Laborator de specialitate prevăzut cu echipamente specifice lucrărilor descrise la punctul 8.2 |

## 6. Competențele specifice acumulate

|                         |  |
|-------------------------|--|
| Competențe profesionale | Cunoașterea principiilor constructiv – funcționale și de utilizare practică a sistemelor inteligente, precum și a unor metode avansate de control.<br>Utilizarea eficientă a mediilor de lucru informatice pentru proiectare, modelare simulare, control și testare a funcționării și exploatarea sistemelor tehnice complexe specifice domeniului Mecatronică și Robotică<br>Capacitatea de a concepe produse mecatronice complexe, prin abordarea simultană a subsistemelor mecanic, electronic și informatic. |
| Competențe transversale | Îndeplinirea activităților ingineresti multidisciplinare complexe, cu conștientizarea corectă și completă a condițiilor de finalizare a acestora inclusiv în prezența unor factori potențiali de risc. Să înțeleagă importanța aspectelor economico – financiare în toate fazele proiectării precum și impactul soluțiilor ingineresti în context social.  |

## 7. Obiectivele disciplinei (reieșind din grila competențelor specifice acumulate)

|                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| 7.1 Obiectivul general al disciplinei | Dobândirea de cunoștințe și competențe referitoare la proiectarea sistemelor mecatronice, definită ca abordare integrată și optimă a procesului de proiectare.  |
| 7.2 Obiectivele specifice             | -cunoașterea și aplicarea metodelor unificate de modelare a sistemelor mecatronice: formalismul Lagrangean și Hamiltonian;<br>-modelarea, simularea, proiectarea conceptuală și controlul structurilor mecatronice utilizând medii software specifice;<br>-proiectarea integrată și optimă a structurilor mecatronice: modelare matematică, tehnici curențe de control a mișcării/forței, tehnici de control optimal, analiza performanțelor sistemelor mecatronice, tehnici de optimizare a performanțelor sistemelor mecatronice. |

## 8. Conținuturi

| 8.1 Curs  | Nr. ore | Metode de predare   | Observații |
|---|---------|---|------------|
| <b>C1. Sisteme Mecatronice.</b><br>Generalități. Structura sistemelor mecatronice. Studiu comparativ asupra sistemelor electrice, hidraulice, pneumatice. Avantaje. Dezavantaje. Proiectarea optimă. Medii integrate de proiectare. | 2       | expunerea, problematizarea, demonstrația, studiul de caz, brainstorming |            |
| <b>C2. Modelarea matematică a sistemelor mecatronice I.</b><br>Principiul lui D'Alembert. Formalismul Lagrangean. Aplicații: sisteme electromecanice, pendulul invers, roboți seriali/paraleli.                                     | 2       |   |            |
| <b>C3. Modelarea matematică a sistemelor mecatronice II.</b><br>Formalismul Hamiltonian. Aplicații: sisteme electromecanice, pendulul invers, roboți seriali/paraleli   | 2       |   |            |
| <b>C4. Reprezentarea sistemelor în spațiul stărilor.</b><br>Forme canonice de reprezentare în spațiul stărilor. Transformări. Controlabilitate. Observabilitate. Liniarizarea modelului în jurul punctelor de funcționare.          | 2       |   |            |
| <b>C5. Elemente de control optimal.</b><br>Optimizare statică. Optimizare dinamică. Principiul lui Pontryagin. Aplicații.   | 2       |   |            |
| <b>C6. Proiectarea sistemului de control.</b><br>Controlul parametrilor de stare. Metoda alocării poliilor.   | 2       |   |            |

|   |         |  |            |
|---|---------|--|------------|
| <b>C7. Proiectarea optima a sistemului de control.</b><br>Controlul parametrilor de stare. Controlul optimal.<br>Regulatorul liniar patrat (LQR).   | 2       |  |            |
| <b>C8. Metode de control a miscarii in sistemele mecatronice</b><br>Controlul în spatiul cuplelor. Controlul în spatiul operational.  | 2       |  |            |
| <b>C9. Metode de control a fortei in sist. mecatronice.</b><br>Controlul explicit si implicit al fortei. Transformarea unui controler de pozitie in controler de forta. Controlul rigiditatii.  | 2       |  |            |
| <b>C10. Metode de control miscare-forța în sist. mecatronice</b><br>Controlul hibrid poziție-forță. Controlul impedantei mecanice.  | 2       |  |            |
| <b>C11. Tehnici de planificare a miscarii/trajectoriei.</b><br>Programarea miscarii între 2 puncte. Programarea miscarii pe o trajectorie descrisa prin puncte. Programarea miscarii pe o trajectorie descrisa analitic. Influența strategiilor de planificare a mișcării asupra performanțelor sist. mecatr.   | 2       |  |            |
| <b>C12. Proiectarea optima a sistemelor mecatronice</b><br>Medii integrate de proiectare. Concepte de proiectare optima. Aplicatii.   | 2       |  |            |
| <b>C13. Proiectarea optima. Sudii de caz</b><br>Modelarea, simularea si controlul unui sistem servopneumatic. Optimizare. Modelarea, simularea si controlul unui sistem servohidraulic. Optimizare.   | 2       |  |            |
| <b>C14. Proiectarea optima. Sudii de caz</b><br>Robot paralel acționat hidraulic, Robot serial acționat electric. (Modelare, simulare, control, optimizare)   | 2       |  |            |
| <b>Bibliografie</b><br>1. Dean C. Karnopp, Donald L. Margolis and Ronald C. Rosenberg - System Dynamics: Modeling, Simulation, and Control of Mechatronic Systems, Fifth Edition, Copyright © 2012 John Wiley & Sons, Inc., 2012<br>2. Geering, Hans, P., Optimal Control with Engineering Applications, Published by Springer-Verlag, 2007.<br>3. Layton, R.A., Principles of analytical system dynamics, Published by Springer, 1998.<br>4. Banerjee, S., Dynamics for Engineers, John Wiley & Sons Ltd, England, ISBN 13 978-0-86843-0, 2005<br>5. Ogata, K, (2002), Modern Control Engineering, Prentice-Hall, Inc. New Jersey, ISBN 0-13-043245-8, 2002.<br>6. Hancu, O., Cercetari privind proiectarea optima a sistemelor mecatronice, T. doctorat, UTCN, 2007.<br>7. Peter E. Wellstead, Introduction to physical system modelling, Academic press, 1979 (electronic edition) |         |  |            |
| 8.2 Seminar / laborator / proiect   | Nr. ore | Metode de predare                          | Observații |
| <b>P1. Modelarea si simularea sistemelor mecatronice I</b><br>Medii de modelare, simulare, control si optimizare (Matlab, ControlDesk). Tehnici de modelare plecand de la ec. dif.  | 2       | expunerea, problematizarea, studiul de caz |            |
| <b>P2. Modelarea si simularea sistemelor mecatronice II</b><br>Determinarea ecuatiilor dinamice pentru un sistem mecatronic in baza formalismului Lagrangean. Implementarea modelului. Simulare Matlab-Simulink.  | 2       |  |            |
| <b>P3. Modelarea si simularea sistemelor mecatronice III</b><br>Implementarea modelului dinamic pentru plecand de la modelul geometric (CAD) al structurii mecanice: Utilizarea uneltelor Matlab/Simulink/SimMechanics pentru implementarea modelor; simulare Matlab-Simulink.  | 2       |  |            |

|  |   |  |  |
|--|---|--|--|
| <b>P4. Proiectarea sistemului de control I</b><br>Proiectarea unui controler (SFC) cu reacții de stare (asistat de calculator) pentru controlul variabilelor de mișcare.   | 2 |  |  |
| <b>P5. Proiectarea sistemului de control II</b><br>Proiectarea unui controler (SFC) cu reacții de stare (asistat de calculator) pentru controlul variabilelor de mișcare.  | 2 |  |  |
| <b>P6. Optimizarea parametrilor miscarii in sist. mecatronice</b><br>Proiectarea unui controler optimal (LQR).   | 2 |  |  |
| <b>P7. Proiectarea optima a sistemelor mecatronice</b><br>Utilizarea tehnicilor HIL (Hardware in The Loop) in procesul de proiectare a sistemelor mecatronice. Optimizarea performantelor sistemului.  | 2 |  |  |
| <b>Bibliografie</b><br>1. Geering, Hans, P., Optimal Control with Engineering Applications, Published by Springer-Verlag, 2007.<br>2. Layton, R.A., Principles of analytical system dynamics, Published by Springer, 1998.<br>3. Banerjee, S., Dynamics for Engineers, John Wiley & Sons Ltd, England, ISBN 13 978-0-86843-0, 2005<br>4. Ogata, K, (2002), Modern Control Engineering, Prentice-Hall, Inc. New Jersey, ISBN 0-13-043245-8, 2002. |   |  |  |

### 9. Coroborarea conținuturilor disciplinei cu așteptările reprezentanților comunității epistemice, asociațiilor profesionale și angajatorilor reprezentativi din domeniul aferent programului

Parcurgerea conținuturilor teoretice și a aplicațiilor cursului asigură competențele necesare proiectării optimale și integrate a sistemelor mecatronice, obiectiv de interes major în spațiul industrial, al cercetării și dezvoltării produselor și sistemelor moderne. Parcurgerea cursului implică elaborarea unui proiect, Proiectarea optimă a unui sistem mecatronic, utilizând metode și tehnici moderne de tratare integrată a resurselor sistemului și de optimizare a performanțelor acestuia.

### 10. Evaluare

| Tip activitate   | 10.1 Criterii de evaluare                                       | 10.2 Metode de evaluare | 10.3 Pondere din nota finală |
|--|---|-------------------------|------------------------------|
| 10.4 Curs  | Evaluare cunostinte teoretice<br>Nota: T (notare de la 1 la 10) | Testare scrisă          | 50%                          |
| 10.5 Proiect   | Evaluare Proiect<br>Nota: P (notare de la 1 la 10)              | Evaluare proiect        | 50%                          |
| 10.6 Standard minim de performanță<br>Condiția de obținere a creditelor: $T \geq 5$ ; $A \geq 5$ ;<br>Nota examen: $N = 0.5T + 0.5P$ |   |                         |                              |

| Data completării: | Titulari  | Titlu Prenume NUME         | Semnătura |
|-------------------|-----------|----------------------------|-----------|
| 23.05.2024        | Curs      | Conf.dr.ing. Olimpiu HANCU |           |
|                   | Aplicații | Conf.dr.ing. Olimpiu HANCU |           |
|                   |           |                            |           |
|                   |           |                            |           |

Data avizării în Consiliul Departamentului MDM

Director Departament  
Prof.dr.ing. Mircea BARA

31.05.2024

Data aprobării în Consiliul Facultății ARMM

Decan  
Prof.dr.ing. Nicolae FILIP