

# FIȘA DISCIPLINEI

## Sisteme de control pentru surse regenerabile

Anul universitar 2018-2019

### 1. Date despre program

1.1	Instituția de învățământ superior	Universitatea din Pitești
1.2	Facultatea	Electronica, Comunicatii si Calculatoare
1.3	Departamentul	Electronica, Calculatoare si Inginerie Electrica
1.4	Domeniul de studii	Inginerie electrica
1.5	Ciclul de studii	Master
1.6	Programul de studii / Calificarea	Sisteme de Conversie a Energiei / 215130 cercetator în electromecanica; 215131 inginer de cercetare în electromecanica; 215132 asistent de cercetare în electromecanica; 215149 inginer electrician

### 2. Date despre disciplină

2. Date despre disciplina											
2.1	Denumirea disciplinei				Sisteme de control pentru surse regenerabile						
2.2	Titularul activităților de curs				Prof. univ. dr. ing. Nicu BIZON						
2.3	Titularul activităților de laborator/proiect				Sl. dr. ing. Marinescu CICERONE						
2.4	Anul de studii		2.5	Semestrul		2.6	Tipul de evaluare	Examen	2.7	Regimul disciplinei	O

### 3. Timpul total estimat

3.1	Număr de ore pe săptămână	5	3.2	din care curs	2	3.3	seminar/laborator/proiect	0/2/1
3.4	Total ore din planul de inv.	70	3.5	din care curs	28	3.6	seminar/laborator/ proiect	42
Distribuția fondului de timp								ore
Studiul după manual, suport de curs, bibliografie și notițe								30
Documentare suplimentară în bibliotecă, pe platformele electronice de specialitate și pe teren								30
Pregătire seminarii/laboratoare, teme, referate, portofolii, eseuri								30
Tutoriat								5
Examinări								10
Alte activități .....								
3.7	Total ore studiu individual	105						
3.8	Total ore pe semestru	175						
3.9	Număr de credite	7						

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

4.1	De curriculum	Studii de licență
4.2	De competențe	Teoria sistemelor; Modelarea și simularea sistemelor; Conversoare electromecanice si centrale eoliene; Conversoare fotoelectrice; Calitatea energiei

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

5.1	De desfășurare a cursului	Sală dotată cu videoproiector și ecran
5.2	De desfășurare a seminarului/laboratorului	Laboratorul disciplinei (sala T221 si Laborator cercetare in Energii regenerabile S310), echipamente și aparatură de laborator, calculator, internet, machete de laborator

### 6. Competențe specifice acumulate

Competențe profesionale	C1. Operarea cu teorii, concepte și metode de matematică, electrotehnică și termodinamică privind sistemele de conversie a energiei electrice și sursele de energie regenerabilă. <b>(1.5 PC)</b> C2. Modelarea unor probleme specifice sistemelor de conversie și surselor de energie regenerabilă folosind legile fundamentale ale proceselor de conversie a energiei și aparatul formal caracteristic domeniului. <b>(1.5 PC)</b> C4. Cercetarea, modelarea, proiectarea, implementarea și testarea sistemelor de execuție și a sistemelor de conducere în domeniul conversiei energiei și a sistemelor electromecanice. <b>(1 PC)</b>
Competențe transversale	CT1. Comportarea responsabilă și etică în spiritul legii pentru a asigura prestigiul profesiei. Aplicarea conformă a eticii profesionale, integritatea în profesie. <b>(0.5 PC)</b> CT2. Identificarea, descrierea și derularea proceselor și serviciilor de management din domeniu, cu preluarea diferitelor roluri în echipe. Descrierea clară și concisă, verbal și în scris a rezultatelor din domeniul de activitate. Capacitatea de negociere și adaptarea acesteia la diverse aspecte ale competenței profesionale. <b>(0.25 PC)</b> CT3. Executarea unor sarcini profesionale complexe în condițiile de autonomie și de independență profesională, răspunzând cerințelor de gândire inovativă și de dezvoltare a activităților de cercetare – dezvoltare – inovare și de a comunica și disemina rezultatul cercetării. <b>(0.25 PC)</b>

### 7. Obiectivele disciplinei

7.1 Obiectivul general al disciplinei	Asigurarea unor cunostinte fundamentale si aplicative privind metodele si tehnicile prin care procese si sistemele sunt controlate si actionate. Cunoasterea metodologie de analiza si evaluare a robusteții controlului si stabilitatii sistemului condus.
7.2 Obiectivele specifice	<p>Obiective cognitive</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- să recunoască și să definească corect termenii specifici domeniului tehnic de control al surselor hibride de putere bazate pe surse de energie regenerabila;</li> <li>- să comunice oral sau în scris, în contexte profesionale proprii aspecte privind structura sistemului de control prin mesaje cu grad ridicat de dificultate;</li> <li>- să înțeleagă și să interpreteze corespunzător mesajul global al unui text de specialitate (romana si engleza) în domeniul sistemelor de control al surselor hibride de putere bazate pe surse de energie regenerabila.</li> <li>- sa defineasca principalele arhitecturi de control si comanda specifice sistemelor de conversie a energiei;</li> <li>- sa realizeze analiza structurilor de control tipizate;</li> <li>- sa realizeze analiza structurilor de control avansate;</li> <li>- sa utilizeze criterii de performanta specifice in proiectarea reguletoarelor</li> <li>- sa utilizeze tehnicile specifice de control, comanda si simulare dezvoltate in MATLAB-SIMULINK prin toolbox-urile specifice</li> </ul> <p>Obiective procedurale</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- sa utilizeze noile tehnici de învățare a aspectelor generale privind controlul surselor hibride în activități practice de comunicare cu nativi sau non-nativi;</li> <li>- să-și dezvolte strategii de învățare individuale în vederea ameliorării proprii competențe de lucru domeniul sistemelor de control al surselor hibride de putere bazate pe surse de energie regenerabila în funcție de nevoile specifice, prin munca în echipă sau în autonomie;</li> <li>- să identifice și să utilizeze principalele medii de simulare si a tehnicilor specifice de control, comanda si simulare aplicate în MATLAB-SIMULINK prin toolbox-urile specifice, esențiale profesiei pentru care se pregătesc prin programul de studii urmat.</li> </ul> <p>Obiective atitudinale</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- să surprindă aspectul diferențelor conținute de principalele structuri de control și al impactului utilizării acestora în sistemele hibride de putere;</li> <li>- să reacționeze în dezbateri pe bază de feedback;</li> <li>- să promoveze atitudinea pozitivă față de partenerii de dialog;</li> <li>- să dezvolte spiritul de inițiativă în elaborarea unor sarcini.</li> </ul>

## 8. Conținuturi

8.1. Curs		Metode de predare	Observații Resurse folosite
1a	Strategii si structuri de control; Avantaje, domenii de utilizare, principiul de functionare etc. : Control liniar; Control optimal ; Control robust ; Control neliniar ; Control adaptiv ; Control haotic ; Control inteligent – 1 ora	Prelegere Dezbateri	Calculator, Videoproiector
1b 2 3	Proiectarea cu functii de transfer: Reguletoare liniare P, PI, PD, PID (1 ora) ; Compensatoare de faza; Proiectarea compensatoarelor utilizand locul radacinilor (1 ora); Proiectarea compensatoarelor utilizand diagrame Bode (1 ora); Prefiltre; Proiectarea prefiltrului si a compensatorului pentru un raspuns incadrat (Deadbeat) (1 ora); Exemplu de proiectare (1 ora) – 5 ore	Prelegere Dezbateri	Calculator, Videoproiector
4a	Proiectarea in spatiul starilor: Controlabilitate si observabilitate; Proiectarea controlului dupa variabilele de stare; Observatori; Sisteme de control optimal; Proiectarea modelului intern; Exemple de proiectare– 1 ora	Prelegere Dezbateri	Calculator, Videoproiector
4b	Control robust: Analiza senzitivitatii si robusteții sistemelor; Sisteme cu parametrii variabili; Proiectarea controlului robust; Exemplu de proiectare robusta a unui reguletor PID ; Proiectarea robusta a modelului intern; Exemple de proiectare– 1 ora	Prelegere Dezbateri	Calculator, Videoproiector
5	Controlul digital: Problemetica conversiei D/A si A/D a semnalelor de monitorizare si comanda a procesului; Proiectarea compensatoarelor digitale; Implementarea controlului digital; Exemple de proiectare– 2 ore	Prelegere Dezbateri	Calculator, Videoproiector
6	Control neliniar: Suport matematic de baza; Tehnici de analiza a stabilitatii sistemelor neliniare: Metoda planelor de faza ; Analiza coeficientilor Lyapunov ; Metoda perturbatiei singulare; Criteriul Popov; Diagrame de bifurcatie; Exemple– 2 ore	Prelegere Dezbateri	Calculator, Videoproiector
7	Liniazarea sistemelor neliniare: Modele de semnal mediu si semnal mic; Reprezentari liniare in spatiul starilor; Exemple de proiectare a controlul liniar pentru sisteme neliniare; Exemple – 2 ore	Prelegere Dezbateri	Calculator, Videoproiector
8	Control glisant (sliding mode - SM): Suprafete de control glisante; algoritmul <i>Filippov's</i> de constructie a dinamicii echivalente; Legi de control SM pentru sisteme in comutatie Exemplu de proiectare a controlul SM pentru sisteme neliniare – 2 ore	Prelegere Dezbateri	Calculator, Videoproiector
9a	Structuri de control adaptive : Suport matematic de baza; Tehnici de control	Prelegere	Calculator,

	adaptiv; Programarea amplificării (Gain Scheduling); Regulatori cu auto-acordarea parametrilor; Control adaptiv după model de referință (Model Reference Adaptive Controllers - MRACs) ; Identificarea modelului și controlul adaptiv (Model Identification Adaptive Controllers - MIACs) – 1 ore	Dezbateri	Videoproiector
9b	Control adaptiv pentru sisteme parametrice: Algoritmi de identificare a parametrilor (Algoritmi de gradient, Algoritmi eroare pătratică minimă , Algoritmi robusti); Legi de control adaptiv robuste; Observatori adaptivi– 1 ora	Prelegere Dezbateri	Calculator, Videoproiector
10	Tehnici de control avansate: Control ESC (Extremum seeking control); Control inteligent; Control haotic și anti-control– 2 ore	Prelegere Dezbateri	Calculator, Videoproiector
11 12 13 14	Aplicații de control în sisteme hibride bazate pe surse de energie regenerabilă tip panouri fotovoltaice (PV) (2 ore), turbine de vânt (WT) (2 ore), pila de combustie (FC) (2 ore), PV/FC (2 ore) PV/WT/FC (2 ore); – 10 ore	Prelegere Dezbateri	Calculator, Videoproiector
<b>Bibliografie</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ E. Sofron, S. Ionita, N. Bizon, 1999, Sisteme de control fuzzy - modelare și proiectare asistate de calculator (Fuzzy control systems – modelling and designing), 210 pag., Editura All, București, ISBN 973-9431-32-1.</li> <li>❖ N. Bizon, 2004, Teoria Sistemelor - Teorie și Aplicații (Theory and Control Systems), 185 pag., Editura MatrixROM, București, ISBN 973-685-677-1.</li> <li>❖ Eduardo D. Sontag, Mathematical Control Theory, 1998, Springer, SUA, <a href="http://www.math.rutgers.edu/~sontag/">http://www.math.rutgers.edu/~sontag/</a></li> <li>❖ Bo Wahlberg, E. Lemmon, D.M. Dawson, s.a., Nonlinear Control Systems, 2004, <a href="http://www.ece.clemson.edu/crb/ece874/">www.ece.clemson.edu/crb/ece874/</a></li> <li>❖ Lawrence C. Evans, An Introduction to Mathematical Optimal Control Theory, 2006, <a href="http://math.berkeley.edu/~evans/control.course.pdf">http://math.berkeley.edu/~evans/control.course.pdf</a></li> <li>❖ N. Bizon, Algoritmi de control și strategii de management energetic pentru surse hibride de energie, note de curs pe CD</li> </ul>			
<b>8.2. Aplicații –Proiect:</b> Proiectarea unui regulator clasic corelat cu datele de proiectare		Metode de predare	Observații Resurse folosite
1	Prezentarea generală a cerințelor de proiectare și repartizarea temelor de proiect (2 ore);	Exercițiul Studiul de caz Simulări	Calculator Software
2	Proiectarea unui regulator prin metoda de alocare a polilor $H_{R(a)}$ (2 ore);	Studiul de caz Simulări	Calculator Software
3	Proiectarea unui regulator PI, $H_{R(b)}(s)=k_R[1+1/(sT_i)]$ , cu funcție de transfer apropiată de cea a $H_{R(a)}$ (2 ore);	Studiul de caz Simulări	Calculator Software
4	Proiectarea unui regulator P, $H_{R(l)}=1/(sT_i)$ , în serie cu un compensator cu avans de fază, $H_C$ (2 ore);	Studiul de caz Simulări	Calculator Software
5	Discretizarea reguletoarelor proiectate pentru implementarea într-un controler digital (2 ore);	Studiul de caz Simulări	Calculator Software
6	Evaluarea indicatorilor sintetici de performanță prin comparație (2 ore);	Studiul de caz Simulări	Calculator Software
7	Colocvii de proiect(2 ore);	Lucrul în grup	Calculator Software
<b>Bibliografie</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ N. Bizon, 2004, Teoria Sistemelor - Teorie și Aplicații (Theory and Control Systems), 185 pag., Editura MatrixROM, București, ISBN 973-685-677-1.</li> </ul>			
<b>8.3. Aplicații –Laborator</b>		Metode de predare	Observații Resurse folosite
1	Protecția muncii privind echipamentele electrice; Controlul convertoarelor de putere bazat pe reguletoarele convenționale – experiment și simulare (4 ore);	Măsurări pe machete de laborator Studiul de caz Simulări	Echipamente specifice Calculator Software
2	Controlul PWM al unui motor de CC pentru orientarea panourilor fotovoltaice; experiment și simulare (4 ore);	Măsurări pe machete de laborator Studiul de caz Simulări	Echipamente specifice Calculator Software
3	Controlul MPPT (Maximum Power Point Tracking) bazat pe algoritmul perturba & observa; experiment și simulare (4 ore);	Măsurări pe machete de laborator Studiul de caz Simulări	Echipamente specifice Calculator Software
4	Controlul unui invertor alimentat de la panouri fotovoltaice; experiment și simulare (4 ore);	Măsurări pe machete de laborator Studiul de caz Simulări	Echipamente specifice Calculator Software
5	Controlul puterii unei pile de combustie; experiment și simulare (4 ore);	Măsurări pe machete de laborator Studiul de caz Simulări	Echipamente specifice Calculator Software
6	Tehnici de management energetic în sisteme hibride bazate pe surse de energie regenerabilă (4 ore);	Exercițiul Studiul de caz Simulări	Calculator Software
7	Control adaptiv tip ESC pentru implementarea algoritmului	Exercițiul	Calculator

MPPT; Colocvii de laborator (4 ore);	Studiul de caz Lucrul în grup	Software
Bibliografie ❖ N. Bizon, 2004, Teoria Sistemelor - Teorie si Aplicatii (Theory and Control Systems), 185 pag., Editura MatrixROM, București ❖ N. Bizon, M. Cicerone, Sisteme de control pentru surse regenerabile, Indrumar de laborator, Multiplicat in laborator si pe CD		
<b>Tema de casa:</b> Proiectarea unui sistem hibrid de generare a energiei electrice cu o topologie corelata cu datele de proiectare Prezentarea generala a cerintelor de proiectare si repartizarea temelor de casa in prima sedinta de laborator <ul style="list-style-type: none"> <li>• Studiul teoretic al temei de proiect</li> <li>• Criterii de selectie a schemei electrice corelate cu datele de proiectare</li> <li>• Proiectarea electrica a partii de forta</li> <li>• Modelarea si simularea schemei electrice (inclusiv circuitul electronic de comanda)</li> <li>• Realizarea proiectului de executie</li> <li>• Evaluare tema de casa in ultima sedinta de laborator</li> </ul>		
Bibliografie ❖ N. Bizon, N. M. Tabatabaei and Hossein Shayeghi (Ed.), Advanced Techniques and Applications on Stability, Control and Optimal Operation of the Hybrid Power Systems, Springer Verlag London Limited, London, UK, 2013. ❖ N. Bizon and N. M. Tabatabaei (Ed.), Advances in Energy Research: Energy and Power Engineering, Nova Science Publishers Inc., USA, 2013, 978-1-62257-534-3 (hardcover), 978-1-62257-546-6 (ebook). 698 pp <a href="https://www.novapublishers.com/catalog/product_info.php?products_id=36315&amp;osCsid=cce0dd5ced12df6ba9340d8c9d71142b">https://www.novapublishers.com/catalog/product_info.php?products_id=36315&amp;osCsid=cce0dd5ced12df6ba9340d8c9d71142b</a> ❖ N. Bizon (Ed.), Advances in Energy Research: Distributed Generation systems integrating Renewable Energy Resources, 3 chapters by N. Bizon, Nova Science Publishers Inc., USA, 2012, 978-1-61209-991-0 (hardcover), 978-1-61209-991-2 (ebook). 692 pp <a href="https://www.novapublishers.com/catalog/product_info.php?products_id=22516">https://www.novapublishers.com/catalog/product_info.php?products_id=22516</a>		

**9. Coroborarea conținuturilor disciplinei cu așteptările reprezentanților comunității epistemice, asociațiilor profesionale și angajatori din domeniul aferent programului**

Tematica de curs și laborator a fost analizată în întâlnirile titularului de curs cu reprezentanții companiilor (vizite de lucru), cu reprezentanții universităților din țară și străinătate (vizite Erasmus) și în sedințele departamentului ECIE.

**10. Evaluare**

Tip activitate	10.1 Criterii de evaluare	10.2 Metode de evaluare	10.3 Pondere din nota finală
10.4 Curs	Evaluare finală	Probă scrisă – întrebări teoretice și studii de caz (parțial prin simulare pe calculator)	50%
10.5 Proiect	Rezolvarea studiilor de caz și completarea temelor de proiect conform cerințelor din proiect	Probă practică + întrebări teoretice	20%
10.6 Laborator	Rezolvarea studiilor de caz și completarea fișelor de înregistrare a rezultatelor, conform cerințelor din lucrările de laborator	Probă practică + întrebări teoretice	20%
10.7. Tema de casa:	Rezolvarea studiilor de caz și completarea temelor de casa conform cerințelor	Probă practică + întrebări teoretice	10%
10.7 Standard minim de performanță	Au fost definiți 10 itemii minimali care sunt prezentați studenților în prima oră de curs. <b>Condiții de acceptare la Evaluarea finală:</b> Prezență totală la activitățile de laborator; Notă minimă 5 la activitățile de laborator; Notă minimă 5 la proiect; <b>Set de cunoștințe minimale pentru promovarea Evaluării finale:</b> 1. Tipuri de clase de control (identificarea a minim 3) 2. Caracterizarea reguletoarelor liniare (caracterizarea a minim 2) 3. Criterii de alegere a regulatorului linear funcție de proces (funcția sa de tranșă) (identificarea a minim 3) 4. Indicatorilor sintetici de performanță a controlului pentru sisteme de ordin unu și doi (identificarea a minim 3) 5. Tehnici de analiză a stabilității sistemelor (identificarea a minim 2) 6. Tipuri de compensatoare (identificarea a minim 1) 7. Caracterizarea compensatoarelor (minim 1) 8. Scheme de control MPPT (identificarea a minim 3 algoritmi MPPT) 9. Indicatorilor sintetici de performanță pentru o sursă de energie regenerabilă (identificarea a minim 3) 10. Tehnici de control avansate (caracterizarea a minim 1) <b>Condiții de promovabilitate:</b> notă minimă 5 la fiecare din subiectele de la <b>Evaluarea finală</b> .		

Data completării  
17.09.2018

Titular de curs  
Prof. Dr. Ing. Nicu BIZON

Titular de seminar / laborator  
SI dr. ing. Marinescu CICERONE

Data avizării în departament  
21.09.2018

Director de departament  
Prof.univ.dr. Gheorghe SERBAN

**Facultatea de Electronică, Comunicații și Calculatoare**  
**Departamentul de Electronică, Calculatoare și Inginerie Electrică**

**TEMA DE PROIECT DE DISCIPLINĂ**

Programul de studii Sisteme pentru Conversia Energiei (master)

Anul universitar 2017-2018, Anul de studii I, Grupa ..... Subgrupa .....

Disciplina **Sisteme de control pentru surse regenerabile**

Titlul temei de proiect de disciplină

Reglatoare analogice și digitale de tip P/I/PI cu/fără compensator

Conținut și volum orientativ (cerințe și specificații generale)

- Studiul teoretic al temei de proiect: max 20%
- Criterii de selecție a reglatoarelor/ corelat cu datele de proiectare; funcționare: min 20%
- Proiectarea reglatoarelor: min 20%
- Modelarea și simularea reglatoarelor: min 20%
- Realizarea proiectului de execuție: max 20%

Bibliografie

❖ N. Bizon, 2004, Teoria Sistemelor - Teorie și Aplicații, Editura MatrixROM, București

Termen de predare: în ultima sesiune de proiect

Date inițiale de proiectare (individualizat pentru fiecare student/masterand)

Nr.	Nume și prenume	Date inițiale de proiectare/Cerințe de proiectare
1		<p>Partea fixată: <math>H_F=1/(s+k/10)</math>, unde <math>k = \text{Nr. (numărul curent din tabel)}</math></p> <p>a) Se proiectează prin metoda de alocare a polilor <math>H_{R(a)}</math>  - performanțe impuse: <math>\sigma_{imp}=10\%</math>; <math>t_{imp}=4k</math> [s]; <math>e_{st}=0</math></p> <p>b) Se alege pentru proiectare o structură de regulator PI, <math>H_{R(b)}(s)=k_R[1+1/(sT_i)]</math>;  - performanțe impuse: <math>\sigma_{imp}=10\%</math>; <math>t_{imp}=4k</math> [s]; <math>e_{st}=0</math>  Se calculează <math>k_R</math> și <math>T_i</math>.</p> <p>c) Se alege pentru proiectare o structură de regulator I, <math>H_{R(c)}=G/s</math>, <math>G=1/T_i</math>, rezultând <math>H_d=G/[s(s+k)]</math>;  Se verifică dacă acest regulator poate îndeplini cerințele de proiectare: <math>e_v \leq 10\%</math>, <math>M_\phi \geq 45^\circ</math></p> <p>d) Se proiectează un compensator cu avans de fază, <math>H_c</math> (în serie cu <math>H_R</math>, rezultând <math>H_{R(d)} = H_c H_R</math>) pentru a îndeplini performanțe impuse: <math>e_v \leq 10\%</math>, <math>M_\phi \geq 45^\circ</math></p> <p>e) Se implementează diagramele de simulare pentru toate reglatoarele de mai sus.  Se comentează rezultatele obținute</p> <p>f) Se determină varianta discretă pentru reglatoarele <math>H_{R(a)}</math>, <math>H_{R(b)}</math> și <math>H_{R(d)}</math>; pentru unul din cazuri se face calcul de mână.</p> <p>g) Se determină (pentru unul din cazuri) legea de reglare discretă ce se poate implementa în microcontroler (se prezintă organigrama).</p> <p>h) Se face simularea comparativă (pentru unul din cazuri) a controlului continuu și discret proiectat și se comentează rezultatele obținute.</p> <p>i) implementare hardware și software: proiectului de execuție</p>

Data elaborării temei proiectului de disciplină : în prima sesiune de proiect

Întocmit (titular disciplină proiect) ..... Semnatura .....

Sl. dr. ing. Marinescu CICERONE

Data avizare în departament

13.09.2018

Director de departament

Prof.dr.ing. Gh. Șerban