

# FIȘA DISCIPLINEI

## Sisteme de control pentru surse regenerabile

Anul universitar 2021-2022

### 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 pentru Conversia Energiei - SCE / Inginer MSc; 215149 inginer electrician

### 2. Date despre disciplină

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. Corina SAVULESCU						
2.4	Anul de studii	I	2.5	Semestrul	I	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								10
Tutoriat								6
Examinări								4
Alte activități .....								
3.7	Total ore studiu individual	80						
3.8	Total ore pe semestru	150						
3.9	Număr de credite	6						

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

4.1	De curriculum	Studii de licență
4.2	De competențe	Teoria sistemelor; Modelarea și simularea sistemelor; Convertoare electromecanice si centrale eoliene; Convertoare 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 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 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>(1 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>(1 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>(1 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 robustetii 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 propriei 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 in MATLAB-SIMULINK prin toolbox-urile specifice, esențiale profesiei pentru care se pregătesc prin programul de studii umat.</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 robustetii sistemelor; Sisteme cu parametri variabili; Proiectarea controlului robust; Exemplu de proiectare robusta a unui reglator PID ; Proiectarea robusta a modelului intern; Exemple de proiectare– 1 ora	Prelegere Dezbateri	Calculator, Videoproiector
5	Controlul digital: Problematika 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	Liniarizarea sistemelor neliniare: Modele de semnal mediu si semnal mic; Reprezentari liniare in spatiul starilor; Exemple de proiectare a controlului 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 controlului SM pentru sisteme neliniare – 2 ore	Prelegere Dezbateri	Calculator, Videoproiector
9a	Structuri de control adaptive : Suport matematic de baza; Tehnici de control adaptiv; Programarea amplificarii (Gain Scheduling); Reguletoare cu auto-acordarea parametrilor; Control adaptiv dupa model de referinta (Model Reference Adaptive Controllers - MRACs) ; Identificarea modelului si controlul	Prelegere Dezbateri	Calculator, Videoproiector

	adaptiv (Model Identification Adaptive Controllers - MIACs) – 1 ore		
9b	Control adaptiv pentru sisteme parametrice: Algoritmi de identificare a parametrilor (Algoritmi de gradient, Algoritmi eroare patratică minimă, Algoritmi robusti); Legi de control adaptiv robuste; Observatori adaptivi– 1 ora	Prelegere Dezbateri	Calculator, Videoproector
10	Tehnici de control avansate: Control ESC (Extremum seeking control); Control inteligent; Control haotic si anti-control– 2 ore	Prelegere Dezbateri	Calculator, Videoproector
11 12 13 14	Aplicatii de control in sisteme hibride bazate pe surse de energie regenerabila tip panouri fotovoltaice (PV) (2 ore), turbine de vant (WT) (2 ore), pila de combustie (FC) (2 ore), PV/FC (2 ore) PV/WT/FC (2 ore); – 10 ore	Prelegere Dezbateri	Calculator, Videoproector
<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, Bucuresti, ISBN 973-9431-32-1.</li> <li>❖ N. Bizon, 2004, Teoria Sistemelor - Teorie si Aplicatii (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 si 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 generala a cerintelor de proiectare si 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 functie de transfer apropiata de cea a $H_{R(a)}$ (2 ore);	Studiul de caz Simulări	Calculator Software
4	Proiectarea unui regulator P, $H_{R(l)}=1/(sT_i)$ , in serie cu un compensator cu avans de fază, $H_C$ (2 ore);	Studiul de caz Simulări	Calculator Software
5	Discretizarea reguletoarelor proiectate pentru implementarea intr-un controler digital (2 ore);	Studiul de caz Simulări	Calculator Software
6	Evaluarea indicatorilor sintetici de performanta prin comparatie (2 ore);	Studiul de caz Simulări	Calculator Software
7	Colocviu 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 si Aplicatii (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 conventionale – experiment si simulare (4 ore);	Masurari 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 si simulare (4 ore);	Masurari 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 si simulare (4 ore);	Masurari pe machete de laborator Studiul de caz Simulări	Echipamente specifice Calculator Software
4	Controlul unui inverter alimentat de la panouri fotovoltaice; experiment si simulare (4 ore);	Masurari pe machete de laborator Studiul de caz Simulări	Echipamente specifice Calculator Software
5	Controlul puterii unei pile de combustie; experiment si simulare (4 ore);	Masurari pe machete de laborator Studiul de caz Simulări	Echipamente specifice Calculator Software
6	Tehnici de management energetic in sisteme hibride bazate pe surse de energie regenerabila (4 ore);	Exercițiul Studiul de caz Simulări	Calculator Software
7	Control adaptiv tip ESC pentru implementarea algoritmului MPPT; Colocviu de laborator (4 ore);	Exercițiul Studiul de caz Lucrul în grup	Calculator Software
<b>Bibliografie</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ N. Bizon, 2004, Teoria Sistemelor - Teorie si Aplicatii (Theory and Control Systems), 185 pag., Editura MatrixROM, București</li> <li>❖ N. Bizon, M. Arva, Sisteme de control pentru surse regenerabile, Indrumar de laborator, Multiplicat in laborator si pe CD</li> </ul>			

**Tema de casa:** Proiectarea unui sistem hibrid de generare a energiei electrice cu o topologie corelată cu datele de proiectare  
Prezentarea generală a cerințelor de proiectare și repartizarea temelor de casa în prima sesiune de laborator

- Studiul teoretic al temei de proiect
- Criterii de selecție a schemei electrice corelate cu datele de proiectare
- Proiectarea electrică a părții de forță
- Modelarea și simularea schemei electrice (inclusiv circuitul electronic de comandă)
- Realizarea proiectului de execuție
- Evaluare tema de casa în ultima sesiune de laborator

#### 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  
[https://www.novapublishers.com/catalog/product\\_info.php?products\\_id=36315&osCsId=cce0dd5ced12df6ba9340d8c9d71142b](https://www.novapublishers.com/catalog/product_info.php?products_id=36315&osCsId=cce0dd5ced12df6ba9340d8c9d71142b)
- ❖ 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  
[https://www.novapublishers.com/catalog/product\\_info.php?products\\_id=22516](https://www.novapublishers.com/catalog/product_info.php?products_id=22516)

#### 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 sesiunile 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	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	<p>Au fost definiți 10 itemi minimali care sunt prezentați studenților în prima oră de curs.</p> <p><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;</p> <p><b>Set de cunoștințe minimale pentru promovarea Evaluării finale:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tipuri de clase de control (identificarea a minim 3)</li> <li>2. Caracterizarea reguletoarelor liniare (caracterizarea a minim 2)</li> <li>3. Criterii de alegere a regulatorului linear funcție de proces (funcția sa de transfer) (identificarea a minim 3)</li> <li>4. Indicatorilor sintetici de performanță a controlului pentru sisteme de ordin unu și doi (identificarea a minim 3)</li> <li>5. Tehnici de analiză a stabilității sistemelor (identificarea a minim 2)</li> <li>6. Tipuri de compensatoare (identificarea a minim 1)</li> <li>7. Caracterizarea compensatoarelor (minim 1)</li> <li>8. Scheme de control MPPT (identificarea a minim 3 algoritmi MPPT)</li> <li>9. Indicatorilor sintetici de performanță pentru o sursă de energie regenerabilă (identificarea a minim 3)</li> <li>10. Tehnici de control avansate (caracterizarea a minim 1)</li> </ol> <p><b>Condiții de promovabilitate:</b> notă minimă 5 la fiecare din subiectele de la <b>Evaluarea finală</b>.</p>		

Data completării  
27.09.2021

Titular de curs  
Prof. Dr. Ing. Nicu BIZON

Titular de seminar / laborator  
SL. Dr. Ing. Corina SAVULESCU

Data avizării în departament  
27.09.2021

Director de departament  
Prof.univ.dr. Gheorghe SERBAN