

FIȘA DISCIPLINEI

1. Date despre program

Instituția de învățământ superior	Universitatea "Ștefan cel Mare" din Suceava
Facultatea	Facultatea de Inginerie Electrică și Știința Calculatoarelor
Departamentul	Calculatoare, Electronică și Automatică
Domeniul de studii	Inginerie electronică, telecomunicații și tehnologii informaționale
Ciclul de studii	Licență
Programul de studii	Electronică Aplicată

2. Date despre disciplină

Denumirea disciplinei	SISTEME ELECTRONICE DE ACȚIONARE				
Titularul activităților de curs	Prof. dr. ing. Constantin FILOTE				
Titularul activităților aplicative	Ș.I. Alexandru LAVRIC				
Anul de studiu	III	Semestrul	6	Tipul de evaluare	E
Regimul disciplinei	Categorია formativă a disciplinei DF - fundamentală, DD - în domeniu, DS - de specialitate, DC - complementară				DS
	Categorია de opționalitate a disciplinei: DO - obligatorie (impusă), DA - opțională (la alegere), DL - facultativă (liber aleasă)				DA

3. Timpul total estimat (ore alocate activităților didactice)

I a) Număr de ore pe săptămână	5	Curs	3	Seminar		Laborator	2	Proiect	
I b) Totalul de ore pe semestru din planul de învățământ	70	Curs	42	Seminar		Laborator	28	Proiect	

II Distribuția fondului de timp pe semestru:	ore
II a) Studiul după manual, suport de curs, bibliografie și notițe	14
II b) Documentare suplimentară în bibliotecă, pe platformele electronice de specialitate și pe teren	6
II c) Pregătire seminarii/laboratoare, teme, referate, portofolii și eseuri	7
II d) Tutoriat	
III Examinări	3
IV Alte activități:	

Total ore studiu individual II (a+b+c+d)	27
Total ore pe semestru (I+II+III+IV)	100
Numărul de credite	4

4. Precondiții (acolo unde este cazul)

Curriculum	
Competențe	

5. Condiții (acolo unde este cazul)

Desfășurare a cursului		<ul style="list-style-type: none"> • videoproiector; • - laptop
Desfășurare aplicații	Laborator	<ul style="list-style-type: none"> • laborator dotat cu 12 PC, programe software (MATLAB, Simulink), instrumente, aparate de măsură, echipamente de măsură, standuri și machete de laborator (a se vedea fișa laboratorului didactic), ghid de lucrări practice în format printat

6. Competențe specifice acumulate

Competențe profesionale	C5. Dezvoltarea de aplicații și implementarea algoritmilor și structurilor de conducere automată, utilizând principiile de management de proiect, medii de programare și tehnologii bazate pe microcontrolere, procesoare de semnal, automate programabile, sisteme încorporate
Competențe transversale	

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

Obiectivul general al disciplinei	<ul style="list-style-type: none"> • Cunoașterea topologiilor și tehnicilor de comandă a invertoarelor de putere • Sunt prezentate direcțiile noi în modelarea convertoarelor de putere, la nivelul principiilor de bază, precum și modul de implementare a lor în aplicațiile industriale. • Sunt prezentate modelele de simulare ale invertoarelor, mașinilor electrice de curent alternativ, principalele tehnici moderne în comanda PWM a invertoarelor, tendințe în controlul vectorial direct și indirect. • În cadrul orelor de laborator, studenții sunt familiarizați cu modul de elaborare a unui model al unui convertor, a unor modele pentru sarcini de tip mașină asincronă, tehnici de schimbare a reperelor, verificarea unor algoritmi de comandă numerici și analogici pe standuri de dezvoltare în jurul unor componente electronice specializate în comanda acționărilor electrice (microcontrolere, procesoare vectoriale, ASIC, etc.)
Obiective specifice	<ul style="list-style-type: none"> • Cunoașterea principalelor tipuri de invertoare și aplicațiile acestora • Cunoașterea tehnicilor de comandă a invertoarelor de tip pi radiani și PWM; • Modelarea motoarelor de curent alternativ; • Proiectarea și dimensionarea circuitelor de comandă, protecție și a invertoarelor de putere; • Dobândirea și dezvoltarea abilităților practice în acționări cu motoare de curent continuu, curent alternativ comandate după algoritmi vectoriali; • Explicarea comportării dispozitivelor de putere în aplicații de curenți tari; • Interpretarea caracteristicilor electrice de catalog în vederea unei protecții componentelor și echipamentelor de putere; • Interpretarea și analiza schemelor de comandă, a părții de forță, a algoritmilor de control, a formelor de undă măsurate pe standuri de evaluare performanțe.

8. Conținuturi

Curs	Nr. ore	Metode de predare	Observații
1. Introducere Clasificarea proceselor industriale	1		
2. Studiul reglatoarelor analogice și numerice 2.1. Reglatoare PID analogice 2.2. Reglatoare PID numerice 2.3. Reglatoare predictive 2.4. Reglatoare Fuzzy cu efect P, PI, PID	3		
3. Controlul mișcării 3.1 Controlul mișcării cu motoare de curent continuu 3.1.1 Modelul motorului de curent continuu în regim staționar și dinamic. Model Laplace. 3.1.2 Principiul controlului turației unui motor de curent continuu 3.1.3 Interfața redresor comandat-motor de curent continuu 3.1.4 Schema de principiu a unui convertizor în cascadă 3.1.5 Criterii de optimizare a reglatoarelor de curent și turație 3.1.6 Analiza simulării în bucla închisă a unui convertizor pentru controlul mișcării unui motor de curent continuu (model SIMULINK). 3.2 Controlul mișcării cu motoare de curent alternativ 3.2.1 Principiul funcționării mașinii asincrone în regim de motor 3.2.2 Modelul matematic a unui motor asincron în coordonate trifazate a,b,c 3.1.3 Modelul mașinii generalizate Kron. Analogia dintre mașina de curent continuu și cea de curent alternativ 3.1.4 Transformarea sistemului industrial din coordonate trifazate a,b,c în sistem ortogonal d, q, o 3.1.5 Transformarea „într-o axă”. Noțiunea de vectori spațiali în modelarea sistemelor industriale 3.1.6 Avantajele trecerii de la sistemul industrial în coordonate trifazate a,b,c la cel ortogonal d, q, o 3.1.7 Modelul matematic a unui motor asincron în coordonate ortogonale d,q,o 3.1.8 Analiza rezultatelor simulării modelului motorului asincron în coordonate ortogonale d,q,o (SIMULINK).	12	expunere orală, conversație, exemple demonstrative, descoperire dirijată, studiu de caz, exemplificare, sinteză cunoștințelor	

4. Invertoare de tensiune trifazate 4.1 Considerații generale 4.2 Modelarea componentelor de putere prin „întrerupătoare” uni sau bidirecționale în curent și tensiune. 4.3 Funcționarea invertoarelor de tensiune trifazate 4.3.1. Condiții impuse regimului de funcționare în inverter 4.3.2. Comanda simetrică a inverterului (la π radiani) 4.4. Analiza spectrală a tensiunilor de ieșire 4.4.1 Tensiunea de linie de tip U_{AB} 4.4.2. Tensiunea de fază v'_A 4.4.3. Spectrul curentului de intrare și puterea transmisă sarcinii	6	expunere orală, conversație, exemple demonstrative, descoperire dirijată, studiu de caz, exemplificare, sinteză cunoștințelor	
5. Tehnici de comandă a invertoarelor prin histerezis 4.1. Secvența de comandă a întrerupătoarelor prin histerezis analogic 4.2. Metoda de comandă a întrerupătoarelor prin histerezis numeric 4.3. Traductoare cu efect Hall în bucle de reglare cu histerezis	4		
6. Tehnica modulației PWM optime (Patel & Hoft) 6.1. Principiul metodei PWM optime generalizate (Patel & Hoft) 6.2. Metoda de eliminare a unui anumit număr de armonici 6.3. Metodă de control a tensiunii de ieșire și eliminare a armonicilor 6.4. Comanda PWM optimală a unui inverter trifazat de tensiune	4		
7. Tehnici de modulație PWM cu eșantionare analogică 7.1. Principiul de modulare PWM cu eșantionare analogică (naturală) 7.2. Modulația PWM cu eșantionare analogică sinus-triunghi 7.2.1. Fundamentală tensiunii de ieșire 7.2.2. Analiza armonicilor tensiunii de ieșire 7.3. Inverter în semipunte cu modulație PWM sin – triunghi 7.4. Modulația PWM sin – triunghi cu coeficient de modulație m_a crescut 7.4.1. Injecția armonicilor 3 în tensiunea de referință 7.4.2. Injecția armonicilor 9 în tensiunea de referință 7.4.3. Legea de reglare PWM cu eșantionare naturală parțială	6		
8. Tehnici de modulație PWM cu eșantionare numerică 8.1. Tehnică de modulare PWM numerică cu eșantionare uniform simetrică 8.2 Microcontrolerul pe 16 biți, 8XC196MC în comanda motoarelor de curent alternativ. 8.2.1. Aplicații pentru motorul asincron 8.2.2. Aplicații pentru motorul sincron	6		
Bibliografie			
<p>[1] D. Alexa, D. Micu, <i>Invertoare și redresoare cu parametri energetici ridicați</i>, Editura Tehnică, București, 1986.</p> <p>[2] D. Alexa, O. Hrubaru, <i>Aplicații ale convertizoarelor statice de putere</i>, Editura Tehnică, București, 1989.</p> <p>[3] I. Boldea, S.A. Nasar, <i>Vector Control of AC Drives</i>; CRC Press, London, 1992.</p> <p>[4] B.K. Bose, <i>Power Electronics and AC Drives</i>; Prentice Hall, New Jersey 1986.</p> <p>[5] B.K. Bose, <i>Microcomputer Control of Power Electronics and Drives</i>; IEEE Press ISBN 0-87942-219-x.</p> <p>[6] B.K. Bose, <i>Modern Power Electronics</i>, IEEE Press, 1993.</p> <p>[7] I. Chatelain, <i>Machines electriques Tome 1, 2</i>; Presses polytechniques romandes Impressions, Dumas, Saint Etienne 1989.</p> <p>[8] Yasuhiko Dote, Sakan Kinoshita, <i>Brushless Servomotors. Fundamentals and Applications</i>; Oxford (Science Publication) Clarendon Press, 1990.</p> <p>[9] T. Hans, <i>Asservissements numériques. Elements de cours et applications</i>. Eyrolles, Paris, 1991.</p> <p>[10] H.C.J. de Jong, <i>AC Motors Design. Rotating Magnetif Fields in a Changing Environment</i>; Hemisphere Publishing Corporation, Springer Verlag, New York, 1989.</p> <p>[11] A. Kelemen, <i>Sisteme de reglare cu orientare după câmp ale mașinilor de curent alternativ</i>. Ed. Academiei, București, 1989.</p> <p>[12] W. Leonhard, <i>Control of Electrical Drives</i>; Springer-Verlag, Berlin, 1990.</p> <p>[13] J. Lesenne, <i>Introduction a l'electrotechnique approfondie</i>, Editura Technique et Documentation, Paris, 1982.</p> <p>[14] <i>Les gammes de modules standard LEM. Catalog LEM-SA</i>, Geneve, Switzerland, 1993.</p> <p>[15] R. Măgureanu, <i>Convertizoare statice de frecvență în acționări cu motoare asincrone</i>, Editura Tehnică, București, 1985.</p> <p>[16] J.M.D. Murphy, F.G. Turnbull, <i>Power Electronic Control of AC Motors</i>; Pergamon Press, Oxford, 1988.</p> <p>[17] M. Riaz, <i>Computer-Aided Teaching of Electric Machines using MATLAB</i>, University of Minnesota, Minneapolis, USA.</p>			

- [18] Guy Séguier, Francis Labrique, *Les convertisseurs de l'électronique de puissance, La conversion continuu-alternatif*, vol 4, Technique et Documentation, Paris, 1989.
- [19] Guy Séguier, Francis Nottelet, *Electrotechnique Industrielle*, Technique et Documentation, Paris, 1982.
- [20] Sakae Yamamura, *Spiral Vector Theory of AC circuits and Machines*; Clarendon Press, Oxford 1992.
- [21] Sake Yamamura, *Motors for High-Performances Applications, Analysis and Control*; Marcel Dekker Inc, New York, 1986.
- [22] P. Vas, *Vector Control of AC Machines*; Oxford, (University Press) Clarendon Press, 1990.
- [23] P. Vas, *Electrical Machines and AC Drives. A Space Vector. Theory Approach*; Clarendon Press, Oxford, 1992
- [24] C. Filote and C. Ciufudean, *Robust-Adaptive Flux Observers in Speed Vector Control of Induction Motor Drives*, Chapter 13 in *Numerical Analysis-Theory and Application*, InTech, Croatia, 2011, ISBN 978-953-307-389-7, pp. 281-301, 2011;
- [25] C. Filote, A. Graur, „Sisteme de comandă și reglare ale mașinilor electrice. Mașina asincronă”, vol. I, Editura Universității din Suceava, ISBN 973+98389-8-7, 182 pag., 1998.

Bibliografie minimală

- [1] D. Alexa, D. Micu, *Invertoare și redresoare cu parametri energetici ridicați*, Editura Tehnică, București, 1986.
- [2] D. Alexa, O. Hrubaru, *Aplicații ale convertizoarelor statice de putere*, Editura Tehnică, București, 1989.
- [3] I. Boldea, S.A. Nasar, *Vector Control of AC Drives*; CRC Press, London, 1992.
- [4] A Kelemen, *Sisteme de reglare cu orientare după câmp ale mașinilor de curent alternativ*. Ed. Academiei, București, 1989.
- [5] W. Leonhard, *Control of Electrical Drives*; Springer-Verlag, Berlin, 1990.
- [6] B.K. Bose, *Power electronics and Motor Drives. Advances and trends*, Editura Esvier, 905 pag., ISBN 13: 978-0-12-088405-6, 2007;
- [7] C. Filote and C. Ciufudean, *Robust-Adaptive Flux Observers in Speed Vector Control of Induction Motor Drives*, Chapter 13 in *Numerical Analysis-Theory and Application*, InTech, Croatia, 2011, ISBN 978-953-307-389-7, pp. 281-301, 2011;
- [8] C. Filote, A. Graur, „Sisteme de comandă și reglare ale mașinilor electrice. Mașina asincronă”, vol. I, Editura Universității din Suceava, ISBN 973+98389-8-7, 182 pag., 1998.

Laborator	Nr. ore	Metode de predare	Observații
1. Securitatea și sănătatea în muncă	2	expunere considerații	
2. Caracteristicile statice ale mașinii asincrone. Metode de reglare a turației motorului asincron (programare MATLAB)	2	teoretice și practice, clarificare	
3. Determinarea experimentală a parametrilor interni ai motorului asincron cu rotor bobinat	2	conceptuală, activități pe grupe de lucru,	
4. Simularea funcționării mașinii asincrone în coordonate trifazate (programare MATLAB)	2	aplicații practice, aplicații	
5. Simularea funcționării mașinii asincrone în coordonate ortogonale D-Q (programare MATLAB). Corecția modelului mașinii asincrone luând în calcul efectul pelicular și saturația miezului	2	demonstrative, modelare matematică, răspunsuri întrebări,	
6. Simularea unui inverter trifazat de tensiune, cu punct median, cu modulație PWM analogică sin-triunghi (programare SPICE)	2	prelucrare date experimentale,	
7. Interfață pentru transductoare incrementale (TIRO) și absolute de poziție	2	sinteza cunoștințelor, concluzii, mini-proiecte	
8. Controlul static al cuplului unei mașini asincrone (algoritm U/F constant). Simulare MATLAB și implementare pe stand cu HEF 4752 (Philips)	2		
9. Algoritm de comandă numerică optimală (Patel&Hoft), a întrerupătoarelor unui inverter trifazat, implementat pe un sistem cu microcontroler 80C553	2		
10. Algoritm cu eșantionare numerică uniform simetrică, de comandă a întrerupătoarelor unui inverter trifazat, implementat pe un sistem cu microcontroler 80C553	2		
11. Generatoare monofazate și trifazate de tensiune. Transformări de sistem și axe directe și inverse (programare SIMULINK sub MATLAB)	2		
12. Transformări de sistem și axe (Clarke, Park, Concordia) cu coprocesorul vectorial AD2S100	2		
13. Modelul mașinii asincrone pentru comanda vectorială (programare SIMULINK sub MATLAB)	2		
14. Recapitulare și recuperare lucrări de laborator	2		

Bibliografie

- [1] D. Alexa, D. Micu, *Invertoare și redresoare cu parametri energetici ridicați*, Editura Tehnică, București, 1986.

- [2] D. Alexa, O. Hrubaru, *Aplicații ale convertizoarelor statice de putere*, Editura Tehnică, București, 1989.
- [3] I. Boldea, S.A. Nasar, *Vector Control of AC Drives*; CRC Press, London, 1992.
- [4] A Kelemen, *Sisteme de reglare cu orientare după câmp ale mașinilor de curent alternativ*. Ed. Academiei, București, 1989.
- [5] W. Leonhard, *Control of Electrical Drives*; Springer-Verlag, Berlin, 1990.
- [6] B.K. Bose, *Power electronics and Motor Drives. Advances and trends*, Editura Esevier, 905 pag., ISBN 13: 978-0-12-088405-6, 2007;
- [7] C. Filote and C. Ciufudean, *Robust-Adaptive Flux Observers in Speed Vector Control of Induction Motor Drives*, Chapter 13 in *Numerical Analysis-Theory and Application*, InTech, Croatia, 2011, ISBN 978-953-307-389-7, pp. 281-301, 2011;
- [8] C. Filote, A. Graur, „*Sisteme de comandă și reglare ale mașinilor electrice. Mașina asincronă*”, vol. I, Editura Universității din Suceava, ISBN 973+98389-8-7, 182 pag., 1998.

Bibliografie minimală

- [1] D. Alexa, D. Micu, *Invertoare și redresoare cu parametri energetici ridicați*, Editura Tehnică, București, 1986.
- [2] D. Alexa, O. Hrubaru, *Aplicații ale convertizoarelor statice de putere*, Editura Tehnică, București, 1989.
- [3] I. Boldea, S.A. Nasar, *Vector Control of AC Drives*; CRC Press, London, 1992.
- [4] A Kelemen, *Sisteme de reglare cu orientare după câmp ale mașinilor de curent alternativ*. Ed. Academiei, București, 1989.
- [5] W. Leonhard, *Control of Electrical Drives*; Springer-Verlag, Berlin, 1990.
- [6] B.K. Bose, *Power electronics and Motor Drives. Advances and trends*, Editura Esevier, 905 pag., ISBN 13: 978-0-12-088405-6, 2007;
- [7] C. Filote and C. Ciufudean, *Robust-Adaptive Flux Observers in Speed Vector Control of Induction Motor Drives*, Chapter 13 in *Numerical Analysis-Theory and Application*, InTech, Croatia, 2011, ISBN 978-953-307-389-7, pp. 281-301, 2011;
- [8] C. Filote, A. Graur, „*Sisteme de comandă și reglare ale mașinilor electrice. Mașina asincronă*”, vol. I, Editura Universității din Suceava, ISBN 973+98389-8-7, 182 pag., 1998.

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

- Conținutul cursului și al laboratorului sunt în concordanță cu conținutul disciplinelor similare de la programele de studiu Electronica Aplicata de la alte universități din țară și străinătate.
 - Universitatea Tehnică Gheorghe Asachi din Iași
 - Universitatea Politehnică Bucuresti
 - Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca
 - University of Minnesota, USA
 - Technische Universitat Darmstadt, Germany

10. Evaluare

Tip activitate	Criterii de evaluare	Metode de evaluare	Pondere din nota finală
Curs	Participarea activă în timpul cursurilor	<i>evaluare continuă</i>	20
	Identificarea corectă a blocurilor componente din schemele convertoarelor de putere și cunoașterea funcționalității lor	Evaluare prin probă finală scrisă și orală	30
Laborator	Participarea activă în timpul lucrărilor practice	<i>evaluare continuă</i> (prin metode orale și probe practice)	10
	Demonstrarea cunoașterii funcționării echipamentelor de laborator	<i>evaluare sumativă</i> Test 1 Test 2	40 din care: 20 20

Standarde de performanță

Standarde minime pentru nota 5:

Nota pe parcurs minim 5 (note teste și mini-proiect minim 5)

Nota la examen minim 5:

- la componenta Aplicații, de la examenul oral, (3 pct.).
- prezența la curs/sau compensare prin mini-proiecte (2 pct.):

Standarde minime pentru nota 10:

Nota pe parcurs peste 9 (media notelor la teste și mini-proiecte peste 9).

Nota la examen peste 9:

- la componenta Aplicații, de la examenul oral trebuie identificate corect blocurile componente din schemele convertoarelor de putere (3 pct.);
- la componenta Aplicații, de la examenul oral studentul trebuie să cunoască funcționarea blocurilor componente (2 pct.);

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">- la componenta Aplicații, de la examenul oral studentul va demonstra că știe să proiecteze elementele blocurilor componente (3 pct.);- prezența la curs/sau compensare prin mini-proiecte (2 pct.). |
|---|

Data completării	Semnătura titularului de curs	Semnătura titularului de aplicație
20.09.2020		

Data avizării în departament	Semnătura directorului de departament
25.09.2020	

Data aprobării în consiliul facultății	Semnătura decanului
01.10.2020	