

## FIȘA DISCIPLINEI

### 1. Date despre program

Instituția de învățământ superior	Universitatea „Ștefan cel Mare” Suceava
Facultatea	Inginerie Electrică și Știința Calculatoarelor
Departamentul	Electrotehnică
Domeniul de studii	Inginerie Electrică
Ciclul de studii	Masterat
Programul de studii/calificarea	Tehnici avansate în mașini și acționări electrice

### 2. Date despre disciplină

Denumirea disciplinei	<b>MODELAREA CONVERTOARELOR STATICE</b>				
Titularul activităților de curs	prof. dr. ing. Constantin Filote				
Titularul activităților de seminar	prof. dr. ing. Constantin Filote				
Anul de studiu	I	Semestrul	1	Tipul de evaluare	E
Regimul disciplinei	Categorია formativă a disciplinei DSI – Discipline de sinteză; DAP – Discipline de aprofundare				DSI
	Categorია de opționalitate a disciplinei: DO - obligatorie (impusă), DA - opțională (la alegere), DL - facultativă (liber aleasă)				DO

### 3. Timpul total estimat (ore alocate activităților didactice)

I.a) Număr de ore, pe săptămână	2	Curs	1	Seminar	0	Laborator	1	Proiect	0
I.b) Totalul de ore (pe semestru) din planul de învățământ	28	Curs	14	Seminar	0	Laborator	14	Proiect	0

II. Distribuția fondului de timp pe semestru	ore
II.a) Studiul după manual, suport de curs, bibliografie și notițe	33
II.b) Documentare suplimentară în bibliotecă, pe platformele electronice de specialitate și pe teren	31
II.b) Pregătire seminarii/laboratoare, teme, referate, portofolii și eseuri	30
II.d) Tutoriat	
III. Examinări	3
IV. Alte activități: pregătire activitati stiintifice	

Total ore studiu individual II (a+b+c+d)	94
Total ore pe semestru (I+II+III+IV)	125
Numărul de credite	5

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

Curriculum	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acționări electrice, Comanda numerică a SAE, Mașini electrice</li> </ul>
Competențe	<ul style="list-style-type: none"> <li>•</li> </ul>

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

Desfășurare a cursului	- retroproiector/ videoproiector; - laptop	
Desfășurare aplicații	Seminar	• -
	Laborator	- retroproiector/ videoproiector; - laptop - hârtie pentru materiale imprimate în cadrul laboratoarelor
	Proiect	• -

### 6. Competențe specifice acumulate

Competențe profesionale	<ul style="list-style-type: none"> <li>• C2. Operarea cu concepte și tehnici avansate din domeniul masinilor și acionarilor electrice</li> </ul>
Competențe transversale	<ul style="list-style-type: none"> <li>•</li> </ul>

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

Obiectivul general al disciplinei	<p>Sunt prezentate direcțiile noi în modelarea convertoarelor de putere, la nivelul principiilor de bază, precum și modul de implementare a lor în aplicațiile industriale.</p> <p>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.</p> <p>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.)</p>
Obiective specifice	<p><b>1.Cognitive</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cunoașterea principalelor tipuri de invertoare și aplicațiile acestora;</li> <li>• Cunoașterea tehnicilor de comandă a invertoarelor de tip <math>\pi</math> radiani și PWM;</li> <li>• Modelarea invertoarelor și motoarelor de curent alternativ ca sarcini ale acestora;</li> <li>• Proiectarea și dimensionarea circuitelor de comandă, protecție și a invertoarelor de putere;</li> <li>• Dobândirea și dezvoltarea abilităților practice în acționări cu motoare de curent continuu, curent alternativ comandate după algoritmi vectoriali;</li> <li>• Explicarea comportării dispozitivelor de putere în aplicații de curenți tari;</li> <li>• Interpretarea caracteristicilor electrice de catalog în vederea unei protecții componentelor și echipamentelor de putere;</li> <li>• Interpretarea și analiza schemelor de comandă, a părții de forță, a algoritmilor de control, a formelor de undă măsurate pe standuri de evaluare performanțe.</li> </ul> <p><b>2. Tehnice / Profesionale</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Proiectarea unui circuit de protecție a tranzistoarelor funcționând pe sarcini inductive;</li> <li>• Proiectarea driverelor de comandă a întrerupătoarelor de putere;</li> <li>• Sinteza invertoarelor pornind de la principii de funcționare;</li> <li>• Proiectarea algoritmilor de comandă PWM analogică, numerică și optimală;</li> <li>• Elaborarea modelului dinamic a unui convertor static de frecvență comandat SVPWM;</li> </ul> <p><b>3. Atitudinale</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Manifestarea interesului spre dezvoltarea aptitudinilor practice, de înțelegere și interpretare a schemelor pentru diferite variante de convertizoare;</li> <li>• Promovarea rigorii științifice atât față de prezentarea principiilor de proiectare, control, comandă cât și pentru interpretarea corectă a mărimilor măsurate;</li> <li>• Promovarea unui ritm de studiu susținut prin competiție la nivelul semigrupului de lucru;</li> <li>• Promovarea aprecierii studenților pe baza orientării lor pe scheme industriale de echipamente de putere.</li> </ul>

8. **Conținuturi**

Curs	Nr. ore	Metode de predare	Observații
<p><b>CAP I</b> Noțiuni introductive</p> <p>1.1 Problematika modelării convertoarelor de putere</p> <p>1.2 Programe de simulare a dispozitivelor și convertoarelor de putere</p>	1h	expunere orală, clarificare conceptuală, expunere, conversație, exemplificare.	
<p><b>CAP II</b> Metode de modelare și analiză a circuitelor electronice de putere</p> <p>2.1 Metoda liniară</p> <p>2.2 Metoda hibridă</p> <p>2.3 Metoda ecuațiilor de stare</p> <p>2.4 Utilizarea transformatei Laplace</p>	2h	expunere orală, clarificare conceptuală, expunere, conversație, exemplificare.	

2.5 Analiza în variabile complexe 2.6 Analiza cu vectori spațiali (transformarea Park) 2.7 Modelarea pe baza eșantioanelor discrete 2.8 Modelarea pe baza rețelelor Petri			
<b>CAP III.</b> Modelarea componentelor de putere ca întrerupătoare uni/bidirecționale de curent/tensiune	1h	expunere orală, clarificare conceptuală, expunere, conversație, exemplificare.	
<b>CAP IV.</b> Modelarea invertoarelor de tensiune trifazate 4.1 Considerații generale 4.2 Funcționarea invertoarelor de tensiune trifazate 4.2.1. Condiții impuse regimului de funcționare în inverter 4.2.2. Comanda simetrică a inverterului (la $\pi$ radiani) 4.3. Analiza spectrală a tensiunilor de ieșire 4.3.1 Tensiunea de linie de tip $U_{AB}$ 4.3.2. Tensiunea de fază $v'_A$ 4.3.3. Spectrul curentului de intrare și puterea transmisă sarcinii	2h	expunere orală, clarificare conceptuală, expunere, conversație, exemplificare.	
<b>CAP V.</b> Modelarea tehnicilor de comandă a invertoarelor prin histerezis 5.1. Secvența de comandă a întrerupătoarelor prin histerezis analogic 5.2. Metoda de comandă a întrerupătoarelor prin histerezis numeric 5.3. Traductoare cu efect Hall în bucle de reglare cu histerezis	1h	expunere orală, clarificare conceptuală, expunere, conversație, exemplificare.	
<b>CAP VI.</b> Modelarea tehnicii de modulației PWM optime (Patel&Hoft) 3 ore 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 optimă a unui inverter trifazat de tensiune	2h	expunere orală, clarificare conceptuală, expunere, conversație, exemplificare.	
<b>CAP VII.</b> Modelarea tehnicii de modulație PWM cu eșantionare analogică 4 ore 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. Modelul inverterului 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	2h	expunere orală, clarificare conceptuală, expunere, conversație, exemplificare.	
<b>CAP VIII</b> Modelarea tehnicilor 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 8.2.3. Aplicații pentru un motor pas cu pas.	1h	expunere orală, clarificare conceptuală, expunere, conversație, exemplificare.	
<b>CAP IX.</b> Modelarea controlului vectorial al mașinilor electrice de curent alternativ 9.1. Mașina generalizată a lui Kron. Analogia dintre mașina de curent continuu și cea de curent alternativ 9.2. Bazele principiului de comandă vectorială a mașinii asincrone 9.3. Modelarea sistemului de comandă vectorială cu orientare după flux ale mașinilor asincrone 9.4. Modelul controlului vectorial al mașinii asincrone de tip	2h	expunere orală, clarificare conceptuală, expunere, conversație, exemplificare.	

<p>“sensorless”.</p> <p>9.5. Modelarea tehnici de modulație PWM în comanda vectorială a motoarelor asincrone (SVPWM).</p> <p>9.6 Modelarea transformărilor de sistem și axe. Coprocesorul vectorial AD2S100 în comanda vectorială a motoarelor asincrone</p>			
<p><b>Bibliografie</b></p>			
<p>[1] C. Filote, A. Graur, <i>Sisteme de comandă și reglare ale mașinilor electrice. Mașina asincronă</i>, vol.1, Editura Universității din Suceava, ISSN- 973-98389-8-7, 182 pag. , 1998.</p> <p>[2] H. Akagi, E.H. Watanabe, M. Aredes, <i>Instantaneous Power Theory and Applications to Power Conditioning</i>, IEEE Press, ISBN 978-0-470-10761-4, 2007</p> <p>[3] R. Teodorescu, M. Liserre, P. Rodriguez, <i>Grid converters for photovoltaic and wind power systems</i>, John Wiley &amp; Sons, 2011</p> <p>[4] D. Alexa, D. Micu, <i>Invertoare și redresoare cu parametri energetici ridicați</i>, Editura Tehnică, București, 1986.</p> <p>[5] D. Alexa, O. Hrubaru, <i>Aplicații ale convertizoarelor statice de putere</i>, Editura Tehnică, București, 1989.</p> <p>[6] I. Boldea, S.A. Nasar, <i>Vector Control of AC Drives</i>; CRC Press, London, 1992.</p> <p>[7] B.K. Bose, <i>Power Electronics and Motors Drives</i>; Academic Press , Elsevier, ISBN 13: 978-0-12-088405-6, ISBN 10: 0-12-088405, 2006.</p> <p>[8] B.K. Bose, <i>Power Electronics and AC Drives</i>; Prentice Hall, New Jersey 1986.</p> <p>[9] B.K. Bose, <i>Microcomputer Control of Power Electronics and Drives</i>; IEEE Press ISBN 0-87942-219-x.</p> <p>[10] B.K.Bose, <i>Modern Power Electronics</i>, IEEE Press, 1993.</p> <p>[11] T. Hans, <i>Asservissements numeriques. Elements de cours et applications</i>. Eyrolles, Paris, 1991.</p> <p>[12] A Kelemen, <i>Sisteme de reglare cu orientare după câmp ale mașinilor de curent alternativ</i>. Ed.Academiei, București, 1989.</p> <p>[13] W. Leonhard, <i>Control of Electrical Drives</i>; Springer-Verlag, Berlin, 1990.</p> <p>[14] R. Măgureanu, <i>Convertizoare statice de frecvență în acționări cu motoare asincrone</i>, Editura Tehnică, București, 1985.</p> <p>[15] J.M.D. Murphy, F.G. Turnbull, <i>Power Electronic Control of AC Motors</i>; Pergamon Press, Oxford, 1988.</p> <p>[16] Guy Séguier, Francis Labrique, <i>Les convertisseur de l'electronique de puissance, La conversion continuu-alternatif</i>, vol 4, Technique et Documentation, Paris, 1989.</p> <p>[17] Guy Séguier, Francis Nottelet, <i>Electrotechnique Industrielle</i>, Technique et Documentation, Paris, 1982.</p> <p>[18] Sakae Yamamura, <i>Spiral Vector Theory of AC circuits and Machines</i>; Clarendon Press, Oxford 1992.</p> <p>[19] Sake Yamamura, <i>Motors for High-Performances Applications, Analysis and Control</i>; Marcel Dekker Inc, New York, 1986.</p> <p>[20] P. Vas, <i>Vector Control of AC Machines</i>; Oxford, (University Press) Clarendon Press, 1990.</p> <p>[21] P. Vas, <i>Electrical Machines and AC Drives. A Space Vector. Theory Approach</i>; Clarendon Press, Oxford, 1992.</p>			

Aplicații (Laborator) (se vor alege 7 din cele 14 aplicații)	Nr. ore	Metode de predare	Observații
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Simularea unui inverter trifazat de tensiune, cu punct median, cu modulație PWM analogică sin-triunghi (programare SPICE).</li> <li>2. Simularea unui inverter trifazat de tensiune, cu punct median, cu modulație PWM analogică sin-triunghi (programare Simulink sub MATLAB).</li> <li>3. Calculul off-line a modulației PWM optimale Patel-Hoft pentru eliminarea a M-1armonici din spectrul tensiunii de ieșire (MATLAB).</li> <li>4. Calculul off-line a modulației PWM optimale Patel-Hoft pentru fixarea fundamentalei și eliminarea M-1 armonici din spectrul tensiunii de ieșire (MATLAB).</li> <li>5. Transformari de sistem (TS32 și TS23), de axe și transformarea într-o axă (Simulink)</li> <li>6. Simularea funcționării mașinii asincrone în coordonate trifazate (MATLAB).</li> <li>7. Simularea funcționării mașinii asincrone în coordonate ortogonale D-Q (MATLAB).</li> <li>8. Controlul static al cuplului unei mașini asincrone (algoritm U/F constant) cu HEF4752-Philips.</li> <li>9. Sistem cu microcontrolerul 80C553 în comanda numerică a unui inverter trifazat. Algoritm Patel&amp;Hoft.</li> <li>10. Sistem cu microcontrolerul 80C553 în comanda numerică a unui inverter trifazat. Algoritm cu eșantionare numerică.</li> <li>11. Sistem de dezvoltare cu microcontrolerul 80C196MC pentru comanda motorului asincron.</li> <li>12. Transformări de axe (Clarke, Park, Concordia) cu coprocesorul vectorial AD2S100.</li> <li>13. Implementarea algoritmilor de control vectorial ale mașinii asincrone cu DS</li> </ol>	14h	activități de grup si individuale simulari studiu de caz, dezbateri descoperire dirijată.	

1104 (dSPACE)			
14. Implementarea algoritmilor de control vectorial a mașinii asincrone cu MCK 28335 Kit C Pro-MS(IM) (Technosoft International).			
15. Evaluare și recuperare lucrări de laborator.			
<b>Bibliografie</b>			
[1] C. Filote, A. Graur, <i>Sisteme de comandă și reglare ale mașinilor electrice. Mașina asincronă</i> , vol.1, Editura Universității din Suceava, ISBN- 973-98389-8-7, 182 pag., 1998.			
[2] D. Neacșu, V. Donescu, Cr. Neacșu, <i>Simularea, modelarea și analiza convertoarelor de putere</i> , Gh. Asachi, Iași, 1999.			
[3] M. Riaz, <i>Computer-Aided Teaching of Electric Machines using MATLAB</i> , University of Minnesota, Minneapolis, USA, 2015.			
[4] R. Teodorescu, M. Liserre, P. Rodriguez, <i>Grid converters for photovoltaic and wind power systems</i> , John Wiley & Sons, 2011			
[5] Dumitru, L., Iordache, M. – <i>Simularea numerică a circuitelor analogice cu programul PSPICE</i> , Editura Matrix Rom, București, 2006, ISBN 973-755-054-4.			
[6] B. D. Hahn, D. T. Valentine, <i>Essential MATLAB for Engineers and Scientists</i> , 3rd edition, Elsevier, ISBN 13: 978-0-75-068417-0, ISBN10: 0-75-068417-8, 2007.			
[7] C. Filote, <i>Algoritmi de comandă PWM</i> – facicule pentru lucrări de laborator.			
[8] <i>Les gammes de modules standard LEM. Catalog LEM-SA</i> , Geneve, Switzerland, 1993.			

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

<ul style="list-style-type: none"> <li>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.             <ol style="list-style-type: none"> <li>Universitatea Tehnică Gheorghe Asachi din Iași, Masterat: Conversia energiei și controlul mișcării</li> <li>Universitatea Politehnică Bucuresti</li> <li>Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca</li> <li>University of Minnesota, USA</li> </ol> </li> </ul>
---

10. **Evaluare**

Tip activitate	Criterii de evaluare	Metode de evaluare	Pondere din nota finală
Curs	Insusirea cunostentelor teoretice prezentate in cadrul cursurilor	- examen oral	50%
Laborator	Realizarea sarcnilor de lucru specifice disciplinei prin aplicarea cadrului teoretic Implicare si atitudine adecvata in activitatile de laborator	- activitati aplicative: laborator - probe de evaluare: teste, miniproiecte	50%

Standard minim de performanță

**Standarde minime pentru nota 5:**

1. Nota pe parcurs minim 5 (note test, referat și tema aplicativă minim 5)

2. Nota la examen minim 5:

- la componenta Aplicații de la examenul oral, trebuie trebuie făcută dovada înțelegerii aplicației și a abilităților practice în utilizarea mediilor de modelare/simulare (**3 pct.**).



- prezența la curs/sau compensare prin mini-proiecte (**2 pct.**):

**Standarde minime pentru nota 10:**

1. Capacitate de sinteză, raționament corect și însușirea corectă a tehnicilor PWM, interpretarea corectă a topologiilor de convertizoare statice de frecvență, abilități în modelarea mașinilor, invertoarelor de putere. Mod personal de abordare și interpretare, (**5 pct.**).

2. Abilități, cunoștințe certe și profund argumentate în răspunsurile la întrebările privind aplicația (**3 pct.**).

3. Prezența la orele de curs (minim 10 prelegeri) sau abilități practice demonstrate în rezolvarea mini-proiecte sau temelor de casă (**2 pct.**).

Data completării	Semnătura titularului de curs	Semnătura titularului de aplicație
24.09.2020		

Data avizării în departament	Semnătura directorului de departament
25.09.2020	

Data aprobării în Consiliul academic	Semnătura decanului
01.10.2020	