

**FACULTATEA CALCULATOARE, INFORMATICĂ ȘI MICROELECTRONICĂ  
DEPARTAMENTUL INGINERIA SOFTWARE ȘI AUTOMATICĂ**

**APROBAT**

la ședința Departamentului ISA

nr. \_\_\_\_\_ din \_\_\_\_\_

Șef departament

**FIODOROV Ion**

conf. univ., dr.

---

**APROBAT**

la ședința Consiliului Facultății CIM

nr. \_\_\_\_\_ din \_\_\_\_\_

Președintele Consiliului CIM

**CIORBĂ Dumitru,**

conf. univ., dr.

---

**COORDONAT**

Șef departament \_\_\_\_\_

---

conf. univ., dr.

---

**Program de studii:** 0714.6 Automatică și Informatică

**Cod, Denumirea modului:** S.O.003 Sisteme automate neliniare și discrete

**Beneficiari:** Studenții anului III, învățământ cu frecvență

**Ciclul de învățământ:** Studii superioare de Licență, ciclul I

**Numărul de credite ECTS:** 4 (60 ore în auditoriu și 60 ore de activități individuale ale studentului, 1 credit = 15 ore de activități în auditoriu și 15 ore de activități individuale ale studentului)

**Titularul disciplinei**

IZVOREANU Bartolomeu

*Nume, prenume, semnătura titularului*

## 1 PRELIMINARII

*Scopul, obiectivele, sarcinile de bază ale cursului:*

Interesul pentru Teoria sistemelor automate a crescut considerabil în ultimii ani. Motivațiile acestui fapt trebuie căutate în numeroasele aplicații pe care disciplina le are în următoarele domenii: modelarea proceselor industriale în scopul cunoașterii acestora și al conducerii lor; comanda automată în sisteme tehnice. Disciplinele pe care este bazat cursul de studiere sunt Matematica, Fizica, Mecanica, Circuite și dispozitive electronice, Circuite integrate, Traductoare și măsurări, Teoria sistemelor automate, Mașini electrice și acționări, Modelare și Identificare

*Scopul principal al cursului Sisteme automate neliniare și discrete* ca disciplină reprezintă tratarea principalelor aspecte aplicative ale teoriei sistemelor automate pentru rezolvarea problemelor specifice de proiectare și analiză a soluțiilor și a strategiilor pentru conducerea (reglarea) proceselor, cât și aspectele practice ale alegerii echipamentelor și elaborarea produselor program pentru implementarea strategiilor de conducere (reglare) în timp continuu și discret.

*Obiectivele principale* ale cursului sunt orientate la determinarea modelelor matematice ale elementelor funcționale și ale sistemului automat, studierea metodelor de analiză a stabilității și performanțelor pentru diferite structuri de sisteme de reglare automată.

Unitatea de curs *Sisteme automate neliniare și discrete* este inclusă în categoria unităților de curs de specialitate pentru studenții Programului de studiu 0714.6 Automatică și Informatică. Consolidarea materialului teoretic și obținerea abilităților practice se realizează în procesul de realizare a lucrărilor de laborator și lucrului individual la realizare proiectelor de curs și de licență.

Obiectivele principale ale cursului *Sisteme automate neliniare și discrete* reprezintă formarea la studenți a următoarelor abilități:

Înțelegerea principiilor de funcționare ale elementelor funcționale și a sistemului automat neliniar și discret.

Înțelegerea problemelor teoriei sistemelor automate neliniare și discrete cu evidențierea tuturor aspectelor conceptuale și aplicative.

Obținerea modelelor matematice ale elementelor funcționale ale sistemului automat neliniar și discret.

Obținerea modelelor matematice ale sistemului automat neliniar și discret.

Familiarizarea cu diferitele structuri de sisteme automate neliniare și discrete și diferite echipamente.

Analizarea stabilității sistemelor automate neliniare și discrete.

Determinarea performanțelor sistemului automat neliniar și discret.

Cursul este orientat spre pregătirea specialiștilor de o calificare înaltă în domeniul proiectării sistemelor cu conducere (reglare) automată, care vor activa în diferite organizații și întreprinderi industriale.

## 2 PRECONDIȚII DE ACCES LA DISCIPLINĂ/MODUL:

*Pentru a atinge obiectivele cursului studenții trebuie să posede cunoștințe:* abilități de identificare a modelelor matematice ale proceselor industriale ca obiecte de reglare, alegerea și dimensionarea elementelor și echipamentelor sistemului de reglare automată, să cunoască proprietățile și parametrii obiectelor de reglare și ale elementelor și echipamentelor sistemului automat. Să cunoască caracteristicile statice și dinamice ale sistemului de reglare automată și metodele de analiză a stabilității și performanțelor sistemului automat neliniar și discret.

## 3 COMPETENȚELE CARE URMEAZĂ A FI DEZVOLTATE

Disciplina/modulul prevede formarea următoarelor competențe profesionale și transversale:

### ***Se descriu competențele conform planului de învățământ al programului de studii***

Competențele obținute de această unitate de curs vor fi utilizate în cadrul studierii disciplinelor de specialitate, proiectării de licență și proiectării sistemelor de reglare automată.

Unitatea de curs prevede formarea următoarelor competențe profesionale și transversale:

**CP1.** Utilizarea de cunoștințe de matematică, fizică, tehnica măsurării, grafică inginerescă, mecanică, electrotehnică și electronică în ingineria sistemelor automate.

Utilizarea în comunicarea profesională a conceptelor, teoriilor și metodelor științelor fundamentale folosite în ingineria sistemelor automate.

Explicarea temelor de rezolvat și argumentarea soluțiilor din ingineria sistemelor, prin utilizarea tehnicilor, conceptelor și principiilor din matematică, fizică, grafică inginerescă, inginerie electrică și electronică.

Rezolvarea problemelor uzuale din domeniul ingineriei sistemelor prin identificarea de tehnici, principii, metode adecvate și prin aplicarea matematicii, cu accent pe metodele de calcul numeric.

Aprecierea potențialului, avantajelor și dezavantajelor unor metode și procedee din domeniul ingineriei sistemelor, a nivelului de documentare științifică al proiectelor și al consistenței aplicațiilor folosind tehnici matematice și alte metode științifice.

Elaborarea de proiecte în domeniul ingineriei sistemelor, selectând și aplicând metode matematice și alte metode științifice specific domeniului.

**CP3.** Utilizarea fundamentelor automatizării, a metodelor de modelare, simulare, identificare și analiză a proceselor, a tehnicilor de proiectare asistată de calculator.

Identificarea conceptelor fundamentale ale teoriei sistemelor, ingineriei reglării automate, a principiilor de bază din modelare și simulare, precum și a metodelor de analiză a proceselor, în scopul explicării problemelor de bază din domeniu.

Explicarea și interpretarea problemelor de automatizare a unor tipuri de procese prin aplicarea fundamentelor automatizării, a metodelor de modelare, identificare, simulare și analiza proceselor, precum și a tehnicilor de proiectare asistată de calculator.

Rezolvarea unor tipuri de probleme de conducere prin: folosirea de metode și principii de modelare, elaborarea de scenarii de simulare, aplicarea de metode de identificare și de analiză a unor procese (inclusiv procese tehnologice) și sisteme.

Evaluarea performanțelor sistemelor automate, a punctelor tari și punctelor slabe (analiza SWOT) ale proiectelor, a consistenței metodelor și fundamentărilor teoretice.

Configurarea și implementarea sistemelor de conducere a proceselor industriale, roboților și liniilor de fabricație flexibile, precum și alegerea echipamentelor, acordarea și punerea în funcțiune a structurilor aferente.

**CP4.** Proiectarea, implementarea, testarea, utilizarea și mentenanța sistemelor cu echipamente de uz general și dedicat, inclusiv rețele de calculatoare, pentru aplicații de automată și informatică aplicată.

Definirea cu ajutorul principiilor de funcționare și proiectare, a cerințelor standardelor aplicabile și a metodelor de implementare, testare, mentenanță și exploatare a echipamentelor folosite în aplicațiile de automată și informatică aplicată.

Explicarea și interpretarea metodelor de proiectare, implementare, testare, utilizare și mentenanță a echipamentelor de uz general și dedicat, folosite pentru aplicații de conducere automată și de informatică aplicată.

Rezolvarea de probleme practice de monitorizare și conducere automată și de probleme de informatică aplicată prin utilizarea și adaptarea de echipamente (analogice și numerice) și prin folosirea de tehnologii informatice.

Evaluarea prin monitorizare, diagnoză, analiză de date experimentale, în concordanță cu standarde specifice de performanță a activităților de proiectare, implementare, testare-validare, exploatare și mentenanță a echipamentelor și rețelelor de calculatoare folosite pentru conducere automată și aplicații de informatică.

Elaborarea și implementarea de proiecte tehnice pentru sisteme automate și informatice, care înglobează echipamente (numerice și analogice) de uz general și dedicat, inclusiv rețele de

calculatoare.

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

**CT1.** Aplicarea, în contextul respectării legislației, a drepturilor de proprietate intelectuală (inclusiv transfer tehnologic), a metodologiei de certificare a produselor, a principiilor, normelor și valorilor codului de etică profesională în cadrul propriei strategii de muncă riguroasă, eficientă și responsabilă.

**CT2.** Identificarea rolurilor și responsabilităților într-o echipă plurispecializată, luarea deciziilor și atribuirea de sarcini, cu aplicarea de tehnici de relaționare și muncă eficientă în cadrul echipei.

**CT3.** Identificarea oportunităților de formare continuă și valorificarea eficientă a resurselor și tehnicilor de învățare pentru propria dezvoltare.

#### 4 ADMINISTRAREA DISCIPLINEI/MODULULUI

Cod	Anul	Semestrul	Numărul de ore						Credite
			Curs	Seminar	Lucrări de laborator	Lucrări practice	Proiectare	Lucrul individual	
	<b>Învățământ cu frecvență</b>								
	3	5	36		24			60	4

## 5 REZULTATELE ÎNVĂȚĂRII, CONȚINUTURI ȘI METODE DIDACTICE APLICATE

Rezultatele învățării. Studentul trebuie:	Conținuturi		Metode de predare	Realizarea în timp (ore)					
	Curs	Seminare/lucrări practice/lucrări de laborator		învățământ cu frecvență			învățământ cu frecvență redusă		
				curs	sem	pr/lab	curs	sem	pr/lab
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<p><b>În rezultatul însușirii temei studentul trebuie:</b></p> <p><b>Să cunoască:</b> Scopul și obiectivele disciplinei. Structuri de sisteme automate neliniare. Elementele funcționale. Tipurile de neliniarități. Modele matematice ale sistemului automat neliniar.</p> <p><b>Să fie capabil:</b> Să prezinte structuri de sisteme automate neliniare. Să prezinte tipurile de neliniarități. Să prezinte modele matematice pentru sisteme automate neliniare.</p>	<p><b>T1. Structuri de sisteme automate neliniare și discrete</b> Elementele funcționale ale sistemului. Modelele matematice ale sistemelor automate neliniare și discrete</p>		<p><b>Pentru prelegeri:</b> expunerea, modelarea de situații problematizate, învățarea prin cooperare, conversație</p>	2		-			
<p><b>Să cunoască:</b> Metode de analiză a proprietăților sistemului neliniar. Metoda planul fazelor. Determinarea regimului alunecător în sistemul neliniar. Sisteme cu structură variabilă.</p> <p><b>Să fie capabil:</b></p>	<p><b>T2. Metoda planului fazelor.</b> Ecuația diferențială și variabilele de stare. Modelul matematic al sistemului neliniar în planul fazelor. Regimul alunecător al sistemului. Sisteme cu structură variabilă.</p>	<p><b>Lucrarea de laborator 1 Planul fazelor sistemului automat.</b> <b>Lucrarea de laborator 2</b> Regimul alunecător al sistemului automat.  <b>Lucrarea de laborator 3.</b> Corecția sistemelor automate neliniare.</p>	<p><b>Pentru prelegeri:</b> expunerea, modelarea de situații problematizate, învățarea prin cooperare, conversație</p> <p><b>Pentru laborator:</b> învățarea prin simularea pe</p>	2		-/4			

Rezultatele învățării. Studentul trebuie:	Conținuturi		Metode de predare	Realizarea în timp (ore)					
	Curs	Seminare/lucrări practice/lucrări de laborator		învățământ cu frecvență			învățământ cu frecvență redusă		
				curs	sem	pr/lab	curs	sem	pr/lab
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Să aplice modelele matematice pentru descrierea elementelor neliniare și sistemelor automate neliniare. Să aplice metoda planului fazelor de analiză a stabilității sistemelor automate neliniare.</i>			calculator, analiza rezultatelor și performanțelor obținute.						
<b>Să cunoască:</b> <i>Metoda funcției de descriere. Determinarea autooscilațiilor sistemului cu o neliniaritate în planul Mihailov. Determinarea autooscilațiilor sistemului cu o neliniaritate în planul Nyquist.</i>  <b>Să fie capabil:</b> <i>Să aplice metoda funcției de descriere a sistemului neliniar. Să analizeze stabilitatea sistemelor automate neliniare. Să determine autooscilațiile sistemului automat neliniar cu o neliniaritate în planul Mihailov și în planul Nyquist.</i>	<b>T3. Metoda funcției de descriere.</b> Determinarea autooscilațiilor. Analiza stabilității sistemului neliniar în planul Mihailov și Nyquist	<b>Lucrarea de laborator 4.</b> Analiza sistemelor automate neliniare prin metoda funcției de descriere.	<b>Pentru prelegeri:</b> expunerea, modelarea de situații problematizate, învățarea prin cooperare, conversație  <b>Pentru laborator:</b> învățarea prin simularea pe calculator, analiza rezultatelor și performanțelor obținute.	4		-/6			
<b>Să cunoască:</b> <i>Metoda funcțiilor Liapunov pentru sistemul neliniar. Metoda Lurie pentru sistemul neliniar. Criteriul Popov de stabilitate absolută a sistemului automat neliniar.</i>	<b>T4. Stabilitatea absolută a sistemelor neliniare:</b> Metoda funcțiilor Liapunov. Metoda Lurie. Criteriul de stabilitate absolută V.M. Popov.		<b>Pentru prelegeri:</b> expunerea, modelarea de situații problematizate, învățarea prin cooperare, conversație	4		-			

Rezultatele învățării. Studentul trebuie:	Conținuturi		Metode de predare	Realizarea în timp (ore)					
	Curs	Seminare/lucrări practice/lucrări de laborator		învățământ cu frecvență			învățământ cu frecvență redusă		
				curs	sem	pr/lab	curs	sem	pr/lab
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<p><b>Să fie capabil:</b>  <i>Să aplice metoda funcțiilor Liapunov pentru analiza sistemul neliniar.</i>  <i>Să aplice metoda Lurie pentru analiza sistemul neliniar.</i>  <i>Să aplice criteriul Popov de stabilitate absolută a sistemul neliniar.</i></p>									
<p><b>Să cunoască:</b>  <i>Scheme funcționale și structurale ale sistemelor discrete.</i>  <i>Elementele funcționale ale sistemului cu eșantionare.</i>  <i>Elementul de reșinere.</i>  <i>Momele matematice ale sistemului cu eșantionare.</i></p> <p><b>Să fie capabil:</b>  <i>Să obțină modelele matematice ale elementelor funcționale ale sistemului.</i>  <i>Să determine modelul matematic al sistemului cu eșantionare</i></p>	<p><b>T5. Structuri de sisteme automate discrete.</b>  Elementele funcționale ale sistemului discret.  Modelele matematice ale sistemelor automate cu eșantionare</p>	<p><b>Lucrarea de laborator nr. 5.</b>  Analiza sistemelor automate discrete.</p>	<p><b>Pentru prelegeri:</b>  expunerea, modelarea de situații problematizate, învățarea prin conversație</p> <p><b>Pentru laborator:</b>  învățarea prin simularea pe calculator, analiza rezultatelor și performanțelor obținute</p>	6		-/4			
<p><b>Să cunoască:</b>  <i>Noțiune de stabilitate a sistemului cu eșantionare.</i>  <i>Condițiile necesare și suficiente de stabilitate a sistemului cu eșantionare.</i>  <i>Criteriile de stabilitate Routh, Hurwitz, Mihailov, Nyquist.</i></p> <p><b>Să fie capabil:</b></p>	<p><b>T6. Stabilitatea sistemelor automate cu eșantionare:</b>  Condiții de stabilitate a sistemului cu eșantionare.  Criterii algebrice și frecvențiale de stabilitate</p>		<p><b>Pentru prelegeri:</b>  expunerea, modelarea de situații problematizate, învățarea prin cooperare, conversație</p>	2		-			

Rezultatele învățării. Studentul trebuie:	Conținuturi		Metode de predare	Realizarea în timp (ore)					
	Curs	Seminare/lucrări practice/lucrări de laborator		învățământ cu frecvență			învățământ cu frecvență redusă		
				curs	sem	pr/ lab	curs	sem	pr/ lab
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<p>Să aplice condițiile necesare și suficiente de stabilitate a sistemului cu eșantionare</p> <p>Să aplice criteriile Routh, Hurwitz, Mihailov, Nyquist de analiză a stabilității sistemului cu eșantionare.</p> <p>Să aplice metoda de calcul a coeficientului critic de transfer al sistemului deschis</p>									
<p><b>Să cunoască:</b></p> <p>Performanțele sistemului cu eșantionare.</p> <p>Coeficienții erorii sistemului cu eșantionare.</p> <p>Metode de apreciere a performanțelor sistemului cu eșantionare.</p> <p><b>Să fie capabil:</b></p> <p>Să aplice metodele de calcul ai indicilor de calitate ai sistemului cu eșantionare</p>	<p><b>T7. Performanțele sistemelor automate cu eșantionare.</b></p> <p>Metode de analiză și determinare a performanțelor sistemului cu eșantionare</p>		<p><b>Pentru prelegeri:</b></p> <p>expunerea, modelarea de situații problematizate, învățarea prin cooperare, conversație</p>	2		-			
<p><b>Să cunoască:</b></p> <p>Structura sistemului automat și elementele sistemului numeric.</p> <p>Modele matematice ale sistemului numeric.</p> <p>Analiza proprietăților sistemului numeric.</p> <p><b>Să fie capabil:</b></p>	<p><b>T8. Sisteme automate numerice.</b></p> <p>Structura sistemului automat numeric.</p> <p>Modelul matematic al sistemului numeric.</p>	<p><b>Lucrarea de laborator nr. 6.</b></p> <p>Analiza sistemelor automate numerice.</p>	<p><b>Pentru prelegeri:</b></p> <p>expunerea, modelarea de situații problematizate, învățarea prin cooperare, conversație</p> <p><b>Pentru laborator:</b></p> <p>învățarea prin simularea pe</p>	1		-/4			



Rezultatele învățării. Studentul trebuie:	Conținuturi		Metode de predare	Realizarea în timp (ore)					
	Curs	Seminare/lucrări practice/lucrări de laborator		învățământ cu frecvență			învățământ cu frecvență redusă		
				curs	sem	pr/ lab	curs	sem	pr/ lab
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Să obțină modelul matematic al sistemului numeric. Să analizeze proprietățile sistemului numeric.			calculator, analiza rezultatelor și performanțelor obținute.						
<b>Să cunoască:</b> Noțiune de semnale stocastice și proprietățile lor. Modele de semnale stocastice. Funcțiile de corelație și densitate spectrală ale semnalelor stocastice.  <b>Să fie capabil:</b> Să înțeleagă noțiunea de semnale stocastice. Să analizeze proprietățile semnalelor stocastice. Să obțină funcțiile de corelație și densității spectrale a semnalelor stocastice. Să aplice elementele de corecție și tipurile de reacții pentru a ridica stabilitatea și performanțele SA.	<b>T9. Dinamica stocastică a sistemelor automate liniare și neliniare.</b> Semnale stocastice și proprietățile lor. Modele de semnale stocastice. Funcțiile de corelație și densitate spectrală ale semnalelor stocastice		<b>Pentru prelegeri:</b> expunerea, modelarea de situații problematizate, învățarea prin cooperare, conversație	2		-			
<b>Să cunoască:</b> Noțiunea de transformare a semnalului stocastic de elementul liniar și sistemul liniar. Metode de analiză a sistemului liniar la acțiunea smnalului stocastic.  <b>Să fie capabil:</b>	<b>T10. Analiza sistemelor automate liniare la acțiunea semnalelor stocastice.</b> Transformările semnalului stocastic de elementul liniar și de sistemul liniar. Metode de analiză a sistemelor		<b>Pentru prelegeri:</b> expunerea, modelarea de situații problematizate, învățarea prin cooperare, conversație	2		-			

Rezultatele învățării. Studentul trebuie:	Conținuturi		Metode de predare	Realizarea în timp (ore)					
	Curs	Seminare/lucrări practice/lucrări de laborator		învățământ cu frecvență			învățământ cu frecvență redusă		
				curs	sem	pr/lab	curs	sem	pr/lab
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<p>Să înțeleagă problema de analiză a transformării semnalului stocastic de elementul liniar SA.</p> <p>Să analizeze transformarea semnalului stocastic de elementul liniar.</p> <p>Să analizeze transformarea semnalului stocastic de sistemul liniar.</p>	liniare la acțiunea semnalului stocastic								
<p><b>Să cunoască:</b></p> <p>Noțiune de sinteză a sistemului automat liniar la acțiunea semnalului stocastic.</p> <p>Să cunoască metode de sinteză a sistemului automat liniar la acțiunea semnalului stocastic.</p> <p><b>Să fie capabil:</b></p> <p>Să înțeleagă problema de sinteză a sistemului automat liniar la acțiunea semnalului stocastic.</p> <p>Să sintetizeze sistemul liniar de ordinul unu, doi, trei la acțiunea semnalului stocastic.</p>	<p><b>T11. Sinteza sistemelor automate liniare la acțiunea semnalelor stocastice.</b></p> <p>Metode de sinteză a sistemului liniar la acțiunea semnalului stocastic</p>		<p><b>Pentru prelegeri:</b></p> <p>expunerea, modelarea de situații problematizate, învățarea prin cooperare, conversație</p>	2		-			
<p><b>Să cunoască:</b></p> <p>Elementele funcționale ale sistemului automat neliniar.</p> <p>Transformările semnalului stocastic de elementul neliniar</p> <p>Noțiune de analiză a SAN la acțiunea semnalului stocastic</p> <p>Noțiune de sinteză a SAN la acțiunea semnalului stocastic.</p>	<p><b>T12. Sisteme automate neliniare la acțiunea semnalelor stocastice.</b></p> <p>Transformările semnalului stocastic de elementul neliniar.</p> <p>Analiza și sinteza sistemului neliniar</p>		<p><b>Pentru prelegeri:</b></p> <p>expunerea, modelarea de situații problematizate, învățarea prin cooperare, conversație</p>	1		-			

Rezultatele învățării. Studentul trebuie:	Conținuturi		Metode de predare	Realizarea în timp (ore)					
	Curs	Seminare/lucrări practice/lucrări de laborator		învățământ cu frecvență			învățământ cu frecvență redusă		
				curs	sem	pr/ lab	curs	sem	pr/ lab
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<p><b>Să fie capabil:</b>  <i>Să analizeze transformările semnalului stocastic de elementul neliniar.</i>  <i>Să analizeze transformările semnalului stocastic de sistemul neliniar.</i>  <i>Să sintetizeze sistemul neliniar la acțiunea semnalului stocastic.</i></p>									
		<b>TOTAL</b>		<b>30</b>		<b>-/30</b>			

## 6 SUGESTII PENTRU ACTIVITATEA INDIVIDUALĂ A STUDENȚILOR

Nr. crt.	Capitol, temă	Conținut activitate individuală	Durata, ore	Forma de control	Termeni de control (perioada)
1	2	3	4	5	6
1	T1. Structuri de sisteme automate neliniare. Elementele funcționale ale sistemului. Modelele matematice ale sistemelor automate neliniare	Structuri de sisteme neliniare. Tipuri de neliniarități. Modele matematice ale sistemelor neliniare	2	Prezentare rapoarte, discuții	Săptămâna 2
2	T2. Metoda planului fazelor	Ecuția diferențială a sistemului neliniar. Variabile de stare. Ecuțiile de stare ale sistemului neliniar	2	Prezentare rapoarte, discuții	Săptămâna 3
3	T3. Metoda funcției de descriere: determinarea autooscilațiilor, analiza stabilității SAN în planul Mihailov și Nyquist	Determinarea autooscilațiilor și parametrilor lor în sistemul neliniar. Metodele Mihailov și Nyquist	4	Prezentare rapoarte, discuții	Săptămâna 5
4	T4. Stabilitatea absolută a sistemelor neliniare: metoda funcțiilor Liapunov, criteriul de stabilitate absolută V.M. Popov . Performanțele SAN	Metoda funcțiilor Liapunov. Problema Lurie. Analiza stabilității absolute cu aplicarea criteriului Popov	4	Prezentare rapoarte, discuții	Săptămâna 7
5	T4. Structuri de sisteme automate discrete. Elementele funcționale ale sistemului. Modelele matematice ale sistemelor automate discrete	Modelul matematic al elementului de reținere. Modele matematice ale sistemului discret	6	Prezentare rapoarte, discuții	Săptămâna 8
6	T6. Stabilitatea sistemelor automate cu eșantionare: Criterii algebrice și frecvențiale de stabilitate	Metode de analiză a stabilității sistemului cu eșantionare. Criteriile Routh, Hurwitz, Mihailov, Nyquist	2	Prezentare rapoarte, discuții	Săptămâna 9
7	T7. Performanțele sistemelor automate cu eșantionare. Răspunsul indicial al sistemului discret.	Metode de determinare a răspunsului indicial al sistemului discret.	2	Prezentare rapoarte, discuții	Săptămâna 10
8	T8. Sisteme automate numerice	Modele matematice ale sistemului numeric	1	Prezentare rapoarte, discuții	Săptămâna 11

Nr. crt.	Capitol, temă	Conținut activitate individuală	Durata, ore	Forma de control	Termeni de control (perioada)
1	2	3	4	5	6
9	T9. Dinamica stocastică a sistemelor automate liniare și neliniare	Modele de semnale stocastice și proprietățile lor. Funcțiile de corelație și densității spectrale	2	Prezentare rapoarte, discuții	Săptămâna 12
10	T10. Analiza sistemelor automate liniare la acțiunea semnalelor stocastice	Transformarea semnalului stocastic de elementul liniar și sistemul automat. Calculul dispersiei semnalului sistemului	2	Prezentare rapoarte, discuții	Săptămâna 13
11	T11. Sinteza sistemelor automate liniare la acțiunea semnalelor stocastice	Sinteza sistemului optimal cu structură fixă și structură arbitrară	2	Prezentare rapoarte, discuții	Săptămâna 14
12	T12. Sisteme automate neliniare la acțiunea semnalelor stocastice	Analiza sistemului neliniar prin metoda liniarizării statistice	1	Prezentare rapoarte, discuții	Săptămâna 15
<b>Total</b>			<b>30</b>		

## 7 EVALUAREA DISCIPLINEI

Periodică		Curentă	Studiu individual	Proiect/teză	Examen
EP 1	EP 2				
<b>Învățământ cu frecvență</b>					
15%	15%	15%	15%	-	40%
<b>Standard minim de performanță:</b>					
Prezența și activitatea la prelegeri și lucrări de laborator.					
Obținerea notei minime de „5” la fiecare dintre atestări și lucrări de laborator.					
Demonstrarea la examinare finală a cunoașterii elementelor funcționale, modelelor dinamice liniare, neliniare și discrete, funcțiilor de transfer ale sistemului, metodelor de analiză a proprietăților sistemului automat neliniar și discret: stabilității și performanțelor.					

## 8 CRITERII DE EVALUARE

Denumire	Modul de desfășurare	Pondere pe componente de conținut
<b>Învățământ cu frecvență</b>		
<b>Evaluare curentă</b>	<i>(se descriu activitățile componente ale evaluării curente, cu ponderea acestora în notă)</i> În baza realizării sarcinilor la lucrări de laborator.	<b>15%</b>
<b>Studiu individual</b>		<b>15%</b>
<b>Sarcina 1:</b> Determinarea modelului matematic al sistemului neliniar în forma funcției de transfer. Analiza stabilității sistemului neliniar după criteriul Routh, în planul Mihailov	Prezentare / discurs la temă Prezentarea raportului de realizare a sarcinilor:	10 %

Denumire	Modul de desfășurare	Pondere pe componente de conținut
și Nyquist. Analiza stabilității absolute a sistemului neliniar.		
<b>Sarcina 2:</b> Determinarea ecuației recursive a sistemului cu eșantionare	Prezentarea raportului de realizare a sarcinii.	5 %
<b>Evaluare periodică</b>		
EP 1	Analiza stabilității sistemului neliniar în planul Mihailov, Nyquist și criteriul de stabilitate absolută	<b>15%</b>
EP 2	Determinarea ecuației recursive a sistemului discret	<b>15%</b>
<b>Proiect/teză</b>	-	-
<b>Examen semestrial</b>	Sris, în baza biletului individual	<b>40%</b>

## 9 LISTA DE SUBIECTE PENTRU EVALUĂRI PERIODICE ȘI CEA FINALĂ

### CHESTIONAR PENTRU EP I-A

1. Sisteme automate neliniare. Particularitățile sistemului neliniar.
2. Tipuri de neliniarități.
3. Scheme bloc structurale ale sistemului automat neliniar.
4. Modele matematice ale sistemului automat neliniar.
5. Punct de echilibru în sistemul automat neliniar.
6. Analiza sistemului automat neliniar prin metoda planului fazelor.
7. Puncte singulare în planul fazelor.
8. Sisteme neliniare cu neliniarități de tip releu.
9. Cicluri limită în planul fazelor.
10. Construirea traiectoriilor de fază a sistemului automat neliniar.
11. Sistemul automat neliniar cu regim alunecător.
12. Sisteme automate cu structură variabilă.
13. Metoda funcției de descriere.
14. Determinarea autooscilațiilor sistemului automat neliniar cu o neliniaritate.
15. Determinarea autooscilațiilor sistemului automat neliniar în planul Mihailov.
16. Determinarea autooscilațiilor sistemului automat neliniar în planul Nyquist.
17. Stabilitatea sistemelor neliniare.
18. Stabilitatea absolută.
19. Problema Lurie.
20. Criteriul Popov de stabilitate absolută.
21. Compararea metodelor de analiză a stabilității sistemului automat neliniar.
22. Răspunsul indicial în sistemul automat neliniar. Performanțele sistemului.

### CHESTIONAR PENTRU EP A II-A

1. Sisteme automate discrete. Schema bloc structurală a sistemului automat discret.
2. Discretizarea și modulația semnalelor.
3. Elementul de reținere. Elementul de reținere de ordin zero.
4. Funcții discrete și ecuații cu diferențe finite.
5. Modelul matematic al elementului ideal de discretizare.
6. Transformata  $z$  pentru sistemul automat discret.

7. Ecuatiile și funcțiile de transfer ale sistemului automat discret deschis fără elementul de reținere de ordin zero.
8. Ecuatiile și funcțiile de transfer ale sistemului automat discret deschis cu elementul de reținere de ordin zero.
9. Schema structurală și funcțiile de transfer ale sistemului automat discret închis.
10. Transformata  $z$  de la conexiuni de elemente.
11. Funcțiile frecvențiale ale sistemului automat discret
12. Modele intrare-stare-ieșire ale sistemului automat discret
13. Noțiune de stabilitate a sistemului automat discret.
14. Criterii de stabilitate. Criteriul Shur-Cohn.
15. Criteriul de stabilitate Hurwitz.
16. Criterii frecvențiale de stabilitate: Criteriul Mihailov.
17. Criteriul Nyquist.
18. Performanțele sistemului automat discret.
19. Metode de construire a procesului tranzitoriu al sistemului automat discret .
20. Dinamica stocastică a sistemului automat. Introducere.
21. Caracteristicile proceselor stocastice.
22. Transformările semnalului stocastic de un element dinamic liniar în domeniul timpului.
23. Transformările semnalului stocastic de un element dinamic liniar în domeniul frecvență.
24. Analiza sistemului automat liniar la acțiunea semnalului stocastic.
25. Determinarea funcției de transfer optime a sistemului automat liniar.
26. Filtrul optimal Kalman-Busy.
27. Transformările semnalului stocastic de un element dinamic neliniar.
28. Metoda liniarizării statistice a elementului neliniar.
29. Metoda liniarizării statistice a sistemului automat neliniar.

#### **CHESTIONAR PENTRU EXAMEN**

1. Sisteme automate neliniare. Particularitățile sistemului neliniar.
2. Tipuri de neliniarități.
3. Scheme bloc structurale ale sistemului automat neliniar.
4. Modele matematice ale sistemului automat neliniar.
5. Punct de echilibru în sistemul automat neliniar.
6. Analiza sistemului automat neliniar prin metoda planului fazelor.
7. Puncte singulare în planul fazelor.
8. Sisteme neliniare cu neliniarități de tip releu.
9. Cicluri limită în planul fazelor.
10. Construirea traiectoriilor de fază a sistemului automat neliniar.
11. Sistemul automat neliniar cu regim alunecător.
12. Sisteme automate cu structură variabilă.
14. Metoda funcției de descriere.
15. Determinarea autooscilațiilor sistemului automat neliniar cu o neliniaritate.
16. Determinarea autooscilațiilor sistemului automat neliniar în planul Mihailov.
17. Determinarea autooscilațiilor sistemului automat neliniar în planul Nyquist.
18. Stabilitatea sistemelor neliniare.
19. Stabilitatea absolută. Metoda Liapunov.
20. Metoda Lurie.
21. Criteriul Popov de stabilitate absolută.
22. Comparația metodelor de analiză a stabilității sistemului automat neliniar.
23. Procesul indical în sistemul automat neliniar. Performanțele sistemului.
24. Sisteme automate discrete. Schema bloc structurală a sistemului automat discret.
25. Discretizarea și modulația semnalelor.
26. Elementul de reținere. Elementul de reținere de ordin zero.

27. Funcția discrete și ecuația cu diferențe finite.
28. Modelul matematic al elementului ideal de discretizare.
29. Transformata  $z$  pentru sistemul automat discret.
30. Ecuațiile și funcțiile de transfer ale sistemului automat discret deschis fără elementul de reținere de ordin zero.
31. Ecuațiile și funcțiile de transfer ale sistemului automat discret deschis cu elementul de reținere de ordin zero.
32. Schema structurală și funcțiile de transfer ale sistemului automat discret închis.
33. Transformata  $z$  de la conexiuni de elemente.
34. Funcțiile frecvențiale ale sistemului automat discret
35. Modele intrare-stare-ieșire ale sistemului automat discret
36. Noțiuni de stabilitate a sistemului automat discret.
37. Criterii de stabilitate. Criteriul Shur-Cohn.
38. Criteriul de stabilitate Hurwitz.
39. Criterii frecvențiale de stabilitate: Criteriul Mihailov.
40. Criteriul Nyquist.
41. Performanțele sistemului automat discret.
42. Metode de construire a procesului tranzitoriu al sistemului automat discret .
43. Dinamica stocastică a sistemului automat. Introducere.
44. Caracteristicile proceselor stocastice.
45. Transformările semnalului stocastic de un element dinamic liniar în domeniul timpului.
46. Transformările semnalului stocastic de un element dinamic liniar în domeniul frecvență.
47. Analiza sistemului automat liniar la acțiunea semnalului stocastic.
48. Determinarea funcției de transfer optimale a sistemului automat liniar.
49. Filtrul optimal Kalman-Busy.
50. Transformările semnalului stocastic de un element dinamic neliniar.
51. Metoda liniarizării statistice a elementului neliniar.
52. Metoda liniarizării statistice a sistemului automat neliniar.

## 10 REFERINȚE BIBLIOGRAFICE

### Obligatorii

1. *Automatica* / I. DUMITRACHE. București: Ed. Academiei Române, 2009, V.1, 961 p. ISBN 978-973-1883-4.
2. DYNNIKOV, A.I. *Tzifrovye sistemy upravlenia*. M.: MFTI, 2006, 196 s. ISBN 5-7417-0151-5.
3. DORF, R. K., BISHOP, R. X. *Sovremennye sistemy upravlenia (Modern Control Systems)*. Moskva: Laboratoriya Bazovykh Znaniy, 2004, 832 s. ISBN 5-93208-119-8.
4. GAIDUK, A. R. *Teoria avtomaticheskogo upravlenia. Manual*. M.: Vysshaya shkola, 2010, 415 c. ISBN 978-5-06-006055-3.
5. IZVOREANU, B. *Sisteme automate neliniare discrete și stocastice. Manual*. Chișinău: Tehnica-UTM, 2023, 356 p. ISBN 978-9975-45-395-0.
6. IZVOREANU, B. și al. *Teoria sistemelor. Îndrumar de laborator*, p.2. Chișinău: Tehnica-UTM, 2015, 60 p. ISBN 978-9975-45-395-0.
7. KIM, D. P. *Teoria avtomaticheskogo upravlenia. T. 1. Lineinye sistemy*. M.: FIZMATLIT, 2003, 288 c. ISBN 5-9221-0379-2.
8. KIM, D. P. *Teoria avtomaticheskogo upravlenia. T. 2. Mnogomernye, nelineinye, optimalinye i adaptivnyye sistemy*. M.: FIZMATLIT, 2004, 464 s. ISBN 5-9221-0534-5.
9. KIM, D.P; DIMITRIEVA, N.D. *Sbornik zadach po teorii avtomaticheskogo upravlenia. Lineinye sistemy*. M.: FIZMATLIT, 2007, 168 c. ISBN 978-5-9221-0873-7.



10. KUO, B. *Teoria i proektirovanie tzyfrovyyh sistem upravleniya*. M.: Mashinostroenie, 1986, 448 s.
11. LUKAS, V.A. *Teoria avtomaticheskogo upravleniya. Uchebnyy dlya vuzov*. M.: Nedra, 1990, 416 s. ISBN 5-247-01027-2.
12. *Metody klassicheskoy i sovremennoy teorii avtomaticheskogo upravleniya*.  
T.1. *Matematicheskiye modeli, dinamicheskiye harakteristiki i analiz sistem avtomaticheskogo upravleniya* / Pod red. K.A. PUPKOVA, N.D. EGUPOVA. M.: Izd-stvo MGTU im. N.E. Baumana, 2004, 656 c. ISBN 5-7038-2189-4.
13. PANTELEEV, A.V. *Teoria upravleniya v primerakh izadachah*. M.: Vysshaya shkola, 2003, 583 s. ISBN 5-06-004136-1.
14. POPOV, E.P. *Prikladnaya teoria protsessov upravleniya v nelineynykh sistemah*. M.: Nauka, 1973, 584 s.
15. *Sbornik zadach po teorii avtomaticheskogo regulirovaniya i upravleniya* / Pod red. V. A. BESEKERSKOGO. M.: Nauka, 1978, 512 s.
16. *Teoria avtomaticheskogo upravleniya. Uchebnyy dlya vuzov* / Pod red. V.B. IAKOVLEVA. M.: Vysshaya shkola, 2005, 567 s. ISBN 5-06-004096-8.
17. TOPCHEEV, Iu. I.; TZYPLEAKOV, A. P. *Zadachnyy kurs po teorii avtomaticheskogo regulirovaniya*. M.: Mashinostroenie, 1977, 592 s.
18. VOICU, M. *Introducere în automatică*. Iași: Editura Dosoftei, 1998, 238 p. ISBN 973-9135-60-9.

### Suplimentare

19. *Teoria avtomaticheskogo upravleniya. Nelineinye sistemy upravleniya pri sluchainykh vozdeistviyah. Uchebnyy dlya vuzov* / Pod red. A.V. NETUȘHILA. M.: Vysshaya shkola, 1983, 432 s.
20. *Teoria avtomaticheskogo upravleniya. Uchebnyy dlya vuzov* / Pod red. A.V. VORONOVA. M.: Vysshaya shkola, 1986. V. 2, 432 s.