



Ministerul Educației al Republicii Moldova
I.P. Centrul de Excelență în Energetică și Electronică

"A p r o b"
Directorul I.P. Centrul de Excelență în
Energetică și Electronică,

M. BARLADEAN
" 18 " septembrie 2023

Curriculumul modular

S.08.O.023 Sisteme de reglare automată

Specialitatea: 71420 – Automatizarea proceselor tehnologice

Calificarea: 311411 Tehnician automatizare a proceselor de producție

Chișinău 2023

Curriculumul a fost elaborat în baza ordinului Ministerului Educației și Cercetării al Republicii Moldova, numărul 83, din data de 14.02.2022, cu privire la aprobarea listei instituțiilor de învățământ desemnate responsabile pentru elaborarea planurilor de învățământ la programele de formare profesională postsecundară și postsecundară nonterțială



Autori:

Iurie ȚARĂLUNGĂ, profesor discipline de specialitate, grad didactic unu, I.P. CEEE

Veaceslav CEAUȘ, profesor discipline de specialitate, grad didactic superior, I.P. CEEE

Aprobat de:

Consiliul metodic-științific al I.P. Centrului de Excelență în Energetică și Electronică

Director adjunct pentru instruire

Virgil BANTAȘ

" 18" septembrie 2023

Recenzenți:

1. Sergiu GAUGAȘ, director tehnic asociația „RENAM”
2. Denis ȚAPOTEI, metrolog șef "Aparate, control, măsurări și automatizări"

Fabrica SA „Bucuria

Adresa Curriculumului în Internet:

<https://ceee.md/programe-de-formare-profesionala/>

Cuprins

I. Preliminarii	4
II. Motivația, utilitatea modulului pentru dezvoltarea profesională	4
III. Competențele profesionale specifice modulului	5
IV. Administrarea modulului	5
V. Unități de învățare	5
VI. Repartizarea orientativă a orelor pe unități de învățare.....	8
VII. Studiu individual ghidat de profesor	8
VIII. Lucrările practice recomandate.....	9
IX. Sugestii metodologice	9
X. Sugestii de evaluare a competențelor profesionale	10
XI. Resursele necesare pentru desfășurarea procesului de studii.....	11
XII. Resursele didactice recomandate elevilor	12

I. Preliminarii

Curriculumul modular la unitatea de curs **Sisteme cu dirijare automată** este parte a programului de formare profesională la componenta de specialitate în conformitate cu Planul de învățământ aprobat de Ministerul Educației, numărul de înregistrare Nr.SC-15/16 din 05 iulie 2016, specialitatea 71420 Automatizarea proceselor tehnologice, termenul de studii 4 ani, pentru calificarea **Tehnician automatizare a proceselor de producție**.

În implementarea sistemelor semiautomatizate și complet automatizate de control în cadrul unui proces tehnologic, se impune utilizarea adecvată a tuturor elementelor componente din sistemul automatizat elaborat și în special a senzorilor și traductoarelor de măsurare. Un rol important în elaborarea și implementarea sistemelor automatizate prezintă totodată și cunoașterea metodelor de analiză a sistemelor automate studiate precum: metodele de modelare și identificare a sistemelor semiautomatizate și complet automatizate aplicate în diverse ramuri ale industriei autohtone, modelele matematice, funcțiile de transfer, caracteristicile temporale și frecvențiale, criteriile de stabilitate ale sistemelor automate sub aspect analitic. Cunoașterea acestor aspecte de evaluare a performanțelor unui sistem automat, va contribui la funcționarea sigură, va spori gradul de fiabilitate și va satisface performanțele procesului tehnologic.

Studierea acestui modul se bazează pe cunoștințele și abilitățile acumulate în cadrul următoarelor unități de curs:

- F.01.O.009 Materiale și componente pasive.
- F.02.O.010 Electrotehnică.
- F.03.O.011 Măsurări electrice și electronice.
- F.04.O.012 Dispozitive electronice și microelectronice.
- F.05.O.013 Mașini electrice și acționări.
- F.06.O.014 Analiza și sinteza circuitelor numerice.
- F.07.O.015 Circuite integrate analogice și digitale.
- S.05.O.018 Electronică industrială I.
- S.06.O.019 Electronică industrială II.
- S.07.O.020 Elemente și echipamente în automatizări.
- S.08.O.024 Automatizare cu microprocesoare.
- S.08.O.025 Tehnologia de construcție a aparaturii electronice.

La rândul ei, servește ca bază pentru unitățile de curs din programul de formare profesională din componenta de specialitate, opțională, la liberă alegere, stagiile de practică.

II. Motivația, utilitatea modulului pentru dezvoltarea profesională

Unitatea de curs **Sisteme cu dirijare automată** va dezvolta competența acțional-funcțională precum elaborarea și implementarea sistemelor de control automatizate, supervizarea și mentenanța utilajelor tehnologice implicate în procesele de producere industriale, identificarea și aplicarea

resurselor tehnice existente pentru sporirea calității și performanțelor sistemului automatizat implementat. La această unitate de curs elevul însușește etapele de analiză, modelare și identificare a sistemelor semiautomatizate și complet automatizate aplicate în diverse ramuri ale industriei autohtone, totodată elevul se familiarizează cu modelele matematice, funcțiile de transfer, caracteristicile temporale și frecvențiale, criteriile de stabilitate ale sistemului automat sub aspect analitic. Cunoștințele și abilitățile dobândite vor facilita accesarea în cariera profesională conform calificării.

III. Competențele profesionale specifice modulului

- CS1. Analizarea și distingerea sistemelor automatizate cu reglare manuală, studierea schemelor la care sunt supuse.
- CS2. Analizarea elementelor funcționale tipice ale sistemului automat prin deducerea modelelor matematice.
- CS3. Analizarea și distingerea elementelor funcționale după caracteristicile obținute în domeniul timp și frecvență.
- CS4. Analizarea performanțelor sistemelor automate prin metoda deducerii funcției de transfer.
- CS5. Aplicarea metodelor analitice de apreciere a stabilității sistemului automat.
- CS6. Aplicarea metodelor de calcul care determină acordarea reguletoarelor de tip PID.

IV. Administrarea modulului

Semestrul	Numărul de ore			Modalitatea de evaluare	Numărul de credite	
	Total	Contact direct				Lucrul individual
		Prelegeri	Practica/ Seminar			
VIII	60	32	8	20	examen	2

V. Unități de învățare

Unități de competență	Unități de conținut	Abilități
1. Sisteme automatizate cu reglare manuală		
UC1. Analizarea și distingerea sistemelor automatizate cu reglare manuală, studierea schemelor la care sunt supuse.	<ul style="list-style-type: none"> - Algoritmii de reglare manuală. - Schema tehnologică a echipamentului de automatizare cu dispozitiv programabil logic. 	<p>A1. Cunoașterea principiilor de reglare manuală a sistemului automat.</p> <p>A2. Cunoașterea echipamentului și proceselor de reglare cu dispozitive programabile</p> <p>A3. Elaborarea schemelor de</p>

		automatizare manuală.
2. Modele matematice ale elementelor funcționale și sistemului automat		
UC2. Analizarea elementelor funcționale tipice ale sistemului automat prin deducerea modelelor matematice.	<ul style="list-style-type: none"> - Caracteristici staticeale elementelor funcționale și ale sistemelor automate. - Funcția de transferale sistemului automat. 	<p>A4. Cunoașterea elementelor funcționale alesistemului automat.</p> <p>A5. Identificarea elementelor funcționale dupăcaracteristicile obținute.</p> <p>A6. Analizarea sistemului automatdupă modelul funcției de transfer.</p> <p>A7. Simularea sistemului obținut.</p>
3. Caracteristici în domeniul timp și frecvență ale elementelor funcționale		
UC3. Analizarea și distingerea elementelor funcționale după caracteristicile obținute în domeniul timp și frecvență.	<ul style="list-style-type: none"> - Tipuri de semnale însistemele automate. - Caracteristici în domeniul timp și frecvență ale elementelor funcționale și ale sistemului automat. - Procese indiciale și funcții frecvențiale pentru elementele tipice. 	<p>A8. Cunoaștere și distingerea semnalelor dinsistemele automate.</p> <p>A9. Caracterizarea elementelor funcționale după domeniul de timp sau frecvență.</p> <p>A10. Definirea procesului indicial</p> <p>A11. Caracterizarea elementelor tipicedupă funcțiile frecvențiale.</p>
4. Funcțiile de transfer ale sistemului automat		
UC4. Analizarea performanțelor sistemelor automate prin metoda deducerii funcției de transfer	<ul style="list-style-type: none"> - Schema blocfuncțională a sistemului automat. Conexiunea elementelor funcționale și dinamice în sistemul automat. - Reguli de transfigurare a schemei bloc structurale a sistemului automat. - Funcțiile de transfer ale sistemului automat deschis, închis pentru eroare și pentru perturbații. 	<p>A12. Prezentarea schemei bloc asistemului automat.</p> <p>A13. Cunoașterea metodelor de transfigurare a schemei bloc structurale.</p> <p>A14. Analizarea sistemului automatde tip închis și deschis după modelul funcției de transfer.</p> <p>A15. Caracterizarea sistemului dupăerorile</p>

		și perturbațiile obținute.
5. Criterii de stabilitate ale sistemului automat		
<p>UC5. Aplicarea metodelor analitice de apreciere a stabilității sistemului automat.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Gradul de stabilitatea sistemului automat. - Condițiile necesare și suficiente de stabilitate ale sistemului automat. - Criteriile de stabilitate. Criteriile Routh, Hurwitz, Nyquist. Indicatorii de performanță al sistemului automat. 	<p>A16. Definirea noțiunii de grad de stabilitate al sistemului automat.</p> <p>A17. Enumerarea condițiilor necesare pentru stabilitatea sistemului automat studiat.</p> <p>A18. Analizarea sistemelor automate după criteriile de stabilitate studiate.</p> <p>A19. Modelarea sistemului automat în dependență de performanțele obținute.</p>
6. Sistem cu regulator Proporțional. Integral. Diferențial (PID)		
<p>UC6. Aplicarea metodelor de calcul care determină acordarea reguletoarelor de tip PID.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Algoritmii de reglare P, PI, PID - Performanțele sistemelor cu reguletoare PID. - Elemente de corecție în sisteme automate continue. 	<p>A20. Cunoașterea metodelor de acordarea a reguletoarelor studiate.</p> <p>A21. Distingerea performanțelor sistemelor cu reguletoare de tip PID.</p> <p>A22. Modelarea sistemului automat în dependență de parametrii sistemului și tipul reguletoarelor așe.</p>

VI. Repartizarea orientativă a orelor pe unități de învățare

Nr. crt.	Unități de învățare	Numărul de ore			
		Total	Contact direct		Lucrul Individual
			Prelegeri	Practică/ laborator	
1.	Sisteme automatizate cureglare manuală	8	4	-	4
2.	Modele matematice ale elementelor funcționale și sistemului automat	6	4	-	2
3.	Caracteristici în domeniul timp și frecvență ale elementelor funcționale	12	6	2	4
4.	Funcțiile de transfer ale sistemului automat	8	4	2	2
5.	Criterii de stabilitate ale sistemului automat	12	6	2	4
6.	Sistem cu regulator Proportional. Integral. Diferențial (PID)	14	8	2	4
Total		60	32	8	20

VII. Studiu individual ghidat de profesor

Materii pentru studiul individual	Produse de elaborat	Modalități de evaluare	Numărul de ore
1. Sisteme automatizate cu reglare manuală			
1.1. Teoria generală a reglării automate.	Referat	Prezentarea referatului	2 ore
1.2. Sisteme de reglare automată numerice.	Scheme	Prezentarea schemelor	2 ore
2. Materii pentru studiul individual			
2.1. Procesul de modelare matematică a sistemului automat.	Prezentare	Derularea prezentării	2 ore
3. Caracteristici în domeniul timp și frecvență ale elementelor funcționale			
3.1. Sisteme automate cu semnale aleatoare.	Referat	Prezentarea referatului	2 ore
3.2. Eșantionarea în domeniul frecvență.	Prezentare	Prezentare	2 ore
4. Funcțiile de transfer ale sistemului automat			

4.1. Sisteme de reglare automată bazată pe logica Fuzzy.	Referat	Prezentarea referatului	2 ore
5. Criterii de stabilitate ale sistemului automat			
5.1. Punctul de echilibru al sistemului automat.	Referat	Prezentarea referatului	2 ore
5.2. Criteriul de stabilitate Liapunov.	Prezentare	Derularea prezentării	2 ore
6. Sistem cu regulator Proporțional. Integral. Diferențial (PID)			
6.1. Acordarea automată adaptivă a regulatorului.	Problemă	Rezolvarea problemei	2 ore
6.2. Performanțele sistemelor cu regulator de tip PID.	Problemă	Rezolvarea problemei	2 ore
Total			20 ore

VIII. Lucrările practice recomandate

1. Studiarea sistemului automat în domeniul frecvență
2. Studiarea metodelor de identificare a sistemului automat
3. Studiarea stabilității după criteriul Nyquist
4. Metode de acordare a reguletoarelor de tip PID

IX. Sugestii metodologice

Pentru facilitarea procesului de asimilare de către elevi a cunoștințelor factice și dezvoltarea abilităților în activitățile de predare-învățare în cadrul cursului de **Sisteme cu dirijare automată** se recomandă aplicarea eficientă a diverselor strategii didactice utilizând metode de explorare și acțiune, raportarea sarcinilor de învățare la situațiile reale, autentice celor din mediu de realizare a atribuțiilor de serviciu.

Ca și recomandare generală pentru realizarea orelor de dobândire a cunoștințelor teoretice și/sau factice autorii curriculumului propun utilizarea următoarelor metode și tehnici tradiționale și interactive, pe unități de învățare după cum urmează:

- *Sisteme automatizate cu reglare manuală*: explicația, conversația, lectura sau munca cu manualul, observația, demonstrarea, algoritmizarea, etc.
- *Modele matematice ale elementelor funcționale și sistemului automat*: instructajul, problematizarea, demonstrarea, observația, experimentul, modelarea, simularea, Graficul T, Mozaicul, etc.
- *Caracteristici în domeniul timp și frecvență ale elementelor funcționale*: instructajul, problematizarea, demonstrarea, observația, experimentul, modelarea, simularea, Graficul T, Mozaicul, etc.
- *Funcțiile de transfer ale sistemului automat*: instructajul, problematizarea, demonstrarea, observația, experimentul, modelarea, simularea, Graficul T, Mozaicul, etc.
- *Criterii de stabilitate ale sistemului automat*: instructajul, problematizarea, demonstrarea,

- observația, experimentul, modelarea, simularea, Graficul T, Mozaicul, etc.
- *Sistem cu regulator Proporțional. Integral. Diferențial (PID)*: instructajul, problematizarea, demonstrarea, observația, experimentul, modelarea, simularea, Graficul T, Mozaicul, etc.

Pentru realizarea lecțiilor practice se propune axarea pe scopuri de formare și autoformare a competențelor specifice disciplinei, dezvoltarea abilităților în modelarea și simularea elementelor funcționale tipice ale sistemelor automate, elaborarea schemei bloc structurale a sistemului automat, acordarea reguletoarelor de tip PID și aprecierea performanțelor obținute, etc. Se vor aplica preponderent metode și tehnici bazate pe modelare, simulare, instruire programată, etc.

Organizarea procesului didactic centrat pe elev având în vedere adaptarea demersului educațional la particularitățile personale a elevului în actul de formare profesională, se va realiza prin sarcini propuse pentru studiu individual ghidat de profesor: studiu de caz, instruire asistată de calculator, vizite de studiu, etc.

Dirijarea procesului de formare a competențelor specifice unității de curs se va realiza într-un mod dinamic și flexibil, bazat pe feedback. Flexibilitatea procesului de învățământ va determina aspectul procesual al instruirii, incluzând varietatea metodelor și mijloacelor de instruire, integrarea metodelor tradiționale și a celor moderne, individualizarea activității elevilor. Cadrul didactic este în drept să aleagă calea de parcurs oferind elevilor posibilități reale de a fi responsabili de rezultatele învățării.

X. Sugestii de evaluare a competențelor profesionale

Evaluarea nivelului de dezvoltare a competențelor specifice unității de curs se va realiza pe baza cerințelor învățământului centrat pe elev. Se vor utiliza diverse forme, tehnici și instrumente de evaluare care vor determina nivelul de progres al elevului. Pentru sporirea gradului de obiectivitate în procesul de evaluare, pentru probele propuse elevilor, sunt oferite criterii privind nivelul de performanță în dezvoltarea competenței specifice.

Evaluarea curentă/formativă. Importanța majoră constituie componenta formativă și formatoare a procesului de predare-învățare asigurând progresul în formarea competențelor specifice. Instrumentele utilizate în acest scop sunt: observarea comportamentului elevului în realizarea sarcinilor individuale și în grup, deschiderea spre învățare prin cooperare, conversație, completarea fișelor, etc.

Evaluarea formativă se va realiza inclusiv prin susținerea individuală a dărilor de seamă pentru lucrările de laborator/practice efectuate în baza rezultatelor obținute în procesul de realizare a următoarelor produse:

- Studierea sistemului automat în domeniul frecvență;

- Studierea metodelor de identificare a sistemului automat;
- Studierea stabilității după criteriul Nyquist;
- Metode de acordare a reguletoarelor de tip PID.

Criterii de evaluare a produselor pentru măsurarea competenței profesionale vor include:

- Corespunderea specificațiilor tehnice;
- Productivitatea muncii;
- Respectarea cerințelor ergonomice;
- Respectarea cerințelor de securitate la locul de muncă;
- Claritatea și coerența rapoartelor tehnice întocmite;
- Corectitudinea interacțiunii cu colegii și superiorii;
- Corectitudinea interacțiunii cu utilizatorii.

Evaluarea sumativă. Periodic, de regulă după încheierea procesului de predare-învățare a unei unități de învățare, se vor organiza evaluări sumative. Autorii curriculumului propun utilizarea testelor docimologice elaborate pe baza metricii de specificare. Se aplică pentru determinarea nivelului de cunoștințe factice pentru fiecare elev, cu scopul de a analiza cât de aproape elevul este față de finalitățile preconizate. Se realizează o analiză individuală pentru fiecare elev și se recomandă dezvoltarea continuă a competențelor specifice pentru a asigura un progres până la evaluarea finală.

Evaluarea finală. În conformitate cu Planul de învățământ aprobat pentru specialitatea 71420 Automatizarea proceselor tehnologice, unitatea de curs **Sisteme cu dirijare automată** acordă elevului 2 credite din totalul creditelor corespunzător programului de formare profesională în baza susținerii cu succes a examenului. Autorii curriculumului recomandă efectuarea examenului oral. Subiectele pentru evaluarea cunoștințelor factice se vor îmbina eficient cu sarcini practice realizate anterior și prezentate sub forma de algoritmizare a etapelor cu explicații de rigoare.

XI. Resursele necesare pentru desfășurarea procesului de studii

Cerințe față de sălile de curs	
Pentru orele teoretice	Sala de curs dotată cu aparate electrice
Pentru orele de laborator	Laborator dotat cu standuri de lucru
Cerințe tehnice	
Standuri	Standuri funcționale compuse din circuite senzori și traductoare. (10 bucăți)
Aparate de măsură	Voltmetre – 1/5 elevi
	Ampermetre – 1/5 elevi

XII. Resursele didactice recomandate elevilor

Nr. crt.	Denumirea resursei	Locul în care poate fi consultată/ accesată/ procurată resursa	Numărul de exemplare disponibile
1.	P. Todos, C.Golovanov Senzori și traductoare. Chișinău, Ed. Tehnică, 1998.	Biblioteca/ Sala de lectură	10
2.	М.И. Квартин Электромеханические и магнитные устройства автоматики. Москва, Высшая школа, 1979.	Biblioteca/ Sala de lectură	200
3.	С.А. Гинзбург, И.Я. Лехтман, В.С. Малов; Основы автоматики и телемеханики 4-е изд., перераб. - М. : Энергия, 1968. - 512с.	Biblioteca/ Sala de lectură	300
4.	N.Todoroiu, O. Prostean ș.a. Teoria sistemelor de reglare automată neliniară, discrete și optimale. Timișoara, Editura	Biblioteca/ Sala de lectură	
5.	Mirton, 1993. Gabriel Ionescu. Traductoare pentru automatizări. București, Editura Tehnică. Vol.1, 1985.	Biblioteca	200
6.	M. Terșico, D. Popescu. ș.a. Automatizări industriale continue. București, 1991.	Biblioteca	5
7.	N. Tudoroiu, O. Prostean, D. Curiac.		
8.	Automatizări complexe, Timișoara, Editura Mirton, 1993. M. Voicu.	Biblioteca	5
9.	Introducere în automatica, Iași, Editura Dosoftei, 1998. I. Dumitrache, S. Dumitru, I.Mihu, ș.a. Automatizări Electronice. București, EDP, 1993.	Biblioteca	10