

Modulele UniTrain în domeniul electronicii de putere

Modulele multimedia UniTrain-I în domeniul electronicii de putere utilizează numeroase lucrări experimentale și animații pentru a explica modul de realizare și funcționare al diferitelor tipuri de convertoare. Studenții care participă la curs sunt familiarizați cu diferitele tipuri de dispozitive semiconductoare de putere și cu tipurile de circuite în care acestea sunt folosite. Diferitele tipuri de circuite sunt utilizate în lucrări experimentale care tratează probleme legate de modularea impulsurilor, triggerare și de instrumentație, incluzând aici utilizarea multimetrelor și osciloscopelor, aceste lucrări experimentale având scopul de a prezenta proprietățile și performanțele convertoarelor.

Instrumente virtuale suplimentare necesare în cadrul programului LabSoft pentru realizarea cursurilor în domeniul electronicii de putere

- Osciloscop cu 2 canale cu gamă de măsurare extinsă și cu funcții de evaluare diverse
- Analizor de spectru
- Afisaj 3-D pentru cubul puterilor
- Plotter pentru diagramele în funcție de timp

Instrumente virtuale suplimentare necesare în cadrul programului LabSoft pentru realizarea lucrărilor experimentale din cursul Electronicii de putere 2

- Controler PWM (Pulse-Width Modulation)
- Plotter pentru afisarea caracteristicilor de control
- Modul control vectorial

Modul - Electronică de putere 1: Convertoare statice trifazate cu comutație naturală

SO4204-7N

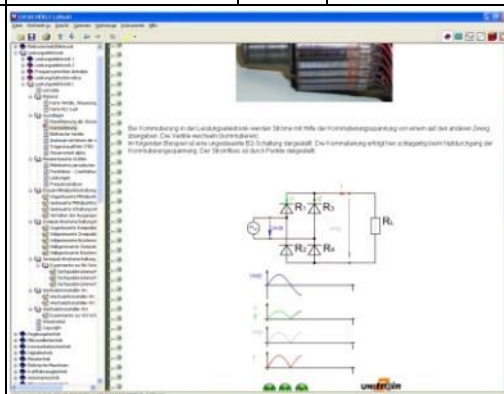
1

Pachetul asociat acestui modul conține:

- 1 Placă dedicată lucrărilor experimentale prevăzută cu tiristoare și diode pentru realizarea unor circuite de convertoare statice cu comutație naturală, controlate cu ajutorul unui microprocesor
- 1 Placă dedicată lucrărilor experimentale prevăzută cu sarcini rezistive, inductive și capacitive
- CD-ROM cu programul LabSoft și software specific de curs

Conținutul modulului:

- Introducerea celor mai importante variabile care se pot determina experimental în cadrul electronicii de putere
- Introducere în modul de realizare și funcționarea dispozitivelor semiconductoare de putere și în modul în care aceste dispozitive sunt comandate
- Introducere în modul de realizare și funcționarea redresoarelor monofazate și trifazate
- Înregistrarea caracteristicilor de funcționare ale circuitelor de convertoare necomandate: M1, M2, M3, B2, B6
- Înregistrarea caracteristicilor de funcționare și de control ale circuitelor de convertoare semicomandate: B2HZ, B2HA, B2HK, B6HA, B6HK
- Înregistrarea caracteristicilor de funcționare și de control ale circuitelor de convertoare complet comandate: M1C, M2C, M3C, B2C, B6C
- Înregistrarea caracteristicilor de funcționare și de control ale controlerelor de tensiune alternativă monofazate și trifazate
- Măsurarea și analiza puterii în cadrul circuitelor de convertoare statice
- Analiza diferitelor mărimi utilizând transformata Fourier (FFT)
- Durata cursului este de aproximativ 5 h



Modul - Electronică de putere 2: Convertoare statice cu comutație forțată

SO4204-7M

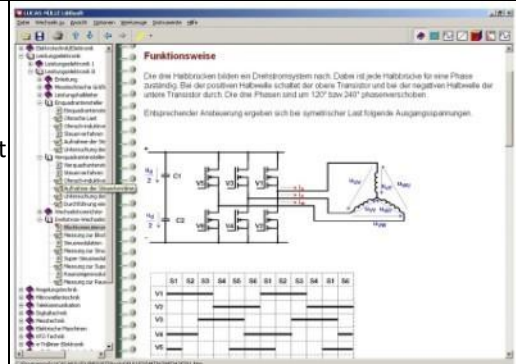
1

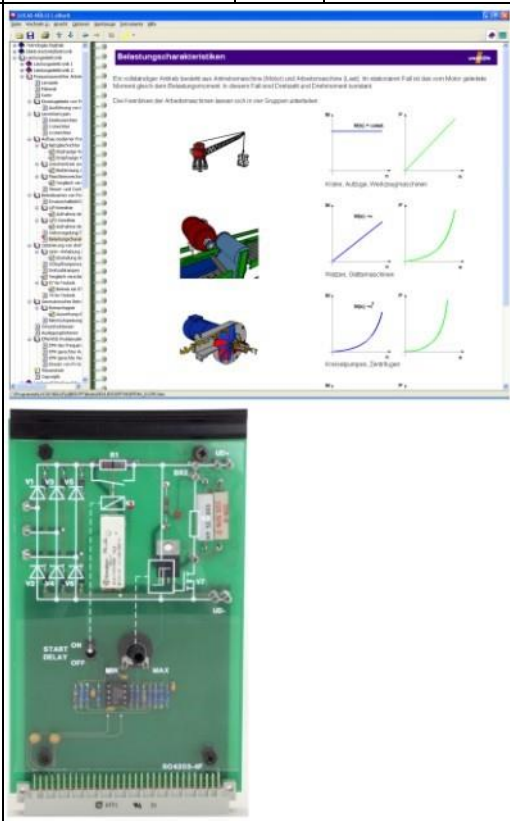
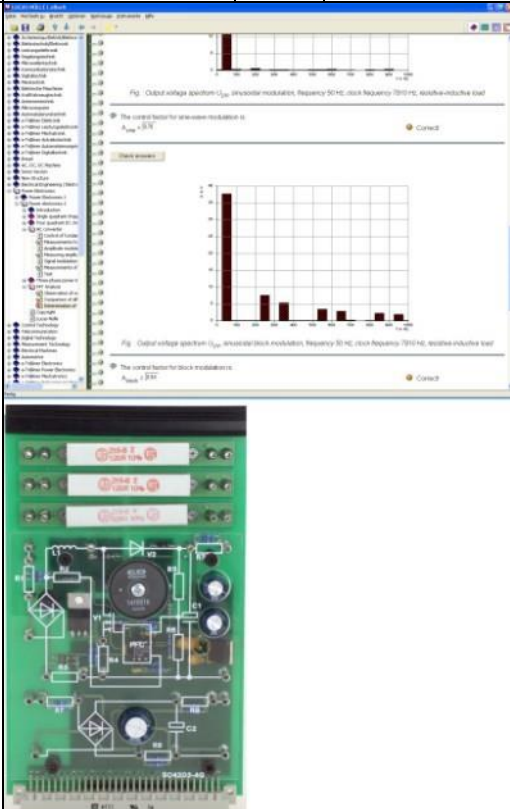
Pachetul asociat acestui modul conține:

- 1 Placă dedicată lucrărilor experimentale prevăzută cu un convertor static cu comutație forțată, controlat PWM cu ajutorul unui microcontroler cu 6 tranzistoare de tip MOSFET și circuit intermediar de tensiune continuă (40 V, 1A), multiplexor comandat software pentru măsurarea simultană a mai multor tensiuni și curenți, cu afisarea stării de comutație a MOSFET-urilor cu ajutorul unor LED-uri
- 1 Placă dedicată lucrărilor experimentale prevăzută cu sarcini trifazate de tip rezistiv și rezistiv-inductiv și cu posibilitatea de vizualizare a curenților de sarcină și a câmpului vectorial învârtitor
- CD-ROM cu programul LabSoft și software specific de curs

Conținutul modului:

- Introducerea principiului de comandă PWM (Pulse-Width Modulation) pentru generarea unei tensiuni continue (CC) variabile
- Investigarea răspunsului convertorului static în funcție de valoarea sarcinii pentru funcționarea într-un singur cadran și pentru funcționarea în patru cadrane
- Înregistrarea caracteristicilor de control și de funcționare pentru funcționarea într-un singur cadran și pentru funcționarea în patru cadrane
- Introducerea principiului de comandă PWM pentru generarea unei tensiuni alternative (CA) variabile
- Măsurarea variației în timp a amplitudinii și a modulației semnalului în convertoarele de tensiune alternativă
- Introducere în modul de realizare și funcționare al convertoarelor trifazate
- Introducerea principiilor specifice comutației de tip bloc și ale modulării de tip sinusoidal, super-sinusoidal și de tip vectorial pentru generarea tensiunilor alternative trifazate
- Analiza diferitelor tipuri de modulare prin măsurarea în timp a răspunsului de la ieșirea unui convertor
- Determinarea semnalului de control pentru diferitele tipuri de modulare
- Investigarea cu ajutorul măsurărilor a influenței frecvenței de funcționare a convertorului asupra semnalului de la ieșire
- Compararea diferitelor tipuri de modulare prin analiza armonicilor din cadrul semnalului (cu ajutorul transformatei Fourier-FFT)
- Durata cursului este de aproximativ 5 h



Poz. Descriere	Nr. Comandă	Cant.
<p>Modul - Electronică de putere 3: Actionari cu convertizoare de frecvență</p> <p>Pachetul asociat acestui modul conține:</p> <ul style="list-style-type: none"> 1 Placă dedicată lucrărilor experimentale prevăzută cu circuit intermediar de tensiune continuă (CC), circuit de încărcare pentru condensatorul din circuitul intermediar și chopper de franare CD-ROM cu programul LabSoft și software specific de curs <p>Pentru buna desfasurare a acestui modul sunt necesare de asemenea următoarele module:</p> <p>Modulul - Electronică de putere 2: Converteoare statice cu comutatie fortata (SO4204-7M)</p> <p>Modulul - Mașini electrice 2: Mașini trifazate (SO4204-7T)</p> <p><u>Conținutul modului:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Introducere în modul de realizare a convertizoarelor de frecvență moderne Introducere în modul de obținere/generare a tensiunii continue din circuitul intermediar de tensiune continua al unui convertizor de frecvență (DC link voltage) Introducerea caracteristicii U/f și optimizarea ei prin creșterea tensiunii la frecvențe joase Înțelegerea necesității utilizării rampelor de viteză Comanda cu ajutorul convertizoarelor de frecvență a motoarelor trifazate Introducere în modul de realizare și funcționare al unui chopper de frânare Introducerea "tehnologiei de 87-Hz " Înregistrarea și analiza curentului, tensiunii și puterii Durata cursului este de aproximativ 5 h 	<p>SO4204-7P</p> <p>1</p> 	<p>1</p>
<p>Modul - Electronică de putere 4: Corecția factorului de putere - PFC</p> <p>Pachetul asociat acestui modul conține:</p> <ul style="list-style-type: none"> 1 Placă dedicată lucrărilor experimentale prevăzută cu un circuit care realizează corecția factorului de putere, un redresor de tip B2 și o sarcină rezistivă CD-ROM cu programul LabSoft și software specific de curs <p><u>Conținutul modului:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Introducerea principiului de corecție a factorului de putere Motivația utilizării dispozitivelor care realizează corecția factorului de putere Aplicații pentru circuitele care realizează corecția factorului de putere Introducerea diferitelor moduri de realizare a corecției factorului de putere Introducere în modul de realizare și funcționare al unui circuit care realizează corecția factorului de putere Comparație cu circuitele redresoare în punte de tip clasic (convenționale) Înregistrarea și analiza curentului, tensiunii și puterii Analiza diferitelor mărimi utilizând transformata Fourier (FFT) Durata cursului este de aproximativ 5 h 	<p>SO4204-7Q</p> <p>1</p> 	<p>1</p>

Modulele UniTrain-I în domeniul mașinilor electrice

Modulele multimedia UniTrain-I în domeniul mașinilor electrice tratează întregul spectru al tipurilor de mașini electrice. Mașinile sunt caracterizate de statoare deschise accesibile din exterior. Aceste mașini sunt amplasate pe plăci dedicate lucrărilor experimentale pe astfel vizualizarea detaliată a modalității de realizare internă a mașinii. În plus, această modalitate de construcție a mașinilor permite interschimbarea facilă a rotoarelor fără utilizarea unor unelte.

Studenții care participă la aceste cursuri sunt familiarizați cu principiile fizice, modul de funcționare, proprietățile și circuitele de bază ale diferitelor mașini electrice. Majoritatea experimentelor presupun punerea în funcțiune a mașinilor electrice și măsurarea mărimilor electrice specifice acestora cu ajutorul multimetrelor și a osciloscopului. Sunt de asemenea configurate dispozitivele cu ajutorul cărora se comută mașinile electrice și sunt reamintite regulile de utilizare în siguranță (regulile de tehnica și securitatea muncii) a mașinilor electrice.

Instrumente virtuale suplimentare necesare în cadrul programului LabSoft pentru cursurile din domeniul mașinilor electrice

- Unitate de control a motoarelor trifazate
- Unitate de control a motorului de curent continuu
- Echipament de măsurare a temperaturii motorului
- Stroboscop
- Sursă de alimentare de tensiune continuă prevăzută cu posibilitatea de a controla rezistența de pornire
- Sursă de alimentare de tensiune alternativă prevăzută cu posibilitatea de a controla rezistența de pornire

Instrumente virtuale suplimentare necesare în cadrul cursului SO4204-7W - Motoare pas cu pas

- Unitate pentru controlul vitezei
- Unitate pentru controlul pantei de creștere
- Unitate pentru poziționare

Modul - Mașini electrice 1: Mașini de curent continuu

SO4204-7S

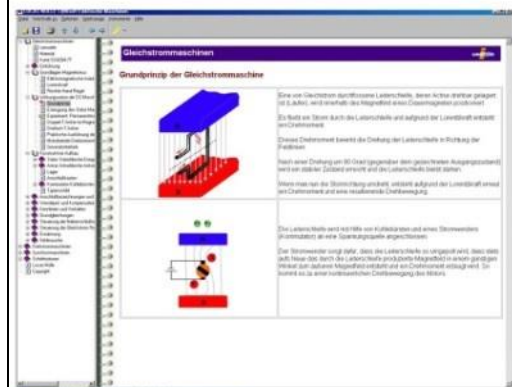
1

Pachetul asociat acestui modul conține:

- 1 Placă dedicată lucrărilor experimentale prevăzută cu un stator deschis, cu doi poli și două înfășurări de excitație, senzor de temperatură cu sursă de tensiune, rezistențe de pornire și de sarcină
- Rotor cu perii reglabile
- Stroboscop cu LED-uri
- CD-ROM cu programul LabSoft și software specific de curs

Conținutul modulului:

- Identificarea aplicațiilor uzuale în care se folosesc mașinile electrice de curent continuu
- Explicarea inducției electromagnetice și a forței Lorentz
- Explicarea modului de realizare și a funcționării mașinilor de curent continuu (cu colector)
- Introducerea principalelor componente din ale mașinilor de curent continuu, statorul, colectorul și periiile (din cărbune)
- Măsurarea curentului și a tensiunii în înfășurarea indusului și în înfășurarea de excitație precum și determinarea impedanțelor celor două înfășurări
- Interpretarea semnificației datelor de pe plăcuța indicatoare
- Introducerea schemelor electrice și ale caracteristicilor de funcționare ale diferitelor tipuri de mașini electrice de curent continuu: cu înfășurări serie, cu înfășurări derivație și cu înfășurare de înfășurări mixte
- Conexiunile și modul de funcționare al mașinilor de curent continuu în diferite regimuri de funcționare



- Măsurarea vitezei cu ajutorul unui stroboscop
- Introducerea diferitelor metode de reglare a vitezei și de inversare a sensului de rotație: slăbire de flux, modificarea rezistenței indusului și a rezistenței înfășurării de excitație
- Investigarea pe cale experimentală a diferitelor metode de control al vitezei și al sensului de rotație
- Conexiunile și modul de funcționare al mașinilor de curent continuu atunci când sunt alimentate în tensiune alternativă: motoare universale
- Introducerea metodelor de frânare ale mașinilor de curent continuu
- Măsurarea curentului și a tensiunii în timpul frânării mașinilor de curent continuu
- Explicarea importanței monitorizării temperaturii în cadrul mașinilor electrice
- Măsurarea temperaturii în înfășurarea de excitație în timpul funcționării unei mașini electrice de curent continuu cu ajutorul unui senzor de tip semiconductor
- Durata cursului este de aproximativ 5.5 h

Modul - Mașini electrice 2: Mașini asincrone

SO4204-7T

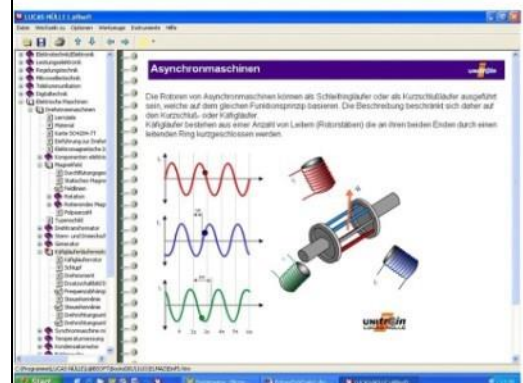
1

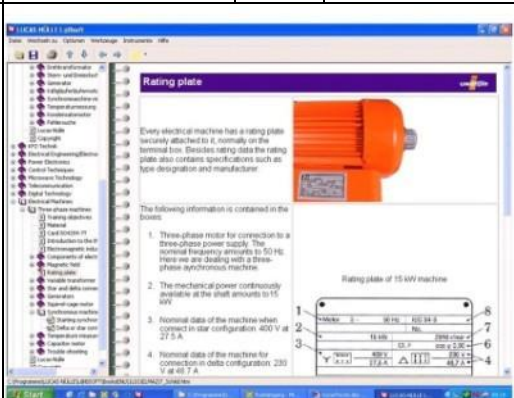

Pachetul asociat acestui modul conține:

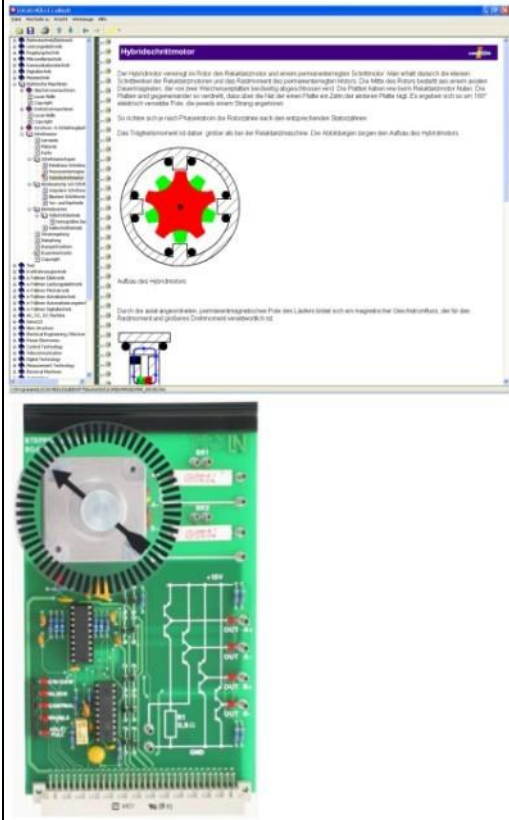
- 1 Placă dedicată lucrărilor experimentale prevăzută cu un stator cu înfășurare trifazată, condensator pentru pornire și funcționare normală și senzor de temperatură cu sursă de curent constant
- 3 Rotoare: în colivie, cu magnet permanent, bobinat - cu înfășurarea deschisă și borne pentru realizarea conexiunilor
- CD-ROM cu programul LabSoft și software specific de curs


Conținutul modului:

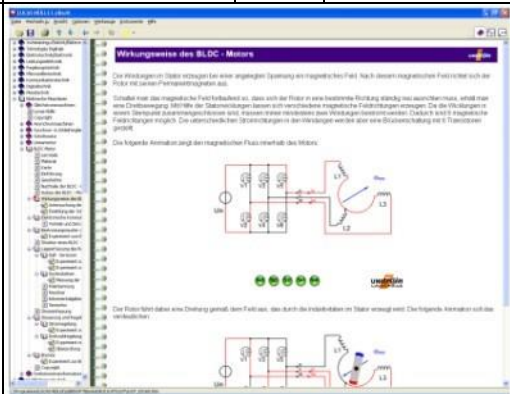

- Identificarea aplicațiilor uzuale în care se folosesc mașinile electrice cu câmp rotitor
- Explicarea principiului inducției electromagnetice
- Explicarea modului de realizare și funcționare al mașinilor cu câmp rotitor
- Explicarea diferențelor dintre regimurile de motor și de generator ale unei mașini electrice
- Introducerea principalelor componente ale mașinilor cu câmp rotitor, statorul și rotorul
- Demonstrarea pe cale experimentală a modului de producere a cuplului și a principiului de funcționare al unui generator
- Producerea câmpului magnetic rotitor de către mașinile caracterizate de un astfel de câmp: demonstrarea pe cale experimentală a modului de producere al câmpului electromagnetic în stator
- Introducerea principiului de funcționare al unui transformator trifazat
- Investigarea pe cale experimentală a mașinilor trifazate atunci când sunt conectate în stea sau în triunghi.
- Măsurarea valorilor de fază și de linie ale tensiunii și curentului
- Măsurarea tensiunii și a curentului din rotor
- Interpretarea semnificației datelor de pe plăcuța indicatoare
- Introducerea datelor nominale și a parametrilor caracteristici



Poz. Descriere	Nr. Comandă	Cant.
<p>mașinilor electrice: factor de putere, număr de perechi de poli, cuplu, viteză și alunecare</p> <ul style="list-style-type: none"> Introducere modului de realizare și funcționare al mașinilor asincrone cu rotorul în colivie Investigarea pe cale experimentală a mașinilor asincrone cu rotorul în colivie, caracteristici de răspuns în frecvență, inversarea sensului de rotație Investigarea pe cale experimentală a răspunsului unei mașini sincrone cu magnet permanent Introducerea principiului de funcționare al unui motor capacitiv (circuit de tip Steinmetz) Investigarea pe cale experimentală a răspunsului în timpul funcționării al unui motor capacitiv Explicarea importanței monitorizării temperaturii în cadrul mașinilor electrice Măsurarea temperaturii în înfășurare în timpul funcționării unei mașini electrice Simularea defectelor (se simulează 4 tipuri de defecte care sunt activate cu ajutorul unor rele) Durata cursului este de aproximativ 5.5 h (identificarea defectelor durează aproximativ 0.5 h) 		
<p>Modul - Mașini electrice 3: Mașini sincrone și cu contacte alunecătoare</p>	SO4204-7U	1
<p><u>Pachetul asociat acestui modul conține:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 1 Placă dedicată lucrărilor experimentale prevăzută cu un stator cu înfășurare trifazată și rezistoare de pornire 3 Rotoare: rotor cu contacte alunecătoare (inele), rotorul unei mașini sincrone, rotorul unei mașini cu reluctanță variabilă Stroboscop cu LED-uri CD-ROM cu programul LabSoft și software specific de curs <p><u>Conținutul modului:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Identificarea aplicațiilor uzuale în care se folosesc mașinile sincrone, mașinile cu contacte alunecătoare și mașinile cu reluctanță variabilă Explicarea modului în care se produce câmpul magnetic în cadrul mașinilor electrice cu câmp rotitor Explicarea modului de realizare și funcționare al mașinilor sincrone, cu contacte alunecătoare și cu reluctanță variabilă Introducerea principalelor componente ale mașinilor sincrone, cu contacte alunecătoare și cu reluctanță variabilă (inclusiv mașinile cu poli aparenti, cu poli înecați și cu rotor cu reluctanță variabilă) Introducerea schemelor echivalente, a modului de notare al bornelor și a datelor nominale pentru mașinile sincrone, mașinile cu contacte alunecătoare și mașinile cu reluctanță variabilă Interpretarea semnificației datelor de pe plăcuța indicatoare Introducerea principiilor de reglare a vitezei pentru mașinile cu contacte alunecătoare Investigarea pe cale experimentală a răspunsului mașinilor cu contacte alunecătoare. Măsurarea tensiunilor rotorice atunci când înfășurarea rotorică este lăsată în gol și atunci când aceasta este scurtcircuitată, răspunsul mașinii pe parcursul pornirii cu rezistoare de pornire, determinarea alunecării și a vitezei pe baza 	 	

Poz. Descriere	Nr. Comandă	Cant.
<p>măsurărilor de tensiune</p> <ul style="list-style-type: none"> Explicarea diferențelor dintre regimurile de motor și generator ale unei mașini sincrone Introducerea principiilor de reglare a vitezei pentru mașinile sincrone Investigarea pe cale experimentală a răspunsului mașinilor sincrone: comportamentul pe parcursul pornirii, măsurarea vitezei, determinarea factorului de putere ($\cos \varphi$) pe baza măsurărilor de tensiune și curent Investigarea pe cale experimentală a răspunsului în timpul funcționării al mașinilor cu reluctanță variabilă: modul în care mașina dezvoltă cuplu, comportamentul pe parcursul pornirii, funcționarea în regim asincron și în regim sincron, modul în care se poate realiza inversarea (schimbarea sensului de rotație, determinarea factorului de putere ($\cos \varphi$) pe baza măsurărilor de tensiune și curent Durata cursului este de aproximativ 5 h 		
<p>Modul - Mașini electrice 5: Motoare pas cu pas</p>	SO4204-7W	1
<p><u>Pachetul asociat acestui modul conține:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Placă dedicată lucrărilor experimentale prevăzută cu o mașină pas cu pas bipolară care efectuează 200 de pași/rotație și un encoder (disc incremental) Circuit de comandă cu 6 intrări și un amplificator de putere, regulator de curent integrat, facilitatea de a comuta circuitul către opțiunea de limitare a curentului cu ajutorul unor rezistențe Aafișaj pe care este indicată starea curentă a sistemului și apariția unei suprasarcini cu ajutorul unor LED-uri CD-ROM cu programul LabSoft și software specific de curs <p><u>Conținutul modului:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Introducerea aplicațiilor uzuale în care se utilizează motoarele pas cu pas Introducere în modul de realizare și funcționare al motoarelor pas cu pas: motoare pas cu pas cu magneți permanenți, motoare pas cu pas cu reluctanță variabilă și motoare pas cu pas hibride Identificarea avantajelor și a dezavantajelor diferitelor tipuri de motoare pas cu pas Introducerea diferitelor principii de comandă ale motoarelor pas cu pas (unipolare și bipolare) Introducerea modurilor de funcționare cu pas întreg (full-step) și cu jumătate de pas (half-step) Determinarea experimentală (prin măsurări) a unghiului parcurs la efectuarea unui pas, a frecvenței maxime de funcționare și a frecvenței maxime de pornire Investigarea pe cale experimentală a semnalelor de control aplicate mașinii pentru modurile de funcționare cu pas întreg și cu jumătate de pas Analiza semnalelor de control la inversarea sensului Introducerea diferitelor metode de reglare a curentului în cadrul mașinilor pas cu pas Determinarea experimentală (prin măsurări) a metodei de reglare a curentului utilizată în cadrul motorului pas cu pas pe baza semnalelor de control Realizarea unui program (software) de poziționare a unui 		

Poz. Descriere	Nr. Comandă	Cant.	
<p>mașini pas cu pas utilizând poziționarea relativă sau absolută</p> <ul style="list-style-type: none"> Durata cursului este de aproximativ 3.5 h 			
<p>Modul - Mașini electrice 6: Motoare liniare</p> <p><u>Pachetul asociat acestui modul conține</u></p> <p>Placă dedicată lucrărilor experimentale prevăzută cu:</p> <ul style="list-style-type: none"> Motor liniar transparent cu armături neferoase Deplasare maxima: aproximativ 340mm Dispozitiv de comandă integrat, cu microprocesor Amplificator de putere de 35W Posibilitatea de vizualizare a vectorilor de control Detecitoare de poziție cu senzori analogici cu efect Hall CD-ROM cu programul LabSoft și software specific de curs <p><u>Conținutul modului</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Introducere în modul de realizare și funcționare al motoarelor liniare Explicarea termenilor "forță Lorentz" și "tensiune indusă" Introducerea aplicațiilor uzuale în care se folosesc motoarele liniare Modul de realizare al motoarelor liniare Prezentarea avantajelor și a dezavantajelor motoarelor liniare în comparație cu motoarele rotative Determinarea valorilor caracteristice ale unui motor liniar Poziționarea unui motor liniar Determinarea poziției unui motor liniar cu ajutorul unui encoder sau a unor senzori cu efect Hall Diferențele dintre poziționarea absolută și cea relativă Determinarea poziției unui motor liniar cu ajutorul senzorilor analogici cu efect Hall Durata cursului este de aproximativ 4.5 h 	SO4204-7X	1	
<p><u>Accesorii suplimentare recomandate</u></p>			
<p>Servietă pentru stocarea și transportul plăcilor experimentale UniTrain-I</p> <p>Servietă din aluminiu cu compartimentul din spumă poliuretanică împărțit astfel încât să permită amplasarea înăuntru servietei a plăcii experimentale</p> <ul style="list-style-type: none"> Permite amplasarea înăuntru servietei a unei plăci experimentale și a altor accesorii de mici dimensiuni Permite închiderea cu ajutorul unor cleme speciale Culori: aluminiu, negru, crom Dimensiuni: 600 x 450 x 175 mm Greutate: 2.5 kg 	SO4203-2V	1	

<p>Modul - Mașini electrice 7: Motoare de curent continuu fără perii/servomotoare</p>	<p>SO4204-7Z</p>	<p>1</p>	
<p><u>Pachetul asociat acestui modul conține:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • 1 Placă dedicată lucrărilor experimentale prevăzută cu un motor de curent continuu fără perii cu comutație electronică, cu controlul vitezei și al cuplului și senzori cu efect Hall pentru măsurarea vitezei • CD-ROM cu programul LabSoft și software specific de curs <p><u>Conținutul modului:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Introducerea aplicațiilor uzuale în care se utilizează motoarele de curent continuu fără perii • Introducerea modului de realizare și funcționare al motoarelor de curent continuu fără perii • Investigarea pe cale experimentală (prin măsurări) a modului de funcționare al motoarelor de curent continuu fără perii • Avantajele și dezavantajele motoarelor de curent continuu fără perii • Introducerea diferitelor circuite pentru controlul motoarelor de curent continuu fără perii: semnale sinusoidale sau dreptunghiulare • Măsurarea și analiza diferitelor circuite de control • Introducerea diferitelor metode de detectare a poziției rotorului: senzori cu efect Hall, tensiunea electromotoare, detectoare ale polilor mașinii, rezolve și senzori incrementali • Măsurarea/determinarea poziției motoarelor cu ajutorul senzorilor cu efect Hall • Introducerea modalităților de control al vitezei și curentului motoarelor de curent continuu fără perii • Investigarea pe cale experimentală a modalității de reglare/comandă a vitezei mașinii • Setarea parametrilor pentru controlul vitezei motorului • Durata cursului este de aproximativ 5 h 	 		

<p>Modul - Transformatoare trifazate</p>	<p>SO4204-7Y</p>	<p>1</p>	
<p>Pachetul asociat acestui modul conține:</p> <ul style="list-style-type: none"> 1 Placă dedicată lucrărilor experimentale prevăzută cu un transformator trifazat cu 12 înfășurări și borne care permit studii transformatoarelor monofazate și al transformatoarelor trifazate precum și al circuitelor caracteristice acestor transformatoare, sarcină trifazată ce poate fi utilizată atât pentru conexiuni de tip stea cât și pentru conexiuni de tip triunghi CD-ROM cu programul LabSoft și software specific de curs <p>Conținutul modului:</p> <ul style="list-style-type: none"> Principiile funcționării transformatoarelor Studiul caracteristicilor de sarcină ale transformatoarelor monofazate, pentru funcționarea într-un singur cadran și pentru funcționarea în patru cadrane Măsurarea curentului și a tensiunii la funcționarea în sarcină și la funcționarea în gol Studiul raportului de transformare al transformatoarelor Schema echivalentă a unui transformator Studiul transformatoarelor trifazate Studiul diferitelor tipuri de conexiuni ale unui transformator trifazat și al efectelor acestora asupra funcționării transformatorului în sarcină sau în gol Studiul diferitelor circuite cu sarcini dezechilibrate Determinarea valorii tensiunii de scurtcircuit Durata cursului este de aproximativ 3 h 	