

FIȘA DISCIPLINEI
1. Date despre program

Facultatea	Facultatea de Inginerie Electrică și Știința Calculatoarelor
Departamentul	Departamentul de Electrotehnică
Domeniul de studii	Ingineria autovehiculelor
Ciclul de studii	Licență, învățământ cu frecvență
Programul de studii	Echipe și sisteme de comandă și control pentru autovehicule

2. Date despre disciplină

Denumirea disciplinei		TRACȚIUNE ELECTRICĂ ȘI HIBRIDĂ 2			
Anul de studiu	IV	Semestrul	8	Tipul de evaluare	Examen
Regimul disciplinei	Categoría formativă a disciplinei DF - fundamentală, DS - de specializare, DC – complementară, DD - în domeniu				DS
	Categoría de opționalitate a disciplinei: DOB – obligatorie(DI), DOP – opțională(DO), DFA - facultativă				DO

3. Timpul total estimat (ore alocate activităților didactice)

I a) Număr de ore pe săptămână	3	Curs	2	Seminar		Laborator/ Lucrări practice	1	Proiect	
I b) Totalul de ore pe semestru din planul de învățământ	42	Curs	28	Seminar		Laborator/ Lucrări practice	14	Proiect	

Distribuția fondului de timp pe semestru	ore
II.a) Studiu individual	30
II.b) Tutoriat (pentru ID)	-
III. Examinări	3
IV. Alte activități (precizați):	

Total ore studiu individual (II.a+II.b+III)	33
Total ore pe semestru (I.b+II.a+II.b+III+IV)	75
Numărul de credite	3

4. Competențe specifice acumulate

Competențe profesionale/generale	CP.4 Aplicarea cunoștințelor conceptelor și metodelor de bază cu privire la sistemele electrice, electronice și IT utilizate la autovehicule rutiere CP.5 Proiectarea și aplicarea tehnologiilor de mentenanță pentru autovehicule rutiere
Competențe transversale	

5. Rezultatele învățării

Cunoștințe	Aptitudini	Responsabilitate și autonomie
<p>La finalul disciplinei, studentul este capabil să:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Descrie principiile generale de funcționare ale autovehiculelor electrice și hibride și explice diferențele dintre BEV, HEV, PHEV, MHEV și FCEV. • Clasifice arhitecturile hibride în funcție de topologie (serie, paralel, power-split, P0–P4) și explice fluxurile energetice specifice fiecăreia. • Explice criteriile de selecție ale arhitecturilor hibride în raport cu aplicația, performanțele dorite și cerințele de eficiență. • Descrie structura lanțului cinematic hibrid și explice modul de combinare și rutare a puterii între motorul termic și motorul(e) electric(e). • Definiască modurile principale de funcționare (EV Mode, Hybrid Mode, Charge-Sustaining, Charge-Depleting) și explice strategiile de comutare între acestea. • Explice principiile de coordonare a sistemelor de frânare și descrie integrarea frânei regenerative cu frâna hidrolică. 	<p>La finalul disciplinei, studentul este capabil să:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analizeze și compare performanțele diverselor tipuri de propulsii (BEV, HEV, PHEV, FCEV). • Identifice și descrie funcțional componentele unui lanț cinematic hibrid și să elaboreze diagrame de rutare a puterii. • Aplice criteriile de selecție pentru alegerea arhitecturii hibride optime în funcție de cerințele de utilizare. • Modeleze conceptual fluxurile energetice și să interpreteze curbe de performanță (cuplu-viteză, SOC, consum, randament). • Proiecteze la nivel conceptual strategii de comutare și control energetic între ICE–EM–baterie. • Integreze frâna regenerativă cu frâna hidrolică, luând în considerare cerințele sistemelor de siguranță activă. 	<p>La finalul disciplinei, studentul dovedește capacitatea de a:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Selecta și justifica soluții tehnologice pentru o aplicație concretă de propulsie hibridă sau electrică. • Evalua impactul deciziilor de proiectare asupra eficienței energetice, emisiilor și sustenabilității. • Colabora interdisciplinar în echipe de proiectare, testare sau management al energiei în vehicule electrice/hibride. • Gestiona date tehnice și informații complexe privind EMS, arhitecturi hibride sau FCEV cu un grad ridicat de autonomie. • Manifesta responsabilitate profesională în aplicarea standardelor de siguranță electrică și hidrogen. • Propune soluții inovative pentru îmbunătățirea performanței sistemelor hibride sau dezvoltarea de arhitecturi emergente.

<ul style="list-style-type: none"> • Explice rolul, obiectivele și principiile de funcționare ale sistemului de management energetic (EMS). • Descrie sursele de stocare și furnizare a energiei (baterii, supercapacitori, pile de combustie) și explice procesele de conversie a puterii și interfețele DC. • Explice strategiile de control și optimizare energetică în sistemele hibride, inclusiv distribuția puterii, funcționarea tranzitorie și controlul „energy split”. • Identifice tendințele și tehnologiile emergente (range extender, e-axle, V2G, FCHV) și explice perspectivele dezvoltării platformelor modulare dedicate. • Explice cerințele de siguranță și standardele asociate sistemelor FCEV și descrie infrastructura de alimentare cu hidrogen. 	<ul style="list-style-type: none"> • Simuleze și evalueze (la nivel simplificat) performanța EMS în diferite condiții de conducere. • Analizeze și optimizeze strategiile de distribuție a puterii și de funcționare tranzitorie (start ICE, EV↔Hybrid). • Evalueze eficiența globală a sistemelor hibride și FCEV, ținând cont de conversii, pierderi și recuperări energetice. • Utilizeze instrumente software sau modele teoretice pentru estimarea performanțelor energetice și a emisiilor. 	<ul style="list-style-type: none"> • Continua dezvoltarea profesională în domeniul mobilității electrice, urmărind tendințele tehnologice (smart grids, V2X, FCEV).
---	---	--

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

Obiectivul general al disciplinei	Dezvoltarea cunoștințelor, competențelor și abilităților necesare pentru înțelegerea, analiza și proiectarea sistemelor de propulsie electrice și hibride, prin studierea arhitecturilor, criteriilor de integrare, strategiilor de management energetic și a tehnologiilor emergente asociate cu autovehiculele electrice pe baterie (BEV), hibride (HEV, PHEV, MHEV) și cu pilă de combustie (FCEV).
-----------------------------------	--

7. Conținutul predării și învățării

Curs – scop : modelare, proiectare, control și optimizarea sistemelor de propulsie electrificată	Nr. ore	Metode de predare	Observații
1. Modelarea energetică și performanțele dinamice ale autovehiculelor electrificate 1.1. Recapitulare cerințe de tracțiune 1.2. Modele longitudinale forward/backward 1.3. Flux energetic în BEV/HEV/PHEV/FCEV 1.4. Influența parametrilor autovehiculului asupra consumului 1.5. Autonomie și consum energetic	2h		
2. Dimensionarea sistemelor de propulsie electrificată 2.1. Cerințe funcționale și specificații de proiectare 2.2. Dimensionarea motorului electric de tracțiune 2.3. Alegerea transmisiei și a raportului de reducere 2.4. Dimensionarea bateriei de tracțiune 2.5. Dimensionarea inverterului și a convertizoarelor 2.6. Dimensionarea sistemelor FCEV	2h		
3. Strategii de management energetic și control în autovehicule electrificate 3.1. Concepte fundamentale de management energetic 3.2. Strategii specifice pentru autovehicule hibride - Strategia Charge Sustaining (CS) - Strategia Charge Depleting (CD) - Strategii de distribuție a puterii (Power Split) - Strategii de distribuție a cuplului (Torque Split) - Strategii Start–Stop pentru motorul termic 3.3. Strategii de control bazate pe reguli (Rule-Based Control) 3.4. Strategii de control bazate pe logică fuzzy 3.5. Strategii de management energetic bazate pe minimizarea consumului echivalent- ECMS 3.6. Control predictiv aplicat autovehiculelor electrificate 3.7. Introducere în controlul predictiv bazat pe model – MPC 3.8. Strategii de eco-driving și optimizarea stilului de conducere 3.9. Analiză comparativă a strategiilor de control energetic	4 h	- expunere interactivă; - prelegere asistată de suport multimedia și exemple tehnice; - studiu de caz;	
4. Management termic al sistemelor de propulsie electrificată 4.1. Principii generale ale managementului termic 4.2. Managementul termic al bateriei de tracțiune 4.3. Fenomenul de thermal runaway și siguranța termică 4.4. Managementul termic al motorului electric de tracțiune 4.5. Managementul termic al inverterului 4.6. Managementul termic al sistemelor FCEV 4.7. Impactul managementului termic asupra performanțelor energetice 4.8. Impactul sistemelor HVAC asupra autonomiei	4h		

5. Sisteme avansate de management al bateriei (Battery Management Systems – BMS) 5.1. Rolul și arhitectura sistemelor BMS 5.2. Modelarea bateriei pentru management și control 5.3. Estimarea stării de încărcare (SOC) 5.4. Estimarea stării de sănătate (SOH) 5.5. Estimarea puterii disponibile (SOP) 5.6. Echilibrarea celulelor (Cell Balancing) 5.7. Diagnosticarea defectelor bateriei 5.8. Îmbătrânirea și degradarea bateriilor 5.9. Impactul încărcării rapide asupra bateriei 5.10. Integrarea BMS în sistemul energetic	4h		
6. Diagnostic, siguranță funcțională și toleranță la defecte 6.1. Diagnosticarea defectelor în sistemele electrificate: defecte inverter; open phase; scurtcircuit; defecte senzori; demagnetizare; defecte BMS. 6.2. Defecte ale sistemelor HV: izolație; contactori; HVIL; pre-charge. 6.3. Siguranță funcțională: concepte ISO 26262; fault tolerant operation; safe state; derating. 6.4. Protecția termică și electrică: supracurent; supratensiune; temperaturi critice.	2h		
7. NVH și comportamentul vibroacustic al sistemelor de propulsie electrificate 7.1. Introducere în NVH pentru autovehicule electrificate 7.2. Surse electromagnetice de zgomot și vibrații 7.3. Ondulațiile de cuplu (Torque Ripple) și efectele vibroacustice 7.4. Comportamentul vibroacustic al electronicii de putere 7.5 Surse mecanice de zgomot și vibrații 7.6. Vibrații structurale și transmiterea zgomotului 7.7. Percepția acustică și confortul pasagerilor 7.8. Metode de reducere și control al NVH	4h		
8. Încărcare avansată și integrare energetică inteligentă 8.1. Încărcare rapidă și ultra-rapidă 8.2. Wireless charging 8.3. Megawatt charging 8.4. Smart charging 8.5. V2G / V2H / V2L 8.6. Integrarea în rețele inteligente	2h		
9. Evaluarea ciclului de viață (LCA) și sustenabilitatea sistemelor de propulsie electrificată 9.1. Metodologia evaluării ciclului de viață autovehiculelor electrificate 9.2. Amprenta de carbon a autovehiculelor electrificate 9.3. Impactul producției bateriilor de tracțiune 9.4. Materii prime critice și sustenabilitatea lanțului de aprovizionare 9.5. Reciclarea și managementul sfârșitului ciclului de viață 9.6. Analiză comparativă a sustenabilității sistemelor de propulsie electrificate BEV vs HEV vs PHEV vs FCEV 9.8. Perspective privind sustenabilitatea mobilității electrificate	2h		
10. Tendințe și tehnologii emergente în sistemele moderne de propulsie electrificată 10.1. Evoluția arhitecturilor moderne de propulsie electrificată 10.2. Platforme dedicate pentru vehicule electrificate 10.3. Tehnologii emergente de stocare a energiei 10.4. Electronica de putere de nouă generație 10.5. Integrarea vehiculului în ecosistemul energetic inteligent 10.6. Arhitecturi electrice și electronice emergente 10.7. Vehicule definite prin software (Software-Defined Vehicles)	2h		
Bibliografie minimală recomandată			
[1] note de curs – disponibile pe pagina didactică [2] Denton, T., <i>Electric and hybrid vehicles</i> , Routledge, 2020 [3] John G. Hayes , G. Abas Goodarzi <i>Electric Powertrain: Energy Systems, Power Electronics and Drives for Hybrid, Electric and Fuel Cell Vehicles</i> ISBN 9781119063667, 2018, 560 Pages [4] Mehrddad Ehsani , Yimin Gao , Ali Emadi <i>Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles: Fundamentals, Theory, and Design</i> , Second Edition, ISBN 9781420054002, 557 pagini [5] K Wang Hee Nam: <i>AC Motor Control & Electrical Vehicle Application</i> , CR Press, Taylor & Francis Group, 2019 [6] Denton, T., <i>Electric and Hybrid Vehicles</i> , Routledge, 2020 [7] Husain, I., <i>Electric and Hybrid Vehicles: Design Fundamentals</i> , CRC Press			

Aplicații (seminar / laborator / lucrări practice / proiect)	Nr. ore	Metode de predare	Observații
1. NTSPM, PSI și prezentarea mediului software și a infrastructurii experimentale	2h	Expunere interactivă, demonstrație practică, discuție dirijată	Familiarizarea cu regulile de securitate, infrastructura experimentală și mediile software utilizate
2. Dimensionarea preliminară a sistemului de propulsie electrică	4h	Studiu de caz, exercițiu aplicativ, analiză comparativă, lucru asistat pe calculator	Dimensionarea preliminară a motorului electric, bateriei, inverterului și transmisiei pe baza cerințelor de performanță
3. Modelarea și simularea frânării regenerative și evaluarea energiei recuperate	4h	Modelare și simulare numerică, învățare prin descoperire, lucru asistat pe calculator	Analiza recuperării energetice în diferite cicluri de conducere și condiții de exploatare
4. Modelarea și simularea managementului termic într-un BEV	4h	Modelare și simulare numerică, învățare prin descoperire, lucru asistat pe calculator	Analiza autonomiei cu management termic adecvat în diferite cicluri de conducere și condiții de exploatare
5. Analiza avansată a Battery Management System și estimarea parametrilor SOC/SOH/SOP	4h	Modelare și simulare numerică, exercițiu aplicativ, interpretare de rezultate	Estimarea parametrilor de stare ai bateriei și evaluarea impactului asupra performanțelor energetice
6. Modelarea și simularea unui autovehicul HEV paralel P2 utilizând strategii ECMS 48 V	4h	Modelare și simulare numerică, învățare prin descoperire, lucru asistat pe calculator.	Utilizare MATLAB/Simulink sau echivalent; analiză a fluxurilor de energie și variației SOC.
7. Diagnosticarea defectelor și analiza toleranței la defecte în sistemele electrificate	2h	Exercițiu aplicativ, analiză comparativă, rezolvare de probleme, gândire critică.	Simularea defectelor funcționale (open phase, defecte senzori, defecte inverter, defecte HV) și evaluarea strategiilor de protecție
8. Modelarea evaluării ciclului de viață (LCA) a sistemelor de propulsie electrică utilizând openLCA	4h	Experiment virtual, simulare software, interpretare de date.	Analiza impactului de mediu și compararea arhitecturilor electrificate pe baza indicatorilor LCA
Bibliografie minimală recomandată			
[1] Fișe de laborator disponibile pe platforma didactică [2] Fișe tehnice OEM și documentație tehnică de produs [3] Denton, T., <i>Electric and Hybrid Vehicles</i> , Routledge, 2020 [4] Husain, I., <i>Electric and Hybrid Vehicles: Design Fundamentals</i> , CRC Press [5] openLCA Documentation / materiale didactice aferente aplicației			

8. Evaluare

Tip activitate	Criterii de evaluare	Metode de evaluare	Pondere din nota finală
Curs	Capacitatea de defini și compara performanțe-cheie (eficiență, autonomie, putere specifică, timp de încărcare) pentru BEV vs. hibride.	<i>evaluare continuă</i> : 2 teste scrise anunțate pe parcursul semestrului	10%
	Capacitatea de a clasifica vehiculele după nivelul de hibridizare (MHEV, HEV, PHEV) și descrie fluxurile de energie. Capacitatea de a desena diagrame de configurare (serie, paralel, power-split, P0...P4) și trasa rutele de putere ICE-EM	<i>evaluare sumativă: examen programat</i> - Evaluare prin probă finală scrisă urmată de verificarea orală a gradului de îndeplinire a cerințelor în lucrarea scrisă.	40%
Seminar			
Laborator/ Lucrări practice	Capacitatea de a recunoaște componentele de baza a autovehiculelor electrice și hibride Capacitatea de a identifica tipologii tehnice și comerciale de HEV, MHEV, PHEV, FCEV	<i>evaluare continuă</i> : realizare referate de laborator, mod finalizare teme practice la laborator	20%
	Capacitatea de utilizare adecvată a tehnicilor de investigare și cunoașterea procedurilor de determinare a indicatorilor de performanță ai HEV, FCEV Asimilarea de competențe de evaluare prin integrarea rezultatelor obținute în lucrările de laborator, prin analiza comparativă a celor patru arhitecturi principale de propulsie electrică utilizate în autovehiculele moderne	<i>evaluare sumativă</i> : tema de evaluare sumativă cu titlu: <i>Studiu comparativ de performanță și eficiență energetică pentru sisteme de propulsie electrică (MHEV, HEV, PHEV, FCEV)</i>	30%

Proiect			
---------	--	--	--

Fișa disciplinei include, dacă este cazul, elemente adaptate persoanelor cu dizabilități, în funcție de tipul și gradul acestora.

Data completării	Grad didactic, nume, prenume, semnătura titularului de curs	Grad didactic, nume, prenume, semnătura titularului de aplicație
22.09.2025	șef lucrări dr. ing. Elena-Daniela LUPU	șef lucrări dr. ing. Elena-Daniela LUPU

Data avizării	Grad didactic, nume, prenume, semnătura responsabilului de program
25.09.2025	șef lucrări dr. ing. Elena-Daniela LUPU

Data avizării în departament	Grad didactic, nume, prenume, semnătura directorului de departament
25.09.2025	conf. univ. dr. ing. Daniela IRIMIA

Data aprobării în consiliul facultății	Grad didactic, nume, prenume, semnătura decanului
26.09.2025	Prof. dr. ing. Laurentiu- Dan MILICI