FIȘA DISCIPLINEI

1. Date despre program

Facultatea	de Inginerie Electrică şi Ştiinţa Calculatoarelor
Departamentul	de Electrotehnică
Domeniul de studii	Ingineria autovehiculelor
Ciclul de studii	Licență, învățământ cu frecvență
Programul de studii	Echipamente 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	Categoria formativă a disciplinei DF - fundamentală, DS - de specializare, DC – complementară, DD - în domeniu				**DS**
	Categoria de opționalitate a disciplinei: DOB – obligatorie(DI), DOP – opțională(DO), DFA - facultativă				**DOP**

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 transversale	
Competențe profesionale	**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

5. Rezultatele învățării

Cunoștințe	Aptitudini	Responsabilitate și autonomie
a finalul disciplinei, studentul este capabil să: • Explice principiile de modelare energetică și de dimensionare a sistemelor de propulsie electrificată și corelarea principalelor componente ale acestora. • Descrie și diferențieze strategiile de management energetic și control utilizate în autovehiculele electrice și hibride, inclusiv strategiile bazate pe reguli, ECMS și principiile controlului predictiv. • Explice interdependențele dintre managementul termic, starea bateriei, limitele de funcționare și performanțele energetice ale sistemului de propulsie. • Descrie principiile avansate privind BMS, diagnosticarea și siguranța funcțională, comportamentul NVH, integrarea energetică inteligentă și	La finalul disciplinei, studentul este capabil să: • Modeleze și evalueze performanțele energetice ale unui autovehicul electrificat, utilizând modele de calcul și cicluri de funcționare reprezentative. • Dimensioneze preliminar și coreleze componentele principale ale sistemului de propulsie electrificată în raport cu cerințele de performanță ale autovehiculului. • Analizeze și compare strategii de management energetic, fluxurile de energie și evoluția variabilelor de stare în diferite regimuri de funcționare. • Estimeze și interpreteze parametrii/stările relevante ale bateriei (SOC, SOH, SOP) și să evalueze influența managementului	La finalul disciplinei, studentul dovedește capacitatea de a: • Selecta și argumenta soluții tehnice și strategii de management energetic adecvate unei aplicații de propulsie electrificată, pe baza unor criterii tehnice, energetice și de sustenabilitate. • Analiza critic rezultatele obținute prin modelare și simulare, identificând limitele modelelor, ipotezelor și metodelor utilizate. • Utiliza responsabil documentația tehnică, standardele, datele OEM și literatura științifică de specialitate în analiza sistemelor de propulsie electrificată. • Elabora și susține argumentat concluzii și soluții inginerești, manifestând autonomie în analiza unor probleme specifice sistemelor moderne de propulsie electrică și hibridă.

evaluarea ciclului de viață a sistemelor de propulsie electrificată.	termic și a frânării regenerative asupra consumului energetic și autonomiei. • Utilizeze instrumente software de modelare și simulare pentru analiza critică și compararea soluțiilor de propulsie electrificată, inclusiv din perspectiva performanțelor energetice și a impactului pe ciclul de viață.	

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

Obiectivul general al disciplinei	Dezvoltarea capacității de analiză, modelare și evaluare a sistemelor moderne de propulsie electrică și hibridă, prin dimensionarea și corelarea componentelor sistemului de propulsie, analiza fluxurilor și strategiilor de management energetic și evaluarea influenței managementului termic, a bateriei și a regimurilor de funcționare asupra performanțelor energetice ale autovehiculului, în contextul cerințelor de siguranță, integrare energetică și sustenabilitate.

7. Conținutul predării și învățării

Curs	Nr. ore	Metode de predare	Observații
1. Modelarea energetică și evaluarea performanțelor autovehiculelor electrificate 1.1. Cerințe de tracțiune și transpunerea acestora în cerințe energetice 1.2. Modele longitudinale forward și backward 1.3. Modelarea fluxurilor energetice în BEV/HEV/PHEV/FCEV 1.4. Influența parametrilor autovehiculului și ai sistemului de propulsie asupra consumului 1.5. Determinarea consumului energetic și autonomiei	2h	− expunere interactivă; − prelegere asistată de suport multimedia și exemple tehnice; − studiu de caz;	
2. Dimensionarea integrată a 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. Corelarea motor–invertor–baterie 2.6. Particularități de dimensionare pentru sistemele hibride și FCEV	4h		
3. Strategii de management energetic în autovehiculele electrificate 3.1. Obiective, variabile de stare, constrângeri și criterii de optimizare 3.2. Managementul energetic în HEV/PHEV: CS, CD, power split și torque split 3.3. Strategii bazate pe reguli și logică fuzzy 3.4. Strategii bazate pe optimizare: ECMS 3.5. Strategii predictive: principii MPC 3.6. Eco-driving și integrarea informațiilor privind traseul/ciclul de deplasare 3.7. Analiza comparativă a strategiilor de management energetic	4 h		
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 invertorului 4.6. Managementul termic al sistemelor FCEV 4.7. Impactul managementului termic și al sistemelor HVAC asupra consumului energetic și autonomiei 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. Metode de estimare a SOC 5.4. Metode de estimare a SOH 5.5. Estimarea SOP și a limitelor dinamice de putere 5.6. Echilibrarea celulelor (Cell Balancing) 5.7. Diagnosticarea defectelor bateriei 5.8. Îmbătrânirea și degradarea bateriilor 5.9. Impactul încărcării rapide asupra bateriei	4h		

5.10. Integrarea BMS în sistemul energetic			
6. Diagnostic, protecție și siguranță funcțională a sistemelor de propulsie electrificată 6.1. Diagnosticarea defectelor în sistemele electrificate: defecte invertor; 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	2h		
8. Încărcare avansată și integrarea autovehiculului în sistemul energetic 8.1. Încărcare rapidă și ultra-rapidă: limitări energetice și termice 8.2. Încărcare wireless 8.3. Megawatt Charging System și aplicații heavy-duty 8.4. Strategii de smart charging 8.5. Management bidirecțional al energiei: V2G/V2H/V2L 8.6. Integrarea autovehiculului 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. Analiza comparativă a impactului ciclului de viață pentru diferite sisteme de propulsie electrificată 9.8. Perspective privind sustenabilitatea mobilității electrificate	2h		
10. Tendințe tehnologice și arhitecturi emergente pentru autovehiculele electrificate 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] I. Husain, *Electric and Hybrid Vehicles: Design Fundamentals*, 3rd ed. Boca Raton, FL, USA: CRC Press, 2021
[3] J. G. Hayes and G. A. Goodarzi, *Electric Powertrain: Energy Systems, Power Electronics and Drives for Hybrid, Electric and Fuel Cell Vehicles*. Chichester, U.K.: John Wiley & Sons, 2018, doi: 10.1002/9781119063681
[4] M. Ehsani, Y. Gao, S. Longo, and K. Ebrahimi, *Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles: Fundamentals, Theory, and Design*, 3rd ed. Boca Raton, FL, USA: CRC Press, 2018
[5] L. Guzzella and A. Sciarretta, *Vehicle Propulsion Systems: Introduction to Modeling and Optimization*, 3rd ed. Berlin, Germany: Springer, 2013, doi: 10.1007/978-3-642-35913-2.
[6] G. L. Plett, *Battery Management Systems, Volume I: Battery Modeling*. Norwood, MA, USA: Artech House, 2015
[7] G. L. Plett and M. S. Trimboli, *Battery Management Systems, Volume III: Physics-Based Methods*. Norwood, MA, USA: Artech House, 2024.
[8] L. Zhang, D. Meng, and G. Chen, *Noise, Vibration and Harshness of Electric and Hybrid Vehicles*. Warrendale, PA, USA: SAE International, 2020
[9] ISO, *ISO 26262:2018, Road Vehicles—Functional Safety*, 2nd ed. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization, 2018
[10] ISO, *ISO 6469-1:2019, Electrically Propelled Road Vehicles—Safety Specifications—Part 1: Rechargeable Energy*

Storage System (RESS), including Amendment 1:2022, *Safety Management of Thermal Propagation*. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization, 2019–2022
[11] ISO, *ISO 6469-3:2021, Electrically Propelled Road Vehicles—Safety Specifications—Part 3: Electrical Safety*, 4th ed. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization, 2021
[12] ISO, *ISO 14040:2006, Environmental Management—Life Cycle Assessment—Principles and Framework*, including Amendment 1:2020, and *ISO 14044:2006, Environmental Management—Life Cycle Assessment—Requirements and Guidelines*, including Amendments 1:2017 and 2:2020. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization.
[13] ISO, *ISO 15118-20:2022, Road Vehicles—Vehicle to Grid Communication Interface—Part 20: 2nd Generation Network Layer and Application Layer Requirements*, including Amendment 1:2026, *AC DER Service, MCS Service, and Improved Security Concept*. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization, 2022–2026.

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 și corelarea preliminară a componentelor sistemului de propulsie electrificată	2h	Studiu de caz, exercițiu aplicativ, analiză comparativă, lucru asistat pe calculator	Dimensionarea preliminară a motorului electric, bateriei, invertorului și transmisiei pe baza cerințelor de performanță
3. Modelarea energetică a frânării regenerative și evaluarea energiei recuperate	2h	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 analiza managementului termic al unui BEV și a influenței asupra consumului și autonomiei	2h	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 BMS. Estimarea SOC, SOH și SOP	2h	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 managementului energetic al unui autovehicul hibrid cu arhitectură P2. Implementarea și analiza unei strategii ECM	2h	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. Evaluarea ciclului de viață al sistemelor de propulsie electrificată utilizând openLCA	2h	Experiment virtual, simulare software, interpretare de date.	Analiza impactului de mediu și compararea arhitecturilor electrificate pe baza indicatorilor LCA

Bibliografie minimală recomandată

[1]. E.-D. Lupu, *Fișe de laborator pentru disciplina „Tracțiune electrică și hibridă 2”*. Universitatea „Ștefan cel Mare” din Suceava, materiale didactice disponibile pe platforma educațională.
[2]. Husain, *Electric and Hybrid Vehicles: Design Fundamentals*, 3rd ed. Boca Raton, FL, USA: CRC Press, 2021.
[3]. J. G. Hayes and G. A. Goodarzi, *Electric Powertrain: Energy Systems, Power Electronics and Drives for Hybrid, Electric and Fuel Cell Vehicles*. Chichester, U.K.: John Wiley & Sons, 2018, doi: 10.1002/9781119063681.
[4]. L. Guzzella and A. Sciarretta, *Vehicle Propulsion Systems: Introduction to Modeling and Optimization*, 3rd ed. Berlin, Germany: Springer, 2013, doi: 10.1007/978-3-642-35913-2.
[5]. G. L. Plett, *Battery Management Systems, Volume I: Battery Modeling*. Norwood, MA, USA: Artech House, 2015.
[6]. G. L. Plett, *Battery Management Systems, Volume II: Equivalent-Circuit Methods*. Norwood, MA, USA: Artech House, 2015.
[7]. ISO, *ISO 14040:2006, Environmental Management—Life Cycle Assessment—Principles and Framework*, including Amendment 1:2020. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization, 2006–2020.
[8]. ISO, *ISO 14044:2006, Environmental Management—Life Cycle Assessment—Requirements and Guidelines*, including Amendment 1:2017 and Amendment 2:2020. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization, 2006–2020.
[9]. GreenDelta GmbH, *openLCA 2 Manual—Official Documentation*. Berlin, Germany: GreenDelta GmbH, versiunea utilizată în activitățile de laborator.
[10]. MathWorks, *MATLAB and Simulink Documentation—Automotive, Powertrain and Electrification Applications*. Natick, MA, USA: The MathWorks, Inc., versiunea utilizată în activitățile de laborator.
[11]. Documentație tehnică OEM, fișe tehnice și documentație de produs pentru autovehiculele, bateriile, motoarele electrice, invertoarele și celelalte componente ale sistemelor de propulsie electrificată analizate în cadrul lucrărilor de laborator.

8. Evaluare

Tip activitate	Criterii de evaluare	Metode de evaluare	Pondere
Evaluare	Cunoașterea și înțelegerea principiilor de modelare și	Examen programat – probă finală orală, cu	50%

finală	dimensionare a sistemelor de propulsie electrificată; înțelegerea strategiilor de management energetic și a interacțiunilor dintre componentele sistemului; capacitatea de analiză a influenței managementului termic, a bateriei și a regimurilor de funcționare asupra performanțelor energetice; cunoașterea principiilor privind diagnosticarea, siguranța funcțională, integrarea energetică și sustenabilitatea; capacitatea de analiză, comparare și argumentare a soluțiilor tehnice.	întrebări teoretico-aplicative, probleme de analiză și interpretarea unor rezultate/date tehnice.	
Evaluare pe parcurs	Cunoașterea și înțelegerea conceptelor și principiilor teoretice; utilizarea corectă a terminologiei de specialitate; aplicarea relațiilor și modelelor în rezolvarea problemelor; capacitatea de analiză, interpretare și comparare a soluțiilor tehnice; corectitudinea și argumentarea răspunsurilor.	*Evaluare continuă pe parcursul activităților de curs:* două teste scrise, anunțate, susținute pe parcursul semestrului, din conținuturile teoretice parcurse.	10%
	Aplicarea corectă a metodelor de modelare și calcul; capacitatea de dimensionare preliminară și corelare a componentelor sistemului de propulsie; utilizarea adecvată a instrumentelor software; analiza și interpretarea rezultatelor privind recuperarea energiei, managementul termic, BMS și managementul energetic; capacitatea de comparare și argumentare a soluțiilor analizate; corectitudinea concluziilor formulate.	Evaluare continuă în cadrul lucrărilor de laborator, prin verificarea modului de realizare a aplicațiilor, analiza rezultatelor obținute și evluarea referatelor/fișelor de lucru; verificare individuală a capacității de interpretare și argumentare a rezultatelor.	40%

Pentru studenții cu dizabilități și/sau nevoi educaționale speciale, activitățile didactice și de evaluare pot fi adaptate în funcție de nevoile individuale, prin utilizarea infrastructurii accesibilizate a USV, asigurarea materialelor didactice în formate accesibile și adaptarea modalităților de desfășurare a activităților și de evaluare, cu menținerea rezultatelor învățării și a cerințelor academice aferente disciplinei, în conformitate cu reglementările USV în vigoare.

Data completării	Grad didactic, nume, prenume, semnătura titularului de curs	Grad didactic, nume, prenume, semnătura titularului de aplicație
22.09.2026	șef lucrări dr. ing. Elena-Daniela LUPU	șef lucrări dr. ing. Elena-Daniela LUPU

Data avizării	Grad didactic, nume, prenume, semnătura responsabilului de program
23.09.2026	șef lucrări dr. ing. Elena-Daniela LUPU

Data avizării în departament	Grad didactic, nume, prenume, semnătura directorului de departament
24.09.2026	conf. univ. dr. ing. Daniela IRIMIA

Data aprobării în consiliul facultății	Grad didactic, nume, prenume, semnătura decanului
25.09.2026	Prof. dr. ing. Laurentiu- Dan MILICI