

## 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 | Echipamente și sisteme de comandă și control pentru autovehicule |

### 2. Date despre disciplină

|                       |                                                                                                            |           |          |                   |                 |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------|-------------------|-----------------|
| Denumirea disciplinei | <b>TRACȚIUNE ELECTRICĂ ȘI HIBRIDĂ 1</b>                                                                    |           |          |                   |                 |
| Anul de studiu        | <b>IV</b>                                                                                                  | Semestrul | <b>7</b> | Tipul de evaluare | <b>Colocviu</b> |
| Regimul disciplinei   | Categorია formativă a disciplinei<br>DF - fundamentală, DS - de specializare, DC – complementară           |           |          |                   | <b>DS</b>       |
|                       | Categorია de opționalitate a disciplinei:<br>DOB – obligatorie(DI), DOP – opțională(DO), DFA - facultativă |           |          |                   | <b>DI</b>       |

### 3. Timpul total estimat (ore alocate activităților didactice)

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

|                                          |     |
|------------------------------------------|-----|
| Distribuția fondului de timp pe semestru | ore |
| II.a) Studiu individual                  | 55  |
| II.b) Tutoriat (pentru ID)               | -   |
| III. Examinări                           | 3   |
| IV. Alte activități (precizați):         |     |

|                                              |     |
|----------------------------------------------|-----|
| Total ore studiu individual (II.a+II.b+III)  | 58  |
| Total ore pe semestru (I.b+II.a+II.b+III+IV) | 100 |
| Numărul de credite                           | 4   |

### 4. Competențe specifice acumulate

|                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Competențe profesionale/generale | <b>CP.5</b> Proiectarea și aplicarea tehnologiilor de mentenanță pentru autovehicule rutiere<br><b>CP.6</b> Rezolvarea problemelor tehnologice care au ca obiect de activitate cercetarea, proiectarea sau întreținerea autovehiculelor electrice, plug-in hibrid și cu hidrogen. |
| Competențe transversale          |                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

### 5. Rezultatele învățării

| Cunoștințe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Aptitudini                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Responsabilitate și autonomie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><i>La finalul disciplinei, studentul:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.Cunoaște și explică principiile de funcționare ale sistemelor de propulsie electrică pentru autovehicule rutiere.</li> <li>2.Identifică elementele componente ale lanțului cinematic electric (motor, inverter, baterie, transmisie) și rolul fiecăruia în procesul de conversie a energiei.</li> <li>3.Descrie particularitățile dinamice ale autovehiculelor electrice, relația dintre forțele de tracțiune, rezistențe și performanțele de accelerație și autonomie.</li> <li>4.Cunoaște tipurile de motoare electrice utilizate în tracțiune și înțelege principiile de control și domeniile lor de utilizare.</li> <li>5.Înțelege principiile de stocare a energiei în baterii Li-ion, funcțiile sistemului BMS, noțiunile de SOC/SOH, echilibrare și siguranță termică.</li> <li>6.Explică principiul frânării regenerative și integrarea acesteia cu sistemele mecanice și electronice de control al tracțiunii (ABS/ESC).</li> <li>7.Cunoaște standardele și tehnologiile moderne de încărcare (AC/DC, ISO 15118, V2G, V2L) și cerințele de siguranță asociate.</li> </ol> | <p><i>La finalul disciplinei, studentul este capabil să:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.Aplice conceptele teoretice pentru modelarea și analiza performanței dinamice și energetice a unui autovehicul electric</li> <li>2.Determine caracteristicile de funcționare (cuplu, putere, randament, autonomie) prin metode analitice și simulare numerică</li> <li>3.Selecteze și dimensioneze motorul electric, inverterul, bateria în funcție de aplicație și cerințele de performanță.</li> <li>4.Evalueze eficiența sistemelor de frânare regenerativă și modul de integrare cu frâna mecanică.</li> <li>5.Utilizeze echipamente și software specializat pentru testarea, simularea și interpretarea performanțelor grupurilor motopropulsoare electrice.</li> </ol> | <p><i>La finalul disciplinei, studentul va fi capabil să:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Lucreze autonom în analiza și proiectarea componentelor sistemului de tracțiune electrică și hibridă.</li> <li>2. Aplice normele de siguranță electrică (HV) și protecția muncii în lucrul cu echipamente de laborator și autovehicule electrice.</li> <li>3. Demonstreze responsabilitate în alegerea și utilizarea resurselor energetice, urmărind eficiența și sustenabilitatea tehnologică.</li> <li>4. Colaboreze eficient în echipe interdisciplinare (mecanică, electronică, software) pentru realizarea proiectelor integrate.</li> <li>5. Își autoevalueze competențele și să manifeste interes pentru dezvoltare profesională continuă în domeniul electromobilității și controlului sistemelor auto.</li> </ol> |

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

|                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Obiectivul general al disciplinei | Studierea și înțelegerea principiilor de conversie, stocare și utilizare a energiei electrice în sistemele de tracțiune, precum și a arhitecturilor, componentelor și strategiilor de control utilizate în autovehiculele electrice și hibride, pentru a dezvolta capacitatea de proiectare, analiză și optimizare a acestor sisteme moderne de propulsie. |
|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## 7. Conținutul predării și învățării

| Curs                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Nr. ore | Metode de predare                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Observații |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 1. Clasificarea autovehiculelor rutiere autopropulsate electrice și hibrid. Trecut, prezent și viitor.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 2h      | <i>resurse procedurale curs:</i><br>- metode de predare-învățare clasice: expunere orală, conversație, demonstrație intuitivă<br>- metode de predare-învățare moderne: dialog, demonstrație cu ajutorul mijloacelor audio-vizuale, simulare<br>- procedee didactice: descoperire inductivă<br>- tehnici de instruire: tehnica muncii intelectuale pentru realizarea metodei lecturii, tehnica folosirii mijloacelor audio-vizuale pentru realizarea metodei demonstrației intuitive<br>- moduri de organizare: frontal, pe grupe, individual, combinat |            |
| 2. Indicatori de performanță ai sistemelor de tracțiune electrică și hibridă. Cicluri de condus: faze și proceduri                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 2 h     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |            |
| 3. Dinamica longitudinală a autovehiculului electric și particularitățile tracțiunii electrice                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 2h      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |            |
| 4. Tipuri de motoare electrice utilizate în tracțiunea rutieră:<br>4.1.Motoare sincrone cu magneți permanenți (PMSM, IPMSM) – principii de funcționare, domenii de operare, metode de control<br>4.2.Motoare asincrone (IM) – caracteristici de cuplu-viteză, metode de control<br>4.3.Motoare cu reluctanță variabilă (SRM) – avantaje constructive, control specific, aplicații emergente în propulsia autovehiculelor electrice.<br>4.4.Motoare de curent continuu fără perii (BLDC) – metode de control                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 4h      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |            |
| 5. Caracteristici funcționale și performanțe a motoarelor de tracțiune:<br>5.1. Zone de operare<br>5.2. Densitate de putere, randament global, comportament termic și vibroacustic<br>5.3. Criterii de selecție a tipului de motor în funcție de aplicație: urban, performant, utilitar, off-road.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 3h      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |            |
| 6. Configurații constructive și arhitecturi de integrare:<br>6.1.Configurații e-axe<br>6.2.Dispuneri pe punți<br>6.3.Sisteme de distribuție a cuplului (torque vectoring) pentru îmbunătățirea stabilității și performanțelor dinamice ale vehiculului.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 2h      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |            |
| 7. Electronica de putere și arhitectura sistemelor de înaltă tensiune (HV) în autovehiculele electrice<br>7.1.Invertoare trifazate pentru tracțiune electrică –metode de control (FOC, DTC) și limitări termice și de curent.<br>7.2.Convertizoare DC–DC bidirecționale HV↔LV, circuite de pre-charge, contactori, HVIL, protecții și fuzibile.<br>7.3.Principii de compatibilitate electromagnetică (EMC/EMI) și soluții de reducere a interferențelor în sistemele electrice de înaltă tensiune                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 1h      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |            |
| 8. Sisteme de stocare a energiei electrice<br>8.1. Baterii Li-ion utilizate în tracțiunea electrică. Tipuri de chimii. Parametri cheie. Determinarea și estimarea stării de încărcare și a stării de sănătate. Modele simplificate de celulă Li-ion – model rezistentiv $R_{int}$ , modele echivalente RC.<br>8.2. Bateria la nivel de sistem (battery pack). Configurația pachetului: celulă – modul – pachet, interconectări și arhitectura mecanică.Cablaj HV și interfața cu sistemul de tracțiune electrică.Sisteme de echilibrare a celulelor (pasivă / activă). Măsuri de siguranță și protecție. Noțiuni privind fenomenul de thermal runaway și măsuri de prevenire prin design și management termic.<br>8.3. Sistemul de management al bateriei (BMS). Funcțiile principale: măsurare, echilibrare, protecție, comunicare CAN și estimare parametrică.Rolul BMS în optimizarea duratei de viață, a performanței și a siguranței pachetului de baterii. | 4h      | <i>resurse materiale curs:</i><br>- prezentări PowerPoint disponibile pe internet<br>- laptop, videoproiector                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |            |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |    |  |  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|--|--|
| 9 . Management termic și confort termic în autovehiculele electrice<br>9.1. Sisteme de răcire și încălzire a componentelor de putere<br>9.2. Sisteme de preconditionare termică<br>9.3. Impactul temperaturilor extreme (frig / cald) asupra performanței energetice, autonomiei și confortului ocupanților.<br>9.4. Utilizarea pompei de căldură (heat pump) pentru creșterea eficienței termice la temperaturi scăzute.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 2h |  |  |
| 10 Controlul tracțiunii și al frânării regenerativă<br>10.1.Controlul cuplului și al tracțiunii la roată<br>10.2.Frânarea regenerativă <ul style="list-style-type: none"> <li>Principiul conversiei energiei cinetice în energie electrică prin funcționarea motorului în regim de generator.</li> <li>Tipuri de frânare: regenerativă, dinamică și combinată (blended braking).</li> <li>Integrarea frânei electrice cu frâna mecanică (brake blending) – prioritizarea recuperării energetice în funcție de SOC, viteză și condițiile de aderență.</li> <li>Moduri de conducere specifice: „one-pedal driving”, frânare automată la ridicarea pedalei de accelerație.</li> <li>Limitări ale procesului de regenerare: nivelul SOC al bateriei, temperatura componentelor și condițiile de stabilitate autovehicul.</li> </ul>                                                                                                                | 4h |  |  |
| 11. Încărcarea și infrastructura de alimentare a autovehiculului electric<br>11.1. Sisteme de încărcare AC și DC <ul style="list-style-type: none"> <li>Tipuri de încărcare: AC (monofazată / trifazată, Type 2) și DC (Combined Charging System – CCS).</li> <li>Curbele de încărcare și limitările impuse de temperatură, stare de încărcare și performanța BMS.</li> <li>Elemente de protecție și comunicare între autovehicul și stația de încărcare.</li> </ul> 11.2. Standarde și funcționalități avansate <ul style="list-style-type: none"> <li>Noțiuni privind standardul ISO 15118 – Plug &amp; Charge, comunicarea digitală între vehicul și infrastructură.</li> <li>Concepte de încărcare bidirecțională: V2L (Vehicle-to-Load), V2H (Vehicle-to-Home), V2G (Vehicle-to-Grid) – funcții, beneficii și limitări actuale.</li> <li>Considerații termice și de siguranță asociate procesului de încărcare la puteri mari.</li> </ul> | 1h |  |  |
| 12. Constrângeri de omologare și reglementări aplicabile <ul style="list-style-type: none"> <li>UNECE R100 – cerințe privind siguranța sistemelor de înaltă tensiune (HV), izolația electrică, protecția la șoc electric, rezistența la impact.</li> <li>UNECE R10 – compatibilitatea electromagnetică (EMC) a autovehiculelor electrice și a echipamentelor electronice asociate.</li> <li>Rolul acestor reglementări în procesul de omologare și certificare a autovehiculelor electrice.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 1h |  |  |
| Bibliografie minimală recomandată                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |    |  |  |
| [1] Elena Lupu – note de curs disponibile pe : <a href="https://classroom.google.com/c/NzUwOTA4NmM1NDQx">https://classroom.google.com/c/NzUwOTA4NmM1NDQx</a><br>[2] 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 Page<br>[3] Geza – Mihai Erdodi, Elena Muncut, Marius Babescu <i>Autovehicule electrice și hibride</i> . Ediția a II-a revizuită și adăugită. Editura Politehnica Timișoara, 2019                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |    |  |  |

| Aplicații (seminar / laborator / lucrări practice / proiect)                                                                                                | Nr. ore | Metode de predare                                                               | Observații                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| 1. NTSPM și PSI. Prezentarea echipamentelor de laborator                                                                                                    | 2h      | Expunere interactivă, demonstrație practică, discuție dirijată                  |                                                                        |
| 2. Studiul elementelor componente ale unui grup motopropulsor electric. Analiza caracteristicilor constructive și de performanță a minim 5 BEV-uri de serie | 2h      | Observație directă, analiză comparativă, lucru în echipă                        | Se recomandă utilizarea fișelor tehnice oficiale și a platformelor OEM |
| 3. Modelarea caracteristicilor de performanță la un autovehicul electric de mica putere                                                                     | 2h      | Modelare și simulare numerică, rezolvare de problemă, învățare prin descoperire | Utilizare software MATLAB/Simulink sau echivalent                      |

|                                                                                                                   |                                                                                                                             |    |                                                                         |                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| 4.                                                                                                                | Studiul performanței unui grup motopropulsor electric acționat cu motor BLDC                                                | 2h | - Experiment de laborator, achiziție de date, interpretare grafică      | Măsurători pe banc didactic / stand experimental          |
| 5.                                                                                                                | Studiul sistemului de frânare regenerativă la BEV                                                                           | 2h | - Demonstrație practică, simulare, analiză de date                      | Măsurători pe banc didactic / stand experimental          |
| 6.                                                                                                                | Managementul termic a lanțului de propulsie motor – invertor – baterie pentru un BEV autopropulsat pe profil de viteză WLTP | 4h | - Modelare termică, simulare, experiment asistat, învățare colaborativă | Integrare finală de cunoștințe; proiect aplicativ complex |
| Bibliografie minimală recomandată                                                                                 |                                                                                                                             |    |                                                                         |                                                           |
| [1.] <i>Referate pentru laborator, Laborator Tracțiune electrică și hibridă 1</i> disponibile pe pagina didactia. |                                                                                                                             |    |                                                                         |                                                           |

## 8. Evaluare

| Tip activitate                 | Criterii de evaluare                                                                                                                                                                                               | Metode de evaluare                                                                                                                                                                                                                           | Pondere din nota finală |
|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| Curs                           | Capacitatea de a prezenta noțiuni de bază privind grupul motopropulsor electric al autovehiculelor electrice                                                                                                       | <i>evaluare continuă:</i> 2 teste scrise anunțate pe parcursul semestrului                                                                                                                                                                   | 10%                     |
|                                | Capacitatea de a evalua diferite tipologii de sisteme de propulsie electrică<br>Capacitatea de a prezenta diferite modalități de comandă a sistemelor de propulsie electrică                                       | <i>evaluare sumativă: colocviu programat</i> -proba finală scrisă și orală, constă în realizarea și prezentarea de răspunsuri la întrebările de pe biletul de examen                                                                         | 40%                     |
| Seminar                        |                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                              |                         |
| Laborator/<br>Lucrări practice | Capacitatea de a recunoaște componentele de bază a autovehiculelor electrice                                                                                                                                       | <i>evaluare continuă:</i> realizare referate de laborator, mod finalizare teme practice la laborator                                                                                                                                         | 20%                     |
|                                | Capacitatea de a identifica tipologii tehnice și comerciale a EV<br>Capacitatea de utilizare adecvată a tehnicilor de investigare și cunoașterea procedurilor de determinare a indicatorilor de performanță ai BEV | <i>evaluare sumativă : colocviu final de laborator</i> sub forma de prezentare referat privind evaluarea performanțelor energetice și dinamice ale unui autovehicul electric de serie, pe baza datelor constructive și a modelării numerice. | 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              |