



### FIȘA DISCIPLINEI

#### 1. Date despre program

1.1 Instituția de învățământ superior	Universitatea Națională de Știință și Tehnologie Politehnica București
1.2 Facultatea	Electronică, Telecomunicații și Tehnologia Informației
1.3 Departamentul	Telecomunicații
1.4 Domeniul de studii	Inginerie Electronică, Telecomunicații și Tehnologii Informaționale
1.5 Ciclul de studii	Masterat
1.6 Specializarea	Controlul și Propulsia Vehiculelor Electrice

#### 2. Date despre disciplină

2.1 Denumirea disciplinei (ro) (en)	Cerințe specifice stocării energiei Energy Storage Requirements						
2.2 Titularul activităților de curs	Conf. Dr. Lucian Andrei PERIȘOARĂ						
2.3 Titularul activităților de seminar / laborator	Conf. Dr. Lucian Andrei PERIȘOARĂ						
2.4 Anul de studiu	2	2.5 Semestrul	I	2.6. Tipul de evaluare	E	2.7 Regimul disciplinei	Ob
2.8 Tipul disciplinei	DA	2.9 Codul disciplinei	UPB.04.M3.O.24-22	2.10 Tipul de notare	Nota		

#### 3. Timpul total estimat (ore pe semestru al activităților didactice)

3.1 Număr de ore pe săptămână	3	Din care: 3.2 curs	2.00	3.3 seminar/laborator	1
3.4 Total ore din planul de învățământ	42.00	Din care: 3.5 curs	28	3.6 seminar/laborator	14
Distribuția fondului de timp:					ore
Studiul după manual, suport de curs, bibliografie și notițe					56
Documentare suplimentară în bibliotecă, pe platformele electronice de specialitate					
Pregătire seminarii/ laboratoare/proiecte, teme, referate, portofolii și eseuri					
Tutorat					0
Examinări					2
Alte activități (dacă există):					0
3.7 Total ore studiu individual	58.00				
3.8 Total ore pe semestru	100				
3.9 Numărul de credite	4				

#### 4. Precondiții (acolo unde este cazul)

4.1 de curriculum	Dispozitive electronice, Circuite electronice fundamentale, Circuite digitale integrate, Microcontrolere, Electronică și informatică industrială, Electronică de putere, Bazele Vehiculelor Electrice
4.2 de rezultate ale învățării	Cunoștințe generale despre circuite electrice și electronice, tehnici de măsurare, convertoare de putere

#### 5. Condiții necesare pentru desfășurarea optimă a activităților didactice (acolo unde este cazul)



5.1 Curs	Cursul se va desfășura într-o sală dotată cu videoproiector și computer.
5.2 Seminar/ Laborator/Proiect	Laboratorul se va desfășura într-o sală cu dotare specifică, care trebuie să includă: diferite dispozitive de stocare a energiei (baterii cu Plumb, LiFePO4 și Li-Ion, supercondensatoare, pachete mari de baterii), sarcini electronice, platforme de testare pentru stocarea de energie, chargere dedicate pentru baterii cu Plumb și Li-Ion, echipamente de măsură dedicate.

**6. Obiectiv general** *(Se referă la intențiile profesorilor pentru studenți, la ceea ce studenții vor fi învățați în timpul cursului. Oferă o orientare cu privire la locul cursului în cadrul domeniului științific abordat, precum și la rolul pe care acesta îl are în cadrul specializării studiate. Vor fi descrise de o manieră generală tematicile abordate, justificarea includerii cursului în planul de învățământ al specializării studiate etc.)*

Obiectivele cursului sunt prezentarea diferitelor tipuri de tehnici și dispozitive de stocare a energiei: mecanice, electrochimice și electrice, rezumând caracteristicile acestora în ceea ce privește performanța, costul, durata de viață, managementul, instalațiile de încărcare și siguranță.

Dar în zilele noastre, fiecare mijloc electric de transport (hoover, biciclete, scutere, stivuitoare, mașini, autobuze) este alimentat de o baterie litiu-ion. Acest curs prezintă stadiul tehnicii în cercetarea și dezvoltarea tehnologiilor bateriilor utilizate în vehiculele electrice (EV) sau sistemele de stocare a energiei (ESS). Sunt luate în considerare diferite chimii ale bateriilor: plumb-acid, NiMH, Li-Ion, LiFePO4, NMC. Pentru modelare și simulare sunt luate în considerare modelul electrochimic (EC) și modelul electrochimic-termic (ECT). Parametrii de performanță utilizați pentru evaluarea stocării energiei sunt: Starea de încărcare (SOC), Starea de sănătate (SOH), Începutul duratei de viață (BOL), Sfârșitul duratei de viață (EOL), diferite tehnici de măsurare și algoritmi de estimare/predicție fiind analizați și comparați.

**7. Competențe** *(Capacitatea dovedită de a utiliza cunoștințe, aptitudini și abilități personale, sociale și/sau metodologice în situații de muncă sau de studiu și pentru dezvoltarea profesională și personală. Reflectă cerințele angajatorilor.)*

<b>Specifice</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Aplicarea cunoștințelor fundamentale și de specialitate pentru rezolvarea problemelor complexe specifice dispozitivelor de stocare a energiei, bateriilor reîncărcabile și supercondensatoarelor;</li><li>- Dezvoltarea de soluții ingineresti pentru rezolvarea problemelor tehnologice în domeniul sistemelor de energie regenerabilă;</li><li>- Aplicarea cunoștințelor din domeniul Electronicii Aplicate pentru a evalua performanțele bateriilor și supercondensatoarelor pe durata încărcării și descărcării lor.;</li></ul>
<b>Transversale (generale)</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Lucrul responsabil într-o echipă multidisciplinară, cu abilități de a-și asuma roluri specifice diferitelor niveluri ierarhice;</li><li>- Capacitatea de a identifica nevoia unei educații continue și a utilizării eficiente a surselor de informații, a resurselor de comunicare și a asistenței în formare (portaluri de internet, software specializat, baze de date, cursuri online), atât în limba română, cât și într-o limbă străină.</li></ul>

**8. Rezultatele învățării** *(Sunt enunțuri sintetice referitoare la ceea ce un student va fi capabil să facă sau să demonstreze la finalizarea unui curs. Rezultatele învățării reflectă realizările studentului și mai puțin intențiile profesorului. Rezultatele învățării informează studenții despre ceea ce se așteaptă de la ei din punct de vedere al performanței, pentru a obține notele și creditele dorite. Sunt definite în termeni concreți, folosind verbe similare exemplurilor de mai jos și indică ceea ce se va urmări prin evaluare. Rezultatele învățării vor fi astfel redactate încât să fie evidențiată clar relația față de competențele definite la punctul 7.)*



<b>Cunoștințe</b>	<p><i>Rezultatul asimilării de informații prin învățare. Cunoștințele reprezintă ansamblul de fapte, principii, teorii și practici legate de un anumit domeniu de muncă sau de studiu. Pot fi teoretice și/sau faptice.</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- înțelegerea proceselor și tehnologiilor de fabricație pentru dispozitivele de stocare a energiei;</li><li>- proiectarea pachetelor de baterii particulare în funcție de cerințele utilizatorului;</li><li>- înțelegerea și aplicarea regulilor de siguranță în producerea și întreținerea pachetelor de baterii.</li></ul>
<b>Aptitudini</b>	<p><i>Capacitatea de a aplica cunoștințe și de a utiliza know-how pentru a duce la îndeplinire sarcini și a rezolva probleme. Aptitudinile sunt descrise ca fiind cognitive (implicând utilizarea gândirii logice, intuitive și creative) sau practice (implicând dexteritate manuală și utilizarea de metode, materiale, unelte și instrumente).</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- instalarea și configurarea pachetelor mari de baterii pentru vehicule electrice;</li><li>- instalarea și configurarea sistemelor de management pe pachete mari de baterii;</li><li>- testarea performanțelor diferitelor dispozitive de stocare a energiei, baterii și supercondensatoare;</li><li>- crearea de modele de afaceri și dezvoltarea noilor strategii în domeniul stocării energiei;</li><li>- evaluarea planurilor de politici și reglementări pentru reciclarea bateriilor.</li></ul>
<b>Responsabilitate și autonomie</b>	<p><i>Capacitatea cursantului de a aplica în mod autonom și responsabil cunoștințele și aptitudinile sale.</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- selectează surse bibliografice potrivite și le analizează.</li><li>- respectă principiile de etică academică, citând corect sursele bibliografice utilizate.</li><li>- manifestă colaborare cu ceilalți colegi și cadrele didactice</li><li>- promovează/contribuie prin soluții noi, aferente domeniului de specialitate pentru a îmbunătăți calitatea vieții sociale.</li><li>- identifică soluții sustenabile care să rezolve probleme din viața socială și economică.</li><li>- aplică principii de etică/deontologie profesională în analiza impactului tehnologiilor vehiculelor electrice asupra mediului înconjurător.</li><li>- analizează și valorifică oportunitățile de afaceri în domeniul vehiculelor electrice.</li></ul>

**9. Metode de predare** (Se vor avea în vedere metode care să asigure predarea centrată pe student. Se va descrie modul în care se asigură participarea studenților la stabilirea propriului parcurs de învățare, cum se identifică eventualele rămăneri în urmă și ce măsuri remediale se adoptă în astfel de cazuri.)

Predarea cursului se desfășoară prin metoda prezentării și interogării. Metodele de predare moderne (videoproiector) sunt utilizate pentru prezentarea notelor de curs, a notelor de aplicații, videoclipuri și aplicații software demonstrative. Notele de curs și prezentările prelegerilor sunt disponibile studenților în format pdf pe platforma Moodle.

Pentru orele de aplicații, predarea se bazează pe metoda experimentării, combinând modelarea matematică cu experimentarea prin simulare utilizând software de dezvoltare specializat (Matlab, PSIM, Orcad). Pentru a verifica modelele teoretice, măsurători experimentale se vor realiza pe diferite platforme de testare pentru BMS-uri utilizând echipamente de măsură și testare dedicate.

## 10. Conținuturi

CURS		
Capitolul	Conținutul	Nr. ore
1	Introducere în sistemele de stocare a energiei (ESS). Nevoia de stocare a energiei. Istorie și evoluție. Aplicații. Metode de stocare a energiei.	2
2	Stocarea energiei mecanice: hidro pompat, aer comprimat, volantă. Avantaje și dezavantaje.	2



3	Stocarea chimică și electrochimică a energiei. Baterii de unică folosință (zinc, alcaline). Baterii reîncărcabile (Ni-Cd, Ni-MH, plumb-acid, LiFePO <sub>4</sub> , NMC, LCO etc.).	8
4	Stocarea electrică și electromagnetică a energiei. Supercondensatoare și inductoare.	4
5	Celule de combustie pentru vehicule electrice.	2
6	Modelarea bateriei pentru simulare. Modelul Electrochemical (EC). Modelul Electrochemical-Thermal (ECT).	2
7	Metode de încărcare a bateriei. Tensiune constantă (CV), curent constant (CC) și metode hibride. Metode de optimizare a încărcării: încărcare în mai multe etape, încărcare în impulsuri.	2
8	Testarea bateriei. Tehnici de măsurare și algoritmi de estimare a parametrilor de performanță: State-of-Charge (SOC), State-of-Health (SOH), Beginning-of-Life (BOL), End-of-Life (EOL).	2
9	Cerințe pentru dimensionarea celulelor bateriei și a pachetelor de baterii.	2
10	Metode și reglementări pentru reciclarea bateriilor.	2
	<b>Total:</b>	<b>28</b>

**Bibliografie:**

- [Hug08] Robert Huggins, *Advanced Batteries: Materials Science Aspects*, Springer Science & Business Media, 2008.
- [Hug10] Robert Huggins, *Energy Storage*, Springer Science & Business Media, 2010.
- [Bru13] Yves Brunet, *Energy Storage*, John Wiley & Sons, 2013.
- [ZL19] Thomas Zell, Robert Langer, *Hydrogen Storage*, Walter de Gruyter GmbH & Co KG, 2019
- [Sor05] Bent Sørensen, *Hydrogen and Fuel Cells: Emerging Technologies and Applications*, Academic Press, 2005.
- [KK12] Birol Kilkis, Sadik Kakaç, *Energy Storage Systems*, Springer Science & Business Media, 2012.
- [CKA07] Z. Chlodnicki, W. Koczara, N. Al-Khayat, "Hybrid UPC Based on Supercapacitor Energy Storage and Adjustable Speed Generator", 2007.
- [EGG05] M. Ehsani, Y. Gao, S. E. Gay, A. Emadi, "Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles - Fundamentals, Theory, and Design", CRC Press, 2005.
- [PBD08] V. Pop, H. J. Bergveld, D. Danilov, P. P. L. Regtien, P. H.L. Notten, "Battery Management Systems - Accurate State-of-Charge Indication for Battery-Powered Applications", Springer, 2008.
- [And10] D. Andrea, "Battery management systems for large lithium-ion battery packs", Artech House, 2010.
- [BQ13] Y. Barsukov, J. Qian, "Battery power management for portable devices", Artech House, 2013
- [PL18] G. Pistoia, B. Liaw, "Behaviour of Lithium-Ion Batteries in Electric Vehicles: Battery Health, Performance, Safety, and Cost", Springer, 2018.
- [HTR18] K. S. Hariharan, P. Tagade, S. Ramachandran, "Mathematical Modeling of Lithium Batteries From Electrochemical Models to State Estimator Algorithms", Springer, 2018.

**LABORATOR**

Nr. crt.	Conținutul	Nr. ore
1	Măsurarea rezistenței interne a unui dispozitiv de stocare a energiei.	2
2	Măsurarea capacității unui dispozitiv de stocare a energiei.	2
3	Testarea performanțelor bateriilor Plumb-Acid.	2
4	Testarea performanțelor bateriilor LiFePO <sub>4</sub> .	2
5	Testarea performanțelor supercondensatoarelor.	2



6	Testarea performanțelor sistemelor hibride baterii-supercondensatoare.	2
7	Evaluare.	2
	<b>Total:</b>	14

**Bibliografie:**

1. V. Pop, H. J. Bergveld, D. Danilov, P. P. L. Regtien, P. H.L. Notten, “Battery Management Systems - Accurate State-of-Charge Indication for Battery-Powered Applications”, Springer, 2008.
2. Y. Barsukov, J. Qian, “Battery power management for portable devices”, Artech House, 2013
3. G. Pistoia, B. Liaw, “Behaviour of Lithium-Ion Batteries in Electric Vehicles: Battery Health, Performance, Safety, and Cost”, Springer, 2018.
4. K. S. Hariharan, P. Tagade, S. Ramachandran, “Mathematical Modeling of Lithium Batteries From Electrochemical Models to State Estimator Algorithms”, Springer, 2018.
5. Ewert Energy Systems, “Orion BMS Wiring & Installation Manual”, Rev. 4.1.
6. L. A. Perişoară, I. C. Guran, D. C. Costache, „A Passive Battery Management System for Fast Balancing of Four LiFePO4 Cells”, 24th International Symposium for Design and Technology in Electronic Packaging (SIITME 2018), Iași, Romania, Oct. 25-28, 2018.
7. B. Anton, A. Florescu, L. A. Perişoară, A. Vasile, R. C. Constantinescu, Ş. G. Roşu, „Methods of Maximizing Power Efficiency for Hybrid Vehicles”, Revue Roumaine des Sciences Techniques – Serie Électrotechnique et Énergétique, Vol. 64, Issue 1, pp. 57–62, Jan.-Mar. 2019.
8. L. A. Perişoară, D. C. Costache, I. C. Guran, Ş. G. Roşu, A. Florescu, „Active Balancing for Efficient Management of a 4S1P LiFePO4 Battery Pack”, in Proc. of the 11th International Symposium on Advanced Topics in Electrical Engineering (ATEE 2019), Bucharest, Romania, March 28-30, 2019.
9. Ş. G. Roşu, M. Ş. Teodorescu, A. Florescu, L. A. Perişoară, “Study of Operating Conditions Impact on Wireless Power Transfer Systems Performance”, in Proc. of the 11th International Symposium on Advanced Topics in Electrical Engineering (ATEE 2019), Bucharest, Romania, March 28-30, 2019.

**11. Evaluare**

Tip activitate	11.1 Criterii de evaluare	11.2 Metode de evaluare	11.3 Pondere din nota finală
11.4 Curs	<ul style="list-style-type: none"><li>- cunoaşterea și înțelegerea noțiunilor teoretice fundamentale;</li><li>- analiza comparativă a metodelor și dispozitivelor de stocare a energiei;</li><li>- capacitatea de a aplica noțiunile teoretice pentru rezolvarea problemelor practice.</li></ul>	Examenul final constă într-un test care acoperă toate prelegerile și conține 20 de întrebări.	60%



11.5 Seminar/laborator/proiect	<ul style="list-style-type: none"><li>- proiectarea și simularea unei celule pentru pachete de baterii.</li><li>- analiza rezultatelor simulărilor.</li><li>- utilizarea aparatelor de măsură pentru testarea bateriilor;</li><li>- analiza rezultatelor măsurătorilor.</li></ul>	Colocviul de laborator constă într-un test care acoperă toate prelegerile și conține 20 de întrebări.	40%
11.6 Condiții de promovare			
Accumularea a cel puțin 50 de puncte din totalul de 100 puncte.			



**12. Coroborarea conținutului disciplinei cu așteptările reprezentanților angajatorilor și asociațiilor profesionale reprezentative din domeniul aferent programului, precum și cu stadiul actual al cunoașterii în domeniul științific abordat și practicile în instituții de învățământ superior din Spațiul European al Învățământului Superior (SEİS)**

Ținând cont de natura interdisciplinară a sistemelor de stocare a energiei, acest curs pregătește absolvenții pentru proiectarea, dezvoltarea, fabricarea și testarea produselor în diferite domenii de inginerie: autovehicule, sisteme de stocare a energiei, energii regenerabile, rețele de energie inteligente, politici energetice.

Prelegerile prezintă o descriere sistematică și cuprinzătoare asupra fundamentelor teoriei și proiectării dispozitivelor de stocare a energiei: electrochimice (baterii cu litiu), electrice (supercondensatoare).

Activitățile practice oferă o privire practică asupra modelării și simulării celulelor pachetelor de baterii, precum și asupra proiectării, simulării, dezvoltării, instalării, utilizării și întreținerii pachetelor de baterii.

Programul de master oferă studenților absolvenți abilitați și instruire adecvată pentru nevoile actuale și calificările științifice și tehnologice, de înaltă calitate și competitivitate, permițându-le angajarea rapidă după absolvire. Acest fapt este în concordanță cu politicile universității, atât din punct de vedere al conținutului, cât și al structurii, dar și în ceea ce privește competențele și deschiderea internațională oferită studenților.

Data completării	Titular de curs	Titular(i) de aplicații
10.10.2024	Conf. Dr. Lucian Andrei PERIȘOARĂ 	Conf. Dr. Lucian Andrei PERIȘOARĂ 
Data avizării în departament	Director de departament	
27.10.2024	Conf. Dr. Serban Georgica Obreja	



**Universitatea Națională de Știință și Tehnologie Politehnica București**  
**Facultatea de Electronică, Telecomunicații și**  
**Tehnologia Informației**



Data aprobării în Consiliul  
Facultății

Decan

25.10.2024

Prof. Dr. Mihnea Udrea