EFICIENȚA ENERGETICĂ ÎN SISTEMELE MECATRONICE: INTEGRAREA SURSELOR DE ENERGIE REGENERABILĂ ȘI TEHNOLOGII DE STOCARE AVANSATE

ENERGY EFFICIENCY IN MECHATRONIC SYSTEMS: INTEGRATING RENEWABLE ENERGY SOURCES AND ADVANCED STORAGE TECHNOLOGIES

Dorin Mihail DINULESCU, ORCID: 0009-0003-7971-8575
Universitatea POLITEHNICA din Bucureşti

CZU: 620.9:621.319.4:537.533
e-mail: dorinmihail.d@gmail.com

În ultimul timp, schimbările climatice, dar în egală măsură și resursele energetice finite, au atras atenția cercetătorilor. Prin urmare, un rol deosebit de important este acordat eficienței energetice în sistemele mecatronice. În acest fel, cercetătorii speră să realizeze un viitor sustenabil. Articolul de față este concentrat pe identificarea și, în egală măsură, pe analizarea unor soluții inovatoare care privesc îmbunătățirea eficienței energetice în sistemele mecatronice. Aceste realizări sunt posibile integrând sursele de energie regenerabilă și totdată, tehnologiile de stocare avansate, dintre care putem da ca exemplu supercondensatorii și de asemenea, bateriile cu litiu-ion. Utilizând aceste tehnologii, este posibilă optimizarea sistemelor mecatronice, obținându-se astfel performanțe ridicate, dar și reducerea dependenței de sursele tradiționale de energie.
Cuvinte-cheie: *tehnologii de stocare avansate, eficiență energetică, sustenabilitate, sisteme mecatronice, surse regenerabile.*

Recently, climate change, as well as finite energy resources, have garnered the attention of researchers. Consequently, a notably important role is being attributed to energy efficiency within mechatronic systems. Through this approach, researchers aspire to realize a sustainable future. The present article is centered on identifying and, equally importantly, analyzing innovative solutions pertaining to enhancing energy efficiency in mechatronic systems.These accomplishments become feasible by seamlessly integrating renewable energy sources, alongside advanced storage technologies, notable examples being supercapacitors and lithium-ion batteries. By harnessing these technologies, the optimization of mechatronic systems becomes achievable, thereby yielding elevated performance levels and a diminished reliance on conventional energy sources.
Keywords: *advanced storage technologies, energy efficiency, sustainability, mechatronic systems, renewable sources.*

INTRODUCERE

Posibilitatea securizării resurselor energetice tradiționale, dar și modificările climatice, îngrijorează tot mai mult întreaga populație a globului pământesc, ceea ce conduce la necesitatea obținerea unei eficiențe energetice în sistemele mecatronice, pentru construirea unui viitor sustenabil. Totuși, complexitatea sistemelor mecatronice impune

o abordare inovatoare necesară asigurării unei utilizări eficiente a energiei. Această abordare inovatoare are și rolul de a reduce impactul pe care utilizarea energiei ar putea să-l aibă asupra mediului înconjurător [1].

În prezent se fac eforturi pentru ca soluțiile sustenabile să fie identificate și implementate, aspect care reprezintă prezentul stadiu al studiilor efectuate în ceea ce privește eficiența energetică în sistemele mecatronice. Un domeniu intens abordat este acela al integrării surselor de energie regenerabilă și de asemenea, al integrării tehnologiilor de stocare avansate. În acest sens, cercetările sunt centrate pe identificarea unor soluții eficiente din punct de vedere tehnic.

În cuprinsul acestui articol vom încerca o analiză, dar și o evaluare în privința soluțiilor inovatoare identificate în vederea îmbunătățirii eficienței energetice în cadrul sistemelor mecatronice. Tehnologiile de stocare avansată, și în egală măsură integrarea surselor de energie regenerabilă, se află în centrul atenției noastre. Obiectivele specifice propuse sunt următoarele:

1. expunerea abordărilor inovatoare în vederea optimizării sistemelor mecatronice, care conduc către integrarea tehnologiilor de stocare avansate, și deopotrivă, către integrarea surselor de energie regenerabilă.
2. indicarea avantajelor și dezavantajelor folosirii surselor de energie regenerabilă în cadrul sistemelor mecatronice.
3. prezentarea studiilor de caz relevante și analizarea acestora cu scopul evidențierii influenței pe care soluțiile propuse o au asupra performanței sistemelor mecatronice, și asupra eficienței energetice a acestora, în cadrul diferitelor domenii de aplicare.
4. performanțele supercondensatorilor și ale bateriilor litiu-ion vor fi evaluate din punctul de vedere al restricțiilor și al cerințelor sistemelor mecatronice [2].

Scopul abordării obiectivelor enumerate este acela de a identifica modul în care putem contribui la promovarea soluțiilor inovatoare și la dezvoltarea cunoștințelor în privința eficienței energetice în cadrul sistemelor mecatronice. În acest fel, putem oferi perspective viabile pentru asigurarea unui viitor sustenabil din punct de vedere energetic.

Surse de energie regenerabilă pentru sistemele mecatronice

În vederea reducerii efectului energiei asupra mediului înconjurător, dar și în vederea îmbunătățirii eficienței energetice, o abordare sustenabilă și în același timp inovatoare este reprezentată de integrarea surselor de energie regenerabilă în cadrul sistemelor mecatronice [3]. Această tendință se află în centrul atenției cercetătorilor, ca soluție esențială în privința rezolvării problemelor energetice născute în urma existenței unei resurse limitate, dar și a schimbărilor climatice, din ce în ce mai accentuate. Vehiculele electrice reprezintă unul dintre exemplele introducerii surselor de energie regenerabilă în cadrul sistemelor mecatronice. Această alternativă ecologică este considerată mult mai eficientă față de vehiculele cu motor pe combustie internă. Mai mult, în situația în care, pe caroseria vehiculelor electrice s-ar integra panouri solare, s-ar crea surse suplimentare de energie ce pot alimenta sisteme auxiliare. Aceste sisteme auxiliare fac referire la

climatizare și alte asemenea cerințe, ceea ce înseamnă un plus din punctul de vedere al autonomiei vehiculului [4].

Aceleași panouri solare ar putea fi montate pe fațadele sau pe acoperișurile clădirilor, realizându-se astfel integrarea resurselor de energie regenerabilă, ceea ce ar conduce către reducerea consumului de energie. Asemenea clădiri inteligente și-ar putea produce energia necesară funcționării lor în mare parte, devenind independente din punct de vedere energetic. De asemenea, acest concept poate fi integrat și din punctul de vedere al sistemelor de climatizare, de iluminare și de încălzire, reducându-se semnificativ costurile energiei, dar și ale influenței acesteia asupra mediului înconjurător.

La rândul său, industria poate beneficia de introducerea surselor de energie regenerabilă în cadrul sistemelor mecatronice. Domeniul industrial este un mare consumator de energie electrică, motiv pentru care utilizarea unor panouri solare, și de asemenea a altor surse regenerabile cu scopul alimentării sistemelor industriale, poate fi deosebit de eficientă din punctul de vedere al costurilor, dar și al reducerii emisiilor de carbon.

Un alt domeniu în care pot fi folosite cu eficiență sistemele mecatronice este agricultura, în mod deosebit pentru o irigare inteligentă a plantațiilor. Sistemele de irigare și pompele de apă pot fi dotate cu panouri solare, asigurându-se în acest fel o constanță a volumului de apă folosit. Costurile energetice pot fi reduse substanțial și aici, sporindu-se atât producția, cât și contribuția la asigurarea unei agriculturi sustenabile.

Iată cum putem obține beneficii importante atât din punct de vedere ecologic, cât și din punct de vedere energetic, prin introducerea surselor de energie regenerabilă în cadrul sistemelor mecatronice. Tehnologiile și strategiile noi în privința gestionării energiei implementate adecvat, pot conduce către soluții inteligente și deopotrivă sustenabile în privința folosirii sistemelor mecatronice. Prin urmare, eficiența energetică în cadrul sistemelor mecatronice poate fi îmbunătățită, astfel încât să putem obține perspectiva unui viitor sustenabil, în care mediul înconjurător este protejat.

MATERIALE ȘI METODE

Așa cum am precizat și în rândurile anterioare, acest articol are în vedere un număr de două tehnologii avansate de stocare a energiei. Acestea au un rol deosebit de important din punctul de vedere al depășirii cercetărilor care țin de folosirea surselor de energie regenerabilă în cadrul sistemelor mecatronice:

a. Supracondensatorii reprezintă dispozitive care stochează energia. Acestea au o capacitate deosebită de a reține și de a elibera foarte rapid cantități mari de energie. Supracondensatorii au de asemenea capacitatea de încărcare și descărcare mult mai mare comparativ cu bateriile cu litiu-ion, motiv pentru care sunt preferați pentru aplicațiile ce presupun intervale de timp mai mici în vederea încărcării și descărcării repetate. Astfel, în aplicațiile mecatronice, aceste dispozitive pot oferi o putere instantanee și o eficiență semnificativă în privința utilizării energiei, oferind aici ca exemplu echipamentele industriale, roboții sau trenurile cu accelerație rapidă. De-a lungul timpului cercetările au demonstrat că utilizându-se aceste dispozitive concomitent cu bateriile cu litiu-ion, se

poate îmbunătăți performanța sistemelor mecatronice datorită faptului că supracondensatorii vor prelua sarcinile de vârf, ceea ce conduce la reducerea solicitărilor și a uzurii bateriilor, acestea din urmă prelungindu-și durata de viață.



Fig. 1. Diferite tipuri de condensatori

b. Bateriile cu litiu-ion sunt capabile să stocheze o cantitate foarte mare de energie într-un volum destul de mic, ceea ce conduce către capacitatea de a oferi o densitate de energie foarte mare [5]. Un alt avantaj al acestor dispozitive, este acela că perioadele de inactivitate sunt caracterizate prin pierderi de energie minime, ca urmare a unor rate scăzute de auto-descărcare. Bateriile cu litiu-ion sunt deosebit de eficiente din punctul de vedere al alimentării lor constante și fiabile în cadrul sistemelor mecatronice. De pildă smartphonurile și laptopurile beneficiază de o durată de funcționare extinsă datorită bateriilor cu litiu-ion, adăugându-se aici și creșterea eficienței energetice. De asemenea, în cazul vehiculelor electrice, bateriile cu litiu-ion asigură creșterea autonomiei, dar și a performanței, oferind o perspectivă promițătoare din punctul de vedere al unui viitor ecologic. Aceste calități ale bateriilor cu litiu-ion au făcut ca dispozitivele să fie considerate pilon esențial în domeniul tehnologiei ce privește stocarea energiei în cadrul sistemelor mecatronice.

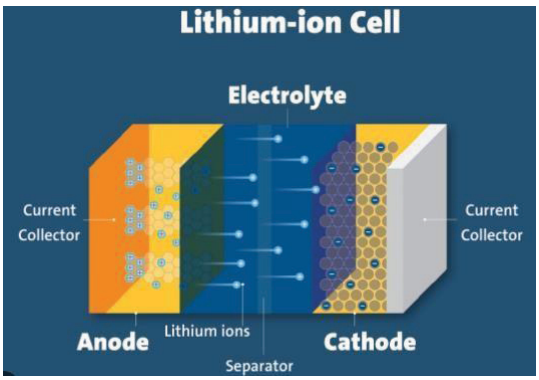


Fig. 2. Schema unei baterii litiu-ion

Prin introducerea tehnologiilor avansate de stocare a energiei în cadrul sistemelor mecatronice, se obțin avantaje reale din punctul de vedere al eficienței energetice a acestora, a sustenabilității, dar și a fiabilității. Așa cum știm și cum am prezentat în rândurile anterioare, domeniul mecatronicii a fost revoluționat de către aceste tehnologii, fapt care a condus către obținerea unor soluții energetice inteligente, utilizate cu un impact minim asupra mediului înconjurător. Consumul de energie reprezintă o cerere din ce în ce mai mare, ca și nevoia de a menține mediul înconjurător în afara oricărui pericol. În acest context, utilizarea unor asemenea tehnologii este esențială pentru îndeplinirea obiectivelor, și a creării unui viitor sustenabil în domeniul sistemelor mecatronice. Din punctul de vedere al mecatronicii, includerea acestor tehnologii este semnificativă pentru ocrotirea mediului înconjurător, și totodată pentru asigurarea durabilității viitorului energetic.

Optimizarea sistemelor mecatronice pentru eficiența energetică

Un aspect semnificativ din punctul de vedere al proiectării și al funcționării sistemelor mecatronice, îl reprezintă eficiența energetică. Aceasta are un rol important în ceea ce privește durabilitatea, sustenabilitatea și fiabilitatea funcționării sistemelor mecatronice. Eficiența energetică poate fi maximizată printr-o abordare integrată, o condiție importantă fiind aceea a alegerii componentelor potrivite și a configurării acestora într-un mod optim pentru asigurarea funcționării sinergice a sistemului [6]. Optimizarea sistemelor mecatronice poate fi obținută cu ajutorul algoritmilor de control avansați. Astfel, se poate răspunde la cerințele aplicațiilor prin utilizarea cu eficiență a fluxului de energie și prin reglarea corespunzătoare a parametrilor. Se obține în acest fel, o funcționare a sistemului la performanțe deosebite, cu pierderi de energie minime.

Maximizarea eficienței energetice poate fi realizată cu ajutorul unor strategii potrivite privind gestionarea energiei. Aceste strategii pot avea în vedere o ajustare corespunzătoare a puterii în raport cu cerințele de încărcare, întreruperea unor componente care nu sunt utilizate, sau îmbunătățirea modului de funcționare a motorului. Consumul de energie poate fi astfel minimizat, obținându-se utilizarea resurselor într-un mod optim.

Identificarea și de asemenea, înlăturarea ineficiențelor existente în cadrul sistemelor mecatronice, se poate realiza cu ajutorul unor tehnologii corespunzătoare în privința monitorizării consumului de energie. Zonele în care există pierderi se pot identifica foarte repede, apelându-se la colectarea și la analizarea datelor privitoare la consumul de energie, putându-se dezvolta totodată soluții caracteristice în vederea optimizării eficienței. Obiectivul care se referă la impactarea cât mai mică asupra mediului înconjurător și totodată la asigurarea unui consum redus de energie, poate fi atins utilizându-se deopotrivă strategii eficiente privind gestionarea energiei, dar și algoritmi avansați în privința acestei gestionări. Gestionarea cât mai eficientă a energiei cu ajutorul sistemelor mecatronice, conduce către un viitor sustenabil.

REZULTATE ȘI DISCUȚII

Integrarea tehnologiilor de stocare avansate în cadrul sistemelor mecatronice și a

surselor de energie regenerabilă, oferă beneficii care pot fi demonstrate cu ajutorul studiilor de caz. Am vorbit, de pildă, în cadrul acestui articol, despre vehiculele electrice, ce au panouri solare integrate în caroserie. Utilizând baterii cu litiu-ion și supracondensatoare în vederea stocării energiei, cercetătorii au obținut o autonomie mai mare și totodată o creștere importantă a eficienței, prin captarea și stocarea suplimentară a energiei provenită din surse regenerabile.



Fig. 3. Imagine futuristica a unui vehicul alimentat cu energie regenerabilă

Un alt caz este acela în care întâlnim conceptul de clădire inteligentă, în care alimentarea sistemelor de iluminat este realizată cu ajutorul unor panouri solare și a unor baterii de stocare, obținându-se climatizarea și încălzirea clădirii [7]. Cercetătorii au reușit să obțină optimizarea utilizării energiei solare conform cerințe și necesităților clădirii, folosind tehnologiile avansate de stocare a energiei. Costurile energetice au fost reduse, dar și emisiile de carbon, respectiva clădire fiind una sustenabilă din punctul de vedere al energiei.

La rândul său, industria a procedat la implementarea tehnologiilor de stocare avansate în domeniul transportului, dar și în domeniul echipamentelor de prelucrare. Captarea și stocarea energiei generate în timpul accelerărilor și în timpuri decelerărilor echipamentelor industriale a fost realizată cu ajutorul supracondensatoarelor. În acest fel, cercetătorii au reușit să reducă consumul de energie, și să obțină o funcționare eficientă și totodată economică a sistemului respectiv.

Toate acestea conduc la ideea că se pot obține avantaje deosebite privind reducerea costurilor energiei, creșterea eficienței energiei dar și reducerea impactului negativ asupra mediului înconjurător, prin folosirea tehnologiilor de stocare avansate în cadrul sistemelor mecatronice și integrarea surselor de energie regenerabilă. Este deosebit de importantă continuarea cercetărilor în acest domeniu. Perspectiva unui viitor sustenabil este susținută de ideea utilizării sistemelor mecatronice, cu rol esențial din acest punct de vedere.

CONCLUZIE

Așadar, eficiența energetică în cadrul sistemelor mecatronice are o importanță covârșitoare pentru viitorul nostru. Utilizarea tehnologiilor de stocare avansate și a surselor de energie regenerabilă asigură sustenabilitatea viitorului nostru, consumul de energie făcându-se într-un mod responsabil. Este de actualitate preocuparea pentru consumul energetic eficient, ca urmare a schimbărilor climatice și a contextului resurselor energetice limitate actuale. Performanțele în domeniul sistemelor mecatronice pot fi optimizate prin abordări inovatoare și integrate. Utilizarea rațională a resurselor reprezintă o prioritate ce poate fi realizată prin reducerea dependenței de resursele tradiționale de energie.

Toate acestea subliniază faptul că identificarea soluțiilor care au la bază sursele regenerabile și tehnologiile avansate de stocare, conduc către obținerea unor beneficii importante într-o multitudine de domenii, amintind aici domeniul vehiculelor electrice, echipamentele industriale, clădirile inteligente, și enumerarea poate continua. Avantajele ecologice, dar și economice ale utilizării acestor tehnologii sunt evidente, adăugând aici și contribuția în privința inovației industriale, dar și a creșterii competitivității.

Subliniem deosebita importanță a colaborării necesare între industrie, comunitatea științifică, și guverne, în vederea dezvoltării și a implementării unor soluții energetice sustenabile, pentru asigurarea așa-zisului „viitor verde“ prin reduceri ale amprentei de carbon, și a unui impact minim asupra mediului înconjurător. Subliniem aici importanța adoptării tehnologiilor de stocare avansate în domeniul mecatronicii și a surselor de energie regenerabilă, ca soluție eficientă a provocărilor ecologice și energetice cu care omenirea se confruntă în prezent.

Referințe:

1. P. SANJEEVIKUMAR, S. PALANISAMY, S. CHENNIAPPAN, J. B. HOLM-NIELSEN.*Artificial Intelligence-based Smart Power System*. In: Wiley, 2023.
2. L. A. KUMAR, S. ANGALAESWARI, T. DEEPA. *Artificial Intelligence Applications in Battery Management Systems and Routing Problems in Electric Vehicles.* In: IGI Global, 2023.
3. G.I. GHEORGHE. *Proceedings of the International Conference of Mechatronics and Cyber- MixMechatronics – 2019*. In: Springer International Publishing, 2019
4. M. DONNO, A. FERRARI, A. SCARPELLI, P. PERLO, A. BOCCA. *Mechatronic system for energy efficiency in bus transport*. In: 2012 Design, Automation & Test in Europe Conference & Exhibition (DATE), IEEE, 2012
5. I.F. GARNER. *Vehicle auxiliary power applications for solar cells*. In: Proc.

of the Eighth International Conference on Automotive Electronics. London, England, 28-31 October 1991, p. 187-191,

6. Y. SHI, C. SHEN, H. FANG, H. LI. *Advanced Control in Marine Mechatronic Systems: A Survey*. In: IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, IEEE, 2017. v.22, p.1121 - 1131
7. M.B. BARRON; W.F. POWERS. *The Role of Electronic Controls for Future Automotive Mechatronic Systems*. In: IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, IEEE, 1996. v.1, p.80 - 88