



Universitatea Națională de Știință și  
Tehnologie POLITEHNICA București



Școala Doctorală de Electronică, Telecomunicații  
și Tehnologia Informației

Decizie nr. 235 din 02-10-2024

# REZUMAT TEZĂ DE DOCTORAT

Ing. Cristian Helera

---

INTEGRAREA EFICIENTĂ A ENERGIEI SOLARE ȘI  
EOLIENE ÎN SISTEMELE DE PROPULSIE AUTO: O  
ABORDARE DURABILĂ A MOBILITĂȚII VIITORULUI  
EFFICIENT INTEGRATION OF SOLAR AND WIND  
ENERGY INTO AUTOMOTIVE PROPULSION SYSTEMS:  
A SUSTAINABLE APPROACH TO THE MOBILITY OF  
THE FUTURE

---

## COMISIA DE DOCTORAT

<b>Prof. Dr. Ing. Mihai CIUC</b> Politehnica din București	Președinte
<b>Prof. Dr. Ing. Dan Alexandru STOICHESCU</b> Politehnica din București	Conducător de doctorat
<b>Prof. Dr. Ing. Adriana FLORESCU</b> Politehnica din București	Referent
<b>Prof. Dr. Ing. Alin DANISOR</b> Univ. Maritima din Constanta	Referent

**BUCUREȘTI 2024**

---

# Cuprins

Introducere .....	3
1.1 Contextul cercetării.....	3
1.2 Motivația și importanța studiului .....	3
1.3 Obiectivele tezei.....	3
1.4 Metodologia cercetării.....	4
1.5 Conținutul tezei de doctorat.....	4
Transportul viitorului: vehicule care nu folosesc combustibili fosili.....	4
2.1 Vehiculele electrice și tendințele actuale .....	5
2.1.1 Evoluția vehiculelor electrice .....	5
2.1.2 Industria auto în tranziție.....	5
2.2 Integrarea vehiculelor electrice și a energiei regenerabile .....	5
Conversia energiei electrice din surse eoliene și solare pentru alimentarea vehiculelor .....	6
3.1 Energia regenerabilă: potențial și utilizare .....	6
3.1.1 Energia solară .....	6
3.1.2 Energia eoliană.....	7
3.2 Tehnologii pentru conversia și stocarea energiei .....	7
3.2.1 Generatoarele electrice .....	7
3.2.2 Sistemele de stocare a energiei .....	8
3.2.3 Sisteme hibride de stocare.....	8
3.3 Invertoare și control al energiei .....	9
3.3.1 Invertoarele de putere .....	9
3.3.2 Urmărirea punctului de putere maximă (MPPT).....	9
Dispozitive care convertesc energia eoliană și solară în energie electrică montate pe vehicule .....	10
4.1 Introducere .....	10
4.2 Simulări digitale.....	10
4.3 Proiectarea turbinelor eoliene .....	11
4.4 Testarea practică a turbinelor.....	12
4.5 Utilizarea panourilor solare.....	12
4.6 Integrarea sistemelor hibride eolian-solar.....	13
4.7 Rezultatele experimentale .....	14
4.8 Provocări și limitări.....	14
Concluzii .....	15
Bibliografie .....	17

# Capitolul 1

## Introducere

### 1.1 Contextul cercetării

Schimbările climatice globale și dependența de combustibili fosili reprezintă provocări majore pentru industria transporturilor. Transportul rutier este unul dintre principalii contributory la emisiile de gaze cu efect de seră, fiind responsabil pentru poluarea mediului și creșterea amprentei de carbon. În acest context, vehiculele electrice (VE) sunt considerate o soluție viabilă, reducând semnificativ emisiile de carbon și poluarea aerului. Totuși, pentru a exploata pe deplin potențialul VE, este necesară integrarea surselor regenerabile de energie, cum sunt energia eoliană și cea solară, atât în infrastructura de încărcare, cât și în vehiculele propriu-zise.

### 1.2 Motivația și importanța studiului

Utilizarea energiei solare și eoliene în transport reprezintă o oportunitate de a transforma industria auto într-un domeniu sustenabil și ecologic. Energia eoliană este abundentă și regenerabilă, iar energia solară este din ce în ce mai eficient utilizată în sistemele moderne. Combinația acestor două surse poate crește autonomia vehiculelor electrice și poate reduce dependența de infrastructura convențională de încărcare. Această teză încearcă să răspundă, măcar parțial, următoarelor întrebări:

- Cum pot fi integrate sursele de energie regenerabilă în vehicule electrice pentru a maximiza eficiența?
- Care sunt tehnologiile și metodele optime de conversie și stocare a energiei pentru utilizarea în vehicule electrice?

### 1.3 Obiectivele tezei

Obiectivele principale ale acestei teze sunt: Această teză are următoarele obiective principale

1. Investigarea literaturii de specialitate privind utilizarea energiei regenerabile în vehicule electrice.

2. Analizarea metodelor de captare, conversie și stocare a energiei eoliene și solare.
3. Dezvoltarea unui model integrat de utilizare a energiei eoliene și solare în vehicule electrice.
4. Evaluarea performanței acestor sisteme din punct de vedere al eficienței energetice și al impactului asupra mediului.
5. Propunerea unor strategii și soluții practice pentru implementarea acestor sisteme pe scară largă.

## 1.4 Metodologia cercetării

Metodologia adoptată în această teză include o abordare interdisciplinară

- Analiza bibliografică: revizuirea cercetărilor existente în domeniul energiei regenerabile și al vehiculelor electrice.
- Simulări: utilizarea unor instrumente de simulare digitală pentru a evalua performanțele sistemelor propuse.
- Experimente: testarea practică a turbinelor eoliene și a panourilor solare montate pe vehicule electrice.
- Studiu de caz: analiza unui prototip care combină energia eoliană și solară, cu aplicabilitate directă în transportul rutier.

## 1.5 Conținutul tezei de doctorat

Teza este organizată în cinci capitole

- **Capitolul 1** introduce contextul, motivația, obiectivele și metodologia cercetării.
- **Capitolul 2** explorează tendințele actuale și viitorul transportului rutier fără combustibili fosili.
- **Capitolul 3** analizează tehnologiile de conversie și stocare a energiei regenerabile pentru vehicule electrice.
- **Capitolul 4** prezintă un studiu de caz aplicat și rezultatele experimentale ale utilizării energiei solare și eoliene în vehicule.
- **Capitolul 5** sintetizează concluziile tezei, contribuțiile originale și perspectivele de dezvoltare ulterioară.

# Capitolul 2

## Transportul viitorului: vehicule care nu folosesc combustibili fosili

## **2.1 Vehiculele electrice și tendințele actuale**

Vehiculele electrice (VE) reprezintă o soluție ecologică și durabilă pentru transportul personal și comercial, fiind o alternativă viabilă la vehiculele cu motoare cu ardere internă. Creșterea popularității acestora este susținută de următoarele tendințe:

- progresul tehnologiei bateriilor: bateriile litiu-ion și alte tehnologii emergente au crescut semnificativ autonomia vehiculelor electrice; acest progres a permis depășirea limitărilor legate de distanțele parcurse scurte.
- extinderea infrastructurii de încărcare: stațiile de încărcare publice și private s-au înmulțit rapid, contribuind la adoptarea vehiculelor electrice; în plus, încărcarea rapidă și sistemele de încărcare inteligente facilitează utilizarea zilnică.
- inovații în design: integrarea componentelor aerodinamice și a materialelor ușoare îmbunătățește performanța vehiculelor electrice și crește eficiența lor energetică.[1]

### **2.1.1 Evoluția vehiculelor electrice**

De la invențiile din secolul al XIX-lea la revoluția actuală, vehiculele electrice au evoluat considerabil. Primele modele, create în secolul 19, erau utilizate pentru transport urban, dar au fost eclipsate de automobilele cu motoare pe combustie internă în prima jumătate a secolului XX. În ultimele două decenii, susținerea guvernamentală, progresul tehnologic și creșterea conștientizării ecologice au determinat revenirea vehiculelor electrice în atenția societății. Astăzi, ele sunt o parte esențială a strategiei de decarbonizare a transportului.

### **2.1.2 Industria auto în tranziție**

Industria auto se află în mijlocul unei tranziții majore, de la vehicule bazate pe combustibili fosili la cele cu emisii scăzute sau zero. Această schimbare este accelerată de reglementări stricte privind emisiile, creșterea investițiilor în energie regenerabilă și adoptarea soluțiilor tehnologice inovatoare, precum vehiculele electrice și hibride.[2,3,4,5]

## **2.2 Integrarea vehiculelor electrice și a energiei regenerabile**

Montarea pe vehicule a unor surse de energie electrică provenită din energii regenerabile poate oferi soluții eficiente pentru reducerea impactului asupra mediului. Soluțiile posibile care se întrevăd sunt:

- sisteme hibride eoliene-solare: acestea permit alimentarea vehiculelor electrice cu energie regenerabilă, reducând dependența de rețeaua tradițională de energie electrică.
- stâlpi inteligenți de iluminat și încărcare: integrarea panourilor solare și a turbinelor eoliene în stâlpii de iluminat public permite încărcarea vehiculelor și oferă iluminat stradal sustenabil.
- producția de energie în mișcare: instalarea turbinelor eoliene pe vehicule pentru a genera energie în timpul deplasării este o direcție inovatoare, deși provocările tehnice, cum ar fi dimensiunea și eficiența acestor turbine, necesită cercetări suplimentare.[6,7,8,9,10]

## **2.3 Provocări și oportunități în utilizarea energiei regenerabile**

- **Provocări**
  - Natura intermitentă a energiei solare și eoliene necesită soluții eficiente de stocare.
  - Costurile inițiale pentru integrarea sistemelor de energie regenerabilă sunt ridicate.
  - Necesitatea unei infrastructuri complexe pentru a sprijini funcționarea vehiculele electrice și utilizarea surselor regenerabile.
- **Oportunități**
  - Reducerea semnificativă a emisiilor de gaze cu efect de seră.
  - Crearea de locuri de muncă în sectoarele de producție și cercetare pentru tehnologii verzi.
  - Contribuția la obiectivele globale de sustenabilitate prin înlocuirea combustibililor fosili cu surse regenerabile.[11,12]

## **2.4 Tipuri de sisteme utilizate în integrarea energiei regenerabile**

Vehiculele electrice pot beneficia de mai multe tipuri de sisteme hibride:

- panouri solare integrate pe plafonul vehiculelor, care oferă energie suplimentară pentru baterii.
- turbine eoliene portabile pentru producerea energiei în timpul deplasării.
- rețele inteligente care combină diferite surse de energie pentru încărcarea eficientă a bateriilor.[13,14,15,16,17]

# Capitolul 3

## Conversia energiei provenite de la surse eoliene și solare în energie electrică pentru alimentarea vehiculelor

### 3.1 Energia regenerabilă: potențial și utilizare

Energia eoliană și cea solară reprezintă surse regenerabile esențiale pentru tranziția către un transport sustenabil. Acestea sunt caracterizate prin disponibilitate abundentă, impact redus asupra mediului și capacitatea de a reduce dependența de combustibilii fosili.

#### 3.1.1 Energia solară

Energia solară este captată prin panouri fotovoltaice, care transformă radiația solară în energie electrică. Panourile pot fi montate pe vehicule, contribuind direct la alimentarea sistemelor electrice sau la încărcarea bateriilor. Această tehnologie prezintă avantaje semnificative, cum ar fi reducerea costurilor de operare și a emisiilor de CO<sub>2</sub>, dar depinde de condițiile meteo și poziționarea panourilor.

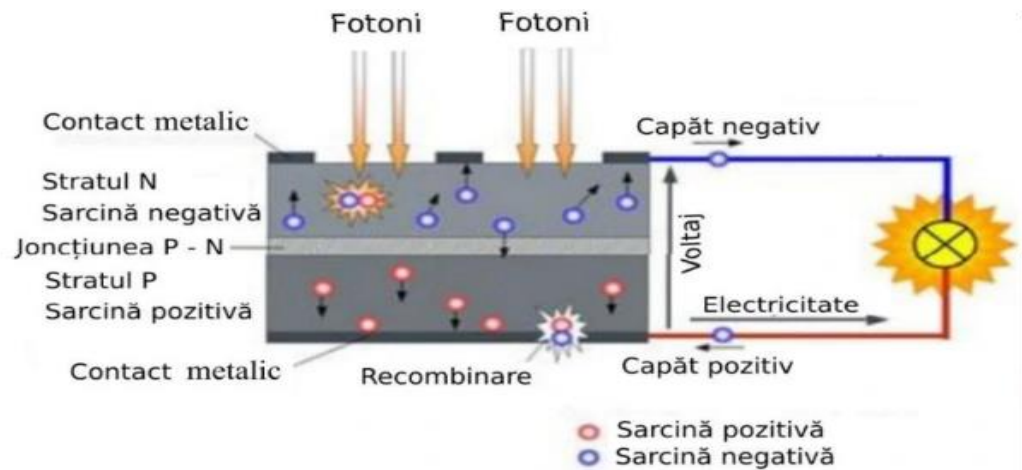


Figure 1.1 Formarea fluxului electric într-o celulă fotovoltaică [18]

### 3.1.2 Energia eoliană

Energia eoliană este obținută prin utilizarea turbinelor care convertesc energia cinetică a vântului în energie electrică. Pe vehicule, turbinele eoliene pot fi integrate pentru a genera energie în timpul deplasării sau staționării. Acestea pot fi utilizate în combinație cu panouri solare pentru a maximiza eficiența.

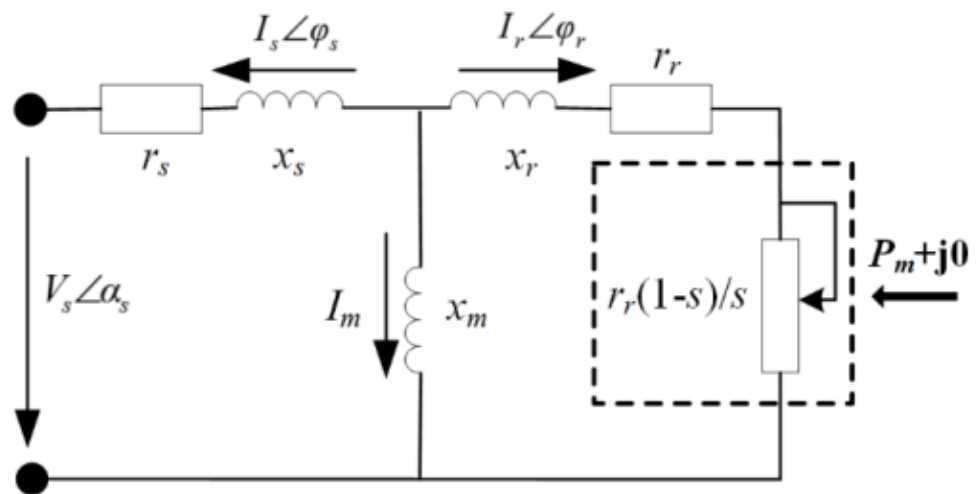


Figure 3.7 Circuit electric echivalent al unui generator asincron eolian

## 3.2 Tehnologii pentru conversia și stocarea energiei

### 3.2.1 Generatoarele electrice



Generatoarele utilizate în turbinele eoliene pot fi de tip sincron sau asincron, fiecare având avantaje și limitări în funcție de aplicație. Alegerea generatorului influențează eficiența conversiei și stabilitatea fluxului de energie.

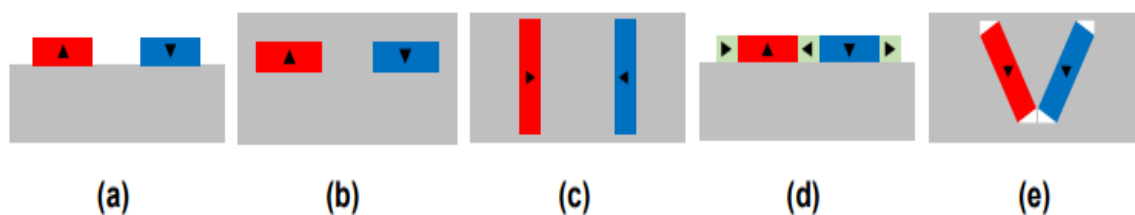


Figura 3.8 Diferite tipuri de magneți[19]

### 3.2.2 Sistemele de stocare a energiei

Stocarea energiei este o componentă critică în utilizarea surselor regenerabile. Bateriile litiu-ion sunt cele mai utilizate datorită densității lor energetice și ciclului de viață extins. Alte opțiuni, cum ar fi bateriile solide și cele bazate pe aer-litium, sunt în curs de dezvoltare și pot oferi soluții mai eficiente.

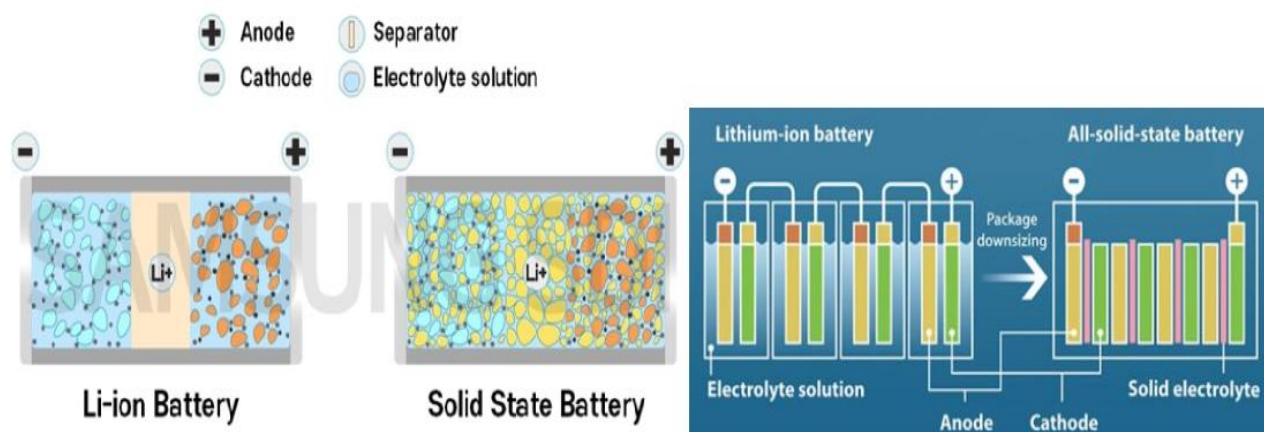


Figura 3.13 Diferențe între o baterie Li-Ion și una Solid-State [20]

### 3.2.3 Sisteme hibride de stocare

Sistemele hibride combină mai multe tehnologii de stocare, cum ar fi bateriile și supercondensatorii, pentru a asigura atât densitate energetică ridicată, cât și putere instantanee mare. Această combinație este ideală pentru vehicule electrice care au nevoie de accelerație rapidă și autonomie extinsă.

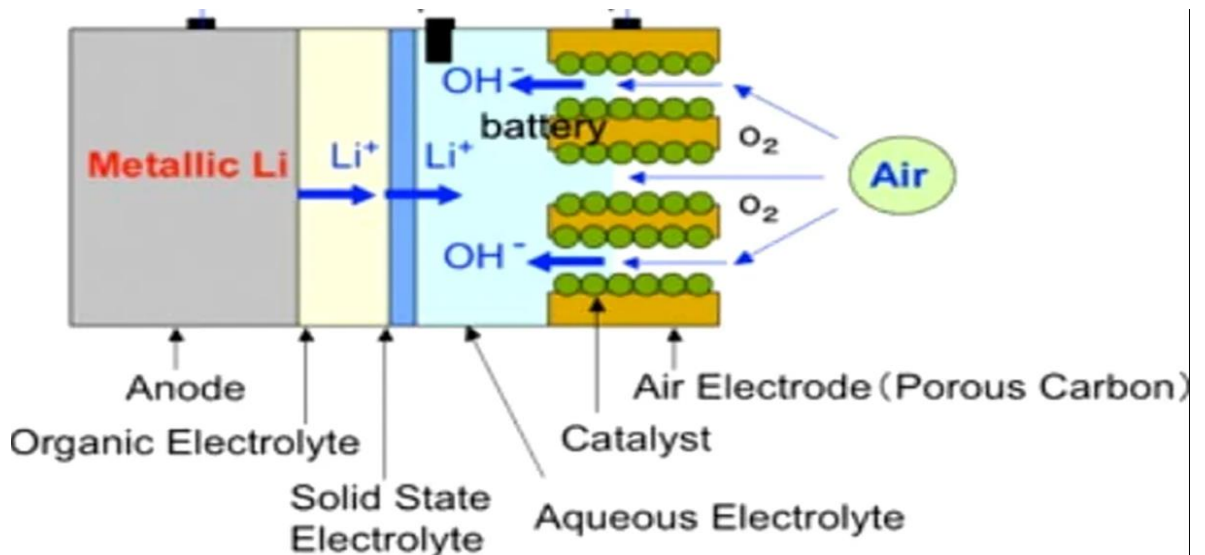


Figura 3.14 Principiu de funcționare Bateria Aer-Litiu[21]

### 3.3 Invertoarele și controlul energiei

#### 3.3.1 Invertoarele de putere

Invertoarele transformă curentul continuu generat de sursele regenerabile în curent alternativ utilizabil de sistemele vehiculului. Diferitele tipuri de invertoare includ topologii multinivel, cum ar fi invertoarele cu clemă pe punctul neutru sau cele cu condensator plutitor.

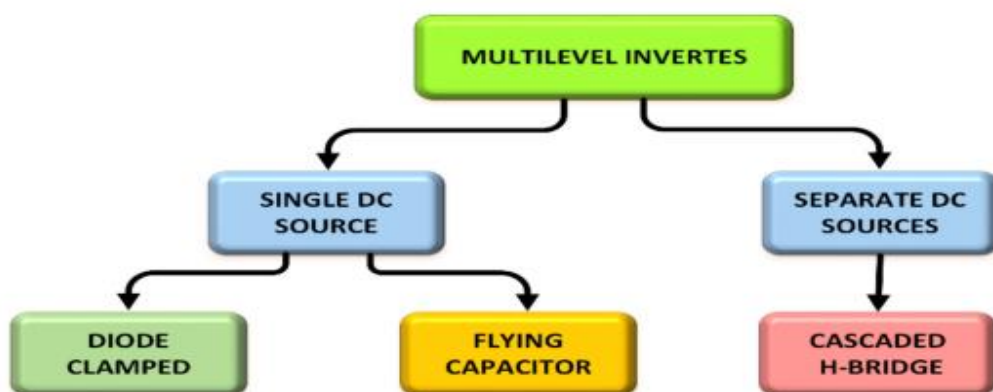


Figura 3.19 Invertoare multinivel (MLI) și clasificarea acestora[22]

#### 3.3.2 Urmărirea punctului de putere maximă (MPPT)

Sistemele MPPT optimizează utilizarea energiei regenerabile, ajustând parametrii de operare pentru a maximiza puterea obținută de la panouri solare sau turbine eoliene. Aceasta este o componentă esențială pentru eficiența sistemului.

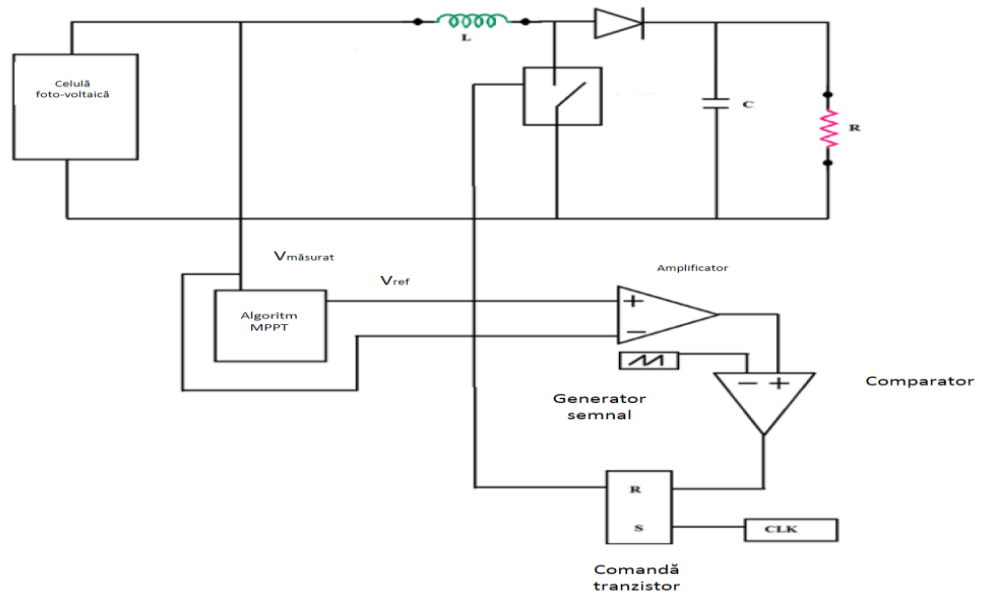


Figura 3.25 Implementarea MPPT a convertorului ridicător de tensiune [23]

## Capitolul 4

# Dispozitive care convertesc energia eoliană și solară în energie electrică montate pe vehicule

### 4.1 Introducere

Acest capitol explorează integrarea și testarea practică a sistemelor de conversie a energiei regenerabile montate pe vehicule. Studiile și experimentele sunt menite să evalueze eficiența turbinelor eoliene și a panourilor solare instalate pe autovehicule, contribuind la optimizarea utilizării acestor surse de energie.

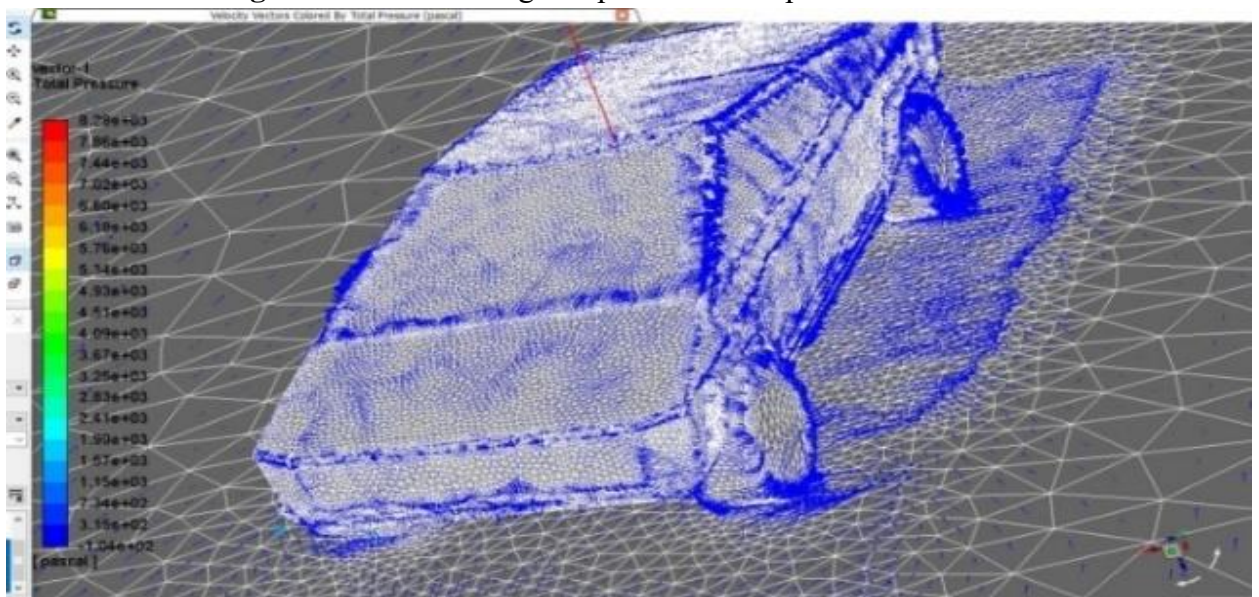
### 4.2 Simulări digitale

Pentru a evalua performanța sistemelor propuse, au fost realizate simulări digitale care modelează comportamentul aerodinamic al vehiculelor echipate cu turbine eoliene și

panouri solare. Rezultatele au arătat că poziționarea optimă a turbinelor și panourilor poate reduce rezistența aerodinamică și crește eficiența energetică.



**Figura 4.1** Simulare digitală pentru analiza presiunii



**Figura 4.2** Viteza relativă a vântului și presiunea la suprafață

### 4.3 Proiectarea turbinelor eoliene

Au fost proiectate și testate mai multe tipuri de turbine eoliene, inclusiv modele cu ax vertical și orizontal, pentru a determina configurația optimă pentru montarea pe vehicule. Testele au arătat că turbinele verticale sunt mai eficiente în captarea energiei la viteze reduse ale vântului, în timp ce turbinele orizontale oferă performanțe superioare la viteze mai mari.



Figura 4.3 Turbina eoliană cu design special

## 4.4 Testarea practică a turbinelor

În cadrul experimentelor, turbinele eoliene au fost montate pe vehicule și testate în condiții reale. S-au monitorizat cantitatea de energie generată și impactul asupra performanțelor vehiculului, cum ar fi consumul de combustibil și viteza.

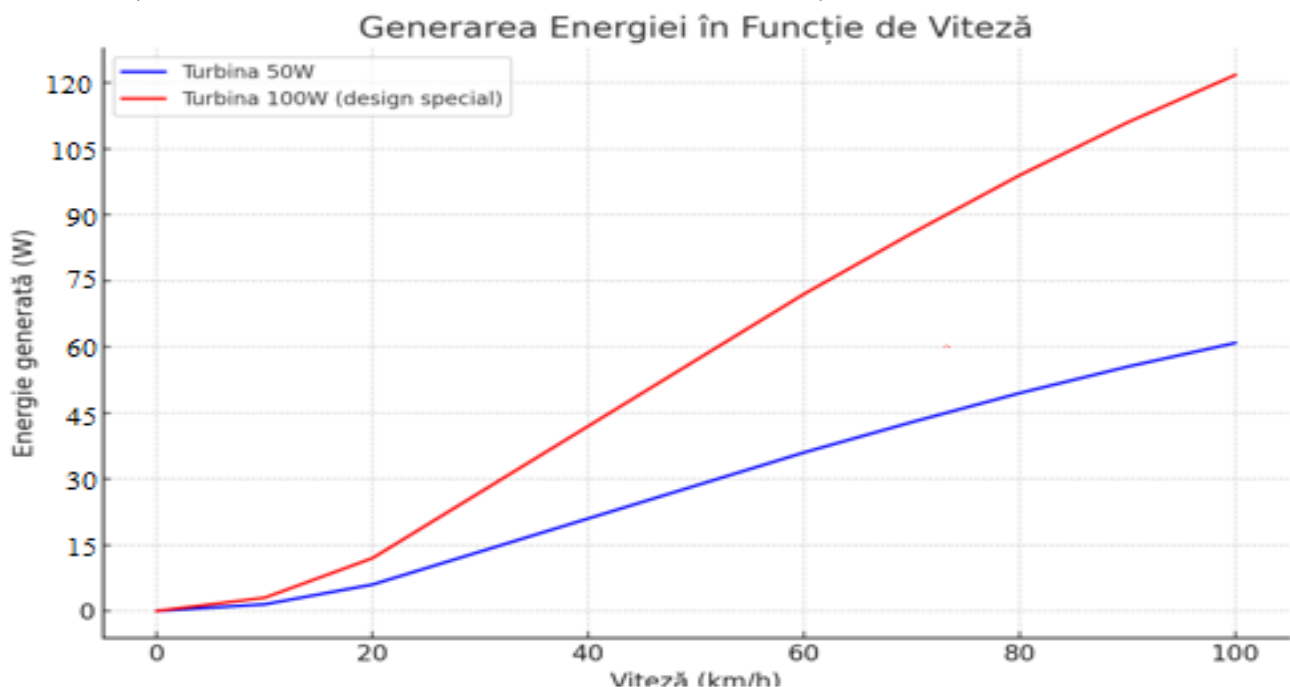


Figura 4.4 Dependența cantității de energie electrică generată de viteză vehiculului

## 4.5 Utilizarea panourilor solare

Panourile solare montate pe acoperișurile vehiculelor au fost testate pentru a determina eficiența acestora în condiții variabile de lumină solară. Rezultatele

experimentelor au arătat o generare constantă de energie, care contribuie la extinderea autonomiei vehiculului și la alimentarea componentelor auxiliare.

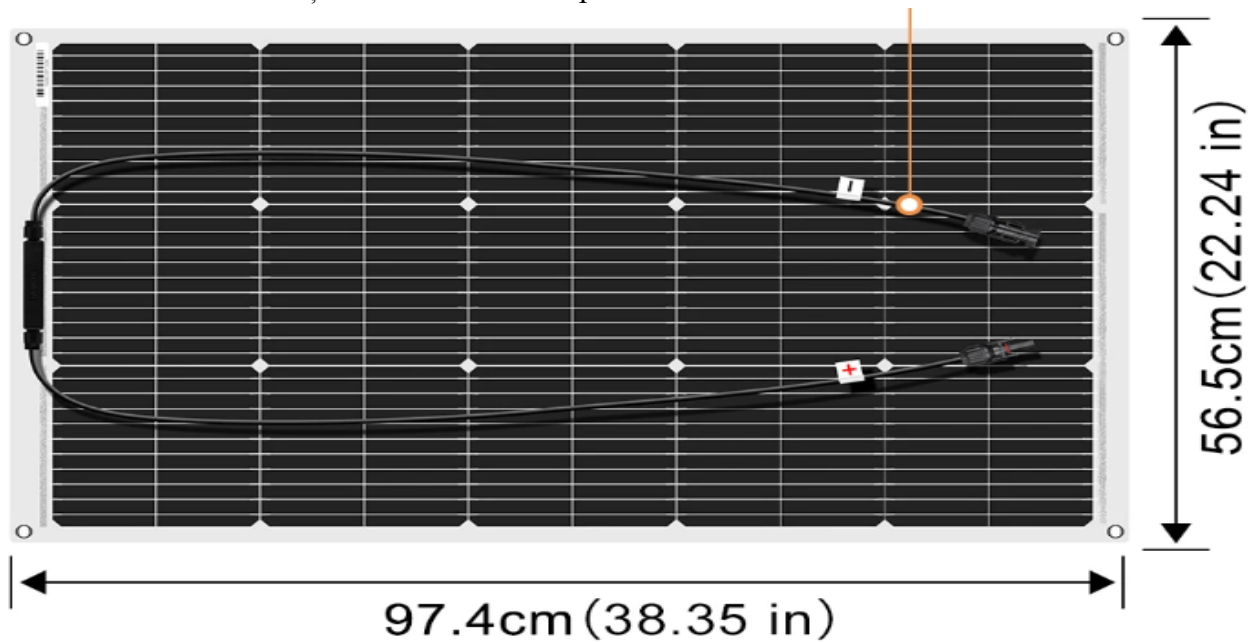


Figura 4.15 Panoul solar folosit

## 4.6 Integrarea sistemelor hibride eolian-solar

Testele au inclus și integrarea turbinelor eoliene cu panourile solare pentru a crea un sistem hibrid de alimentare. Sistemele au fost conectate la un inverter care optimizează utilizarea energiei generate, fie pentru încărcarea bateriei, fie pentru alimentarea directă a motorului vehiculului.



Figura 4.25 Sistemul hibrid montat pe mașină



**Figura 4.26** Sistemul hibrid montat pe mașină, vedere din spate

## 4.7 Rezultatele experimentale

Principalele concluzii ale experimentelor

- Turbinele eoliene pot genera energie semnificativă la viteze medii și mari ale vehiculului, contribuind la reducerea necesarului de energie de la baterie.
- Panourile solare oferă o sursă stabilă de energie în condiții însorite, fiind complementare turbinelor eoliene.
- Sistemele hibride eolian-solar pot îmbunătăți autonomia vehiculelor cu până la 20% în condiții optime.

## 4.8 Provocări și limitări

În timpul testării, au fost identificate mai multe provocări

- Eficiența turbinelor eoliene scade la viteze mici ale vehiculului sau în condiții de vânt slab.
- Panourile solare sunt sensibile la umbrire și orientare, ceea ce limitează generarea de energie.
- Integrarea sistemelor hibride necesită soluții avansate pentru reducerea greutateii și optimizarea designului vehiculului.

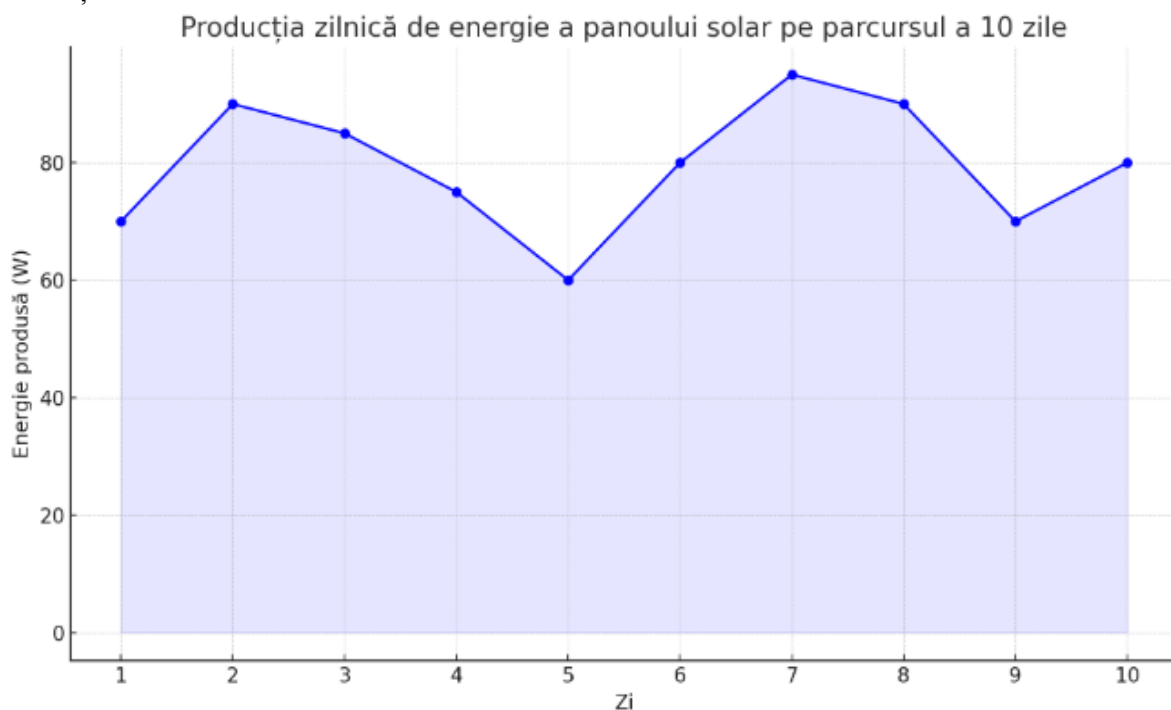
# Concluzii

Această teză demonstrează potențialul energiei regenerabile în transformarea vehiculelor electrice într-o soluție cu adevărat sustenabilă pentru transport. Studiul teoretic și experimentele practice evidențiază importanța integrării surselor de energie solară și eoliană pentru a crește eficiența și autonomia vehiculelor, reducând în același timp impactul asupra mediului.

## n.1 Rezultate obținute

Rezultatele experimentale și simulările au dus la următoarele concluzii

- **Turbinele eoliene** instalate pe vehicule pot genera energie suplimentară, contribuind la reducerea dependenței de infrastructura de încărcare tradițională.
- **Panourile solare** montate pe vehicule oferă o sursă constantă de energie în condiții de lumină favorabilă.



**Figura 4.18** Grafic pentru panoul solar pe parcursul a 10 zile



**Sistemele hibride eolian-solar** îmbunătățesc performanțele generale, crescând autonomia vehiculelor cu până la 20%.



**Figura 4.25** Sistemul hibrid montat pe mașină

## **n.2 Contribuții originale**

Principalele contribuții originale ale acestei teze

1. Proiectarea unui sistem simplificat pentru integrarea turbinei eoliene.[1]
2. Testare experimentală a unui prototip cu turbină eoliană în condiții reale. [2]
3. Integrarea simultană a energiei solare și eoliene pentru mașini hibride.[3]
4. Optimizarea eficienței panourilor fotovoltaice pentru utilizarea lor pe mașini hibride. [4]
5. Optimizare sistemului hibrid, evaluarea interacțiunii între panouri solare și turbină eoliană.[5]

## **n.3 Lista lucrărilor originale**

[01] H. Cristian and S. Dan, "Using the car in motion relative wind power for charging the car batteries," 2022 IEEE 9th Electronics System-Integration Technology Conference (ESTC), Sibiu, Romania, 2022, pp. 190-193, doi: 10.1109/ESTC55720.2022.9939499.

[02] H. Cristian and S. D. Alexandru, "Experimental Analysis of Using Relative Wind Power in Automotive Field," 2023 13th International Symposium on Advanced

Topics in Electrical Engineering (ATEE), Bucharest, Romania, 2023, pp. 1-5, doi: 10.1109/ATEE58038.2023.10108207.

[03] Helera, Cristian, and Dan Alexandru Stoichescu. "Innovative Integration of Solar & Wind Energy for Future Automotive Propulsion Systems (avestia.com)". Lucrare publicată în curs de indexare, conferința **International Conference on Electrical Engineering and Electronics (EEE'24)**.

[04] Helera, Cristian, and Dan Alexandru Stoichescu. "The Solar Boost: Pushing Hybrid Car Limits with Photovoltaic Energy (avestia.com)". Lucrare publicată în curs de indexare, conferința **International Conference on Electrical Engineering and Electronics (EEE'24)**.

[05] Helera, Cristian, and Dan Alexandru Stoichescu. "Optimizing Hybrid Vehicle Efficiency Integrating Solar and Wind Energy for Enhanced Performance". Lucrare publicată în curs de indexare, ISBN: 979-8-3503-5837-7/24/\$31.00 ©2024 IEEE, conferința ATOMS 2024.

## n.4 Perspective de dezvoltare ulterioară

Cercetarea deschide noi direcții pentru implementarea soluțiilor hibride în transportul rutier și nu numai

1. **Optimizarea sistemelor eoliene** pentru vehicule comerciale și utilitare.
2. **Integrarea avansată a panourilor solare** cu eficiență ridicată.
3. Dezvoltarea unor **sisteme hibride inteligente**, capabile să adapteze utilizarea surselor regenerabile în funcție de condițiile meteo și necesitățile vehiculului.
4. Extinderea aplicațiilor pentru alte tipuri de vehicule, cum ar fi cele maritime sau feroviare.
5. Evaluarea impactului ecologic și economic al implementării pe scară largă a sistemelor hibride regenerabile.

## Bibliografie

[1] <https://www.reshumana.com/projects/transport/the-first-cars-were-electric/>

[2]: Bergek, A., & Berggren, C. (2014). The impact of environmental policy instruments on innovation: A review of energy and automotive industry studies. (<https://dx.doi.org/10.1016/J.ECOLECON.2014.07.016>)

- [3]: Rasoulinezhad, E., & Taghizadeh-Hesary, F. (2022). Role of green finance in improving energy efficiency and renewable energy development. (<https://dx.doi.org/10.1007/s12053-022-10021-4>)
- [4]: Osman, A., Chen, L., Yang, M., Msigwa, G., Farghali, M., Fawzy, S., Rooney, D. W., & Yap, P. (2022). Cost, environmental impact, and resilience of renewable energy under a changing climate: a review. (<https://dx.doi.org/10.1007/s10311-022-01532-8>)
- [5]: Xin, L., Sun, H., Xia, X., Wang, H., Xiao, H., & Yan, X. (2022). How does renewable energy technology innovation affect manufacturing carbon intensity in China? (<https://dx.doi.org/10.1007/s11356-022-20012-8>)
- [6]: Habib, H., Waqar, A., Hussien, M. G., Junejo, A. K., Jahangiri, M., Imran, R. M., Kim, Y.-S., & Kim, J.-H. (2022). Analysis of Microgrid's Operation Integrated to Renewable Energy and Electric Vehicles in view of Multiple Demand Response Programs. (<https://dx.doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3140587>).
- [7]: Gholinejad, H. R., Adabi, J., & Marzband, M. (2022). Hierarchical Energy Management System for Home-Energy-Hubs Considering Plug-In Electric Vehicles. (<https://dx.doi.org/10.1109/TIA.2022.3158352>)
- [8]: Yao, J., Zhang, Y., Yan, Z., & Li, L. (2018). A Group Approach of Smart Hybrid Poles with Renewable Energy, Street Lighting and EV Charging Based on DC Micro-Grid. (<https://dx.doi.org/10.3390/EN11123445>)
- [9]: Mamun, K., Islam, F., Haque, R., Chand, A. A., Prasad, K. A., Goundar, K. K., Prakash, K., & Maharaj, S. (2022). Systematic Modeling and Analysis of On-Board Vehicle Integrated Novel Hybrid Renewable Energy System with Storage for Electric Vehicles. (<https://dx.doi.org/10.3390/su14052538>)
- [10]: Jie Chen, F. Su, Vipin Jain, Asma Salman, Mosab I. Tabash, A. Haddad, Eman A. Zabalawi, Al-Amin A. Abdalla, M. Shabbir. (2022). Does Renewable Energy Matter to Achieve Sustainable Development Goals? The Impact of Renewable Energy Strategies on Sustainable Economic Growth. (<https://dx.doi.org/10.3389/fenrg.2022.829252>)
- [11]: Tolulope Babawurun, D. Ewim, T. O. Scott, Chukuneye Neye-Akogo. (2023) A Comprehensive Review of Wind Turbine Modeling for Addressing Energy Challenges in Nigeria and South Africa in the 4IR Context . (<https://periodicos.ufv.br/jcec/article/view/15479>)
- [12]: Sakiru Adebola Solarin & Mufutau Opeyemi Bello (2022). Wind energy and sustainable electricity generation: evidence from Germany. (<https://link.springer.com/article/10.1007/s10668-021-01818-x>)
- [13]: Uslu, S., & Yeşilyurt, M. (2020). Improving the Running Conditions of Diesel Engine with Grape Seed Oil Ad-ditives by Response Surface Design. (<https://dx.doi.org/10.30939/ijastech..770058>)

[14]: Saini, M. (2018). Maximum Energy Recovery in Electric Vehicle through Regenerative Braking System. (<https://dx.doi.org/10.22214/ijraset.2018.5289>)

[15]: Lalik, K., & Wątopek, F. (2021). Predictive Maintenance Neural Control Algorithm for Defect Detection of the Power Plants Rotating Machines Using Augmented Reality Goggles. (<https://dx.doi.org/10.3390/en14227632>)

[16]: Qiu, L., Yang, D., Hong, K., Wu, W., & Zeng, W. (2021). The Prospect of China's Renewable Automotive Industry Upon Shrinking Subsidies. (<https://dx.doi.org/10.3389/fenrg.2021.661585>)

[17]: J. Prata, E. Arsenio, J. Pontes, (2015), Setting a city strategy for low carbon emissions: the role of electric vehicles, renewable energy, and energy efficiency. (<https://www.witpress.com/Secure/ejournals/papers/SDP100205f.pdf>)

[18]: [https://geotec27.webnode.ro/l/cum-funcioneaza-celula-fotovoltaica/?fbclid=IwAR2Ftx\\_W4tEYCWRnb5tXzVdIhuTQMjarop5d2Lr4n6U6niqDWHTyZrripVQ](https://geotec27.webnode.ro/l/cum-funcioneaza-celula-fotovoltaica/?fbclid=IwAR2Ftx_W4tEYCWRnb5tXzVdIhuTQMjarop5d2Lr4n6U6niqDWHTyZrripVQ);

[19]: Mohd Azri Abd Aziz, Mohd Saifizi Saidon, Muhammad Izuan Fahmi Romli, Siti Marhainis Othman, Wan Azani Mustafa, Mohd Rizal Manan, Muhammad Zaid Aihsan (2023), A Review on BLDC Motor Application in Electric Vehicle (EV) using Battery, Supercapacitor and Hybrid Energy Storage System: Efficiency and Future Prospects, (<https://doi.org/10.37934/araset.30.2.4159>)

[20] <https://www.electronics-lab.com/solid-state-li-ion-batteries-high-energy-dense-batteries closer/>

[21] [https://www.aist.go.jp/aist\\_e/list/latest\\_research/2009/20090727/20090727.html?fbclid=IwAR0QV6gZAFg0LQgFopbUD\\_QzYDC3Q0NHp4AkKkIFcGiAeweQsU8MIzPAeis](https://www.aist.go.jp/aist_e/list/latest_research/2009/20090727/20090727.html?fbclid=IwAR0QV6gZAFg0LQgFopbUD_QzYDC3Q0NHp4AkKkIFcGiAeweQsU8MIzPAeis)

[22]: Bughneda, A.; Salem, M.; Richelli, A.; Ishak, D.; Alatai, S. Review of Multilevel Inverters for PV Energy System Applications. *Energies* 2021, 14, 1585. <https://doi.org/10.3390/en14061585>

[23]: Patrick L. Chapman, Trishan ESRAM "Comparison of Photovoltaic array maximum power point tracking technique" *IEEE Transactions on Energy Conversion* ( Volume: 22 , Issue: 2 , June 2007 )