





Universitatea Tehnică a Moldovei

**PROIECTAREA SISTEMULUI DE ECHILIBRARE  
A CELULELOR BATERIEI ÎN VEHICULE  
ELECTRICE ȘI VEHICULE ELECTRICE HIBRIDE**

**Masterand: Niculița V.**

**Conducător:  
conf.dr Sorochin G.**

**Chișinău 2020**

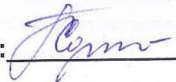
Ministerul Educației, Culturii și Cercetării al Republicii Moldova  
Universitatea Tehnică a Moldovei  
Facultatea de Electronică și Telecomunicații  
Telecomunicații și Sisteme Electronice

Admis la susținere  
Șef de catedră conf.dr. Nicolaev Pavel

„ ” \_\_\_\_\_ 2020

**PROIECTAREA SISTEMULUI DE ECHILIBRARE  
A CELULELOR BATERIEI ÎN VEHICULE  
ELECTRICE ȘI VEHICULE ELECTRICE HIBRIDE**

Teză de master

Conducător:  (Sorochin G.)

Masterand:  (Niculița V.)

Chișinău 2020

## ADNOTARE

În această teză de masterat sunt descrise etapele de proiectare hardware a unui sistem de echilibrare a celulelor bateriei în vehicule electrice și vehicule electrice hibride.

Acest sistem are la baza un dispozitiv modular și configurabil ce poate fi folosit serial în echilibrarea tensiunii celulelor bateriilor ce operează cu tensiuni cuprinse în intervalul 24Vcc-400Vcc. Curentul este menținut constant și limitat de o unitate microprocesorală specializată, iar datele sunt colectate de un microcontroler pentru a fi prelucrate și de a lua deciziile corespunzătoare. Sistemul este prevăzut cu monitorizarea supratensiunii, subtensiunii, numărului de cicluri de încărcare/descărcare, are capacitatea de a determina starea de viață a celulei și de a monitoriza temperatura bateriei. Sistemul a fost dotat cu interfața CAN pentru a putea fi ușor integrat în cadrul unui sistem automotiv.

În cadrul tezei de masterat a fost proiectată schema de structură și algoritmul, a fost proiectată schema E3 și cablajul imprimat, a fost calculată fiabilitatea dispozitivului, costul de producție.

## SUMMARY

This master's thesis describes the hardware design stages of a battery cell balancing system in electric vehicles and hybrid electric vehicles.

This system is based on a modular and configurable device that can be used serially to balance the voltage of batteries cells operating with voltages in the 24Vcc-400Vcc range. The current is maintained constant and limited by a specialized microprocessor unit, data is collected by a microcontroller to be processed and to make the appropriate decisions. The system is provided with the monitoring of overvoltage, the undervoltage, the number of charge / discharge cycles, it has the ability to determine the life of the cell and to monitor the battery temperature. The system has been equipped with CAN interface so that it can be easily integrated into an automotive system.

Within the master's thesis, the structure and algorithm schema was designed, the E3 schema was designed and the PCB(printed circuit board), the reliability of the device, the cost of production were calculated.

## CUPRINS

<b>INTRODUCERE</b> .....	<b>4</b>
<b>1. ANALIZĂ GENERALĂ A SISTEMELOR DE ECHILIBRARE A CELULELOR BATERIEI ÎN VEHICULE ELECTRICE ȘI VEHICULE ELECTRICE HIBRIDE</b> .....	<b>7</b>
1.1. Actualitatea temei. Efectuarea investigațiilor în cadrul temei prezentate .....	7
1.2. Analiza prototipurilor asemănătoare și a soluțiilor, procedeele utilizate de diferiți producători .....	8
1.3. Formularea cerințelor tehnice înaintate față de sistemul proiectat .....	13
<b>2. ELABORAREA SISTEMULUI DE ECHILIBRARE A CELULELOR BATERIEI</b> ....	<b>15</b>
2.1. Considerații teoretice .....	15
2.2. Proiectarea schemei de structură.....	21
2.3. Argumentarea alegerii componentelor sistemului .....	23
2.4. Algoritmul de funcționare a sistemului.....	31
<b>3. PROIECTAREA HARDWARE A SISTEMULUI DE ECHILIBRARE A CELULELOR BATERIEI</b> .....	<b>32</b>
3.1 Calculul parametrilor, circuitelor și a altor componente ale sistemului. Proiectarea schemei electrice de principiu E3.....	32
3.2. Calculul fiabilității sistemului .....	43
3.3. Proiectarea plăcii cu cablaj imprimat .....	52
3.4. Evaluarea tehnico-economica a sistemului proiectat.....	54
<b>CONCLUZII</b> .....	<b>56</b>
<b>BIBLIOGRAFIE</b> .....	<b>58</b>
<b>ANEXĂ</b> .....	<b>60</b>

## INTRODUCERE

Deși mașinile electrice au fost introduse pe piață acum mai bine de trei decenii de către marii producători auto, abia în ultimii ani acestea au devenit populare în rândul consumatorilor. Inițial un impact semnificativ pe piața auto l-au avut mașinile hibrid. Acum locul lor este luat de mașinile full electric, iar acestea vor schimba definitiv industria automotive și modul în care trăim cu toții.

Costul mare al bateriilor reprezintă principalul motiv pentru care mașinile electrice nu au avut succes mai devreme. Consumatorul a realizat că plătea mai mult pentru o mașină care mergea o distanță mai scurtă, însă acest lucru s-a schimbat în ultimii ani. Într-un studiu realizat în 2016 de către **Bloomberg New Energy Finance** se arată că numărul posesorilor de vehicule electrice îl va depăși pe cel al posesorilor de mașinile clasice pe bază de motorină sau benzină până în 2022.[12]

Bateria cu litiu este o baterie ce necesită însă un control precis și rapid al parametrilor de funcționare, atât la încărcare cât și la descărcare (generarea de energie). În lipsa unui sistem de echilibrare a celulelor bateriei în vehicule electrice și vehicule electrice hibride corespunzător, există un risc major de deterioare. Un BMS poate monitoriza valori cum ar fi:

- Curentul maxim de încărcare;
- Curentul maxim de descărcare;
- Energie în [kWh] livrată de la ultimul ciclu de încărcare sau încărcare;
- Impedanța internă a unei celule;
- Energia totală livrată de la prima utilizare;
- Timp total de funcționare de la prima utilizare;
- Numărul total de cicluri.

Acumulatorile cu mai multe celule sunt construite, de obicei, ca serii sau baterii paralele. Prea multe celule vor avea ca rezultat tensiuni mai mari ale celulelor, în timp ce prea multe celule paralele vor avea ca rezultat o capacitate mai mare (exprimată în amperi sau Ahrs). Capacitatea acumulatorului va indica numărul de baterii paralele, înmulțind capacitatea bateriei egală cu numărul de baterii paralele cu capacitatea bateriei necesară funcționării sistemului. În funcție de tipul bateriei, automobilele tind să utilizeze baterii litiu-ion din seria 96 și 24 de baterii paralele. De exemplu, un vehicul electric care călătorește pe o rază de 100 de km ar necesita o baterie de 12-20 kWh, în funcție de greutatea vehiculului, de modul de utilizare prevăzut

și de diferitele eficiențe ale sistemului din vehicul. Câteva aspecte ale sistemului vor determina tensiunea pachetului de acumulatori, inclusiv dimensiunea și tipul general al motorului, dimensiunea cablului și cerințele de izolare.[15]

Bateria multi-celulară este încărcată prin alimentarea curentului către borna pozitivă a bateriei din partea superioară a teancului. (Să presupunem că bateria include celule de serie  $n$ ). Cu alte cuvinte, acumulatorul nu este încărcat separat. La sfârșitul încărcării, cantitatea de energie electrică rămasă în fiecare celulă este diferită; și când se încarcă și se descarcă bateria în mod repetat (dacă nu există un echilibru), această diferență crește. .

Nu toate celulele sunt identice unul cu celălalt și nu sunt uniforme; prin urmare, celulele mai slabe se vor încărca și se vor descărca la rate ușor diferite. Nivelul de tensiune al fiecărei baterii se va ridica încet și se va reduce în timp ce bateria se încarcă și se descarcă, respectiv.

Să începem cu o baterie completă. Toată energia (energia utilizabilă) conținută în baterie poate acționa mașina. Pentru a nu descărca bateria (deoarece supraîncărcarea va reduce durata de viață a bateriei și poate afecta siguranța), descărcarea trebuie oprită atunci când prima baterie atinge pragul de sub tensiune (plus de obicei depinde de marja de siguranță a protectorului ). Pentru a nu supraîncărca bateria litiu-ion, atunci când prima baterie atinge pragul de supratensiune, trebuie să oprească încărcarea. Cu toate acestea, o baterie rămasă încărcată nu este încă complet încărcată, lăsând o anumită putere în baterie care nu poate fi folosită pentru a conduce, deoarece atunci când prima baterie este plină, trebuie să se oprească din nou încărcarea.[13]

Cu alte cuvinte, o anumită energie este reținută în acumulator după primul ciclu de încărcare / descărcare. Nu poate fi folosit niciodată pentru alimentarea unei mașini.

Deoarece bateria este încărcată și descărcată în mod repetat, cantitatea de energie electrică rămasă este mărită, reducând astfel puterea disponibilă. În plus, pierderea puterii disponibile este de două ori mai mare decât puterea reținută deoarece puterea reținută nu este disponibilă și puterea echivalentă nu poate fi injectată în altă baterie.

După efectuarea unor cicluri de încărcare și descărcare suficientă, energia disponibilă începe să se apropie de zero. Cum se rezolvă această problemă? Echilibru. Se poate echilibra bateria prin disiparea surplusului de putere la rezistor pentru a recâștiga capacitatea de a încărca complet și de a încărca complet bateria.

Atâta timp cât toate bateriile au aceeași capacitate, nu trebuie să fie complet echilibrate la sfârșitul fiecărui ciclu de încărcare - deoarece efectul dezechilibrului de încărcare este complet reversibil. De exemplu, într-un sistem de 24kWh (96 celule în serie), sistemul 66Ah ar trebui să



compenseze pentru 660mAh presupunând că bateria are o diferență de încărcare mai mică de 1% la sfârșitul duratei de viață (diferența de timp de încărcare crește în timp).

Sistemul de management al bateriilor cu ioni de litiu are următoarele funcții: măsurarea parametrilor electrotermali (măsurarea tensiunii, curentului, rezistenței la izolație, temperatură etc.), controlul încărcării / descărcării, echilibrarea sarcinii, evaluarea stării (SOC, SOH, SOP) Încălzirea, echilibrul de căldură), stocarea și ancheta datelor, comunicarea vehiculului și a încărcătorului, interfața om-mașină etc. Garantează faptul că bateriile pot fi utilizate în siguranță în toate condițiile de lucru, în toate condițiile de climă și de viață, prelungind ciclul de viață.[17]

### **Meritele sale sunt după cum urmează:**

1) Măsuri de securitate: Sistemul realizează în timp real, alarmă de clasificare și protecție limitată în condiții anormale pentru a garanta siguranța bateriei.

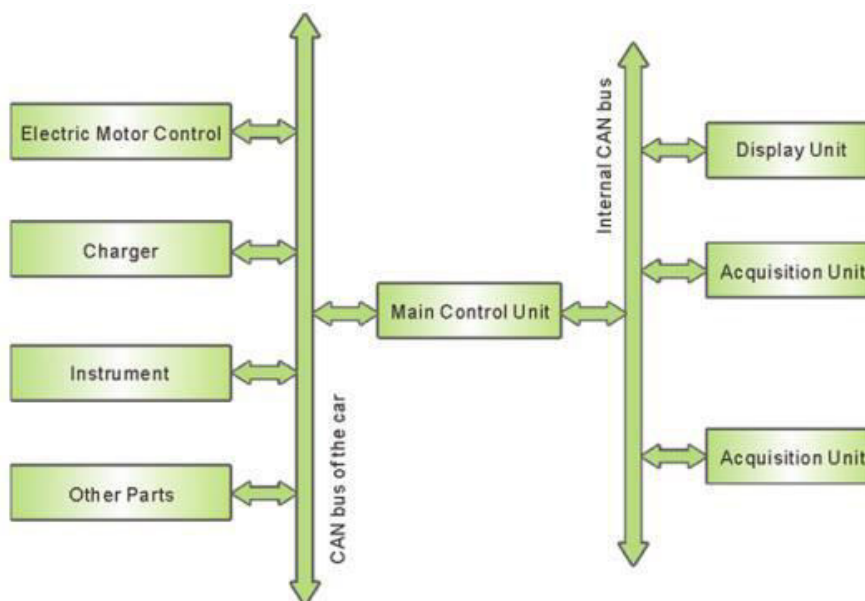
2) Diagnosticarea defecțiunilor: Sistemul poate defini cu precizie tipul și localizarea defecțiunilor sistemului de baterii sau a componentelor BMS, reducând astfel costurile de întreținere a sistemului.

3) Depozitarea datelor: Sistemul poate înregistra automat istoricul sistemului de acumulatori automat pentru întreaga sa viață, acționând ca o cutie neagră.

4) Evaluarea de stat: Sistemul posedă evaluarea stării inovatoare (SOC, SOH, POS), realizând o robustețe puternică.

5) Balanța de încărcare: Tehnologia de echilibrare unică și eficientă garantează echilibrul de încărcare a celulelor la nivel de sistem.

6) Abilitate puternică de anti-bruijaj: Tehnologia avansată anti-bruijaj garantează fiabilitatea ridicată a sistemului în condiții de mediu electromagnetic complex.[13]



**Figura 1.1.** Diagrama functionala a unui Sistem de Management al Bateriei (BMS)

**BIBLIOGRAFIE**

1. Achieving cell balancing for lithium-ion batteries, <https://www.cobhamaes.com/pages/product/articles/BEUElectronicProductsArticle.pdf>
2. Active blancing BMS solution for lithium, <http://www.gushenbattery.com/bms/bms-solution/active-blancing-bms-solution-for-lithium.html>
3. Active Cell Balancing in Battery Packs, [http://cache.freescale.com/files/32bit/doc/app\\_note/AN4428.pdf](http://cache.freescale.com/files/32bit/doc/app_note/AN4428.pdf)
4. Battery Cell Balancing: What to Balance and How, Yevgen Barsukov, <https://www.ti.com/download/tmg/docs/seminar/Topic%202%20-%20Battery%20Cell%20Balancing%20-%20What%20to%20Balance%20and%20How.pdf>
5. Battery Management System Tutorial, <https://www.renesas.com/cn/en/products/power-management/battery-management-system-tutorial.html>
6. Battery management system, [https://en.wikipedia.org/wiki/Battery\\_management\\_system](https://en.wikipedia.org/wiki/Battery_management_system)
7. Battery Management Systems in Electric and Hybrid Vehicles, Yinjiao Xing 1, Eden W. M. Ma 1, Kwok L. Tsui 1,2 and Michael Pecht 1,3,
8. BQ79606A, foaie de date, <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/bq79606a-q1.pdf>
9. Brevet de inventie US10131246B2, <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/063709765/publication/US10131246B2?q=US10131246B2>
10. Brevet de inventie US2018090797A1, <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/061687285/publication/US2018090797A1?q=US2018090797A1>
11. Brevet de inventie US2018131200A1, <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/062065198/publication/US2018131200A1?q=US2018131200A1>
12. De ce masinile electrice vor fi in curand cele mai populare, <https://www.nissan.ro/blog-vehicule-electrice/mediu-inconjurator/de-ce-masinile-electrice-vor-fi-in-curand-cele-mai-populare.html>
13. How does active and passive BMS work, <http://ro.godsenbattery-sa.com/news/how-does->

[active-and-passive-bms-work-15826935.html](http://www.ti.com/lit/ds/symlink/active-and-passive-bms-work-15826935.html)

14. ISO7742, foaie de date, <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/iso7741.pdf>
15. Litiul si stocare energiei electrice, <https://www.electricianul.ro/>
16. LM5050 foaie de date, <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm5050-1-q1.pdf>
17. Masini electrice de urmarit in 2019, <https://www.academiabarbatilor.ro/top-5-masini-electrice-de-urmarit-in-2019/>
18. SN6501, foaie de date, <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/sn6501.pdf>
19. TCAN1042, foaie de date, <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/tcan1042-q1.pdf>
20. TMS570 Active Cell-Balancing Battery-Management, Design Guide, <http://www.ti.com/lit/ug/tidubi0/tidubi0.pdf>
21. TMS570LS0432, foaie de date, <http://www.ti.com/lit/ds/spns186c/spns186c.pdf>
22. TPS57160, foaie de date, <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/tps57160-q1.pdf>
23. TPS65381A, foaie de date, <http://www.ti.com/lit/ds/slvsdj1a/slvsdj1a.pdf>