



Universitatea
Ștefan cel Mare
Suceava

Facultatea de Inginerie Electrică și Știința Calculatoarelor
Școala Doctorală de Științe Aplicate și Inginerești
Inginerie Electrică

**CONTRIBUȚII PRIVIND DEZVOLTAREA
SISTEMELOR DE ÎNCĂRCARE ȘI ALIMENTARE ALE
AUTOVEHICULELOR CU PROPULSIE ELECTRICĂ / HIBRIDĂ**

TEZĂ DE DOCTORAT

REZUMAT

Coordonator științific,
prof. univ. dr. ing. Laurențiu-Dan MILICI

Doctorand,
ing. Ciprian BEJENAR

**Suceava
2024**

CUPRINS

Sinteza	1
Introducere	3
Capitolul 1. Stadiul actual de dezvoltare a sistemelor de încărcare și alimentare ale autovehiculelor cu propulsie electrică sau hibridă	4
1.1. Clasificări, diagrame principiale și topologii specifice sistemelor de încărcare și alimentare	5
1.2. Dezvoltarea și cercetarea prin prototipare a sistemelor de încărcare și alimentare	5
1.3. Comportamentul, monitorizarea și diagnoza procesului de încărcare	6
1.4. Viziune	6
Capitolul 2. Contribuții privind studierea sistemelor de încărcare și alimentare ale autovehiculelor cu propulsie electrică sau hibridă	6
2.1. Tendințe privind contextul actual și oportunitățile viitoare de dezvoltare ale sistemelor de încărcare și alimentare	7
2.2. Analiză preliminară asupra particularitățile unui prototip de modul convertor de putere de curent continuu	8
2.3. Interpretări	11
Capitolul 3. Contribuții privind dezvoltarea sistemelor de încărcare și alimentare pentru autovehicule cu propulsie electrică sau hibridă	11
3.1. Abordare îmbunătățită privind modelarea simetrică a strategiei de comutare grea pentru topologia de conversie în punte completă	12
3.2. Metodă pentru comutare selectivă	14
3.3. Așteptări	19
Capitolul 4. Contribuții privind dezvoltarea posibilităților de monitorizare și diagnoză a procesului de încărcare și alimentare	20
4.1. Senzor rezistiv de curent	20
4.2. Dispozitiv prelungitor pentru diagnoza sistemelor de încărcare conductivă	21
4.3. Instrument pentru extinderea posibilităților de monitorizare și diagnoză a sistemelor de încărcare conductivă	22
4.4. Așteptări	24
Capitolul 5. Contribuții privind dezvoltarea acționărilor automate în procese autonome legate de sistemele de încărcare și alimentare	24
5.1. Metodă pentru acționarea arcurilor din materiale cu memorie a formei	25
5.2. Sistem solar de încălzire pentru menținerea încărcării bateriilor	25

5.3. Sistem de siguranță pentru priză	26
5.4. Așteptări	27
Capitolul 6. Contribuții privind dezvoltarea arhitecturii sistemelor electrice implicate în procesul de încărcare și alimentare	28
6.1. Metodă și sistem pentru controlul programat al sistemelor de încărcare conductivă	28
6.2. Metodă și sistem pentru limitarea curbei de sarcină	29
6.3. Metodă și sistem pentru alimentarea consumatorilor electrici izolați	30
6.4. Așteptări	31
Concluzii	32
Contribuții	32
Bibliografie	35

SINTEZĂ

Această lucrare prezintă elemente și contribuții cu privire la sistemele de încărcare și alimentare ale autovehiculelor cu propulsie electrică sau hibridă, structurată în stadiul actual de dezvoltare a sistemelor de încărcare și alimentare ale autovehiculelor cu propulsie electrică sau hibridă, contribuții privind studierea sistemelor de încărcare și alimentare ale autovehiculelor cu propulsie electrică sau hibridă, contribuții privind dezvoltarea sistemelor de încărcare și alimentare pentru autovehiculele cu propulsie electrică sau hibridă, contribuții privind dezvoltarea posibilităților de monitorizare și diagnoză a procesului de încărcare și alimentare, contribuții privind dezvoltarea acționărilor automate în procese autonome legate de sistemele de încărcare și alimentare și contribuții privind dezvoltarea arhitecturii sistemelor electrice implicate în procesul de încărcare și alimentare.

Capitolul 1 prezintă elemente tehnice ca și clasificări, diagrame principiale și topologii specifice sistemelor de încărcare și alimentare, dezvoltarea și cercetarea prin prototipare a sistemelor de încărcare și alimentare, sau comportamentul, monitorizarea și diagnoza procesului de încărcare, care reprezintă considerente privind stadiul actual de dezvoltare a sistemelor de încărcare și alimentare ale autovehiculelor cu propulsie electrică sau hibridă, ce constituie subiecte adecvate pentru constatarea caracteristicilor actuale, obținute ca rezultate ale activității de cercetare, în etape succesive de constatare.

Capitolul 2 prezintă elemente de actualitate precum tendințele privind contextul actual și oportunitățile viitoare de dezvoltare ale sistemelor de încărcare și alimentare, sau o analiză preliminară asupra particularităților unui prototip de modul convertor de putere de curent continuu, ce reprezintă contribuții privind studierea stadiului actual de dezvoltare a sistemelor de încărcare și alimentare ale autovehiculelor cu propulsie electrică sau hibridă, care constituie subiecte adecvate pentru interpretarea particularităților existente, obținute ca rezultate ale activității de cercetare și dezvoltare, în etape succesive de examinare.

Capitolul 3 prezintă elemente de noutate referitoare la o abordare îmbunătățită privind modelarea simetrică a strategiei de comutație grea pentru topologia de conversie în punte completă, sau o metodă pentru comutare selectivă, care reprezintă contribuții privind dezvoltarea sistemelor de încărcare și alimentare pentru autovehiculele cu propulsie electrică sau hibridă, ce constituie tehnologii adecvate pentru extinderea și dezvoltarea stadiului actual, obținute ca rezultate ale activității de cercetare, dezvoltare și/sau inovare, în etape succesive de creativitate și/sau inventivitate.

Capitolul 4 prezintă elemente de noutate ca și un senzor rezistiv de curent, un dispozitiv prelungitor pentru diagnoza sistemelor de încărcare conductivă, sau un instrument pentru extinderea posibilităților de monitorizare și diagnoză a sistemelor de încărcare conductivă, care reprezintă contribuții privind dezvoltarea posibilităților de monitorizare și diagnoză a procesului de încărcare și alimentare, ce constituie tehnologii adecvate pentru dezvoltarea stadiului actual, obținute ca rezultate ale activității de dezvoltare și inovare, în etape succesive de inventivitate.

Capitolul 5 prezintă elemente de noutate precum o metodă pentru acționarea arcurilor din materiale cu memorie a formei, un sistem solar de încălzire pentru menținerea încărcării bateriilor, sau un sistem de siguranță pentru priză, ce reprezintă contribuții privind dezvoltarea acționărilor automate în procese autonome legate de sistemele de încărcare și alimentare, care constituie tehnologii adecvate pentru dezvoltarea stadiului actual, obținute ca rezultate ale activității de dezvoltare și inovare, în etape succesive de inventivitate.

Capitolul 6 prezintă elemente de noutate referitoare la o metodă și un sistem pentru controlul programat al sistemelor de încărcare, o metoda și un sistem pentru limitarea curbei de sarcină, sau o metodă și un sistem pentru alimentarea consumatorilor electrici izolați, care

reprezintă contribuții privind dezvoltarea arhitecturii sistemelor electrice implicate în procesul de încărcare și alimentare, ce constituie tehnologii adecvate pentru dezvoltarea stadiului actual, obținute ca rezultate ale activității de dezvoltare și inovare, în etape succesive de inventivitate.

Tematica tratată, satisface în principal, interesele identificate în cercetarea, dezvoltarea și/sau inovarea sistemelor de încărcare și/sau alimentare ale autovehiculelor cu propulsie electrică sau hibridă, prin aceea că corespunde cu tendințele reliefate și oportunitățile favorabile, astfel încât contribuțiile pe care le aduce prezintă o atractivitate științifică de actualitate, pentru că acoperă o parte din necunoscutele și problemele cu care se confruntă mediul industrial, față de conceptele abordate.

Metodologia de cercetare, dezvoltare și inovare, în jurul căreia se conturează această lucrare, presupune în principal, implicarea procedurii de dezvoltare bazată pe model, în cadrul unei activități de prototipare rapidă, susținută prin aceeași tehnică, concomitent cu extinderea și dezvoltarea de funcționalități, obținute în derularea activității de cercetare și inovare specifică, în interesul obținerii de soluții care se aliniază tendințelor și oportunităților actuale, avantajoase datorită performanțelor convenabile și așteptărilor promițătoare.

Perspectivile pe care le dezvoltă această lucrare sunt conturate prin interpretarea stadiului actual de cercetare, dezvoltare și/sau inovare, fapt ce concretizează o cunoaștere științifică preliminară (studierea și/sau analiza particularităților unor subiecte, ca urmare a progresului tehnologic), cu impact asupra validării fundamentului tehnic, prin referire la literatura de specialitate în domeniu și în legătură cu tehnologiile existente care compun sistemele de încărcare și/sau alimentare ale autovehiculelor cu propulsie electrică sau hibridă.

Rezultatele pe care le oferă această lucrare sunt constituite din cunoaștere științifică nouă (studii analitice și demonstrații experimentale privind îmbunătățirea de performanțe, ca urmare a extinderii de funcționalități), cât și din proprietate industrială unică (soluții privind extinderea posibilităților de funcționare, ca urmare a dezvoltării de funcționalități), cu impact asupra dezvoltării literaturii de specialitate în domeniu (rezultate privind performanța îmbunătățirilor concepute), completării ciclurilor de dezvoltare cu instrumente obținute prin metodologii de lucru similare (modele matematice și modele de simulare, în legătură cu funcționarea unor modele experimentale) și consolidarea potențialului de valorificare comercială (soluții privind probleme concrete).

Cuvinte cheie

autovehicul, propulsie electrică sau hibridă, sistem de încărcare și/sau alimentare, modul pentru încărcare și/sau alimentare, modul convertor de putere, clasificare, diagramă, topologie, semiconductor, prototipare, dezvoltare, testare, standard, comportament, monitorizare, diagnoză, filtru, viziune, tendințe, oportunități, analiză preliminară, particularitate, prototip experimental, model de simulare, interpretare, dezvoltare, abordare, strategie, simetrie, alternativă, compensare, modelare, comutare, selectivitate, tranziție, parametrizare, performanță, eficiență, monitorizare, diagnoză, senzor, curent, dispozitiv, automatizare, autonomie, acționare, încălzire, siguranță, control, limitare, alimentare, așteptări, concluzii, contribuții.

INTRODUCERE

În ceea ce privește istoria mobilității electrice, deși tehnologia pentru ceea ce a reprezentat primul autovehicul cu propulsie electrică a existat încă din secolul al XIX-lea, ceva mai târziu, în secolul al XX-lea, în anul 1917 au fost surprinse imagini, ca și cele din Fig. 1, care prezintă procesul de încărcare ale unor autovehicule cu propulsie electrică, care compuneau flota de camioane deținute de compania *Midland Railway*, staționate și încărcate în depozitul pe care aceasta îl deținea și care erau apoi utilizate pentru transportul de mărfuri în Londra, EN, Regatul Unit [001].



Fig. 1. Autovehicule cu propulsie electrică surprinse în timpul procesului de încărcare, în Londra, EN, Regatul Unit, în anul 1917 [002].

Un aspect interesant pentru sistemele de încărcare și/sau alimentare de care dispuneau autovehiculele cu propulsie electrică prezentate în Fig. 1, îl constituie faptul că acestea ar fi putut fi compuse, în principal, dintr-o rețea de alimentare cu energie electrică de curent alternativ, prevăzută cu un sistem electric pentru redresare (ex. prevăzută cu tuburi cu vapori de mercur), încât să permită controlul curentului continuu, iar la bornele acestuia pare că exista posibilitatea de conectare pentru încărcarea unui acumulator electric (ex. aliaj nichel-fier [NiFe]), iar descărcarea acestuia ar fi fost posibilă prin intermediul unui comutator electric de tensiune, care alimenta prin acționarea sa, propulsorul electric (ex. motor electric de curent continuu, conexiune serie) cu care era echipat autovehiculul [003].

Tranziția către mobilitatea electrică și către motivația de a utiliza surse de energie electrică curate și/sau regenerabile, convenționale și/sau neconvenționale, este susținută de legislația adoptată, progresul tehnologic și comportamentul consumatorilor, de aici și unele dintre decizii în modelarea sistemelor de încărcare și/sau alimentare pentru autovehicule cu propulsie electrică sau hibridă [006], [007].

Un subiect tot mai popular este cel al dreptului pentru reparare, prin care se dorește ca legislația adoptată să impună produselor dezvoltate particularitatea de a fi reparabile cu ușurință, încât perioada lor de exploatare să fie astfel mai lungă decât în cazul în care ar fi dezvoltate pentru o perioadă limitată de exploatare sau mai rău, pentru unică folosință. Așadar, ia naștere ideea că, complexitatea constructivă redusă este, poate, la fel de avantajoasă, în detrimentul unor pierderi de energie electrică mai ridicate în exploatare, respectiv a unei

eficiențe energetice mai reduse, pentru îndeplinirea obiectivului general de reducere a emisiilor de noxe și de dioxid de carbon [CO₂] [008].

În ceea ce privește stadiul actual de dezvoltare a sistemelor de încărcare și/sau alimentare pentru autovehiculele cu propulsie electrică sau hibridă, datorită faptului că industria auto își schimbă din nou fața către mobilitatea electrică, în prezent, dispune de o evoluție de mai mult de 100 de ani a industriei electrice, context care recomandă sistemele electrice moderne față de cele utilizate în trecut pentru încărcarea și/sau alimentarea autovehiculelor cu propulsie electrică sau hibridă, fapt care se datorează, în principal, extinderii electrificării și dezvoltării sistemelor, echipamentelor, dispozitivelor și componentelor electrice și/sau electronice, care prezintă acum un grad suficient de maturitate încât să permită ca astfel de aplicații să se extindă și să domine piața [009].



Fig. 3. Sisteme de încărcare moderne pentru autovehiculele cu propulsie electrică sau hibridă [002].

Indiferent de natura lor, o necesitate este însă certă, aceea că sistemele de încărcare și/sau alimentare pentru autovehiculele cu propulsie electrică sau hibridă trebuie să fie adaptate și să evolueze în concordanță cu măsurile adoptate, progresul tehnologic și dinamica de evoluție a necesităților, dar în contextul unei dezvoltări durabile, ce nu se orientează doar către soluții pragmatice, performante doar din punct de vedere al eficienței energetice pe care o prezintă, ci și la soluții ce se remarcă prin noutatea abordării pe care o propun.

CAPITOLUL 1

STADIUL ACTUAL DE DEZVOLTARE A SISTEMELOR DE ÎNCĂRCARE ȘI ALIMENTARE ALE AUTOVEHICULELOR CU PROPULSIE ELECTRICĂ SAU HIBRIDĂ

În acest capitol al lucrării sunt prezentate considerente privind stadiul actual de dezvoltare a sistemelor de încărcare și/sau alimentare ale autovehiculelor cu propulsie electrică sau hibridă, respectiv constatări ce se referă la clasificări, diagrame principale și topologii specifice sistemelor de încărcare și alimentare, dezvoltarea și cercetarea prin prototipare a sistemelor de încărcare și/sau alimentare în curent continuu și la comportamentul, monitorizarea și diagnoza procesului de încărcare în curent continuu, noțiuni în baza cărora este evidențiată o viziune asupra tematicii tratate.

1.1. CLASIFICĂRI, DIAGrame PRINCIPIALE ȘI TOPOLOGII SPECIFICE SISTEMELOR DE ÎNCĂRCARE ȘI ALIMENTARE

Autovehiculul cu propulsie electrică poate fi considerat, în principal, acel mijloc de transport care utilizează o singură formă de energie pentru a se propulsa cu ajutorul unui singur tip de propulsor, deoarece energia necesară deplasării poate fi stocată într-un acumulator electric (energie electrică), încât să fie utilizată pentru alimentarea cu energie electrică, prin conversie, a unui propulsor electric [101], [102].

Autovehiculul cu propulsie hibridă poate fi considerat, în principal, acel mijloc de transport care utilizează mai mult de o singură formă de energie pentru a se propulsa cu ajutorul a mai mult de un singur tip de propulsor, deoarece energia necesară deplasării poate fi stocată, atât într-un rezervor (combustibil lichid), cât și într-un acumulator electric (energie electrică), încât să fie utilizate împreună, după caz, pentru alimentarea cu combustibil a unui propulsor termic sau pentru alimentarea cu energie electrică, prin conversie, a unui propulsor electric [101], [102].

Un sistem de încărcare electrică poate fi considerat, în principal, acel ansamblu de sisteme electrice care este utilizat pentru încărcarea unui autovehicul cu propulsie electrică sau hibridă, ce prezintă capacitate de conectare electrică prin intermediul unei căi disponibile și prin care se formează o legătură între sistemul electric al încărcătoarelor sau stațiilor de încărcare aflate în exteriorul autovehiculului și între sistemul electric de încărcare la care pot fi atașate și ce se află în interiorul său, pentru încărcarea acumulatorului electric de care dispune [101], [102].

Un sistem de alimentare electrică poate fi considerat, în principal, acel ansamblu de sisteme electrice care este realizat pentru alimentarea unui autovehicul cu propulsie electrică sau hibridă, respectiv a propulsorului electric disponibil și/sau a celorlalți consumatori electrice cu care este echipat la un moment dat, pentru că sistemele electrice implicate permit uniunea între un sistem de încărcare și un sistem de alimentare, pentru utilizarea energiei electrice de care dispune [101], [102].

1.2. DEZVOLTAREA ȘI CERCETAREA PRIN PROTOTIPARE A SISTEMELOR DE ÎNCĂRCARE ȘI ALIMENTARE

Dezvoltarea și cercetarea prin prototipare a sistemelor de încărcare și/sau alimentare pentru autovehicule cu propulsie electrică sau hibridă, se concentrează asupra modulelor pentru încărcare și/sau alimentare, dar atenția mai sporită este îndreptată asupra modulelor convertitoare de putere din alcătuirea acestora [130].

Dezvoltatorii și cercetătorii urmăresc, în proiectele pe care le desfășoară, să adopte topologii de conversie și metode pentru comutație care nu sunt consumatoare intensive de resurse și sunt compatibile cu o varietate largă de sisteme, echipamente, dispozitive și componente electrice și/sau electronice controlabile și/sau comandabile, dar și acelea care pot fi optimizate mai rapid și care pot integra noi funcționalități cu ușurință, iar pe de altă parte, să nu crească simțitor costurile de dezvoltare și cercetare [127].

Odată cu dezvoltarea și cercetarea dispozitivelor electronice care utilizează materialele semiconductoare fabricate din carbură de siliciu [SiC] de generație îmbunătățită, dezavantajul de a tolera pierderi de putere electrică transferată semnificative în procesul de comutare și/sau redresare se diminuează progresiv, iar totodată dispozitivele electronice care utilizează materialele semiconductoare fabricate din nitrură de galiu [GaN] de generație următoare, pregătesc cele necesare pentru a sprijini un proces de comutație și/sau redresare desfășurat în condiții mai apropiate de ideal [118], [126].

Toate acestea, sunt în favoarea topologiei de conversie non-rezonantă și strategiei de comutație grea (sau *Hard-Switching*), care este mai avantajoasă din punct de vedere al calității energiei electrice și a capacității de conectare și operare în paralel a două sau mai multe module convertitoare de putere, proprietăți esențiale pentru a spori eficiența de conversie la puteri

transferate mai reduse și redundanța în exploatare a unor sisteme, echipamente, dispozitive și componente electrice și/sau electronice sensibile [118], [126].

În acest context, o topologie de conversie clasică și o metodă pentru comutație de complexitate redusă, ar putea reprezenta o soluție atrăgătoare în procesul de dezvoltare și cercetare prin prototipare a unui modul convertor de putere, utilizat în ansamblul modulelor pentru încărcare și/sau alimentare din componența sistemelor pentru încărcare și/sau alimentare pentru autovehiculele cu propulsie electrică sau hibridă [127].

1.3. COMPORTAMENTUL, MONITORIZAREA ȘI DIAGNOZA PROCESULUI DE ÎNCĂRCARE

În dezvoltarea și cercetarea sistemelor de încărcare și/sau alimentare ale autovehiculelor cu propulsie electrică sau hibridă, în principal, sunt importante comportamentul, monitorizarea și diagnoza procesului încărcare și/sau alimentare.

Comportamentul procesului încărcare și/sau alimentare este influențat de modelul matematic pentru control și/sau comandă și de componentele electrice și/sau electronice care compun modulul convertor de putere din alcătuirea unui modul pentru încărcare și/sau alimentare utilizat în sistemelor de încărcare și/sau alimentare ale autovehiculelor cu propulsie electrică sau hibridă [149].

Monitorizarea și diagnoza unui sistem electric este realizată în diferite stadii de dezvoltare și cercetate, pornind de la ciclul de dezvoltare și până la ciclul de exploatare, atât pentru un de regim de funcționare ideal, cât și pentru un regim de funcționare defectuoasă.

Procesul de monitorizare și diagnoză este însoțit de erori convenționale în măsurare și procesare, dar și de abateri suplimentare prin neglijarea sau simplificarea unei metodologii în dezvoltare și cercetare [149].

1.4. VIZIUNE

Înțelept ar fi să ne gândim la viitor pentru că acesta, în cele din urmă, va fi tot mai complicat, fără a desconsidera însă trecutul pentru că reprezintă reperul la care ne raportăm și fără a neglija iată prezentul pentru că este, în fond, cel care ne va defini în permanență pe măsură ce roata timpului se răstoarnă, iar și iar [006].

CAPITOLUL 2

CONTRIBUȚII PRIVIND STUDIAREA SISTEMELOR DE ÎNCĂRCARE ȘI ALIMENTARE ALE AUTOVEHICULELOR CU PROPULSIE ELECTRICĂ SAU HIBRIDĂ

În acest capitol al lucrării sunt prezentate contribuții privind studierea sistemelor de încărcare și alimentare ale autovehiculelor cu propulsie electrică sau hibridă, respectiv investigații ce se referă la tendințele privind contextul actual și oportunitățile viitoare de dezvoltare a sistemelor de încărcare și alimentare pentru autovehiculele cu propulsie electrică sau hibridă și la o analiză preliminară asupra particularitățile unui prototip de modul convertor de putere de curent continuu, idei în baza cărora este evidențiată o interpretare privind problemele principale cu care se confruntă mediul de dezvoltare și cercetare, dar și o asociere preliminară de concluzii și perspective privind soluțiile relevante acum, sau necesare în viitor.

Model matematic pentru control și/sau comandă

Modelul matematic pentru control și/sau comandă implică o metodă de dezvoltare în concordanță cu o logică de implementare corespunzătoare unei strategii de comutație grea (sau *Hard-Switching*), așa cum este sugerat în Fig. 2.2.1.1.1.

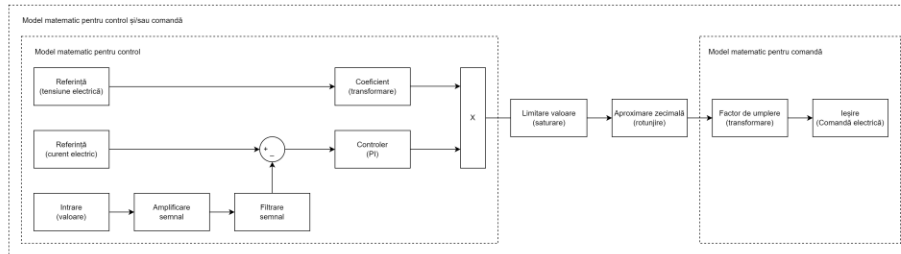


Fig. 2.2.1.1.1. Diagrama generală a modelului matematic pentru control și/sau comandă.

Model electric experimental

Modelul electric experimental implică o metodă de dezvoltare în concordanță cu logica de implementare corespunzătoare topologiei de conversie în punte completă (sau *Full-Bridge*), așa cum este prezentat în Fig. 2.2.1.2.1.

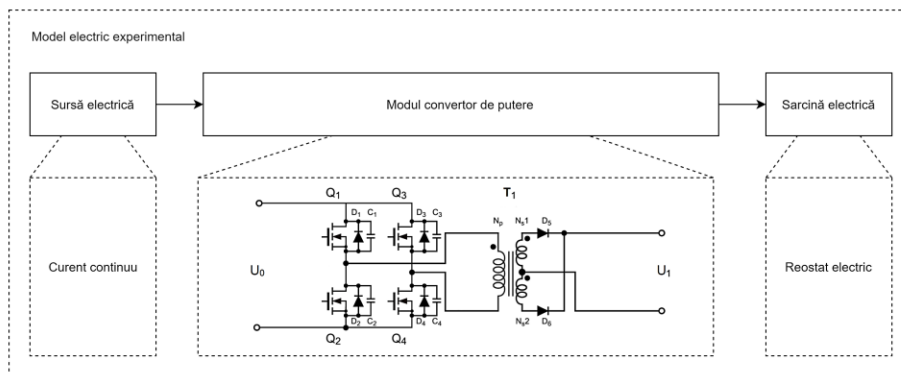


Fig. 2.2.1.2.1. Diagrama generală a modelului electric experimental.

Rezultate experimentale privind particularitățile soluției

Prototipul de modul convertor de putere de curent continuu este testat preliminar pentru o putere electrică transferată constantă de 40 W (20 V la 2 A) și o frecvență de comutație variabilă între 10 kHz și 100 kHz, astfel încât să fie obținute rezultate experimentale preliminare privind variația parametrilor electrici disponibili, care este necunoscută, însă această evoluție este dezvăluită de datele prezentate în Tab. 2.2.1.3.1.

Tab. 2.2.1.3.1. Rezultate experimentale preliminare privind parametrii electrici relevanți (*) [127].

Frecvență comutație	Parametri la intrare		Parametri la ieșire		Putere la intrare	Putere la ieșire	Eficiență conversie
	U_0	I_0	U_1	I_1			
f	[V]	[A]	[V]	[A]	[W]	[W]	[%]
10 kHz	20 V	2 A	23,50 V	1,61 A	40 W	37,84 W	94,59%
20 kHz			23,10 V	1,64 A			

30 kHz			22,70 V	1,66 A		37,68 W	94,21%
40 kHz			22,25 V	1,68 A		37,38 W	93,45%
50 kHz			21,75 V	1,70 A		36,98 W	92,44%
60 kHz			21,30 V	1,72 A		36,64 W	91,59%
70 kHz			–	–		–	–
80 kHz			–	–		–	–
90 kHz			–	–		–	–
100 kHz			19,20 V	1,83 A		35,20 W	89,67%

2.2.2. Model de simulare preliminar pentru un prototip experimental

Modelul de simulare preliminar pentru prototipul experimental dezvoltat, îmbină un model de simulare echivalent pentru controlul și/sau comanda unui model de simulare echivalent al modelului electric experimental, așa cum este sugerat în Fig. 2.2.2.1, în conexiune cu Anexa 2 și Anexa 3.

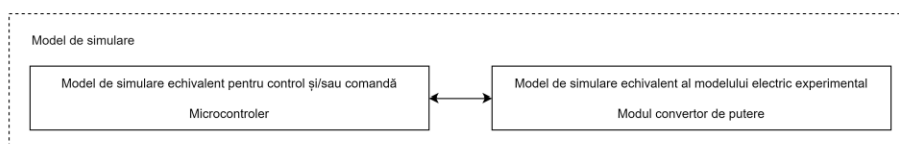


Fig. 2.2.2.1. Diagrama generală a modelului de simulare [Anexa 2], [Anexa 3].

Model de simulare echivalent pentru control și/sau comandă

Modelul de simulare echivalent al modelului matematic pentru control și/sau comandă implică o metodă de dezvoltare în concordanță cu o logică de implementare corespunzătoare, astfel încât să ofere rezultate matematice identice, pentru că se conturează după același model matematic pentru control și/sau comandă, ca și cel sugerat în Fig. 2.2.1.1.1, în conexiune cu Anexa 2.

Model de simulare echivalent al modelului electric experimental

Modelul de simulare echivalent al modelului electric experimental implică o metodă de dezvoltare în concordanță cu o logică de implementare corespunzătoare, astfel încât să ofere rezultate analitice comparabile, pentru că se conturează după același model electric experimental, ca și cel sugerat în Fig. 2.2.1.2.1, în conexiune cu Anexa 3.

Rezultate analitice privind eficiența soluției

În regim de funcționare nominal, atunci când prototipul de modulul convertor de putere de curent continuu este încărcat, în modelul de simulare al prototipului experimental, cu o putere electrică nominală la intrare P_{No} de 10.000 W ($U_{No} = 500$ V și $I_{No} = 20$ A), dezvoltă o putere electrică nominală la ieșire P_{Ni} de aprox. 9.150 W ($U_{Ni} \approx 585$ V și $I_{Ni} \approx 15,64$ A) (pentru care atinge o eficiență de conversie η de aprox. 91,50%), situație în care pierderea de putere transferată este de aprox. 850 W (care corespunde unor pierderi de putere electrică pe perioada conducerii de aprox. 8,50% din puterea electrică transferată), ce este distribuită pe fiecare componentă electrică și electronică [127], conform valorilor prezentate în Tab. 2.2.2.3.1.

Tab. 2.2.2.3.1. Rezultate analitice preliminare privind bilanțul energetic și eficiența de conversie, în regim de funcționare nominal ($U_0 = 500\text{ V}$ și $I_0 = 20\text{ A}$) (MATLAB & Simulink) [127].

Element component	Pierdere absolută	Eroare probabilă	Pierdere procentuală	Abatere posibilă	
n	Δ	ε	δ	σ	
[-]	[W]	[%]	[%]	[%]	
Modul convertor de putere	850 W	max. $\pm 10\%$	8,50%	max. 1%	
	Tranzistoare	225 W	max. $\pm 10\%$	2,25%	max. 1%
	Transformator	585 W	max. $\pm 10\%$	5,85%	–
	Diode	40 W	max. $\pm 10\%$	0,40%	–
Sarcină electrică	9.150 W	max. $\pm 10\%$	91,50%	max. 2%	
TOTAL	10.000 W	–	100%	–	

2.3. INTERPRETĂRI

Potențialul de dezvoltare și cercetare a sistemelor de încărcare și/sau alimentare pentru autovehicule cu propulsie electrică sau hibridă este suficient de larg, pe măsură ce procesul de elaborare a unor soluții nu poate fi motivat doar de modificări legislative (norme stricte), de intenția în a adopta doar tehnologie de ultimă generație (eficiență energetică) sau de condiția existenței unei societăți pregătite (deschidere pentru noutate) [006].

O direcție potențială de dezvoltare și cercetare a sistemelor de încărcare și/sau alimentare pentru autovehicule cu propulsie electrică sau hibridă, o reprezintă performanța modulelor convertoare de putere, atât din punct de vedere al construcției, cât și al capacitații de control optimizată al acestora, în strânsă legătură cu dinamica de exploatare a modulelor pentru încărcare și/sau alimentare pe care le alcătuiesc, respectiv cu evoluția tehnicilor de prototipare dinamice [006].

*Autorul lucrării revendică interpretările dezvăluite ca **elemente de actualitate**, cu rolul de **contribuții** privind studierea sistemelor de încărcare și alimentare ale autovehiculelor cu propulsie electrică sau hibridă, în ceea ce privește activitatea științifică desfășurată, în domeniul ingineriei electrice.*

CAPITOLUL 3

CONTRIBUȚII PRIVIND DEZVOLTAREA SISTEMELOR DE ÎNCĂRCARE ȘI ALIMENTARE PENTRU AUTOVEHICULE CU PROPULSIE ELECTRICĂ SAU HIBRIDĂ

În acest capitol al lucrării sunt prezentate contribuții privind dezvoltarea sistemelor de încărcare și alimentare pentru autovehicule cu propulsie electrică sau hibridă, respectiv soluții ce se referă la îmbunătățiri privind modelarea simetrică a strategiei de comutație grea pentru topologia de conversie în punte completă și comutarea selectivă, prin reglementarea unor modalități suplimentare, utile în dezvoltarea bazată pe model și prototiparea rapidă a sistemelor de încărcare și/sau alimentare ale autovehiculelor cu propulsie electrică sau hibridă.

3.1. ABORDARE ÎMBUNĂTĂȚITĂ PRIVIND MODELAREA SIMETRICĂ A STRATEGIEI DE COMUTAȚIE GREA PENTRU TOPOLOGIA DE CONVERSIE ÎN PUNTE COMPLETĂ

În ceea ce privește modelarea strategiei de comutație grea pentru topologii de conversie oarecare, aceasta presupune generarea unor semnale electrice de comandă modulate în lățime (sau *PWM*), de formă simetrică, iar pentru obținerea lor este utilizat un coeficient cu valori cuprinse între 0 și 1, în legătură cu valoarea factorului de umplere a semnalelor electrice de comandă, fapt pentru care această variabilă este numită în continuare *coeficient de umplere* [127], [303].

În ceea ce privește modelarea simetrică a strategiei de comutație grea pentru topologia de conversie în punte completă, generarea semnalelor de comandă modulate în lățime (sau *PWM*), de formă simetrică, este posibilă în instrumentului software *MATLAB & Simulink*, împreună cu echipamentul *dSPACE DS1103*, datorită disponibilității librăriei *dSPACE RTI1103* [127], [303].

Principalele caracteristici ale semnalelor electrice de comandă, destinate modulelor convertoare de putere de curent continuu, cu topologie de conversie în punte completă și strategie de comutație grea, constau din dispunerea simetrică, existența timpului mort, compensarea pierderilor datorate de introducerea timpului mort, dacă este afectată calitatea semnalului, dar și numărul suficient de canale disponibile [127].

Principalele provocări, constau din aceea că canalele dedicate pentru impulsuri modulate în lățime (sau *PWM*), sunt controlate prin utilizarea unor blocuri dedicate ce oferă semnalele electrice de comandă, fără timp mort, sau de polaritate fixă ori fără defazaj, pentru care introducerea timpului mort provoacă pierderi ale formei semnalelor electrice de comandă, iar numărul de canale disponibile este limitat [127].

Principalele blocuri dedicate disponibile în cadrul instrumentului software *MATLAB & Simulink*, oferite de librăria *dSPACE RTI1103*, în legătură cu conectorul de intrare-ieșire (sau *I/O*) *CP31*, sunt *DS1103SL_DSP_PWM* (cu canalele 1, 2, 3 și 4), respectiv *DS1103SL_DSP_PWM3* (cu canalele A, \bar{A}, B, \bar{B} și C, \bar{C}), nesincronizate între ele [303].

Blocul dedicat *DS1103SL_DSP_PWM*, permite în mod implicit schimbarea polarității fiecărui canal, iar canalele nu sunt grupate în perechi diferențiate, față de blocul dedicat *DS1103SL_DSP_PWM3*, ce nu permite în mod implicit schimbarea polarității canalelor, dar canalele sunt grupate în perechi diferențiate [303], fapt pentru care funcționalitatea acestora a fost încercată prin intermediul unui prototip experimental în cadrul căruia, modelul electric experimental este constituit dintr-un osciloscop, așa cum este prezentat în Fig. 3.1.1.

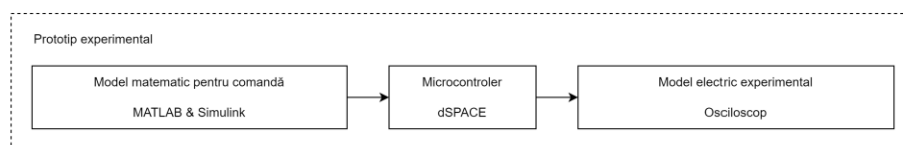


Fig. 3.1.1. Prototip experimental privind modelarea simetrică a strategiei de comutație grea pentru topologia de conversie în punte completă.

3.1.1. Abordare clasică privind modelarea matematică în legătură cu librăria *dSPACE RTI1103* (*DS1103SL_DSP_PWM*)

În abordarea clasică privind modelarea simetrică a strategiei de comutație grea pentru topologia de conversie în punte completă, este utilizat blocul dedicat *DS1103SL_DSP_PWM* (*dSPACE RTI1103*), pentru aplicații ce implică controlul și/sau comanda modulelor convertoare de putere (monofazate), care permite în mod nativ interpretarea factorului de umplere furnizat, pentru a genera semnale electrice de comandă modulate în lățime (sau *PWM*), asimetrice ori simetrice, fără timp mort, de polaritate variabilă și fără defazaj de 180° [303].

3.1.2. Abordare adaptată privind modelarea matematică în legătură cu librăria dSPACE RTI1103 (DS1103SL_DSP_PWM3)

Într-o abordare extinsă privind modelarea simetrică a strategiei de comutație grea pentru topologia de conversie în punte completă, poate fi utilizat blocul dedicat *DS1103SL_DSP_PWM3* (*dSPACE RTI1103*), pentru aplicații ce implică controlul și/sau comanda unui modul convertor de putere (trifazat), care permite interpretarea factorului de umplere furnizat, pentru a genera semnale electrice de comandă modulate în lățime (sau *PWM*), asimetrice ori simetrice, cu timp mort, de polaritate fixă și fără defazaj de 180° , ce poate fi adaptat pentru aplicații ce implică controlul și/sau comanda unui modul convertor de putere de curent continuu suplimentar, în regim nesincronizat [303].

3.1.3. Analiză comparativă privind abordarea clasică și abordarea adaptată

În continuare, este prezentată o analiză comparativă între abordarea clasică extinsă și abordarea adaptată extinsă privind modelarea simetrică a strategiei de comutație grea pentru topologia de conversie în punte completă, pentru care ambele abordări prezintă rezultate experimentale comparabile, așa cum este prezentat în Fig. 3.1.3.1 și Fig. 3.1.3.2.

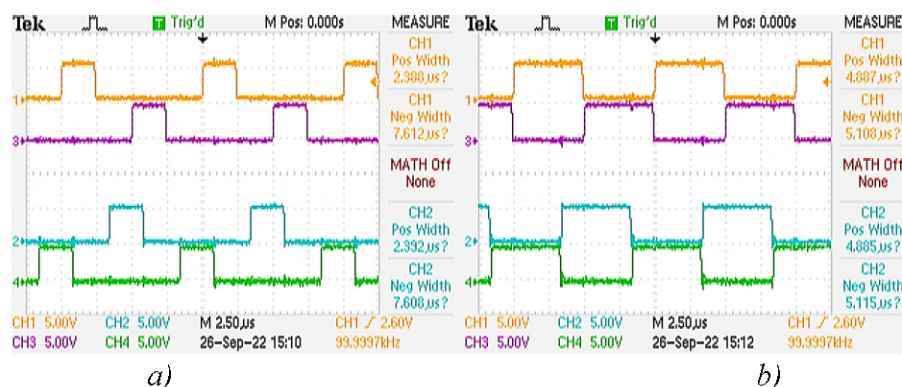


Fig. 3.1.3.1. Rezultate experimentale privind forma clasică și forma adaptată a semnalelor electrice de comandă finale, simetrice, la perioadă de $10 \mu s$, cu timp mort de $0,1 \mu s$ și defazaj de 180° (*dSPACE DS1103* și *Tektronix TDS2024B*).
stânga – coeficient de umplere/factor de umplere = $0,5000/25,00\%$;
dreapta – coeficient de umplere/factor de umplere = $1,0000/50,00\%$.

unde:

CH1 – semnal electric de comandă $[Q1', Q4']$ sau $[Q1'', Q4'']$ – *DS1103SL_DSP_PWM*, Canal 1 (*ST2PWM*) sau Canal 3 (*SPWM8*) [V];

CH2 – semnal electric de comandă $[Q1'', Q4''']$ – *DS1103SL_DSP_PWM3*, Canal A (*SPWM1*) [V];

CH3 – semnal electric de comandă $[Q3', Q2']$ sau $[Q3'', Q2'']$ – *DS1103SL_DSP_PWM*, Canal 2 (*SPWM7*) sau Canal 4 (*SPWM9*) [V];

CH4 – semnal electric de comandă $[Q3''', Q2''']$ – *DS1103SL_DSP_PWM3*, Canal \bar{B} (*SPWM4*) [V].

3.1.4. Model de simulare echivalent privind comanda simetrică după strategia de comutație grea pentru topologia de conversie în punte completă

Întrucât procesele de dezvoltare bazată pe model și prototipare rapidă necesită un model de simulare echivalent privind comanda simetrică după strategia de comutație grea pentru topologia de conversie în punte completă, care să dispună de funcționalitățile disponibile datorită proprietăților native ale blocurilor dedicate *DS1103SL_DSP_PWM* și *DS1103SL_DSP_PWM3*, dar și de funcționalitățile extinse datorită modelelor matematice suplimentare, această soluție a fost concretizată, așa cum este prezentat în Fig. 3.1.4.1.

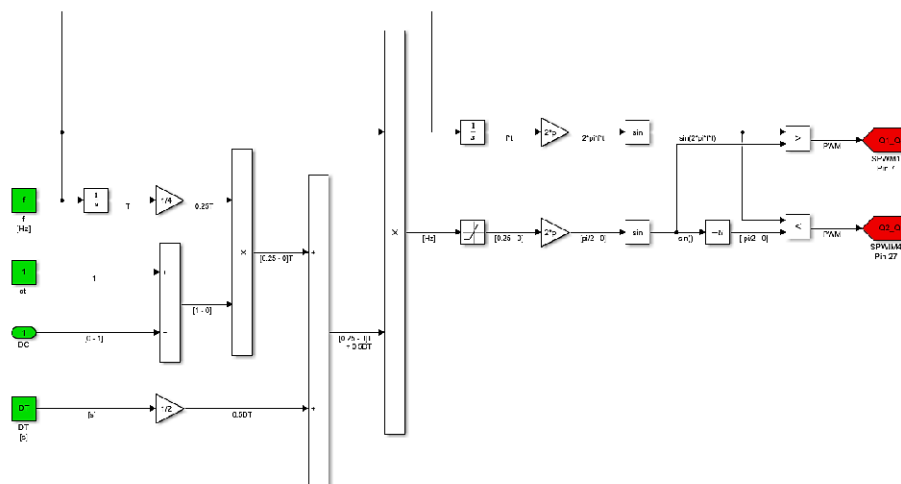


Fig. 3.1.4.1. Model de simulare echivalent privind comanda simetrică după strategia de comutație grea pentru topologia de conversie în punte completă, cu timp mort și defazaj fix (DS1103SL_DSP_PWM și/sau DS1103SL_DSP_PWM3) (MATLAB & Simulink) [127].

3.1.5. Analiză privind reprezentarea corectă a valorilor factorului de umplere și compensarea pierderilor datorate introducerii timpului mort

Etapele de prelucrare pentru a introduce timp mort între semnalele electrice de comandă modulate în lățime (sau *PWM*), prin strategiile de comandă în abordare extinsă (clasică sau adaptată), alterează valoarea factorului de umplere furnizat, iar din acest motiv introduc pierderi ale formei analitice, ce limitează domeniul de reprezentare al acestora, de unde și distincția între factorul de umplere intermediar și factorul de umplere real.

Aceeași analiză privind reprezentarea corectă a valorilor factorului de umplere și compensarea pierderilor datorate introducerii timpului mort, poate fi reprodusă ori de câte ori este necesar, pentru coeficienți de umplere cu formă analitică descrisă de alte ecuații.

3.2. METODĂ PENTRU COMUTARE SELECTIVĂ

Soluția se referă la o metodă pentru comutarea (conectarea/deconectarea) selectivă a modulelor convertoare controlabile și conectate paralel din componența sistemelor de alimentare, care presupune evenimente a căror tranziție este modelată într-o manieră specifică [304], [305], [306], [307].

În scopul comutării (conectării/deconectării) modulelor convertoare controlabile și conectate paralel, sunt cunoscute mai multe soluții (US7002263B2, US8120205B2, US11201545B2, US10135293B2, US10340808B2, CN112531878A) care constau, în principal, din metode, dispozitive și sisteme de comutare ce presupun evenimente a căror tranziție este bruscă (violentă) sau întârziată (liniară și/sau neliniară), modelată după forma unor funcții matematice treaptă, a unor funcții de transfer și/sau a unor regulatoare ce acționează ca filtre de trecere cu răspuns de formă și durată neprevizibilă, dependentă de fenomenele electrice monitorizate [304], [305], [306], [307], [308], [309], [310], [311], [312], [313].

Dezavantajele soluțiilor descrise constau din aceea că, metodele de comutare condiționate pe care le descriu pot introduce și pot prezenta perturbații importante ale parametrilor electrice și ale indicatorilor relevanți pentru calitatea energiei electrice la ieșirea sistemelor de alimentare ce le implementează și/sau întârzieri neprevizibile în răspunsul pe care îl oferă în comparație cu răspunsul impus, atunci când evoluția unui eveniment este schimbată brusc, pe perioada comutării (conectării/deconectării) modulelor convertoare controlabile și

conectate paralel din componența acestora, precum și din aceea că este implicată utilizarea unor circuite electronice în combinație cu comanda unor dispozitive electromecanice [304], [305], [306], [307], [308], [309], [310], [311], [312], [313].

În scopul îmbunătățirii eficienței unor sisteme de alimentare, este cunoscută o lucrare științifică (DOI: 10.1109/APEC.2015.7104356) care constă, în principal, din faptul că prezintă un subiect despre procesul de comutare (conectare/deconectare) a unor echipamente electrice, dar nu dezvăluie strategia de control după care este modelat acest proces, însă sugerează că acțiunea de comutare (conectare/deconectare) prezintă o tranziție instantanee, ce produce perturbații electrice distinctive, caracterizate de fluctuații evidente cu fronturi abrupte [314].

Dezavantajele soluției descrise constau din aceea că, nu se referă la o metodă pentru controlul sistemelor de alimentare, în componența cărora un microcontroler să fie responsabil pentru gestionarea stării de alimentare a mai multor module convertoare din alcătuire, capabil să reglementeze acțiunea de comutare (conectare/deconectare) a acestora, în mod selectiv, la diferite grade de solicitare electrică, concomitent cu controlul atenuat (lin) al evoluției după o formă sigmoidală a fenomenelor electrice, ce intervin în momentele de tranziție a stării acestora, proprietate care să reducă perturbațiile de tensiune electrică, curent electric și putere electrică [314].

În scopul modelării matematice, sunt cunoscute mai multe soluții (ecuația (3.2.1), ecuația (3.2.2)) care constau, în principal, dintr-o funcție matematică sigmoidă, definită și determinabilă, ce poate fi implicată în multiple aplicații datorită caracterului simetric și flexibil, astfel încât este potrivită în modelarea și controlul evenimentelor de tranziție atenuată (lină) pe perioada comutării (conectării/deconectării) modulelor convertoare controlabile și conectate paralel din componența sistemelor de alimentare, deoarece este maleabilă [304], [305], [306], [307].

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \quad (3.2.1)$$

$$f'(x) = \frac{e^{-x}}{(1 + e^{-x})^2} \quad (3.2.2)$$

Dezavantajele soluției descrise constau din aceea că, această variantă nu este întocmai o soluție ideală pentru a fi implementată în modelarea evenimentelor condiționate cu tranziție atenuată (lină), deoarece necesită o abordare diferită, dar totodată compatibilă cu forma sa, încât rezultatul obținut să fie potrivit pentru astfel de aplicații [304], [305], [306], [307].

Soluția rezolvă, în principal, problema tehnică prin faptul că, permite comutarea (conectarea/deconectarea) selectivă a modulelor convertoare controlabile și conectate paralel din componența sistemelor de alimentare, prin aceea că reduce perturbațiile importante ale parametrilor electrice la ieșirea sistemelor de alimentare ce o implementează și nu introduce întârzieri neprevizibile în răspunsul pe care îl oferă în comparație cu răspunsul impus [304], [305], [306], [307].

Metoda pentru comutare selectivă, conform soluției, înlătură dezavantajele și problemele prezentate, prin aceea că presupune, în principal, consolidarea capacității de comutare (conectare/deconectare) selectivă a modulelor convertoare controlabile și conectate paralel din componența sistemelor de alimentare, prin evenimente condiționate cu tranziție atenuată (lină), modelate într-o manieră diferită [304], [305], [306], [307].

Aceasta implică o funcție matematică sigmoidă, cu răspuns de amplitudine precisă și durată exactă, ce îi oferă performanță și maleabilitate, fără compromisuri imprevizibile, necontrolate și nejustificate, care ameliorează procesul de comutare în cel mai potrivit mod, fără implicații suplimentare, încât nu implică circuite electronice și/sau comanda unor dispozitive electromecanice, pentru că îmbunătățește compatibilitatea, performanța și redundanța în exploatarea sistemelor sau părților din acestea care o implementează [304], [305], [306], [307].

3.2.1. Considerente privind modelarea și parametrizarea logicii de control atenuat

Abordări privind prelucrarea funcțiilor sigmoide în modelarea formei

În continuare, este prezentată o analiză comparativă a rezultatelor analitice privind diferențele dintre principalele abordări relevante pentru modelarea formelor primitive ale funcțiilor matematice și formelor derivate ale aceluiași funcții matematice.

În primul caz, sunt prezentate cele ce implică o funcție matematică liniară oarecare, o funcție neliniară, în forma funcției matematice sigmoide (1), caracterizată de ecuația (3.2.1) și o altă funcție matematică neliniară, în forma funcției matematice sigmoide (2), caracterizată de abordarea diferită oferită de logica de control atenuat, respectiv de modul de prelucrare distinct, așa cum este prezentat în Fig. 3.2.1.1.1.



Fig. 3.2.1.1.1. Etape de prelucrare distincte în modelarea formei funcțiilor matematice, în abordarea logicii de control atenuat.

În alt caz, sunt prezentate cele ce implică o funcție matematică neliniară, în forma funcției matematice sigmoide (1), caracterizată de ecuația (3.2.1), o funcție matematică neliniară, în forma funcției matematice sigmoide (2), caracterizată de abordarea diferită oferită de logica de control atenuat și o altă funcție matematică neliniară, în forma funcției matematice sigmoide (3), caracterizată de abordarea generică, respectiv de modul de prelucrare comun, așa cum este prezentat în Fig. 3.2.1.1.6.



Fig. 3.2.1.1.6. Etape de prelucrare comune a formei derivate, în modelarea formei primitive a funcțiilor matematice, în abordare generică.

3.2.2. Considerente analitice privind metoda pentru comutare selectivă

Model matematic pentru control și/sau comandă

În acest sens, metoda pentru comutare selectivă poate fi asociată cu un model matematic pentru control și/sau comandă, așa cum este prezentat în Fig. 3.2.2.1.1, în conexiune cu [Anexa 10](#).

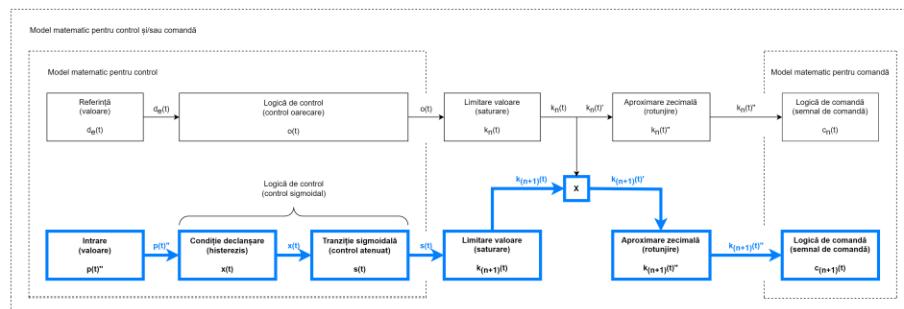


Fig. 3.2.2.1.1. Model matematic pentru control și/sau comandă, corespunzător metodei pentru comutare selectivă [[Anexa 10](#)].

Rezultate analitice privind metoda pentru comutare selectivă

Rezultatele analitice privind descrierea fiecărei stări posibile și moment reglementat, (conform unor condiții specifice, c_1 și c_2 , îndeplinite la un *coeficient de umplere*/factor de umplere a cărui valoare este $0,4000 \pm 0,0250/20,00\% \pm 1,25\%$) ce caracterizează metoda pentru comutare selectivă în aplicații privind partajarea sarcinii electrice [307], sunt prezentate în Fig. 3.2.7 și Fig. 3.2.8.

3.2.3. Considerente experimentale privind metoda pentru comutare selectivă

Prototip experimental

Funcționalitățile metodei pentru comutare selectivă au fost încercate prin intermediul unui prototip experimental în cadrul căruia, modelul electric experimental este constituit dintr-un osciloscop, așa cum este prezentat în Fig. 3.2.3.1.1.

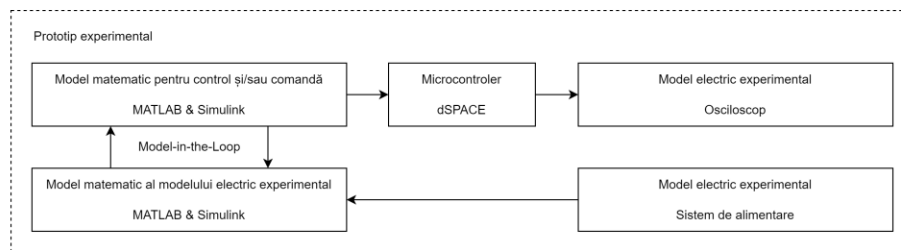


Fig. 3.2.3.1.1. Diagramă generală a prototipului experimental.

Model matematic pentru control și/sau comandă

Modelul matematic pentru control și/sau comandă, corespunzător metodei pentru comutare selectivă, este prezentat în Fig. 3.2.2.1.1, în conexiune cu Anexa 10.

Model matematic al modelului electric experimental

Așadar, valoarea instantanee $p''(t)$, a parametrului electric relevant, este considerată direct proporțională cu valoarea instantanee $k_n''(t)$, a *coeficientului de umplere*, iar din acest motiv proporția și liniaritatea sistemului este asigurată, pentru demonstrația experimentală.

Rezultate experimentale privind implementarea metodei pentru comutare selectivă și obținerea semnalelor electrice de comandă

Rezultatele experimentale privind implementarea metodei pentru comutare selectivă și obținerea semnalelor electrice de comandă, atât în abordarea clasică extinsă, cât și în abordarea extinsă cu compensare, privind modelarea simetrică a strategiei de comutație grea pentru topologia de conversie în punte completă, sunt prezentate în Fig. 3.2.3.4.1, Fig. 3.2.3.4.2, Fig. 3.2.3.4.3, Fig. 3.2.3.4.4 și Fig. 3.2.3.4.5.

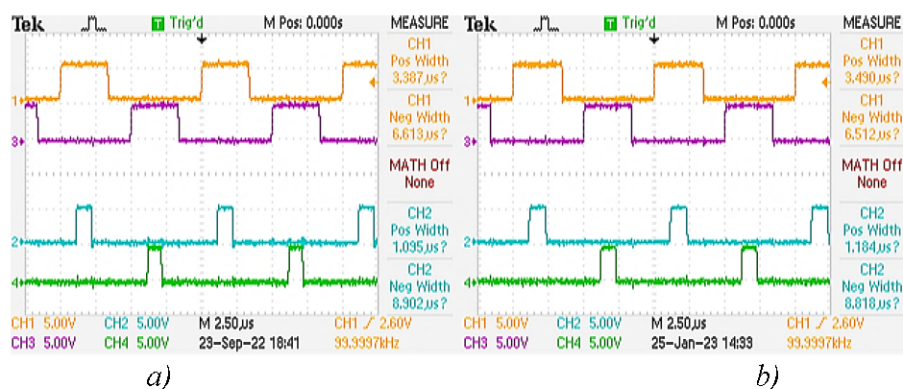


Fig. 3.2.3.4.3. Rezultate experimentale privind implementarea

metodei pentru comutare selectivă (momentul T_1), prin forma clasică și forma extinsă a semnalelor electrice de comandă finale, la perioadă de $10 \mu s$ și cu timp mort de $0,1 \mu s$ ($k_n'' = 0,7000$, $k_{(n+1)}'' = 0,2300$, $p'' \geq c_2$, $c_1 = 0,3750$ și $c_2 = 0,4250$) ($c_n(t) - DC'/DF' = 0,7000/35,00\%$ și $c_{(n+1)}(t) - DC''/DF'' = 0,2300/11,50\%$) (dSPACE DS1103 și Tektronix TDS2024B) [307].
 stânga – abordare clasică extinsă; dreapta – abordare extinsă cu compensare.

3.2.4. Considerente privind implementarea metodei pentru comutare selectivă în cadrul modulelor pentru încărcare și/sau alimentare

Rezultate analitice privind performanța soluției

Rezultatele analitice favorabile dezvăluie că, soluția este capabilă să comute (conecteze/deconecteze) selectiv module convertitoare, controlabile și conectate paralel (sau IPOP), ce susțin concomitent topologia de alimentare $(n+1)$ și procesele de alimentare îmbogățite cu capacitatea de partajare a sarcinii, toleranță la defect sau înlocuire la cald, precum că este potrivită într-un domeniu precum dezvoltarea și cercetarea prototipurilor de sisteme de încărcare și/sau alimentare pentru autovehicule cu propulsie electrică sau hibridă [307].

Rezultate analitice privind eficiența soluției

Rezultatele analitice favorabile dezvăluie că, datorită încărcării selective, față de solicitarea simultană a potențialelor prototipuri identice de module convertitoare de putere de curent continuu, controlabile și conectate paralel (sau IPOP), în cadrul unui potențial prototip de modul pentru încărcare și/sau alimentare, eficiența absolută totală a acestuia este îmbunătățită cu aprox. 7,83%, de la aprox. 805,90 u.m., la aprox. 869,00 u.m..

Eficiența medie a potențialului prototip de modul pentru încărcare și/sau alimentare este îmbunătățită, în intervalul de solicitare electrică procentuală P_o/P_{No} cuprins între 0% – 40%, cu aprox. 15,62% ($\max(\Delta\eta_m)$), de la aprox. 53,62% la aprox. 69,24%, fapt pentru care eficiența medie totală a acestuia este îmbunătățită cu aprox. 4,14% ($\Delta\eta_m$), de la aprox. 73,26%, la aprox. 77,40%.

Considerente privind eficiența soluției în general

În cazul generic al unui sistem electric, bazat constructiv pe potențialul prototip prezentat, pierderile de putere electrică transferată sunt reduse în medie cu aprox. 4.14%, iar totodată, în mod direct, acest câștig se reflectă în reducerea proporțională a costului de funcționare.

Considerente privind eficiența soluției în cadrul sistemelor de încărcare și alimentare pentru autovehicule cu propulsie electrică sau hibridă

În cazul specific al unui sistem de încărcare pentru autovehicule cu propulsie electrică sau hibridă, bazat constructiv pe potențialul prototip prezentat, se poate aprecia că timpul de încărcare este redus în medie cu aprox. 2.07% (pentru care $t_{cc} = t_{ic}$ și $k = 0.5$), dar nu mai mult de aprox. 4.14% (pentru care $t_{cc} = 0$ și $k = 1$), iar totodată, în mod indirect, acest câștig se reflectă în reducerea proporțională a costului de funcționare.

În cazul specific al unui sistem de alimentare pentru autovehicule cu propulsie electrică sau hibridă, bazat constructiv pe potențialul prototip prezentat, se poate aprecia că autonomia sistemului de propulsie electrică este sporită în medie cu aprox. 4.14%, dar nu mai mult de aprox. 15.62%, iar totodată, în mod indirect, acest câștig se reflectă în reducerea proporțională a costului de funcționare.

Considerente privind utilitatea soluției în cadrul sistemelor de încărcare și alimentare pentru autovehicule cu propulsie electrică sau hibridă

În ceea ce privește eficiența soluției în cadrul sistemelor de încărcare și/sau alimentare ale autovehiculelor cu propulsie electrică sau hibridă, chiar dacă eficiența introdusă de soluție este superioară, metoda pentru comutare selectivă este potrivită în condițiile reale în care procesul de încărcare electrică nu furnizează un curent electric constant, în a doua fază în care regimul de încărcare este de tensiune electrică constantă, pentru că în prima fază în care regimul de încărcare asigură un curent electric constant, modulele convertoare transferă un curent electric nominal, la o tensiune electrică variabilă.

În ceea ce privește compatibilitatea soluției cu sistemele de încărcare și/sau alimentare ale autovehiculelor cu propulsie electrică sau hibridă, chiar dacă funcționalitățile soluției sunt prezentate pentru un sistem de alimentare în topologie ($n+i$), definit de valorile $n = 1$ și $i = 1$ (cu cel mai bun raport cost/beneficiu), compatibilitatea acesteia este una extinsă.

3.3. AȘTEPTĂRI

Capitolul 3 reglementează următoarele noțiuni în ceea ce privește controlul și/sau comanda modulelor convertoare:

- Noțiunea de *coeficient de umplere*, valoare caracteristică pentru semnalul de control al modulelor convertoare, în legătură cu noțiunea de factor de umplere, valoare caracteristică pentru semnalele de comandă ale elementelor semiconductoare pentru comutație, grupate în perechi diferite în cadrul aceluiași ansamblu convertor.

Soluția 3.1 reglementează următoarele capacități stabilite prin abordări îmbunătățite pentru extinderea posibilităților de dezvoltare bazată pe model și prototipare rapidă [Anexa 5], [Anexa 7], [Anexa 8], [Anexa 9]:

- Capacitate de comandă simetrică în abordare clasică extinsă (cu timp mort și defazaj), destinată strategiei de comutație grea pentru topologia de conversie în punte completă;
- Capacitate de comandă simetrică în abordare adaptată extinsă (cu timp mort și defazaj), destinată strategiei de comutație grea pentru topologia de conversie în punte completă;
- Capacitate de comandă simetrică în abordare extinsă cu compensare, destinată strategiei de comutație grea pentru topologia de conversie în punte completă.

Soluția 3.2 reglementează următoarele capabilități stabilite prin evenimente de tranziție pentru comutare selectivă [Anexa 10]:

- a. Capacitate de comutare selectivă prin conectare tranzitiv-sigmoidală, a unui modul convertor secundar, controlabil și conectat paralel (sau *IPOP*), în alcătuirea unui sistem de alimentare în topologie $(n+1)$, pentru un regim normal de funcționare;
- b. Capacitate de comutare selectivă prin deconectare tranzitiv-sigmoidală, a unui modul convertor secundar, controlabil și conectat paralel (sau *IPOP*), în alcătuirea unui sistem de alimentare în topologie $(n+1)$, pentru regimuri normale și speciale de funcționare;
- c. Capacitate de comutare selectivă prin conectare tranzitiv-sigmoidală întreruptă dinamic, a unui modul convertor secundar, controlabil și conectat paralel (sau *IPOP*), în alcătuirea unui sistem de alimentare în topologie $(n+1)$, pentru un regim special de funcționare;
- d. Capacitate de comutare selectivă prin deconectare tranzitiv-sigmoidală întreruptă dinamic, a unui modul convertor secundar, controlabil și conectat paralel (sau *IPOP*), în alcătuirea unui sistem de alimentare în topologie $(n+1)$, pentru un regim special de funcționare.

*Autorul lucrării revendică așteptările dezvăluite ca **elemente de noutate și funcționalități unice**, cu rolul de **contribuții** privind dezvoltarea sistemelor de încărcare și alimentare ale autovehiculelor cu propulsie electrică sau hibridă, în ceea ce privește activitatea științifică desfășurată, în domeniul ingineriei electrice.*

CAPITOLUL 4

CONTRIBUȚII PRIVIND DEZVOLTAREA POSIBILITĂȚILOR DE MONITORIZARE ȘI DIAGNOZĂ A PROCESULUI DE ÎNCĂRCARE ȘI ALIMENTARE

În acest capitol al lucrării sunt prezentate contribuții privind dezvoltarea acționărilor automate în procese autonome legate de sistemele de încărcare și alimentare, respectiv soluții ce se referă la sesizarea rezistivă a curentului și prelungirea pentru diagnoza sistemelor de încărcare conductivă, prin reglementarea unor mijloace suplimentare prin care pot fi susținute sistemele de încărcare și/sau alimentare ale autovehiculelor cu propulsie electrică sau hibridă.

4.1. SENZOR REZISTIV DE CURENT

Soluția se referă la un senzor rezistiv de curent, realizat în baza comportamentului fluidului feromagnetic (ferofluidului) în câmp electromagnetic, în vederea determinării valorii curentului electric transferat printr-un conductor electric pe care este atașat [404], [405].

În scopul realizării unui senzor de curent este cunoscută o soluție (US10247759B2) care constă, în principal, în implicarea unor senzori magnetici, dispuși în apropierea conductorului străbătut de curent, elemente ce funcționează în baza câmpului electromagnetic generat de intensitatea curentului ce străbate conductorul respectiv [404], [405], [406].

Dezavantajele soluției descrise constau din aceea că, complexitatea constructivă o face vulnerabilă la interferența provocată de câmpul electromagnetic, ce poate exista și fluctua între senzorii magnetici plasați în proximitatea elementelor conductoare [404], [405], [406].

Soluția rezolvă, în principal, problema tehnică prin faptul că, implică un instrument potrivit ce sesizează curentul datorită proprietăților magnetice ale fluidului feromagnetic (ferofluidului), în măsurarea curentului electric ce parcurge un conductor electric [404], [405].

Senzorul rezistiv de curent, conform soluției, înlătură dezavantajele prezentate prin aceea că este constituit, în principal, dintr-un tub montat pe conductorul electric implicat, ce conține în interior fluid feromagnetic (ferofluid), a cărui deplasare este proporțională cu valoarea curentului parcurs prin conductor [404], [405].

4.2. DISPOZITIV PRELUNGITOR PENTRU DIAGNOZA SISTEMELOR DE ÎNCĂRCARE CONDUCTIVĂ

Soluția se referă la un dispozitiv prelungitor pentru diagnoza sistemelor de încărcare conductivă în timpul procesului de încărcare al autovehiculelor cu propulsie electrică sau hibridă, potrivit ca accesoriu universal la diferite echipamente și/sau sisteme pentru achiziția de date și/sau diagnoză [407], [408], [409].

În scopul diagnozei sistemelor de încărcare conductivă în timpul procesului de încărcare al autovehiculelor cu propulsie electrică sau hibridă, este cunoscută o soluție (WO2012078921A3) care constă, în principal, în implicarea unui cablu prelungitor potrivit ca accesoriu dedicat la un echipament și/sau sistem specific în diagnoza și testarea sistemelor de încărcare conductivă al autovehiculelor cu propulsie electrică sau hibridă [407], [408], [409], [410].

Dezavantajele soluției descrise constau din aceea că, aceasta nu este convenabilă datorită caracteristicilor elementelor din care este alcătuită, fapt pentru care poate fi utilizată doar în prelungirea sistemelor de încărcare conductivă simple (în curent continuu), atât pentru că este compatibilă doar cu un echipament și/sau sistem specific și doar pentru diagnoză și testare, dar și pentru că nu este utilizabilă în absența acestora, deoarece nu dispune de o interfață universală pentru achiziția de date, dar și pentru cazul lipsei unei surse de energie electrică, în timp ce necesită strict un operator uman în operarea ansamblului pentru interblocarea (blocarea/deblocarea) a fișei de ieșire în portul de încărcare, printr-o pârghie și/sau buton de eliberare, aspect ce îngreunează acțiunea de prelungire [407], [408], [409], [410].

În scopul prelungirii sistemelor de încărcare conductivă, este cunoscută o soluție (EP2990255A1) care constă, în principal, dintr-o metodă pentru încărcare și un dispozitiv de încărcare unificate în forma unui încărcător portabil cu elemente modulare caracterizate de cabluri prelungitoare prevăzute cu conectori (fișe și porturi) de construcție specifică [407], [408], [409], [411].

Dezavantajele soluției descrise constau din aceea că, chiar dacă implică o metodă pentru încărcare pentru operarea unui dispozitiv de încărcare, inclusiv pentru diagnoza și gestionarea regimurilor de funcționare defectuoase, nici metoda și nici dispozitivul nu sunt destinate achiziției de date și/sau diagnozei în conexiune cu un alt echipament și/sau sistem, care să obțină semnale electrice brute pentru înregistrare și procesare suplimentară în identificarea de defecte printr-o strategie independentă implementată separat, ca și analiza spectrală posibilă prin intermediul unui analizor de spectru [407], [408], [409], [411].

Soluția rezolvă, în principal, problema tehnică prin faptul că, folosește o soluție potrivită ce îi permite să fie atașată pentru achiziția de date și/sau diagnoza facilă în prelungirea oricărui sistem de încărcare conductivă (în curent alternativ și/sau în curent continuu), deoarece reprezintă o sondă potrivită indiferent de echipamentul și/sau sistemul cu care ar putea fi interfațată, dispune de o sursă electrică incorporabilă și borne universale, fără să necesite strict un operator uman pentru interblocarea (blocarea/deblocarea) fișei de ieșire în portul de încărcare, fapt ce înlesnește acțiunea de prelungire [407], [408], [409].

Dispozitivul prelungitor pentru diagnoza sistemelor de încărcare conductivă, conform soluției, înlătură dezavantajele și problemele prezentate, prin aceea că presupune, în principal, un dispozitiv a cărui corp are o construcție unitară, atașabil între fișa de încărcare a oricărui sistem de încărcare conductivă (în curent alternativ și/sau curent continuu) și portul de încărcare aferent al unui autovehicul cu propulsie electrică sau hibridă care este încărcat prin intermediul ansamblului, după operare manuală și/sau automatizată (asistată și/sau autonomă) [407], [408], [409].

Acesta permite accesul electric la sistemul de încărcare, deoarece dispune de borne universale, la care poate fi conectat fără limitare oricare echipament și/sau sistem pentru achiziția de date și/sau diagnoză, în timp ce dispozitivul constituie un accesoriu compact pentru obținerea semnalelor electrice brute aferente parametrilor electrici de interes (tensiuni electrice, curenți electrice și semnale electrice de comunicație), care poate fi alimentat de la o sursă electrică externă sau de o sursă electrică incorporabilă [407], [408], [409].

4.3. INSTRUMENT PENTRU EXTINDEREA POSIBILITĂȚILOR DE MONITORIZARE ȘI DIAGNOZĂ A SISTEMELOR DE ÎNCĂRCARE CONDUCTIVĂ

În continuare este prezentată o aplicație dezvoltată care, în combinație cu echipamente sau sisteme dedicate și inovatoare pentru achiziția de date, oferă posibilități extinse pentru monitorizarea și diagnoza sistemelor de încărcare conductivă, în curent alternativ (trifazat), pentru autovehiculele cu propulsie electrică sau hibridă, ce constituie o formă facilă, productivă și atrăgătoare pentru educarea, formarea și activitatea studenților, personalului specializat sau cercetătorilor [152].

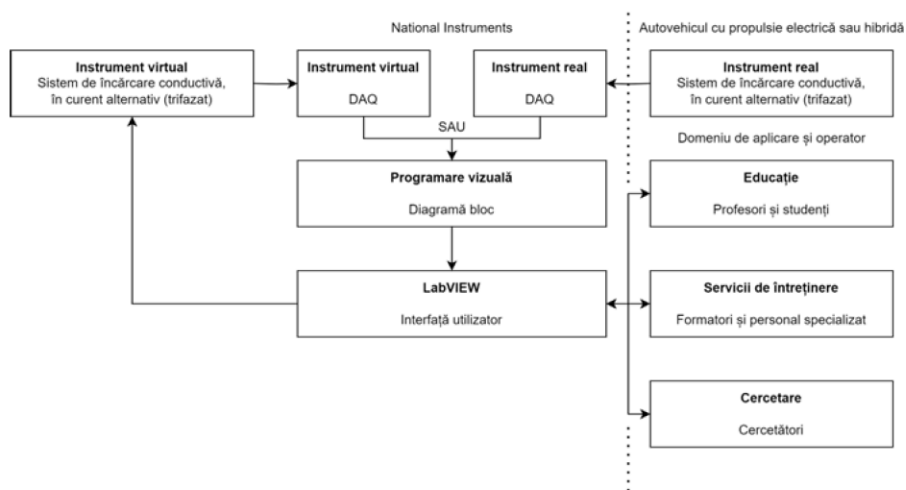


Fig. 4.3.1. Diagramă generală a aplicației în forma unui instrument virtual [152].

Așa cum se arată în diagrama generală din Fig. 4.3.1, aplicația dezvoltată este capabilă, atât de o simulare apropiată de realitate a unui sistem de încărcare conductivă virtual, în curent alternativ (trifazat), care este controlat în timp real printr-o interfață intuitivă pentru utilizator, în legătură cu o diagramă bloc programată vizual, cât și de o monitorizare în timp real a unui sistem de încărcare conductivă real, în curent alternativ (trifazat) [152].

Având în vedere aceste aspect, în continuare este prezentată fiecare parte a interfeței de utilizator și diagramei bloc corespondente, concepute în sinergie, pentru aplicarea considerațiilor tehnice amintite, cu privire la simularea și lucrul cu sistemele de încărcare conductivă, în curent alternativ (trifazat), precum și la prelucrarea semnalelor electrice achiziționate, în legătură cu parametrii electrici relevanți, ceea ce implică, de asemenea, un echipament sau sistem pentru achiziția de date (sau DAQ) dedicat, potrivit pentru monitorizarea calității energiei electrice [152].

Acest ansamblu este potrivit studierea și diagnosticarea sistemelor de încărcare conductivă ale autovehiculelor cu propulsie electrică sau hibridă, indiferent de capacitatea de încărcare (încărcare lentă sau rapidă) sau de frecvența (50 Hz sau 60 Hz) a acestora [152].

4.3.1. Instrument pentru simularea unui sistem de încărcare conductivă, în curent alternativ (trifazat)

Compunerea unui instrument pentru simulare, referitor la calitatea energiei electrice, se bazează pe considerațiile teoretice descrise de [Anexa 11](#) și pe implementarea acestora în instrumentul software *LabVIEW*, așa cum este dezvoltat în Fig. 4.3.1.1 și Fig. 4.3.1.2, în conexiune cu [Anexa 12](#) și [Anexa 13](#) [152], [412], [413].

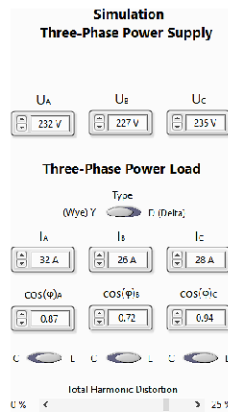


Fig. 4.3.1.1. Panou de simulare pentru un sistem de încărcare conductivă în curent alternativ (trifazat), format dintr-o sursă electrică trifazată și o sarcină electrică trifazată (*LabVIEW*) [152], [[Anexa 12](#)].

4.3.2. Instrument pentru monitorizarea și diagnoza unui sistem de încărcare conductivă, în curent alternativ (trifazat)

Compunerea unui instrument de monitorizare și diagnoză, referitor la calitatea energiei electrice, se bazează pe considerațiile teoretice descrise de [Anexa 11](#) și pe implementarea acestora în instrumentul software *LabVIEW*, așa cum este dezvoltat în Fig. 4.3.2.1 și Fig. 4.3.2.2, în conexiune cu [Anexa 12](#) și [Anexa 13](#) [152], [412], [413].

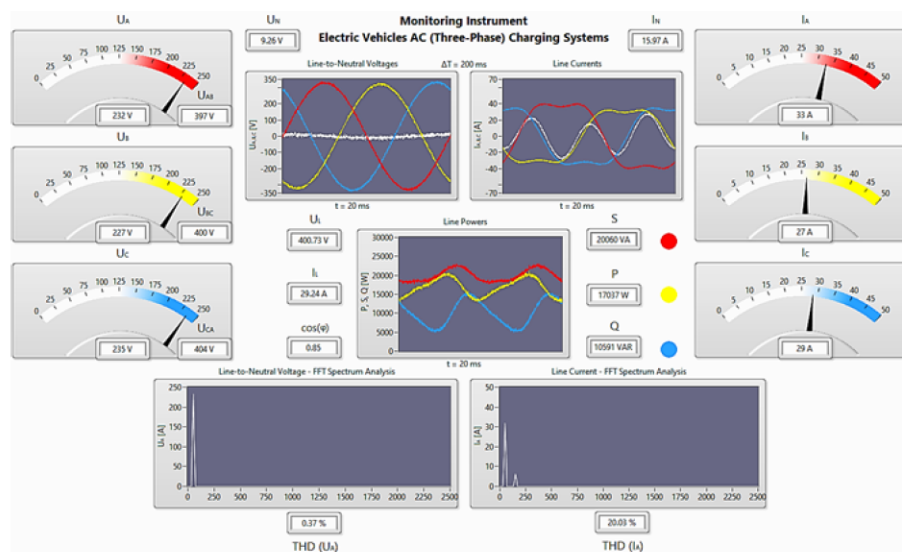


Fig. 4.3.2.1. Panou de control al instrumentului pentru extinderea posibilităților de monitorizare și diagnoză a sistemelor de încărcare conductivă, în curent alternativ (trifazat) (*LabVIEW*) [152], [[Anexa 12](#)].

4.4. AȘTEPTĂRI

Soluția 4.1 reglementează următoarele alternative destinate sesizării rezistive a curentului:

- a. Mijloc pentru sesizarea rezistivă a curentului, printr-un senzor de măsură analogic, cu capacitate de filtrare a semnalului electric.

Soluția 4.2 reglementează următoarele alternative destinate prelungirii pentru diagnoza sistemelor de încărcare conductivă:

- a. Mijloc pentru diagnoza sistemelor de încărcare conductivă, printr-un dispozitiv de prelungire al acestora și funcționalitate de monitorizare, prin achiziția de date referitoare la manifestarea parametrilor electrici relevanți.

Soluția 4.3 reglementează următoarele alternative destinate extinderii posibilităților de dezvoltare a sistemelor de încărcare conductivă [Anexa 12]:

- a. Mijloc pentru educația asupra comportamentelor sistemelor de încărcare conductivă, printr-un instrument de extindere a posibilităților, prin generarea de date referitoare la manifestarea parametrilor electrici relevanți, pentru diferite regimuri de funcționare;
- b. Mijloc pentru monitorizarea și diagnoza sistemelor de încărcare conductivă, printr-un instrument de extindere a posibilităților, prin procesarea de date referitoare la dinamica de evoluție în domeniile timp și frecvență a parametrilor electrici relevanți, în diferite regimuri de funcționare;
- c. Mijloc pentru cercetarea asupra comportamentelor sistemelor de încărcare conductivă, printr-un instrument de extindere a posibilităților, prin dezvoltarea și utilizarea de amprente spectrale referitoare la conținutul de armonici a parametrilor electrici relevanți, la diferite regimuri de funcționare.

*Autorul lucrării revendică așteptările dezvoltate ca **elemente de noutate** și **funcționalități unice**, cu rolul de **contribuții** privind dezvoltarea posibilităților de monitorizare și diagnoză a procesului de încărcare și alimentare, în ceea ce privește activitatea științifică desfășurată, în domeniul ingineriei electrice.*

CAPITOLUL 5

CONTRIBUȚII PRIVIND DEZVOLTAREA ACȚIONĂRILOR AUTOMATE ÎN PROCESE AUTONOME LEGATE DE SISTEMELE DE ÎNCĂRCARE ȘI ALIMENTARE

În acest capitol al lucrării sunt prezentate contribuții privind dezvoltarea acționărilor automate în procese autonome legate de sistemele de încărcare și alimentare, respectiv soluții ce se referă la acționarea arcurilor din materiale cu memorie a formei, încălzirea solară pentru menținerea încărcării bateriilor și siguranța prizelor, prin reglementarea unor instrumente suplimentare prin care pot fi completate sistemele de încărcare și/sau alimentare ale autovehiculelor cu propulsie electrică sau hibridă.

5.1. METODĂ PENTRU ACȚIONAREA ARCURILOR DIN MATERIALE CU MEMORIE A FORMEI

Soluția se referă la o metodă pentru acționarea a arcurilor din materiale cu memorie a formei, care să îmbunătățească reacția actuatorilor speciale, prin alimentare electrică controlată, caracterizată de o secvență de acționare specifică, ce oferă performanțe distincte [504], [505].

În scopul acționării arcurilor din materiale cu memorie a formei, sunt cunoscute mai multe soluții (US7637105B2, CN113484969B, CN113534395B) care constau, în principal, din metode de acționare diferite, ce presupun sisteme electrice și/sau electronice cu destinație specifică pentru implementarea acestora, prin intermediul unor contacte electrice și/sau componente electronice, a căror control și/sau comandă să mențină o alimentare electrică, respectiv o temperatură controlată a actuatorilor pe care le compun [504], [505], [506], [507], [508].

Dezavantajele soluțiilor descrise constau din aceea că, presupun metode de acționare care să alimenteze cu energie electrică arcuri din materiale cu memorie a formei, pentru menținerea controlată a temperaturii, doar prin efectul termic al curentului electric, iar acest aspect conduce la o încălzire inadmisibilă ori necontrolată cu precizie în timp, factori ce degradează și/sau distrug materialul ori proprietățile acestuia [504], [505], [506], [507], [508].

Soluția rezolvă, în principal, problema tehnică prin faptul că, permite concentrarea controlată a unei cantități mai mari de energie, de formă combinată (temperatură și forță electromagnetică), asupra arcurilor din materiale cu memorie a formei, astfel încât să modeleze un răspuns îmbunătățit a deplasării mecanice în timp, în momentul acționării actuatorilor pe care le alcătuiesc [504], [505].

Metoda pentru acționarea arcurilor din materiale cu memorie a formei, conform soluției, înlătură dezavantajele și problemele prezentate, prin aceea că presupune, în principal, o secvență de alimentare electrică distinctivă, în trei etape de acționare, implementabilă și parametrizabilă, ce poate fi modelată, integrată, ajustată și generată de sisteme electronice programabile, în funcție de necesități, astfel încât să provoace o reacție cu viteză și forță suplimentară, atât prin efect termic, cât și prin efect electromagnetic, dezvoltate concomitent asupra spirelor arcurilor de acționare din cadrul unui actuator [504], [505].

5.2. SISTEM SOLAR DE ÎNCĂLZIRE PENTRU MENȚINEREA ÎNCĂRCĂRII BATERIILOR

Soluția se referă la un sistem solar de încălzire, integrabil în structura constructivă a unui autovehicul, destinat menținerii temperaturii și/sau nivelului de încărcare a bateriilor de care dispune, astfel încât fenomenul este controlat prin forma constructivă specifică ce facilitează conversia energiei solare, atât în energie termică, cât și în energie electrică și prin implicarea unor actuatore termo-mecanice cu acționare autonomă, potrivite în reglarea automată a acestui proces [509], [510], [511].

În scopul exploatării energiei solare pentru încălzirea și/sau încărcarea bateriilor, sunt cunoscute mai multe soluții (CN101877364B, CN204368101U, CN108417909A) care constau, în principal, dintr-un ansamblu de componente, dispozitive și/sau echipamente de captare a energiei solare și transformare, în energie termică și/sau energie electrică, astfel încât sunt utilizate prin conversie, în asigurarea unei temperaturi optime, sau după caz, a unui nivel de încărcare stabil a elementelor de stocare a energiei electrice, ce se pot descărca, degrada și/sau distruge dacă sunt supuse la temperaturi ambientale scăzute [509], [510], [511], [512], [513], [514].

Dezavantajele soluțiilor descrise constau din aceea că, ansamblele de componente, dispozitive și/sau echipamente utilizate pentru captarea și valorificarea energiei solare compun sisteme hibride complexe în conexiune cu alte surse de energie epuizabilă, constituie din combinații neconvenabile între sisteme termice și/sau sisteme electrice, ce transferă energia termică prin conducte termice dedicate, iar energia electrică este disipată pe rezistențe electrice dedicate, sau după caz, utilizată pentru alimentarea suplimentară cu energie electrică [509], [510], [511], [512], [513], [514].

În ceea ce privește capacitatea de încălzire a elementelor de stocare a energiei electrice, procesul este precar și inefficient la extremitățile acestora, iar din aceste motive necesită o strategie de control complexă, capabilă să gestioneze, fluxul de energie termică și/sau energie electrică între toate elementele componente [509], [510], [511], [512], [513], [514].

În scopul răcirii bateriilor, este cunoscută o soluție (*Toyota Prius*) care constă, în principal, în ventilația forțată cu aer rece, ce poate fi utilizată în aceeași formă pentru încălzirea și menținerea încărcării bateriilor [515].

Dezavantajul soluției descrise constă din aceea că, aceasta nu dispune de o sursă de aer cald convenabilă pentru a încălzi și menține încărcarea bateriilor în mod sustenabil [515].

Soluția rezolvă, în principal, problema tehnică prin faptul că, folosește un ansamblu specific de componente ce compun un sistem potrivit și convenabil, care utilizează o sursă de energie inepuizabilă (energia solară), pentru menținerea inteligentă a temperaturii și/sau nivelului de încărcare a bateriilor unui autovehicul, sistem ce transferă energie termică acumulată în aer cald, utilizat pentru încălzire și care produce energie electrică, utilizată pentru alimentare proprie și/sau pentru încărcare externă [509], [510], [511].

În ceea ce privește capacitatea de încălzire a elementelor de stocare a energiei electrice, aceasta este consolidată și eficientizată, pentru că protejează și extremitățile acestora, iar strategia de control de care dispune este potrivită, prin aceea că în funcționare sistemul este acționat autonom și procesul este reglat automat [509], [510], [511].

Sistemul solar de încălzire pentru menținerea încărcării bateriilor, conform soluției, înlătură dezavantajele și problemele prezentate, prin aceea că presupune, în principal, o variantă constructivă particulară de panou solar hibrid (termic și fotovoltaic), integrabil în plafonul unui autovehicul pentru împiedicarea descărcării, degradării și/sau distrugerii elementelor de stocare a energiei electrice de care dispune, astfel încât le protejează împotriva riscului expunerii la temperaturi scăzute, deoarece transformă radiația solară în energie termică (aer cald) și energie electrică [509], [510], [511].

Acesta dispune de un acumulator de energie termică și un generator de energie electrică, alături de mecanisme realizate din material inteligent, de natură metalică (aliaj nichel-titan [NiTi], numit nitinol), cu proprietatea de memorie a formei, ce sunt acționate autonom și care reglează automat, în funcție de temperatura interioară a sistemului și temperatura exterioară a mediului ambiant, fluxul de aer cald către elementele vulnerabile ce sunt menținute în condiții optime prin convecție termică controlată și alimentare electrică continuă, fără să fie utilizate surse de energie epuizabile [509], [510], [511].

5.3. SISTEM DE SIGURANȚĂ PENTRU PRIZĂ

Soluția se referă la un sistem de siguranță pentru priză, destinat protecției la supraîncălzire a bornelor fișei de alimentare, în cazul unui contact slab între aceasta și bornele prizei pentru alimentarea cu energie electrică a unui consumator electric [516], [517], [518].

În scopul realizării unor sisteme de siguranță pentru priză, este cunoscută o soluție (ISBN: 973-632-093-6) care constă, în principal, din utilizarea unui sistem cu două lamele ce asigură contactul ferm dintre bornele fișei de alimentare și priză [516], [517], [518], [519].

Dezavantajele soluției sunt legate de faptul că odată cu creșterea uzurii și/sau temperaturii, datorată intensității ridicate a curentului electric la nivelul contactului, fermitatea contactului dintre sistemul de lamele și bornele fișei de alimentare scade, fapt ce conduce la creșterea rezistenței de contact în cadrul circuitului electric [516], [517], [518], [519].

Soluția rezolvă, în principal, problema tehnică prin faptul că, folosește elemente de siguranță ce facilitează protecția la supraîncălzire a bornelor fișei de alimentare, prin creșterea forței de contact, datorită unui sistem constituit din două arcuri de acționare, ce asigură fermitatea contactului [516], [517], [518].

Sistemul de siguranță pentru priză, conform soluției, înlătură dezavantajele prezentate prin aceea că este constituit, în principal, dintr-un sistem de arcuri de acționare realizate din material inteligent, de natură metalică (aliaj nichel-titan [NiTi], numit nitinol), cu proprietatea de memorie a formei, a căror răspuns la creșterea temperaturii determină la o comprimare a acestora, fapt ce asigură o creștere a forței de contact, respectiv un contact ferm cu bornele cuplajului [516], [517], [518].

5.4. AȘTEPTĂRI

Soluția 5.1 reglementează următoarele aspecte în privința acționării arcurilor din materiale cu memorie a formei:

- a. Capacitate de automatizare și control a procesului de acționare a arcurilor din materiale cu memorie a formei, fapt pentru care se apreciază că, soluția poate reduce durata de acționare și timpul de reacție al actuatorilor, cu până la aprox. 35% – 60%.

Soluția 5.2 reglementează următoarele aspecte în privința încălzirii solare pentru menținerea încărcării bateriilor:

- a. Capacitate fotovoltaică automatizată prin procese autonome, generatoare de energie electrică către circuitul de încărcare electrică a bateriilor de care dispune autovehiculul (destinație principală), respectiv circuitul de alimentare cu energie electrică a consumatorilor interni și/sau externi (destinație secundară), fapt pentru care se apreciază că, soluția poate reduce necesarul de energie electrică pentru încărcarea bateriilor cu până la aprox. 7,5% – 12,5%;
- b. Capacitate termică automatizată prin procese autonome, generatoare de energie termică către bateriile de care dispune autovehiculul (destinație principală), respectiv către circuitul de climatizare a habitaculului (destinație secundară), fapt pentru care se apreciază că, soluția poate reduce pierderile suplimentare de auto-descărcare a bateriilor, datorate condițiilor de temperatură scăzută, cu până la aprox. 60% – 80%, respectiv poate reduce consumul de energie pentru încălzirea habitaculului, cu până la aprox. 15% – 30%;
- c. Capacitate fotovoltaică și termică combinată, automatizată prin procese autonome, generatoare de energie electrică și energie termică, cu destinație specială, fapt pentru care se apreciază că, soluția poate reduce necesarul mediu anual de energie electrică pentru încărcarea bateriilor cu până la aprox. 12,5% – 17,5%, pentru un grad de integrare de cel puțin aprox. 75% în plafonul autovehiculului, în funcție de disponibilitatea radiației solare și a stării termice a mediului intern și extern (în condițiile sezonelor reci).

Soluția 5.3 reglementează următoarele aspecte în privința siguranței prizelor:

- a. Capacitate de protecție automată și autonomă, în alimentarea sigură a consumatorilor electrici externi de la priză, fapt pentru care se apreciază că, soluția poate reduce rezistivitatea contactelor electrice implicate și pierderile de putere electrică transferată în regiunea acestora, cu până la aprox. 25% – 50%.

Aceste aprecieri sunt susținute prin raționamentul oferit de cunoașterea comună asupra noțiunilor de energie electrică și energie termică.

*Autorul lucrării revendică așteptările dezvăluite ca **elemente de noutate și funcționalități unice**, cu rolul de **contribuții** privind dezvoltarea acționărilor automate în procese autonome legate de sistemele de încărcare și alimentare, în ceea ce privește activitatea științifică desfășurată, în domeniul ingineriei electrice.*

CAPITOLUL 6

CONTRIBUȚII PRIVIND DEZVOLTAREA ARHITECTURII SISTEMELOR ELECTRICE IMPLICATE ÎN PROCESUL DE ÎNCĂRCARE ȘI ALIMENTARE

În acest capitol al lucrării sunt prezentate contribuții privind dezvoltarea arhitecturii sistemelor electrice implicate în procesul de încărcare și alimentare, respectiv soluții ce se referă la controlul programat al sistemelor de încărcare conductivă, limitarea curbei de sarcină și alimentarea consumatorilor electrice izolați, prin reglementarea unor căi suplimentare prin care pot fi exploatate sistemele de încărcare și/sau alimentare ale autovehiculelor cu propulsie electrică sau hibridă.

6.1. METODĂ ȘI SISTEM PENTRU CONTROLUL PROGRAMAT AL SISTEMELOR DE ÎNCĂRCARE CONDUCTIVĂ

Soluția se referă la o metodă pentru controlul programat al sistemelor de încărcare conductivă pentru autovehicule cu propulsie electrică, care presupune un sistem de comunicație specific, ce îi adaptează funcționarea pentru a asigura implementarea metodei [604], [605].

În scopul controlului programat al sistemelor de încărcare conductivă, sunt cunoscute mai multe soluții (US2014266004A1, KR101471617B1, CN213292049U) care constau, în principal, din metode și sisteme ce permit controlul programat al procesului de încărcare al autovehiculelor cu propulsie electrică, care monitorizează și procesează date relevante cu ajutorul unor sisteme client-server, iar apoi stabilesc în mod dinamic decizii, impuse în vederea optimizării întregului proces de încărcare electrică, după ce sunt emise diferite comenzi privind derularea lui, transferate prin canale de comunicație prin fir [604], [605], [606], [607], [608].

Dezavantajele soluțiilor descrise constau din aceea că, metodele și sistemele existente presupun controlul direct (prin fir) al fiecărui sistem de încărcare conductivă, fapt ce implică arhitecturi rigide, care nu sunt compatibile cu o varietate largă de autovehicule cu propulsie electrică și/sau sisteme de încărcare conductivă, deoarece se adresează autovehiculelor neautonome (cu șofer) și sistemelor de încărcare neautonome (cu operator uman), în legătură cu procese de încărcare electrică limitate, doar în curent alternativ, iar pe de altă parte nu dispun de o alternativă suficient de facilă și flexibilă pentru a se putea alinia cu progresul tehnologic [604], [605], [606], [607], [608].

Soluția rezolvă, în principal, problema tehnică prin faptul că, permite controlul indirect (fără fir) al fiecărui sistem de încărcare conductivă printr-un sistem de comunicație specific, ce prezintă o proprietate unificatoare, prin care este facilitat controlul programat al procesului de încărcare la o varietate largă de autovehicule cu propulsie electrică și/sau sisteme de încărcare conductivă, pentru că reprezintă o alternativă flexibilă și adaptată, astfel încât se aliniază cu tehnologiile dezvoltate în domeniu [604], [605].

Metoda și sistemul pentru controlul programat al sistemelor de încărcare conductivă, conform soluției, înlătură dezavantajele și problemele prezentate, prin aceea că presupune, în principal, un sistem de comunicație specific, conceput pentru a adapta arhitectura sistemelor de încărcare conductivă de care dispun autovehiculele cu propulsie electrică, la alte metode și/sau sisteme compatibile, cu potențialul de a fi implicate în controlul programat al procesului de încărcare electrică [604], [605].

Acestea introduc capacitatea ca un alt element implicat să poată impune comenzi privind modul în care un autovehicul cu propulsie electrică își gestionează procesul de

încărcare, fie direct (după instrucțiunile proprii), fie indirect (după alte instrucțiuni telecomandate din exteriorul său) [604], [605].

Așadar, autovehiculul devine un mijloc pentru transportul de instrucțiuni de la o sursă existentă, spre sistemul de încărcare conductivă destinat, la fel ca un mediu de stocare mobil [604], [605].

6.2. METODĂ ȘI SISTEM PENTRU LIMITAREA CURBEI DE SARCINĂ

Soluția se referă la o metodă pentru limitarea curbei de sarcină determinată de puterea electrică absorbită de către consumatorii electrici racordați la orice rețea electrică, alimentați prin intermediul surselor electrice de care dispun, în conexiune cu un sistem de comunicație și reglaj specific ce asigură implementarea metodei, în cadrul oricărui sistem de alimentare cu energie electrică [609].

În scopul limitării curbei de sarcină corespunzătoare consumului de energie electrică, sunt cunoscute mai multe soluții (CA2405812C, US9660458B2, EP3002848B1) care constau, în principal, din metode și/sau sisteme specifice ce urmăresc parametrii electrici (ex. tensiune electrică, curent electric, frecvență, etc.) caracteristici energiei electrice produse, transportate și distribuite, respectiv puterii electrice absorbite de către consumatorii electrici finali, în funcție de care sunt adoptate deciziile în ceea ce privește sporirea disponibilității și/sau limitarea consumului de energie electrică în sistemul energetic [609], [610], [611], [612].

Dezavantajele soluțiilor descrise constau din aceea că, implică metode și/sau sisteme care sunt greu de implementat, nu sunt flexibile la modificarea configurației și presupun o compatibilitate scăzută față de consumatorii electrici, pentru care administrează producția, consumul și/sau calea de transport a energiei în sistemul energetic, în funcție de gradul de solicitare electrică al acestuia, respectiv de puterea electrică transferată, astfel încât soluțiile existente afectează alimentarea cu energie electrică a consumatorilor mici sau neesențiali (ex. consumatori electrici casnici, iluminat electric, etc.), în favoarea consumatorilor mari sau esențiali (ex. consumatori electrici industriali, facilități critice, etc.) [609], [610], [611], [612].

Așadar, în situația deconectării acestora, consumatorii electrici afectați sunt izolați și nu pot fi alimentați, măcar parțial din aceeași rețea electrică, atât timp cât curba de sarcină tinde către o formă alarmantă, ce semnaleză un pericol pentru capacitatea de a asigura calitatea energiei electrice sau funcționarea echilibrată a sistemului energetic [609], [610], [611], [612].

Soluția rezolvă, în principal, problema tehnică provocată de contextul datorită căruia, este anticipată o creștere semnificativă a consumatorilor electrici însemnați și a consumatorilor electrici ajustabili (ex. autovehicule cu propulsie electrică sau hibridă), ce dispun de surse electrice controlabile (ex. sisteme de încărcare și/sau alimentare), de putere electrică considerabilă, concomitent cu expansiunea mobilității electrice și în contrast cu incapacitatea de a spori suficient facilitățile de producție, transport și distribuție a energiei electrice (ex. generatoare electrice, acumulatori electrici, transformatoare electrice, linii electrice și/sau puncte de alimentare cu energie electrică, etc.), printr-o metodă și un sistem de gestiune energetică [609].

Totodată, soluția permite alimentarea concomitentă cu energie a tuturor consumatorilor electrici și prin care să se evite acțiunea de conectare/deconectare selectivă a acestora în trepte, respectiv care să impună funcționarea la putere electrică modificată a acelor surse electrice controlabile utilizate în alimentarea acelor consumatori electrici ajustabili, proporțional cu gradul de solicitare electrică, atât în cadrul unei rețele electrice individuale, pe care o protejează, cât și în ansamblul unui sistem de alimentare cu energie electrică, pe care îl armonizează, după caz, în condiții de utilitate, productivitate și/sau randament ridicat, în situații de deficit energetic [609].

Metoda și sistemul pentru limitarea curbei de sarcină, conform soluției, înlătură dezavantajele și problemele prezentate, prin aceea că presupune, în principal, o metodă pentru control și/sau comandă universală, ușor de implementat prin adoptarea unui sistem de comunicație și reglaj specific în conexiune cu sursele electrice controlabile (ex. sisteme de

încărcare și/sau alimentare) cu care sunt echipați și/sau prin care sunt alimentați în mod flexibil consumatorii electrici ajustabili (ex. autovehicule cu propulsie electrică sau hibridă), conexiuni concomitent la o facilitate energetică de capacitate limitată [609].

Acestea limitează sau reglează unul sau mai mulți parametri electrici (ex. tensiune electrică, curent electric, etc.) și/sau parametri de funcționare (ex. viteză maximă, accelerație maximă, etc.), după caz, cu impact asupra modificării puterii electrice absorbite de către una sau mai multe categorii de consumatori electrici, alimentați din unul dintre circuitele electrice interconectate într-un sistem electric de distribuție, ce riscă să fie solicitate peste capacitatea lor maximă, respectiv asupra strategiei de control și/sau comandă compatibilă, a fiecărei surse electrice controlabile [609].

Așadar, procesul de alimentare este reglementat prin intermediul unui canal de comunicație comun și existent (conductoare electrice pentru alimentare cu energie), în vederea limitării curbei de sarcină, determinată de cantitatea de energie electrică transferată către sursele electrice controlabile, respectiv consumată de către consumatorii electrici ajustabili, după caz, în cadrul unor părți ale rețelelor electrice și/sau în cadrul ansamblului unui sistem de alimentare cu energie electrică [609].

6.3. METODĂ ȘI SISTEM PENTRU ALIMENTAREA CONSUMATORILOR ELECTRICI IZOLAȚI

Soluția se referă la o metodă pentru alimentarea consumatorilor electrici izolați, separați și/sau nealimentați din alte surse de energie electrică, care are la bază arhitectura sistemului electric de încărcare și/sau alimentare hibrid al unui autovehicul cu propulsie electrică, la care se adaugă un sistem de comutare-conversie bidirecțional, ce asigură implementarea metodei [613], [614].

În scopul alimentării unor consumatori electrici izolați, sunt cunoscute mai multe soluții (CN205078343U, US7339286B1, JP3163760U) care constau, în principal, în utilizarea unor generatoare locale de energie electrică ce implică motoare termice și/sau forța vântului și/sau radiația solară [613], [614], [615], [616], [617].

Dezavantajele soluțiilor descrise constau din aceea că, există posibilitatea ca sursele și generatoarele de energie electrică ce alimentează consumatorii electrici izolați să-și întrerupă funcționarea datorită defecțiunilor, a factorilor meteorologici nepotriviti (lipsa vântului, cer înnorat, furtună, ceață, chiciură, grindină, zăpadă, viscol, etc.) sau a calamităților [613], [614], [615], [616], [617].

În scopul funcționării unui autovehicul cu propulsie electrică, este cunoscută o soluție (*Mercedes-Benz GLC F-Cell*) care constă, în principal, în utilizarea unui sistem de încărcare și/sau alimentare hibrid, cu capacitate de conectare electrică și cu pilă de combustie, care folosește drept sursă de energie în alimentarea motorului pentru propulsia electrică a autovehiculului, atât energie electrică, cât și combustibil lichid (hidrogen [H₂]) [613], [614], [618].

Dezavantajele soluției descrise constau din aceea că, nu există posibilitatea ca energia stocată și/sau produsă la nivelul unui autovehicul cu propulsie electrică și sistem de încărcare și/sau alimentare hibrid, să poată fi descărcată și utilizată pentru alimentarea unor consumatori electrici externi, de puteri variabile, deoarece autovehiculul nu poate fi exploatat selectiv, și ca sursă de energie electrică mobilă, respectiv, și ca generator electric mobil, pentru a alimenta consumatori electrici externi, izolați și variați, de la portul său de încărcare/descărcare electrică [613], [614], [618].

Soluția rezolvă, în principal, problema tehnică provocată de contextul datorită căruia, alimentarea consumatorilor electrici izolați este neglijată și pentru care funcționalitățile și posibilitățile de exploatare a unui autovehicul cu propulsie electrică și sistem de încărcare și/sau alimentare hibrid, cu capacitate de conectare electrică și cu pilă de combustie sunt limitate, prin aceea că constă în transformarea acestuia, atât într-o sursă de energie electrică mobilă, cât și într-un generator electric mobil [613], [614].

Metoda și sistemul pentru alimentarea consumatorilor electrici izolați, conform soluției, înlătură dezavantajele și problemele prezentate, prin aceea că presupune, în principal, introducerea capacității de selectivitate a surselor și căilor de distribuție a energiei electrice în interiorul arhitecturii unui autovehicul cu propulsie electrică și sistem de încărcare și/sau alimentare hibrid, cu capacitate de conectare electrică și cu pilă de combustie, printr-un sistem de comutare-conversie bidirecțional, astfel încât acesta să fie capabil să descarce energie electrică (stocată în bateria reîncărcabilă și/sau produsă de către pila de combustie) spre exteriorul acestuia, către consumatori electrici izolați (neracordați la rețeaua de alimentare cu energie electrică), separați de alte surse de energie electrică și/sau nealimentați [613], [614].

6.4. AȘTEPTĂRI

Soluția 6.1 reglementează următoarele căi pentru controlul programat al sistemelor de încărcare conductivă:

- a. Autovehicul cu propulsie electrică și sistem de încărcare conductivă, în regim de unitate telecomandată pentru stocare temporară de date (1. Transmițător (Emițător) » 2. Transmițător (Receptor) » 3. Unitate de control electronică (Memorie) » 4. Unitate de control electronică (Procesor) » 5. Port » 6. Sistem de încărcare).

Soluția 6.2 reglementează următoarele căi pentru limitarea curbei de sarcină [Anexa 15], [Anexa 16]:

- a. Autovehicul cu propulsie electrică sau hibridă și sistem de încărcare și/sau alimentare controlabil, în regim de consumator electric ajustabil în mod independent, într-un sistem electric de distribuție (1. Punct de măsură » 2. Canal de comunicație specific (Conductor electric pentru alimentare cu energie electrică) » 3. Sursă electrică controlabilă » 4. Consumator electric ajustabil);
- b. Autovehicul cu propulsie electrică sau hibridă și sistem de încărcare și/sau alimentare controlabil, în regim de consumator electric ajustabil în mod centralizat, într-un sistem de alimentare cu energie electrică (1. Dispecer » 2. Canal de comunicație oarecare » 3. Punct de distribuție » 2. Canal de comunicație specific (Conductor electric pentru alimentare cu energie electrică) » 3. Sursă electrică controlabilă » 4. Consumator electric ajustabil).

Soluția 6.3 reglementează următoarele căi pentru alimentarea consumatorilor electrici izolați [Anexa 17], [Anexa 18]:

- a. Autovehicul cu propulsie electrică și sistem de încărcare și/sau alimentare hibrid, în regim de sursă de energie electrică, fără alte dispozitive terțe (1. Baterie reîncărcabilă » 2. Comutator de intrare » 3. Comutator de ieșire » 4. Convertor bidirecțional *CC-CA* » 5. Port » 6. Consumator electric);
- b. Autovehicul cu propulsie electrică și sistem de încărcare și/sau alimentare hibrid, în regim de generator de energie electrică, fără alte dispozitive terțe (1. Pilă de combustie » 2. Convertor *CC-CC* » 3. Circuit intermediar de curent continuu » 4. Comutator de intrare » 5. Comutator de ieșire » 6. Convertor bidirecțional *CC-CA* » 7. Port » 8. Consumator electric);
- c. Autovehicul cu propulsie electrică și sistem de încărcare și/sau alimentare hibrid, în regim de sursă de energie electrică, împreună cu alte dispozitive terțe (1. Baterie reîncărcabilă » 2. Comutator de intrare » 3. Comutator de ieșire » 4. Port » 5. Convertor bidirecțional *CC-CA* » 6. Consumator electric);
- d. Autovehicul cu propulsie electrică și sistem de încărcare și/sau alimentare hibrid, în regim de generator de energie electrică, împreună cu alte dispozitive terțe (1. Pilă de combustie » 2. Convertor *CC-CC* » 3. Circuit intermediar de curent continuu » 4. Comutator de intrare » 5. Comutator de ieșire » 6. Port » 7. Convertor bidirecțional *CC-CA* » 8. Consumator electric).

Autorul lucrării revendică așteptările dezvăluite ca **elemente de noutate** și **funcționalități unice**, cu rolul de **contribuții** privind dezvoltarea arhitecturii sistemelor electrice implicate în procesul de încărcare și alimentare, în ceea ce privește activitatea științifică desfășurată, în domeniul ingineriei electrice.

CONCLUZII

Această lucrare se adresează domeniului ingineriei electrice, în direcția dezvoltării sistemelor de încărcare și/sau alimentare ale autovehiculelor cu propulsie electrică sau hibridă, prin faptul că expune scenarii particulare de studiu, ce ar putea constitui o referință pentru alte domenii conexe și direcții diferite, față de alte scenarii derivate ale acestora, motiv pentru care conținutul oferit constituie și o alternativă adecvată la cunoașterea științifică asupra tehnologiilor actuale, datorită convenabilității sale.

Conținutul lucrării prezintă contribuții caracterizate de elemente de noutate distincte, prin aceea că constă, în principal, din aspecte teoretice și experimentale referitoare la soluții corespunzătoare care satisfac principalele interese identificate în cercetarea, dezvoltarea și/sau inovarea sistemelor de încărcare și/sau alimentare ale autovehiculelor cu propulsie electrică sau hibridă.

Totodată, fiecare soluție propusă privitoare la dezvoltarea sistemelor de încărcare și/sau alimentare ale autovehiculelor cu propulsie electrică sau hibridă, poate fi reprodusă cu aceleași performanțe și caracteristici ori de câte ori este necesar, pentru orice aplicație compatibilă cu aceasta sau părți ale acesteia, fapt care denotă aplicabilitate în ceea ce privește exploatarea industrială a acestora.

Autorul lucrării conturează finalitatea acesteia în jurul susținerii ideii reprezentative, că „un sistem de încărcare și/sau alimentare dezvoltat, ar trebui să exceleze cumulativ prin performanță și redundanță, într-un cadru tehnologic de complexitate redusă, astfel încât să permită integrarea concomitentă în procesele de învățare continuă, exploatare dinamică și cercetare inovativă”.

CONTRIBUȚII

În acest capitol al lucrării sunt prezentate contribuțiile revendicate de autor, surprinse în cele prezentate, prin intermediul cărora acesta îmbogățește cunoașterea științifică în sfera de cercetare, dezvoltare și inovare, în ceea ce privește dezvoltarea sistemelor de încărcare și/sau alimentare ale autovehiculelor cu propulsie electrică sau hibridă, în legătură cu domeniul ingineriei electrice.

Autorul lucrării revendică contribuțiile dezvăluite, ce se remarcă în principal, prin **funcționalități** (studiate, extinse și/sau dezvoltate), conturate în jurul subiectului de **dezvoltare** a sistemelor de încărcare și/sau alimentare ale autovehiculelor cu propulsie electrică sau hibridă, susținute de un aport de **idei** și **creații**, teoretice sau experimentale, după caz, însoțite de **cercetare analitică** și **demonstrație experimentală**, validată și favorabilă, purtătoare de certitudinea **aplicabilității** industriale și reliefate de potențialul **valorificării** comerciale.

Contribuții teoretice

- [1]. Subiect studiat, care constă din **tendințe privind contextul actual și oportunitățile viitoare de dezvoltare ale sistemelor de încărcare și alimentare** (rezultate analitice), privind studierea sistemelor de încărcare și/sau alimentare ale autovehiculelor cu propulsie electrică sau hibridă (**capitolul 2.1**) – vezi pg. 61-64.

- [2]. Funcționalitate studiată, care constă dintr-o **analiză preliminară asupra particularitățile unui prototip de modul convertor de putere de curent continuu** (soluție teoretică validată analitic și rezultate analitice favorabile), privind studierea sistemelor de încărcare și/sau alimentare ale autovehiculelor cu propulsie electrică sau hibridă (**capitolul 2.2**) – vezi pg. 61-64.
- [3]. Funcționalitate extinsă și studiată, care constă dintr-o **abordare îmbunătățită privind modelarea simetrică a strategiei de comutație grea pentru topologia de conversie în punte completă** (soluție teoretică validată analitic și rezultate analitice favorabile), în legătură cu dezvoltarea sistemelor de încărcare și/sau alimentare ale autovehiculelor cu propulsie electrică sau hibridă (**capitolul 3.1**) – vezi pg. 120.
- [4]. Funcționalitate dezvoltată și studiată, care constă dintr-o **metodă pentru comutare selectivă** (soluție teoretică validată analitic și rezultate analitice favorabile), în legătură cu dezvoltarea sistemelor de încărcare și/sau alimentare ale autovehiculelor cu propulsie electrică sau hibridă; constituirea *Depozitului Național Reglementar (A 2021 00462)* și a *Depozitului European Reglementar (EP 22464001.1)*, în vederea brevetării soluției (**capitolul 3.2**) – vezi pg. 120.
- [5]. Funcționalitate dezvoltată, care constă dintr-un **senzor rezistiv de curent** (soluție teoretică), privind dezvoltarea posibilităților de monitorizare a procesului de încărcare și/sau alimentare ale autovehiculelor cu propulsie electrică sau hibridă; constituirea *Depozitului Național Reglementar (A 2021 00200)*, în vederea brevetării soluției (**capitolul 4.1**) – vezi pg. 133-134.
- [6]. Funcționalitate dezvoltată, care constă dintr-un **dispozitiv prelungitor pentru diagnoza sistemelor de încărcare conductivă** (soluție teoretică), privind dezvoltarea posibilităților de monitorizare și diagnoză a procesului de încărcare al autovehiculelor cu propulsie electrică sau hibridă; constituirea *Depozitului Național Reglementar (A 2021 00368)* și a *Depozitului European Reglementar (EP 21464002.1)*, în vederea brevetării soluției (**capitolul 4.2**) – vezi pg. 133-134.
- [7]. Funcționalitate dezvoltată, care constă dintr-un **instrument pentru extinderea posibilităților de monitorizare și diagnoză a sistemelor de încărcare** (soluție teoretică validată analitic), privind dezvoltarea posibilităților de monitorizare și diagnoză a procesului de încărcare a unui autovehicul cu propulsie electrică sau hibridă (**capitolul 4.3**) – vezi pg. 133-134.
- [8]. Funcționalitate dezvoltată, care constă dintr-o **metodă pentru acționarea arcurilor din materiale cu memorie a formei** (soluție teoretică), în legătură cu dezvoltarea acționărilor automate în procese autonome legate de sistemele de încărcare și/sau alimentare ale autovehiculelor cu propulsie electrică sau hibridă; constituirea *Depozitului Național Reglementar (A 2023 00079)* și a *Depozitului European Reglementar (EP 23464010.0)*, în vederea brevetării soluției (**capitolul 5.1**) – vezi pg. 147-148.
- [9]. Funcționalitate dezvoltată, care constă dintr-un **sistem solar de încălzire pentru menținerea încărcării bateriilor** (soluție teoretică), în legătură cu dezvoltarea acționărilor automate în procese autonome legate de sistemele de încărcare și/sau alimentare ale autovehiculelor cu propulsie electrică sau hibridă; constituirea *Depozitului Național Reglementar (A 2022 00748)* și a *Depozitului European Reglementar (EP 23464006.8)*, în vederea brevetării soluției (**capitolul 5.2**) – vezi pg. 147-148.
- [10]. Funcționalitate dezvoltată, care constă dintr-un **sistem de siguranță pentru priză** (soluție teoretică), în legătură cu dezvoltarea acționărilor automate în procese autonome legate de sistemele de încărcare și/sau alimentare ale autovehiculelor cu propulsie electrică sau hibridă; constituirea *Depozitului Național Reglementar (A 2021 00759)* și

a *Depozitului European Reglementar (EP 21464004.7)*, în vederea brevetării soluției (**capitolul 5.3**) – vezi [pg. 147-148](#).

- [11]. Funcționalitate dezvoltată, care constă dintr-o **metodă și un sistem** ce permite implementarea acesteia, **pentru controlul programat al sistemelor de încărcare conductivă** (soluție teoretică), privind dezvoltarea arhitecturii sistemelor electrice implicate în procesul de încărcare și/sau alimentare ale autovehiculelor cu propulsie electrică sau hibridă; constituirea *Depozitului Național Reglementar (A 2021 00623)*, în vederea brevetării soluției (**capitolul 6.1**) – vezi [pg. 164-165](#).
- [12]. Funcționalitate dezvoltată, care constă dintr-o **metodă și un sistem** ce permite implementarea acesteia, **pentru limitarea curbei de sarcină** (soluție teoretică), privind dezvoltarea arhitecturii sistemelor electrice implicate în procesul de încărcare și/sau alimentare ale autovehiculelor cu propulsie electrică sau hibridă; constituirea *Depozitului Național Reglementar (A 2023 00022)*, în vederea brevetării soluției (**capitolul 6.2**) – vezi [pg. 164-165](#).
- [13]. Funcționalitate dezvoltată, care constă dintr-o **metodă și un sistem** ce permite implementarea acesteia, **pentru alimentarea consumatorilor electrici izolați** (soluție teoretică), privind dezvoltarea arhitecturii sistemelor electrice implicate în procesul de încărcare și/sau alimentare ale autovehiculelor cu propulsie electrică sau hibridă; constituirea *Depozitului Național Reglementar (A 2020 00776)*, în vederea brevetării soluției (**capitolul 6.3**) – vezi [pg. 164-165](#).

Contribuții experimentale

- [1]. Funcționalitate studiată, care constă dintr-o **analiză preliminară asupra particularitățile unui prototip de modul convertor de putere de curent continuu** (soluție practică validată experimental), în legătură cu studierea sistemelor de încărcare și/sau alimentare ale autovehiculelor cu propulsie electrică sau hibridă (**capitolul 2.2**) – vezi [pg. 61-64](#).
- [2]. Funcționalitate extinsă și studiată, care constă dintr-o **abordare îmbunătățită privind modelarea simetrică a strategiei de comutație grea pentru topologia de conversie în punte completă** (soluție practică validată experimental și rezultate experimentale favorabile), în legătură cu dezvoltarea sistemelor de încărcare și/sau alimentare ale autovehiculelor cu propulsie electrică sau hibridă (**capitolul 3.1**) – vezi [pg. 120](#).
- [3]. Funcționalitate dezvoltată și studiată, care constă dintr-o **metodă pentru comutare selectivă** (soluție practică validată experimental și rezultate experimentale favorabile), în legătură cu dezvoltarea sistemelor de încărcare și/sau alimentare ale autovehiculelor cu propulsie electrică sau hibridă (**capitolul 3.2**) – vezi [pg. 120](#).
- [4]. Funcționalitate dezvoltată, care constă dintr-un **instrument pentru extinderea posibilităților de monitorizare și diagnoză a sistemelor de încărcare** (soluție practică), privind dezvoltarea posibilităților de monitorizare și diagnoză a procesului de încărcare a unui autovehicul cu propulsie electrică sau hibridă (**capitolul 4.3**) – vezi [pg. 133-134](#).

Alte contribuții

- [1]. Noțiune introdusă, care constă dintr-un **coeficient de umplere (sau CU) / duty coefficient (sau DC)**, în legătură cu noțiunea existentă de factor de umplere, explicată și utilizată, atât teoretic și validată analitic, cât și practic și validată experimental, pentru stabilirea valorii ideale a tensiunii de ieșire, în ceea ce privește controlul și/sau comanda modulelor convertoare, în legătură cu domeniul ingineriei electrice (**capitolul 3**) – vezi [pg. 66 și pg. 120](#).

BIBLIOGRAFIE

- [001]. N. Burton, “A History of Electric Cars”, ed. Crowood, Ramsbury, EN, Regatul Unit, 2013.
- [002]. Wikimedia Foundation, “St. Pancras Depot”, în Wikimedia Commons – www.wikimedia.org, Wikimedia Foundation, 2021.
- [003]. The Commercial Motor, “Edison Electric Commercial Vehicles”, în The Commercial Motor, vol. 21, nr. 541, pg. 435-436, 1915.
- [004]. A. H. Young, “Lunar and Planetary Rovers”, ed. Springer, New York, NY, Statele Unite ale Americii, 2007.
- [005]. T. L. Jackson, W. M. Farrell și M. I. Zimmerman, “Rover Wheel Charging on the Lunar Surface”, în Advances in Space Research, vol. 55, nr. 6, pg. 1710-1720, 2015.
- [006]. **C. Bejenar**, M. Rață, G. Rață și L. D. Milici, “Research Trends and Opportunities Related to Charging and Supply Systems for Vehicles with Electric / Hybrid Propulsion”, în Smart Energy for Smart Transport, ed. Springer Nature, Cham, Elveția, 2023.
- [007]. S. W. W. Zhou, “Carbon Management for a Sustainable Environment”, ed. Springer, New York, NY, Statele Unite ale Americii, 2020.
- [008]. A. Perzanowski, “The Right to Repair: Reclaiming the Things We Own”, ed. Cambridge University Press, Cambridge, EN, Regatul Unit, 2021.
- [009]. A. Arcos-Vargas, “The Role of the Electric Vehicle in the Energy Transition”, ed. Springer, New York, NY, Statele Unite ale Americii, 2021.
- ***
- [101]. N. Patel, A. K. Bhoi, S. Padmanaban și J. B. Holm-Nielsen, “Electric Vehicles”, ed. Springer, New York, NY, Statele Unite ale Americii, 2021.
- [102]. A. Elgowainy, “Electric, Hybrid, and Fuel Cell Vehicles”, ed. Springer, New York, NY, Statele Unite ale Americii, 2020.
- [103]. A. Ahmadian, B. Mohammadi-Ivatloo și A. Elkamel, “Electric Vehicles in Energy Systems”, ed. Springer, New York, NY, Statele Unite ale Americii, 2020.
- [104]. S. S. Williamson, “Energy Management Strategies for Electric and Plug-in Hybrid Electric Vehicles”, ed. Springer, New York, NY, Statele Unite ale Americii, 2013.
- [105]. H. S. Das, M. M. Rahman, S. Li și C. W. Tan, “Electric Vehicles Standards, Charging Infrastructure, and Impact on Grid Integration: A Technological Review”, în Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 120, articol nr. 109618, 2020.
- [106]. H. Ramakrishnan și J. Rangaraju, “Power Topology Considerations for Electric Vehicle Charging Stations”, în Application Report (SLLA497), Texas Instruments, 2020.
- [107]. M. Yilmaz și P. T. Krein, “Review of Battery Charger Topologies, Charging Power Levels and Infrastructure for Plug-In Electric and Hybrid Vehicles”, în IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 28, nr. 5, pg. 2151-2169, 2013.
- [108]. S. Chakraborty, H. N. Vu, M. M. Hasan, D. D. Tran, M. E. Baghdadi și O. Hegazy, “DC-DC Converter Topologies for Electric Vehicles, Plug-in Hybrid Electric Vehicles and Fast Charging Stations: State of the Art and Future Trends”, în Energies, vol. 12, nr. 8, pg. 1569, 2019.
- [109]. Robert Bosch, “Electric Drive”, în Solutions – www.bosch-mobility.com, Robert Bosch, 2021.
- [110]. Mercedes-Benz, “GLC F-Cell”, în Passenger Cars – www.mercedes-benz.com, Mercedes-Benz, 2018.
- [111]. Robert Bosch, “High-Voltage Hybrid Systems”, în Solutions – www.bosch-mobility.com, Robert Bosch, 2020.

- [112]. M. Brenna, F. Foiadelli, C. Leone și M. Longo, “Electric Vehicles Charging Technology Review and Optimal Size Estimation”, în *Journal of Electrical Engineering & Technology*, vol. 15, nr. 6, pg. 2539-2552, 2020.
- [113]. W. Chen, X. Ruan, H. Yan și C. K. Tse, “DC/DC Conversion Systems Consisting of Multiple Converter Modules: Stability, Control, and Experimental Verifications”, în *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. 24, nr. 6, pg. 1463-1474, 2009.
- [114]. M. Kane, “Innoelectric Introduces 22 kW Silicon Carbide On-Board Charger”, în *News Release – www.insideevs.com, InsideEVs*, 2020.
- [115]. F. Lu, L. He, Q. Tan și H. Zhou, “Efficiency Optimization of IPOP DC/DC System for HEV”, în *IEEE Access*, vol. 9, pg. 31553-31561, 2021.
- [116]. Z. Lukic, “Design and Practical Implementation of Advanced Reconfigurable Digital Controllers for Low-Power Multi-Phase DC-DC Converters”, *University of Toronto, Toronto, Canada*, 2011.
- [117]. D. Forbes, “Efficiency Performance Improvement Using Parallel DC-DC Converters with a Digital Controller”, *California Polytechnic State University, San Luis Obispo, CA, Statele Unite ale Americii*, 2012.
- [118]. I. Batarseh și A. Harb, “Power Electronics: Circuit Analysis and Design”, ed. Springer, *New York, NY, Statele Unite ale Americii*, 2018.
- [119]. J. Dudrik și J. Oetter, “High-Frequency Soft-Switching DC-DC Converters for Voltage and Current DC Power Sources”, în *Acta Polytechnica Hungarica*, vol. 4, nr. 2, 2007.
- [120]. F. Lin, Y. Wang, Z. Wang, Y. Rong și H. Yu, “The Design of Electric Car DC/DC Converter Based on the Phase-Shifted Full-Bridge ZVS Control”, în *Energy Procedia*, vol. 88, pg. 940-944, 2016.
- [121]. J. Deng, S. Li, S. Hu, C. C. Mi și R. Ma, “Design Methodology of LLC Resonant Converters for Electric Vehicle Battery Chargers”, în *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 63, nr. 4, pg. 1581-1592, 2014.
- [122]. Y. Kim, C. Oh, W. Sung, B. Lee și G. Park, “Optimal Design and Control of OBC-LDC Integrated Power Unit for Electric Vehicles”, *IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC), Fort Worth, TX, Statele Unite ale Americii*, 2014.
- [123]. C. Pu, Z. Hao, C. Shao și X. Ren, “Two-Stage Interleaving DC/DC Topology Based on Phase-Shift Full Bridge Converter”, *IEEE International Conference on Electrical Systems for Aircraft, Railway, Ship Propulsion and Road Vehicles & International Transportation Electrification Conference (ESARS-ITEC), Nottingham, EN, Regatul Unit*, 2018.
- [124]. B. R. Lin și K. W. Wang, “Interleaved Soft Switching Resonant Converter with a Small Input Ripple Current”, în *International Journal of Electronics*, vol. 107, nr. 4, pg. 644-658, 2020.
- [125]. X. She, A. Q. Huang, O. Lucia și B. Ozpineci, “Review of Silicon Carbide Power Devices and their Applications”, în *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 64, nr. 10, pg. 8193-8205, 2017.
- [126]. R. Natarajan, “Automotive GaN FETs engineered for High Frequency and Robustness in HEV/EVs”, în *Blogs Release – www.ti.com, Texas Instruments*, 2020.
- [127]. **C. Bejenar** și C. Afanasov, “Preliminary Analysis of Full-Bridge DC-DC Power Converters with Hard-Switching Topology and Silicon Carbide (SiC) Semiconductors”, *11th International Conference and Exposition on Electrical and Power Engineering (EPE), Iași, România*, 2020.
- [128]. ROHM Semiconductor, “New 4th Generation SiC MOSFETs Featuring the Industry’s Lowest ON Resistance”, în *News Release – www.rohm.com, ROHM Semiconductor*, 2020.

- [129]. M. Alam, K. Kumar și V. Dutta, “Comparative Efficiency Analysis for Silicon, Silicon Carbide MOSFETs and IGBT Device for DC–DC Boost Converter”, în *SN Applied Sciences*, vol. 1, nr. 12, 2019.
- [130]. H. Maghfiroh, C. Hermanu, M. H. Ibrahim și M. Nizam, “Low Cost Charging Station for Electric Vehicle: Design and Prototyping”, 6th International Conference on Electric Vehicular Technology (ICEVT), Bali, Indonesia, 2019.
- [131]. S. Tiwari, J. K. Langelid, O. M. Midtgard și T. M. Undeland, “Hard and Soft Switching Losses of a SiC MOSFET Module under Realistic Topology and Loading Conditions”, 19th European Conference on Power Electronics and Applications (EPE'17 ECCE Europe), Varșovia, Polonia, 2017.
- [132]. G. Milushev, “Measurement of the Efficiency of Electric Vehicle Charging Stations”, 30th International Scientific Symposium 'Metrology and Metrology Assurance (MMA), Sozopol, Bulgaria, 2020.
- [133]. D. Abel și A. Bolling, “Rapid Control Prototyping – Methoden und Anwendungen”, ed. Springer, Berlin, Germania, 2006.
- [134]. A. K. Kamrani și E. A. Nasr, “Engineering Design and Rapid Prototyping”, ed. Springer, New York, NY, Statele Unite ale Americii, 2010.
- [135]. J. L. M. Hensen, R.C.G.M. Loonen, M. Archontiki și M. Kanellis, “Using Building Simulation for Moving Innovations across the Valley of Death”, în *REHVA Journal*, vol. 52, nr. 3, pg. 58-62, 2015.
- [136]. MathWorks, “MATLAB & Simulink”, în *Products* – www.mathworks.com, MathWorks, 2020.
- [137]. D. Xue și Y. Chen, “System Simulation Techniques with MATLAB and Simulink”, ed. John Wiley & Sons, Hoboken, NJ, Statele Unite ale Americii, 2013.
- [138]. G. Boue, “Rapid Control Prototyping Solutions”, OPAL-RT Technologies, 2013.
- [139]. dSPACE, “Rapid Prototyping Systems”, în *Solutions & Products* – www.dspace.com, dSPACE, 2021.
- [140]. S. J. Thomson, P. Thomas, A. R. și E. Rajan, “Design and Prototype Modelling of a CC/CV Electric Vehicle Battery Charging Circuit”, International Conference on Circuits and Systems in Digital Enterprise Technology (ICCSDET), Kottayam, India, 2018.
- [141]. H. Tao, G. Zhang și Z. Zheng, “Onboard Charging DC/DC Converter of Electric Vehicle Based on Synchronous Rectification and Characteristic Analysis”, în *Journal of Advanced Transportation*, 2019.
- [142]. Semiconductor Components Industries, “TND6318/D – On Board Charger (OBC) LLC Converter”, în *Publication Order Number (TND6318/D)*, Semiconductor Components Industries, 2019.
- [143]. Z. Moghaddam, I. Ahmad, D. Habibi și Q. V. Phung, “Smart Charging Strategy for Electric Vehicle Charging Stations”, în *IEEE Transactions on Transportation Electrification*, vol. 4, nr. 1, pg. 76-88, 2018.
- [144]. A. Semon și A. Crăciunescu, “Study to Increase the Efficiency of the Electric Drive System of a Vehicle at Different Speeds”, 11th International Symposium on Advanced Topics in Electrical Engineering (ATEE), 2019.
- [145]. FUCHS Lubricants Denmark, “The new test procedure, WLTP”, în *Products* – www.fuchs.com, FUCHS Lubricants Denmark, 2021.
- [146]. M. S. Răboacă, N. Bizon și O. V. Grosu, “Energy Management Strategies for Hybrid Electric Vehicles – VOSviewer Bibliometric Analysis”, 12th International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligence (ECAI), București, România, 2020.

- [147]. I. Așchilean, M. Varlam, M. Culcer, M. Iliescu, M. Răceanu, A. Enache, M. S. Răboacă, G. Rasoi și C. Filote, “Source Hybrid Electric Powertrain with Fuel Cells for a Series Vehicle”, în *Energies*, vol. 11, nr. 5, pg. 1294, 2018.
- [148]. A. Ukaew, “Model Based System Design for Electric Vehicle Conversion”, în *New Trends in Electrical Vehicle Powertrains*, ed. IntechOpen, Londra, EN, Regatul Unit, 2018.
- [149]. Q. Dang, “Electric Vehicle (EV) Charging Management and Relieve Impacts in Grids”, 9th IEEE International Symposium on Power Electronics for Distributed Generation Systems (PEDG), Charlotte, NC, Statele Unite ale Americii, 2018.
- [150]. DEKRA, “Electric Vehicle Testing”, în *Business Services – www.dekra.com*, DEKRA, 2021.
- [151]. SR EN 61851-23:2014 – “Sistem de încărcare conductivă pentru vehicule electrice – Stație de încărcare în curent continuu pentru vehicule electrice”.
- [152]. **C. Bejenar**, M. Bejenar, V. E. Toader, O. V. Grosu, M. Pavăl și L. D. Milici, “Extended Possibilities for Studying and Diagnosis of Electric Vehicles AC (Three-Phase) Charging Systems”, 9th International Conference on Modern Power Systems (MPS), Cluj-Napoca, România, 2021.
- [153]. M. Rață, G. Rață, C. Filote, M. S. Raăoacă, A. Graur, C. Afanasov și A. R. Felseghi, “The Electrical Vehicle Simulator for Charging Station in Mode 3 of IEC 61851-1 Standard”, în *Energies*, vol. 13, nr. 1, pg. 176, 2020.
- [154]. L. Szekelyhidi, “Harmonic and Spectral Analysis”, ed. World Scientific Publishing, Singapore, Singapore, 2014.
- [155]. B. Zhang, W. Shi și A. Ge, “Electric Vehicle Fault Diagnosis System Based on CAN-Bus”, în *Proceedings of SAE-China Congress 2014: Selected Papers*, ed. Springer, Berlin, Germania, 2015.
- [156]. R. B. Bass și N. Zimmerman, “Impacts of Electric Vehicle Charging on Electric Power Distribution Systems”, Portland State University, Portland, OR, USA, 2013.
- [157]. T. Slangen, “Supraharmonics”, în *Power Quality – www.hyteps.com*, HyTEPS, 2021.
- [158]. H. B. Ahmad și M. Khalid, “Parameter Estimation Based Fault Diagnosis în Dynamic Systems”, IEEE International Conference on Engineering of Intelligent Systems (ICEIS), Islamabad, Pakistan, 2006.
- [159]. X. Q. Liu, H. Y. Zhang, J. Liu și J. Yang, “Fault Detection and Diagnosis of Permanent-Magnet DC Motor Based on Parameter Estimation and Neural Network”, în *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 47, nr. 5, pg. 1021-1030, 2000.
- [160]. W. Gao și Y. Zhu, “A Cloud Computing Fault Detection Method Based on Deep Learning”, în *Journal of Computer and Communications*, vol. 5, nr. 12, pg. 24-34, 2017.
- [161]. L. Tan și J. Jiang, “Digital Signal Processing: Fundamentals and Applications”, ed. Academic Press, Cambridge, MA, Statele Unite ale Americii, 2018.
- [162]. D. Montenegro și J. Gonzalez, “Average Filtering: Theory, Design and Implementation, în *Digital Signal Processing (DSP): Fundamentals, Techniques and Applications*”, ed. Nova Science Publisher, Hauppauge, NY, Statele Unite ale Americii, 2016.
- [163]. M. Viswanathan, “Understand Moving Average Filter with Python & MATLAB”, în *Blogs Release – www.gaussianwaves.com*, GaussianWaves, 2010.
- [164]. DATAQ Instruments, “A Closer Look at the Advanced CODAS Moving Average Algorithm”, în *Products – www.dataq.com*, DATAQ Instruments, 2021.
- [165]. MathWorks, “Averaging Filter”, în *Help – www.mathworks.com*, MathWorks, 2021.
- [166]. S. Bhattacharya, A. Kumar Agarwal și O. P. S. Singh, “Sensors for Automotive and Aerospace Applications”, ed. Springer, New York, NY, Statele Unite ale Americii, 2019.

- [201]. Centre for Science and Technology Studies, “VOSviewer”, în Products – www.vosviewer.com, Leiden University, Leiden, Olanda, 2021.
- [202]. S. Habib, M. M. Khan, K. Hashmi, M. Ali și H. Tang, “A Comparative Study of Electric Vehicles Concerning Charging Infrastructure and Power Levels”, 15th International Conference on Frontiers of Information Technology (FIT), Islamabad, Pakistan, 2017.
- [203]. M. A. Hannan, M. M. Hoque, A. Hussain, Y. Yusof și P. J. Ker, “State-of-the-Art and Energy Management System of Lithium-Ion Batteries in Electric Vehicle Applications: Issues and Recommendations”, în IEEE Access, vol. 6, pg. 19362-19378, 2018.
- [204]. I. Aretxabaleta, I. M. De Alegría, J. Andreu, I. Kortabarria și E. Robles, “High-Voltage Stations for Electric Vehicle Fast-Charging: Trends, Standards, Charging Modes and Comparison of Unity Power-Factor Rectifiers”, în IEEE Access, vol. 9, pg. 102177-102194, 2021.
- [205]. I. O. Lee și J. Y. Lee, “A High-Power DC-DC Converter Topology for Battery Charging Applications”, în Energies, vol. 10, nr. 7, pg. 871, 2017.
- [206]. K. A. Chinmaya și G. K. Singh, “A Multifunctional Integrated On-Board Battery Charger for Plug-in Electric Vehicles (PEVs)”, 18th International Power Electronics and Motion Control Conference (PEMC), Budapesta, Ungaria, 2018.
- [207]. S. Zou, J. Lu, A. Mallik și A. Khaligh, “Bi-Directional CLLC Converter with Synchronous Rectification for Plug-In Electric Vehicles”, în IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 54, nr. 2, pg. 998-1005, 2018.
- [208]. A. S. Abdelrahman, Z. Erdem, Y. Attia și M. Z. Youssef, “Wide Bandgap Devices in Electric Vehicle Converters: A Performance Survey”, în Canadian Journal of Electrical and Computer Engineering, vol. 41, nr. 1, pg. 45-54, 2018.
- [209]. A. Matallana, E. Ibarra, I. Lopez, J. Andreu, J.I. Garate, X. Jorda și J. Rebollo, “Power Module Electronics in HEV/EV Applications: New Trends in Wide-Bandgap Semiconductor Technologies and Design Aspects”, în Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 113, articol nr. 109264, 2019.
- [210]. G. Rajendran, C. A. Vaithilingam, K. Naidu, K. S. Prakash și M. R. Ahmed, “Hard Switching Characteristics of SiC and GaN Devices for Future Electric Vehicle Charging Stations”, 14th International Engineering and Computing Research Conference – Shaping the Future through Multidisciplinary Research (EURECA), Subang Jaya, Malaysia, 2020.
- [211]. Y. Xiang, Y. Wang, S. Xia și F. Teng, “Charging Load Pattern Extraction for Residential Electric Vehicles: A Training-Free Nonintrusive Method”, în IEEE Transactions on Industrial Informatics, vol. 17, nr. 10, pg. 7028-7039, 2021.
- [212]. F. A. Shah, S. Shahzad Sheikh, U. I. Mir și S. Owais Athar, “Battery Health Monitoring for Commercialized Electric Vehicle Batteries: Lithium-Ion”, 5th International Conference on Power Generation Systems and Renewable Energy Technologies (PGSRET), Istanbul, Turcia, 2019.
- [213]. D. Gao, J. Hou, K. Liang și Q. Yang, “Fault Diagnosis System for Electric Vehicle Charging Devices Based on Fault Tree Analysis”, 37th Chinese Control Conference (CCC), Wuhan, China, 2018.
- [214]. R. Kumar și D. Saxena, “Fault Analysis of a Distribution System Embedded with Plug-In Electric Vehicles”, 2nd International Conference on Recent Developments in Control, Automation & Power Engineering (RDCAPE), Noida, India, 2017.
- [215]. H. Gao, X. Meng, K. Qian și W. Zhang, “Research on Intelligent Diagnosis Strategy and Treatment Method of EV Charging Fault”, 5th International Conference on Control, Automation and Robotics (ICCAR), Beijing, China, 2019.

- [216]. X. Meng, H. Gao, W. Zhang și H. Liang, “Research on Fault Diagnosis of Electric Vehicle Power Battery Based on Attribute Recognition”, 5th Asia Conference on Power and Electrical Engineering (ACPEE), Chengdu, China, 2020.
- [217]. I. Aravena, S. J. Chapin și C. Ponce, “Decentralized Failure-Tolerant Optimization of Electric Vehicle Charging”, în *IEEE Transactions on Smart Grid*, vol. 12, nr. 5, pg. 4068-4078, 2021.
- [218]. M. Ghavami și C. Singh, “Reliability Evaluation of Electric Vehicle Charging Systems Including the Impact of Repair”, *IEEE Industry Applications Society Annual Meeting (IAS)*, Cincinnati, OH, Statele Unite ale Americii, 2017.
- ***
- [301]. K. Zhou, Y. Wu, X. Wu, Y. Sun, D. Teng și Y. Liu, “Research and Development Review of Power Converter Topologies and Control Technology for Electric Vehicle Fast-Charging Systems”, în *Electronics*, vol. 12, nr. 7, pg. 1581, 2023.
- [302]. T. Taufik, D. Forbes, D. Dolan și R. I. Putri, “Digital Control of Parallel-Connected DC-DC Converters”, 8th International Conference on Information Technology: New Generations (ITNG), Las Vegas, NV, Statele Unite ale Americii, 2011.
- [303]. dSPACE, “DS1103 PPC Controller Board – Release 2015-A”, în *dSPACE Releases – www.dspace.com*, dSPACE, 2015.
- [304]. **C. Bejenar**, L. D. Milici, C. Filote, M. Rață, C. Afanasov, E. D. Lupu, V. Vlad și C. Ungureanu, “Metodă pentru comutare selectivă”, în *Cerere de brevet de invenție nr. A 2021 00462*, Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci (OSIM), București, România, 2021.
- [305]. **C. Bejenar**, L. D. Milici, C. Filote, M. Rață, C. Afanasov, E. D. Lupu, V. Vlad și C. Ungureanu, “Method for selective switching”, în *Patent Application no. EP 22464001.1*, European Patent Office (EPO), München, Germania, 2022.
- [306]. O. V. Grosu, **C. Bejenar**, M. Bejenar și V. C. Ifrim, “Method for Selective Switching”, în *The Scientific Bulletin. Attendum: The Official Catalogue of the “Cadet INOVA” Exhibition*, nr. 7, pg. 211-218, 2022.
- [307]. **C. Bejenar** și M. Rață, “Preliminary Model of a Method for Selectively Switch Controllable Voltage Sources in Power Supply Applications”, 12th International Conference and Exposition on Electrical and Power Engineering (EPE), Iași, România, 2022.
- [308]. B. Inn și R. Selvaraj, “Elimination of recirculation current loss in load-shared switching mode power supplies”, în *Patent no. US 7,002,263 B2*, United States Patent and Trademark Office (USPTO), Alexandria, VA, Statele Unite ale Americii, 2006.
- [309]. D. E. Heineman, “Adding and dropping phases in current sharing”, în *Patent no. US 8,120,205 B2*, United States Patent and Trademark Office (USPTO), Alexandria, VA, Statele Unite ale Americii, 2012.
- [310]. S. Iyasu, Y. Handa, Y. Hayashi și K. Koketsu, “Power conversion system control device and control system”, în *Patent no. US 11,201,545 B2*, United States Patent and Trademark Office (USPTO), Alexandria, VA, Statele Unite ale Americii, 2021.
- [311]. M. J. Mosman, “Direct current isolated-parallel uninterruptible power supply system”, în *Patent no. US 10,135,293 B2*, United States Patent and Trademark Office (USPTO), Alexandria, VA, Statele Unite ale Americii, 2018.
- [312]. A. Ferencz, Q. Lu, J. Y. Chiu, H. A. Chen și C. A. Yeh, “Redundant power supply apparatus”, în *Patent no. US 10,340,808 B2*, United States Patent and Trademark Office (USPTO), Alexandria, VA, Statele Unite ale Americii, 2019.
- [313]. P. Zhang, D. Song și Y. Wang, “Redundant power supply and method for realizing redundant power supply on redundant power supply”, în *Patent Application no. CN 112531878 A*, China National Intellectual Property Administration (CNIPA), Beijing, China, 2021.
-

[314]. H. D. Gui, Y. Zhang, Z. Zhang și Y. F. Liu, “An Optimized Efficiency-Based Control Strategy for Islanded Paralleled PV Micro-Converters”, 30th IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC), Charlotte, NC, Statele Unite ale Americii, 2015.

- [401]. R. Ruffo, L. Song și H. Parzhuber, “Design Considerations for Current Sensing in DC EV Charging Applications”, în Application Note (SBAA541), Texas Instruments, 2022.
- [402]. A. Bosak, A. Bosak, L. Kulakovskiy și T. Oboronov, “Impact of EV Chargers on Total Harmonic Distortion in the Distribution System Network”, 6th International Conference on Energy Smart Systems (ESS), Kyiv, Ucraina, 2019.
- [403]. R. Zhao, J. Lin, H. Gao și L. Chen, “Fault Diagnosis of Electric Vehicle Charging Station Based on Empirical Wavelet Transform and Entropy”, 40th Chinese Control Conference (CCC), Shanghai, China, 2021.
- [404]. O. M. Țanța, M. Pavăl, L. D. Milici, **C. Bejenar**, A. Moldovan, E. C. Bobric, R. D. Pentiu și M. Dimian, “Senzor rezistiv de curent”, în Cerere de brevet de invenție nr. A 2021 00200, Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci (OSIM), București, România, 2021.
- [405]. M. Cenușă, O. M. Țanța, **C. Bejenar** și A. Moldovan, “Resistive Current Sensor”, în The Scientific Bulletin. Attendum: The Official Catalogue of the “Cadet INOVA” Exhibition, nr. 7, pg. 234-239, 2022.
- [406]. K. Suzuki, H. Imajo, H. Hasegawa și K. Kai, “Current sensor”, în Patent no. US 10,247,759 B2, United States Patent and Trademark Office (USPTO), Alexandria, VA, Statele Unite ale Americii, 2019.
- [407]. **C. Bejenar**, M. Bejenar, M. Dimian, L. D. Milici, M. R. Milici, C. Afanasov, C. Ungureanu și M. Pavăl, “Dispozitiv prelungitor pentru diagnoza sistemelor de încărcare conductivă”, în Cerere de brevet de invenție nr. A 2021 00368, Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci (OSIM), București, România, 2021.
- [408]. **C. Bejenar**, M. Bejenar, M. Dimian, L. D. Milici, M. R. Milici, C. Afanasov, C. Ungureanu și M. Pavăl, “Extension device for the diagnosis of conductive charging systems”, în Patent Application no. EP 21464002.1, European Patent Office (EPO), München, Germania, 2021.
- [409]. **C. Bejenar**, A. Moldovan, A. Sabadaș și A. Pianih, “Extension Device for the Diagnosis of Conductive Charging Systems”, în The Scientific Bulletin. Attendum: The Official Catalogue of the “Cadet INOVA” Exhibition, nr. 7, pg. 204-210, 2022.
- [410]. R. T. Litjen, H. N. Tran, T. Kiceniuk Jr., E. Dunn și N. Lotfy, în Patent Application no. WO 2012 078921 A3, World Intellectual Property Organization (WIPO), Geneva, Elveția, 2014.
- [411]. H. U. Jung, “Vehicle charging device and method”, în Patent no. JP 6126170 B2, Japan Patent Office (JPO), Tokyo, Japonia, 2017.
- [412]. C. A. Gross și T. A. Roppel, "Fundamentals of Electrical Engineering", CRC Press, Boca Raton, FL, Statele Unite ale Americii, 2012.
- [413]. M. A. S. Masoum și E. F. Fuchs, "Power Quality in Power Systems and Electrical Machines", Academic Press, Cambridge, MA, Statele Unite ale Americii, 2015.

- [501]. D. Kumar, J. Daudpoto și B. S. Chowdhry, “Challenges for Practical Applications of Shape Memory Alloy Actuators”, în Materials Research Express, vol. 7, nr. 7, articol nr. 073001, 2020.
- [502]. S. D. Prasetyo, A. R. Prabowo și Z. Arifin, “The Use of a Hybrid Photovoltaic/Thermal (PV/T) Collector System as a Sustainable Energy-Harvest Instrument in Urban Technology”, în Heliyon, vol. 9, nr. 2, articol nr. E07813, 2023.

- [503]. P. Reid, C. Mittelstadt și T. Faber, “Electric vehicle conductive charge couplers”, 60th IEEE Holm Conference on Electrical Contacts (HOLM), New Orleans, LA, Statele Unite ale Americii, 2014.
- [504]. **C. Bejenar**, M. Bejenar, V. Popa, M. Dimian, L. D. Milici, M. Rață, C. Afanasov și C. Ungureanu, “Metodă pentru acționarea arcurilor din materiale cu memorie a formei”, în Cerere de brevet de invenție nr. A 2023 00079, Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci (OSIM), București, România, 2023.
- [505]. **C. Bejenar**, M. Bejenar, V. Popa, M. Dimian, L. D. Milici, M. Rață, C. Afanasov și C. Ungureanu, “Method for actuating springs of shape memory materials”, în Patent Application no. EP 23464010.0, European Patent Office (EPO), München, Germania, 2023.
- [506]. G. D. Sizer, B. D. Ford și R. N. Cazalis, “Smart memory alloy control”, în Patent no. US 7,637,105 B2, United States Patent and Trademark Office (USPTO), Alexandria, VA, Statele Unite ale Americii, 2009.
- [507]. S. Liu, S. Ji și Y. Cai, “SMA wire driving structure and closed-loop control method therefor, and electronic device”, în Patent no. CN 113484969 B, China National Intellectual Property Administration (CNIPA), Beijing, China, 2022.
- [508]. S. Liu, S. Ji și Y. Cai, “SMA actuation structure control method, electronic device, and storage medium”, în Patent no. CN 113534395 B, China National Intellectual Property Administration (CNIPA), Beijing, China, 2022.
- [509]. L. D. Milici, **C. Bejenar**, I. Nițan, M. Dimian, M. Abu-Bandora, I. Alisavetei, V. C. Ifrim și C. Ungureanu, “Sistem solar de încălzire pentru menținerea încărcării bateriilor”, în Cerere de brevet de invenție nr. A 2022 00748, Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci (OSIM), București, România, 2022.
- [510]. L. D. Milici, **C. Bejenar**, I. Nițan, M. Dimian, M. Abu-Bandora, I. Alisavetei, V. C. Ifrim și C. Ungureanu, “Solar heating system for the maintaining of batteries charge”, în Patent Application no. EP 23464006.8, European Patent Office (EPO), München, Germania, 2023.
- [511]. **C. Bejenar**, M. Abu-Bandora, V. C. Ifrim și I. Alisavetei, “Solar Heating System for the Maintaining of Batteries Charge”, în The Scientific Bulletin. Attendum: The Official Catalogue of the “Cadet INOVA” Exhibition, nr. 8, pg. 157-164, 2023.
- [512]. S. Rana, R. Kumar și R. S. Bharj, “Lithium-Ion Battery Thermal Management Techniques and Their Current Readiness Level”, în Energy Technology, vol. 11, no. 1, pg. 2200873, 2023.
- [513]. S. Tarnowsky, G. Major și S. Poulos, “Solar powered ventilation system for vehicle and method of operating the same”, în Patent no. CN 101877364 B, China National Intellectual Property Administration (CNIPA), Beijing, China, 2013.
- [514]. D. Li, “Electric automobile with anti-icing structure”, în Utility Model no. CN 204368101 U, China National Intellectual Property Administration (CNIPA), Beijing, China, 2013.
- [515]. B. Yi, Y. Lu, H. Liang, B. Chen, C. Cong și C. Wang, “Lithium-ion power battery light-weight low-temperature heating system”, în Patent Application no. CN 108417909 A, China National Intellectual Property Administration (CNIPA), Beijing, China, 2018.
- [516]. I. Nițan, C. D. Popa, L. D. Milici, M. Pavăl, **C. Bejenar**, O. M. Țanța, M. Cenușă și O. V. Grosu, “Sistem de siguranță pentru priză”, în Cerere de brevet de invenție nr. A 2021 00759, Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci (OSIM), București, România, 2021.
- [517]. I. Nițan, C. D. Popa, L. D. Milici, M. Pavăl, **C. Bejenar**, O. M. Țanța, M. Cenușă și O. V. Grosu, “Socket safety system”, în Patent Application no. EP 21464004.7, European Patent Office (EPO), München, Germania, 2021.
-

- [518]. **C. Bejenar**, A. Moldovan, C. C. Tuduriu și A. Sabadaș, “Socket Safety System”, în The Scientific Bulletin. Attendum: The Official Catalogue of the “Cadet INOVA” Exhibition, nr. 8, pg. 153-156, 2023.
- [519]. L. Popescu, “Instalații și echipamente electrice”, ed. Alma Mater, Sibiu, 2004.

- [601]. M. Cenușă, L. D. Milici și O. V. Grosu, “Analysis of the Need to Implement Automated Systems for Managing Electric Vehicle Depots”, 13th International Symposium on Advanced Topics in Electrical Engineering (ATEE), București, Romania, 2023.
- [602]. H. Morais, T. Sousa, Z. Vale și P. Faria, “Evaluation of the Electric Vehicle Impact in the Power Demand Curve in a Smart Grid Environment”, în Energy Conversion and Management, vol. 82, pg. 268-282, 2014.
- [603]. V. Oldenbroek, G. Smink, T. Salet și A. J. M. van Wijk, “Fuel Cell Electric Vehicle as a Power Plant: Techno-Economic Scenario Analysis of a Renewable Integrated Transportation and Energy System for Smart Cities in Two Climates”, în Applied Sciences, vol. 10, nr. 1, pg. 143, 2020.
- [604]. **C. Bejenar**, A. Graur, L. D. Milici, C. Prodan, M. Pavăl, I. Nițan, V. E. Toader și M. Cenușă, “Metodă și sistem pentru controlul programat al sistemelor de încărcare conductivă”, în Cerere de brevet de invenție nr. A 2021 00623, Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci (OSIM), București, România, 2021.
- [605]. **C. Bejenar**, M. Bejenar, A. Moldovan și M. Abu-Bandora, “Method and System for Programmed Control of Conductive Charging Systems”, în The Scientific Bulletin. Attendum: The Official Catalogue of the “Cadet INOVA” Exhibition, nr. 8, pg. 165-170, 2023.
- [606]. R. G. Andrews, “Electric vehicle charging system”, în Patent Application no. US 2014/266004 A1, United States Patent and Trademark Office (USPTO), Alexandria, VA, Statele Unite ale Americii, 2014.
- [607]. Y. J. Song, S. I. Park, S. S. Oh, S. Y. Chae și Y. D. Sung, “Charging server, charging method and charging system for electric vehicle”, în Patent no. KR 101471617 B1, Korean Intellectual Property Office, Daejeon, South Korea, 2014.
- [608]. Q. Yin, M. Lin, T. Liu și S. Jiang, “Electric vehicle and electric vehicle battery”, în Utility Model no. CN 213292049 U, China National Intellectual Property Administration (CNIPA), Beijing, China, 2021.
- [609]. **C. Bejenar**, M. Bejenar, L. D. Milici, R. D. Pentiuc, P. Atănăsoae, C. D. Popa, T. Pop și V. C. Ifrim, “Metodă și sistem pentru limitarea curbei de sarcină”, în Cerere de brevet de invenție nr. A 2023 00022, Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci (OSIM), București, România, 2023.
- [610]. J. M. Provanzana, J. M. Schneider, W. W. Walborn, A. Nourai și B. J. Ware, “A power load-leveling system and packet electrical storage”, în Patent no. CA 2 405 812 C, Canadian Intellectual Property Office (CIPO), Gatineau, Canada, 2008.
- [611]. K. Adelberger, W. D. Weber, A. Radovanovic, R. Koningstein, D. K. Fork și M. Dikovskiy, “Electrical load management”, în Patent no. US 9,660,458 B2, United States Patent and Trademark Office (USPTO), Alexandria, VA, Statele Unite ale Americii, 2017.
- [612]. M. Stanlake, “Demand-side grid-level load balancing aggregation system”, în Patent no. EP 3 002 848 B1, European Patent Office (EPO), München, Germania, 2022.
- [613]. **C. Bejenar**, M. Bejenar, L. D. Milici, D. Irimia, C. Afanasov, V. E. Toader, O. V. Grosu și O. M. Țanța, “Metodă și sistem pentru alimentarea consumatorilor electrici izolați”, în Cerere de brevet de invenție nr. A 2020 00776, Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci (OSIM), București, România, 2020.

- [614]. **C. Bejenar**, A. Pianih, M. Pociș și A. Moldovan, “Method and System for Power Supplying Isolated Electrical Consumers”, în *The Scientific Bulletin. Attendum: The Official Catalogue of the “Cadet INOVA” Exhibition*, nr. 6, pg. 132-136, 2021.
- [615]. Z. Guoxin și Z. Senyan, “Ultra silent diesel generating set”, în *Utility Model no. CN 205078343 U*, China National Intellectual Property Administration (CNIPA), Beijing, China, 2016.
- [616]. S. H. Chen, “Portable wind power generator”, în *Patent no. US 7,339,286 B1*, United States Patent and Trademark Office (USPTO), Alexandria, VA, Statele Unite ale Americii, 2008.
- [617]. M. C. Chuang, “Modular solar energy house”, în *Utility Model no. JP 3163760 U*, Japan Patent Office (JPO), Tokyo, Japonia, 2010.
- [618]. C. Mohrdieck și S. Dehn, “The Intelligent Fuel Cell Plug-in Hybrid Drive System of the Mercedes-Benz GLC F-Cell”, în *MTZ Worldw*, vol. 80, nr. 1, pg. 30-37, 2019.

C. Bejenar și L. D. Milici, “Development Potential of Charging and Supply Systems for Vehicles with Electric / Hybrid Propulsion”, 9th International Scientific-Practical Conference (PREDT), Suceava-Cernăuți, România-Ucraina, 2021.

C. Bejenar și M. Bejenar, “Virtual Instrument for Studying and Diagnosis of Three-Phase Power Systems”, International Students’ Scientific Workshop (ISSW), Constanța, România, 2021.

C. Bejenar, “Cercetarea și dezvoltarea sistemelor electrice de putere prin simulări realizate în mediul MATLAB & Simulink”, Universitatea “Ștefan cel Mare”, Suceava, România, 2020.

C. Bejenar, “Dezvoltarea convertoarelor de putere DC-DC pentru stații de încărcare ale autovehiculelor electrice”, 14th International Session of Student Scientific Communications (ELSTUD), Suceava, România, 2020.