



# HiTECH-HEV

Modular architecture developed for Hardware-in-the-loop platform for TEsting Competitive, Highly-efficient and reliable Hybrid Electric Vehicles

**Titlu Proiect:** **Hardware-In-the-Loop Modular Platform for TEsting the Energy Management of Competitive & Highly-Efficient Hybrid-Electric Vehicles (HiTECH-HEV)**

**Număr contract:** PCCA 191/2012

**Adresă web-site:** [www.hitech-hev.utcluj.ro](http://www.hitech-hev.utcluj.ro)

**Parteneri consorțiu:** Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca (coordonator – CO)

ICPE-SA (primul partener – P1)

SC LMS-International SRL – acum Siemens Industry

Software (al doilea partener – P2)



**SIEMENS**

**Echipea managerială:** Daniel FODOREAN (director proiect, responsabil CO)

Paul MINCIUNESCU (responsabil P1)

Cristi IRIMIA (responsabil P2)

## Raport de activitate (Managementul Energiei, 2015)

### CUPRINS

I.	Rezumatul Etapei .....	2
1.	Obiectivul și activitățile celei de a IV-a etape de implementare a proiectului HiTECH-HEV. ....	2
II.	Realizările și rezultatele științifice din proiectul HiTECH-HEV .....	2
1.	Preambul .....	2
2.	Studiu asupra tehnicilor de control optimal al managementului energiei la bordul VEH studiat	3
3.	Studiu asupra managementului energiei, considerând frânare recuperativă.....	9
4.	Diseminare: vizite studiu, participari conferinte internationale si publicare .....	18
III.	Indicatorii de rezultat și proces în derularea proiectului HiTECH-HEV în anul 2014 .....	19
	Anexa I – Site WEB .....	19



## I. Rezumatul Etapei

### 1. Obiectivul și activitățile celei de a IV-a etape de implementare a proiectului HiTECH-HEV.

**ETAPA IV Studiu managementului energiei cu randament și fiabilitate ridicată la bordul VEH.**

Activitatea IV.1 Studiu asupra tehnicilor de control optimal al managementului energiei la bordul VEH studiat.

Activitatea IV.2 Studiu asupra managementului energiei, considerând frânare recuperativă.

Activitatea IV.3 Diseminare: vizite studiu de lucru, participări conferințe internaționale și publicare rezultate.

## II. Realizările și rezultatele științifice din proiectul HiTECH-HEV

### 1. Preambul

Pe lângă numeroasele conversații telefonice și mesaje transmise prin email, pe parcursul acestui an au avut loc trei întâlniri de lucru, două la Cluj și una la București, în fieful primului partener. În această etapă a cercetării, pe lângă activitățile de management, Coordonatorul și-a concentrat atenția asupra studiului tehnicilor de control optimal al energiei la bordul VEH, partenerul P1 asupra pregătirii/implementării practice a propulsiei și subsistemelor auxiliare, iar partenerul P2 asupra managementului de energie cu luarea în considerare a frânării recuperative. Ca de obicei, pe măsura avansării în colaborarea științifică dintre parteneri, s-au deschis alte perspective de cercetare, în domeniul analizei structurale a sistemelor electromecanice, care au jucat un rol important în pregătirea unei propuneri de articol de revistă științifică ISI. De asemenea, problema zgomotelor nu a fost neapărat în atenția echipei de cercetare, dar credem că, mai ales în contextul actual, joacă un rol important în derularea colaborărilor cu partenerii industriali.

În rezumat, principalele realizări din acest an sunt următoarele:

- Elaborare tehnici de control optimal, fără senzori, pentru propulsie și sisteme auxiliare.
- Echilibrare/aliniere sistem de propulsie de mare viteză.
- Elaborare studiu management energie.
- Elaborare studiu management energie cu frânare recuperativă.
- Drivere inverter modular (3x3) pentru alimentarea mașinii de mare viteză.
- Aplicație executabilă pentru managementul energiei la propulsia VEH, cu monitorizare parametri termici, mecanici și electrice.
- Modul de monitorizare inteligentă a stării parametrilor electrice, mecanici și termici ai VEH.
- Articol ISI trecut de prima revizie la revista IEEE Transactions on Industry Applications, un articol de revistă BDI (Scopus), plus 5 articole de conferință internațională – în contextul participării la aceste conferințe, directorul de proiect a avut și responsabilitatea de co-chair de sesiuni științifice, pentru conferința ACEMP-OPTIM-ELECTROMOTION-2015 și VPPC-2015.
- Cu ideea de brevet propus anul trecut (Reductorul magnetic cu transmisie în trepte, A/00869/17.11.2014), s-a participat la diverse saloane de invenție cu participare internațională s-au obținut două premii.

Principalele cheltuieli, pe anul 2015, au fost următoarele:

- Sistem convertizo-mașină folosit pentru studiul de generator și motor al propulsiei electromagnetice de mare viteză (sistemul permite funcționarea în "4-cadrane", pentru realizarea testării recuperative).



- Accelerometre pentru testare structurală a propulsiei de mare viteză.
- Multimetre profesionale de precizie.

Merită menționate și realizările de interes pentru partenerii industriali, care:

- Au realizat, în premieră, un stand performant de mare viteză, având reductor magnetic încorporat (partenetul P1).
- Au beneficiat de un model de reductor magnetic, ce poate fi încorporat în software-ul Amesim, și care ține cont de pierderile mecanice și în fier ale dispozitivului.

## 2. Studiu asupra tehnicilor de control optimal al managementului energiei la bordul VEH studiat

Modelele alimentării sistemului de propulsie de mare viteză, precum și a subsistemelor auxiliare (direcție, frână, compresor aer condiționat) au fost elaborate pentru diverse tehnici de comandă:

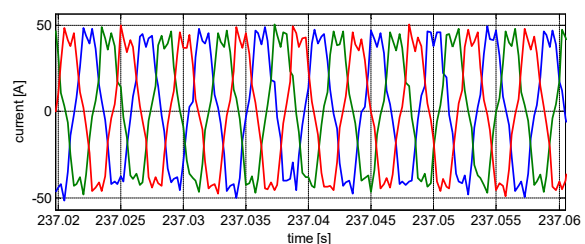
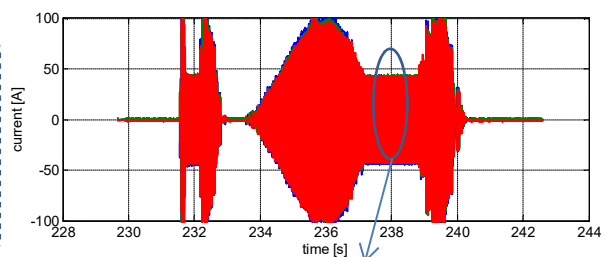
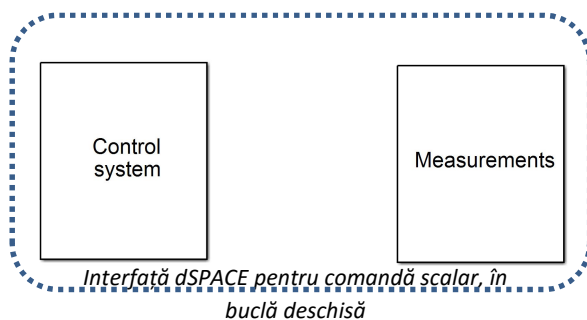
- comanda scalară și vectorială adaptate pentru aplicațiile studiate;
- alimentare în buclă deschisă folosind principiul  $120^\circ$  (două faze alimentate la fiecare moment, curenții fiind trapezoidal) sau  $180^\circ$  (alimentând toate cele trei faze în fiecare moment, curenții fiind sinusoidal);
- alimentare în buclă închisă, folosind senzor de poziție (resolver);
- alimentare în buclă închisă, fără senzor de poziție (așa numita comandă sensorless);
- tehnica slăbirii fluxului, în vederea exploatării în viteză a propulsiei.

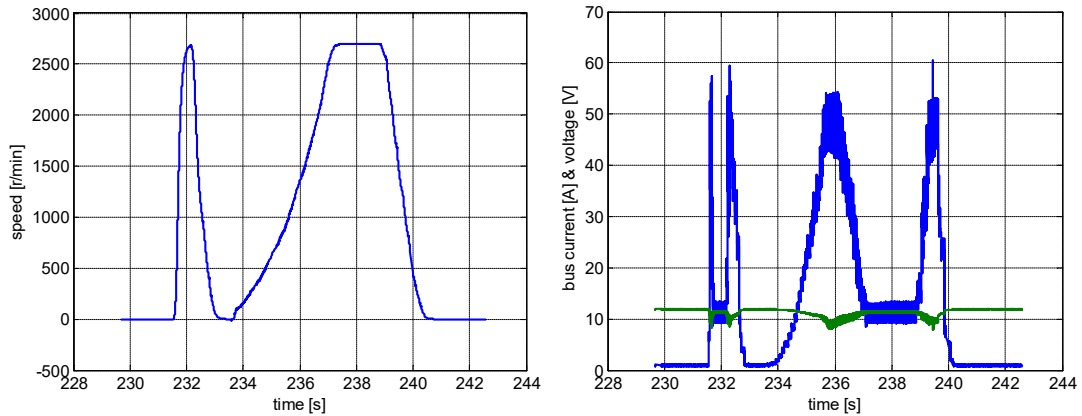
Tehnicile de comandă amintite anterior au fost aplicate pentru mașini sincrone cu magneti permanenți (MSMP), pentru mași sincrone reactive (MSR), cât și pentru mașini de inducție (MI).

În vederea implementării a cotrolului în timp real, și din rațiuni de spațiu, aici vor fi prezentate doar câteva rezultate obținute în modelare și apoi la implementare pe standul de probă, unitatea de achiziții și control în timp real folosită fiind dSPACE.

În imaginile următoare vor fi prezentate modelele de control scalar pentru sistemul de direcție al VEH studiat, alimentat de la 12Vcc, care conține un invertor trifazat și o MSMP.

Pentru comanda în timp real s-a folosit, în primă fază un controler scalar, fără senzor de poziție și în buclă deschisă, schema globală fiind prezentată în Fig.1. S-a testat dinamica sistemului, raspunsul sistemului fiind corespunzător, însă cu prețul unei energii absorbite extrem de importante – a se vedea de asemenea Fig.1.



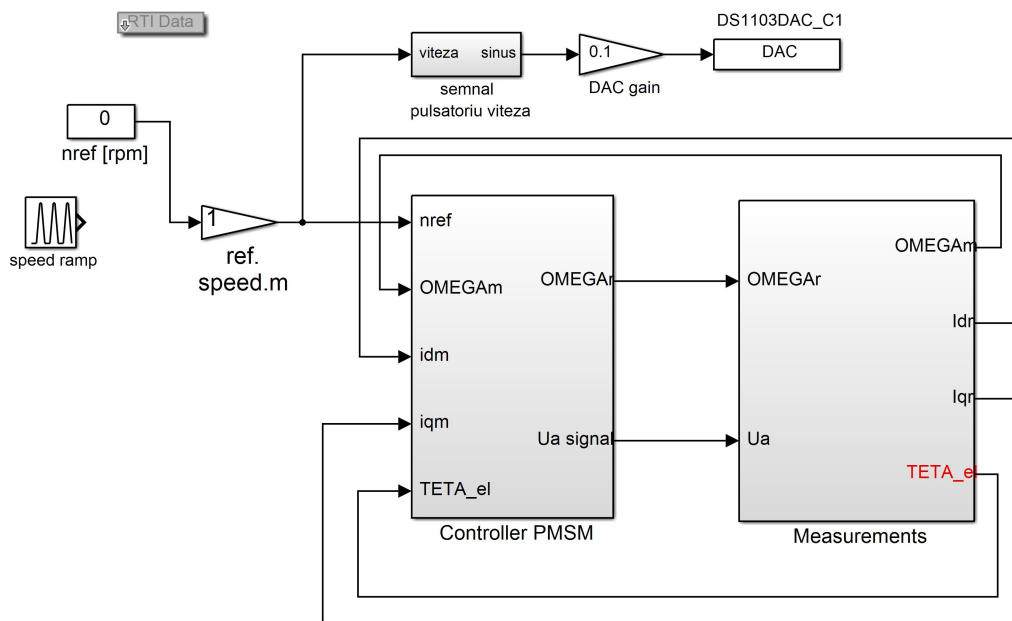


**Figura 1.** Schema bloc a logicii de control scarlar, în buclă deschisă, de implementat în platforma dSPACE, pentru alimentarea MSMP folosită la sistemul de direcție al VEH.

Pentru acest raport s-au reținut doar câteva rezultate experimentale, vezi Fig.1, și anume curentul absorbit pe cele 3 faze ale MSMP (inclusiv un detaliu asupra curenților), profilul aleator de viteză urmărit (știind ca sistemul de direcție presupune funcționarea intermitentă, cu șocuri de curent) și curentul și tensiunea absorbite din baterie (12Vcc). Se poate observa ușor cum tensiunea de bus-continuu scade la șocurile de curent solicitate brusc.

Modelul de control scarlar al MSMP este destul de simplu și nu se va insista asupra lui, deoarece are oricum performanțe modeste din punctul de vedere al consumului energetic. Motiv pentru care aici se va prezenta ceva mai detaliat modelul de control în timp real, de tip vectorial, și fără senzor de poziție.

Controlulvectorial și fără senzori de poziție a fost, de asemenea implementat pentru sistemul compresor, alimentat de această dată de la 36Vcc – de ceva vreme se pune problema trecerii de la alimentarea de 12Vcc la o tensiune superioară, pentru a putea asigura necesarul de putere pentru această aplicație. Astfel, în cazul acestuia s-a realizat și implementat schema de control globală prezentată în Fig.2.



**Figura 2.** Schema bloc a logicii de control vectorial, fără senzor mecanic, în buclă închisă, de implementat în platforma dSPACE, pentru alimentarea MSMP folosită la sistemul compresor al VEH.



Modelul prezentat conține 4 elemente principale:

- referința de viteză, care poate fi o constantă (controlată manual în dSPACE) sau o rampă (preconfigurată, în funcție de parametru timp, și care permite repetarea unor cicluri de funcționare – spre exemplu, un ciclu rutier european, sau orice alt ciclu rutier pentru care se testează managementul de energie).
  - Se subliniază faptul că prezența blocului "gain", numit "ref.speed.m" (cu valoarea 1, (pentru a nu altera valoarea de intrare), este justificată de modul în care ControlDesk.NextGeneration (software-ul de interfață cu platforma de control în timp real) afișează și înregistrează valorile măsurate: dacă avem o constantă, atunci se va înregistra doar momentul modificării și noua valoare a variabile "nref [rpm]", iar dacă preluăm ieșirea din "gain", atunci înregistrarea se face în mod continuu, la pasul de eșantionare impus și folosit și la înregistrarea celorlalți parametri.
- Blocul semnal pulsatoriu viteză este folosit pentru a traduce semnalul de intrare în semnal de tensiune variabil, ce poate fi prelucrat de majoritatea sistemelor de control în timp real. Semnalul variabil obținut din intrarea de viteză va fi împărțit cu 10 în vederea afișării lui pe un bloc de conversie digital-analogic, "DAC\_C1". În plus, acest semnal va fi folosit în analiza structurală elaborate de alaborat ulterior în acest studiu – **pentru moment acest bloc nu este detaliat!**
- Blocul "Controller PMSM", care conține logica de control pentru alimentarea mașinii în studio (detaliat mai jos).
- Blocul "Measurements", care conține interfața de măsură, adică blocurile de conversie analog-digitală (CAD) pentru achiziționarea curentului, a tensiunii de la baterie, în vederea realizării controlului în buclă închisă a MSMP (detaliat mai jos).

Conținutul blocului Controller PMSM (mașina sincronă cu magneti permanenți) este prezentat mai jos, fiind compus din:

- Blocul de reset: în configurația folosită în acest laborator, de control fără senzori (sensorless), acest bloc nu este folosit (ci doar pentru comandă cu sensor de poziție).
- O funcție "Fcn" pentru a transforma viteza măsurată în r/min în viteză unghiulară, măsurată în rad/s.
- Blocul de reglatoare PI:

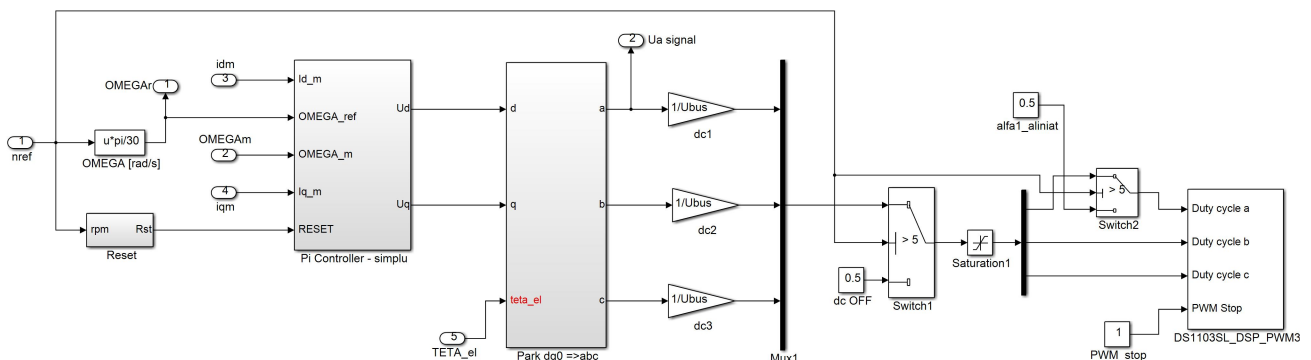
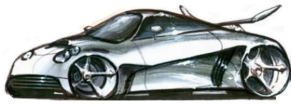


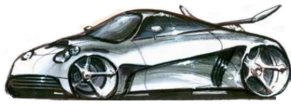
Figura 3. Detaliu asupra controlerului folosit la comanda MSMP pentru subsistemul compresor.



- Regulatorul PI de viteză: compară viteza de referință cu cea măsurată pentru a genera curentul în quadrature ( $I_q$ ) corespunzător. Acesta este obținut în funcție de parametrii de regulator determinați în funcție de parametrii mașinii, și în funcție de frecvența de comutație a inverterului.
- Regulatorul PI de curent în axa directă: compară curentul de referință  $I_d$  (egal cu 0, pentru maximizarea cuplului), pentru a genera semnalul de tensiune în axă directă,  $U_d$ , corespunzător. Parametrii acestui regulator sunt deasemenea calculați în funcție de parametrii mașinii comandate.
- Regulatorul PI de curent în axa în quadratură: compară curentul de referință  $I_q$  (obținut din regulatorul PI de viteză), pentru a genera semnalul corespunzător de tensiune în axa în quadratură,  $U_q$ , corespunzător.
- Blocul transformatei Park inverse: generează tensiunile trifazate  $U_a, U_b$  și  $U_c$ , corepunzătoare semnalelor de comandă a întrerupătoarelor inverterului real, având la intrare sistemul bifazat de tensiuni,  $U_d$  și  $U_q$ . Acest bloc este urmat de blocuri "gain", pe fiecare ramură, pentru limitarea (la valoarea 1) a semnalului de comandă a întreruptoarelor inverterului folosit.
- Bloc de comutație, "Switch1", care permite începerea măsurii după ce viteza a ajuns la valoarea 5 – la valori mici de viteză, controlul nu poate urmări corespunzător referința, prin generarea de curenți adecvați. La început, întreruptoarele inverterului trifazat sunt inițializate la valoarea 0.5, de către blocul "dc OFF", pentru a menține în echilibru toate întreruptoarele de pe alternanța pozitivă și negativă a inverterului. Blocul "Switch1" este urmat de un bloc "Saturation", care joacă rol de protecție suplimentară prin limitarea amplitudinii tensiunii semnalelor de comandă.
- Blocul de aliniere, cu faza A, a rotorului, este compus din blocul "alfa1\_aliniat" și "Switch2". La începutul fiecărei măsurători, îl vom acționa pentru aliniere și resetarea a poziției măsurate din traductorul de poziție (la comanda sensorless, nu este necesar).
- Blocul PWM trifazat, care leagă modelul de control de platformă dSPACE utilizată. Acest bloc este instalat în toolboxul dSPACE, odată cu instalarea software-ului necesar lucrului cu platforma 1103, în subtoolboxul Slave din Simulink. Aici vom trimite cele trei semnale de comandă pentru inverterul trifazat. Acest bloc conține o comandă de blocare a semnalelor PWM, "PWM\_stop", și care trebuie acționat înainte de a modifica referința de viteză. Predefinit, blocarea semnalului de comandă, PWM, în dSPACE este la valoarea "1". Pentru a genera semnale de comandă, acest bloc trebuie modificat la valoarea "0", în interfața de control în timp real, ControlDesk.NextGeneration,

Conținutul blocului de măsurători este următorul:

- Blocurile "Mux\_ADC", folosind un multiplexor de convertoare analog-numerice, urmat de un bloc de multiplicare cu "10", pentru corectarea impusă de prelucrarea semnalelor care intră în ds1103 (specifică la majoritatea platformelor dSPACE). Celelalte blocuri care urmează, sunt folosite pentru ajustarea valorilor parametrilor mășurați, ajustare impusă de senzorii de curenți și tensiune folosiți.
- Blocul transformatei Park, care transformă cei trei curenți mășurați într-un sistem bifazat de curenți (în funcție de poziția teta rotorică),  $I_d$  și  $I_q$ , folosiți apoi de regulatoarele PI pentru generarea semnalului de comandă.



# HITECH-HEV

Hardware-in-the-Loop Modular Platform for Testing the Energy Management of Competitive & Highly-Efficient Hybrid-Electric Vehicles

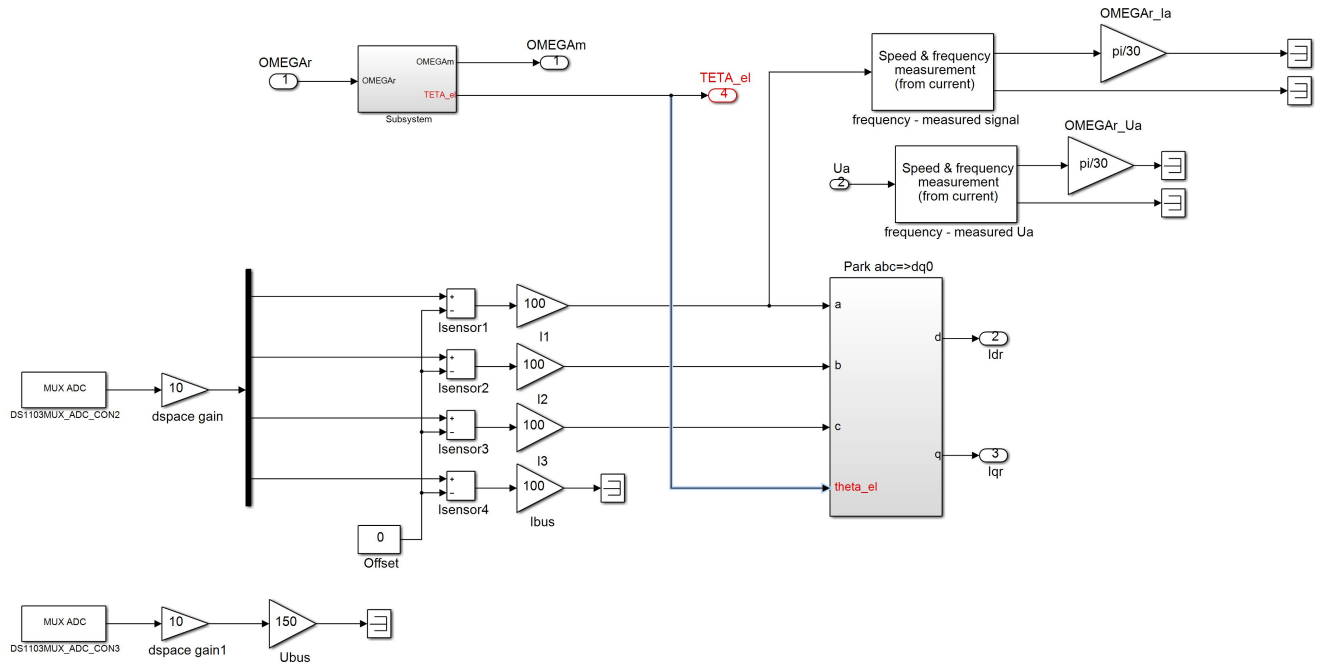


Figura 4. Detaliu asupra blocului de măsurări a curenților și tensiunii de alimentare.

Celelalte blocuri de măsură a vitezei și frecvenței sunt folosite pentru confirmarea/verificarea măsurătorilor mecanice și nu sunt detaliate aici.

Interfața ControlDesk pentru rularea în timp real a aplicației este prezentată în Fig.5.

Interfața de lucru (Layout-ul)

Numele aplicație rulate în Simulink

Parametrii variabilelor încărcăți în aplicație (valori sau ieșiri)



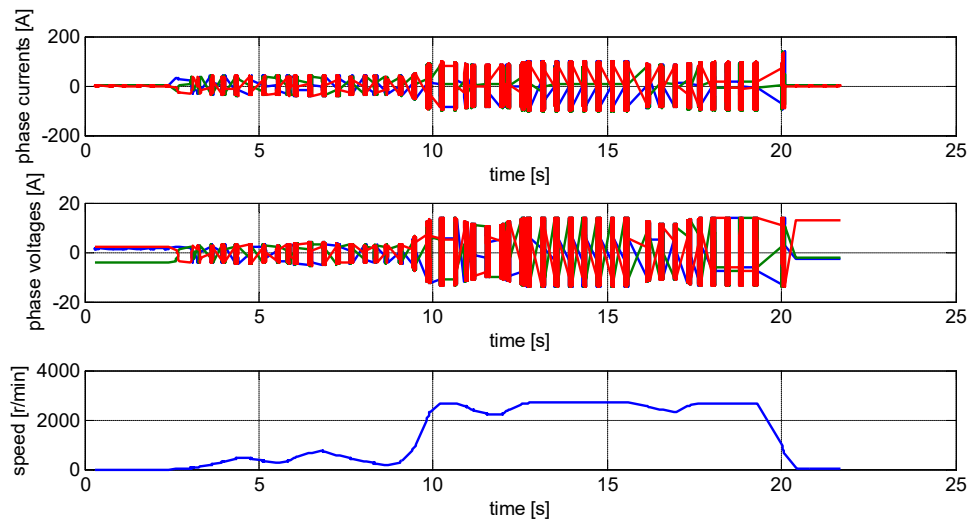
Pentru a avea la dispoziție variabilele aplicației, modelul trebuie să fie activ, accesând "Go Online". Orice modificare în modelul Simulink, trebuie să fie precedată de oprirea aplicației în timp real, "Go Offline", de reîncărcarea aplicației Simulink (Ctrl+B) și de activarea butonului "Go Online".

Pentru aplicația în studiu, se va pregăti interfața de lucru, Layout-ul, folosind Selectorul de Instrumente, cu următoarele blocuri:

- **Radio button**, pentru activarea sau dezactivarea PWM-ului.
- **Display**, pentru afișarea valorii corespunzătoare alinierii cu faza A a mașinii, precum și a vitezei acesteia.
- **Push button**, pentru alinierea cu faza A a rotorului.
- Slider, pentru controlul vitezei de referință, când se folosește blocul constantă în Simulink, sau pentru afișarea modificării vitezei când se folosește rampa în Simulink.
- **Plotter**, pentru afișarea semnalelor de comandă, a curenților măsurați etc.

Celelalte funcționalități ale aplicației în timp real se vor studia la laborator. Aici se urmărește studierea implementării controlului în timp real al MSMP, al comportamentului și caracteristicilor mașinii, precum și modalitatea achiziționării în timp real, și a afișării rezultatelor măsurate folosind structurile de date Matlab.

O parte a rezultatelor măsurate este prezentată în Fig.5. Aici, profilul de viteză este la intervenția utilizatorului. Se poate implementa și un profil de viteză predefinit (spre exemplu ciclul european rutier), pe baza căruia se poate testa robustețea controlului dar și managementul de energie, în cazul în care se va folosi o baterie, ca și alimentare.

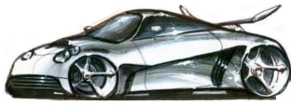


**Figura 5:** Rezultatele măsurate în urma comenzii vectoriale a MSMP.

*Notă : rezultatele măsurată de curent și tensiuni sunt întrerupte, deoarece încărcarea tuturor rezultatelor în Matlab, pentru probleme, suprasolicită procesorul PC-ului, care uneori se blochează. Din acest motiv, înregistrarea se face pentru intervale de .3s, pe perioada de trigger.*

Analiza poate fi extinsă pentru toate sistemele VEH. Aici au fost detaliate cele cărora nu li s-a acordat o atenție mai profundă în celelalte rapoarte științifice.





În continuare, se vom concentra atenția asupra celei de-a doua activități, care se referă la managementul de energie și posibilitatea frânării recuperative - o topică interesantă în domeniu.

### 3. Studiu asupra managementului energiei, considerând frânare recuperativă.

Prin managementul energetic al unui vehicul (VEM - vehicle energy management) se intelege studiul transferurilor energetice in interiorul vehiculului dar si cu mediul exterior, legate atat de performantele sistemului de propulsie cat si de confortul pasagerilor. Bilantul energetic global include energii de natura mecanica, termica, electrica si hidraulica.

Exista mai multe posibilitati de abordare a acestei probleme:

- *bilantul energiei termice* → o abordare globala pentru optimizarea transferurilor energetice prin reducerea consumurilor specifice si reducerea emisiilor;
- *manevrabilitatea* → compromisul intre manevrabilitate si consumurile specifice pentru transmisiile moderne hibride si electrice;
- *optimizarea integrarii echipamentului de propulsie in bilantul energetic.*

Un exemplu de simulare la nivel de concepie un unui vehicul electric, ce permite analiza balantei energetice, este prezentat in Fig.6 corespunzatoare unei anumite arhitecturi. In particular pentru vehiculele electrice estimarea si simularea consumului energetic global reprezinta o etapa critica in procesul de cercetare si realizare produs. Prin estimarea diferitelor pierderi energetice este posibil sa fie definite in etapa de concepie aspecte legate de racirea motorului si a cabinei, de consumul energetic al bateriei in diferite conditii de exploatare. In mod similar, caracteristicile transmisiei de putere pot fi stabilite si evaluate inainte de realizarea prototipului, pe baza diferitelor scenarii de conducere vehicul.

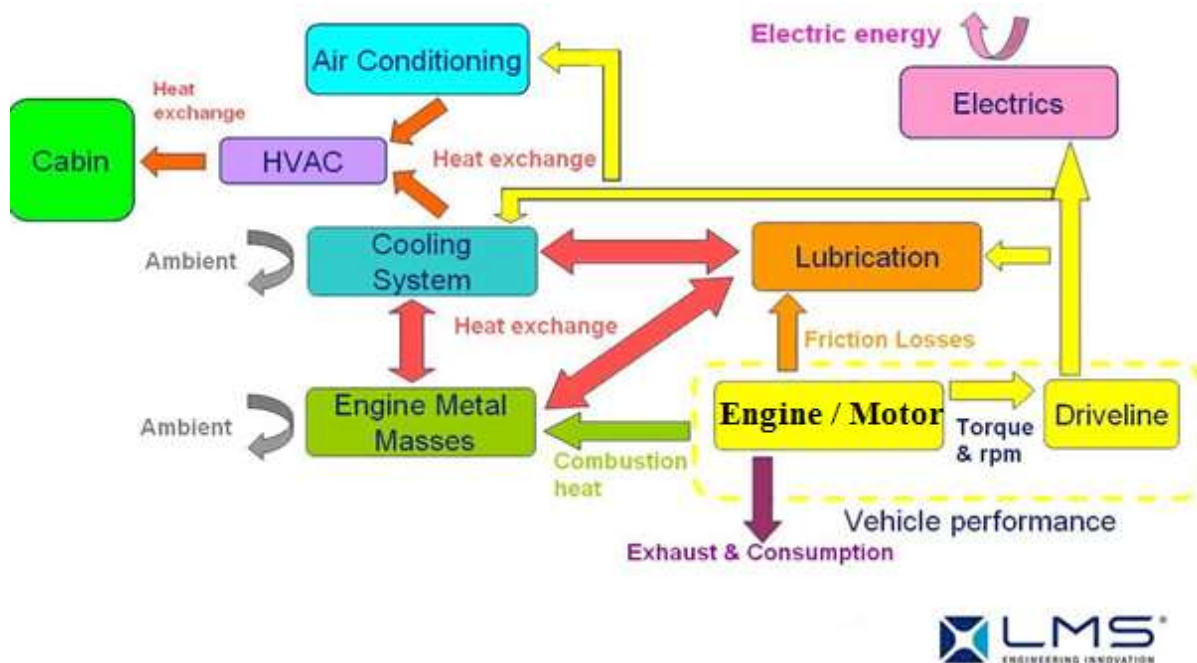


Figura 6: Diagrama modelarii managementului energetic al unui vehicul antrenat cu motor termic sau electric.

Figura 7 prezinta modelul AMESim al unui vehicul electric antrenat cu un motor sincron cu magneti permanenti. Modulul DRIVER calculeaza parametrii de franare si de accelerare necesari realizarii profilului de viteze selectat pentru vehiculul electric. Unitatea de control (CONTROL UNIT) decodifica acceleratia necesara in comanda in cuplu a motorului electric. Semnalul de franare este distribuit



catre masina electrica in regim de generator (franare recuperativa) si catre dispozitivul de franare mecanica. Sunt modelate, de asemenea, transmisia electrica de putere, consumatorii auxiliari si echipamentele de comanda si control implicate in realizarea performantelor.

Principalele componente ale vehiculului electric implicate in transferurile energetice sunt uematoarele:

- **Masina sincrona cu magneti permanenti:** masina electrica montata pe vehicul este o masina sincrona cu magneti permanenti de inalta turatie, functionand ca motor sau ca generator, in functie de regimul impus prin comada. Modelul este linear, saturatia materialului magnetic fiind neglijata. Parametrii acesui model sunt prezentati in Fig. 8.

- **Bateria electrica:** pentru baterie s-a folosit modelul cu parametrii specificati in Fig. 9. Circuitul electric echivalent corespunde unei surse de tensiune variabila, cu rezistenta internă variabila. Se folosesc fisiere de date experimentale sau expresii consacrate, asociate acestei resurse energetice. Variabilele independente sunt starea de incarcare (SOC - state of charge), exprimata in procente, si temperatura.

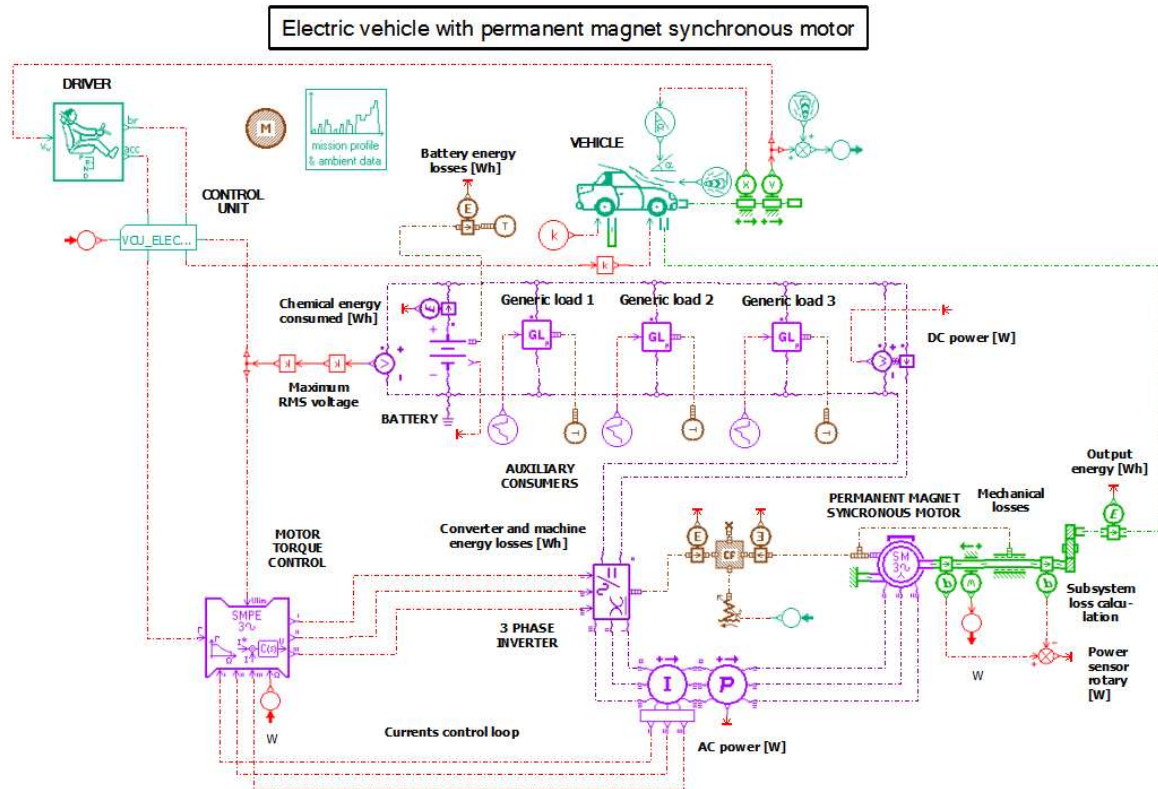


Figura 7: Modelul AMESim al unui vehicul electric antrenat cu motor sincron cu magneti permanenti.

Set global parameters:

Name	Title	Type	Unit	Value
mFvisc	viscous friction on motor shaft	Real	Nm/(rad/s)	0.0002
mFstict	Coulomb (dynamic) friction coeffici...	Real	null	1.5
Rs	machine stator resistance	Real	Ohm	0.025
Phif	machine permanent magnet flux lin...	Real	Wb	0.134
Ls	machine stator cyclic inductance	Real	H	0.00065
Lsd	machine stator cyclic inductance d	Real	H	Ls*1
Lsq	machine stator cyclic inductance q	Real	H	Ls*0.43
Imax	Maximum rms current	Real	A	100
p	pole pairs	Real	null	1

Buttons: Help, Ok, Cancel, Apply

Figura 8: Parametrii masinii sincrone cu magneti permanenti.



Title	Value	Unit
state of charge at port 4	80	null
output voltage	444.463	V
temperature influence	no	
scope of the nomcap, Cf, ocvFile and resistFile parameters	one cell	
number of cells in series in one branch	114	
number of branches in parallel	1	
nominal capacity	85.4	Ah
filtering capacitance	50	F
open circuit voltage [V] as a function of state of charge [null] ('soc' i...	$3.31+1.44*(soc/100)-2.16*(soc/100)^2+1.6*(soc/100)^3$	
ohmic resistance [Ohm] as a function of state of charge [null] ('soc' i...	0.0016	

Figura 9: Parametrii bateriei electrice.

- **Invertorul trifazat:** modelul invertorului trifazat utilizeaza caracteristicile electrice statice ale diodelor, tranzistoarelor si tiristoarelor. Pierderile pot evaluate din fisele puse la dispozitie de producator. Comutatia dinamica cu frecventa inalta este mediata. Ciclurile de viteze continute in profilul de drum ales pot fi simule intr-un timp rezonabil la nivel de CPU.

- **controlerul in cuplu al motorului sincron cu magneti permanenti:** dispozitivul de control in cuplu al motorului (controlerul) are la baza orientarea vectoriala a campului magnetic. In functie de valoarea impusa cuplului la intrare, controlerul calculeaza tensiunea de comanda pentru invertor. Tensiunea este aplicata masinii electrice care trebuie sa realizeze valoarea cuplului impus. Limitarile functionale sunt determinate de tensiunea bateriei si de curentului maxim.

Principiul de functionare al acestui controler este prezentat in continuare, grupand etapele functionale in patru faze:

- faza1: transformarea comenzii in cuplu in comanda in curenti, raportati in sistemul de coordonate Park. Comanda in curenti depinde de valoarea limita RMS a curentului, de parametrii motorului, de valoarea instantanee a turatiei motorului si de tensiunea limita RMS pe faza.

- faza 2: convertirea curentilor in tensiuni Park. Sunt utilizate 2 controlere PI. Valorile stabilite pentru amplificariile din modulele proportional si integral permit stabilizarea raspunsului prin eliminarea polilor din planul complex.

- faza 3: transformarea Park inversa.

- faza 4: comutator stea / triunghi, in functie de modul de legare a infasurarilor statorice ale masinii electrice.

- **unitatea de control a vehicului electric:** unitatea de control este adaptata vehiculului electric pe care il comanda, utilizand aceeasi parametri. Semnalul generat pentru franare este divizat catre franarea recuperativa si catre franarea mecanica. Pentru imbunatatirea confortului in conducerea masinii, franarea recuperativa actioneaza cand conducatorul nu accelereaza. Fig. 10 schematizeaza functiile pedalelor de accelerare si de franare.

Functia de generator electric in procesul de franare recuperativ nu este utilizata cand se atinge turatia minima a masinii electrice reversibile. Generatorul nu va produce putere electrica pentru incarcarea bateriilor, iar masina va fi franata mecanic.

- **consumatorii auxiliari pe vehiculul electric:** pentru modelarea consumatorilor auxiliari de pe vehiculul electric a fost utilizat un model generic care simuleaza legi de incarcare electrica in curent sau in putere. In procesul de simulare comportarea acestui model este cvasistatica. In simularea prezentata au fost modelate puterile electrice absorbite de consumatorii generici, prezentate in Fig. 11.

- **traductori de putere si energie:** Pentru a evalua diferite randamente intre transferurile energetice in procesul de simulare, au fost inglobate in model diferite traductoare de putere si de energie. Au fost respectate urmatoarele reguli:

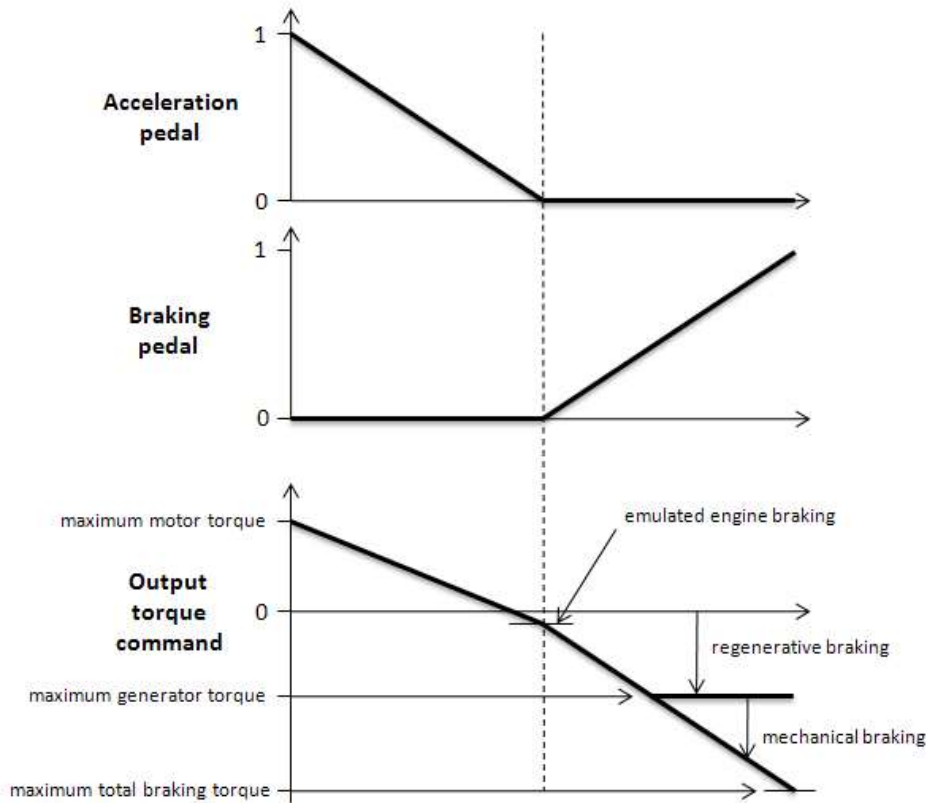


Figura 10: Sincronizarea in functionarea pedalelor de accelerare si de franare

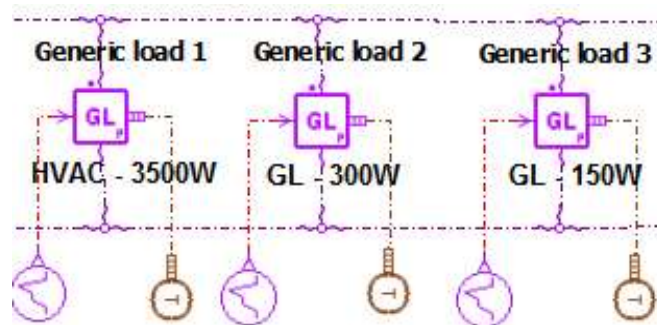


Figura 11: Considerarea consumatorilor auxiliari pe VE studiat.

- o utilizarea corecta a unui traductor de putere implica folosirea a doua traductoare, la intrarea si la iesirea din modulul analizat. Se poate face un bilant de putere, evaluandu-se puterea consumata pe componenta respectiva, Fig. 12.

- in exemplul din Fig. 13 este utilizat un singur traductor de energie, o borna a bateriei fiind legata la potential zero.

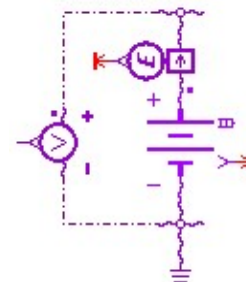
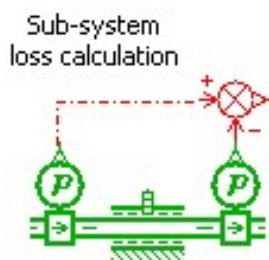


Figura 12: Utilizarea corecta a doua traductoare de putere.

Figura 13: Legaturile unui traductor de energie.



Sageata din interiorul simbolului traductorului indica directia fluxului de putere sau de energie. Daca marimea masurata circula in aceeasi directie cu sageata este pozitiva, in caz contrar este negativa.

Marimile fizice implicate in transferurile de putere si energie pentru componentele principale ale vehiculului electric si in managementul energetic global sunt prezentate in Tab. 1.

Rezultatele simularii managementului energetic corespunzator scenariului NEDC (New European Driving Cycle). Desi initial a fost destinat pentru vehicule alimentate cu benzina, acest scenariu poate fi utilizat si pentru vehiculele alimentate cu motorina si pentru vehiculele hibride si electrice. NEDC este alcatuit din doua regimuri de circulatie: in oras (UDC - Urban Driving Cycle) si in afara orasului (EUDC - Extra-Urban Driving Cycle).

**Tabelul 1:** Marimi fizice implicate in managementul energetic.

Nr. crt.	Acronim	Denumire	Expresie
1	Ein	Energie chimica transferata in sistem [Wh]	output@powersensor_elect
2	Elostbat	Energia consumata de baterie [Wh]	output@powersensor_thermal
3	Elostconv	Energia consumata de convertor [Wh]	output@powersensor_thermal_1
4	Elostmot	Energia consumata de motor	output@powersensor_thermal_2
5	Eout2	Conservarea energiei [Wh]	Ein-Elostbat-Elostconv-Elostmot
6	Eout	Energia mecanica transmisa vehiculului electric [Wh]	output@powersensor_rotary
7	Elost	Energia disipata termic [Wh]	output@powersensor_thermal +output@powersensor_thermal_1 +output@powersensor_thermal_2
8	Pin	Puterea chimica transferata in sistem [W]	P@powersensor_elect
9	Pdc	Putere curent continuu [W]	vsig@powermeter
10	Pac	Putere curent alternativ [W]	P@emd_3PhasePSensor
11	Pmot	Puterea la rotorul motorului electric [W]	P@powersensor_rotary_1
12	Pout	Puterea transmisa vehiculului electric [W]	P@powersensor_rotary
13	Effbat	Randamentul bateriei	max(0,min(Pdc/Pin,Pin/Pdc))
14	Effconv	Randamentul convertorului	max(0,min(Pac/Pdc,Pdc/Pac))
15	Effmot	Randamentul motorului	max(0,min(Pac/Pout,Pout/Pac))
16	Effglob	Randamentul global al transmisiei	max(0,min(Pout/Pin,Pin/Pout))

Rezultatele obtinute sunt frupate in urmatoarele figuri:

- Fig. 14: Bilantul de putere al bateriei si consumatorilor auxiliari.
- Fig. 15: Bilantul de putere al convertorului.
- Fig. 16: Bilantul de putere al motorului electric.
- Fig. 17: Fluxurile termice generate de baterie, convertor si motorul electric.
- Fig. 18: Bilantul de putere si randamentul global al transmisiei vehiculului electric.

Aceasta abordare se bazeaza pe o platforma ce cuprinde modele din diferite domenii fizice ceea ce permite realizarea unui model global ce este positionat in diferite conditii de exploatare. Rezultatele obtinute permit evaluarea transferurilor energetice in conditiile in care vehiculul electric parcurge un regim de viteze corespunzator unui scenariu standard, NEDC.

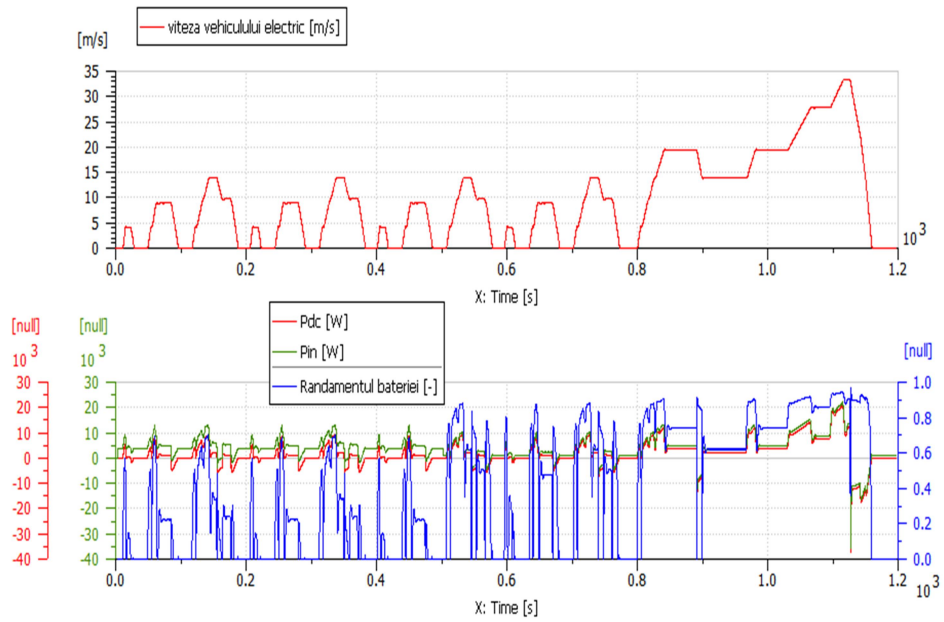


Figura 13: Bilantul de putere al bateriei si consumatorilor auxiliari

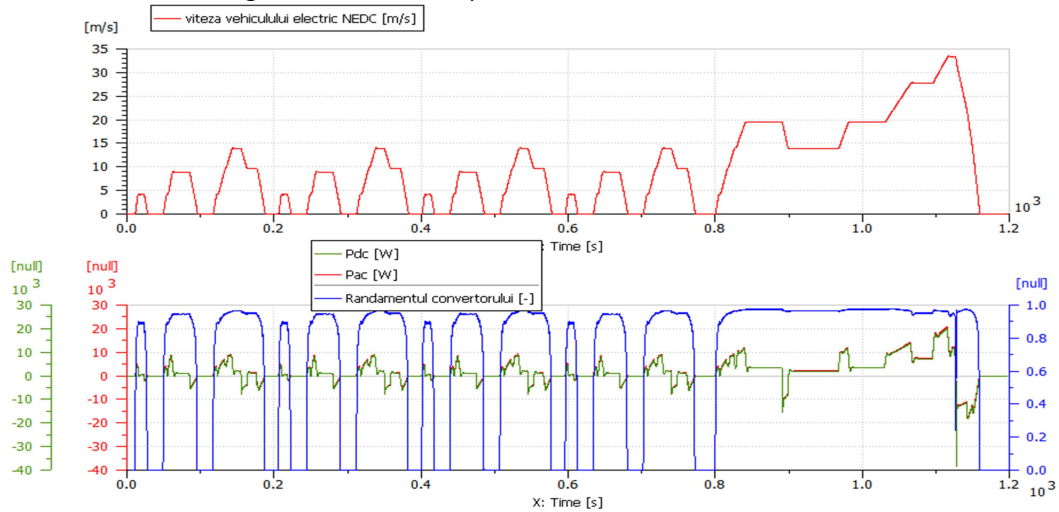


Figura 14: Bilantul de putere al convertorului.

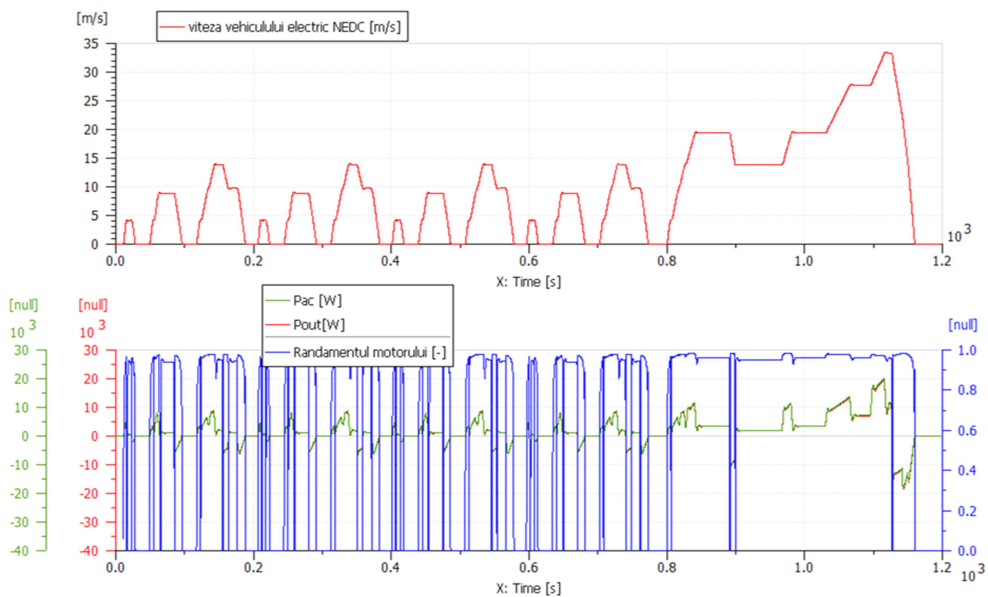


Figura 15: Bilantul de putere al motorului electric

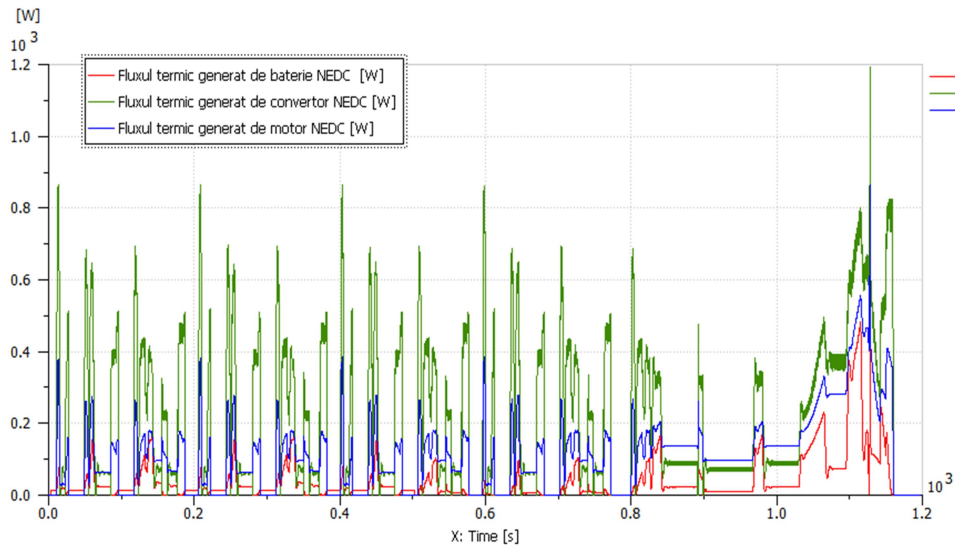


Figura 16: Fluxurile termice generate de baterie, convertor si motorul electric.

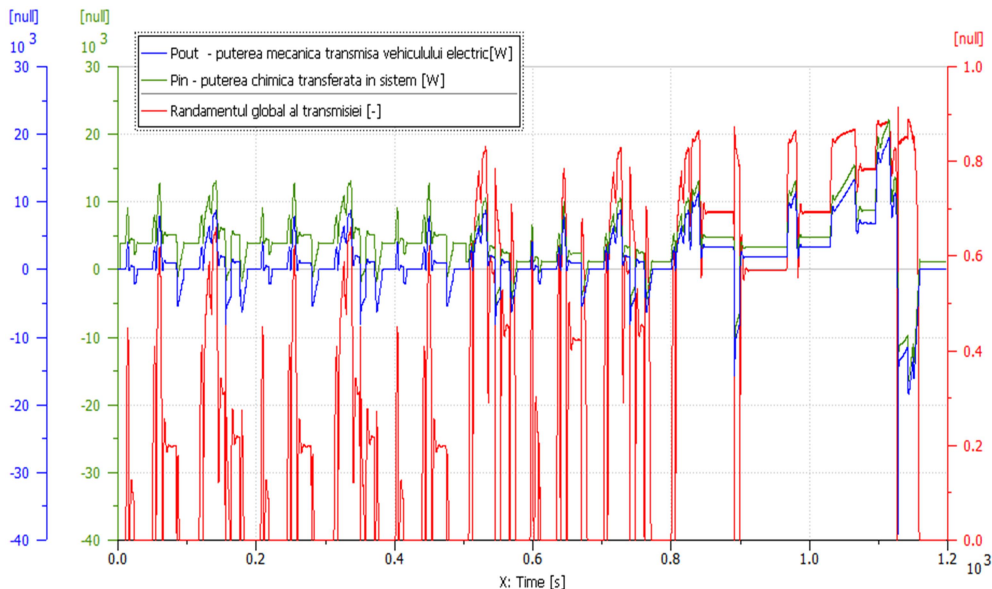


Figura 17: Bilantul de putere si randamentul global al transmisiei vehiculului electric.

#### 4. Alte realizări practice

S-a elaborat o schemă electrică complexă și completă pentru gestiunea energiei și transferul de informații între componentele VEH. Schema principală care stabilește și nivelele necesare de tensiune în rețeaua electrică a VEH, monitorizarea stării de încărcare a sursei (baterie, UC sau sursa mixtă) și logica transferului de date sunt prezentate în Fig.18. Unitatea de control pe bază de FPGA Xilinx și microcontroler dSPIC, cu afișajul stării aplicației (start PWM, încărcare baterie etc.) este prezentată în Fig.19. Drivelele pentru invertorul modular care poate fi folosit trifazat, trifazat cu trei ramuri pe braț, sau 9 faze cu câte o ramură, este prezentat în Fig.20. S-a pus la punct o aplicație care să simuleze (considerând conceptul HiL) întreg VEH. Implementarea finală practică, testarea, verificarea și validarea întregii strategii de management de energie vor fi implmentetate anul viitor, în ultima etapă de implementare a proiectulu HiTECH-HEV.



# HITECH-HEV

Hardware-in-the-Loop Modular Platform for Testing the Energy Management of Competitive & Highly-Efficient Hybrid-Electric Vehicles

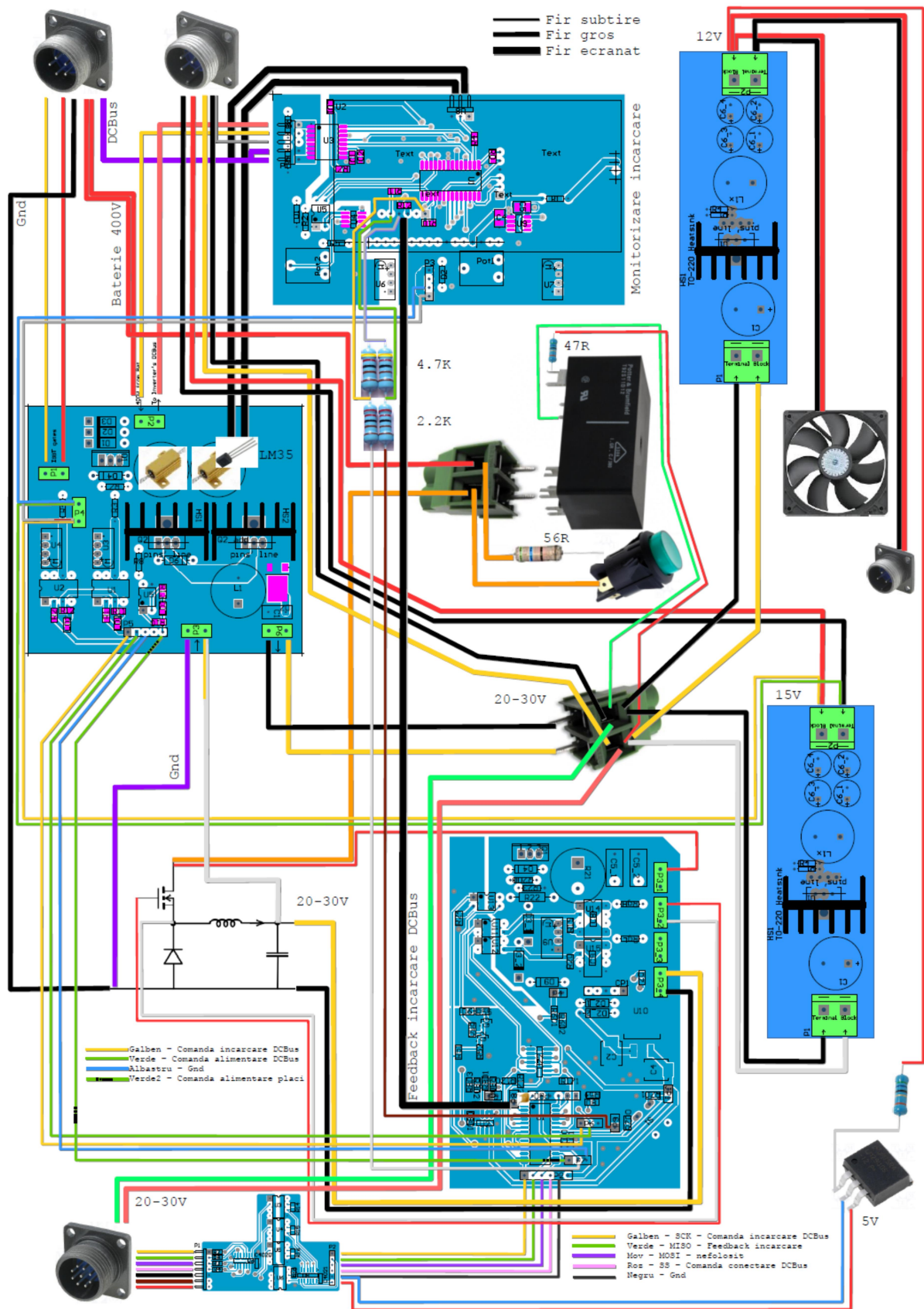


Figura 18: Schema electrică de principiu pentru transferul de energie și informația la bordul VEH.





# HiTECH-HEV

Hardware-in-the-Loop Modular Platform for Testing the Energy Management of Competitive & Highly-Efficient Hybrid-Electric Vehicles

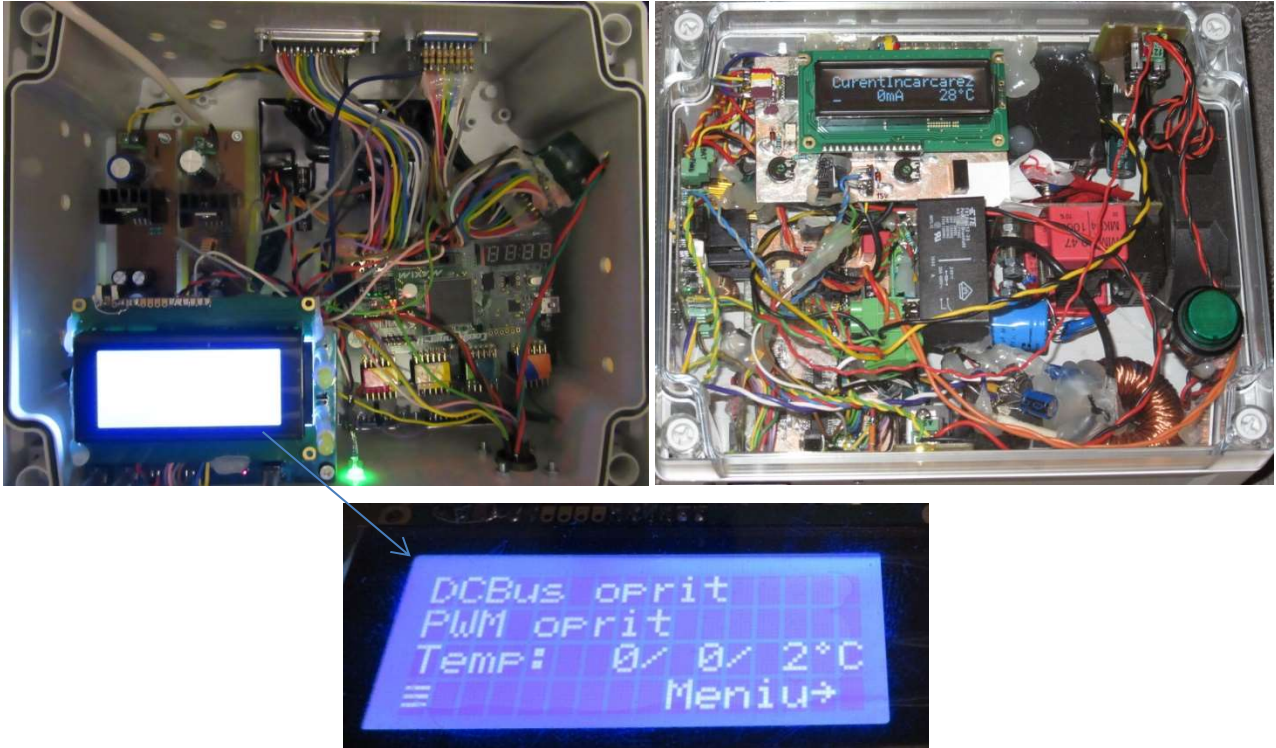


Figura 19: Unități de monitorizare și control a VEH.

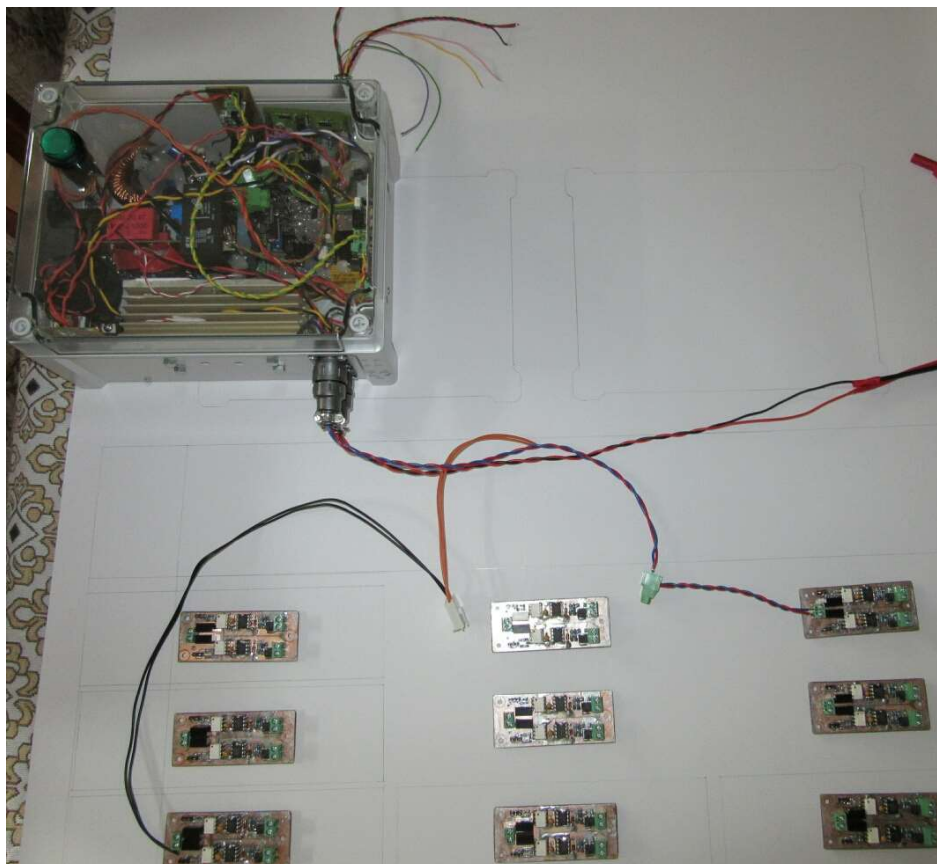


Figura 20: Driverele pentru invertorul modular folosit la alimentarea propulsiei electrice de mare viteză.



# HITECH-HEV

Hardware-in-the-Loop Modular Platform for Testing the Energy Management of Competitive & Highly-Efficient Hybrid-Electric Vehicles

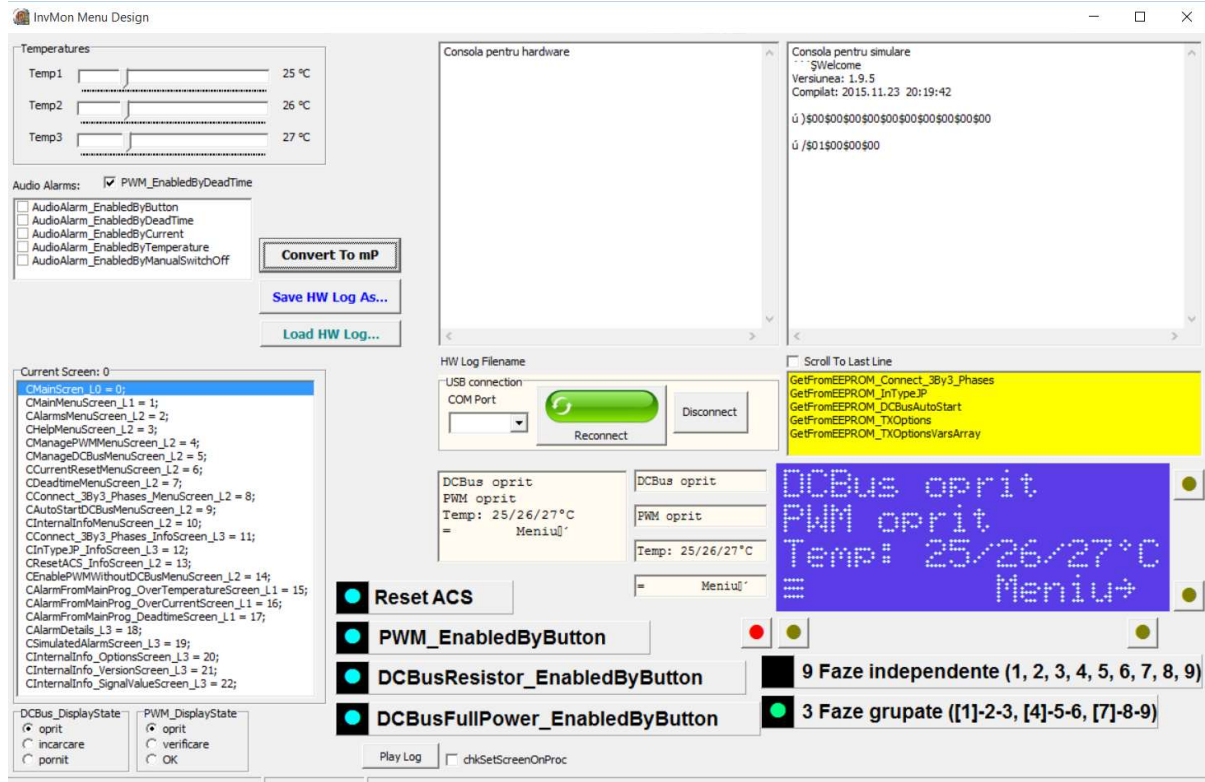


Figura 20: Aplicație .exe pentru managementul energiei a VEH folosind conceptul HiL.

## 5. Diseminare: vizite studiu, participari conferinte internationale si publicare

În cadrul proiectului HITECH-HEV, în anul 2015, au fost efectuate 6 mobilități în străinătate: 3 pentru studiu/documentare și 4 pentru participare la conferinței internaționale de prestigiu. Cu ocazia participării la aceste conferințe s-au publicat 5 articole. Merită menționat că directorul de proiect, cu ocazia participării la conferințele ACEMP/OPTIM/ELECTROMOTION și VPPC, a avut și statut de co-chair pentru sesiuni speciale, în contextul cărora s-au discutat posibile colaborări cu cercetători valoroși de peste hotare, în vederea colaborărilor pentru contracte de cercetare Europen. Un articol de revistă BDI, pregătit anul anterior, avăzut în acest an lumina tiparului, iar o propunere de articol ISI, pentru revista IEEE Transactions on Industry Applications a trecut de prima revizie, în acest moment existând mari șanse să fie acceptat. Un alt articol de revistă BDI (Scopus) este acceptat, urmând a fi publicat la începutul anului viitor. Bilanțul publicațiilor din acest an este prezentat în tabelul de mai jos:

Nr. crt.	Referință articol	Tip publicație	Status articol
1	D. Fodorean, M. Sarrazin, Claudia Steluta Martis, J. Anthonis and H. Van der Auweraer, Electromagnetic and Structural Analysis for a Surface Mounted PMSM used for Light-EV, propus pentru IEEE Transactions on Industry Applications.	Revistă ISI	A trecut de prima revizie
2	L. Szabo, M. Ruba, D. Fodorean, P. Rafajdus, P. Dubravka, P., Torque smoothing of a fault tolerant segmental stator switched reluctance motor, Komunikacije, vol.17, n.1A, 2015, pp.95-101, ISSN 1335-4205.	Revistă BDI	publicat
3	D.C. Popa, B. Vărățiceanu, Daniel Fodorean, P. Minciunescu, Claudia Martis, High Speed Induction Motor used in an Electric Vehicle, Electrotehnica, Electronica, Automatica, vol. 64 (2016), nr., pp., ISSN 1582-5175.	Revistă BDI	Acceptat
4	D. Fodorean, L. Idoumghar, Improved performances of a PMSM with reduced torque ripples, optimized based on hybrid algorithm, dedicated for light EV, VPPC-2015, Montreal, Canada, 19-22 October 2015.	Conferință internațională (IEEE)	publicat



5	<u>C. Irimia, C. Husar, M. Grovu, D. Fodorean</u> , <i>Overall performances of a high-speed propulsion system through simulation approach</i> , Side, Turkey, 2-5 September 2015	Conferință internațională (IEEE)	publicat
6	<u>D. Fodorean, C. Irimia, P. Minciunescu</u> , <i>Performances Evaluation of a Magnetic Gear with High Transmission Ratio Used for High Speed Applications</i> , Progress In Electromagnetics Research Symposium, Prague, Czech Republic, 06-09 July, 2015, pp.627-631.	Conferință internațională	publicat
7	<u>F. Jurca, D. Fodorean</u> , <i>Steady-state Analysis of Permanent Magnet Synchronous Machine for Integrated Starter-alternator Applications</i> , Progress In Electromagnetics Research Symposium, Prague, Czech Republic, 06-09 July, 2015, pp.658-663.	Conferință internațională	publicat
8	<u>M. Ruba, D. Fodorean</u> , <i>Investigation of Switched Reluctance Machine for EV Propulsion Unit with Torque Smoothing Strategy</i> , Progress In Electromagnetics Research Symposium, Prague, Czech Republic, 06-09 July, 2015, pp.463-468.	Conferință internațională	publicat

**Notă: autorii subliniați sunt membri ai echipei de implementare a proiectului HiTECH-HEV.**

### III. Indicatorii de rezultat și proces în derularea proiectului HiTECH-HEV în anul 2015

Tip Indicatori	Denumire Indicator	UM/an
<b>Indicatori de Proces</b>	Mobilități internaționale	CO: 4 / P2: 2
	Mobilități interne	CO: 1
	Valoarea investițiilor în echipamente pentru proiecte	78186.16lei
	Numărul de întreprinderi participante	2
<b>Indicatori de Rezultat</b>	Numărul de articole publicate/acceptate în fluxul științific principal internațional	6/2
	Ponderea contribuției financiare private la proiecte	28.1% / 2015
	Valoarea contribuției financiare private la proiecte	<b>135440.00 / 2015</b>

#### Anexa I – Site WEB

Situl web actualizat se găsește la adresa: [www.hitech-hev.utcluj.ro](http://www.hitech-hev.utcluj.ro).