

GASTER – VEHICUL ELECTRIC HIBRID (PHEV) ECHIPAT CU TEHNOLOGIE V2L

Tiberiu TUDORACHE¹, Andrei MARINESCU², Valeriu BOSTAN³, Adrian VINTILĂ⁴

^{1,3} Universitatea Națională de Știință și Tehnologie Politehnica București

²ASTR, Craiova

⁴ICMET, Craiova

tiberiu.tudorache@upb.ro¹, andrei.marinescu@ieee.org², valeriu.bostan@upb.ro³,
adrian_vintila@icmet.ro⁴

Abstract. The battery of an electric or hybrid vehicle (EV/PHEV) can store a significant amount of electrical energy that can later be used for travel, injected into the grid when the tariff is favorable, or used to power a local consumer grid in the absence of other electrical sources. The interconnection of EV/PHEV with various external sources, respectively with local consumer grids, represents a natural technological evolution that can offer numerous advantages both for owners (through flexibility and through the savings that can be obtained by exploiting advantageous differentiated tariff plans), and for the national level through the contribution it can make to the stability of the NES as a whole.

This paper addresses the integration of the experimental Gaster PHEV model into a complex ecosystem comprising the vehicle battery, the power grid, fixed or portable PV panels, and a local consumer grid. Thus, the vehicle under study becomes a mobile prosumer equipped with V2L technology. The system proposed in the paper is analyzed in two different scenarios using the Matlab/Simulink software package.

1. INTRODUCERE

Politicile recente asumate de UE privind decarbonizarea sectorului transporturilor au contribuit decisiv în ultimii ani la accelerarea tranziției sistemelor de mobilitate către soluții bazate pe motorizări electrice și hibride. În acest context numărul de Vehicule Electrice (EV), respectiv de Vehicule Electrice Hibride de tip Plug-In (PHEV) pentru pasageri înmatriculate în UE a cunoscut o creștere importantă în ultimii ani (de ex. în Europa, din 2020 până în 2024, creșterea a fost de circa 2,75 ori pentru EV și de circa 1,67 ori pentru PHEV) [1]. Pe de altă parte numărul tot mai mare de EV și PHEV în exploatare a adus cu sine o creștere foarte mare a energiei electrice stocate în bateriile acestor vehicule care a deschis noi orizonturi privind utilitatea integrării acestora în rețelele electrice.

Interconectarea EV și PHEV cu surse externe diverse, respectiv cu rețele locale de consumatori reprezintă o evoluție tehnologică firească ce poate oferi numeroase avantaje atât pentru proprietari (flexibilitate, optimizare energetică, economii importante prin adoptarea de planuri tarifare diferențiate avantajoase), pentru consumatori (de exemplu în perioadele de întreruperi de tensiune), cât pentru operatorul de rețea prin contribuția pe care o poate aduce la stabilitatea Sistemului Electroenergetic Național (SEN), și pentru societate în sens mai larg.

Se estimează că până în anul 2030, la nivelul UE numărul de vehicule EV și PHEV va depăși borna de 50 de milioane de unități, iar energia totală stocată în bateriile acestor vehicule va fi de circa 1500 GWh [2].

Relația EV și PHEV cu rețeaua, cu alte vehicule, cu rețeaua de consumatori sau cu alte sisteme exterioare este reglementată prin tehnologii specifice precum: V2L (Vehicle to Load), V2G (Vehicle to Grid), V2H (Vehicle to Home), V2B (Vehicle to Building), V2X (Vehicle to Everything), etc. ultimul concept fiind cel mai general care le acoperă pe toate celelalte.

Conceptul V2L se referă la funcția de alimentare unidirecțională cu tensiune standard de 230 V c.a. a unei rețele de consumatori (laptopuri, smartphone-uri, biciclete electrice, unelte electrice etc.) de la bateria unui EV sau PHEV prin intermediul unui convertor de mică putere. Astfel bateria EV și PHEV poate fi utilizată [3-6]: pentru alimentarea consumatorilor pe șantiere izolate, pentru asigurarea energiei electrice la camparea în zone izolate, pentru alimentarea unei locuințe în lipsa energiei electrice etc.

În ciuda importanței evidente a V2L, puține EV/PHEV au în prezent această funcție, printre care se pot menționa următoarele modele concepute în Asia: MG ZS, Hyundai IONIQ 5, KIA EV6, Mitsubishi Eclipse Cross PHEV. Începând cu aprilie 2024 Dacia Spring în varianta Extreme a fost echipată de asemenea cu sistemul V2L [7].

Puterea și energia absorbite trebuie monitorizate pentru a nu se descărca prea mult bateria EV/PHEV și pentru a nu suprasolicita convertorul V2L. Acest lucru se poate realiza, de pildă, prin separarea circuitelor de sarcină esențiale (frigider, PC desktop, iluminat LED etc.) de circuitele neesențiale, cum ar fi încălzirea ambientală și a apei calde dacă acestea utilizează energie electrică.

Conceptul V2L poate aduce beneficii și în situații excepționale, cum ar fi eforturile de salvare și ajutorare în timpul dezastrelor naturale. Mitsubishi, de exemplu, afirmă că a utilizat tehnologia V2L în vehiculele i-MiEV echipate pentru a fi folosite ca surse de energie de rezervă în urma cutremurului și tsunamiului de la Fukushima din 2011 și, mai recent, pentru alimentarea aparatelor frigorifice mobile în vederea livrării vaccinurilor COVID-19 în zonele izolate din Indonezia [8].

Compania KIA susține într-un comunicat oficial că modelul KIA EV6 echipat cu tehnologia V2L poate asigura funcționarea simultană a unui televizor de 55 inch (1.4 m) și a unui aparat de aer condiționat pentru mai mult de 24 de ore [9].

Lucrarea de față abordează subiectul integrării modelului experimental Gaster PHEV Premium într-un ecosistem complex care include bateria vehiculului, rețeaua de alimentare, panouri PV fixe sau portabile, respectiv o rețea locală de consumatori. Astfel, vehiculul studiat devine un prosumator mobil, echipat cu tehnologie V2X/V2L. Sistemul propus în cadrul lucrării este analizat cu ajutorul pachetului de programe de calcul Matlab/Simulink în două scenarii distincte.

2. INTEGRAREA ÎN REȚEA A VEHICULULUI GASTER PHEV

Construcția vehiculului Gaster PHEV (Extended Range) are la bază cunoscutul model Duster produs de firma Dacia [3, 10]. Denumirea vehiculului provine din faptul că folosește (G)az natural comprimat (GNC) în loc de benzină pentru alimentarea motorului termic, în vederea reducerii amprente sale de carbon.

Grupul motopropulsor termic al PHEV este echipat cu motor 1,6 SCe alimentat cu GNC. Acesta este montat în partea din față a vehiculului și cuplat la o transmisie CVT. Grupul motopropulsor electric cu motor electric este montat în partea din spate a vehiculului, iar rezervorul de combustibil GNC cu 2 cilindri este amplasat sub scaunele din spate. Bateria electrică montată deasupra axei spate este o baterie de tip LiFePo4 formată din 66 de module de 3.2 V și 100 Ah conectate în serie, având tensiunea nominală totală de circa 211 V și o capacitate nominală de 21 kWh.

Vehiculul Gaster PHEV poate fi integrat într-o rețea electrică în mai multe scenarii posibile. De pildă acesta poate face parte dintr-un sistem energetic clasic de tip prosumator (SEN, panouri PV, baterie EV/PHEV, consumatori locali, convertor hibrid), bateria sa fiind utilizată ca element de stocare în locul bateriilor fixe clasice de stocare de tip Pb-Acid sau LiFePO4, Fig. 1.

Sistemul PV prezentat în Fig. 1 este alcătuit din 6 panouri înseriate, fiecare fiind caracterizat de putere nominală $P_n = 100 \text{ W}$, tensiune de mers în gol $U_0 = 21,57 \text{ V}$, curent de scurtcircuit $I_{sc} = 5,58 \text{ A}$, tensiune în punctul de putere maximă $U_m = 18,15 \text{ V}$, curentul în punctul de putere maximă $I_m = 5,51 \text{ A}$, etc.

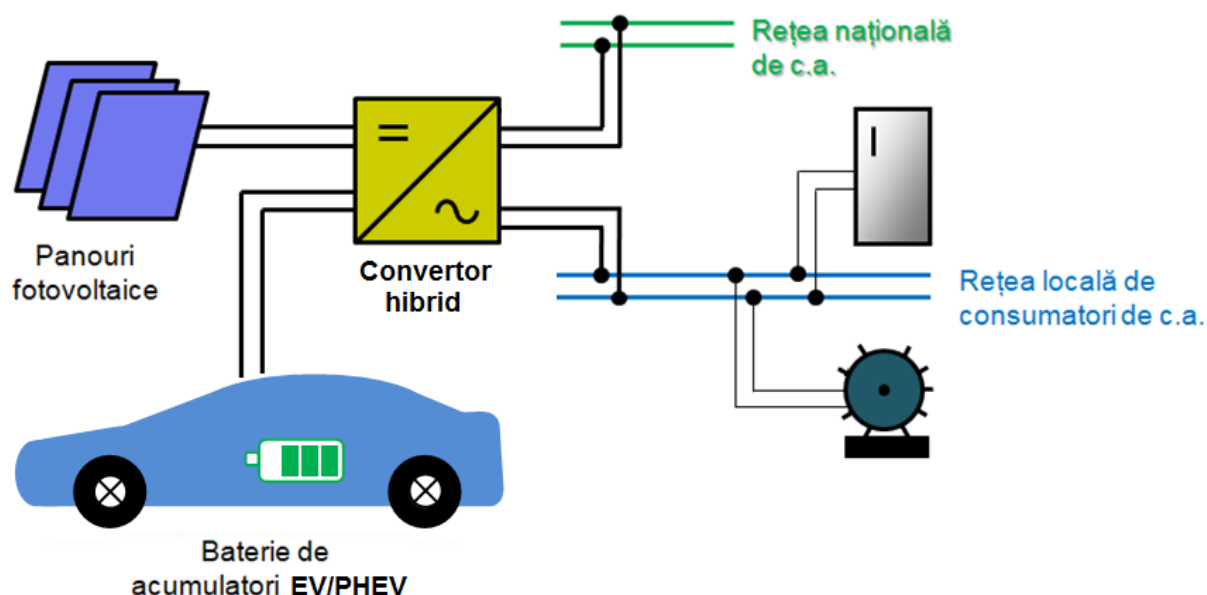


Fig. 1 – Integrarea EV/PHEV într-un sistem electric de tip prosumator racordat la rețea (On-Grid).

Sistemul de mai sus se poate configura și pentru scenariul în care SEN nu este disponibil (în cazul unei întreruperi de tensiune sau în cazul în care EV/PHEV alimentează o rețea de consumatori izolați (campare într-o zonă izolată față de SEN).

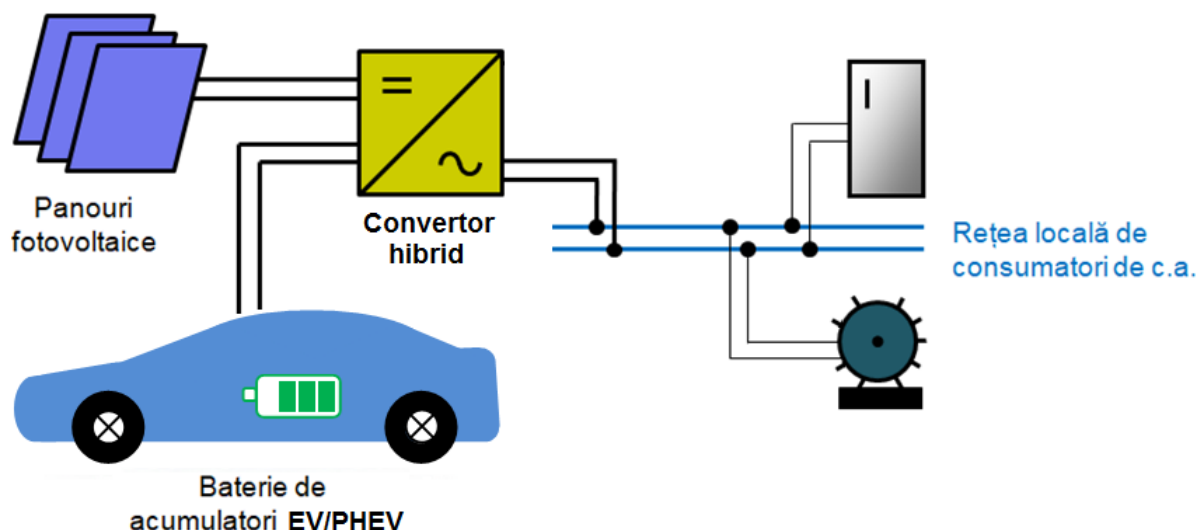


Fig. 2 – Integrarea EV/PHEV într-un sistem electric izolat față de rețea (Off-Grid).

Studiul de față se concentrează pe analiza numerică a sistemului de mai sus în două scenarii energetice distincte în care:

- a) V2L: bateria PHEV alimentează o rețea de consumatori,
- b) V2X: bateria PHEV se încarcă de la un sistem PV.

Calculul numeric este realizat utilizând pachetul de programe Matlab/Simulink®.

3. MODELE NUMERICE MATLAB/SIMULINK

Analiza numerică a vehiculului Gaster PHEV în scenariile enunțate anterior a fost efectuată utilizând schemele bloc prezentate mai jos, în Fig. 3 și Fig. 4.

Schema sistemului electric realizată în Matlab/Simulink pentru primul scenariu analizat este prezentată în Fig. 3, aceasta fiind alcătuită din bateria PHEV, o rețea locală de consumatori (sarcină RL) și un convertor care gestionează fluxul energetic prin funcția V2L.

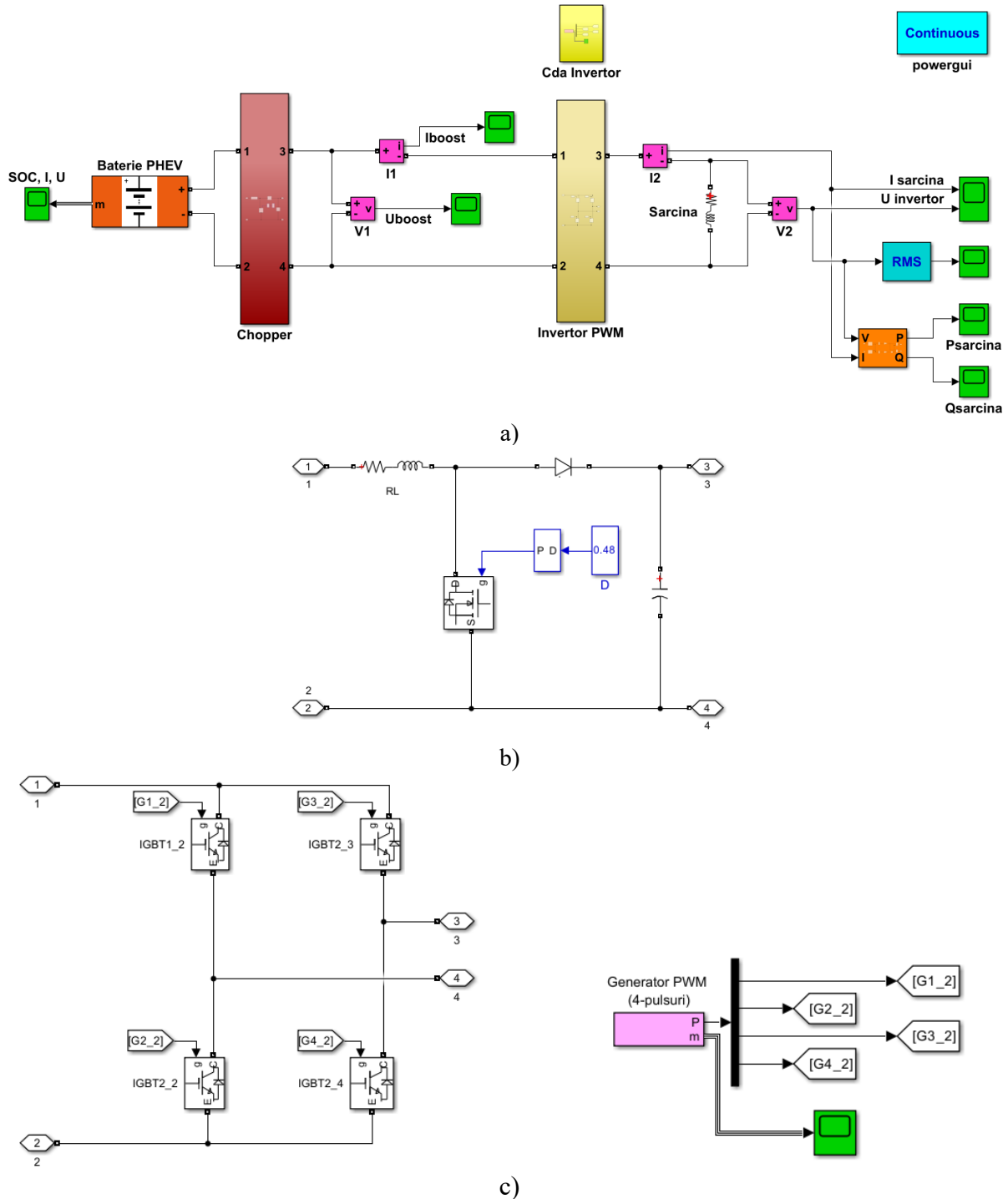


Fig. 3 – Schema bloc dezvoltată în Matlab/Simulink folosită în analiza numerică în scenariul V2L în care bateria PHEV alimentează o rețea de consumatori; a) schema de ansamblu; b) chopper ridicător; c) invertor PWM și comanda asociată.

Schema sistemului electric în al doilea scenariu analizat este alcătuită din bateria PHEV, un sistem PV și un convertor (regulator de încărcare) care gestionează fluxul energetic prin funcția V2X, Fig. 4.

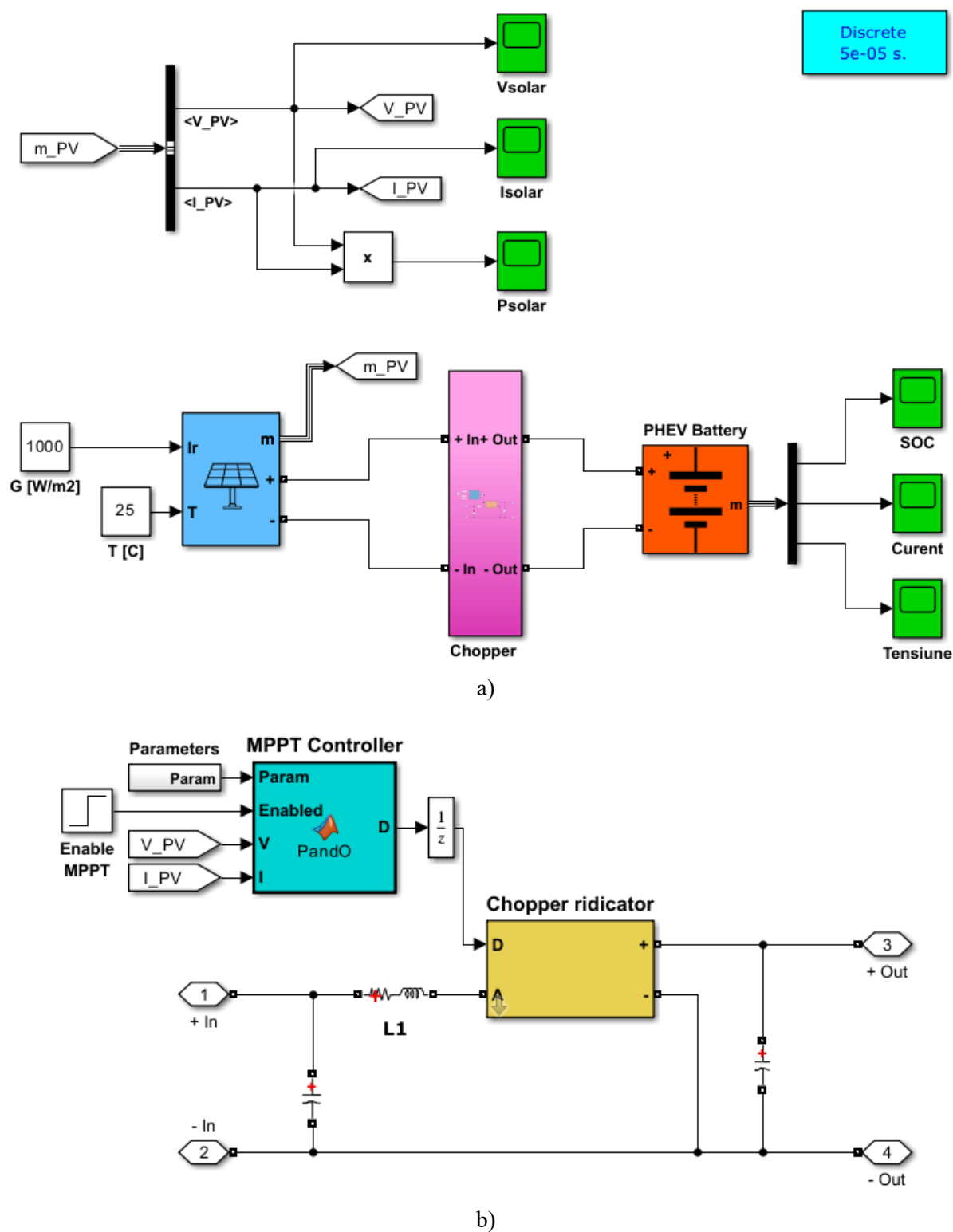
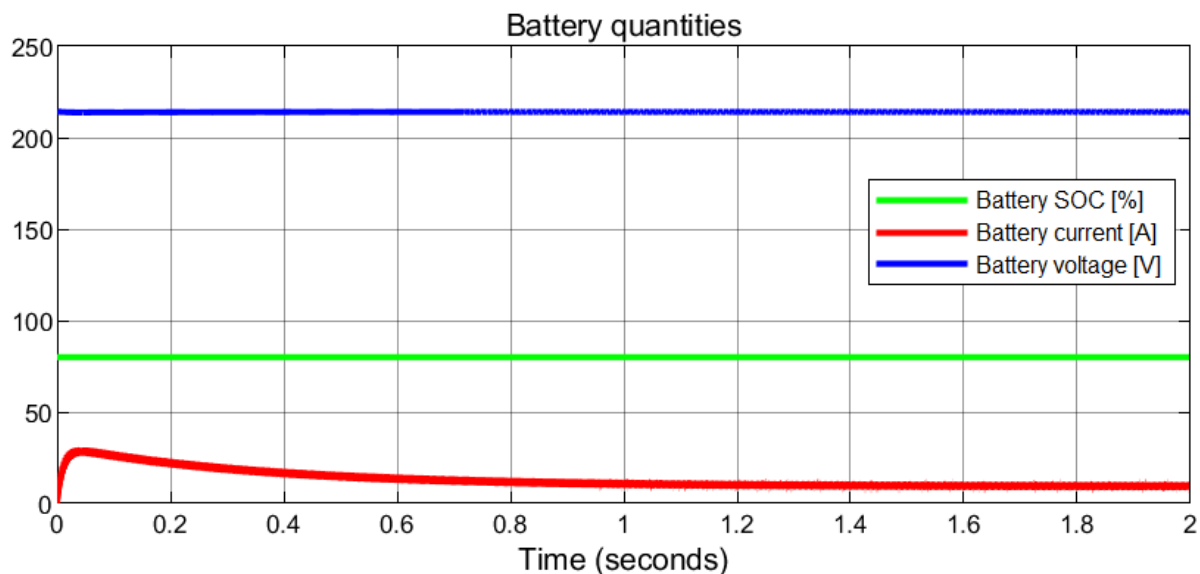


Fig. 4 – Schema bloc dezvoltată în Matlab/Simulink folosită în analiza numerică în scenariul V2X în care bateria PHEV se încarcă de la un sistem PV; a) schema de ansamblu; b) chopper ridicător și comanda asociată.

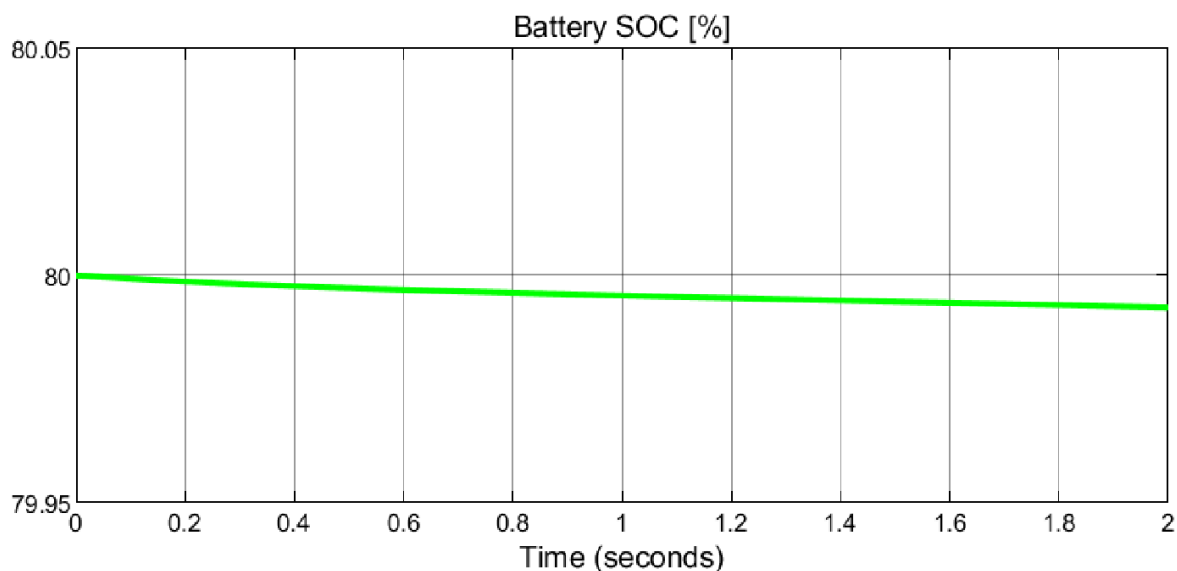
3. REZULTATE NUMERICE

În urma simulărilor efectuate pentru primul scenariu analizat s-au obținut rezultatele numerice prezentate în Fig. 5 a) - f), durata simulării fiind de circa 2 sec.

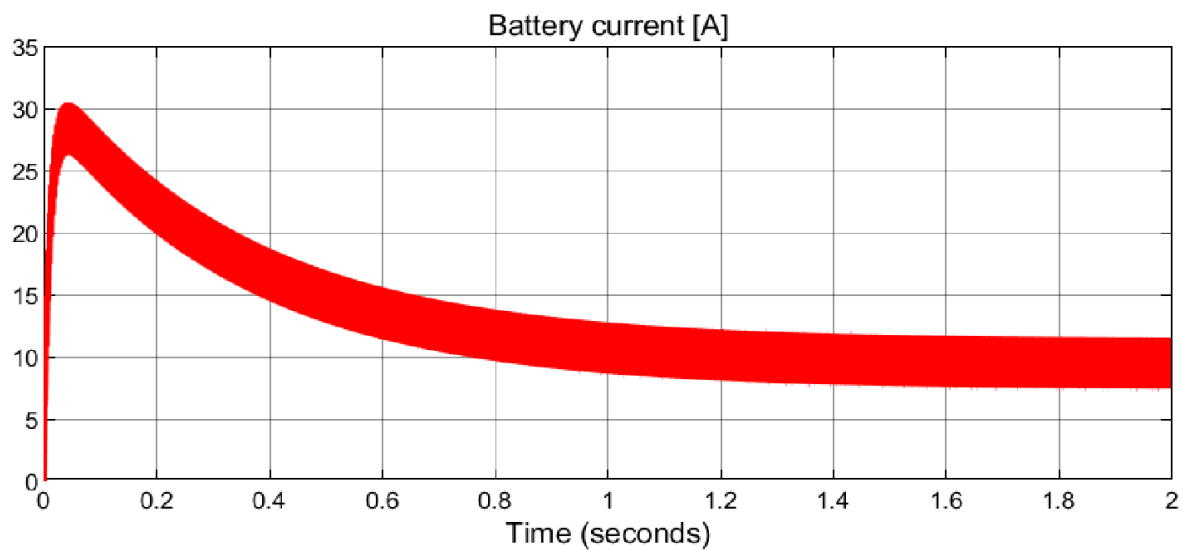
În Fig. 5 a) - d) se prezintă evoluția în timp a mărimilor specifice bateriei PHEV și anume starea de încărcare (SOC), curentul absorbit de la baterie și tensiunea la bornele bateriei. După regimul tranzitoriu inițial caracterizat de o creștere inițială a intensității curentului, valoarea acestuia se stabilizează la circa 9,5 A. SOC scade foarte puțin, iar tensiunea la borne variază de asemenea în limite foarte restrânse. Rezultatele evidențiază o funcționare robustă a algoritmului de comandă al convertorului care alimentează sarcina locală.



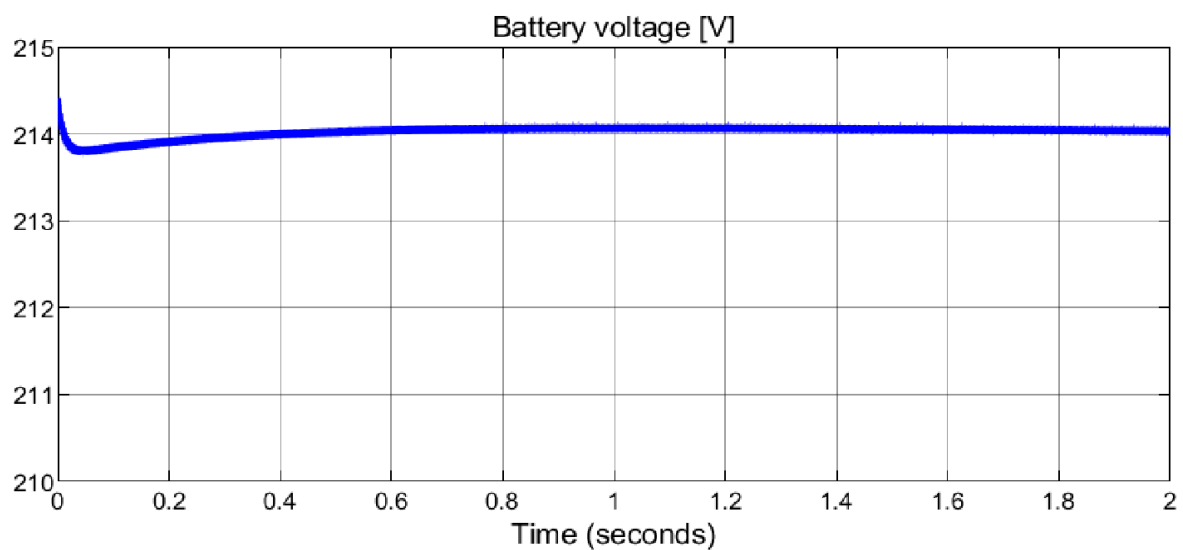
a)



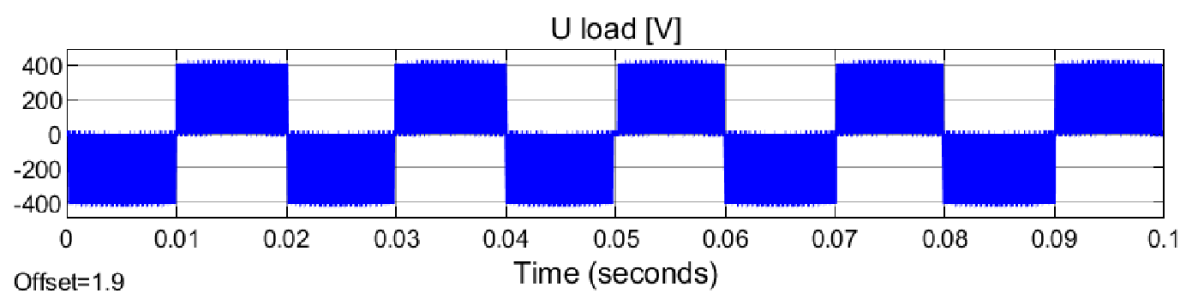
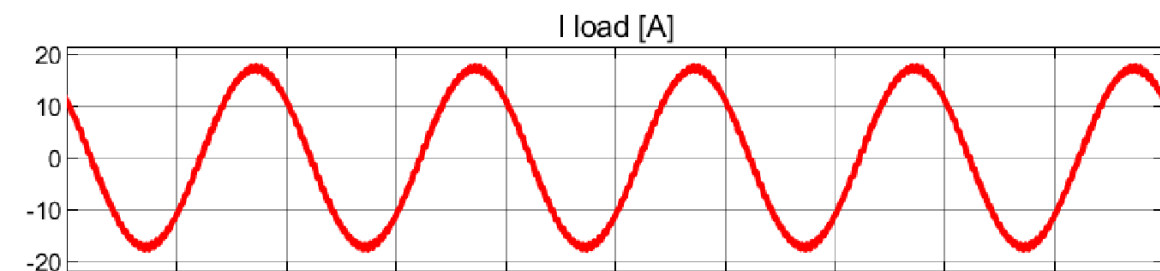
b)



c)



d)



e)

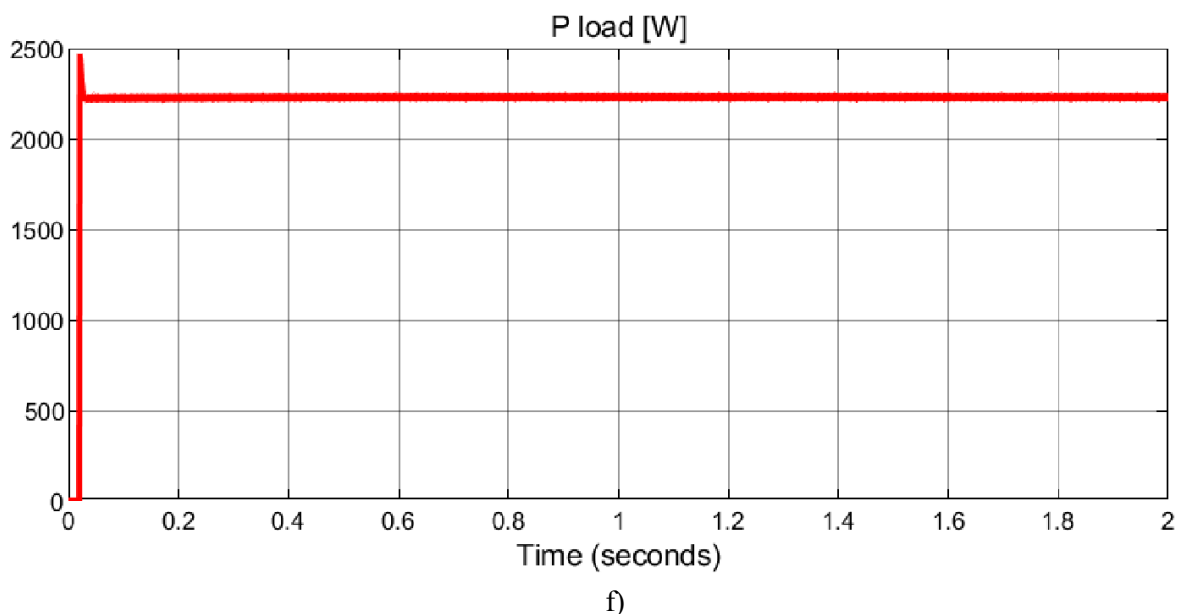


Fig. 5 – Rezultate numerice obținute pentru scenariul V2L în care bateria PHEV alimentează o rețea locală de consumatori; a) - d) variația în timp a mărimilor asociate bateriei PHEV (starea de încărcare, curent și tensiune); e) variația în timp a curentului și tensiunii de sarcină (la ieșirea inverterului); f) variația în timp a puterii active absorbite de sarcină.

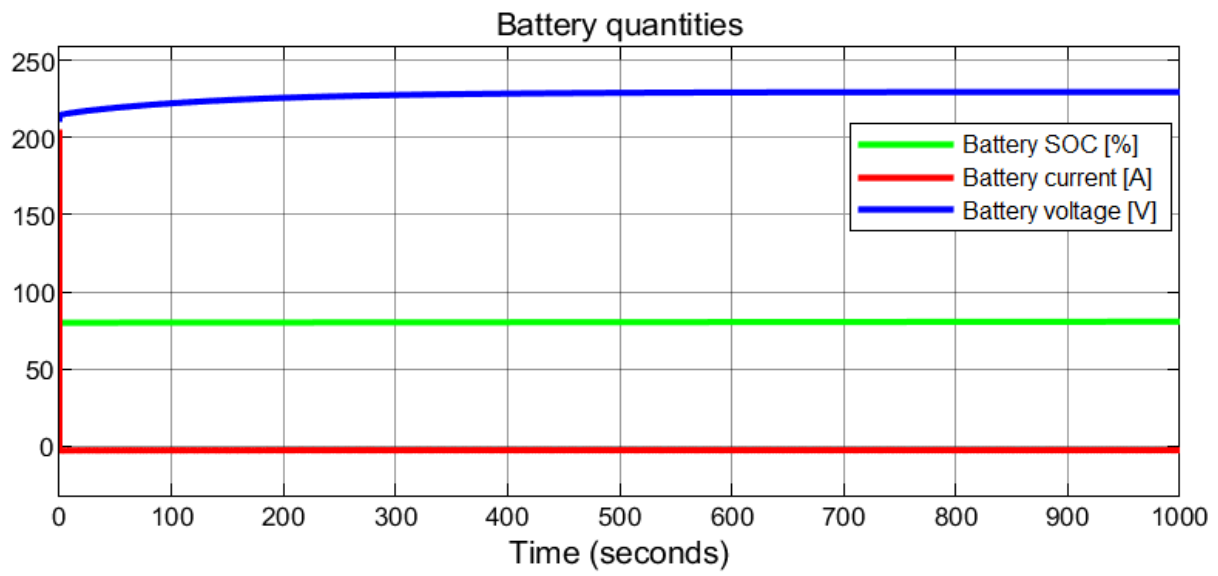
În Fig. 5 e) se observă că forma de variație în timp a curentului la ieșirea inverterului este aproape sinusoidală cu un conținut foarte redus de armonici. Puterea activă absorbită de sarcină se stabilizează la circa 2230 W, după un regim tranzitoriu inițial, Fig. 5 f).

În Fig. 6 a) - g) se prezintă rezultatele numerice obținute pentru al doilea scenariu analizat în cadrul lucrării și anume atunci când bateria PHEV este încărcată de la panourile fotovoltaice. Durata simulării a fost de 1000 sec.

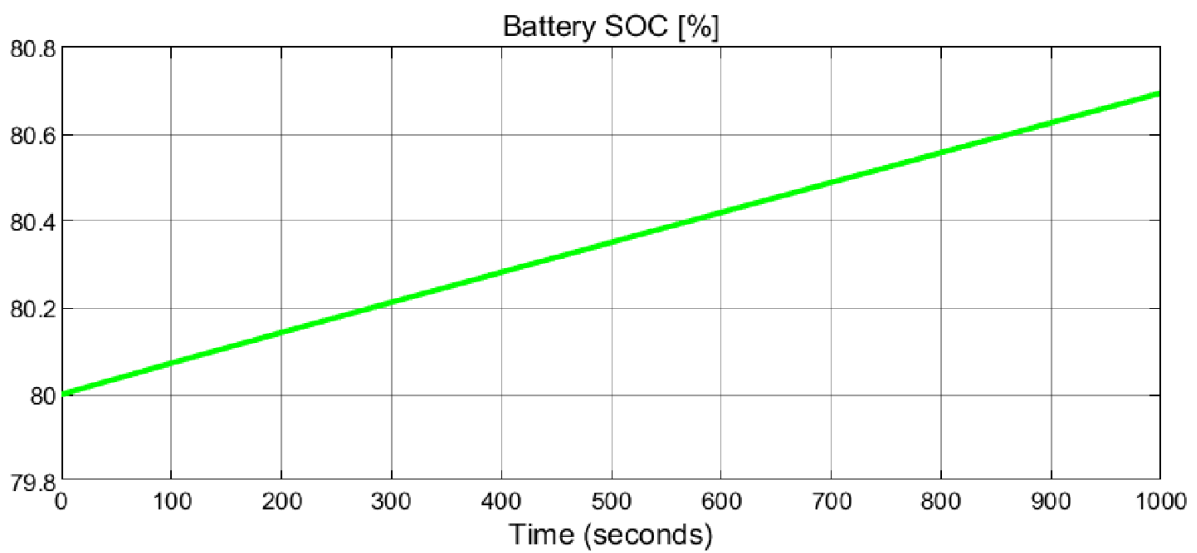
Evoluția în timp a mărimilor specifice bateriei PHEV și anume starea de încărcare (SOC), curentul absorbit de la baterie și tensiunea la bornele bateriei se prezintă în Fig. 6 a) - d).

Se observă o creștere ușoară a SOC și a tensiunii la bornele bateriei după un regim tranzitoriu inițial. După un regim tranzitoriu inițial, curentul injectat în baterie se stabilizează la valoarea de circa -2,6 A (semnul minus semnifică faptul că acel curent este injectat în baterie). Rezultatele menționate mai sus dovedesc buna funcționare a algoritmului de comandă al chopperului comandat care încarcă bateria PHEV de la panourile PV.

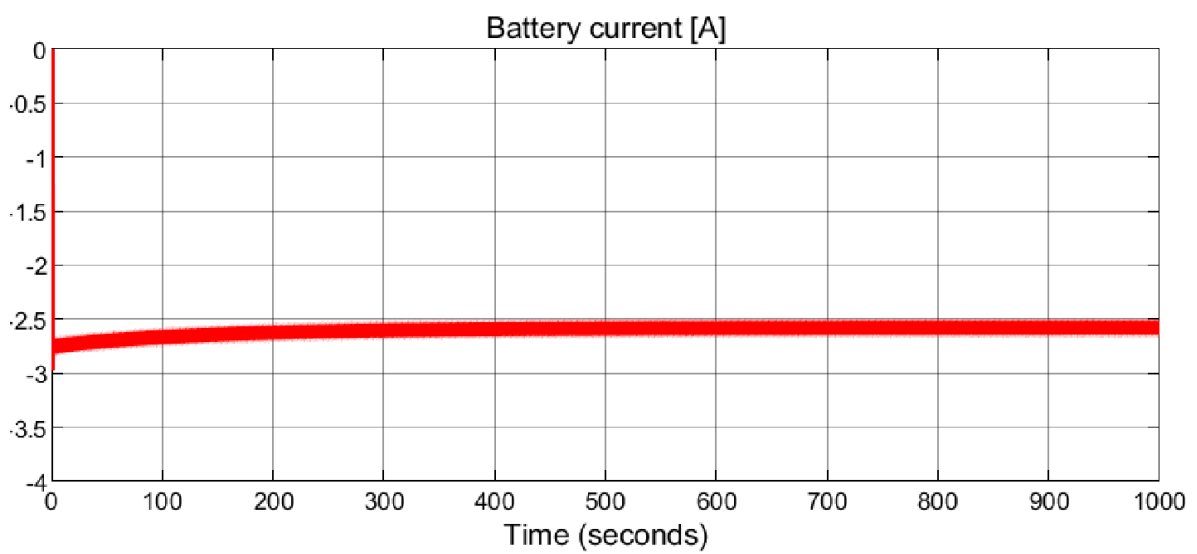
În Fig. 6 e) - g) se prezintă mărimile caracteristice panourilor PV. Se observă că tensiunea, curentul și puterea se stabilizează după un regim tranzitoriu inițial la valorile aproximative specifice punctului de putere maximă. Aceste rezultate dovedesc buna funcționare a algoritmului de căutare a punctului de putere maximă a chopperului comandat.



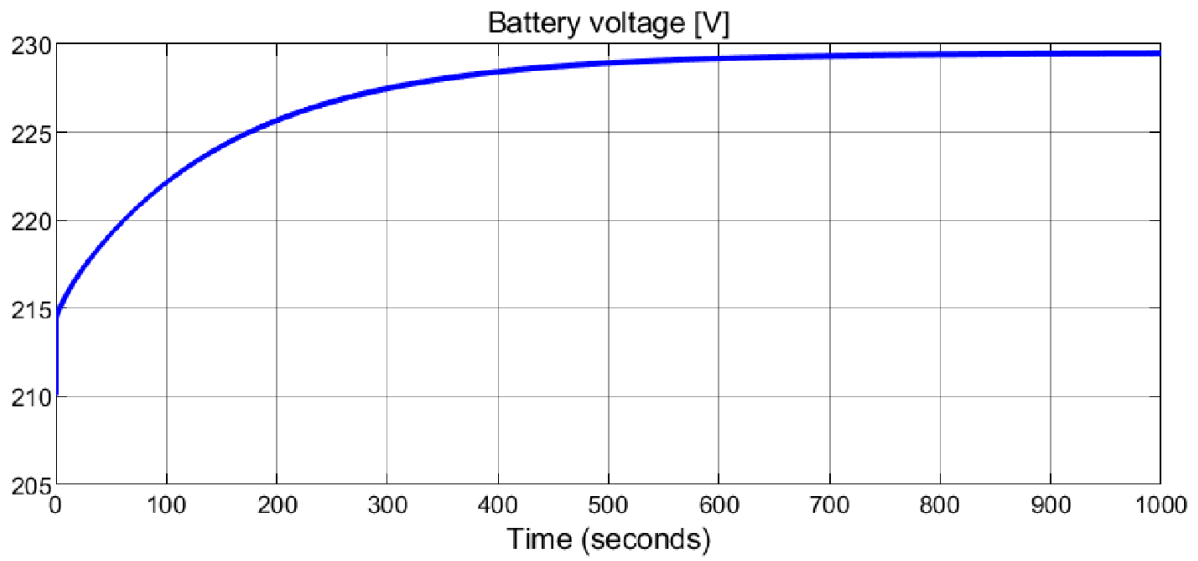
a)



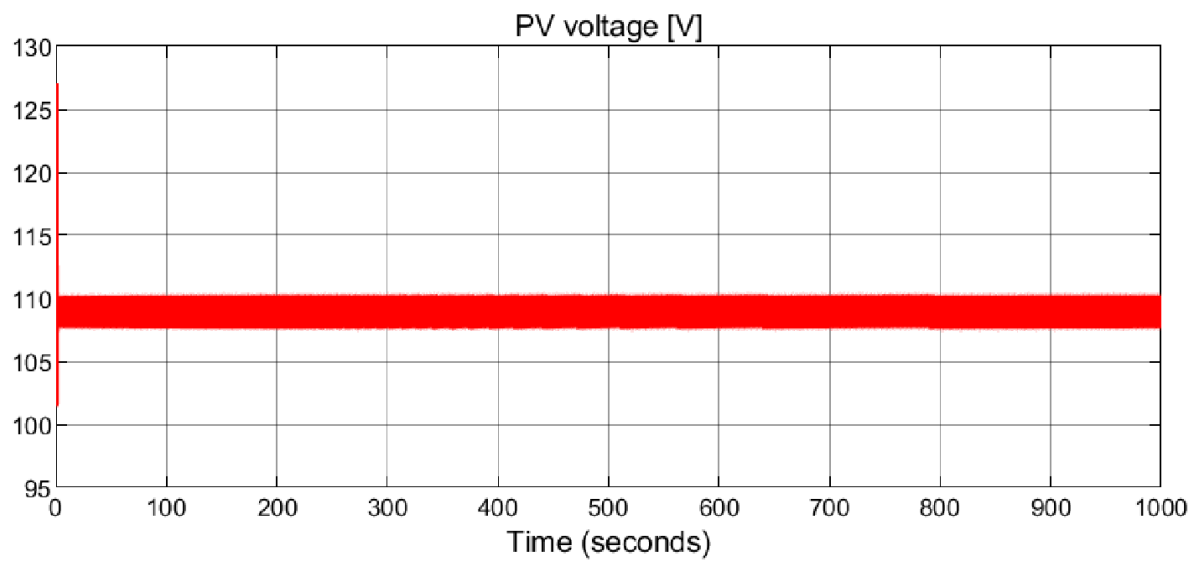
b)



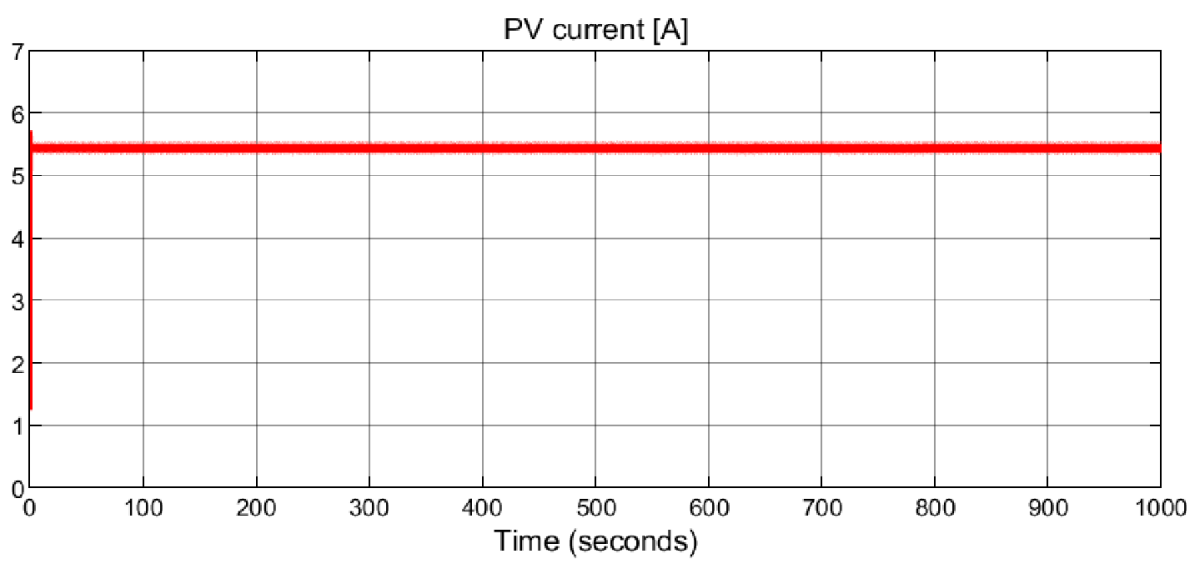
c)



d)



e)



f)

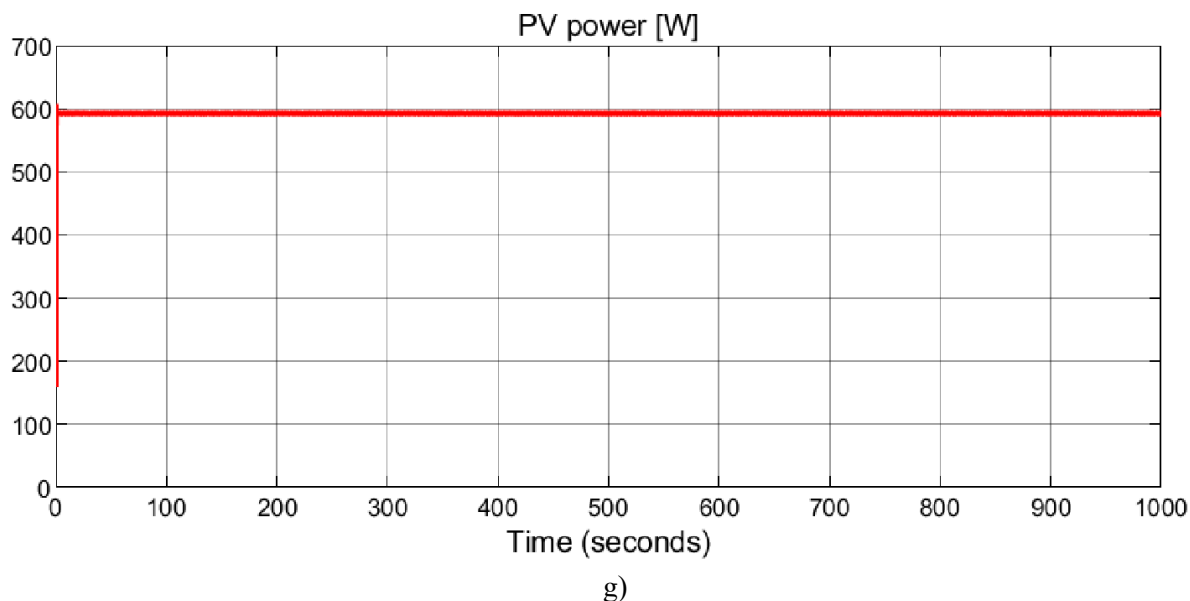


Fig. 6 – Rezultatele numerice obținute pentru scenariul V2X în care bateria PHEV se încarcă de la un sistem PV; a) - d) variația în timp a mărimilor asociate bateriei PHEV (starea de încărcare, curent și tensiune); e) variația în timp a tensiunii produse de panourile PV; variația în timp a curentului produs de panourile PV; variația în timp a puterii produse de panourile PV.

4. CONCLUZII

În lucrarea de față se prezintă o analiză numerică a unui vehicul Gaster PHEV conectat la rețea, în două scenarii energetice distincte: a) V2L, în care PHEV alimentează o rețea de consumatori, respectiv b) V2X, în care bateria PHEV se încarcă de la un sistem PV. Calculele numerice sunt realizate utilizând pachetul de programe Matlab/Simulink®.

Prin simulare numerică, s-a efectuat o analiză a performanțelor convertoarelor electronice în cele două scenarii analizate, respectiv s-a validat buna funcționare a algoritmilor de comandă implementați.

În ambele scenarii analizate parametrii (SOC, curent și tensiune) de descărcare și de încărcare a bateriei prezintă o evoluție corespunzătoare, corelată cu regimul de funcționare.

În scenariul V2L rezultatele numerice indică o formă de variație în timp a curentului la ieșirea inverterului aproape sinusoidală, cu un conținut foarte redus de armonici. În scenariul V2X se remarcă de asemenea o bună funcționare a chopperului comandat prevăzut cu funcția MPPT care asigură maximizarea puterii absorbite de la panourile PV în vederea încărcării bateriei PHEV.

CONFIRMARE

Lucrarea a fost prezentată la Simpozionul de Mașini Electrice SME'XXI, ediția 2025.

BIBLIOGRAFIE

1. ***<https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2025/trends-in-electric-car-markets-2>
2. European Commission, *Clean Energy Technology Observatory, Batteries For Energy Storage In The European Union*, 2022.
3. A. Marinescu, N. Golovanov, *VGI: smart grid integration of electric vehicles*, JESI, Journal of Engineering Sciences and Innovation, **8**, 1, pp. 69 – 76, 2023.
4. ***Vehicle to Load (V2L): What is it and how does it work? <https://www.ag-elec.com/vehicle-to-load-v2l-what-is-it-and-how-does-it-work.html>

5. ***<https://www.carexpert.com.au/car-news/v2l-what-is-it-and-what-are-the-benefits>
6. Ș.-A. Lupu, D. Floricău. *Bidirectional Energy Transfer Between Electric Vehicle, Home and Critical Load*, MDPI Energies, **18**, 2025.
7. ***Dacia Spring Electric 45, <https://ev-database.org/car/2126/Dacia-Spring-Electric-45#battery>
8. ***<https://www.carexpert.com.au/car-news/v2l-what-is-it-and-what-are-the-benefits>
9. ***KIA EV6 <https://www.automobile-propre.com/kia-ev6-cette-fonctionalite-de-recharge-est-geniale/>
10. Yufeng Meng, *Powertrain structure analysis of extended range electric vehicles*, Proceedings of the International Conference on Mechatronics and Smart Systems, 2023.