

SIMULAREA UNUI SISTEM FOTOVOLTAIC OFF-GRID

Cătălina-Ioana BABEȘ; Iulia Simona ILAȘ RUSU studente FIESC

Universitatea „Ștefan cel Mare” Suceava

Abstract: *Lucrarea prezintă simularea unui sistem fotovoltaic off-grid amplasat în campusul Universității „Ștefan cel Mare” Suceava. În vederea analizei funcționării sistemului fotovoltaic, a fost realizată o modelare cu ajutorul programului HOMER®Pro. Sistemul fotovoltaic este constituit dintr-un panou fotovoltaic, bateria de stocare, regulatorul solar de încărcare și consumatorul. Panoul fotovoltaic este prevăzut cu un sistem de orientare biaxial. Pentru realizarea simulării au fost considerate valorile medii lunare ale iradianței solare și ale temperaturii pentru locația precizată. Sunt prezentate rezultatele obținute în urma simulării care pun în evidență comportarea sistemului fotovoltaic.*

Cuvinte cheie: *sistem fotovoltaic, simulare și control, off-grid, stocare.*

1. Considerații generale privind funcționarea unui sistem fotovoltaic off-grid

Creșterea rapidă a cererii de energie electrică și schimbările recente a condițiilor de mediu, cum ar fi încălzirea globală, a condus la nevoia unei noi surse de energie care să fie durabilă, ieftină și cu emisii de dioxid de carbon mici. Energia solară a oferit rezultate promițătoare la această problemă, dar valorificarea energiei solare cu ajutorul sistemelor fotovoltaice (FV) vine cu propriile sale probleme care apar la schimbarea condițiilor meteorologice. Aceste modificări afectează grav eficiența și puterea de ieșire a modulelor FV. Îmbunătățirile aduse noilor generații de module fotovoltaice au fost făcute în privința eficienței acestora.

Modulele sau celulele fotovoltaice nu reprezintă singurele componente ale unui sistem FV. Pentru a asigura o alimentare continuă a consumatorilor cu energie electrică, multe dintre sistemele FV includ acumulatori de energie electrică sau baterii de acumulatori. Energia electrică produsă de un sistem fotovoltaic are un caracter variabil, depinzând de alternanța zi/noapte, cer senin/cer acoperit și provoacă variația într-o gamă largă a condiționării fluxului de energie, prin folosirea convertoarelor electronice c.c.-c.c., care au și funcția de monitorizare a procesului de încărcare/descărcare a acumulatorului, și a convertoarelor c.c.-c.a., pentru transformarea curentului continuu în curent alternativ.

Principalele componente ale unui sistem fotovoltaic sunt:

- modulul, panoul, câmpul de module sau, altfel spus, generatorul fotovoltaic;
- bateria de acumulatori;
- subsistemul de condiționare a energiei electrice, care cuprinde și elemente de măsurare, monitorizare, protecție, etc.
- sursă auxiliară de energie, de exemplu, un grup electrogen (back-up generator).

Toate sistemele de putere trebuie să aibă inclusă o strategie de control care va descrie interacțiunile dintre componentele lui. Dacă se folosesc acumulatori ca formă de stocare a energiei electrice, trebuie introdus în schemă un regulator de încărcare.

Regulatorul de încărcare se folosește pentru a administra fluxul de energie dintr-un sistem fotovoltaic, module, acumulatori și consumatori, prin colectarea de informații despre tensiunea la bornele acumulatorilor și cunoașterea valorilor minime și maxime acceptabile pentru aceasta. În general, există două moduri principale de operare a regulatorilor de încărcare:

- condiții de operare normale, când tensiunea la bornele acumulatorului variază între valoarea minimă și maximă,
- condiții de supradescărcare și supraîncărcare, ce apar când tensiunea la borne atinge valori critice.

Pentru alegerea unui sistem de control al funcționării unui sistem fotovoltaic off-grid, reprezentat în Figura 1, trebuie să se examineze următoarele caracteristici:

- tensiunea maximă la care vor decupla modulele fotovoltaice și tensiune minimă la care va decupla sarcina;
- compensarea temperaturii;
- tensiunea de avertizare (avertizare sonoră și/sau luminoasă cu un anumit timp înainte de a se atinge pragul de decuplare a sarcinii);

- capacitatea de a comuta sarcina pe alte surse dacă este cazul și de a conecta consumatori pentru a prelua surplusul de energie;
- asigurarea protecției sistemului fotovoltaic în cazul în care apare un curent invers, dinspre sarcină.

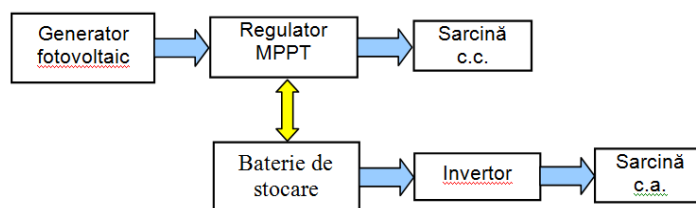


Fig.1 Schema generală de funcționare a unui sistem fotovoltaic off-grid

Principalul aspect care se ia în considerare la dimensionarea bateriei de acumulatori pentru un sistem fotovoltaic este cerința de a asigura un consum nominal prognozat al sarcinii în condițiile unei energii minime furnizate de modulele fotovoltaice. De asemenea, sistemul fotovoltaic trebuie să poată asigura alimentarea consumatorilor noaptea sau în zilele noroase, adică atunci când lumina solară este sub o anumită valoare. Astfel, numărul de acumulatori care se vor folosi va depinde în special de tipul consumatorului, ritmul de consum al acestuia și caracteristicile meteorologice ale locației luate în calcul.

Dacă se ia în considerare alimentarea unei locuințe la rețeaua de distribuție, aceasta poate fi folosită ca o alternativă viabilă în situațiile nefavorabile. Un sistem electronic poate face trecerea de la un sistem de alimentare la altul în funcție de încărcarea acumulatorilor.

Este cunoscut faptul că, dimensionarea modulelor fotovoltaice cuprinde mai multe etape:

- estimarea consumului de energie și determinarea cantității de energie solară disponibilă;
- determinarea puterii de ieșire a modulelor fotovoltaice selectate în diferite momente ale anului;
- evaluarea numărului de module fotovoltaice necesare;
- stabilirea aranjării modulelor fotovoltaice pentru determinarea tensiunii și curentului furnizat de ansamblu.

Un controler de încărcare solară este necesar în aproape toate sistemele de energie solară care folosesc acumulatori. Rolul unui astfel de controler este de a regla puterea care este transmisă de către panoul fotovoltaic către bateria de acumulatori. Supraîncărcarea bateriilor, în cele din urmă, va duce la scăderea duratei de viață și cel mai rău poate distruge bateria de condensatori, în așa fel încât să nu mai poată fi utilizată.

Modelarea a fost realizată cu programul Homer®Pro care reprezintă un mediu de lucru ce efectuează diferite previziuni privind funcționarea sistemelor de producere a energiei, utilizând surse regenerabile. Licența pentru acest program este gratuită timp de 30 de zile, timp în care toate opțiunile sunt activate. Acest program HOMER®Pro îi permite utilizatorului să analizeze rezultatele multiple obținute din modelare din punct de vedere tehnic și financiar.

Un sistem de producere a energiei poate utiliza orice combinație de surse regenerabile și stocare a energiei electrice și poate fi conectat la rețea sau autonom, adică separat de orice rețea de transport a energiei electrice. Astfel de sisteme pot fi reprezentate de un sistem fotovoltaic, sistem eolian, sistem hidroelectric, sistem electrolizor etc.

Programul HOMER®Pro ia în considerare trei aspecte principale: simulare, optimizare și analiza de sensibilitate. În procesul de simulare, acesta analizează performanța unui anumit sistem de mică putere pentru fiecare oră a anului, pentru a determina costul de fezabilitate și costul ciclului de viață. În procesul de optimizare, Homer®Pro simulează diverse configurații de sisteme, pentru a putea determina configurația care satisface constrângerile de ordin tehnic, la un cost minim al ciclului de viață. În procesul analizei de sensibilitate, programul de modelare efectuează mai multe optimizări într-un domeniu de ipoteze de intrare pentru a evalua efectele incertitudinii sau modificărilor apărute în registrul intrărilor. Optimizarea determină valoarea optimă a variabilelor pe care proiectantul sistemului o poate controla, cum ar fi reorganizarea componentelor care alcătuiesc sistemul precum și mărimea sau greutatea acestora. Analiza de sensibilitate ajută la evaluarea efectelor incertitudinii sau modificării în variabilele asupra cărora proiectantul nu are nici un control, cum ar fi viteza medie a vântului sau prețul combustibilului în viitor.

În vederea modelării unui sistem fotovoltaic, utilizatorul trebuie să furnizeze date despre resursele solare pentru locația de interes, date ce indică cantitatea de radiație solară, componenta globală. Programul modelează panoul fotovoltaic ca un dispozitiv care produce energie electrică direct proporțional cu fluxul luminos incident pe suprafața panoului.

2. Structura sistemului fotovoltaic propus

În cadrul lucrării este analizat un sistem fotovoltaic de mică putere, ce urmează a fi amplasat în campusul Universității „Ștefan cel Mare” Suceava. Sistemul fotovoltaic este constituit din următoarele elemente: panou fotovoltaic, baterie de stocare și consumatorul de curent continuu. Sistemul analizat va prezenta un mecanism de orientare după cele două axe: N-S și E-V.

Panoul fotovoltaic policristalin prezintă o putere instalată de 250 Wp. Tensiunea la putere maximă este 31,32 V, iar curentul la putere maximă este de 8,15 A, având o eficiență de 14,7%.

Bateria de stocare este formată din două șiruri a câte 2 acumulatori, fiecare având tensiunea de 12 V și o capacitate nominală de 83,4 Ah. Cei doi consumatori de curent continuu sunt distribuiți astfel: un consum pentru iluminat (20 Wh) pe timpul nopții și un consum pe timp de zi (15 Wh) utilizat de către motorul de acționare pentru orientarea panoului fotovoltaic.

3. Simularea sistemului fotovoltaic

Prima etapă presupune stabilirea locației unde va fi amplasat sistemul fotovoltaic de producere a energiei. A fost considerată zona campusului universității.

În etapa a doua au fost selectate și configurate echipamentele din structura sistemului fotovoltaic de producere a energiei (SFV). În Fig. 2 este prezentată schema bloc de funcționare a sistemului propus realizată în programul Homer®Pro.

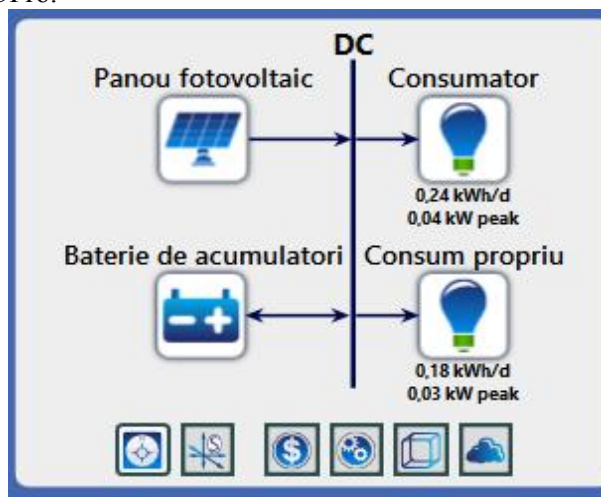


Figura 2. Schema bloc a sistemului fotovoltaic

Pentru evaluarea funcționării SFV, în program trebuie introduse valorile irradiației solare, componenta globală orizontală (valori medii lunare) și valorile temperaturii (valori medii lunare). Toate aceste date au fost importate în mod automat de către program din mediul online. Astfel, valoarea medie a irradiației solare este de 3,23 kWh/m²/zi iar valoarea medie a temperaturii este de 7,94 °C.

În Fig. 3 este prezentată variația componentei globale orizontale a irradiației solare pe parcursul unui an calendaristic. Pentru aceeași perioadă, în Fig. 4 este reprezentată variația temperaturii pentru locația aleasă.

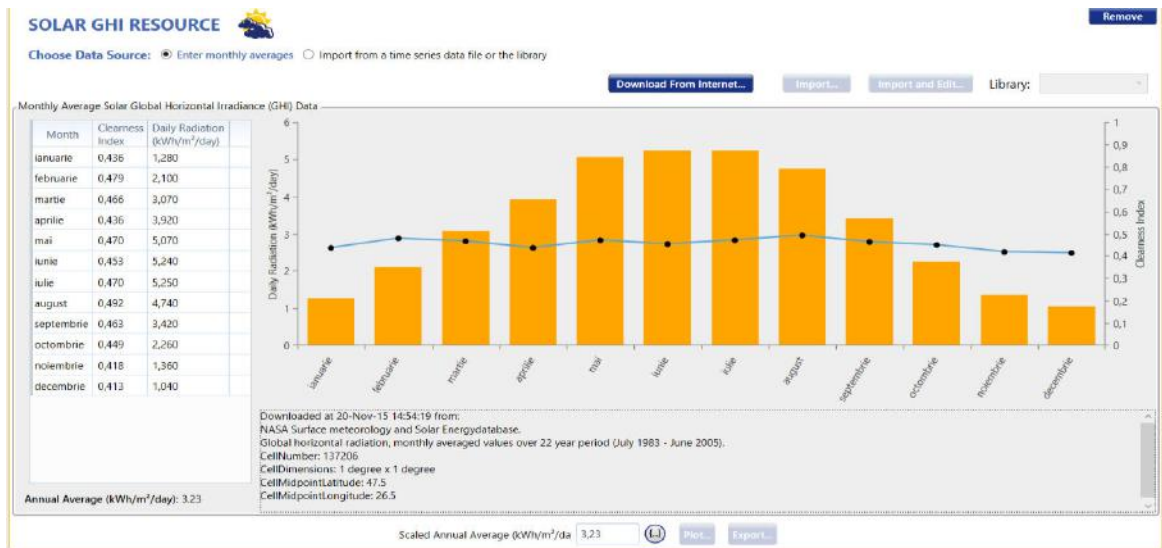


Fig. 3 Variația componenteii globale orizontale a irradiației solare



Fig. 4 Variația temperaturii

Fiecare echipament a fost configurat astfel încât să se poată realiza modelarea SFV. În ceea ce privește configurarea bateriei de stocare, în această etapă, se stabilește tensiunea de lucru a bateriei de stocare, numărul de acumulatori, gradul inițial de încărcare și gradul minim de încărcare. Gradul minim de încărcare a fost stabilit la 40% în vederea creșterii duratei de viață a bateriei de stocare. SFV prevede utilizarea a două șiruri cu câte doi acumulatori, fiecare având tensiunea nominală de 12 Vcc și capacitatea nominală de 83,4 Ah.

Profilul zilnic al sarcinii electrice precum și profilul anual de variație a acestuia a fost stabilit considerând un consum pentru iluminat de 20 Wh pe timpul nopții și un consum pe timp de zi de 15 Wh utilizat de către motor pentru orientarea panoului fotovoltaic.

4. Analiza rezultatelor

După finalizarea calculelor, programul poate oferi mai multe variante de funcționare a sistemului analizat, funcție de nivelul investiției (dacă se introduc costurile aferente) și funcție de numărul minim de echipamente ce pot asigura o funcționare optimă din punct de vedere energetic.

În tabelul 1 sunt centralizate informațiile despre funcționarea sistemului de producere a energiei electrice precum și modul în care se gestionează energia produsă. Cantitatea de energie electrică produsă de panoul fotovoltaic este reprezentată în Figura 5.

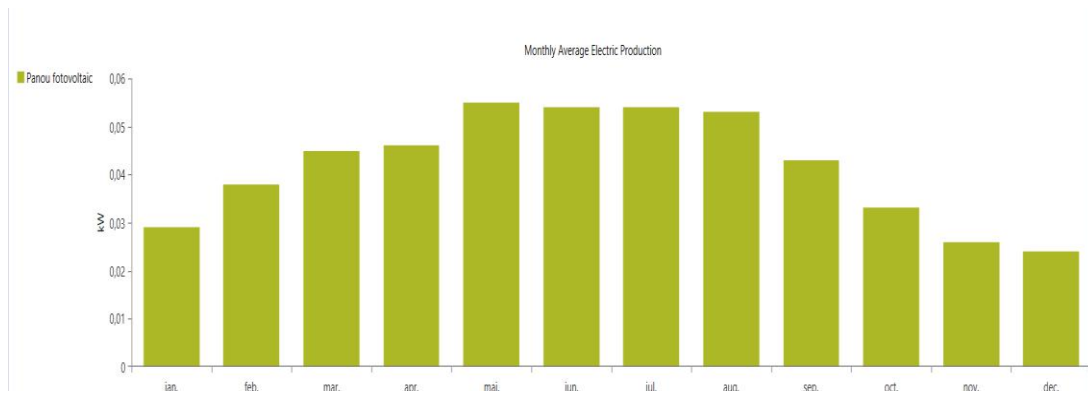


Figura 5. Cantitatea de energie electrică produsă de panoul fotovoltaic

Tabelul 1. Datele rezultate din simulare

Descriere	Cantitatea de energie produsă kWh/an	%
Generator fotovoltaic	365	100
Consum energie	155	100
Exces de energie electrică	187,8	51,5

Descriere	Valoare	UM
Acumulatori înseriați	2	-
Număr de șiruri în paralel	3	-
Număr total acumulatori	6	-
Tensiunea nominală	24	V
Energia stocată	6	kWh
Energia utilizată	3,6	kWh
Autonomie	204	ore
Cantitatea de energie intrată	117,37	kWh/an
Cantitatea de energie ieșită	95,05	kWh/an
Pierderi	21,04	kWh/an

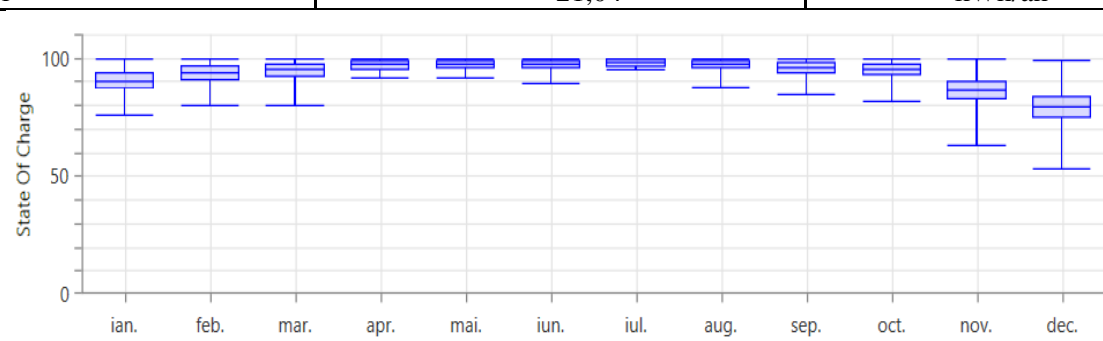


Figura 6. Starea de încărcare a bateriei de acumulatori

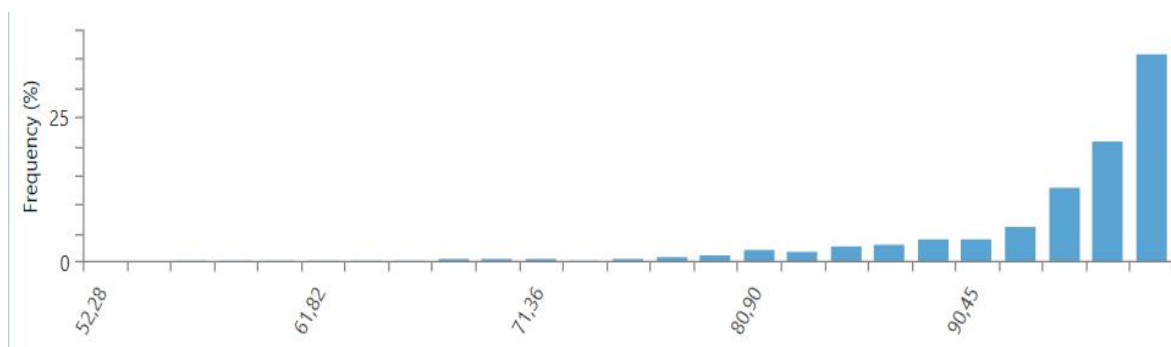


Figura 7. Variația procentului de încărcare a bateriei de stocare

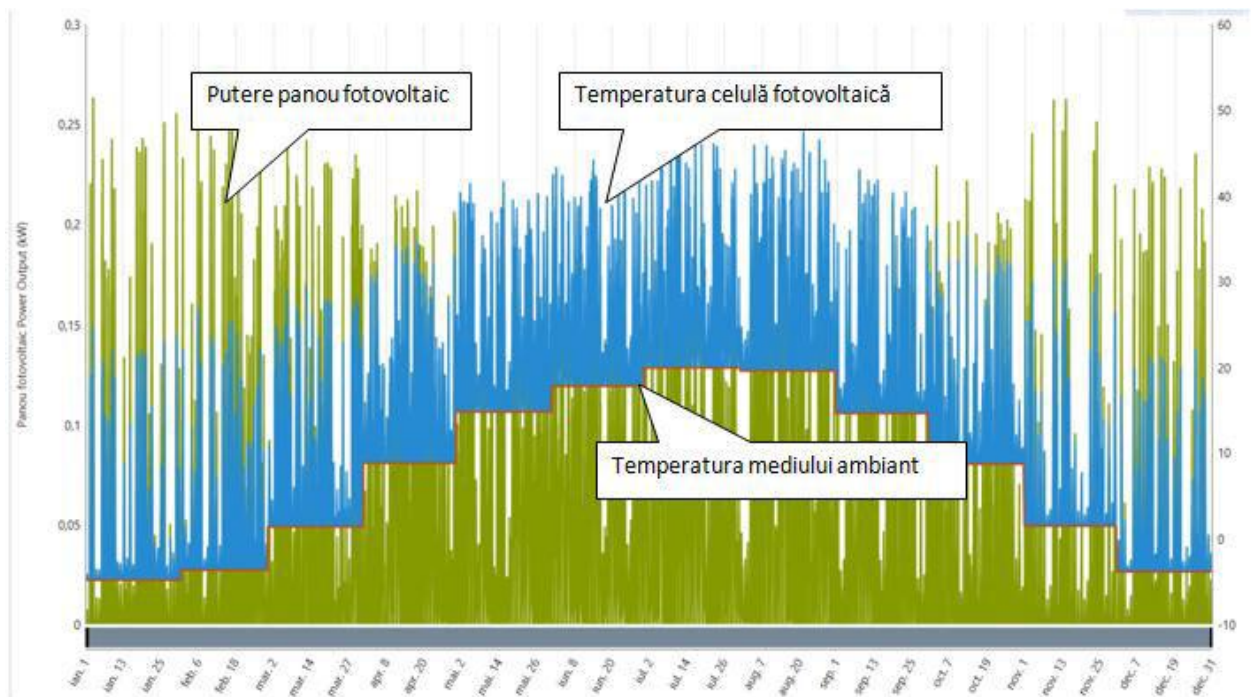


Figura 8. Variația puterii panoului fotovoltaic raportată la variația temperaturii mediului ambiant și a temperaturii celulei fotovoltaice

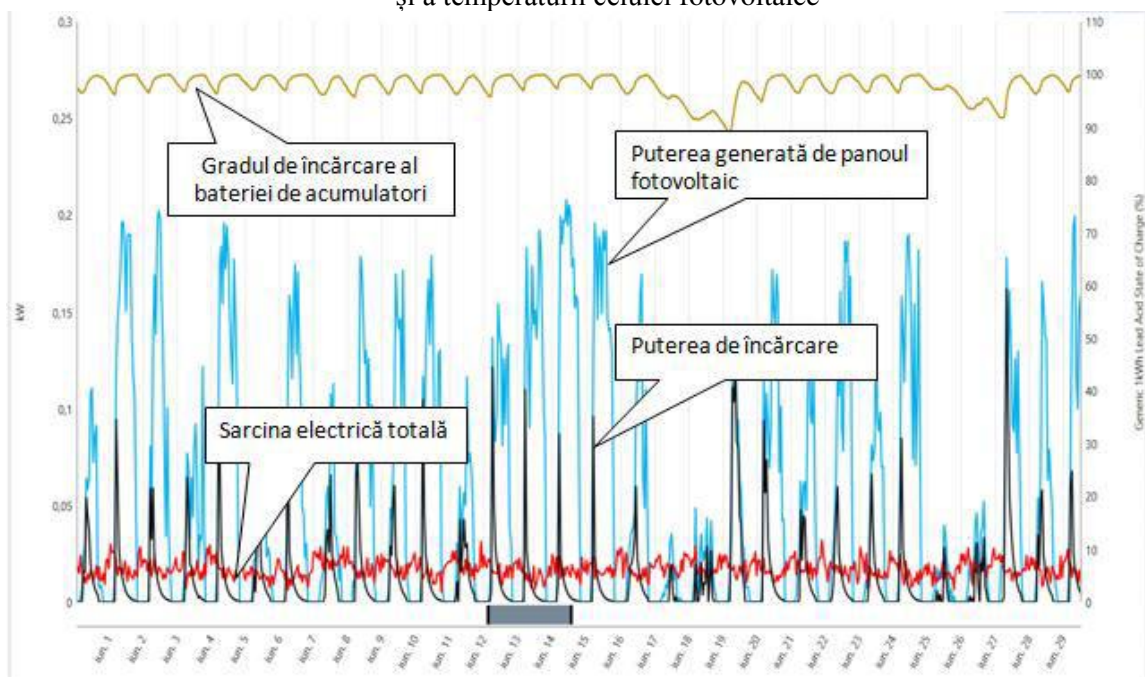


Figura 9. Variația puterii panoului fotovoltaic raportată la consumul de energie. Gradul de încărcare al bateriei de acumulatori. **LUNA IUNIE**

În Fig. 6 și Fig. 7 se prezintă o situație referitoare la nivelul de energie stocată în bateria de acumulatori precum și variația acesteia în fiecare lună calendaristică. În Fig. 8 este ilustrată variația puterii panoului fotovoltaic raportată la variația temperaturii mediului ambiant și a temperaturii celulei fotovoltaice. În Fig. 9 se prezintă în plus și gradul de încărcare al acumulatorilor aferent lunii iunie precum și periodicitatea puterii de încărcare. În același sistem de coordonate este suprapusă variația zilnică și lunară a consumului.

În Fig. 9 și Fig. 10 sunt analizate aceleași aspecte și pentru anotimpul rece respectiv, luna decembrie. Analiza scoate în evidență stabilitatea sistemului fotovoltaic off-grid prin reprezentarea cantității de energie existentă în bateria de stocare și a variației sarcinii. Așa cum s-a mai precizat, curba de sarcină a fost construită considerând un consumator cu funcționare pe timpul nopții și un alt consumator cu funcționare în timpul zilei.

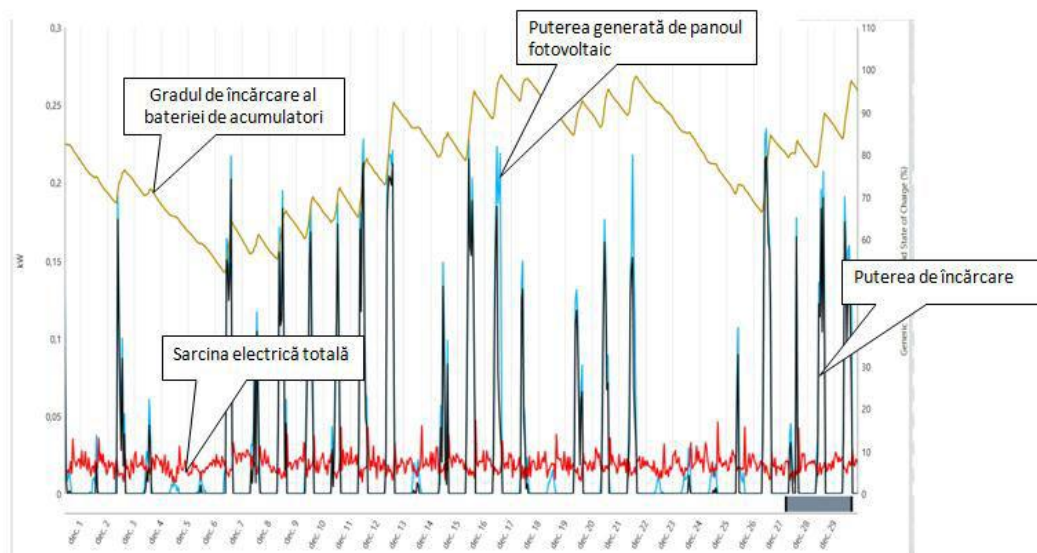


Figura 10. Variația puterii panoului fotovoltaic raportată la consumul de energie. Gradul de încărcare al bateriei de acumulatori. **LUNA DECEMBRIE**

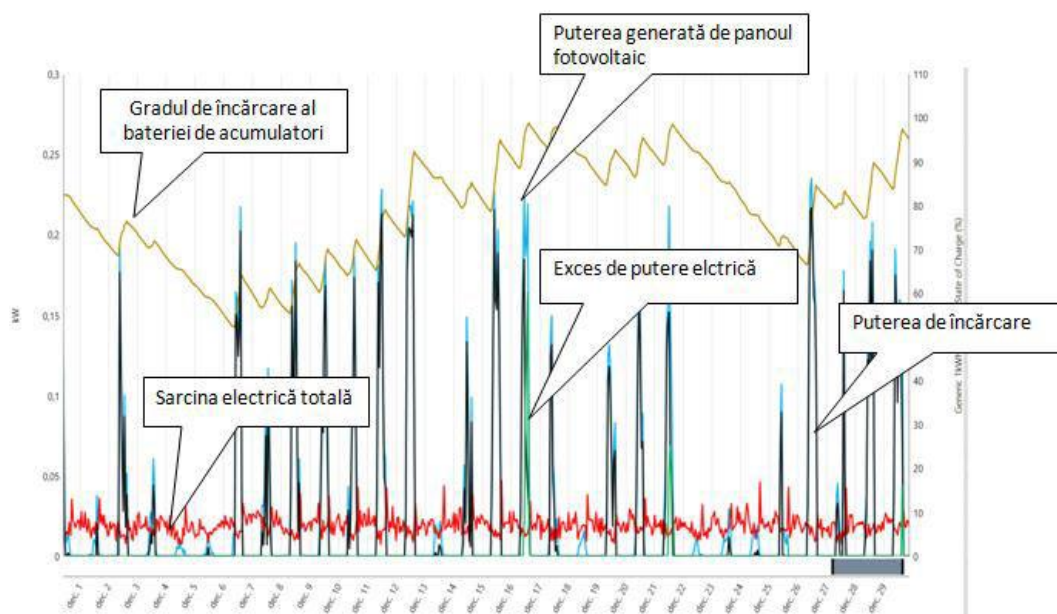


Figura 11. Variația puterii panoului fotovoltaic raportată la consumul de energie. Excesul de putere electrică. Gradul de încărcare al bateriei de acumulatori. **LUNA DECEMBRIE**

5. Concluzii

În această lucrare a fost analizat un sistem fotovoltaic destinat alimentării unui sistem de iluminat. Sistemul fotovoltaic a fost dimensionat pentru a asigura necesarul de energie electrică conform curbei de sarcină considerate. Conform rezultatele obținute, energia electrică produsă este suficientă pentru a asigura funcționarea consumatorilor. În același timp, este previzionat un exces de energie electrică care poate fi utilizat, în anumite perioade din an, pentru alimentarea altor consumatori. Supradimensionarea bateriei de acumulatori este pusă pe seama anotimpului rece (lunile noiembrie-ianuarie), perioadă în care numărul orelor însorite este mai mic decât cele aferente anotimpului cald.

În concluzie, verificarea funcționării unui sistem de producere a energiei prin intermediul unui soft de modelare specific, înainte de implementarea acestuia, este pe deplin justificată, prin natura și multitudinea rezultatelor obținute.

Bibliografie:

- [1] I. Bostan, V. Dulgheru, I. Sobor, V. Bostan, A. Sochirean, „Sisteme de conversie a energiilor regenerabile”, Editura „TEHNICA-INFO”, Chișinău, 2007.
- [2] L. Fara, E. Tulcan-Paulescu, M. Paulescu, „Sisteme fotovoltaice”, Editura MATRIX ROM, București 2005.