UNIVERSITATEA „POLITEHNICA” din BUCUREŞTI

ŞCOALA DOCTORALĂ ETTI-B

Rezumatul tezei de doctorat

OPTIMIZAREA SURSELOR HIBRIDE DE PUTERE BAZATE PE ENERGII REGENERABILE

Conducător ştiinţific,
Prof.univ.dr.ing. Nicu Bizon

Doctorand
Ing. Hoarcă Ioan Cristian

Mulţumiri

Acum, la finalizarea tezei de doctorat, îmi exprim sentimentele de mulțumire profesională și personală față de aducerea la bun sfarșit a acestei lucrări.

Cu acestă ocazie doresc doresc să aduc mulțumirile mele tuturor celor care m-au îndrumat și m-au sprijinit în realizarea și finalizarea tezei de doctorat.

În primul rând aș dori să mulțumesc în mod deosebit coordonatorului meu științific, domnului profesor universitar doctor inginer **Nicu Bizon**, pentru sprijinul permanenet acordat, îndrumare și încurajare pe întreaga perioadă de pregătire și elaborare a acestei lucrări.

Totodată, doresc să-mi exprim gratitudinea față de membrii comisiei de evaluare a lucrării, cât și membrilor comisiilor de evaluare de pe tot parcursul stagiului doctoral, pentru observațiile și sugestiile oferite.

In final, doresc să mulțumesc și familiei mele pentru încurajările și sprijinul acordat, exprimate pe întrega perioadă a stagiului doctoral.

Vă mulțumesc !

Drd. Ing. Hoarcă Ioan Cristian

CAPITOLUL 1.....4
INTRODUCERE.....4
1.1 Prezentarea domeniului tezei 4
1.2 Scopul tezei 4
1.3 Conţinutul tezei 5
CAPITOLUL 2.....6
2. NECESITATEA UTILIZĂRII SURSELOR DE ENERGIE REGENERABILE. POTENȚIALUL SURSELOR DE ENERGIE REGENERABILE.....6
2.2. Modelarea celulelor fotovoltaice.....7
2.2.1. Modelul cu o singură diodă al unei celule PV 7
2.2.2. Modelul cu două diode al unei celule PV.....7
2.3. Caracteristici ale unei celule PV.....8
2.3.6 Aplicație: interfață de simulare pentru o celulă, modul , arie PV.....8
2.5. Arhitecturi de arii PV.....9
2.6. Tehnici de urmarire a punctului de putere maxima (MPP).....10
CAPITOLUL 3.....11
3. MODELAREA UNEI SURSE HIBRIDE DE PUTERE (HPS) BAZATE PE SURSE DE ENERGII REGENERABILE (RES) ȘI DISPOZITIVE DE STOCARE A ENERGIEI (ESD).....11
3.1. Arhitecturi RES/ESD HPS.....12
3.3. Modele pentru dispozitive de stocare a energiei si puterii electrice.....12
3.3.2. Modelarea bateriei de acumulatori.....12
CAPITOLUL 4.....13
4. ANALIZA COMPARATIVĂ A TEHNICILOR DE URMĂRIRE A PUNCTULUI DE PUTERE MAXIMĂ (MPPT).....13
4.4. Rezultate.....14
4.4.1. Iradiere treaptă.....14
4.4.2. Profil de iradiere variabil.....15
4.4.3. Profil de iradiere pentru o zi.....15
CAPITOLUL 5.....16
5. TEHNICI MPPT GLOBALE (GMPPT).....16
5.3.3. Analiza comparativă a rezultatelor simulării pentru G1PESC și G2PESC.....16
5.4. Comparație între schema globală PESC bazată pe un filtru BPF (G1PESC) și algoritmul Perturbă&Observă(P&O).....17
CAPITOLUL 6.....19
6. TEHNICĂ DE CONTROL CU URMĂRIREA SARCINII PENTRU UN MANAGEMENT ENERGETIC OPTIMIZAT AL UNEI SURSE HIBRIDE DE PUTERE (HPS) BAZATE PE O PILĂ CU COMBUSTIBIL (FUL CELL-FC) ȘI SURSE DE ENERGII REGENERABILE (RES).....19
6.2. Studiu de caz pentru o arhitectura FC/RES HPS.....19
6.2.9. Indicatori de performanță și funcția de optimizare.....20
6.2.10. Rezultate.....20

CAPITOLUL 7.....24
7. OPTIMIZAREA SISTEMELOR HIBRIDE DE PUTERE (HPS).....24
7.4. Sistemul hibrid de putere - simulare în HOMER.....25
7.5. Rezultate obținute în HOMER.....25
7.6. Sistemul hibrid de putere - simulare în iHOGA.....25
7.7. Rezultate obținute în iHOGA.....25
CAPITOLUL 8.....26
8. STUDIU DE CAZ PENTRU UN PARC FOTOVOLTAIC.....26
8.3. Date meteorologice.....26
8.4. Rezultate.....27
8.4.1. Realizarea mentenanței pe baza rezultatelor obținute.....28
CAPITOLUL 9.....29
9. CONCLUZII.....29
9.1.Rezultate obţinute și contribuții originale.....29
9.3. Lista lucrărilor originale.....32
9.4. Perpective de dezvoltare ulterioară.....36
Bibliografie..... ..37

Capitolul 1
Introducere

1.1 Prezentarea domeniului tezei

Lucrararea se referă la optimizarea surselor hibride de putere bazate pe energii regenerabile.

Sursele de energie regenerabilă ocupă în prezent un loc important în producția de energie electrică, ca urmare a avantajelor deosebite față de sursele clasice de energie: sunt inepuizabile, nepoluante, competitive din punct de vedere al costului.

Lucrarea este structurată în nouă capitole după cum urmează: introducere, sursele de energie regenerabilă și potențialul acestora, modelarea surselor de putere bazate pe energii regenerabile, analiza comparativă a unor tehnici de urmărire a punctului de putere maximă (MPPT), tehnici MPPT globale, tehnică de control cu urmărirea sarcinii pentru o sursă hibridă de putere (HPS), optimizarea sistemelor hibride de putere, studiu de caz pentru un parc fotovoltaic și concluzii.

1.2 Scopul tezei

Obiectivul principal al acestei lucrări este de a prezenta și analiza sursele regenerabile de energie, în special solară, din punct de vedere al optimizarii functionării.

Partea teoretică a lucrării (primele trei capitole) prezintă efectul fotovoltaic, celula fotovoltaică și modelarea matematică a acesteia: modelul cu o singură diodă și modelul cu două diode. De asemenea, diferite configurații de conectare a panourilor fotovoltaice (PV), tehnici de urmărire a punctului de putere maximă (MPP), modelari ale surselor hibride pe putere (HPS) bazate pe energii regenerabile sunt prezentate în aceste trei capitole cu tentă teoretică.

Rezultatele obținute în urma cercetării aplicative realizate sunt prezentate în următoare capitolele și se referă la analiza comparativă din punct de vedere al performațelor a unor algoritmi MPP convenționali, managementul energetic optimizat al unei surse hibride de putere (HPS) utilizând surse de energie regenerabile (RES) și o pilă cu combustibil de tip hidrogen (FC) și strategii de control după sarcină (Load Following - LF) aplicate pentru o arhitectură FC/RES HPS.

Un capitol separat este destinat dimensionarii si optimizării unui sistem hibrid de putere bazat pe energii regenerabile folosind aplicțiile HOMER și iHOGA.

În capitolul final, este prezentat un studiu de caz experimental pentru o centrală fotovoltaică folosind sistemul SCADA. Parametrii funcționali ai parcului fotovoltaic sunt achizitionați pentru a obține informații despre eficiența managementului energetic aplicat.

1.3 Conţinutul tezei

Teza de doctorat este structurată în 9 capitole, prezentate mai jos pe scurt.

În capitolul 1 au fost prezentate domeniul de cercetare la doctorat, scopul tezei și conținutul tezei.

În capitolul 2 se motivează necesitatea utilizării surselor de energie regenerabile și apoi se prezintă principalele aspecte teoretice pentru analiza panourilor PV: efectul fotovoltaic, caracteristicile celulelor fotovoltaice și modelarea matematică a acestora. Sunt descrise configurații de conectare a panourilor PV, cât și arhitecturi de arii PV folosite frecvent. S-au prezentat tehnicile de urmărire a punctului de putere maximă, convenționale și inteligente și se face o analiză comparativă a tehnicilor MPPT din punct de vedere al indicatorilor de performanță.

Capitolul 3 continuă cu modelarea surselor hibride de putere (HPS) bazate pe energii regenerabile și sunt descrise arhitecturile de conectare a acestor surse la magistrale de CC sau CA, cât și module pentru arii PV și dispozitivele de stocare a energiei.

În capitolul 4 s-a făcut o analiză comparativă a tehnicilor de urmărire a punctului de putere maximă (MPPT) folosind doi algoritmi: algoritmul clasic Perturbă și Observă (P&O) și algoritm adaptiv bazat pe controlul căutării extremului (Extremum Seking Control - ESC). Algoritmii sunt testați pentru un panou PV la diverse profiluri de iradiere solara [W/m2].

În capitolul al 5-lea a fost abordată problematica tehnicilor de căutare globale a MPP (GMPPT) care pot crește cu până la 40% eficiența extragerii de energie de la arii PV parțial umbrite. S-au propus mai mulți algoritmi care utilizează pe langă bucla de cautare a MPPT din controlul căutării extremului bazat pe perturbație (Perturbed Extremum Seeking Control - PESC) înca o bucla de localizare a GMPP. După prezentarea teoretică a tehnicii GMPPT si celor doua bucle de control adaptiv, se face o analiză simulativă a două scheme GMPPT bazate pe PESC: G1PESC bazată pe un

filtru BPF și G2PESC bazată pe două filtre BPF. Rezultatele analizei comparative sunt interpretate utilizând indicatorii de performanță specifici tehnicilor MPPT, respectiv GMPPT, fiind utilizați doi indicatori de performată specifici (rezoluția de căutare și rata de succes în localizarea GMPP pe caracteristici PV multimodale), care au fost definiți de subsemnatul. O comparație detaliată utilizând profile reale de iradiere solară se realizează între algoritmul (P&O) și schema G1PESC, evidențiindu-se avantaje si dezavantaje.

În capitolul al 6-lea s-a realizat un studiu de caz pentru o arhitectură FC/RES HPS cu prezentarea în detaliu a elementelor componente și a rezultatelor simulării (tabelar și grafic) la sarcină constantă și sarcină variabilă. În studiul de caz s-au studiat două topologii: topologia Air-LF și topologia Fuel-LF, care utilizează o strategie de control a debitelor de aer și hidrogen (care alimentează pila cu combustibil) bazate pe controlul urmăririi sarcinii (Load following (LF) mode control).

În capitolul 7 este abordată optimizarea sistemelor hibride de putere bazate pe energii regenerabile folosind două programe de simulare și optimizare a sistemelor hibride de putere: HOMER și iHOGA. Este prezentat un studiu de caz pentru un sistem hibrid de putere situat în apropierea localității Rm. Vâlcea cu scopul de a fi optimizat din punct de vedere tehnico-economic.

Capitolul 8 detaliază un studiu de caz pentru un parc fotovoltaic folosind sistemul SCADA cu ajutorul căruia se poate realiza managementul energetic al centralei fotovoltaice pe o perioadă mai scurtă sau mai îndelungată de timp.

Ultimul capitol, al 9-lea, prezintă și analizează concluziile rezultate ca urmare a elaborării lucrării.

În finalul tezei sunt prezentate referințele bibliografice utilizate.

Capitolul 2

Necesitatea utilizării surselor de energie regenerabile. Potențialul surselor de energie regenerabile

În acest capitol se prezintă detaliat:

- sursele de energie regenerabilă, efectul fotovoltaic, celula fotovoltaică, modelarea matematică a acestora și curbele carateristice I-U și P-U.

- realizarea unei interfețe de simulare pentru o celulă, modul, arie PV în mediul de simulare Matlab - Simulink pentru a studia diferite module PV folosite în instalațiile fotovoltaice și care permit trasarea curbelor carateristice pentru diferite valori ale radiației solare și temperaturii, atât pentru iluminare uniformă cât și în condiții de umbrire parțială.
- analiza eficienței pentru diferite configurații de conectare a panourilor PV și prezentarea principalelor arhitecturi de arii PV.
- descrierea tehnicilor de urmărire a punctului de putere maximă, clasificarea acestora și se face o analiză comparativă a tehnicilor MPPT din punct de vedere al indicatorilor de performanță.

2.2 Modelarea celulelor fotovoltaice

Celula fotovoltaică reprezintă din punct de vedere electric o sursă neliniară, funcționarea acesteia poate fi studiată considerând joncțiunea p-n în paralel cu o sursă ideală de curent [11].

2.2.1 Modelul cu o singură diodă al unei celule PV

Sursa ideală de curent, lagată în paralel cu o diodă semiconductoare modelează o celula ideală la care se adaugă o rezistenţă serie R_S, și o rezistență paralel R_p, care modelează pierderile de tensiune și curent (Fig. 2.3) [12].

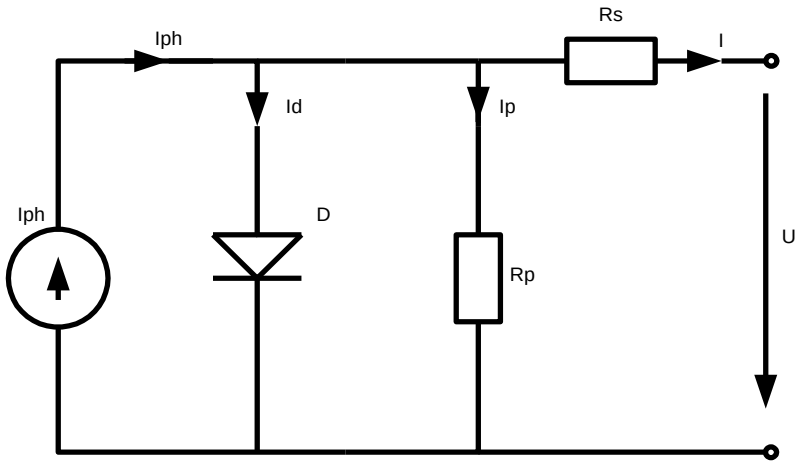


Fig. 2.3 *Modelul cu o singură diodă al unei celule PV*

2.2.2 Modelul cu două diode al unei celule PV

Modelul cu două diode al unei celule PV ţine seama de fenomenul de recombinare a purtătorilor de sarcină în zona joncţiunii şi de variaţia coeficientului de idealitate A cu tensiunea [14-17].

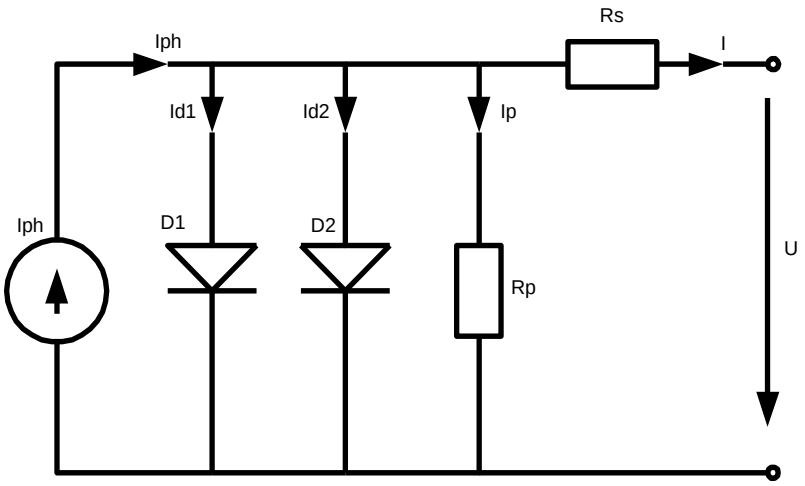


Fig. 2.4 *Modelul cu două diode al unei celule PV [14]*

2.3 Caracteristici ale unei celule PV

Caracteristicile curent - tensiune și putere - tensiune depind în principal de doi parametrii: intensitatea radiației solare G şi de temperatura celulei T (Fig. 2.5) [27].

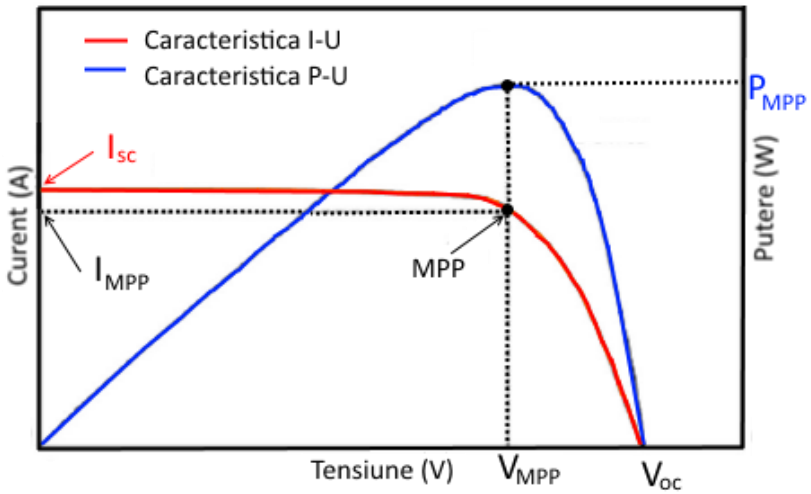


Fig. 2.5 *Caracteristicile I-U şi P-U ale unei celule PV (în condiții standard de test G= 1000W/ m² și T=25^{0}C)[27]*

2.3.6 Aplicație: interfață de simulare pentru o celulă, modul , arie PV

Interfața este realizată în mediul de simulare Matlab - Simulink. Cu ajutorul acestei interfețe se pot analiza și studia diferite tipuri de celule, module sau arii PV utilizate în instalații fotovoltaice și anume se pot trasa curbele caraterstice I - U și P -U pentru diferite valori ale radiției solare și temperaturii. Modelul realizat permite ridicarea caracteristicilor și în condiții de umbrire parțială. Implementarea modelului este

prezentată în Fig. 2.17 iar în Fig. 2.18 este prezentată interfața pentru modelul rezultant.

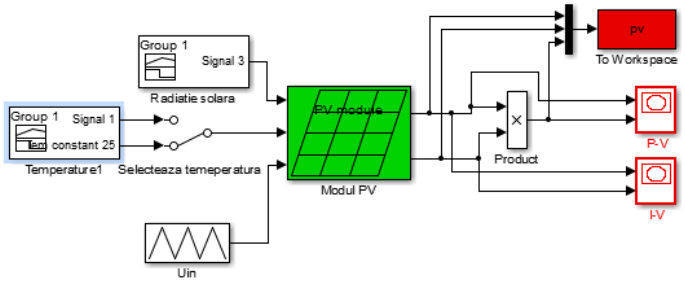


Fig. 2.17 *Implementarea in Simulink a modelului*

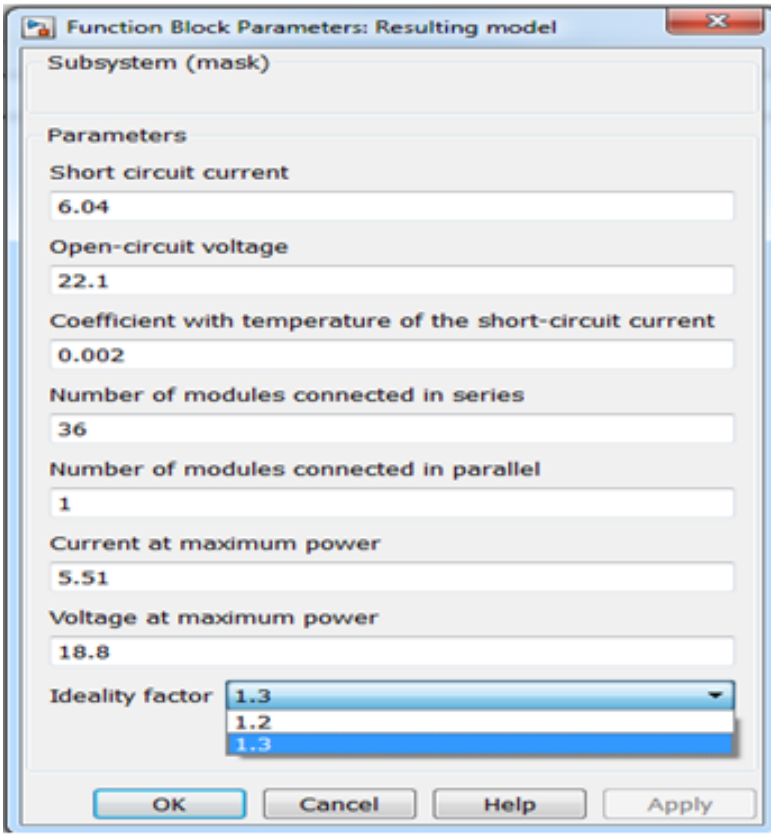


Fig. 2.18 *Interfața pentru modelul rezultant*

Modelul propus utilizează o interfață prietenoasă și poate fi folosit cu succes pentru instruirea personalului tehnic care operează în parcuri fotovoltaice.

2.5 Arhitecturi de arii PV

Modul în care sunt conectate panourile PV şi convertoarele determină costul, funcţionarea şi eficienţa întregului sistem fotovoltaic. Principalele tipuri de arhitecturi ale sistemelor PV sunt: arhitectura cu invertor central, arhitectura șir, arhitectura multișir, arhitectura modulară, arhitectura cu microinvertoare.

În Fig. 2.33 și Fig. 2.34 sunt prezentate arhitecturile de arii PV frecvent

folosite.

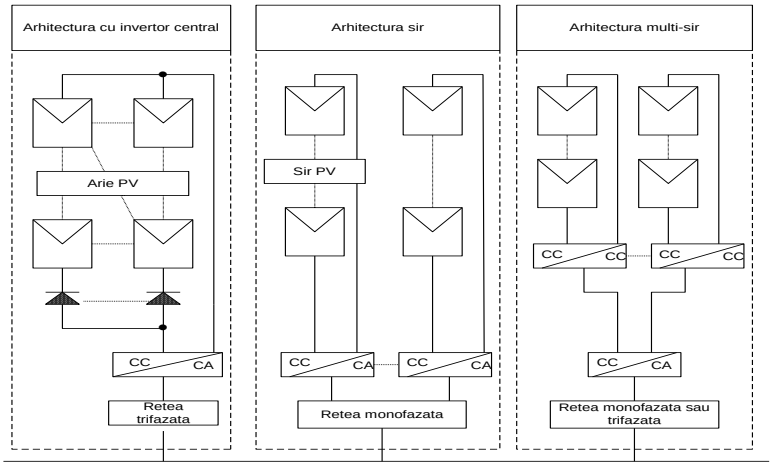


Fig. 2.33 *Arhitecturi sisteme PV cu invertor central, şir, multişir*

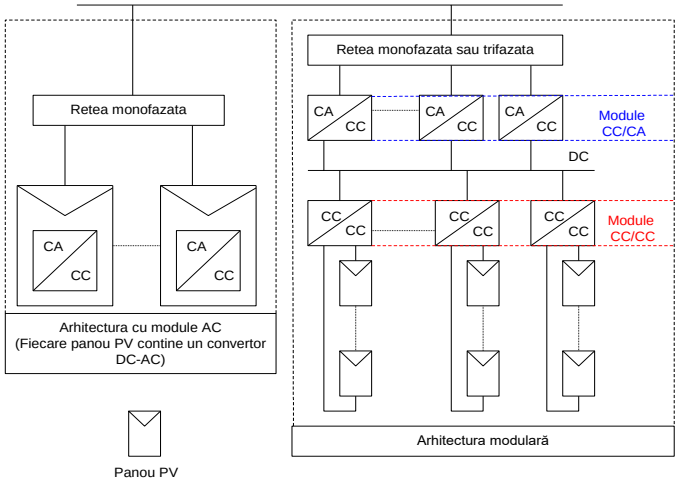


Fig. 2.34 *Arhitecturi modulară şi cu module CA*

2.6 Tehnici de urmărire a punctului de putere maximă

Pentru a realiza transferul maxim de putere între un generator PV și receptor s-au conceput sisteme MPPT cu urmărirea punctului de putere maximă MPP.

Tehnicile MPPT se clasifică în linii mari în trei grupe [48], [58-62]: tehnici indirecte (off-line) care folosesc de obicei datele tehnice ale panourilor PV pentru a estima MPP, tehnici directe (on-line) care utilizează parametrii măsurați (U,I) în timp real, alte metode cuprind o combinație a acestor metode sau pe bază de calcule indirecte.

În funcție de radiația solară, tehnicile MPPT se împart în două mari grupe [70--80]: MPPT la radiație uniformă, MPPT în condiții de umbrire parțială.

În Tabelul 2.8 se face o analiză comparativă a tehnicilor MPPT pe baza

indicatorilor de performanță specifici:

Tab. 2.8 *Analiza comparativă a tehnicilor MPPT[46], [62],[83-85]*

Tehnici MPPT	**Măsurare putere PV**	**Dependeţa de parametrii ariei PV**	**Senzori**	**Complexitate**	**Viteza de urmărire**	**Eficiență energetică**	**Eficienţă la umbrire parţială**	**Aplicație rețea**
OCV	Indirectă	Da	U	Simplă	Lentă	Scăzută	Nu	Izolată
SCC	Indirectă	Da	I	Simplă	Lentă	Scăzută	Nu	Izolată
CF	Indirectă	Da	U	Simplă	Lentă	Scăzută	Nu	Izolată
P&O	Directă	Nu	U,I	Simplă	Medie	Bună	Nu	Izolată, Sistem
HC	Directă	Nu	U,I	Simplă	Medie	Bună	Nu	Izolată, Sistem
IC	Directă	Nu	U,I	Medie	Rapidă	Bună	Da	Izolată, Sistem
FLC	Indirectă	Nu	U,I	Complexă	Rapidă	Foarte bună	Da	Izolată, Sistem
ANN	Indirectă	Nu	U,I	Complexă	Rapidă	Bună	Da	Sistem
PSO	Indirectă	Nu	U,I	Medie	Rapidă	Bună	Da	Izolată

Concluzii

Studierea teoretică a elementelor componenete ale instalațiilor fotovoltaice a avut drept rezultata realizarea unei interfețe pentru studierea și analiza celulelor, modulelor sau a ariilor PV. Aceasta poate fi folosită cu succes pentru instruirea personalului tehnic care oprează în parcurile fotovoltaice.

Capitolul contribuie la aprofundarea cunoștințelor privind arhitecturile de arii PV, metodele MPPT și algoritmi MPPT dezvoltate pe larg în cuprinsul acesteia.

Capitolul 3

Modelarea unei surse hibride de putere (HPS) bazate pe surse de energii regenerabile (RES) și dispozitive de stocare a energiei (ESD)

Sistemele hibride de putere pentru producerea de energie electrică au în componență două sau mai multe surse regenerabile, fiind prevăzute cu dispozitive de stocare a

energiei (baterii sau ultracapacitoare).

Obiectiv

Principalul obiectiv urmărit este modelarea surselor hibride de putere bazate pe energii regenerabile, modelul simplificat al unei arii PV cu estimarea parametrilor modelului, cât și modelarea dispozitivelor de stocare a energiei electrice: bateria de acumulatori și ultracapacitoarele.

3.1 Arhitecturi RES/ESD HPS

Sunt utilizate în proiectarea și realizarea sistemelor hibride trei tipuri de arhitecturi: arhitectura cu magistrală comună de curent continuu (CC), arhitectura cu magistrală comună de curent alternativ (CA), arhitectura hibridă (cu magistrală comună de C.C și C.A).

În Fig. 3.3 se prezintă arhitectura unui sistem hibrid cu două magistrale de C.C și C.A.

La acest tip de sistem hibrid, sursele de curent alternativ și anume grupul eolian și grupul Diesel sunt conectate la un sistem de bare de curent alternativ, iar sursele de curent continuu: panourile PV și unitățile de stocare a energiei sunt conectate la un sistem de bare de curent continuu [95]. Cele două sisteme de bare colectoare sunt interconectate între ele cu ajutorul unui convertor de putere bidirecțional.

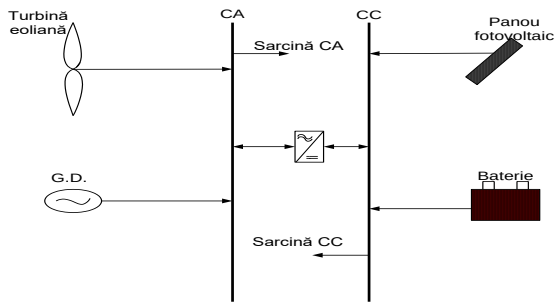


Fig. 3.3 *Arhitectura unui sistem hibrid cu două sisteme de bare: de curent alternativ (CA) și de curent continuu (CC)*

3.3 Modele pentru dispozitive de stocare a energiei și puterii electrice

Sistemele hibride de putere bazate pe surse de energie regenerabile au în componență dispozitive de stocare care permit acumularea energiei în golul de sarcină și eliberarea ei în varful de sarcină.

3.3.2 Modelarea bateriei de acumulatori

Pentru modelarea bateriei de acumulatori este necesară cunoașterea parametrilor

bateriei.

Un model detaliat al unei baterii de acumulatori este prezentat în Fig.3.11 unde sunt asociați următorii parametrii: rezistența internă cu cele trei componenente: rezistența de încărcare R_c, rezistența de descărcare R_d variabile în timpul de încărcare – descărcare și rezistența R_b, capacitatea de polarizare C, V_p și V_b sunt tensiunea de circuit deschis, tensiunea condensatorului C_p și tensiunea la borne, I_b curentul de încărcare – descărcare [103].

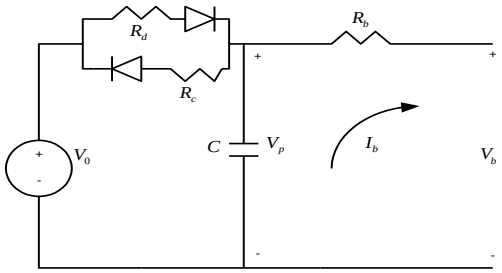


Fig. 3.11 *Modelul Thevenin echivalent al bateriei de acumulatori [103]*

Concluzii

În acest capitol se face o clasificare a arhitecturilor pentru sursele hibride de putere și este prezentat modelul simplificat al unei arii PV.

Sunt analizate dispozitivele de stocare a energiei electrice: baterii de acumulatori și ultracapacitoare.

Capitolul 4

Analiza comparativă a tehnicilor de urmărire a punctului de putere maximă (MPPT)

Tehnicile și algoritmii MPPT permit urmărirea punctului de putere maximă MPP pentru a transfera puterea maximă de la generatorul fotovoltaic la receptor în scopul eficientizării instalației fotovoltaice.

Obiectiv

Acest capitol și-a propus efectuarea unei analize comparative, din punct de vedere al indicatorilor de performanță, a trei algoritmi: algoritmul Perturbă și Observă (P&O) și doi algoritmi bazați pe controlul ES: aESC și mESC, testarea făcându-se

pentru un panou PV la diferite profiluri de iradiere utilizând mediul Matlab – Simulink.

4.4 Rezultate

In Fig. 4.6 se prezintă diagrama de comparare a performanțelor celor trei algoritmi:

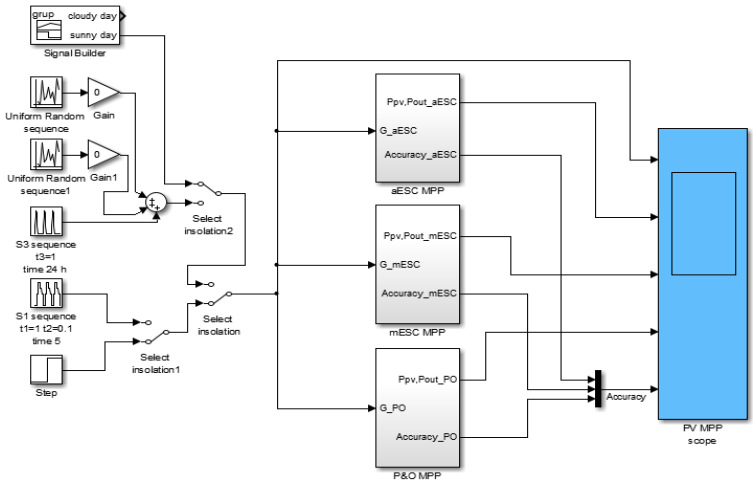


Fig. 4.6 *Diagrama de comparare a performanțelor celor trei algoritmi: aESC, mESC și P&O*

4.4.1 Iradiere treaptă

Rezultatele simulării pentru nivelul de iradiere (G=500W/m^2) și pas ($A = \Delta I =$ 0.1 A) sunt prezentate în Fig. 4.7:

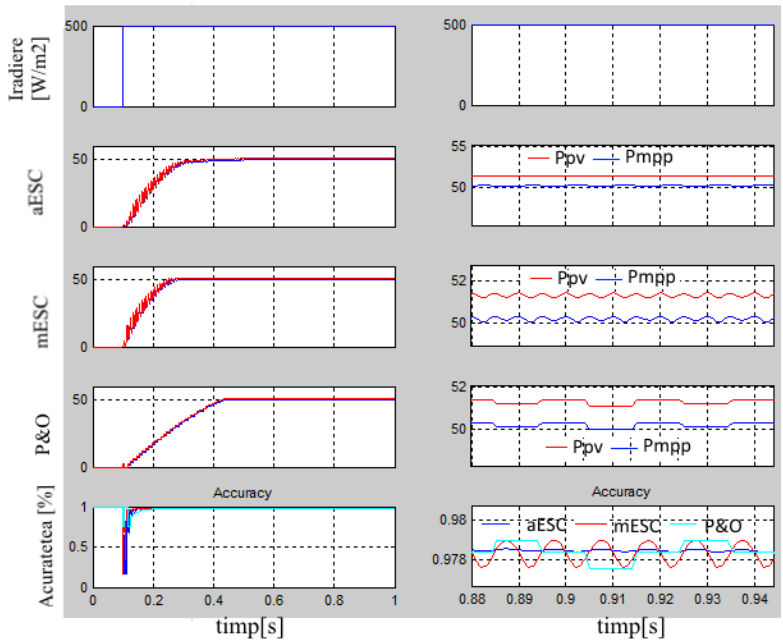


Fig. 4.7 *Rezultatele simulării pentru nivelul de iradiere* (G=500W/m^2) *și pas* $A = \Delta I =$ 0.1 *A(cu mărire în partea dreaptă)[120, 122]*

4.4.2 Profil de iradiere variabil

S-au testat performanțele și pentru un profil de iradiere variabil, rezultatele obținute fiind prezentate în Fig. 4.9, Fig. 4.10 și Fig. 4.11.la diferite secvențe de timp.

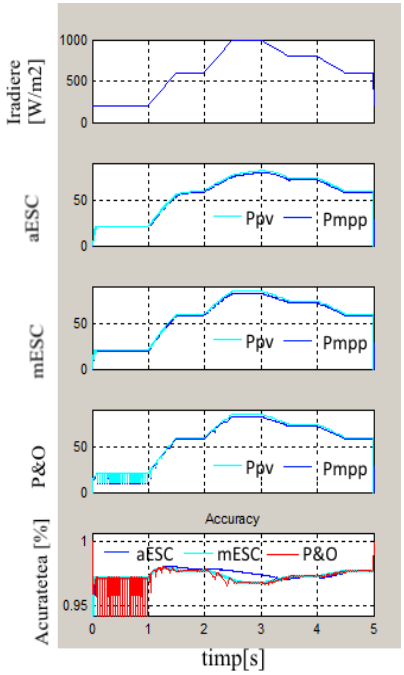


Fig. 4.9 *Diagrama de simulare pentru profil de iradiere variabil (t2=0.5)[120, 122]*

4.4.3 Profil de iradiere pentru o zi

Diagrama de simulare pentru o zi însorită este prezentată în Fig. 4.13:

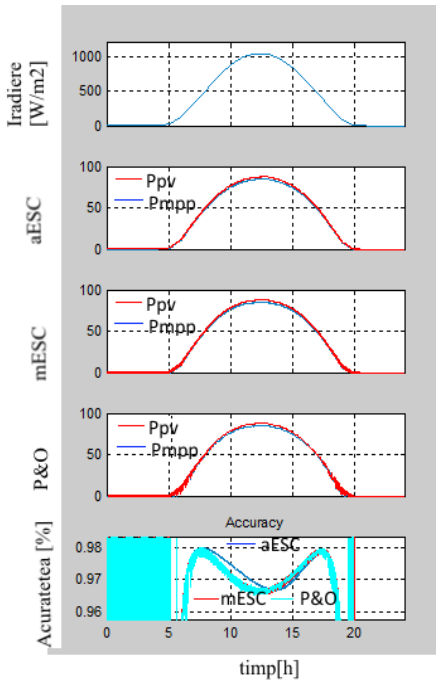


Fig. 4.13 *Diagrama de simulare pentru o zi însorită [120, 122]*

Concluzii

Analiza comparativă, privind performanțele celor trei algoritmi, arată rezultate bune pentru tehnicile MPPT bazate pe controlul ES. Controlul aESC este superior controlului mESC și algoritmului P&O, obținându-se o acuratețe mai mare în găsirea punctului de putere maximă. Controlul aESC prezintă următoarele performanțe: o oscilație neglijabilă a puterii după ce punctul de putere maximă este prins și robustețe internă, performanțe care sunt ideale în cazul schimbărilor rapide de vreme. Algoritmul P&O prezintă performanțe bune la radiație solară constantă, în schimb pierde controlul de urmărire a punctului de putere maximă la schimbări rapide de vreme.

Capitolul 5
Tehnici MPPT globale (GMPPT)

Sistemele fotovoltaice mari sunt compuse din mai multe module PV conectate serie-paralel, unele dintre module pot fi iluminate diferit ca urmare a norilor, umbrelor de copaci, clădiri și obiective învecinate. Acest fenomen cunoscut sub numele de umbrire parțială, determină fie scoaterea din funcțiune a sistemului, fie o curbă caracteristică de putere P-V cu mai multe vârfuri locale, numai unul dintre ele fiind punct global de putere maximă. De aici apare necesitatea de a dezvolta algoritmi pentru urmărire GMPP în condiții de umbrire parțială (PSC).

Obiectiv

În acest capitol se prezintă metoda pentru căutarea GMPP bazată pe o schemă nouă de căutare a extremului: controlul căutării extremului bazat pe perturbație (PESC) [122].

Sunt cunoscute mai multe scheme PESC în funcție de blocul de filtrare inclus: schema global PESC bazată pe un filtru BPF (G1PESC) și schema bazată pe două filtre BPF (G2PESC). Se face o analiză comparativă a rezultatelor simulării pentru cele două scheme G1PESC și G2PESC și între schema global PESC bazată pe un filtru BPF (G1PESC) și algoritmul Perturbă & Observă (P&O) privind urmărirea punctului de putere maximă GMPP.

5.3.3 Analiza comparativă a rezultatelor simulării pentru G1PESC și G2PESC

Rezultatele simulării pentru semnalele corespunzătoare celor două scheme sunt afișate

în Fig. 5.9 (a) și Fig. 5.9 (b):

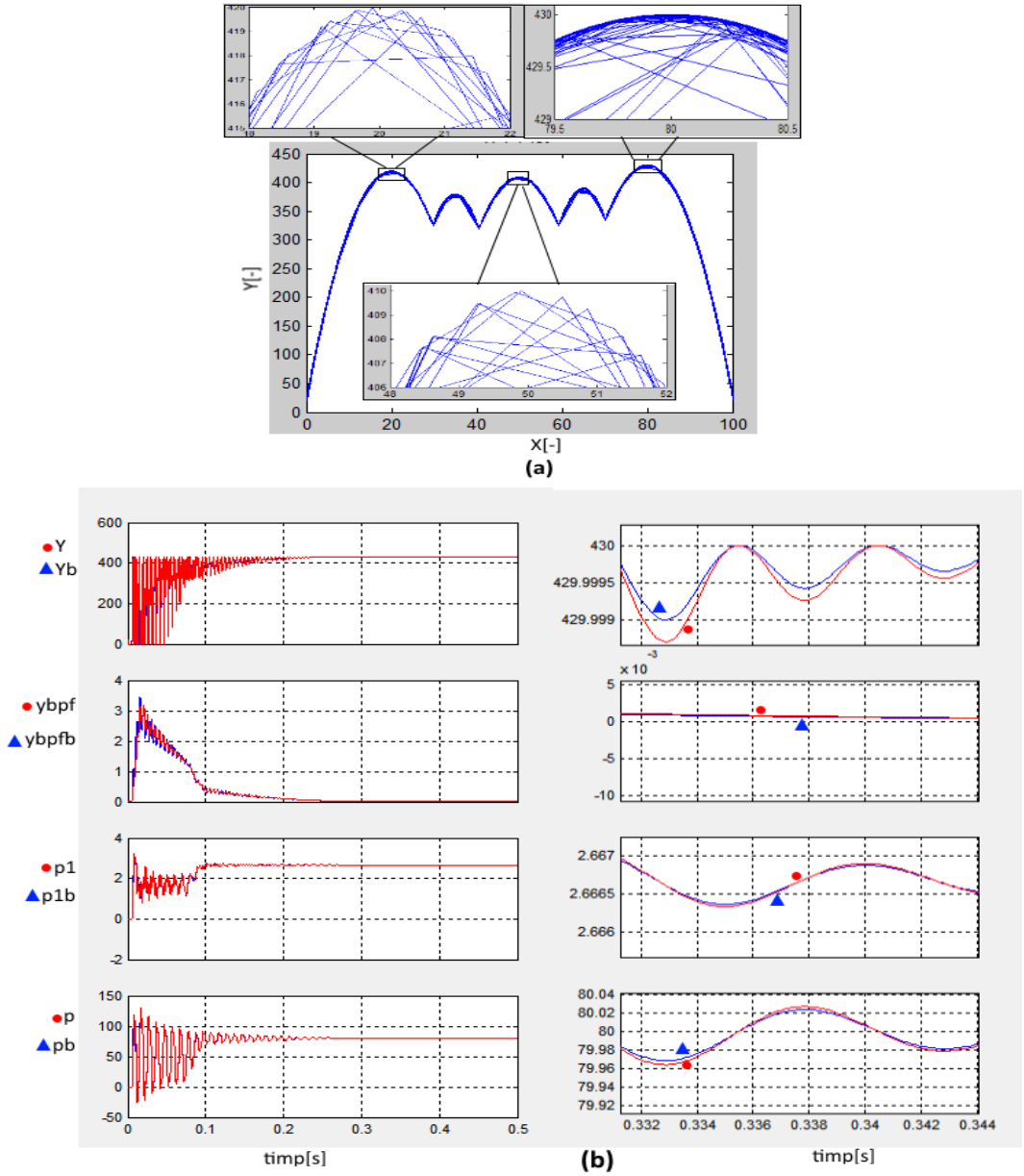


Fig. 5.9 *Rezultatele simulării pentru căutare GMPP folosind schemele G1PESC și G2PESC (cu mărire în partea dreaptă)[126]*

Din rezultatele simulării pentru cele două scheme globale bazate pe controlul ES reiese că după faza de căutare a GMPP semnalele sunt aproape identice, diferența lor tinzând către zero, concluzionând că performanțele pentru ambele scheme sunt similare.

5.4 Comparație între schema globală PESC bazată pe un filtru BPF (G1PESC) și algoritmul Perturbă&Observă (P&O)

Simularea s-a făcut pentru un panou PV la diferite secvențe de testare și profil de iradiere real. Rezultatele simulării pentru o zi însorită și o zi noroasă sunt evidențiate în Fig. 5.18 și Fig. 8.19.

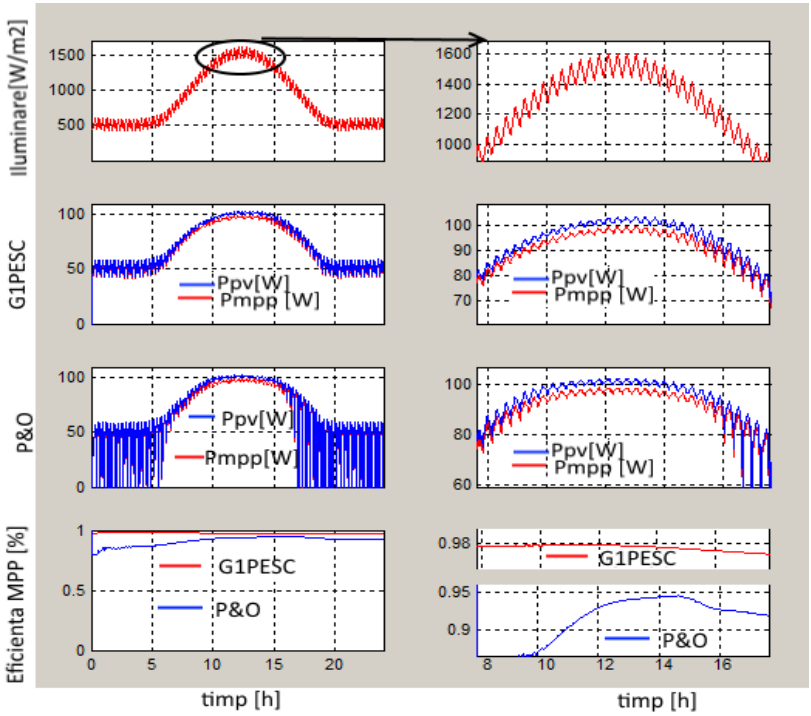


Fig. 5.18 *Diagrama de simulare pentru o zi însorită (cu mărire în partea dreaptă)*

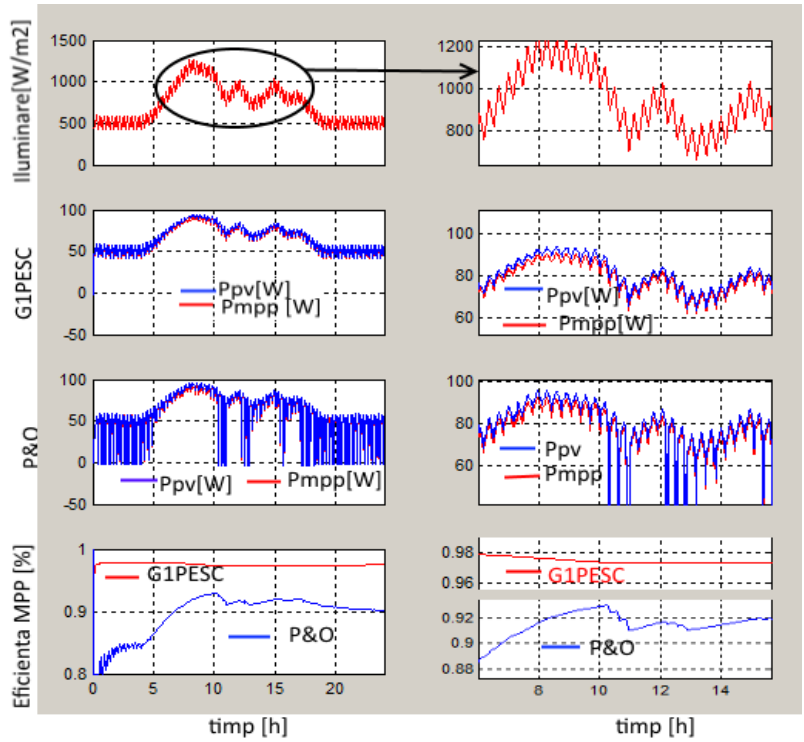


Fig. 5.19 *Diagrama de simulare pentru o zi noroasă (cu mărire în partea dreaptă)*

Concluzii

Din analiza rezultatelor simulării pentru cele două scheme (G1PESC și G2PESC), rezultă că în faza de căutare a GMPP apar oscilații mai mari pentru G1PESC, după care semnalele sunt aproape identice, diferența lor tinzând către zero. Aceasta denotă performanțe similare pentru cele două scheme.

În a doua etapă performanțele G1PESC și P&O s-au testat pentru un profil real (zi însorită, zi noroasă). Rezultatele simulării arată rezultate bune pentru algoritmul G1PESC obținându-se o eficiență ridicată de 98% comparativ cu algoritmul P&O care are o eficiență de 92%. Algoritmul G1PESC prezintă oscilații mici în cazul schimbărilor rapide de vreme, spre deosebire de P&O care prezintă oscilații mari și nu poate urmări punctul de putere maximă în timpul schimbărilor rapide de vreme.

Capitolul 6

Tehnica de control cu urmărirea sarcinii pentru un management energetic optimizat al unei surse hibride de putere (HPS) bazate pe o pilă de combustibil (Fuel Cell-FC) și surse de energii regenerabile (RES)

Un sistem hibrid de putere bazat pe energii regenerabile se compune din: sursele de energie regenerabile, sursele de energie convențională, componentele de stocare a energiei, convertoarele de putere și consumatorii de curent continuu sau de curent alternativ.

6.2 Studiu de caz pentru o arhitectură FC/RES HPS

În studiul de caz s-au studiat două topologii: topologia Air-LF și topologia Fuel-LF care utilizează o strategie de control a debitelor pilei cu combustibil (aer și hidrogen) bazate pe controlul urmăririi sarcinii (Load following mode control).

Obiectivele

Obiectivele acestui studiu de caz sunt următoarele: 1) modelarea configurației FC/RES HPS; 2) prezentarea performanțelor celor două strategii: Air-LF și Fuel-LF pentru profil de sarcină constant sau variabil, fără sau cu surse de energie regenerabile; 3) analiza eficienței energetice ($Fuel_{eff}$) și a consumului de combustibil pentru ambele topologii.

6.2.9 Indicatorii de performanță și funcția de optimizare

Indicatorii de performanță utilizați sunt: eficiența consumului de combustibil ($Fuel_{eff}$), randamentul sistemului pilă cu combustibil(η_{sys}) și consumul de combustibil ($Fuel_T$) în timpul unui ciclu de funcționare:

$$Fuel_{eff} = P_{FCnet}/FuelFr \tag{6.18}$$

$$\eta_{sys}=P_{FCnet}/P_{FC} \tag{6.19}$$

$$\text{Fuel}_T=\int FuelFr(t)dt \tag{6.20}$$

Diferențele indicatorilor de performanță sunt descriși de ecuațiile:

$$\Delta P_{FCnet} = P_{FCnet1} - P_{FCnet2} \tag{6.21}$$

$$\Delta \eta_{sys}= \eta_{sys1}-\eta_{sys2} \tag{6.22}$$

$$\Delta Fuel_{eff} = Fuel_{eff1} - Fuel_{eff2} \tag{6.23}$$

$$\Delta Fuel_T=Fuel_{T1}-Fuel_{T2} \tag{6.24}$$

Unde: indicii 1 și 2 reprezintă rezultatele obținute pentru topologia (Air-LF) respectiv(Fuel-LF).

În afară de alte tehnici de optimizare funcția de optimizare considerată în acest studiu de caz este o funcție mixtă dată de relația [158,159,160]:

$$k_{net}P_{FCnet} + k_{fuel}Fuel_{eff} \tag{6.25}$$

Parametriik_{net} și k_{fuel}, sunt considerați pentru trei cazuri: cazul A: k_{net}=0.5, k_{fuel}=0; cazul B: k_{net}=0.5, k_{fuel}=25; cazul C: k_{net}=0.5, k_{fuel}=50.

6.2.10 Rezultate

Rezultatele simulării pentru sarcină constantă (7kW) fără surse de energie regenerabile (k_{net}=0.5, k_{fuel}=0). sunt prezentate în Fig. 6.14.

Topologia Air-LF în comparație cu Fuel-LF prezintă consum de combustibil mai redus ($\Delta Fuel_T < 0$ și $Fuel_{eff} > 0$) la sarcină maximă (între 7.5 kW și 8 kW) și un randament energetic mai mare ($\Delta\eta_{sys} > 0$și$\Delta P_{FCnet} > 0$) la sarcină joasă (până la 5,5 kW). Ambele topologii dau rezultate apropiate la sarcina nominală (în jurul valorii de 6 kW). Astfel, o strategie optimă privind consumul de combustibil poate folosi topologia Air-LF și topologia Fuel-LF pentru sarcini mai mici și mai mari decât valoarea nominală de 6 kW. De exemplu, prima topologie Air-LF este necesară la un automobil echipat cu pilă cu combustibil care merge pe autostradă, cealaltă topologie Fuel-LF este necesară la un automobil care urcă un deal.

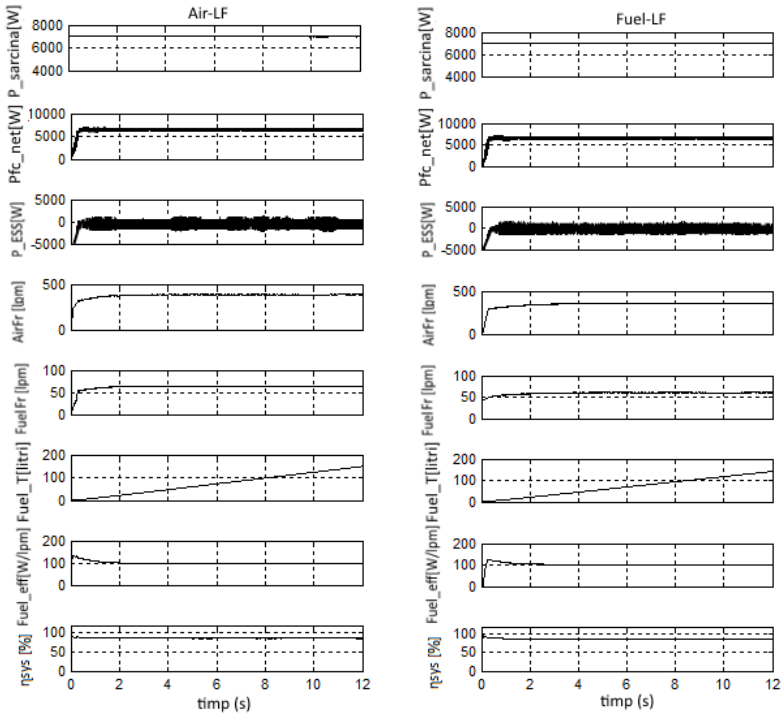


Fig. 6.14 *Rezultatele simulării pentru topologie FC/RES HPS la sarcină constantă (7kW) fără surse de energie regenerabilă, (Air-LF) la stanga (Fuel-LF) la dreapta*

Diferențele indicatorilor de performanță sunt prezentate în Fig. 6.15 - 6.18 pentru a compara cele două topologii.

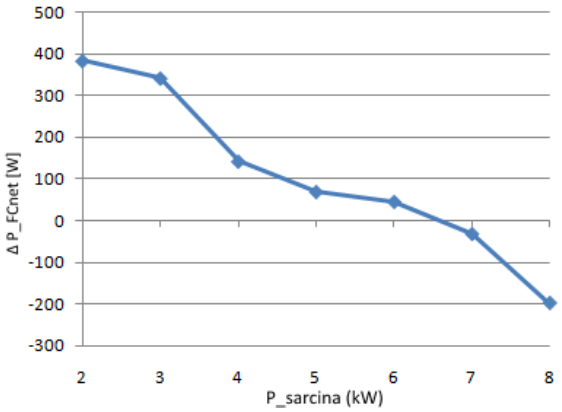


Fig. 6.15 *Diferențele între puterile nete* ($\Delta\ P_{FCnet}$) *generate de FC*

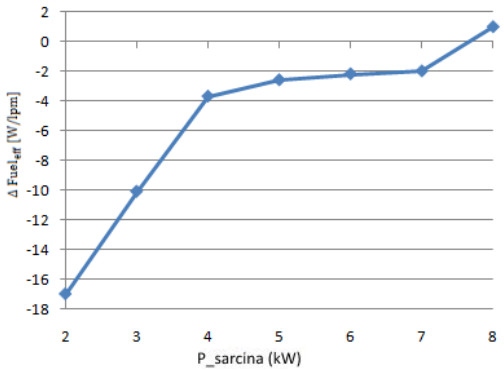


Fig. 6.16 *Diferențele eficienței consumului de combustibil ($\Delta\ Fuel_{eff}$) în cazul celor două topologii*

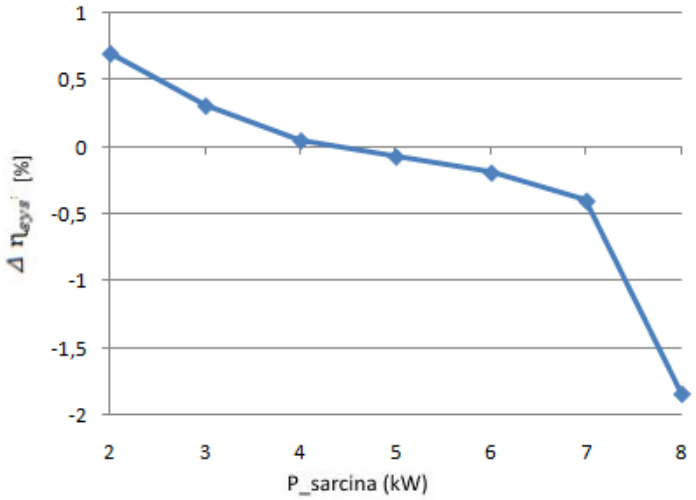


Fig. 6.17 *Diferențele randamentului ($\Delta\ \eta_{sys}$) în cazul celor două topologii*

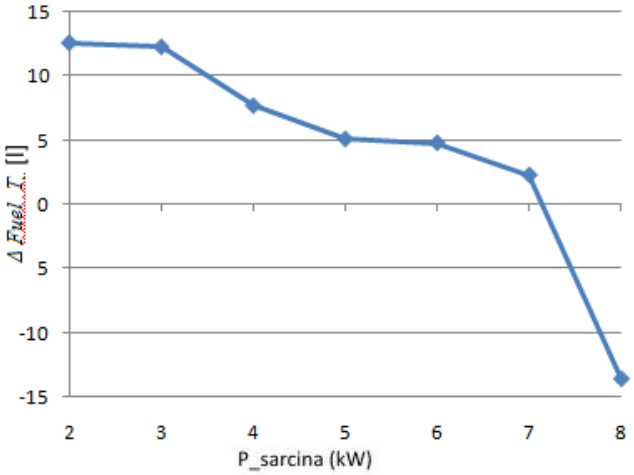


Fig. 6.18 *Diferențele consumului de combustibil ($\Delta\ Fuel_T$) în cazul celor două topologii*

În continuare funcția de optimizare va fi considerată pentru cazul B (k_{net}=0.5, k_{fuel}=25) și în cazul C (k_{net}=0.5, k_{fuel}=50*)* pentru a compara consumul de combustibil pentru ambele topologii.

Rezultatele simulărilor pentru sarcină constantă, sarcină variabilă cu același profil al surselor de energie regenerabilă sunt realizate pentru ambele topologii dar în cazul B (k_{net}=0.5, k_{fuel}=25) și în cazul C (k_{net}=0.5, k_{fuel}=50) pentru a compara consumul de combustibil pentru $k_{fuel}\neq 0$. Rezultatele obținute sunt prezentate în tabelele: Tabelul 6.5 și Tabelul 6.6 pentru diferite valori ale sarcinii constante și

valoarea medie a sarcinii variabile. Diferențele consumului de combustibil pentru diferite valori ale P_{load} și $P_{load(AV)}$ sunt prezentate în Fig. 6.21 și Fig. 6.22.

Tab. 6.5 *Diferențele consumului de combustibil pentru cazul B și C, pentru același profil* P_{RES}

	cazul B: k_{net}=0.5, k_{fuel}=25		**cazul C: k_{net}=0.5, k_{fuel}=50**	
$P_{sarcină}$	**$\Delta Fuel_{TB} = Fuel_{T1B} - Fuel_{T2B}$**	**$\frac{60 \cdot \Delta Fuel_{TB}}{12}$**	**$\Delta Fuel_{TC} = Fuel_{T1C} - Fuel_{T2C}$**	**$\frac{60 \cdot \Delta Fuel_{TC}}{12}$**
[kW]	[l]	[lpm]	[l]	[lpm]
6	0,54	2,7	-4,33	-21,65
7	-0,33	-1,65	-3,1	-15,5
8	-2,09	-10,45	-2,97	-14,85
9	-4,7	-23,5	-5,3	-26,5
10	-9,8	-49	-11,9	-59,5

Tab. 6.6 *Diferențele consumului de combustibil pentru diferite* $P_{load(AV)}$

	cazul B: k_{net}=0.5, k_{fuel}=25		**cazul C: k_{net}=0.5, k_{fuel}=50**	
$P_{sarcină}$	**$\Delta Fuel_{TB(LC)} = Fuel_{T1B(LC)} - Fuel_{T2B(LC)}$**	**$\frac{60 \cdot \Delta Fuel_{TB(LC)}}{12}$**	**$\Delta Fuel_{TC(LC)} = Fuel_{T1C(LC)} - Fuel_{T2C(LC)}$**	**$\frac{60 \cdot \Delta Fuel_{TC(LC)}}{12}$**
[kW]	[l]	[lpm]	[l]	[lpm]
6	0,88	4,4	-1,57	-7,85
7	-0,04	-0,2	0,69	3,45
8	-1	-5	-4,9	-7,25
9	-10,9	-54,5	-13,8	-69
10	-20,7	-103,5	-23,9	-119.5

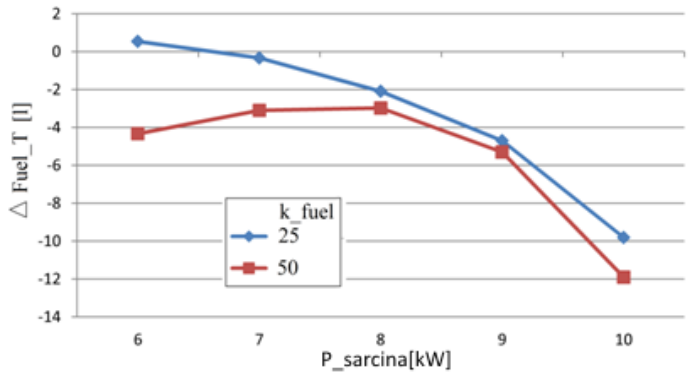


Fig. 6.21 *Diferențele consumului de combustibil ($\Delta\ Fuel_T$) pentru diferite P_{load}*

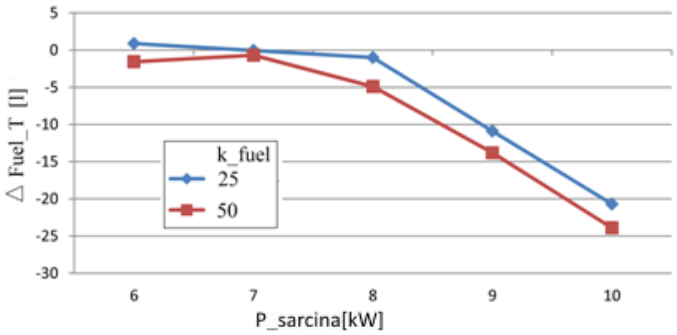


Fig. 6.22 *Diferențele consumului de combustibil ($\Delta\ Fuel_T$) pentru diferite $P_{load(AV)}$*

Din analiza rezultatelor se observă un consum de combustibil mai mic pentru k_{fuel} =50 decât cel pentru k_{fuel} =25.

Capitolul 7

Optimizarea sistemelor hibride de putere (HPS)

În ultimii ani, au fost dezvoltate mai multe instrumente software pentru dimensionarea optimă a unui sistem integrat bazat pe surse de energie regenerabile [163,164]. Printre aceste instrumente software folosite pentru dimensionarea și modelarea sistemelor hibride de energie bazate pe surse regenerabile se pot enumera: HOMER, iHOGA, RET-screen, Hybrid 2 [165,166,167,168,169,170,171,172]. Dintre softurile enumerate mai sus două dintre ele sunt aplicate frecvent și anume: HOMER și iHOGA [173,174].

Obiectiv

Este prezentat un studiu de caz pentru un sistem de putere hibrid situat în apropierea localității Rm. Vâlcea cu scopul de a fi optimizat din punct de vedere tehnico-economic.

7.4 Sistemul hibrid de putere - simulare în HOMER

Sistemul hibrid conține cinci componente majore care trebuiesc proiectate. Componentele sunt: panouri fotovoltaice, turbine eoliene, generator Diesel, baterie, convertor și sarcină electrică.

7.5 Rezultate obținute în HOMER

În Fig. 7.5 (a) se prezintă formele de undă ale zilei de opt ianuarie pentru sistemul hibrid, iar în Fig. 7.5 (b) se prezintă formele de undă pentru încarcarea și descărcarea bateriei.

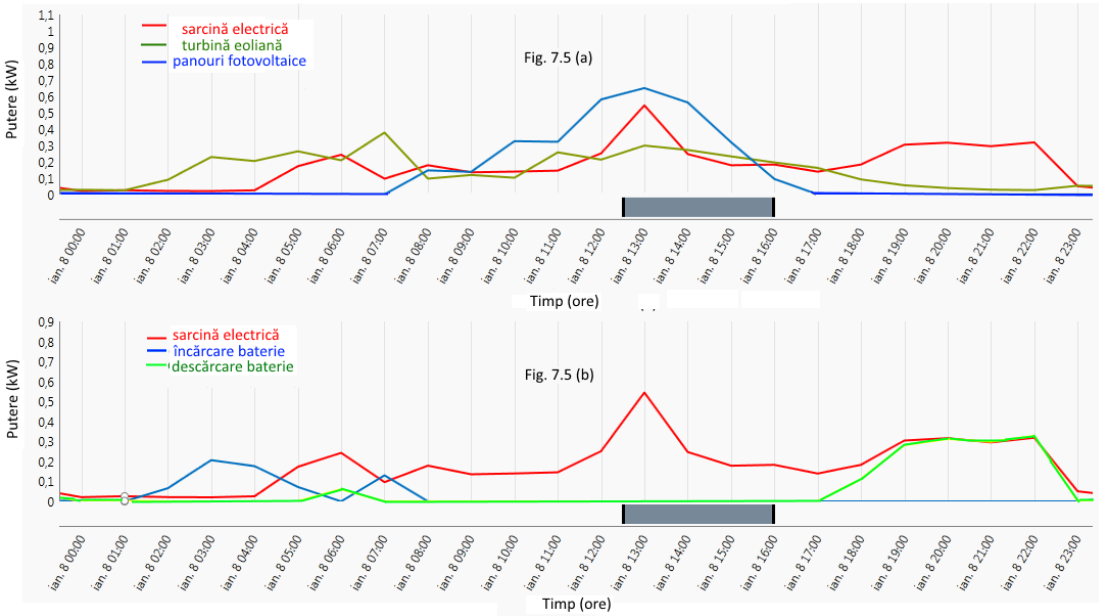


Fig. 7.5 *Formele de undă folosind softul HOMER (Fig. 7.5.a - formele de undă pentru sistemul hibrid, Fig. 7.5.b - formele de undă pentru încărcarea și descărcarea bateriei)*

7.6 Sistemul hibrid de putere - simulare în iHOGA

Ca și în cazul simulatorului HOMER, sistemul hibrid conține: panouri fotovoltaice, turbină eoliană, generator diesel, baterie, convertor și sarcină electrică.

7.7 Rezultate obținute în iHOGA

Fig. 9.10 prezintă formele de undă ale zilei de opt ianuarie pentru sistemul hibrid.

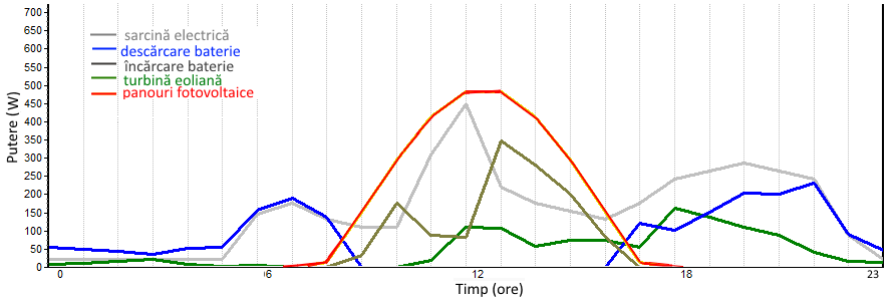


Fig. 7.10 *Formele de undă folosind softul iHOGA*

Concluzii

Datele de intrare sunt aceleași pentru ambele instrumente software de analiză folosite (HOMER și iHOGA). Având în vedere rezultatele obținute la dimensionarea sistemului hibrid, programul iHOGA oferă soluții de proiectare mai eficiente și fiabile față de HOMER.

Capitolul 8

Studiu de caz pentru un parc fotovoltaic

Obiectivul acestui capitol este de a face o analiză a performanțelor pentru o centrală electrică fotovoltaică bazată pe control, supraveghere, contorizare și monitorizare de la distanță utilizând un echipament SCADA. Datele prelucrate de sistemul SCADA se referă la: energii, puteri, curenții pe cele trei faze, tensiunile de fază, starea tehnică a echipamentului electric.

Pe baza datelor prelucrate se analizează principalii indicatori de performanță ai parcului fotovoltaic, se poate realiza managementul energetic al parcului fotovoltaic pentru o perioadă mai lungă sau mai scurtă de timp.

8.3 Date meteorologice

Datele meteorologice sunt furnizate cu ajutorul stației meteorologice STM36 amplasate în incinta parcului fotovoltaic (Fig. 8.8).

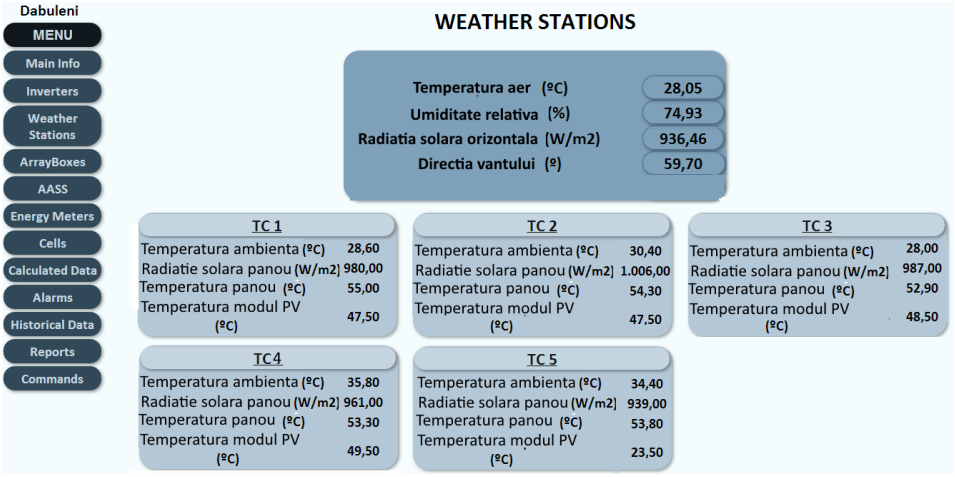


Fig. 8.8 *Date stație meteorologică[202]*

8.4 Rezultate

În Fig. 8.15 se prezintă interfața om – mașină, care furnizează informații despre: numele , locație parc fotovoltaic, vârful de putere, puterea activă instantanee, totalul energiei livrate, energia livrată zilnic, temperatura ambientă, radiația solară și disponibilitatea totală [203, 205].

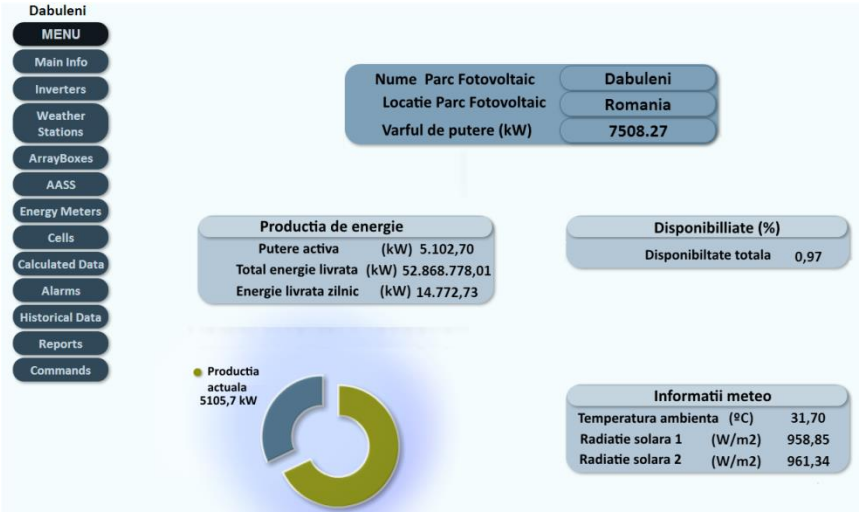


Fig. 8.15 *Interfața om – mașină [203]*

În Fig. 8.16 este reprezentat diagrama puterilor, curenților și tensiunilor pentru toate șirurile de conexiuni ale panourilor fotovoltaice.

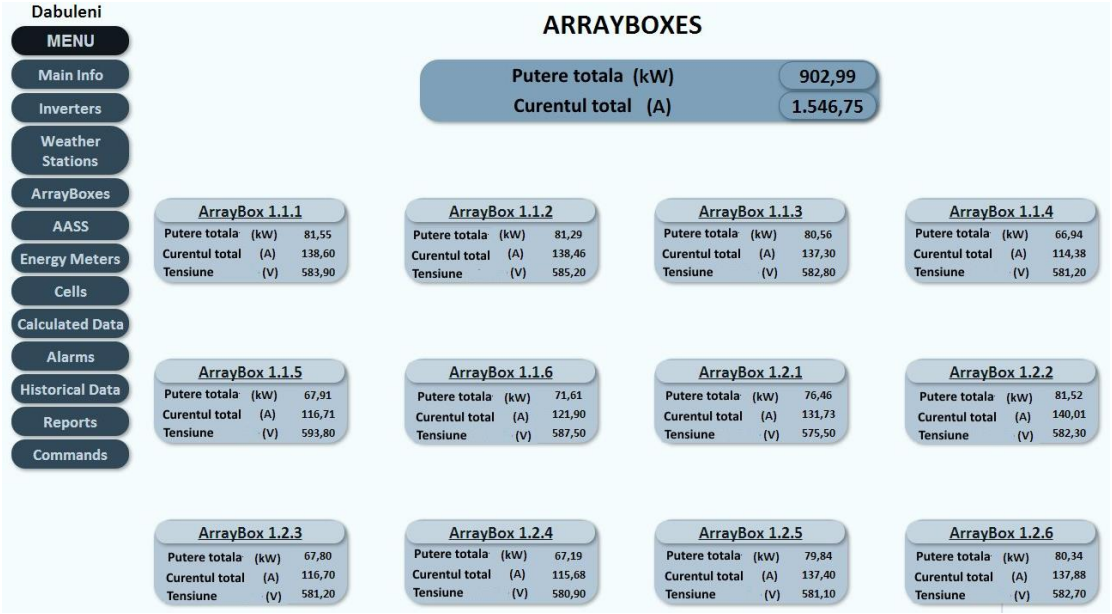


Fig. 8.16 *Diagrama puterilor, curenților și tensiunilor pentru toate șirurile ale panourilor fotovoltaice*

Informații despre defecțiunile apărute, despre randamentul și disponibilitatea parcului fotovoltaic zilnic sau lunar sunt de asemenea prezentate grafic. Producția de energie produsă și estimată, disponibiliatea parcului fotovoltaic, factorul de încărcare, raportul de performanță, energia radiației solare sunt date tabelar și este realizată analiza comparativă între ceea ce s-a realizat și ceea ce s-a estimat.

8.4.1 Realizarea mentenanței pe baza rezultatelor obținute

Prelucrarea datelor obținute de către sistemul SCADA permite realizarea unui plan de mentenanță corectivă și preventivă a parcului fotovoltaic pe baza defecțiunilor apărute la echipamente în timpul procesului de exploatare a instalațiilor.



Fig. 8.36 *Instalații unde se execută planul de mentenanță*

Concluzii

Cu ajutorul sistemului SCADA se monitorizează centrala fotovoltaică de la distanță, se pot urmări și supraveghea parametrii electrici, mecanici și se poate stabili eficiența și fiabilitatea parcului fotovoltaic.

Pe baza datelor stocate de sistemul SCADA, se poate stabili planul de mentenanță și verificările profilactice pe parcursul unui an calendaristic.

Capitolul 9
Concluzii

În acest capitol sunt prezentate rezultatele obținute, contribuțiile originale, lista lucrărilor originale cât și perspectivele de dezvoltare ulterioară.

9.1 Rezultate obţinute şi contribuţii originale

În continuare se prezintă o sinteză a rezultatelor și contribuțiilor pentru domeniul abordat în lucare.

Obiectiv specific	Rezulate obținute	Rezulate publicate în lucrări științifice
OS1	S-au realizat două analize teoretice: o privire de ansamblu privind construcția, principiul de funcționare al celulei solare, problema extragerii maximului de putere dintr-un sistem fotovoltaic, modelarea celulelor fotovoltaice folosind modelul cu o singură diodă și modelul cu două diode, carateristicile curent – tensiune și putere – tensiune. S–a analizat eficiența diferitelor configurații de conectare a panourilor PV; respectiv o comparație între diferiți algoritmi de urmărire a punctului de putere maximă.	ECAI 2014 - Energy efficiency analysis of various topologies, control techniques and technologies used for photovoltaic panels. Raportul științific nr 1 - Analiza eficienţei energetice a diferitelor topologii, tehnici şi tehnologii utilizate pentru panourile fotovoltaice.

OS2	S-a realizat o interfață de simulare pentru o celulă, modul sau arie PV, pe baza ecuațiilor matematice folosite la modelarea elementelor componenete ale unei instalații fotovoltaice, care a permis testarea simulativă a algoritmilor propusi. Interfața este realizată în mediul de simulare Matlab-Simulink. Cu ajutorul interfeței se pot analiza, studia diferite tipuri de module PV utilizate la construcția parcurilor fotovoltaice, putând fi folosită de asemenea pentru instruirea personalului tehnic care operează în parcuri fotovoltaice cu privire la carateristicile curent-tensiune, putere-tensiune pentru diferite valori ale radiției solare și temperaturii cât și cu privire la comportamentul în condiții de umbrire parțială pentru unul sau mai multe module PV.	SGEM 2017 – Simulation interface of photovoltaic (PV) cell, PV module, and PV array using Simulink.
OS3	S-a făcut o analiză comparativă a tehnicilor de urmărire a punctului de putere maximă (MPPT) utilizând următorii algoritmi: algoritmul P&O și doi algoritmi propuși de autorul tezei pe baza controlului ES (aESC și mESC). Performanțele celor trei algoritmi s-au testat pe un modul PV construit din 36 de celule conectate în serie.	ECAI 2015 - Performance comparison of three MPPT algorithms:aESC, mESC and P&O. Buletinul AGIR - Compararea performanțelor algoritmilor de căutare a punctului de putere maximă a sistemelor fotovoltaice. Raportul științific nr.3 - Analiza

		comparativă a tehnicilor de urmărire a punctului de putere maximă (MPPT). JEEECCS 2015 - On the micro-inverter performance based on three MPPT controllers.
OS4	S-a realizat o comparație între schema G1PESC bazată pe un filtru BPF și schema globală G2PESC bazată pe două filtre BPF.	ECAI 2016 - Performance of the Global MPPT Algorithms a brief overview and case studies. Raportul științific nr.4 - Tehnici MPPT globale (GMPPT).
OS5	S-a realizat un studiu de caz pentru o arhitectură FC/RES HPS. Analiza a două topologii (Air-LF și Fuel-LF) este prezentată pentru profil constant de sarcină fără surse de energie regenerabile, profil constant de sarcină cu surse de energie regenerabile și profil de sarcină variabil cu surse de energie regenerabile pentru a decide care topologie este mai bună.	Energy Conversion and Management 2019 - Hydrogen saving through optimized control of both fueling flows of the Fuel Cell Hybrid Power System under a variable load demand and an unknown renewable power profile. ICATE 2018 - On the energy efficiency of standalone fuel cell/renewable hybrid power sources. ECAI 2018 - Renewable (REW) / Fuel Cell (FC) Hybrid Power System with mitigation of the REW variability by the FC fuel flow control. Raportul științific nr.5 – Tehnică de control cu urmărirea sarcinii pentru un management energetic optimzat al unei surse hibride de

		putere (HPS) bazate pe o pilă de combustibil (Fuel Cell-FC) și surse de energii regenerabile (RES). SGEM 2018 - Energy efficiency for renewable energy application.
OS6	S-a realizat un studiu de caz privind dimensionarea unui sistem hibrid de putere bazat pe energii regenerabile folosind aplicațiile HOMER și iHOGA. Același studiu de caz a fost proiectat în aceleasi condiții de mediu si sarcină folosind cele două softuri HOMER și iHOGA. Rezultatele sunt prezentate atât sub formă tabelară cât și grafică pentru o mai bună vizualizare a diferențelor dintre ele. De asemenea, a fost făcută o analiză comparativă, care arată avantajele și dezavantajele, pentru a permite investitorului să aleagă cea mai convenabilă solutie.	ECAI 2017 - Design of hybrid power systems using HOMER simulator for different renewable energy sources. RESRB 2017 - Comparative analysis of Hybrid Power Systems based on HOMER and iHOGA simulators.
OS7	S-a realizat un studiu de caz pentru o centrală fotovoltaică folosind sistemul SCADA cu scopul de a realiza managementul energetic al acesteia. Studiul de caz se referă la o centrală fotovoltaică situată într-o zonă de câmpie din România.	ECAI 2020 - Comparative study regarding the integration of photovoltaic sources in agriculture. ECAI 2020 - The design of the graphical interface for the SCADA system on an industrial platform.

		POWER SYSTEMS - Microgrid arhitectures, control and protection methods.
OS8	Realizarea unui sistem pentru măsurarea câmpului electromagnetic generat de om, care poate fi utilizat pentru analiza influenței câmpurilor electrice (generate de exemplu de o centrală PV) asupra persoanelor din apropiere sursei de câmp (personal operativ dintr-o centrală fotovoltaică).	ECAI 2020 - Determining Human Presence through the Analysis of the Electric Field using MATLAB environment.

9.3 Lista lucrărilor originale

Rezultatele obținute de către autor în domenii relevante tezei de doctorat au fost diseminate prin participarea la conferințe și sesiuni de comunicări științifice și prin publicarea de articole dintre care sunt de menționat următoarele:

Publicate în reviste de specialitate cotate ISI WOS

1) Nicu Bizon, Ioan Cristian **Hoarcă**, Hydrogen saving through optimized control of both fueling flows of the Fuel Cell Hybrid Power System under a variable load demand and an unknown renewable power profile, **Energy Conversion and Management**, Vol. 184, pp. 1-14, March 2019, **Impact Factor: 8.208 (2019)**, **WOS:000461728300001**

Publicate în conferințe indexate ISI WOS

2) **Hoarcă** Cristian, Raducu Marian, Energy efficiency analysis of various topologies, control techniques and technologies used for photovoltaic panels Part I: On the PV modeling and problem of extracting the maximum power, **ECAI 2014** - International Conference 6th Edition on Electronics Computers and Artificial Intelligence, 23-25 Oct, 2014, Pitesti, România, **WOS:000380489500049**
3) **Hoarcă** Cristian, Raducu Marian, Constantinescu Luminita-Mirela, Energy efficiency analysis of various topologies, control techniques and

technologies used for photovoltaic panels Part II: Maximum power point tracking algorithms, **ECAI 2014** - International Conference 6th Edition on Electronics Computers and Artificial Intelligence, 23-25 Oct, 2014, Pitesti, România, **WOS:000380489500050**

4) **Hoarcă** Cristian, Raducu Marian, Performance comparison of three MPPT algorithms: aESC, mESC and P&O, **ECAI 2015** - International Conference 7th Edition on Electronics Computers and Artificial Intelligence, 25-27 June, 2015, Bucharest, România, **WOS:000370971100023**
5) **Hoarcă** Cristian, Bizon Nicu, Performance of the Global MPPT Algorithms - a brief overview and case studies, **ECAI 2016** - International Conference 8th Edition on Electronics Computers and Artificial Intelligence, June 30-July 02, 2016, Ploiesti România, **WOS:000402541200061**
6) **Hoarcă Cristian**, Bizon Nicu, Badita Alexandru. **WOS:000425865900123 Hoarcă** Cristian, Bizon Nicu, Badita Alexandru, Design of hybrid power systems using HOMER simulator for different renewable energy sources, **ECAI 2017** - International Conference 9th Edition on Electronics Computers and Artificial Intelligence, June 29-July 01 , 2017, Targoviste, România, **WOS:000425865900123**
7) **Hoarcă** Cristian, Enescu Florentina, On the energy efficiency of standalone fuel cell/renewable hybrid power sources Part I: Simulation results for constant load profile without RES power, **ICATE 2018** - International Conference 14th Edition on Applied and Theoretical Electricity, 04-06 Oct, 2018, Craiova, România, **WOS:000487278600031**
8) **Hoarcă** Cristian, Enescu Florentina, On the energy efficiency of standalone fuel cell/renewable hybrid power sources Part II: Simulation results for variable load profile with different renewable energy sources profiles (RES), **ICATE 2018** - International Conference 14th Edition on Applied and Theoretical Electricity, 04-06 Oct, 2018, Craiova, România, **WOS:000487278600061**
9) Bizon Nicu, Mazare Alin Gheorghita, Oproescu Mihai, Lopez-Guede Jose Manuel, Varlam Mihai, **Hoarcă** Cristian, Renewable (REW) / Fuel Cell

(FC) Hybrid Power System with mitigation of the REW variability by the FC fuel flow control, **ECAI 2018** - International Conference 10th Edition on Electronics Computers and Artificial Intelligence, 28-30 June, 2018, Iasi, România, **WOS:000467734100086**

10) Bizon Nicu, Lopez-Guede Jose Manuel, **Hoarcă** Cristian, Culcer Mihai, Iliescu Mariana, Fuel Cell (FC) Hybrid Power System with mitigation of the load power variability by the FC fuel flow control, **ECAI 2018** - International Conference 10th Edition on Electronics Computers and Artificial Intelligence, 28-30 June, 2018, Iasi, România, **WOS:000467734100034**

Capitole de cărți

11) Enescu Florentina Magda, Bizon Nicu, **Hoarcă** Cristian, Energy management of the grid connected PV array, **Power Systems, Chapter 11 of book: Microgrid arhitectures, control and protection methods**, Springer Verlag London Limited, 2019, ISBN 978-3-030-23722-6, https://doi.org/10.1007/978-3-030-23723-3_11

Publicate în reviste indexate SCOPUS

12) **Hoarcă** Cristian, Bizon Nicu, Ștefănescu Ioan, Simulation interface of photovoltaic (PV) cell, PV module, and PV array using Simulink, **SGEM 2017** – International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, 29 June 2017 through 5 July 2017, Albena, Bulgaria. Paper:. Volume 17, Issue 42, 2017, pp. 545-556, ISSN: 13142704

13) **Hoarcă** Ioan Cristian, Enescu Florentina Magda, Bizon Nicu, Energy efficiency for renewable energy application, **SGEM 2018** - International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, Volume 18, Issue 4.1, 2018, Pages 325-332, 2-8 July, 2018, Albena, Bulgaria, ISSN: 13142704

Publicate în reviste indexate în alte baza de date internaționale (Copernicus, Google Scholar etc.)

14) **Hoarcă** Cristian, Raducu Marian, On the micro-inverter performance based on three MPPT controllers JEEECCS 2015 - Journal of Electrical Engineering, Electronics, Control and Computer Science - **JEEECCS 2015**, Vol. 1, nr. 1, pp. 7-14
15) Cristian Ioan **Hoarcă**, Marian Răducu, Simona Maria Răboacă, Compararea performanțelor algoritmilor de căutare a punctului de putere maximă a sistemelor fotovoltaice, **Buletinul AGIR** nr. 1, pp. 95-103, ianuarie-martie 2017. ISSN 2247-3548.

Publicate în conferințe internaționale

16) **Hoarcă** Cristian, Bizon Nicu. **Hoarcă** Cristian, Bizon Nicu, Comparative analysis of Hybrid Power Systems based on HOMER and iHOGA simulators, **RESRB 2017** - 2nd Renewable Energy Sources - Research and Business conference, 19 - 21 June, 2017, Wrocław, Poland

Publicate în conferințe indexate IEEEXplore (în curs de indexare în ISI WOS)

17) **Hoarcă** Cristian, Determining Human Presence through the Analysis of the Electric Field using MATLAB environment, **ECAI 2020** - International Conference 12th Edition on Electronics Computers and Artificial Intelligence, 25-27 June, 2020, Bucharest, România.
18) **Hoarcă** Cristian, Enescu Florentina Magda, Bizon Nicu, Comparative study regarding the integration of photovoltaic sources in agriculture, **ECAI 2020** - International Conference 12th Edition on Electronics Computers and Artificial Intelligence, 25-27 June, 2020, Bucharest, România.
19) **Hoarcă** Cristian, Bizon Nicu, Enescu Florentina Magda. **Hoarcă** Cristian, Bizon Nicu, Enescu Florentina Magda, The design of the graphical interface for the SCADA system on an industrial platform, **ECAI 2020** - International Conference 12th Edition on Electronics Computers and Artificial Intelligence, 25-27 June, 2020, Bucharest, România.

9.4 Perspective de dezvoltare ulterioară

Având în vedere conținutul și structura tezei de doctorat îmi propun în continuare o listă cu principalele probleme de cercetare care necesită o dezvoltare ulterioară:

1. Implementarea algoritmilor de urmărire a punctului de putere maximă (Algoritmi MPPT) propusi în teză în cadrul unor proiecte de cercetare pentru FC/RES HPS.
2. Dezvoltarea de noi soluții software de urmărire a punctului de putere maximă globală (Algoritmi GMPPT).
3. Implementarea strategiilor de management energetic propuse pentru surse hibride de putere (HPS) bazate pe energii regenerabile (RES) și pile cu combustibil (FC).
4. Realizarea unor studii de fezabilitate în ceea ce privește implementarea FC/RES HPS.

Rapoarte științifice

1) Raportul științific nr.5: Tehnică de control cu urmărirea sarcinii pentru un management energetic optimzat al unei surse hibride de putere (HPS) bazate pe o pilă de combustibil (Fuel Cell-FC) și surse de energii regenerabile (RES), autor: Hoarcă Ioan Cristian, Coordonator Prof. dr. ing. Nicu Bizon, Comisia de îndrumare - evaluare: Prof. dr. ing. Adriana Florescu, CPI dr. ing. Mihai Culcer, Conf. dr. ing. Mihai Oproescu.
2) Raportul științific nr.4: Tehnici MPPT globale (GMPPT), autor: Hoarcă Ioan Cristian, Coordonator Prof. dr. ing. Nicu Bizon, Comisia de îndrumare - evaluare: Prof. dr. ing. Ion Liță, Prof. dr. ing. Adriana Florescu, CPI dr. ing. Mihai Culcer.
3) Raportul științific nr.3: Analiza comparativă a tehnicilor de urmărire a punctului de putere maximă (MPPT), autor: Hoarcă Ioan Cristian, Coordonator Prof. dr. ing. Nicu Bizon, Comisia de îndrumare - evaluare: Prof. dr. ing. Gheorghe Brezeanu, Prof. dr. ing. Adriana Florescu, Conf. dr. ing. Mihai Oproescu.
4) Raportul științific nr.2: Modelarea unei surse hibride de putere (HPS) bazate pe surse de energii regenerabile (RES) și dispozitive de stocare a energiei (ESD), autor: Hoarcă Ioan Cristian, Coordonator Prof. dr. ing.

Nicu Bizon, Comisia de îndrumare - evaluare: Prof. dr. ing. Adriana Florescu, Conf. dr. ing. Mihai Oproescu, Conf. dr. ing. Gabriel Iana.

5) Raportul științific nr.1: Analiza eficienţei energetice a diferitelor topologii, tehnici şi tehnologii utilizate pentru panourile fotovoltaice, autor: Hoarcă Ioan Cristian, Coordonator Prof. dr. ing. Nicu Bizon, Comisia de îndrumare - evaluare: Prof. dr. ing. Emilian Lefter, CPI dr. ing. Mihai Culcer, Sl. dr. ing. Cicerone Marinescu.

Bibliografie

[1] http://apmtm.anpm.ro/.

[2] European Parliament, Directive 2009/28/EC on the Promotion of the Use of Energy from Renewable Sources. Available online: https://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.douri.

[3] https://www.gazetadeagricultura.info.

[4] https://www.scrigroup.com/.

[5] https://qsetgreen.wordpress.com/contact-qset-green/.

[6] https://energy-center.ro/.

[7] Al.Dănescu, S. Bucurenciu, Ș Petrescu, Utilizarea energiei solare, Editura Tehnică, Bucureşti, 1980.

[8] https://www.creeaza.com/.

[9] Luca Emil, Elemente de fizică modernă, Editura Junimea, Iaşi, 1996.

[10] Parida Bhubaneswari, S. Inyan, Goic Ranko, A review of solar photovoltaic technologies, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 15, pp.1625-1636, April 2011.

[11] Nițu Vasile, ș.a., Energetică generală și conversia energiei, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1980.

[12] Makbul Ramli, Ssennoga Twaha, Kashif Ishaque, A.Yusuf Al-Turki, A review on maximum power point tracking for photovoltaic systems with and without shading conditions, Vol.67, pp.144–159, January 2017.

[13] Caluianu Ionuț-Răzvan, Creșterea productivității energetice a panourilor fotovoltaice, Teză de doctorat, București, 2011.

[14] Reinoso Carlos Sanchez, Milone Diego, Buitrago Roman, Simulation of photovoltaic centrals with dynamic shading, Applied Energy Vol. 103, pp. 278-289, March 2013.

[15] Chao Huanga, Long Wanga, Huan Longd, Xiong Luoa, Jenq-Haur Wang, A hybrid global maximum power point tracking method for photovoltaic arrays under partial shading conditions, Vol.180, pp. 665–674, February 2019.

[16] Jones C. Camilo, Tatiana Guedes, Darlan A. Fernandes, J.D. Melo, F.F. Costa, Alfeu J. Sguarezi Filho, A maximum power point tracking for photovoltaic systems based on Monod equation, Renewable Energy Vol. 130, pp.428-438, January 2019.

[17] Seyed Majid Hashemzadeh, A new model-based technique for fast and accurate tracking of global maximum power point in photovoltaic arrays under partial shading conditions, Renewable Energy, Vol. 139 pp.1061-1076, August 2019.

[18] Sonia Veerapena, Huiqing Wena, Xingshuo Lia, Yang Dua, Yong Yangb, Yiwang Wangc, Weidong Xiaod, A novel global maximum power point tracking algorithm for photovoltaic system with variable perturbation frequency and zero oscillation, Vol.181, pp. 345–356, March 2019.

[19] Sadeq D. Al-Majidi, Maysam F. Abbod, Hamed S. Al-Raweshidy, A novel maximum power point tracking technique based on fuzzy logic for photovoltaic systems, International Journal of Hydrogen Energy, Vol. 43, pp. 14158-14171, August 2018.

[20] Mohammadreza Akrami, Kazem Pourhossein, A novel reconfiguration procedure to extract maximum power from partially-shaded photovoltaic arrays, Solar Energy,Vol. 173, pp.110-119, October 2018.

[21] Lele Peng, Shubin Zheng, Xiaodong Chai, Liming Li, A novel tangent error maximum power point tracking algorithm for photovoltaic system under fast multi-changing solar irradiances, Applied Energy,Vol. 210, pp. 303-316, January 2018.

[22] Alireza Ashouri-Zadeha, Mohammadreza Toulabia, Ahmad Salehi Dobakhsharib, Siavash Taghipour-Broujenia, Ali Mohammad Ranjbara, A novel technique to extract the maximum power of photovoltaic array in partial shading conditions, International Journal of Electrical Power & Energy Systems, Vol. 101, pp. 500-512, October 2018.

[23] Faiza Belhachat, Cherif Larbes, Comprehensive review on global maximum power point tracking techniques for PV systems subjected to partial shading conditions, Solar Energy, Vol. 183, pp. 476-500, May 2019.

[24] Yasser E. Abu Eldahaba, Naggar H. Saadb, Abdalhalim Zekryc, Enhancing the tracking techniques for the global maximum power point under partial shading conditions, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 73, pp. 1173-1183, June 2017.

[25] Faiza Belhachat, Cherif Larbes, Global maximum power point tracking based on ANFIS approach for PV array configurations under partial shading conditions, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 77, pp. 875-889, September 2017.

[26] A. Belkaid , I. Colak, O. Isik, Photovoltaic maximum power point tracking under fast varying of solar radiation, Applied Energy,Vol. 179, pp. 523-530, October 2016.

[27] A. Rezaee Jordehi, Maximum power point tracking in photovoltaic (PV) systems: A review of different approaches, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 65, pp. 1127-1138, November 2016.

[28] J. Saikrishna Goud , R. Kalpana, Bhim Singh, A Hybrid Global Maximum Power Point Tracking Technique With Fast Convergence Speed for Partial-Shaded PV Systems, IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 54, pp. 5367 - 5376, Sept-Oct. 2018.

[29] Antony Xenophontos, Ali M. Bazzi, Model-Based Maximum Power Curves of Solar Photovoltaic Panels Under Partial Shading Conditions, IEEE Journal of Photovoltaics, Vol. 8 , pp.233 - 238, Jan. 2018.

[30] Kashif Ishaque, Zainal Salamb, A review of maximum power point tracking techniques of PV system for uniform insolation and partial shading condition, Renewable and Sustainable Energy Reviews,Vol.19, pp. 475-488, , March 2013.

[31] Mohammad Amin Ghasemi, Hossein Mohammadian Foroushani, Mostafa Parniani, Partial Shading Detection and Smooth Maximum Power Point Tracking of PV Arrays Under PSC, IEEE Transactions on Power Electronics, Vol. 31 , pp. 6281 - 6292, Sept. 2016.

[32] E. N. Chaves, J. H. Reis, E. A. A. Coelho, L. C. G. Freitas, J. B. V. Júnior, L. C. Freitas, Simulated Annealing – MPPT in Partially Shaded PV Systems, IEEE Latin America Transactions, Vol.14 ,pp. 235 - 241, Jan. 2016.

[33] Nishant Kumar, Ikhlaq Hussain, Bhim Singh, Bijaya Ketan Panigrahi, Maximum Power Peak Detection of Partially Shaded PV Panel by Using Intelligent Monkey King Evolution Algorithm, IEEE International Conference on Power Electronics, Drives and Energy Systems (PEDES), pp. 476-482, Dec. 2016.

[34] Jubaer Ahmed, Zainal Salam, An Accurate Method for MPPT to Detect the Partial Shading Occurrence in a PV System, IEEE Transactions on Industrial Informatics, Vol. 13 , pp. 2151 - 2161, Oct. 2017.

[35] Teymoor Ghanbari, Seyed Reza Khayam Hoseini, KF-based technique for detection of anomalous condition of the PV panels, IET Generation, Transmission & Distribution, Vol. 10, pp. 3698 – 3706, November 2016.

[36] Ali M. Eltamaly, Hassan M.H. Farh, Mamdooh S. Al-Saud, Grade point average assessment for metaheuristic GMPP techniques of partial shaded PV systems, IET Renewable Power Generation, Vol.13, pp.1215 - 1231, June 2019.

[37] Venkata Reddy Kota, Muralidhar Nayak Bhukya, A novel global MPP tracking scheme based on shading pattern identification using artificial neural networks for photovoltaic power generation during partial shaded condition, IET Renewable Power Generation, Vol.13, pp.1647 - 1659, July 2019.

[38] Hadi M. El-Helw, Ahmed Magdy, Mostafa I. Marei, A Hybrid Maximum Power Point Tracking Technique for Partially Shaded Photovoltaic Arrays, IEEE Access, pp.99-107 , June 2017.

[39] Bo-Ruei Peng, Kun-Che Ho, Yi-Hua Liu, A Novel and Fast MPPT Method Suitable for Both Fast Changing and Partially Shaded Conditions, IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 65, pp. 3240 - 3251, April 2018.

[40] Jubaer Ahmed, Zainal Salam, An Enhanced Adaptive P&O MPPT for Fast and Efficient Tracking Under Varying Environmental Conditions, IEEE Transactions on Sustainable Energy, Vol. 9, pp. 1487 - 1496, July 2018.

[41] Chakkarapani Manickam, Guru Praanesh Raman, Guru Raghav Raman, Saravana Ilango Ganesan,Nagamani Chilakapati, Fireworks Enriched P&O Algorithm for GMPPT and Detection of Partial Shading in PV Systems, IEEE Transactions on Power Electronics, Vol. 32, pp. 4432 - 4443, June 2017.

[42] Kok Soon Tey, Saad Mekhilef, Mehdi Seyedmahmoudian, Ben Horan, Amanullah Than Oo, Alex Stojcevski, Improved Differential Evolution-Based MPPT Algorithm Using SEPIC for PV Systems Under Partial Shading Conditions and Load Variation, IEEE Transactions on Industrial Informatics, Vol.14, pp.4322 - 4333, Oct. 2018.

[43] Lei Guo, Zhuo Meng, Yize Sun, Libiao Wang, A modified cat swarm optimization based maximum power point tracking method for photovoltaic system under partially shaded condition, Energy, Vol. 144, pp.501-514, February 2018.

[44] Yingquan Zou, Fei Yan, Xiaomin Wang, Jiyong Zhang, An efficient fuzzy logic control algorithm for photovoltaic maximum power point tracking under partial shading condition, Journal of the Franklin Institute, Vol. 357, pp. 3135-3149, April 2020.

[45] Hegazy Rezk, Ahmed Fathyc, Almoataz Y. Abdelazizd, A comparison of different global MPPT techniques based on meta-heuristic algorithms for photovoltaic system subjected to partial shading conditions, Renewable and Sustainable Energy Reviews,Vol. 74, pp. 377-386, July 2017.

[46] Faiza Belhachat, Cherif Larbes, A review of global maximum power point tracking techniques of photovoltaic system under partial shading conditions, Renewable and Sustainable Energy Reviews,Vol. 92, pp. 513-553, September 2018.

[47] S.Silvestre, A.Boronat, A.Chouder, Study of bypass diodes configuration on PV modules, Applied Energy, Vol. 86, pp. 1632-1640, September 2009.

[48] Pallavee Bhatnagar, R.K.Nema, Maximum power point tracking control techniques: State-of-the-art in photovoltaic applications, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 23, pp. 224-241, July 2013.

[49] M.H.Taghvaeea, M.A.M.Radzia, S.M.Moosavain, Hashim Hizam, M.Hamiruce Marhaban, A current and future study on non-isolated DC–DC converters for photovoltaic applications, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 17, pp. 216-227, January 2013.

[50] G.K.Singh, Solar power generation by PV (photovoltaic) technology: A review, Energy, Vol. 53, pp. 1-13, May 2013.

[51] B.V.P.Chong, L.Zhang, Controller design for integrated PV–converter modules under partial shading conditions, Solar Energy, Vol. 92, pp. 123-138, June 2013.

[52] Bhubaneswari Parida, S.Iniyan, RankoGoic, A review of solar photovoltaic technologies, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 15, pp. 1625-1636, April 2011.

[53] Carlos R.Sánchez Reinoso, Diego H.Milone, Román H.Buitrago, Simulation of photovoltaic centrals with dynamic shading, Applied Energy, Vol. 103, pp. 278-289, March 2013.

[54] M.L.Orozco-Gutierrez, J.M. Ramirez-Scarpetta, G. Spagnuolo, C.A. Ramos-Paja, A technique for mismatched PV array simulation, Renewable Energy, Vol. 55, pp. 417-427, July 2013.

[55] Enrique Romero-Cadaval, Giovanni Spagnuolo, Leopoldo Garcia Franquelo, Carlos Andres Ramos-Paja, Sunicto Teuvo, Xiao Weidong Michael, Grid-Connected Photovoltaic Generation Plants: Components and Operation, IEEE Industrial Electronics Magazine, Vol. 7, pp. 6 - 20, Sept. 2013

[56] https://www.sistemepanourisolare.ro/pdf/panou-solar-fotovoltaic100-wp-solarworld-sun.

[57] Hadeed Ahmed Sher, Khaled E.Addoweesh, Micro-inverters — Promising solutions in solar photovoltaics, Energy for Sustainable Development, Vol. 16, pp. 389-400, December 2012.

[58] Mohamed A.Eltawil, Zhengming Zhao, MPPT techniques for photovoltaic applications, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 25, pp. 793-813, September 2013.

[59] Ali Reza Reisi, Mohammad Hassan Moradi, Shahriar Jamasb, Classification and comparison of maximum power point tracking techniques for photovoltaic system: A review, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 19, pp. 433-443, March 2013.

[60] Moacyr Aureliano Gomes de Brito, Luigi Galotto, Leonardo Poltronieri Sampaio, Guilherme de Azevedo e Melo, Carlos Alberto Canesin, Evaluation of the Main MPPT Techniques for Photovoltaic Applications, IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol.60, pp.1156 - 1167, March 2013.

[61] Nafaa Jeddi, Lilia El Amraoui Ouni, Comparative study of MPPT techniques for PV control systems, International Conference on Electrical Sciences and Technologies in Maghreb (CISTEM), Nov. 2014.

[62] Naghmash, Hammad Armghan, Iftikhar Ahmad, Ammar Armghan, Saud Khan, Muhammad Arsalan, Backstepping based non-linear control for maximum power point tracking in photovoltaic system, Solar Energy,Vol. 159, pp. 134-141, January 2018.

[63] M.A.Danandeh, S.M.Mousavi G, Comparative and comprehensive review of maximum power point tracking methods for PV cells, Renewable and Sustainable Energy Reviews,Volume 82, pp. 2743-2767, February 2018.

[64]Milad Bahrami, Roghayeh Gavagsaz-Ghoachani, Majid Zandi, Matheepot Phattanasak, Maranzanaa, Babak Nahid-Mobarakeh, Serge Pierfederici, Farid Meibody-Tabar, Hybrid maximum power point tracking algorithm with improved dynamic performance, Renewable Energy, Vol. 130, pp. 982-991, January 2019.

[65] Majd Ghazi Batarseh, Muhy Eddin Za'ter, Hybrid maximum power point tracking techniques: A comparative survey, suggested classification and uninvestigated combinations, Solar Energy, Vol. 169, pp. 535-555, July 2018.

[66] Mohamed Lasheen, Mazen Abdel-Salam, Maximum power point tracking using Hill Climbing and ANFIS techniques for PV applications: A review and a novel hybrid approach, Energy Conversion and Management, Vol. 171, pp. 1002-1019, September 2018.

[67] Mohamed A. Enany, Mohamed A. Farahat, Ahmed Nasr, Modeling and evaluation of main maximum power point tracking algorithms for photovoltaics systems, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 58, pp. 1578-1586, May 2016.

[68] Mustafa Engin Başoğlu, Bekir Çakır, Hybrid global maximum power point tracking approach for photovoltaic power optimisers, IET Renewable Power Generation, Vol. 12, pp. 875 - 882, June 2018.

[69] J. Prasanth Ram, N. Rajasekar, A Novel Flower Pollination Based Global Maximum Power Point Method for Solar Maximum Power Point Tracking, IEEE Transactions on Power Electronics, Vol. 32, pp. 8486 - 8499, Nov. 2017.

[70] Liqun Liua, Xiaoli Meng, Chunxia Liu, A review of maximum power point tracking methods of PV power system at uniform and partial shading, Vol. 53, pp. 1500-1507, January 2016.

[71]Nadia AL-Rousan, Nor Ashidi Mat Isa, Nadia AL-Rousan, Nor Ashidi Mat Isa, Advances in solar photovoltaic tracking systems: A review, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 82, pp. 2548-2569, February 2018.

[72]Guiqiang Li, Yi Jin, M.W. Akram, Xiao Chen, Jie Ji, Application of bio-inspired algorithms in maximum power point tracking for PV systems under partial shading conditions – A review, Renewable and Sustainable Energy Reviews,Vol. 81, pp. 840-873, January 2018.

[73]M.A. Danandeh, S.M. Mousavi, Comparative and comprehensive review of maximum power point tracking methods for PV cells, Renewable and Sustainable Energy Reviews,Vol. 82, pp. 2743-2767, February 2018.

[74]Mohammed Aslam Husain, Abu Tariq, Salman Hameed, M. Saad Bin Arif, Abhinandan Jain, Comparative assessment of maximum power point tracking procedures for photovoltaic systems, Green Energy & Environment, Vol. 2, pp. 5-17, January 2017.

[75]Wassila Issaadi, Salim Issaadi, Abdelkrim Khireddine, Comparative study of photovoltaic system optimization techniques: Contribution to the improvement and development of new approaches, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 82, pp. 2112-2127, February 2018.

[76] Faiza Belhachat, Cherif Larbes, Comprehensive review on global maximum power point tracking techniques for PV systems subjected to partial shading conditions, Solar Energy,Vol. 183, pp. 476-500, May 2019.

[77] Lian L.Jiang, R. Srivatsan, Douglas L. Maskell, Computational intelligence techniques for maximum power point tracking in PV systems: A review, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 85, pp. 14-45, April 2018.

[78] Majd Ghazi Batarseh, Muhy Eddin Za'ter, Hybrid maximum power point tracking techniques: A comparative survey, suggested classification and uninvestigated combinations, Solar Energy, Vol. 169, pp. 535-555, , July 2018.

[79] Riaz Ahmad, Ali F. Murtaza, Hadeed Ahmed Sher, Power tracking techniques for efficient operation of photovoltaic array in solar applications – A review, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 101, pp. 82-102, March 2019.

[80] Deepak Verma, Savita Nema, A.M.Shandilya, Soubhagya K.Dash, Maximum power point tracking (MPPT) techniques: Recapitulation in solar photovoltaic systems, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 54, pp.1018-1034, February 2016.

[81] Yunkai Zhu, Juntao Fei, Adaptive Global Fast Terminal Sliding Mode, Control of Grid-connected Photovoltaic System Using Fuzzy Neural Network Approach, IEEE Access, Vol.5, pp. 9476 - 9484, May 2017.

[82] Shahriar Farajdadian, S.M. Hassan Hosseini, Design of an optimal fuzzy controller to obtain maximum power in solar power generation system, Solar Energy,Vol. 182, pp. 161-178, April 2019.

[83] Ali M.Eltamaly, Hassan M.H.Farh, Mohd F.Othmanc, A novel evaluation index for the photovoltaic maximum power point tracker techniques, Solar Energy, Vol. 174, pp. 940-956, November 2018.

[84] S.Lyden, M.E.Haque, Maximum Power Point Tracking techniques for photovoltaic systems: A comprehensive review and comparative analysis, Vol. 52, pp. 1504-1518, December 2015.

[85] J.D. Bastidas-Rodriguez, G. Petrone, C.A. Ramos-Paja, G. Spagnuolo, A genetic algorithm for identifying the single diode model parameters of a photovoltaic panel, Mathematics and Computers in Simulation,Vol. 131, pp 38-54, January 2017.

[86] Efstratios I. Batzelis, Pavlos S. Georgilakis, Stavros A. Papathanassiou, Energy models for photovoltaic systems under partial shading conditions: a comprehensive review, IET Renewable Power Generation, Vol. 9, pp. 340 - 349, April 2015.

[87] S. Saravanan, Ramesh Babu, Maximum power point tracking algorithms for photovoltaic system – A review, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 57, pp. 192-204, May 2016.

[88] Chakkarapani Manickam, Guru Raghav Raman, Guru Praanesh Raman, Saravana Ilango Ganesan, Chilakapati Nagamani, A Hybrid Algorithm for Tracking of GMPP Based on P&O and PSO With Reduced Power Oscillation in String Inverters, IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 63, pp. 6097 - 6106, Oct. 2016.

[89] Mostefa Kermadi, El Madjid Berkouk, Artificial intelligence-based maximum power point tracking controllers for Photovoltaic systems: Comparative study, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 69, pp. 369-386, March 2017.

[90] V.Boscaino, R.Miceli, G.Capponi, G.Ricco Galluzzo, A review of fuel cell based hybrid power supply architectures and algorithms for household appliances, International Journal of Hydrogen Energy, Vol. 39, pp. 1195-1209, January 2014.

[91] J.E.Paiva, A.S. Carvalho, Controllable hybrid power system based on renewable energy sources for modern electrical grids, Renewable Energy, Vol. 53,pp. 271-279, May 2013.

[92] O.Erdinc, O. Elma, M. Uzunoglu, U.S. Selamogullari, B. Vural, E. Ugur, A.R. Boynuegri, S. Dusmez, Experimental performance assessment of an online energy management strategy for varying renewable power production suppression, International Journal of Hydrogen Energy,Vol. 37, pp. 4737-4748, March 2012.

[93] Moustafa Adly, Kai Strunz, Efficient Digital Control for MPP Tracking and Output Voltage Regulation of Partially Shaded PVModules in DC Bus and DC Microgrid Systems, IEEE Transactions on Power Electronics, Vol. 34 , pp. 6309 - 6319, July 2019.

[94]Anurag Chauhan, R.P.Saini, A review on Integrated Renewable Energy System based power generation for stand-alone applications: Configurations, storage options, sizing methodologies and control, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 38, pp. 99-120, October 2014.

[95] Shafiqur Rehman, Md.Mahbub Alam, J.P. Meyer, Luai M. Al-Hadhrami, Feasibility study of a wind–pv–diesel hybrid power system for a village, Renewable Energy Volume 38, pp. 258-268, February 2012.

[96] Kanzumba Kusakana, Herman Jacobus Vermaak, Hybrid diesel generator renewable energy sistem performance modeling, Renewable Energy, Vol. 67, pp. 97-102, July 2014.

[97] Ali Keyhani, Mohammad N. Marwali, Min Dai, Integration of Green and Renewable Energy in Electric Power Systems, John Wiley & Sons, 2010.

[98] Kashif Ishaque, Zainal Salam, Syafaruddin, A comprehensive MATLAB Simulink PV system simulator with partial shading capability based on two-diode model, Solar Energy, Vol. 85, pp. 2217-2227, September 2011.

[99] Kashif Ishaque, Zainal Salam, Hamed Taheri, Syafaruddin, Modeling and simulation of photovoltaic (PV) system during partial shading based on a two-diode model, Simulation Modelling Practice and Theory, Simulation Modelling Practice and Theory, Vol. 19, pp. 1613-1626, August 2011.

[100] Hoarcă Ioan Cristian.Raportul științific nr.2: Modelarea unei surse hibride de putere (HPS) bazate pe surse de energii regenerabile (RES) și dispozitive de stocare a energiei (ESD).

[101] Regulament de exploatare tehnică central și rețele electrice vol II, ICEMENERG, București, 2006.

[102] N. Zitouni , B.Khiari, R. Andoulsi, A. Sellami, A. Mami, A.Hssen, Modelling and non linear control of a photovoltaic systemwith storage batteries: A bond graph approach , International Journal of Computer Science and Network Security, Vol. 11, pp. 105-114, June 2011.

[103] Dorin Bică, Cristian Dragoș Dumitru, Adrian Gligor, Adrian – Vasile Duka, Isolated hybrid solar-wind-hidro renewable energy systems, Renewable Energy, Vol. 16, pp. 297-316, December 2009.

[104] Nicu Bizon, Modelarea sistemelor invertor alimentate de la pile de combustie, Pitești, Editura Universitatii din Pitesti, 2008.

[105] Wei Song Lin, Chen Hong Zheng, Energy management of a fuel cell/ultracapacitor hybrid power system using an adaptive optimal-control method, Journal of Power Sources,Vol. 196, pp. 3280-3289, March 2011.

[106] N.Bizon, M. Oproescu, Convertoare de Putere utilizate in Sistemele de Generare a Energiei, Pitesti, Editura universitatii din Pitești, 2007.

[107] Fangrui Liu, Shanxu Duan, Fei Liu, Bangyin Liu, Yong Kang, A Variable Step Size INC MPPT Method for PV Systems, IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 55, pp. 2622 - 2628, July 2008.

[108] Joe-AirJiang, Jen-Cheng Wang, Kun-Chang Kuo, Yu-Li Su, Jyh-Cherng Shieh, Jui-JenChou, Analysis of the junction temperature and thermal characteristics of photovoltaic modules under various operation conditions, Energy, Vol. 44, pp. 292-301, August 2012.

[109] Jen-Cheng Wang,Yu-Li Su, Jyh-Cherng Shieh, Joe-Air Jiang, High-accuracy maximum power point estimation for photovoltaic arrays, Solar Energy Materials and Solar Cells, Vol. 95, pp 843-851, March 2011.

[110] J.M. Enrique, J.M. Andújar, M.A. Bohórquez, A reliable, fast and low cost maximum power point tracker for photovoltaic applications, Solar Energy, Vol. 84, pp. 79-89, January 2010.

[111] Riad Kadria, Horia Andrei, Jean-Paul Gaubert, Traian Ivanovici, Gérard Champenois, Paul Andrei, Modeling of the photovoltaic cell circuit parameters for optimum connection model and real-time emulator with partial shadow conditions, Energy, Vol. 42, pp. 57-67, June 2012.

[112] A.D. Karlisa, T.L. Kottas, Y.S.Boutalis, A novel maximum power point tracking method for PV systems using fuzzy cognitive networks (FCN), Electric Power Systems Research, Vol. 77, pp. 315-327, March 2007.

[113] Nicu Bizon, Energy harvesting from the PV Hybrid Power Source, Energy, Vol. 52, pp. 297-307, April 2013.

[114] F.Almonacid, C. Rus, P. Pérez-Higueras, L. Hontoria, Calculation of the energy provided by a PV generator. Comparative study: Conventional methods vs. artificial neural networks, Energy, Vol. 36, pp. 375-384, January 2011.

[115] E. Akyuz, C. Coskun, Z. Oktay, I. Dincer, A novel approach for estimation of photovoltaic exergy efficiency, Energy, Vol. 44, pp. 1059-1066, August 2012.

[116] Nicu Bizon, On tracking robustness in adaptive extremum seeking control of the fuel cell power plants, Applied Energy, Vol. 87, pp. 3115-3130, October 2010.

[117] Nicu Bizon, Energy harvesting from the FC stack that operates using the MPP tracking based on modified extremum seeking control, Applied Energy, Vol. 104, pp. 326-336, April 2013.

[118] Hoarcă Cristian, Raducu Marian, Performance comparison of three MPPT algorithms: aESC, mESC and P&O, ECAI 2015 - International Conference 7th Edition on Electronics Computers and Artificial Intelligence, 25-27 June, 2015, Bucharest, România.

[119] M.L. Orozco-Gutierrez, J.M. Ramirez-Scarpetta, G. Spagnuolo, C.A. Ramos-Paja, A technique for mismatched PV array simulation, Renewable Energy, Vol. 55, pp. 417-427, July 2013.

[120] Cristian Ioan Hoarcă, Marian Răducu, Simona Maria Răboacă. Compararea performanțelor algoritmilor de căutare a punctului de putere maximă a sistemelor fotovoltaice, Buletinul AGIR nr. 1, pp. 95-103, ianuarie-martie 2017. ISSN 2247-3548.

[121] Trishan Esram, Patrick L. Chapman, Comparison of Photovoltaic Array Maximum Power Point Tracking Techniques, IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol. 22, pp.439 - 449, July 2007.

[122] Raportul științific nr.3: Analiza comparativă a tehnicilor de urmărire a punctului de putere maximă (MPPT), autor: Hoarcă Ioan Cristian.

[123] Bizon Nicu, Global maximum power point tracking based on new extremum seeking control scheme, Progress in photovoltaics, Vol. 24, pp. 600-622, May 2016.

[124] K. Sundareswaran, V. Vignesh Kumar, S. Palani, Application of a combined particle swarm optimization and perturb and observe method for MPPT in PV systems under partial shading conditions, Renewable Energy, Vol. 75, pp. 308-317, March 2015.

[125] Hoarcă Cristian, Bizon Nicu, Performance of the Global MPPT Algorithms - a brief overview and case studies. ECAI 2016 - International Conference 8th Edition on Electronics Computers and Artificial Intelligence, June 30-July 02, 2016, Ploiesti România.

[126] Hoarcă Ioan Cristian, Raportul științific nr.4: Tehnici MPPT globale (GMPPT).

[127] Kashif Ishaque, Zainal Salam, George Lauss, The performance of perturb and observe incremental conductance maximum power point tracking method under dynamic weather conditions, Applied Energy,Vol. 119, pp. 228-236, April 2014.

[128] R. Luna-Rubio, M. Trejo-Perea, D. Vargas-Vázquez, G.J. Ríos-Moreno, Optimal sizing of renewable hybrids energy systems: A review of methodologies, Solar Energy, Vol. 86, pp. 1077-1088, April 2012.

[129] Diego Feroldi, David Zumoffen, Sizing methodology for hybrid systems based on multiple renewable power sources integrated to the energy management strategy, International Journal of Hydrogen Energy, Vol. 39, pp. 8609-8620, May 2014.

[130] Diego Feroldi, Maria Serra, Jordi Riera, Energy Management Strategies based on efficiency map for Fuel Cell Hybrid Vehicles, Journal of Power Sources, Vol. 190, pp. 387-401, May 2009.

[131] S. Abedi, A. Alimardani, G.B. Gharehpetian, G.H. Riahy, S.H. Hosseinian, A comprehensive method for optimal power management and design of hybrid RES-based autonomous energy systems, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 16, pp. 1577-1587, April 2012.

[132] Dimitris Ipsakis, Spyros Voutetakis, Panos Seferlis, Fotis Stergiopoulos, Costas Elmasides, Power management strategies for a stand-alone power system using renewable

energy sources and hydrogen storage, International Journal of Hydrogen Energy, Vol. 34, pp. 7081-7095, August 2009.

[133] Dimitris Ipsakis, Spyros Voutetakis, Panos Seferlis, Fotis Stergiopoulos, Simira Papadopoulou, Costas Elmasides, The effect of the hysteresis band on power management strategies in a stand-alone power system, Energy, Vol. 33, pp. 1537-1550, October 2008.

[134] Chrysovalantou Ziogou, Dimitris Ipsakis, Panos Seferlis, Stella Bezergianni, Simira Papadopoulou, Spyros Voutetakis, Optimal production of renewable hydrogen based on an efficient energy management strategy, Energy, Vol. 55, pp. 58-67, June 2013.

[135] J.E. Paiva, A.S. Carvalho, Controllable hybrid power system based on renewable energy sources for modern electrical grids, Renewable Energy, Vol. 53, pp. 271-279, May 2013.

[136] Chrysovalantou Ziogou, Dimitris Ipsakis, Costas Elmasides, Fotis Stergiopoulos, Simira Papadopoulou, Panos Seferlis, Spyros Voutetakis, Automation infrastructure and operation control strategy in a stand-alone power system based on renewable energy sources, Journal of Power Sources, Vol. 196, pp. 9488-9499, November 2011.

[137] Prabodh Bajpai, Vaishalee Dash, Hybrid renewable energy systems for power generation in stand-alone applications: A review, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 16, pp. 2926-2939, June 2012.

[138] Diego Feroldi, Lucas Nieto Degliuomini, Marta Basualdo, Energy management of a hybrid system based on wind–solar power sources and bioethanol, Chemical Engineering Research and Design, Vol. 91, pp. 1440-1455, August 2013.

[139] Chengjiang Wang, Wei Chen, Shao Shao, Zhenjie Chen, Bin Zhu, Hongyan Li, Energy Management of Stand-Alone Hybrid PV System, Energy Procedia, Vol. 12, pp. 471-479, June 2011.

[140] A. Tascikaraoglu, A.R. Boynuegri, M. Uzunoglu, A demand side management strategy based on forecasting of residential renewable sources: A smart home system in Turkey, Energy and Buildings, Vol. 80, pp. 309-320, September 2014.

[141] A. Tascikaraoglu, O. Erdinc, M. Uzunoglu, A. Karakas, An adaptive load dispatching and forecasting strategy for a virtual power plant including renewable energy conversion units, Applied Energy,Vol. 119, pp. 445-453, April 2014.

[142] Nabil A. Ahmed, Masafumi Miyatake, A.K. Al-Othman, Power fluctuations suppression of stand-alone hybrid generation combining solar photovoltaic/wind turbine and fuel cell systems, Energy Conversion and Management, Vol. 49, pp. 2711-2719, October 2008.

[143] Roberto Carapellucci, Lorena Giordano, Modeling and optimization of an energy generation island based on renewable technologies and hydrogen storage systems, International Journal of Hydrogen Energy,Vol. 37, pp. 2081-2093, February 2012.
[144] Mehmed Eroglu, Erkan Dursun, Suat Sevencan, Junseok Song, Suha Yazici, Osman Kilic, A mobile renewable house using PV/wind/fuel cell hybrid power system, International Journal of Hydrogen Energy, Vol. 36, pp. 7985-7992, July 2011.
[145] O. Erdinc, M. Uzunoglu, A new perspective in optimum sizing of hybrid renewable energy systems: Consideration of component performance degradation issue, International Journal of Hydrogen Energy,Vol. 37, pp. 10479-10488, July 2012.
[146] Onur Elma, Ugur Savas Selamogullari, A comparative sizing analysis of a renewable energy supplied stand-alone house considering both demand side and source side dynamics, Applied Energy,Vol. 96, pp 400-408, August 2012.
[147] Nicu Bizon, Mihai Oproescu, Mircea Raceanu, Efficient energy control strategies for a Standalone Renewable/Fuel Cell Hybrid Power Source, Energy Conversion and Management, Vol. 90, pp. 93-110, January 2015.
[148] Nicu Bizon, Marin Radut, Mihai Oproescu, Energy control strategies for the Fuel Cell Hybrid Power Source under unknown load profile, Energy, Vol. 86, pp. 31-41, June 2015.
[149] Nicu Bizon, Ioan Cristian Hoarcă, Hydrogen saving through optimized control of both fueling flows of the Fuel Cell Hybrid Power System under a variable load demand and an unknown renewable power profile, Energy Conversion and Management,Vol. 184, pp. 1-14, March 2019.
[150] Hoarcă Ioan Cristian, Raportul științific nr.5: Tehnică de control cu urmărirea sarcinii pentru un management energetic optimzat al unei surse hibride de putere (HPS) bazate pe o pilă de combustibil (Fuel Cell-FC) și surse de energii regenerabile (RES).
[151] Damian Giaouris, Athanasios I. Papadopoulos, Chrysovalantou Ziogou, Dimitris Ipsakis, Spyros Voutetakis, Simira Papadopoulou, Panos Seferlis, Fotis Stergiopoulos, Costas Elmasides, Performance investigation of a hybrid renewable power generation and storage system using systemic power management models, Energy,Vol. 61, pp. 621-635, November 2013.
[152] Nicu Bizon, Alin Gheorghita Mazare, Laurentiu Mihai Ionescu, Florentina Magda Enescu, Optimization of the proton exchange membrane fuel cell hybrid power system for residential buildings, Energy Conversion and Management,Vol. 163, pp. 22-37, May 2018.
[153] N. Bizon, Nonlinear control of fuel cell hybrid power sources: Part II – Current control, Applied Energy, Vol. 88, pp. 2574-2591, July 2011.
[154] N. Bizon, Nonlinear control of fuel cell hybrid power sources: Part I – Voltage control, Applied Energy, Vol. 88, pp. 2559-2573, July 2011.

[155] C. Restrepo, C.A. Ramos-Paja, R. Giral, J. Calvente, A. Romero, Fuel cell emulator for oxygen excess ratio estimation on power electronics applications, Computers & Electrical Engineering, Vol. 38, pp. 926-937, July 2012.

[156] O. Erdinc, M. Uzunoglu, The importance of detailed data utilization on the performance evaluation of a grid-independent hybrid renewable energy system, International Journal of Hydrogen Energy,Vol. 36, pp. 12664-12677, October 2011.

[157] S. Nikolova, A. Causevski, A. Al-Salaymeh, Optimal operation of conventional power plants in power system with integrated renewable energy sources, Energy Conversion and Management, Vol. 65, pp. 697-703, January 2013.

[158] Nicu Bizon, Global Extremum Seeking Control of the power generated by a Photovoltaic Array under Partially Shaded Conditions, Energy Conversion and Management,Vol. 109, pp. 71-85, February 2016.

[159] Nicu Bizon, Erol Kurt, Performance analysis of the tracking of the global extreme on multimodal patterns using the Asymptotic Perturbed Extremum Seeking Control scheme, International Journal of Hydrogen Energy, Vol. 42, pp. 17645-17654, July 2017.

[160] Nicu Bizon, Real-time optimization strategy for fuel cell hybrid power sources with load-following control of the fuel or air flow, Energy Conversion and Management, Vol. 157, pp. 13-27, February 2018.

[161] Hoarcă Cristian, Enescu Florentina, On the energy efficiency of standalone fuel cell/renewable hybrid power sources Part I: Simulation results for constant load profile without RES power.ICATE 2018 - International Conference 14th Edition on Applied and Theoretical Electricity, 04-06 Oct, 2018, Craiova, România.

[162] Hoarcă Cristian, Enescu Florentina, On the energy efficiency of standalone fuel cell/renewable hybrid power sources Part II: Simulation results for variable load profile with different renewable energy sources profiles (RES), ICATE 2018 - International Conference 14th Edition on Applied and Theoretical Electricity, 04-06 Oct, 2018, Craiova, România.

[163] Monaaf D.A. Al-falahi, S.D.G. Jayasinghe, H. Enshaei,A review on recent size optimization methodologies for standalone solar and wind hybrid renewable energy system, Energy Conversion and Management, Vol. 143, pp. 252-274, July 2017.

[164] Vivek Tomar, G.N. Tiwari, Techno-economic evaluation of grid connected PV system for households with feed in tariff and time of day tariff regulation in New Delhi – A sustainable approach, Renewable and Sustainable Energy Reviews,Vol. 70, pp. 822-835, April 2017.

[165] E.L.V. Eriksson, E.MacA Gray, Optimization and integration of hybrid renewable energy hydrogen fuel cell energy systems – A critical review, Applied Energy, Vol. 202, pp. 348-364, September 2017.

[166] Barun K. Das, Yasir M. Al-Abdeli, Ganesh Kothapalli, Optimisation of stand-alone hybrid energy systems supplemented by combustion-based prime movers, Applied Energy, Vol. 196, pp. 18-33, June 2017.

[167] Chiranjib Bhowmik, Sumit Bhowmik, Amitava Ray, Krishna Murari Pandey, Optimal green energy planning for sustainable development: A review, Renewable and Sustainable Energy Reviews,Vol. 71, pp. 796-813, May 2017.

[168] Akbar Maleki, Morteza Gholipour Khajeh, Marc A. Rosen, Two heuristic approaches for the optimization of grid-connected hybrid solar–hydrogen systems to supply residential thermal and electrical loads, Sustainable Cities and Society, Vol. 34, pp. 278-292, October 2017.

[169] Himadry Shekhar Das, Chee Wei Tan, A.H.M. Yatim, Kwan Yiew Lau, Feasibility analysis of hybrid photovoltaic/battery/fuel cell energy system for an indigenous residence in East Malaysia, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 76, pp. 1332-1347, September 2017.

[170] Tuba Tezer, Ramazan Yaman, Gülşen Yaman, Evaluation of approaches used for optimization of stand-alone hybrid renewable energy systems, Renewable and Sustainable Energy Reviews,Vol.73, pp. 840-853, June 2017.

[171] R. Luna-Rubio, M. Trejo-Perea, D. Vargas-Vázquez, G.J. Ríos-Moreno, Optimal sizing of renewable hybrids energy systems: A review of methodologies, Solar Energy,Vol. 86, pp. 1077-1088, April 2012.

[172] Muhammad Waseem Khan, Jie Wang, The research on multi-agent system for microgrid control and optimization, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 80, pp. 1399-1411, December 2017.

[173] O. Erdinc, M. Uzunoglu, Optimum design of hybrid renewable energy systems: Overview of different approaches, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 16, pp. 1412-1425, April 2012.

[174] Diego Feroldi, David Zumoffen, Sizing methodology for hybrid systems based on multiple renewable power sources integrated to the energy management strategy, International Journal of Hydrogen Energy, Vol. 39, pp. 8609-8620, May 2014.

[175] S. Abedi, A. Alimardani, G.B. Gharehpetian, G.H. Riahy, S.H. Hosseinian, A comprehensive method for optimal power management and design of hybrid RES-based autonomous energy systems, Renewable and Sustainable Energy Reviews,Vol. 16, pp. 1577-1587, April 2012.

[176] Rodolfo Dufo-López, José L. Bernal-Agustín, Design and control strategies of PV-Diesel systems using genetic algorithms, Solar Energy, Vol 79, pp. 33-46, July 2005.

[177] Rodolfo Dufo-López, José L. Bernal-Agustín, José M. Yusta-Loyo, José A. Domínguez-Navarro, Ignacio J. Ramírez-Rosado, Juan Lujano, Ismael Aso, Multi-objective optimization

minimizing cost and life cycle emissions of stand-alone PV–wind–diesel systems with batteries storage, Applied Energy,Vol. 88, pp. 4033-4041, November 2011.
[178] Rodolfo Dufo-López, José L. Bernal-Agustín, Multi-objective design of PV–wind–diesel–hydrogen–battery systems, Renewable Energy,Vol. 33, pp. 2559-2572, December 2008.
[179] Aeidapu Mahesh, Kanwarjit Singh Sandhu, Hybrid wind/photovoltaic energy system developments: Critical review and findings, Renewable and Sustainable Energy Reviews,Vol. 52, pp. 1135-1147, December 2015.
[180] Mohammad Sadigh Behzadi, Mohsen Niasati, Comparative performance analysis of a hybrid PV/FC/battery stand-alone system using different power management strategies and sizing approaches, International Journal of Hydrogen Energy, Vol. 40, pp. 538-548, January 2015.
[181] Hoarcă Cristian, Bizon Nicu, Badita Alexandru, Design of hybrid power systems using HOMER simulator for different renewable energy sources, ECAI 2017 - International Conference 9th Edition on Electronics Computers and Artificial Intelligence, June 29-July 01 , 2017, Targoviste, România.
[182] Chrysovalantou Ziogou, Dimitris Ipsakis, Panos Seferlis, Stella Bezergianni, Simira Papadopoulou, Spyros Voutetakis, Optimal production of renewable hydrogen based on an efficient energy management strategy, Energy,Vol. 55, pp. 58-67, June 2013.
[183] Hoarcă Cristian, Bizon Nicu, Comparative analysis of Hybrid Power Systems based on Homer and iHOGA simulators, RESRB 2017 - 2nd Renewable Energy Sources - Research and Business conference, 19 - 21 June, 2017, Wrocław, Poland.
[184] J.E. Paiva, A.S. Carvalho, Controllable hybrid power system based on renewable energy sources for modern electrical grids, Renewable Energy, Vol. 53, pp. 271-279, May 2013.
[185] Chrysovalantou Ziogou, Dimitris Ipsakis, Costas Elmasides, Fotis Stergiopoulos, Simira Papadopoulou, Panos Seferlis, Spyros Voutetakis, Automation infrastructure and operation control strategy in a stand-alone power system based on renewable energy sources, Journal of Power Sources, Vol. 196, pp. 9488-9499, November 2011.
[186] Himadry Shekhar Das, Chee Wei Tan, A.H.M. Yatim, Kwan Yiew Lau, Feasibility analysis of hybrid photovoltaic/battery/fuel cell energy system for an indigenous residence in East Malaysia, Renewable and Sustainable Energy Reviews,Vol.76, pp. 1332-1347, September 2017.
[187] Himadry Shekhar Das, A.H.M. Yatim, Chee Wei Tan, Kwan Yiew Lau, Proposition of a PV/tidal powered micro-hydro and diesel hybrid system: A southern Bangladesh focus, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 53, pp. 1137-1148, January 2016.
[188] Romania Gasoline prices liter. 2017, http: // www. global petrol prices. Com /Romania/gasoline prices/; 2017.

[189] Jyoti B. Fulzele, M.B. Daigavane, Design and Optimization of Hybrid PV-Wind Renewable Energy System, Materials Today: Proceedings, Vol. 5, pp. 810-818, June 2018.
[190] Nazmus S. Nafi, Khandakar Ahmed, Mark A. Gregory, Manoj Datta, A survey of smart grid architectures, applications, benefits and standardization, Journal of Network and Computer Applications, Vol. 76, pp. 23-36, December 2016.
[191] Enrico Zio, Challenges in the vulnerability and risk analysis of critical infrastructures, Reliability Engineering & System Safety,Vol. 152, pp. 137-150, August 2016.
[192] A. Nicholson, S. Webber, S. Dyer, T. Patel, H. Janicke, SCADA security in the light of Cyber-Warfare, Computers & Security, Vol. 31, pp. 418-436, June 2012.
[193] Florentina Magda Enescu, Nicu Bizon, Carmen Maria Moraru, Issues in Securing Critical Infrastructure Networks for Smart Grid Based on SCADA, Other Industrial Control and Communication Systems, pp 289-324, Springer, London, August 2018.
[194] R. Billinton, Distribution system reliability performance and evaluation, International Journal of Electrical Power & Energy Systems,Vol. 10, pp. 190-200, July 1988.
[195] Kosmas Pipyros, Christos Thraskias, Lilian Mitrou, Dimitris Gritzalis, Theodoros Apostolopoulos, A new strategy for improving cyber-attacks evaluation in the context of Tallinn Manual, Computers & Security, Vol. 74, pp. 371-383, May 2018.
[196] Nasim Nezamoddini, Seyedamirabbas Mousavian, Melike Erol-Kantarci, A risk optimization model for enhanced power grid resilience against physical attacks, Electric Power Systems Research, Vol.143, , pp. 329-338, February 2017.
[197] Larry Hughes, Moniek de Jong, Xiao Qin Wang, A generic method for analyzing the risks to energy systems, Applied Energy, Vol. 180, pp. 895-908, October 2016.
[198] Bilge Karabacak, Sevgi Ozkan Yildirim, Nazife Baykal, Regulatory approaches for cyber security of critical infrastructures: The case of Turkey, Computer Law & Security Review,Vol. 32, pp. 526-539, June 2016.
[199] Ting Liu, Yanan Sun, Yang Liu, Yuhong Gui, Yucheng Zhao, Dai Wang, Chao Shen, Abnormal traffic-indexed state estimation: A cyber–physical fusion approach for Smart Grid attack detection, Future Generation Computer Systems,Vol. 49, pp. 94-103, August 2015.
[200] Husam Suleiman, Israa Alqassem, Ali Diabat, Edin Arnautovic, Davor Svetinovic, Integrated smart grid systems security threat model, Information Systems,Vol. 53, pp. 147-160, November 2015.
[201] Christer Pursiainen, Critical infrastructure resilience: A Nordic model in the making?, International Journal of Disaster Risk Reduction,Vol. 27, pp. 632-641, March 2018.
[202] Power Systems, Paper: Energy management of the grid connected PV array. Authors: Enescu Florentina Magda, Bizon Nicu, Hoarcă Cristian, Chapter 11 of book: Microgrid

arhitectures, control and protection methods, Springer Verlag London Limited. ISBN 978-3-030-23722-6, Pages 255-288, https://doi.org/10.1007/978-3-030-23723-3_11.

[203] Hoarcă Cristian, Bizon Nicu, Enescu Florentina Magda, The design of the graphical interface for the SCADA system on an industrial platform, ECAI 2020 - International Conference 12th Edition on Electronics Computers and Artificial Intelligence, 25-27 June, 2020, Bucharest, România.

[204] N. Bizon, N. Mahdavi Tabatabaei, H. Shayeghi, Analysis, Control and Optimal Operations in Hybrid Power Systems, Advanced Techniques and Applications for Linear and Nonlinear Systems,Springer, London, UK, 2013.

[205] Michael Emmanuel, Ramesh Rayudu, Communication technologies for smart grid applications: A survey, Journal of Network and Computer Applications, Vol, 74, pp. 133-148, October 2016.

[206] Hoarcă Cristian, Enescu Florentina Magda, Bizon Nicu, Comparative study regarding the integration of photovoltaic sources in agriculture, ECAI 2020 - International Conference 12th Edition on Electronics Computers and Artificial Intelligence, 25-27 June, 2020, Bucharest, România.

[207] Kashem M. Muttaqi, Jamshid Aghaei, Velappa Ganapathy, Ali Esmaeel Nezhad, Technical challenges for electric power industries with implementation of distribution system automation in smart grids, Renewable and Sustainable Energy Reviews,Vol. 46, pp. 129-142, June 2015.

[208] Cristina Alcaraz, Sherali Zeadally, Critical infrastructure protection: Requirements and challenges for the 21st century, International Journal of Critical Infrastructure Protection,Vol. 8, pp. 53-66, January 2015.

[209] Massimo Ficco, Michał Choraś, Rafał Kozik, Simulation platform for cyber-security and vulnerability analysis of critical infrastructures, Journal of Computational Science,Vol. 22, pp. 179-186, September 2017.

[210] A.K. Siposs, C. Stirbu, F.M. Enescu, Software application for exploring a virtual solar system, Electronic Computer Science, Vol.16, pp.25–28 May 2016.

[211] N. Mahdavi Tabatabaei, A. Jafari Aghbolaghi, N. Bizon, F. Blaabjerg, Fundamentals and Contemporary Issues of Reactive Power Control in AC Power Systems, Springer, London, 2017.

[212] Naiara Moreira, Elías Molina, Jesús Lázaro, Eduardo Jacob, Armando Astarloa, Cyber-security in substation automation systems, Renewable and Sustainable Energy Reviews,Vol. 54, pp. 1552-1562, February 2016.

[213] Yingmeng Xiang, Lingfeng Wang, Nian Liu, Coordinated attacks on electric power systems in a cyber-physical environment, Electric Power Systems Research,Vol. 149, pp. 156-168, August 2017.

[214] Massimo Ficco, Michał Choraś, Rafał Kozik, Simulation platform for cyber-security and vulnerability analysis of critical infrastructures, Journal of Computational Science,Vol. 22, pp.179-186, September 2017.

[215] N. Mahdavi Tabatabaei, S. Najafi Ravadanegh, N. Bizon, Power Systems Resiliency: Modeling, Analysis and Practice, Springer, London, 2019.

[216] Hoarcă Cristian, Raducu Marian, Energy efficiency analysis of various topologies, control techniques and technologies used for photovoltaic panels Part I: On thePV modeling and problem of extracting the maximum power, ECAI 2014 - International Conference 6th Edition on Electronics Computers and Artificial Intelligence, 23-25 Oct, 2014, Pitesti, România.

[217] Hoarcă Cristian, Raducu Marian, Constantinescu Luminita-Mirela, Energy efficiency analysis of various topologies, control techniques and technologies used for photovoltaic panels Part II: Maximum power point tracking algorithms, ECAI 2014 - International Conference 6th Edition on Electronics Computers and Artificial Intelligence, 23-25 Oct, 2014, Pitesti, România.

[218] Hoarcă Cristian, Bizon Nicu, Ștefănescu Ioan, Simulation interface of photovoltaic (PV) cell, PV module, and PV array using Simulink,SGEM 2017 – International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, 29 June 2017 through 5 July 2017, Albena, Bulgaria. Paper:. Volume 17, Issue 42, 2017, Pages 545-556.

[219] Hoarcă Cristian, Determining Human Presence through the Analysis of the Electric Field using MATLAB environment, ECAI 2020 - International Conference 12th Edition on Electronics Computers and Artificial Intelligence, 25-27 June, 2020, Bucharest, România.

[220] Hoarcă Cristian, Raducu Marian, On the micro-inverter performance based on three MPPT controllers JEEECCS 2015 - Journal of Electrical Engineering, Electronics, Control and Computer Science - JEEECCS, 2015, Vol. 1, nr. 1, pp. 7-14.

[221] Bizon Nicu, Mazare Alin Gheorghita, Oproescu Mihai, Lopez-Guede Jose Manuel, Varlam Mihai, Hoarcă Cristian, Renewable (REW) / Fuel Cell (FC) Hybrid Power System with mitigation of the REW variability by the FC fuel flow control, ECAI 2018 - International Conference 10th Edition on Electronics Computers and Artificial Intelligence, 28-30 June, 2018, Iasi, România.

[222] Bizon Nicu, Lopez-Guede Jose Manuel, Hoarcă Cristian, Culcer Mihai, Iliescu Mariana, Fuel Cell (FC) Hybrid Power System with mitigation of the load power variability by the FC fuel flow control, ECAI 2018 - International Conference 10th Edition on Electronics Computers and Artificial Intelligence, 28-30 June, 2018, Iasi, România.

[223] Hoarcă Cristian, Enescu Florentina Magda, Bizon Nicu, Energy efficiency for renewable energy application, SGEM 2018 - International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, Volume 18, Issue 4.1, 2018, Pages 325-332, 2-8 July, 2018, Albena, Bulgaria.