

PROIECTAREA SI REALIZAREA UNUI SISTEM DE STOCARE A ENERGIEI ELECTRICE (ESS)

TRANDAFIR Marian

Conducător științific: Conf. dr. ing. **Tom SAVU**

REZUMAT: Proiectul propune realizarea prototipului unui sistem off-grid de recoltare a energiei din mediul înconjurător prin conversie fotovoltaică, transformare DC/DC, sistem de stocare a energiei și transformare DC/AC. Elementul central este sistemul de stocare a energiei bazat pe principii de conversie cu caracter electrochimic.

Pentru realizarea sistemului off-grid s-au ales 12 panouri fotovoltaice policristaline cu o putere de 3.5kW pentru conversia energiei din mediul înconjurător în energie electrică, un controller de încărcare cu un curent de încărcare de până la 70A și tensiune a panourilor fotovoltaice de până la 150V utilizat la încărcarea acumulatorului, un acumulator lithium-ion NMC cu o capacitate de stocare de 14,3kWh, un invertor cu o putere de ieșire reală de 4000W și o tensiune de ieșire de 230VAC folosit la convertirea curentului din DC în AC, un sistem de monitorizare pentru acumulatori și elemente de conectică.

CUVINTE CHEIE: off-grid, energie, fotovoltaic, acumulator

1 INTRODUCERE

Sistem fotovoltaic off grid sau sistem fotovoltaic cu stocare este o centrală electrică autonomă care permite producerea electricității prin panouri solare fotovoltaice pentru alimentarea consumatorilor, independent de furnizorii externi de energie electrică.

Acest sistem fotovoltaic off-grid cu stocare produce energie electrică în timpul zilei. Sistemul fotovoltaic off-grid alimentează consumatorii în direct iar surplusul de producție este stocat în acumulatori, astfel energia electrică este disponibilă atât ziua cât și noaptea. Aceste instalații cu panouri fotovoltaice sunt recomandate în zone unde lipsește cu desăvârșire energia electrică, sau în zone unde au loc întreruperi de curent frecvente.

Principalul element studiat a fost modul de asamblare a acumulatorului cu configurația 14S7P și o capacitate de 14,3kWh compus din celule Lithium-ion NMC de tip pouch. Au fost realizate mai multe variante de asamblare ale acumulatorului, fiecare fiind supuse la teste. De la o variantă la alta au fost aduse îmbunătățiri și remediate problemele de proiectare.

2 STADIUL ACTUAL

Principalele condiții impuse pentru proiectarea sistemului off-grid au fost:

-puterea de ieșire reală maximă de 4000W și o tensiune de ieșire de 230VAC a invertorului DC/AC;

-puterea panourilor fotovoltaice policristaline de 3.5kW;

-un acumulator performant care să poată stoca energie electrică necesară susținerii unei locuințe cu un consum mediu de energie electrică timp de 2 zile fără a fi încărcat.

¹ Specializarea Tehnologia Construcțiilor de Masini, Facultatea IMST;

E-mail: trandafirmarian1994@gmail.com;

2.1 Panourile fotovoltaice

Un panou solar fotovoltaic, spre deosebire de un panou solar termic, transformă energia luminoasă din razele solare direct în energie electrică. Panourile fotovoltaice se utilizează separat sau legate în baterii pentru alimentarea consumatorilor independenți sau pentru generarea de curent ce se livrează în rețeaua publică. Un panou solar este caracterizat prin parametrii săi electrici, cum ar fi tensiunea de mers în gol, curentul de scurtcircuit, tensiunea în punctul optim de funcționare, curentul în punctul de putere maximă, puterea maximă, factor de umplere și randamentul celulei solare.

Criteriile de selecție ale panourilor au fost:

-performanțe ridicate în condiții de iluminare scăzută și sensibilitate ridicată la lumina din întreg spectrul solar;

-garanție ridicată în ceea ce privește funcționarea și performanțele;

-diode de bypass performante care să asigure o pierdere minimă de energie cauzată de întuneric;

-sistem avansat de încapsulare EVA în trei straturi care întrunește toate cerințele de securitate în funcționare pentru tensiuni înalte;

-prevăzute cu conexiuni rapide tip PV-ST01;

-carcasă robustă care să permită o montare ușoară a modulelor pe acoperișuri, folosind o varietate de sisteme standard de montare;

-capsulate și protejate împotriva umezelii;

-cel mai bun raport preț-calitate

Ținându-se cont de criteriile de selecție de mai sus s-au ales 12 panouri fotovoltaice policristaline BlueSolar de 290W și tensiune de 24V (fig. 2.1.1). Dimensiunea unui panou fotovoltaic fiind de 1956x992x45 mm și o greutate de 24kg. Tensiunea maximă a panoului fotovoltaic este 36V și un curent de 8,06A. Temperatura de lucru -40°C - $+85^{\circ}\text{C}$.



Figura 2.1.1. Panou fotovoltaic policristalin BlueSolar

2.2. Controller de încărcare

Controllerul de încărcare este dispozitivul montat între panourile fotovoltaice și baterii și sunt utilizate numai în sistemele fotovoltaice neconectate la sistemul energetic național.

Pentru panourile fotovoltaice alese este necesar un controller de încărcare care să gestioneze încărcarea și de a prelungi durata de viață a acumulatorului.

S-a ales un controller de încărcare VictronBlueSolar MPPT 150/70 (fig. 2.2.1), având un curent de încărcare de până la 70A și tensiunea panourilor fotovoltaice de până la 150V. Controllerul se reglează automat la tensiunea nominală a bateriei de 48V. Urmărire rapidă a punctelor de putere maximă (MPPT- Ultra-fast Maximum Power Point

Tracking) și detecție avansată a punctelor de putere maximă în cazul umbririi parțiale. Randament ridicat de până la 98% și putere de ieșire maximă a curentului până la 40°C . Relee auxiliare programabile pentru sisteme de alarmă sau generatoare folosite ca back-up.

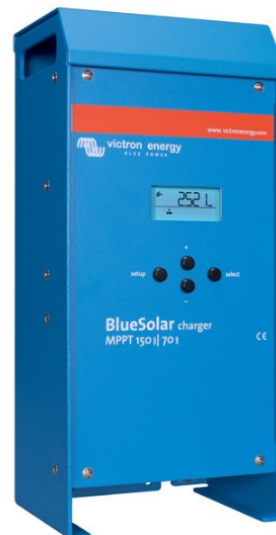


Figura 2.2.1 VictronBlueSolar MPPT 150/70

2.3 Invertorul

Invertoarele de tensiune cu sinusoidă pură sunt dispozitive electronice care transformă curentul continuu în curent alternativ necesar multor aparate electrice folosite de oameni. Curentul alternativ obținut are formă de sinusoidă pură, calitatea curentului fiind aceeași sau mai bună cu a curentului de la rețea. Pentru sistemele de energie alternativă, invertoarele de tensiune sunt veriga importantă între energia în curent continuu a bateriei și energia în curent alternativ pe care o necesită aparatura electrică obișnuită. Un inverter/alimentator alimentat de la un grup de baterii poate fi o sursă neîntreruptă de energie în cazul unei căderi a tensiunii sau a întreruperii curentului. Bateriile asigură, energie sub formă de curent continuu (DC) care poate fi folosit la tensiuni foarte joase, dar nu poate fi folosit pentru a alimenta cele mai moderne aparate de uz casnic. Rețeaua națională de curent electric și generatoarele de curent produc curent alternativ cu formă de undă sinusoidală (AC) care este folosit de cele mai obișnuite aparate electrice din zilele noastre. Invertoarele de tensiune preiau curentul continuu furnizat de un grup de baterii de acumulare și îl transformă în mod electronic în curent alternativ.

În funcție de aplicație, ele pot:

-să furnizeze una sau mai multe tensiuni alternative de frecvență și amplitudini constante

-să furnizeze tensiuni sau curenți alternativi de frecvență și amplitudini variabile

În practică se întâlnesc o mulțime de variante, însă doar câțiva producători sunt recunoscuți pentru performanța și fiabilitatea echipamentelor produse.

Criteriile de selecție ale invertorului:

-putere de ieșire reală de 4000W și o tensiune de ieșire de 230VAC/50Hz;

-compatibil cu acumulatori de lithium-ion;

-posibilitatea de configurare pentru ieșire trifazică;

-utilizare autonomă;

-comunicație CAN Bus cu restul echipamentelor;

-control și monitorizare de la distanță ;

-configurare de la distanță;

-rezistent la umiditate.

Ținându-se cont de criteriile de selecție de mai sus s-a ales un invertor VictronMultiPlus (fig. 2.3.1) cu următoarele caracteristici:

-putere de ieșire la 25°C de 4000W;

-putere de ieșire la 40°C de 3700W;

-putere de ieșire la 65°C de 3000W;

-putere de vârf de 10000W;

-eficiență maximă de 94/95%;

-putere fără sarcină 30/35;

-tensiune de intrare „absorbție” de 57,6Vcc;

-tensiune de intrare „stabilizare” de 55,2Vcc;

-mod de stocare 52,8Vcc;

-curent de încărcare acumulatori de 70A;

-senzor de temperatură;

-releu programabil;

-port de comunicare CAN Bus;

-comandă la distanță pornit-oprit;

-rezistent la umiditate până la 95%;

-protecție IP21.

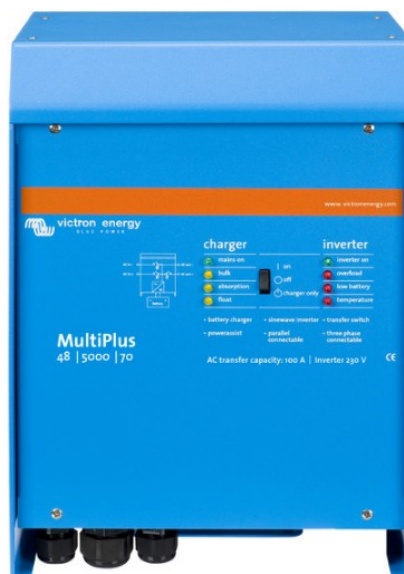


Figura 2.3.1 VictronMultiPlus

2.4 Metode de asamblare a acumulatorului Lithium-Ion

Pentru sistemul off-grid s-a folosit un acumulator de Lithium-Ion tehnologie NMC cu o capacitate de 14,3kWh compus din 98 de celule de tip pouch (fig. 2.4.1) asamblate în configurația 14S7P. Tensiunea nominală a acumulatorului este de 51.1V.



Figura 2.4.1 Celula Lithium-Ion 3,65V 40Ah

Celulele au o durată de viață de 6000 de cicluri de încărcare-descărcare, densitate de energie de 162Wh/kg și suportă încărcări de până la 4 ori capacitatea și descărcări de până la 10 ori capacitatea. Tensiunea nominală a unei celule este de 3.65V. Tensiunea maximă și minimă a unei celule este de 4,2V, respectiv 3.0V. Capacitatea de stocare a unei celule este de 40Ah. Temperaturile de lucru ale

celulei sunt -20°C - $+50^{\circ}\text{C}$ la descărcare și 0°C - 40°C la încărcare.

În urma stabilirii configurației acumulatorului s-a efectuat proiectarea reperelor pentru asamblarea lui. Au fost efectuate 5 variante de asamblare a acumulatorului, testate, aduse îmbunătățiri și remedierea erorilor de proiectare după fiecare variantă.

Varianta 1 (fig. 2.4.2)

La prima variantă de asamblare s-au folosit baghete din PE 500 confecționate prin debitare cu jet de apă și aschiere.

Între fiecare celulă a fost pusă câte o baghetă superioară (figura 2.4.3) și una inferioară (figura 2.4.4) din PE 500 și fixate cu ajutorul unor tije filetate.

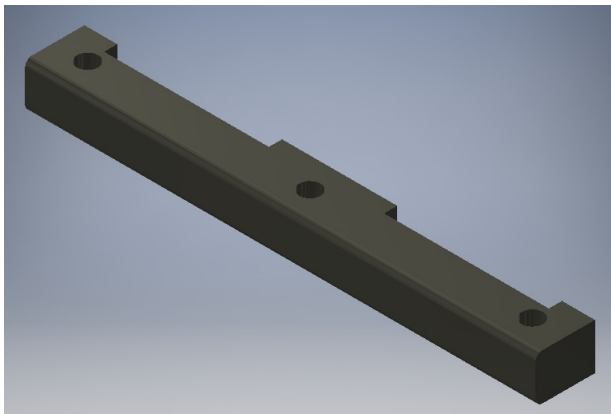


Figura 2.4.3 Baghetă superioară

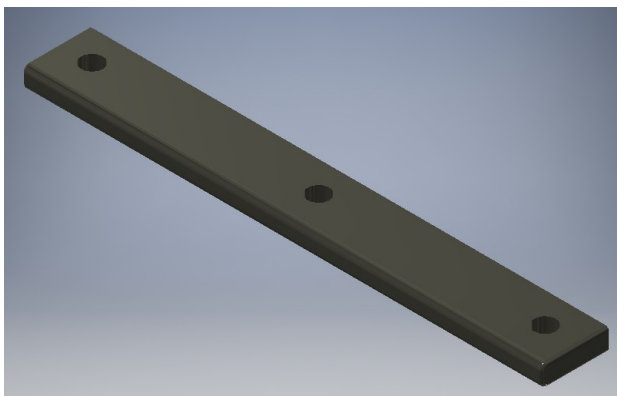


Figura 2.4.4 Baghetă inferioară

În urma asamblării s-a dovedit că asamblarea era prea dificilă și modulul nu era rigid, celulele se puteau desprinde și avaria.



Figura 2.4.2 Varianta 1 de asamblare acumulator

Varianta 2 (fig. 2.4.5)

La a doua variantă de asamblare s-au păstrat baghetele de PE 500 și pentru a crea un pachet mai rigid s-au folosit capace la capete fabricate prin aschiere din Al și între celule au fost introduse radiatoare din Al (fig. 2.4.6) pentru a dispersa căldura produsă de celule și totodată protejând celulele de mediul extern.

În urma asamblării s-a dovedit că asamblarea era în continuare dificilă și că radiatoarele de aluminiu se atingeau între ele.



Figura 2.4.5 Varianta 2 de asamblare acumulator

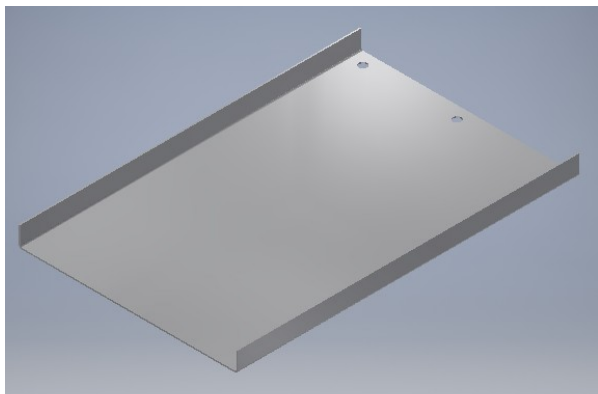


Figura 2.4.6 Radiator Al

Varianta 3 (fig. 2.4.7)

În a treia variantă de asamblare s-a renunțat la radiatoare și la baghetele superioare și inferioare și s-au folosit baghete debitate cu jet de apă din POM C dispuse pe lateralele celulei, strângerea efectuându-se tot cu tijă filetată (figura 2.4.8). Capacele de capăt din Al au fost înlocuite cu capace din POM C debitate cu jet de apă. Cu ajutorul unui dispozitiv asamblarea s-a simplificat rezultând un modul mai rigid. Rezultând un modul mai rigid s-a continuat cu proiectarea reperelor pentru conexiunea taburilor celulelor. S-a folosit placă de textolit debitată cu jet de apă de care se fixau bornele intermediare și de capăt cu ajutorul șuruburilor și piulițe. Bornele intermediare și de capăt au fost debitate cu jet de apă, îndoite pe abkant și acoperite cu nichel.

Modulul a fost supus testelor de laborator și s-a descoperit că bornele se încălzeau excesiv din cauza contactelor imperfecte create de strângerea insuficientă.



Figura 2.4.7 Varianta 3 de asamblare acumulator



Figura 2.4.8 Baghete POM C

Varianta 4 (fig. 2.4.9)

Datorită încălzirii excesive a bornelor s-a renunțat la asamblarea cu șurub-piuliță și s-a reproiectat total modul de asamblare a modului.

În urma studierii metodelor de asamblare regăsite la firme din domeniu s-a ales ca asamblarea taburilor să fie efectuată prin sudare laser. Pentru ca taburile celulelor să poată fi sudate, celula trebuia să fie protejată complet de mediul extern. Pentru ca celula să fie protejată s-a proiectat o rama care îmbracă complet celula. Rama a fost obținută prin injecție în matriță și prelucrări prin așchiere (figura 2.4.10). Între fiecare celulă s-a folosit radiatoare de Al corectându-se erorile de proiectare descoperite la a doua variantă. Asamblarea modului s-a efectuat tot cu tije filetate. Sudarea laser a taburilor a fost efectuată pe CNC TrumpfTruLaserCell 3010.

Modulul a fost supus testelor de laborator și s-a descoperit că la descărcări mai mari de 4C sudurile au cedat.



Figura 2.4.9 Varianta 4 de asamblare acumulator

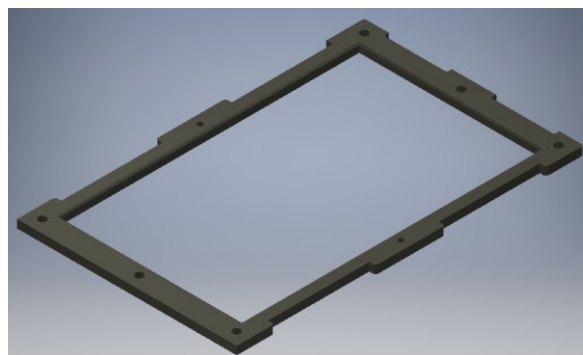


Figura 2.4.10 Ramă format 3D

Varianta 5 (fig. 2.4.11)

La a 5-a variantă s-a renunțat iar la radiatoarele de Al și la sudura laser dovedindu-se a fi instabilă.

S-a revenit la asamblarea mecanică a taburilor cu borne intermediare și de capăt cu nituri-pop. Bornele intermediare și de capăt au fost confecționate din Cu debitate cu jet de apă și prelucrate prin așchiere.

În urma testelor de laborator modulul s-a comportat normal atingându-se încărcările și descărcările maxime. Procesul de asamblare a rămas în continuare dificil.

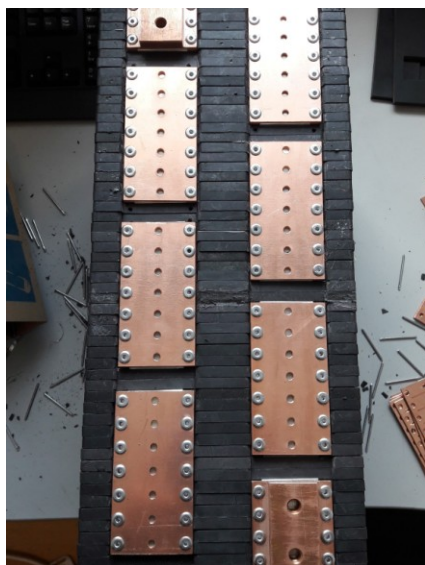


Figura 2.4.11 Varianta 5 de asamblare acumulator

3 OBIECTIVE

Datorită procesului de asamblare dificil s-a început proiectarea unei noi rame care momentan este în fază de prototip (fig. 3.1.). Rama a fost realizată pe imprimantă 3D și în urma testelor dacă va rezulta că este o variantă viabilă se va dori realizarea unei matrițe de injecție mase plastice. Noua rama are locașuri pentru termistori pentru a putea monitoriza temperatura la borne a fiecărei celule. S-a renunțat la asamblarea modulului cu ajutorul tijelor filetate, asamblarea realizându-se cu clipsuri în fiecare ramă. Datorită descoperirii unei noi tehnologii de sudare cu laser se va revenii la sudarea cu laser a taburilor pe repere din cupru acoperite cu nichel. Fixarea reperelor din cupru se va efectua cu ajutorul unor inserții filetate în ramă și șurub.



Figura 3.1. Rama printată pe imprimantă 3D

4 MULTUMIRI

Facultatea Ingineria si Managementul Sistemelor
Tehnologice
Prime Motors Industry
S.C. BACONS S.R.L.
Centrul de tehnologii avansate cu laser

5 BIBLIOGRAFIE

- [1] <https://www.victronenergy.ro/> Accesat în perioada 11.06.2016-11.06.2017
- [2] <https://www.tme.eu/ro/> Accesat în perioada 22.07.2016-18.04.2017
- [3] <https://www.wikipedia.org/> Accesat în perioada 31.05.2016-10.06.2017

6 NOTAȚII

Următoarele simboluri sunt utilizate în cadrul lucrării:

V= volt

A= amper

Vcc= volți curent continuu

AC=curent alternativ

DC=curent continuu

Vac=volți curent alternativ

W=wați

kWh=kilowați oră

Ah=amperi oră