

# CERCETĂRI EXPERIMENTALE PRIVIND FUNCȚIONAREA ELECTRICĂ, COMPATIBILITATEA ELECTROMAGNETICĂ ȘI REZISTENȚĂ MECANICĂ A MESEI SOLARE DE VOIAJ INTELIGENTE

## EXPERIMENTAL RESEARCHES REGARDING THE ELECTRICAL FUNCTIONING, ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY AND MECHANICAL STRESS OF THE SMART PORTABLE SOLAR TABLE

VLAD Ionuț-Claudiu, VOICU Dana-Monica, GHEORGHE Ana-Maria și GEANTĂ Cosmin

Facultatea: Ingineria și Managementul Sistemelor Tehnologice, Specializarea: Inginerie Avansată Asistată de Calculator, Anul de studii: II, e-mail: claudiu.vlad@outlook.com

Conducător științific: Conf.dr.ing. **Mădălin-Gabriel CATANĂ**

**REZUMAT:** The paper synthesizes experimental researches on electric functioning, electromagnetic compatibility and mechanical strength of the Smart Portable Solar Table. For research, specialized CAD software, namely INVENTOR, was also used, and PSIM software was also used to simulate electrical operations. This research has been straightened by physical testing to check the normal operating temperature limits of the product at full load with the FLIR thermal imaging camera. The proposed technical definitions are a follow-up of studies to meet the need for ergonomic, stable, robust and reliable product development, tailored to current industry standards. Experimental researches have determined the optimal solutions from a functional point of view.

**CUVINTE CHEIE:** fotovoltaic, portabilitate, stocare energie, fiabilitate, randament.

### 1. Introducere

Această lucrare reprezintă studiul privind dezvoltarea unei mese solare de voiaj inteligente – MSVI, în ceea ce privește domeniul electricii, rezistenței mecanice și compatibilității electromagnetice.

Celula fotovoltaică este formată din două sau mai multe straturi de material semiconductor, unul dintre cele mai des folosite fiind siliciul. Stratul de siliciu expus la lumină produce o „agitație” a electronilor și astfel se generează curent electric - vezi figura 1.

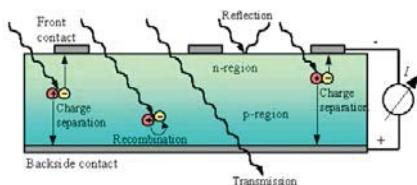


Fig. 1. Principiul de generare al curentului electric[1]

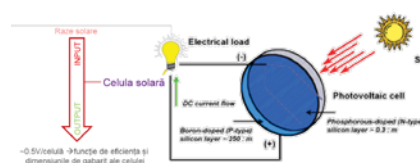


Fig. 2. Schema de principiu a captării energiei solare[10]

Panourile fotovoltaice, în componența lor, au o multitudine de celule fotovoltaice, care pot absorbi ~0,5V/celulă, capacitatea totală de captare a energiei solare ținând seama atât de dimensiunile de gabarit ale panoului, cât și de eficiența cu care captarea se realizează, din punct de vedere al poziției de captare dintre panou/celulă fotovoltaic/fotovoltaică și soare. În figura 2 este prezentată schema de principiu a captării razelor solare.

### 2. Stadiul actual

Procesul de construire trebuie să combine tot complexul abordării ergonomice în rezolvarea problemelor de optimizare a sistemului „om-obiect-spațiu”, cu atât mai mult că o astfel de abordare, în

fiecare caz concret, va realiza principiul fundamental al ergonomiei – totul, într-o măsură sau alta, este creat de către om și pentru om.

Atât pe baza constrângerilor de ergonomie și design, cât și pe baza constrângerilor de rezistență mecanică a elementelor componente ale MSVI, proiectarea produsului a fost influențată în mod direct, pentru a putea satisface nevoia portabilității produsului, pentru a putea satisface nevoia de înclinare pe axa centrală a mesei a unui panou alcătuitor, pentru a satisface nevoia de poziție adecvată conform standardelor actuale de lucru/relaxare în timpul șederii la masă, dar și pentru a satisface nevoia de diminuare a masei totale a produsului final. În figura 3 se poate remarca două dintre cazurile posibile de utilizare a mesei în dezvoltare, referitoare la distanțele specifice ale suprafeței de lucru raportate la suprafața solului[1],[2],[3].

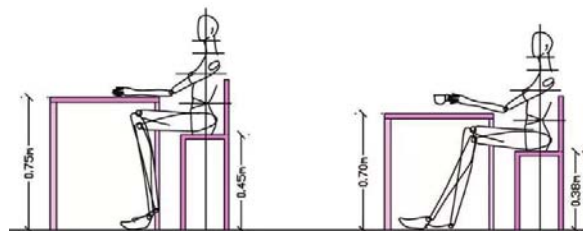


Fig. 3. În stânga – înălțime de luat în calcul pentru poziție de lucru, iar în dreapta pentru o masă de cafea[2]

Pentru produsul în cauză s-a utilizat un număr de 5 picioare, toate cu posibilitatea de reglare a lungimii și a unghiului format cu suprafața de lucru a mesei, astfel încât să poată respecta atât intervalul de 0.7m-0.75m, cât și mai mult de atât, așa cum se poate observa în figura 4 – poziția de minimum a picioarelor, respectiv în figura 5 – poziția de maximum a picioarelor.

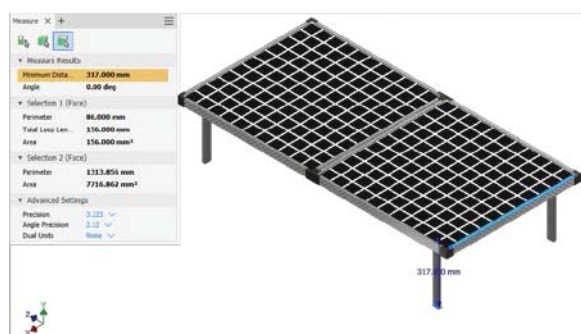


Fig. 4. Poziția de minimum - 317mm



Fig. 5. Poziția de maximum - 762mm

### 3. Analiză statică privind determinarea rezistenței mecanice a produsului dezvoltat

O simulare numerică poate ajuta la găsirea celor mai bune alternative de design pentru o piesă sau un ansamblu. Dezvoltarea timpurie a designului permite asigurarea unui design cu o performanță satisfăcătoare în condițiile prevăzute, fără a ceda mecanic sau fără a se deforma[1],[2],[3].

În analiza rezistenței mecanice, există două tipuri de simulări:

- analiza statică evaluează condițiile de încărcare structurale;
- analiza modală evaluează modurile de frecvență naturale, inclusiv mișcările rigide ale corpului.

Simularea produce un set de rezultate FEA (Analiză cu Element Finit), pentru toate combinațiile de parametri definiți anterior. În vederea realizării unei analize se urmăresc următoarele etape[14].:

1. definirea elementelor componente: materiale (proprietăți de material specifice, grosimi, coeficienți);
2. definirea încărcărilor;
3. definirea constrângerilor și contactelor dintre elementele ansamblului/subansamblelor;
4. discretizarea modelelor;
5. derulare și analiză rezultate.

### 3.1. Definirea elementelor componente

Printre primii pași din dezvoltarea unui produs se află stabilirea elementelor care urmează să alcătuiască ansamblul produsului final. Principalelor elemente componente care participă activ la structura de rezistență a produsului li se prezintă caracteristicile de material pentru a putea face comparația reprezentativă dintre rezultatele obținute în cadrul cercetării prin simulare numerică cu valorile limită ale fiecărui material component.

În tabelul 1 s-au extras caracteristicile materialelor cu importanță structurală majoră.

**Tabelul 1. Caracteristici de material**

Material	Rp0.2% mini (MPa)	R <sub>m</sub> mini (MPa)	Modul Young E (MPa)	Coefficient Poisson (ν)	Masa volumică r (kg/m <sup>3</sup> )
DD13	170	280	210000	0.3	7800
S315MC	315	390	210000	0.3	7800
S355MC	360	445	210000	0.3	7800
AlSi7Mg0.3	225	290	74000	0.33	2700

### 3.2. Definirea încărcărilor

S-au studiat încărcările limită pentru a putea fi dimensionat corespunzător produsul MSVI și s-a stabilit ca încărcare acoperitoare aplicare de două forțe în valoare de câte **500N** și, de asemenea, aplicarea forța cauzată de accelerația gravitațională.

În figura 6 sunt prezentate încărcările distribuite pe suprafața de lucru a mesei atât pentru forța de gravitație, cât și pentru F1 și F2 aplicate în conformitate cu caietul de sarcini al produsului.

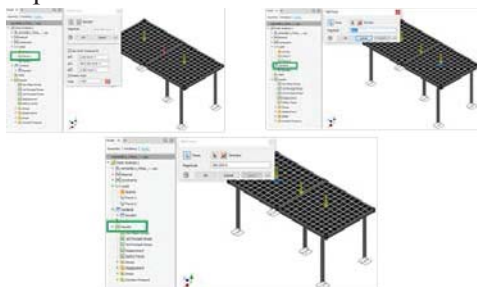


Fig. 6. Încărcările distribuite pe suprafața de lucru a mesei

### 3.3. Definirea constrângerilor

În ceea ce privește constrângerea elementelor ansamblului în vederea distribuirii corespunzătoare a forțelor aplicate controlat și a celorlalte fenomene care apar în timpul utilizării produsului, s-au setat următoarele constrângeri ce pot fi observate în figura 7.

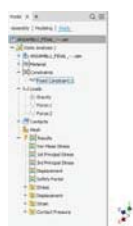


Fig. 7. Constrângeri de tip încastrare aplicate produsului

Nodes: 792705  
Elements: 376311

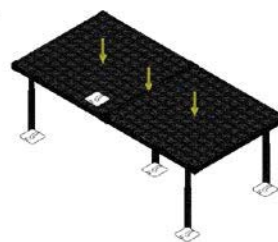


Fig. 8. Modelul discretizat

### 3.4. Discretizarea modelului

Prin discretizarea modelului – figura 8, adică prin constituirea unor noduri și elemente, pornind de la ansamblul total, se urmărește obținerea unor rezultate cât mai reprezentative din punct de vedere al distribuirii încărcărilor aplicate și de evidențiere a fenomenelor rezultate[14].

### 3.5. Derularea simulării numerice și analiza rezultatelor

Derularea simulării a fost posibilă doar după ce s-au introdus toate datele de intrare și s-a ajuns la rezultatele prezentate în tabelul 2.

**Tabelul 2. Rezultatele simulării numerice**

Nr. Crt.	Denumire	Figura	Minimum	Maximum	Minim admisibil	Aviz	
1	Von Mises Stress	Fig.9	0.000221917 MPa	115.839 MPa	280MPa	OK	
2	Displacement	Fig.10	0 mm	0.784921 mm		OK	
3	X Displacement	Fig.12	-0.0373607 mm	0.0368937 mm		OK	
5	Y Displacement	Fig.13	-0.776392 mm	0.117277 mm		OK	
6	Z Displacement	Fig.14	-0.01314 mm	0.178579 mm		OK	
7	Equivalent Strain	Fig.11	0.0000000301966 ul	0.00527433 ul		OK	
8	Volum	13018700 mm <sup>3</sup>					
9	Masă	28.519 kg					

Principiul de calcul von Mises este adesea folosit pentru a determina dacă un metal izotrop și ductil va rezista atunci când este supus unei condiții complexe de încărcare. Aceasta se realizează prin calcularea stresului von Mises și compararea acestuia cu stresul de randament al materialului, care constituie criteriul von Mises Yield Criterion[4],[5],[6].

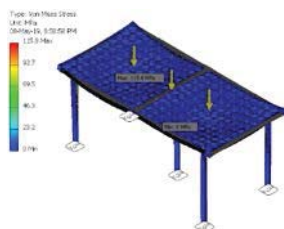


Fig. 9. Von Mises

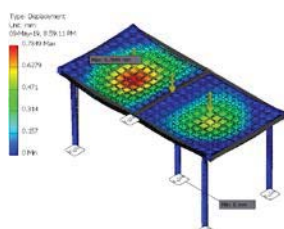


Fig. 10. Deplasare maximă

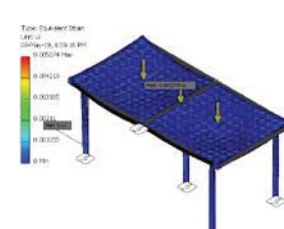


Fig. 11. Stresul echivalent

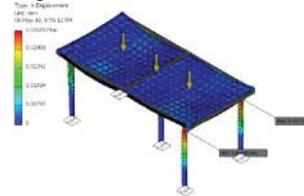


Fig. 12. Deplasare pe axa X

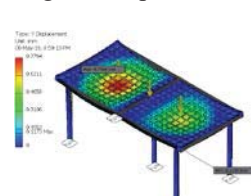


Fig. 13. Deplasare pe axa Y

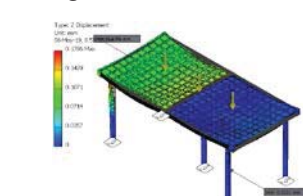


Fig. 14. Deplasare pe axa Z

În concluzie, pentru a se fi ajuns la rezultatele mai sus prezentate, au trebuit concepute diverse soluții tehnice privind problematica duranței și a utilizării în concomitență a unei jumătăți de masă pentru uz normal, respectiv a unei jumătăți pentru alimentarea cu energie solară, după cum urmează:

**Problema 1** – reglare pe verticală și unghiulară, dar și posibilitate de demontare a picioarelor:

- s-au proiectat în primă fază picioare demontabile cilindrice cu posibilitate de reglare pe verticală, dar fără reglare unghiulară – figura 15(stânga), ajungându-se apoi soluția tehnică finală – figura 15(dreapta), care oferă atât posibilitatea indexării pe verticală, cât și pe cea a reglării unghiulare.

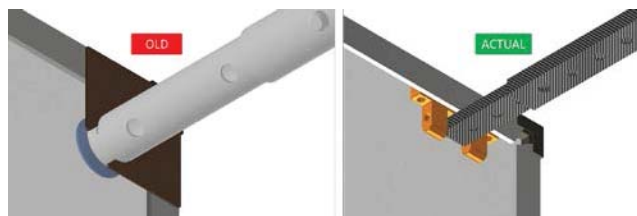


Fig. 15. Soluții tehnice studiate pentru problema 1

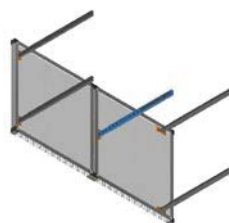


Fig. 16. Soluție tehnică studiată pentru problema 2

**Problema 2** – deplasare majoră pe axa centrală în Z a panourilor din cauza slabei rigidizări:  
- în urma simulărilor numerice, dar și pe baza realizării prototipului s-a constatat necesitatea utilizării unui picior central adițional – figura 16.

## 4. Modelul electric al MSVI

### 4.1 Schema electrică și simulări în softul PSIM

Pentru dimensionarea corectă a elementelor de control s-a realizat un model electric echivalent într-un program software pentru realizarea unor simulări de comportament și calculul curbelor de funcționare în două conexiuni ale panourilor: serială și paralelă.

➤ **Simulare model echivalent în conexiunea paralelă – figura 17 și figura 18:**

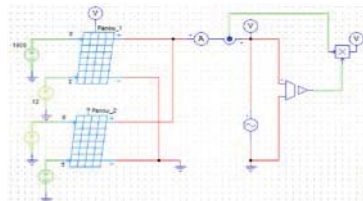


Fig. 17. Panouri conectate în paralel

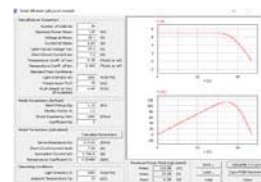


Fig. 18. Panouri conectate în paralel

Pe baza simulărilor de conexiune serială și paralelă a panourilor alegem varianta **paralelă** de funcționare pentru conexiunea celor două panouri ale MSVI. Din această soluție extragem avantajele precum: tensiunea de lucru apropiată de cea dorită 12V, curent dublu la ieșire apropiat de necesarul nostru.

### 4.2. Condiții de exploatare

În condiții normale de exploatare, într-o zi însorită la temperaturi exterioare de 28°C s-au făcut măsurători cu camera de termoviziune pe masa expusă la soare – figura 19.

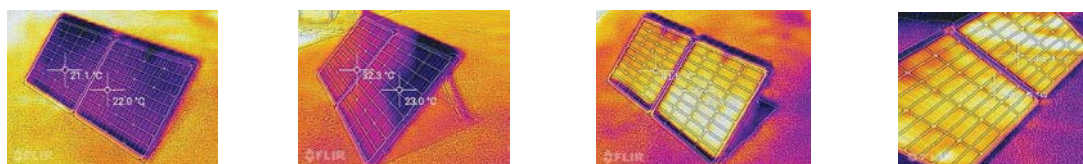


Fig. 19. Temperaturi de funcționare de la 15min(stânga) până la 135min(dreapta)

Se observa că temperatura se stabilizează după 2 ore și nu depășește pragul critic de 45°C când poate crea disconfort termic pentru utilizatori. Din fericire soluția constructivă aleasă permite stabilitate

termică și, în plus, la activarea circuitului electric pentru încărcarea acumulatorilor se observă o mică scădere a temperaturii la suprafața panourilor fotovoltaice.

#### 4.5. Compatibilitate electromagnetică

Furnizorul de echipamente electrice este autorizat să le comercializeze pe piața europeană și are obținut un atestat de conformitate internațional, EMC Directive 2014/30/EU – figura 20.



Fig. 22. EMC DIRECTIVE 2014/EU[13]



Fig. 23. Raportul de test pentru reglementare produs[13]

Se garantează că eșantionul ales este corespunzător standardului examinat și a trecut testele specifice pentru RoHS Directiva 2011/65/EU – figura 21[13].

#### 5. Concluzii

S-a avut în vedere determinarea, analizarea și soluționarea fenomenelor/dificultăților de proiectare și utilizare a produsului în dezvoltare „Masă Solară de Voiaj Inteligentă”, prin utilizarea soft-urilor dedicate pentru situațiile specifice, cum ar fi: INVENTOR, PSIM, SOLAR MODULE, etc.

#### 6. Mulțumiri

Mulțumiri merg către domnul Conf. Dr. Ing. Mădălin-Gabriel CATANĂ, care a oferit atât sprijin didactic, cât și influență pozitivă conducând la o bună desfășurare a tuturor activităților întreprinse de membrii echipei.

#### 7. Bibliografie

- [1]. Cross, N., (2000) Engineering Design Methods, Ed. John Wiley & Sons, West Sussex
- [2]. Martin R., (2010) Design of Business – Cum să transformi principiile de design în avantaj competitiv, Editura Publica;
- [3]. ReVelle, J., (2002) Manufacturing Handbook of Best Practices, Ed. St. Lucie Press, Londra;
- [4]. Doicin, C., (2009), Analiză economică în inginerie, Editura Bren, București;
- [5]. Doicin C., (2009), Analiză proiectelor de investiții în economie, Editura Bren, București;
- [6]. Alupei O., Managementul Proiectelor de Cercetare, Dezvoltare, Inovare, Curs, 2017;
- [7]. Ionescu N., Dezvoltarea produselor, Curs, 2017;
- [8]. Brătianu C., Management și Marketing, Curs, 2004;
- [9]. \*\*\*Google Patents, accesat la data de 23 martie 2018, [www.google.com/patents](http://www.google.com/patents);
- [10]. \*\*\*Scientia – istoric panouri fotovoltaice, accesat la 15 aprilie 2018, [www.scientia.ro](http://www.scientia.ro);
- [11]. \*\*\*AULIVE – inspirații produse, accesat la 20 aprilie 2018, [www.aulive.com](http://www.aulive.com);
- [12]. \*\*\*ECO SOLUTIONS – principii teoretice, accesat la 04 ianuarie 2019, <http://www.ecosoldesigns.com/>;
- [13]. \*\*\*EC EUROPA – directiva de reglementare a compatibilității electromagnetice, accesat la 13 martie 2019, [https://ec.europa.eu/growth/sectors/electrical-engineering/emc-directive\\_en](https://ec.europa.eu/growth/sectors/electrical-engineering/emc-directive_en);