

Project code 15/UA. Conversion of solar energy into electricity by photovoltaic cells (batteries)  
 Period of realisation 2010-2011. Project Manager, D.Sc. Dimitrache Pavel

### PROGRAMUL DE REALIZARE

din cadrul proiectului bilateral Moldova-Ucraina pe anii 2010- 2011

Denumirea etapelor de realizare a proiectului	Conținutul etapei	Executorii	Termenul de realizare	Rezultatele preconizate	Modul și locul implementării
1. Analiza metodelor de conversie a radiației solare în energie electrică	Va fi realizată analiza schemelor fotosensibile cu scopul argumentării celor mai perspective căi de utilizare a elementelor fotoconvertoare pentru sisteme fotovoltaice	Dimitrache P. Postolatii V. Mațenco A. Moraru L. Burunciuc T.	20.02.2010 31.12.2010	Selectarea variantelor perspective pentru obținerea convertoarelor foto-voltaice	Determinarea locului de implementare a rezultatelor obținute în urma cercetărilor
2. Montarea modului fotovoltaic de conversie a radiației solare în energie electrică și cercetarea caracteristicilor de bază a acestuia	Va fi realizată mostra experimentală a sistemului fotovoltaic compus din module industriale. Cercetarea caracteristicilor de bază acestora.	Dimitrache P. Tîrșu M. Uzun M. Speian A. Nour V.	17.01.2011 31.12.2011	Obținerea mostrei de conversie a radiației solare în energie electrică. Elaborarea recomandărilor de perfecționare și implementare a sistemelor fotovoltaice	Montarea sistemului de conversie a radiației solare în energie electrică pe acoperișul clădirii IE AȘM sau pe teritoriul Poligonului, dacă acesta din urmă va fi finisat

### PLANUL CALENDARISTIC pe anul 2011

Denumirea etapelor de realizare a proiectului în anul curent	Rezultatele preconizate	Executorii	Termenul de realizare
Realizarea, montarea și cercetarea sistemului de asigurare cu energie electrică a coridorului IE AȘM de la stația fotovoltaică de 400W	Se va realiza suportul mecanic pentru 4 panouri fotovoltaice cu puterea sumară de 400 W, dintre care un panou de 200W va fi fixat rigid, iar altul de 200W va fi realizat cu sistem de rotire automată după soare. Se va realiza sistemul de stocare a energiei electrice produse în bateria de acumuloare, se va realiza sistemul de iluminare a unui etaj de la energia produsă de aceste panouri. Va fi elaborat și realizat sistemul de convertire a tensiunii bateriei de acumuloare în tensiune cu parametrii 220V, 50Hz, precum și sistemul de măsurare și control a energiei produse de fiecare panou fotovoltaic.	Dimitrache P. Tîrșu M. Uzun M. Speian A. Nour V.	17.01.2011- 31.12.2011
Elaborare schemelor de principiu și constructive a modulelor stației complexe fotovoltaice	Se va elabora schemele carcaselor de suport rigid și cu rotație pentru panourile fotovoltaice, se va elabora schemele de principiu ale sistemului automat de iluminare a coridorului, se va realiza montarea suporturilor mecanice pe acoperișul clădirii, se va monta sistemul de iluminare pe leduri (lungimea coridorului 150 m), se va elabora schemele convertorului și a sistemului de măsură și control.	Dimitrache P. Tîrșu M. Uzun M. Speian A. Nour V.	01.01.2011- 31.06.2011
Realizarea și testarea sistemului fotovoltaic de 200W pentru iluminarea coridorului	Se va realiza convertorul de tensiune cu regim de funcționare dirijat din exterior, se va realiza programul de măsurare și control a parametrilor energiei produse de panourile fotovoltaice de pe calculator cu înscrierea automată a datelor, se va elabora sistemul de comandă și control cu poziționarea panoului fotovoltaic față de soare, se va testa toate componentele în parte și integral sistemul, se vor elabora recomandări de utilizare optimală a panourilor fotovoltaice.	Dimitrache P. Tîrșu M. Uzun M. Speian A. Nour V.	01.07.2011- 31.12.2011

## 1. Rezumatul proiectului

Raportul include 24 pag., 1 cap., 5 desene, 1 tabel, 5 bibl.

**Cuvinte cheie:** celule, module, traductoare, baterii fotovoltaice, conversia luminii solare în energie electrică.

**Obiectul de cercetare:** “Conversia radiației solare în energie electrică în baza celulelor fotovoltaice (baterii)”.

**Etapă 1** a avut ca scop analiza structurilor existente de celule fotovoltaice, parametrii acestora, ținând cont de durata de viață, randament și cost. S-a stabilit, că randamentul acestora variază de la unități de procent până la câteva zeci de procent. Cele cu randament înalt peste (20%) au un cost de 5-10 ori mai mare ca cele cu randament de până la 15%. Pe piața Republicii Moldova se comercializează numai panouri cu celule fotovoltaice de randament până la 15%. Durata de viață este cuprinsă între 20 și 30 de ani, iar după 15 ani de viață randamentul celulelor solare se reduce cu 10%. În plus, acesta mai depinde și de temperatura mediului și se reduce cu aproximativ 0,3% la fiecare grad, parametrii tehnici fiind dați pentru temperatura de 25°C. Totodată, se menționează că în timpul apropiat se va pune accentul pe solare organice care în prezent au un randament la nivel de 5-7%. Pentru a crea o nouă generație de celule solare cea mai promițătoare este considerată construcția, în care stratul de siliciu nanocristalin este încorporat între straturi subțiri de siliciu amorf. Aceasta oferă o eficiență foarte mare a bateriei, în plus, ea elimină necesitatea de substraturi masive din monocristale de siliciu, consumul acestui material scump se reduce.

Pentru realizarea practică a testărilor celulelor fotovoltaice, s-a elaborat conceptul de asigurare a unei suprafețe a blocului Institutului de Fizică Aplicată cu energie electrică de la celule fotovoltaice cu monitorizarea automată a parametrilor. În baza rezultatelor obținute se vor elabora recomandări pentru utilizarea eficientă a acestor panouri solare în condițiile Republicii Moldova.

### ABSTRACT

The report including 24 p., 1 Vol., 5 figures, 1 table.

**Key words.** PV cells, modules, conversion of solar energy into electrical.

**Research object.** Conversion of solar energy into electrical energy on base of photovoltaic cells (PVC).

First stage aimed to analyses of existing photovoltaic cells, its parameters, considering lifetime, efficiency and price. It was established, that efficiency of PV cells is situated in range of 5-30 percents. The PV cells with high efficiency (more than 20%) have a cost in 5-10 times more than PV cells with efficiency up to 15%.

On the market of Republic Moldova are commercialized PV cells with efficiency up to 15% only. The lifetime of PV cells are situated between 20 and 30 years and after 15 years of life service its efficiency decreasing on about 10%. Additional, efficiency of PV cells depends also from temperature of environment and decreasing on 0,3% on each degree. It technical parameters a given at temperature of 25°C of environment. At the same time, it can be underlined, that in near future the development of PV cells will be aimed to using of organic cells which now have efficiency about 5-7%. In order to develop a new generation of PV cells more usefully it can be considered design, where nanocrystal silicon layer is infed between thin layers of amorphous silicon. It offer a very high efficiency of PV battery, and more, it is possible to exclude bulkiness intermediate layers from silicon monocrystal and as a result the material cost decreasing.

For experimental test of PV cells the conception of supplying with electrical energy of surface part of building of Institute of Applied Physics was elaborated in order to monitoring in automatic mode the parameters of different kind of PV cells. On base of obtained result it will be elaborated recommendations for efficient using of PV batteries in climacteric conditions of Republic Moldova.

## **2. Rezultatele științifice ale cercetărilor efectuate în cadrul proiectului pe etapă**

Republica Moldova este o țară, practic integral dependentă de importul surselor energetice (importă peste 95%). Creșterea permanentă a prețurilor la resursele primare fac ca situația energetică a Moldovei să devină și mai acută. În general problema asigurării cu surse energetice este actuală nu numai pentru țara noastră, dar și pentru restul țărilor. În acest context fiecare țară tinde să soluționeze această problemă prin diverse căi, inclusiv prin majorarea cotei surselor regenerabile în balanța consumului total de energie. Aceasta conduce nu numai la majorarea securității energetice, dar și la reducerea emisiilor de CO<sub>2</sub>. Pentru Republica Moldova este important ca să pună accentul pe acele surse de energie regenerabile, care prevalează pe teritoriul său. În această direcție se poate pune accentul pe biomasă și energia solară. Dar aici trebuie de ținut cont de faptul, că în ultima perioadă problema securității alimentare devine una globală, fapt ce impune multe țări revederea programelor sale de utilizare a biocombustibilului. Republica Moldova ar trebui să pună accentul pe energia solară pentru obținerea atât a energiei termice, cât și solare, fiind o țară cu peste 260 zile solare pe an.

Programul de asimilare a energiei regenerabile a Republicii Moldova prevede instalarea a peste 260 mii m<sup>2</sup> de colectoare solare, inclusiv 200 mii m<sup>2</sup> pentru uscarea fructelor și legumelor, 60 mii m<sup>2</sup> pentru încălzirea apei. Paralel cu colectoarele solare crește continuu utilizarea celulelor

fotovoltaice pentru obținerea energiei electrice. Aceasta este determinat și de faptul creșterii randamentului de conversie a energiei solare de către aceste elemente, precum și dezvoltarea noilor soluții tehnice de obținere a lor.

Racordându-se la tendințele de utilizarea crescândă a cantității de energie regenerabilă ale țărilor Comunității Europene, SUA și altele Republica Moldova a adoptat Strategia Energetică a Moldovei până în 2020, care prevede asimilarea diferitor tipuri de energie regenerabilă, printre care ponderea energiei solare să nu fie mai mică de 10%. Dar luând în considerare ultimele tendințe, se poate de presupus că de fapt pentru Republica Moldova această energie ar trebui să depășească cu mult acest nivel.

Indiferent de tipul energiei utilizate pentru a face față cerințelor contemporane este strict necesar de utilizat numai acele tehnologii, care sunt cele mai eficiente și de perspectivă. Aici trebuie de menționat, că cota energiei la o unitate de producție în Republica Moldova este de 2-3 ori mai mare ca în CE. Din aceste considerente, printre sarcinile de bază ale Republicii Moldova se situează majorarea eficienței energetice – fie prin modificarea tehnologiilor, fie prin renovarea instalațiilor utilizate.

Astfel, sarcina de bază a proiectului este selectarea celor mai performante tipuri de celule fotovoltaice, cu considerarea costului și duratei de exploatare pentru conversia energiei solare în energie electrică, cercetarea modului optimal de conectare a celulelor fotovoltaice pentru reducerea pierderilor de energie, elaborarea conceptului de realizare a unui sistem experimental de utilizare a panourilor de celule fotovoltaice pentru asigurarea cu energie electrică a unei suprafețe ale blocului Institutului de Fizică Aplicată, pentru cercetarea experimentală ulterioară.

### ***Considerații generale***

Celulele fotovoltaice pot fi clasificate după mai multe criterii [1]. Cel mai folosit criteriu este după grosimea stratului materialului. Se deosebesc celule cu strat gros și celule cu strat subțire.

Un alt criteriu este felul materialului: se întrebuințează, de exemplu, ca materiale semiconductoare combinațiile CdTe, GaAs sau CuInSe, dar cel mai des folosit este siliciul. După structură de bază deosebim materiale cristaline(mono-/policristaline) respectiv amorfe.

În fabricarea celulelor fotovoltaice pe lângă materiale semiconductoare, mai nou, există posibilitatea utilizării și a materialelor organice sau a pigmentilor organici.

## *1. Celule pe bază de siliciu*

### **Strat gros**

- Celule monocristaline (c-Si), ce randament mare și în producția în serie pot atinge până la peste 20 % randament energetic,
- Celule policristaline (mc-Si), care la producția în serie a atins deja un randament energetic de peste la 16 %.

### **Strat subțire**

- Celule cu siliciu amorf (a-Si), ce constituie cel mai mare segment de piață la celule cu strat subțire; randament energetic al modulelor de la 5 la 7 %;
- Celule pe bază de siliciu cristalin, ex. microcristale ( $\mu$ c-Si), în combinație cu siliciul amorf randament mare; tehnologia aceeași ca la siliciul amorf.

## *2. Semiconductoare pe bază de elemente din grupa III-V*

- Celule cu GaAs randament mare, foarte stabil la schimbările de temperatură, la încălzire o pierdere de putere mai mică decât la celulele cristaline pe bază de siliciu, robust vizavi de radiația ultravioletă, tehnologie scumpă, se utilizează de obicei în industria spațială (GaInP/GaAs, GaAs/Ge)

## *3. Semiconductoare pe bază de elemente din grupa II-VI*

- Celule cu CdTe, utilizează o tehnologie foarte avantajoasă CBD (depunere de staturi subțiri pe suprafețe mari în mediu cu pH , temperatură și concentrație de reagent controlate) ; în laborator s-a atins un randament de 16 %, dar modulele fabricate până acum au atins un randament sub 10 %, nu se cunoaște fiabilitatea. Din motive de protecția mediului este improbabilă utilizarea pe scară largă.

## *4. Celule CIS, CIGS*

- CIS este prescurtarea de la Cupru-Indiu-Diselenid produs în stație pilot la firma Würth Solar în Marbach am Neckar, respectiv Cupru-Indiu-Disulfat la firma Sulfurcell în Berlin, iar CIGS pentru Cupru-Indiu-Galiu-Diselenat produs în stație pilot în Uppsala/Suedia.

## *5. Celule solare pe bază de compuși organici.*

- Tehnologia bazată pe chimia organică furnizează compuși care pot permite fabricarea de celule solare mai ieftine. Prezintă, totuși, un impediment faptul că aceste celule au un randament redus și o durată de viață redusă (max. 5000h).

#### 6. Celule pe bază de pigmenți.

- Numite și celule Grätzel utilizează pigmenți naturali pentru transformarea luminii în energie electrică; o procedură ce se bazează pe efectul de fotosinteză. De obicei sunt de culoare mov.

#### 7. Celule cu electrolit semiconductor.

- De exemplu soluția: oxid de cupru/NaCl. Sunt celule foarte ușor de fabricat dar puterea și siguranța în utilizare sunt limitate.

#### 8. Celule pe bază de polimeri.

- Deocamdată se află doar în fază de cercetare.

Dacă considerăm randamentul celulelor egal cu 16%, atunci acestea pot ceda o putere de 160 W/ m<sup>2</sup>. Însă, incluse în module puterea pe suprafață va fi mai scăzută pentru că între celule și marginea modulului este o distanță. Randamentul este raportul dintre puterea debitată de panou și putere conținută în lumina incidentă totală. Semiconductoare cu zona interzisă stabilă utilizează doar o parte a luminii solare. Randamentul teoretic maxim ce poate fi atins în acest caz este de 33 %, pe când randamentul teoretic maxim la sistemele cu mai multe benzi interzise care reacționează la toate lungimile de undă a luminii solare este de 85 %.

Pentru a putea efectua o selectare corectă a celulelor dorite este necesar de cunoscut caracteristicile acestora în funcție de performanță randament, durată de viață, cost [2]. În tabelul 1 sunt prezentate caracteristicile pentru cele mai răspândite tipuri de celule comercializate în prezent.

**Tabelul 1.** Caracteristicile pentru cele mai răspândite tipuri de celule fotovoltaice comercializate în prezent.

Material	Randament(AM1,5)	Durăță de viață	Costuri
Siliciu amorf	5-10 %	< 20 ani	
Siliciu policristalin	10-15 %	25-30 ani	5 EUR/W
Siliciu monocristalin	15-20 %	25-30 ani	10 EUR/W

Arseniura de galiu (monostrat)	15-20 %		
Arseniura de galiu (doua straturi)	20 %		
Arseniura de galiu (trei straturi)	25 % (30% la AM0)	>20 ani	20-100 EUR/W

Actualmente, randamentul celulelor solare (CS) comercializate este de cca 20 %, iar modulele construite cu acestea ating un randament de cca 17 %. Recordul pentru celulele fabricate în condiții de laborator este de 24,7 % (University of New South Wales, Australia), din care s-au confecționat panouri cu un randament de 22 %, cu un cost de 5-10 Euro/W. Sistemele GaAs au costuri de 5 până la 10 ori mai mari.

Îmbătrânirea conduce la scăderea randamentului cu cca 10 % în 25 ani. Fabricanții dau garanții pe cel puțin 80 % din puterea maximă în 20 ani.

Rezultatele mai relevante în privința structurilor microamorfă au fost obținute în Japonia [3], unde au fost elaborate CS tandem cu eficiența de 12,88% și fabricată o serie pilot de 266 module cu eficiența medie de 11,2%. În Germania pentru a elabora module de suprafața 1m<sup>2</sup> au fost obținute CS din αSi:H și μcSi:H cu eficiența de 11,2% și 7,2% respectiv [4].

Rezultatele prezentate demonstrează că CS microamorfă au o mare perspectivă de utilizare, deoarece întrunesc avantajele siliciului amorf cu stabilitatea și sensibilitatea ridicată în regiunea undelor lungi ai spectrului radiației solare a siliciului microcristalin.

Este de remarcat, că în realitate îndeosebi vara la prânz, temperatura celulelor solare (în funcție de poziție, condiții de vânt etc.) poate atinge 30 până la 60 °C, ceea ce are ca urmare o scădere a randamentului. Din acest motiv se ia în calcul un alt parametru, care indică puterea la temperatura de funcționare normal.

În general, pentru utilizarea în masă a acestor celule fotovoltaice este necesar obținerea tehnologiilor de reducere a costurilor acestora, care actualmente sunt destul de ridicate. Astăzi, bateriile din siliciu sunt folosite la electrocentrale solare mari, care sunt create în cadrul programelor privind dezvoltarea energiei alternative, precum și de cetățenii preocupați de mediul înconjurător și de creșterea tarifelor la energie. Eficiența de transformare a luminii în energie electrică la baterii din siliciu ajunge la 30%, la cei mai apropiați concurenți - celule solare organice



rezultatul bun este considerat la nivel de 5-7%. Pentru a crea o nouă generație de celule solare cea mai promițătoare este considerată construcția, în care stratul de siliciu nanocristalin este încorporat între straturi subțiri de siliciu amorf: aceasta oferă o eficiență foarte mare a bateriei, în plus, ea elimină necesitatea de substraturi masive din monocristale de siliciu, consumul acestui material scump se reduce.

### ***Caracteristicile celulei fotovoltaice***

De regulă, celulele fotovoltaice se caracterizează prin tensiunea de ieșire și curent. Tensiunea de ieșire maximă este între 0,52-0,6V. Curentul variază în funcție de tipul celulei și suprafața acesteia. Fig.1 indică curba curent-tensiunii, iar fig.2 – curba de putere.

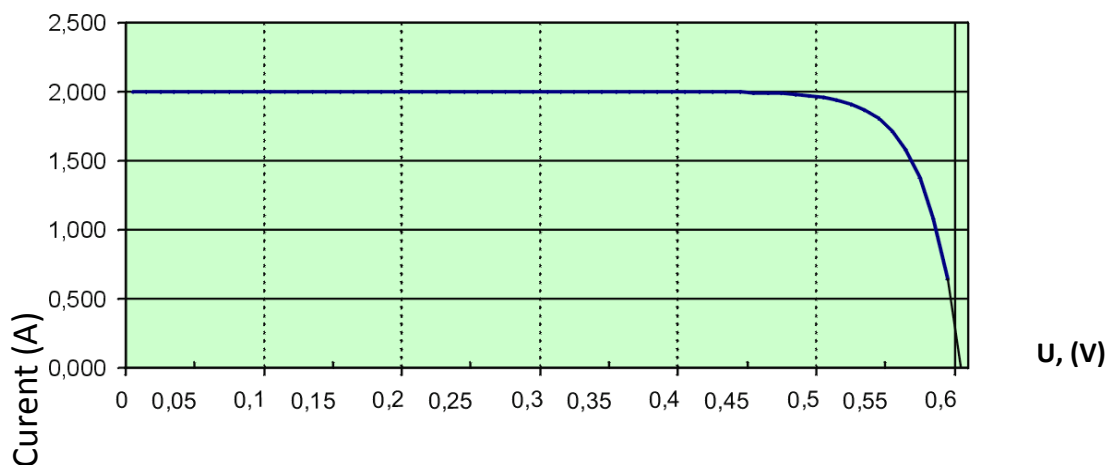


Fig.1. Caracteristica curent-tensiune a celulei fotovoltaice clasice .

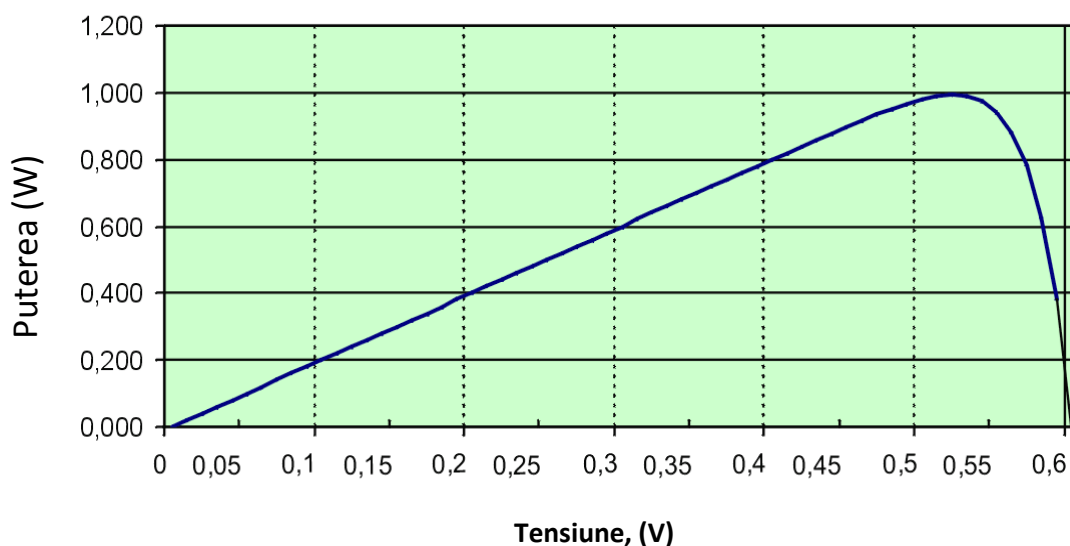


Fig.2. Caracteristica de putere a celulei fotovoltaice

Din fig.2 este evident, că puterea unei celule este limitată și aceasta se determină de parametrii de fabricare. Pentru a putea obține puterea solicitată, este necesar de conectat mai multe celule în serie / serie-paralel. Conectarea acestora în serie, sau serie-paralel conduce la pierderi de putere, determinate în primul rând de parametrii neidentici a fiecărei celule în parte. Schema echivalentă în baza căreia se poate de analizat procesul de influență a conectării celulelor serie sau serie-paralel este prezentată pe fig.3.

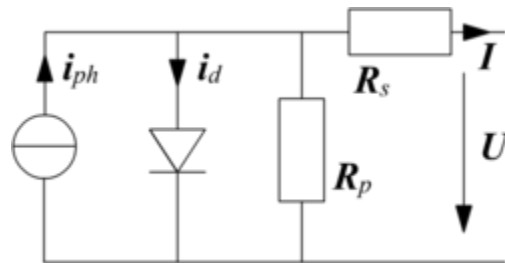


Fig.3. Schema echivalentă a celulei fotovoltaice

Din fig.3 este evident, că fotocurentul  $I_{ph}$  produs de celula fotovoltaică se divizează în diodă ( $I_d$ ), care și limitează tensiunea de ieșire la nivelul 0,52-0,6V, în rezistența paralelă  $R_p$ , determinată de defectele cristalului, impurificări neomogene și defecte de material prin care apar curenți de pierdere care traversează joncțiunea p-n și în rezistența de sarcină  $R_s$ . Din aceste considerente, la conectarea celulelor serie, serie-paralel este necesar considerarea pierderilor determinate de  $R_p$  și conectarea paralelă a celulelor cu parametri cât mai identici pentru a reduce curenții de circulație internă, astfel majorând randamentul celulei. Totodată, firele utilizate la conectare trebuie să aibă o rezistență activă cât mai redusă, întrucât tensiunea de ieșire a celulei este în jur de 0,6 V, adică foarte joasă.

Din considerente menționate mai sus, producătorii de celule fotovoltaice comercializează panouri de celule fotovoltaice, care de obicei au tensiunea de ieșire de 12-18 volți și diferite puteri. Fiecare panou are specificați parametrii tehnici [5]:

*Tensiunea de mers în gol  $U_{OC}$*

*Curent de scurtcircuit  $I_{SC}$*

*Tensiunea în punctul optim de funcționare  $U_{MPP}$*

*Curentul în punctul de putere maximă  $I_{MPP}$*

*Putere maximă  $P_{MPP}$*

*Factor de umplere FF*

*Coeficient de modificare a puterii cu temperatura celulei*

*Randamentul celulei solare  $\eta$*

Pentru conectarea mai multor panouri în serie, este necesar să se monteze câte o diodă antiparalel cu fiecare panou. Curentul maxim și tensiunea de străpungere ale diodei trebuie să fie cel puțin egale cu curentul și tensiunea panoului. Dioda pentru mers în gol este conectată la bornele de legătură ale fiecărui panou astfel încât în regim normal de funcționare (panoul debitează curent) are la borne tensiune inversă (catodul diodei legat la polul pozitiv al panoului). Dacă panoul ar fi umbrit sau s-ar defecta nu ar mai debita curent, polaritatea tensiunii la borne s-ar schimba și acesta s-ar defecta, sau în cel mai bun caz randamentul aceluia lanț de module ar scădea. Acest lucru este împiedicat de dioda „bypass” care preia curentul în acest caz.

Este important de reținut că energia obținută de la celulele fotovoltaice este direct proporțională cu intensitatea luminii [6]. Fig.4 denotă dependența energiei obținute în funcție de intensitatea luminii.

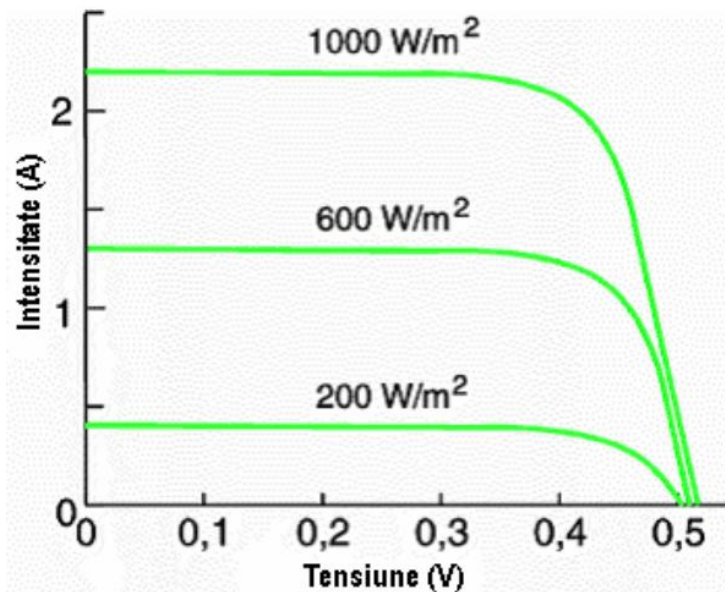


Fig. 4. Tensiunea și intensitatea curentului electric asigurate de o celulă fotovoltaică din Si, la diferite intensități ale radiației solare

În figura 4 este reprezentată variația tensiunii și a intensității curentului electric asigurate de o celulă fotovoltaică realizată din siliciu și având dimensiunile de 10x10cm. Se observă că tensiunea maximă care poate fi asigurată de celulele fotovoltaice realizate din acest material este de aproximativ 0,5V. Valoarea tensiunii maxime care poate fi asigurată, depinde foarte puțin de intensitatea radiației solare, dar valoarea intensității curentului electric, depinde sensibil de acest

parametru, prezentând o variație între 0,4A în cazul unei radiații solare de  $200\text{W}/\text{m}^2$  și 2,2A în cazul unei radiații solare de  $1000\text{W}/\text{m}^2$ . Analizând această curbă se observă că valoarea maximă a puterii se obține în punctul în care intensitatea curentului electric generat de celula fotovoltaică începe să scadă. Acel punct de pe curba de variație a intensității curentului electric, este numit punct de putere maximă PPM, iar puterea maximă corespunzătoare, poartă denumirea de putere în punctul de putere maximă PPPM. Se observă că și în condițiile în care s-a considerat că intensitatea curentului electric este de 3A, ceea ce corespunde unei intensități foarte mari a radiației solare și unei construcții foarte performante a celulei fotovoltaice, puterea maximă pe care o poate atinge celula fotovoltaică este de cca. 1,35W, ceea ce sugerează din nou necesitatea legării în serie a mai multor celule în vederea obținerii unor panouri fotovoltaice, fiind capabile să asigure puteri de cca. 10...250W.

Trebuie menționat și faptul că performanțele panourilor fotovoltaice sunt dependente de temperatură. Astfel cu cât crește temperatura, cu atât scade și eficiența panourilor fotovoltaice de a converti energia radiației solare în curent electric. Se poate considera, ca valoare orientativă, o reducere a eficienței panourilor fotovoltaice cu 0,3%, pentru fiecare grad de creștere a temperaturii. De regulă performanțele electrice ale panourilor fotovoltaice sunt indicate la temperatura de  $25^{\circ}\text{C}$ .

Panourile solare fotovoltaice sunt, de obicei, combinate în module care dețin aproximativ 40 de celule. Un număr mai mare din aceste module pot forma unități de câțiva metri. Aceste panouri sunt plate și pot fi montate la un unghi de expunere sud-fix sau ele pot fi montate pe un dispozitiv de urmărire a soarelui care să le permită să capteze cât mai bine lumina soarelui în decursul unei zile. Mai multe panouri interconectate pot furniza suficientă energie pentru o putere de uz casnic.

#### *Conceptul sistemului fotovoltaic de asigurare cu energie a unei suprafețe din blocul IFA*

Pentru efectuarea testelor practice privind funcționarea panourilor fotovoltaice în condițiile Republicii Moldova și în vederea elaborării recomandărilor privind tipul celulelor fotovoltaice benefice pentru Moldova, modul de conectare ale acestora, orientarea după soare, precum și elaborarea metodei de calcul a puterii necesare de instalat a panourilor fotovoltaice în funcție de necesarul de energie cu utilizarea stocului și utilizarea directă s-a elaborat conceptul unui sistem complex fotovoltaic fig.5.

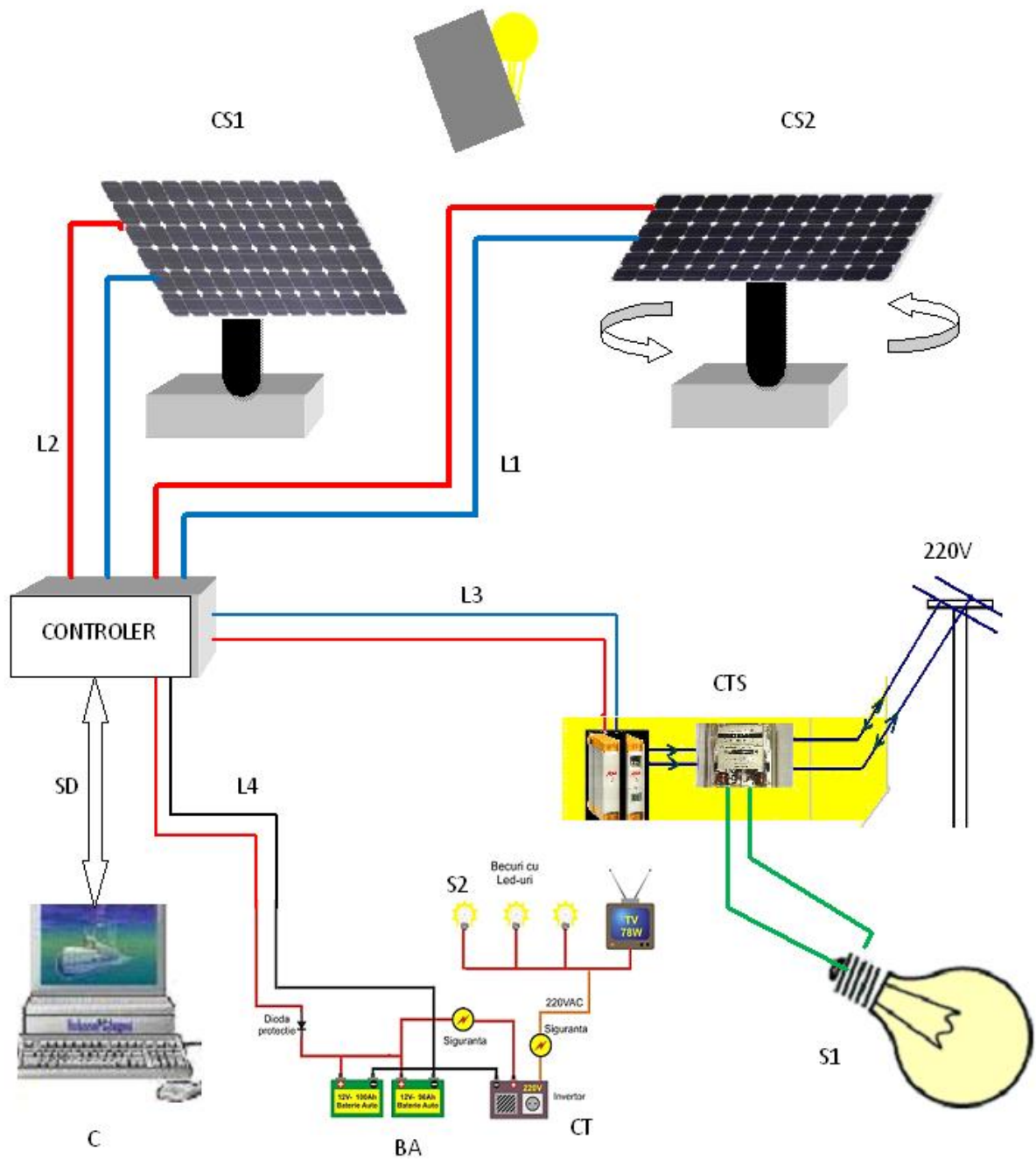


Fig.5. Conceptul de realizare a sistemului complex de alimentare cu energie electrică a unei suprafețe a blocului IFA și monitorizare a parametrilor panourilor solare.

Legendă:

- CS1 – panou solar cu putere de 180W cu fixare rigidă;
- CS2 – panou solar cu putere de 180W cu rotație programată;
- CTS – convertor tensiune sincron;
- S1, S2 – sarcini;

CT – convertor tensiune;

L1, L2, L3, L4 – linii (cabluri) de conexiune a echipamentelor respective la controler;

SD – șina de date;

BA – baterie de acumuloare.

Conceptul prezentat în fig.5 prevede următoarele. Institutul de Energetică are la moment procurate 2 panouri fotovoltaice cu puteri fiecare a câte 180W. Aceste panouri se prevede a fi instalate pe acoperișul blocului IFA. Un panou va fi montat rigid cu orientare optimală spre soare pentru a avea o eficiență maxim posibilă pe durata zile. A doilea panou va fi montat pe un suport mecanic, care poate fi orientat atât în plan orizontal, cât și plan vertical. Orientarea acestuia se va face după un program special de pe calculator. Cablurile de ieșire a panourilor vor fi conectate la controler care are conexiune cu calculatorul prin șina de date, ce va da posibilitate monitorizarea parametrilor acestora, reglarea poziției de orientare a panoului CS2, controlul nivelului de încărcare a bateriei de acumuloare (BA).

Energia electrică obținută de la celulele solare se va utiliza în două moduri – direct și prin stocare. Modul direct presupune conectarea șinelor de ieșire a celulelor solare la un convertor specializat, care se sincronizează cu rețeaua electrică și produce energie electrică de la celulele solare cu parametri identici celor din rețea. Astfel, funcționând în paralel cu rețeaua va reduce consumul de energie. Al doilea mod de funcționare, prevede stocarea energiei în acumuloare, iar de acolo prin intermediul convertorului de tensiune CT va fi transformată în 220V, 50Hz și va alimenta o sarcină separată.

Este planificat, ca tot coridorul etajului 4 al blocului IFA să fie montat cu becuri-leduri, ce au un consum redus de energie. Acest sistem de iluminare va fi dirijat de traductoare de mișcare și lumină pentru a obține o economie maxim posibil. Totodată, se prevede montarea unui sistem suplimentar de iluminare pe perimetrul blocului pentru a avea luminare pe timp de noapte. Acest sistem se va alimenta din stocul de energie acumulat pe parcursul zile. În același timp, energia din stoc va fi utilizată și în cazuri de avarie (dispariția energiei electrice în rețea).

Rezultatul acestor cercetări este determinarea optimă a suprafețelor de panouri necesare în funcție de necesarul de energie, determinarea poziționării eficiente sau modul de rotire pentru a avea un randament mai înalt.

### **3. Analiza rezultatelor obținute și concluzii**

1. Celulele solare se divizează după structura s-a fizică, iar randamentul acestor în funcție de tip poate varia de la 5% până la 30%. Cu cât este mai mare randamentul, cu atât este mai mare costul acestor celule și acesta poate să difere de 5-10 ori. În același timp, celulele solare se caracterizează

prin durata de viață, care este între 20 și 30 ani. Parametrii tehnici ai acestora depind de mai multe condiții, inclusiv și de temperatura mediului înconjurător. S-a stabilit. Că randamentul celulelor se reduce cu 0,3% la fiecare grad. Parametrii tehnici, de obicei, sunt dați pentru temperatura de 25°C.

2. Puterea unitară a unei celule este de maximum 1.3-1.5W. Din aceste considerente, acestea se assemblează în panouri, iar numărul maximal de celule într-un panou poate atinge 40. Aceste celule se conectează în serie, din care cauză tensiunea de ieșire poate atinge până la 18-20V. Pentru obținerea puterii solicitate este necesar de conectat aceste panouri în serie sau serie-paralel în funcție de tensiunea primară a echipamentului care este alimentat de la aceste panouri. Montarea în panouri a celulelor duce la reducerea cu câteva unități de procent.

3. Panourile de celule comercializate cel mai larg pe piețele noastre au un randament de până la 15% și un cost în jur de 5 euro/W. La procurarea acestora este necesar de ținut cont de durata de viață a acestora, condițiile de exploatare pentru a obține un randament maximal. Totodată, amplasarea acestora trebuie să fie astfel, ca pe durata zilei să cadă cât mai multă lumină solară, iar razele incidente să aibă un unghi perpendicular. Este de dorit prevederea posibilității de rotire a acestora pe parcursul zilei, ca incidența razelor solare să fie mereu perpendiculară. Utilizarea pe larg a celulelor solare este împiedicată de costul înalt al acestora. La moment se pune accentul pe celule solare organice care în prezent au un randament la nivel de 5-7%. Pentru a crea o nouă generație de celule solare cea mai promițătoare este considerată construcția, în care stratul de siliciu nanocristalin este încorporat între straturi subțiri de siliciu amorf. Aceasta oferă o eficiență foarte mare a bateriei, în plus, ea elimină necesitatea de substraturi masive din monocristale de siliciu, consumul acestui material scump se reduce.

4.S-a elaborat conceptul de realizare practică a unui sistem complex fotovoltaic, care va permite asigurarea unei suprafețe a blocului Institutului de Fizică Aplicată cu energie electrică cu monitorizarea automată a parametrilor. În baza rezultatelor obținute se vor elabora recomandări pentru utilizarea eficientă a acestor panouri solare în condițiile Republicii Moldova.

## Rezultatele preliminare pe anul 2011

### 1. Rezumatul proiectului

Raportul include 12 pag., 1 cap., 7 desene, 1 tabel.

**Cuvinte cheie:** celule, module, traductoare, baterii fotovoltaice, conversia luminii solare în energie electrică.

**Obiectul de cercetare:** “Conversia radiației solare în energie electrică în baza celulelor fotovoltaice (baterii)”.

**Etapa 1** a avut ca scop elaborarea schemelor de principiu și constructive a modulelor stației complexe fotovoltaice, care va asigura iluminarea etajului 4 din blocul IFA. Acest sistem va include 2 panouri fotovoltaice conectate în serie, fiecare având puterea instalată de 80W și amplasate pe acoperișul blocului de la IFA. Un panou se preconizează a fi montat rigid, iar cel de-al doilea cu posibilitatea de rotire după soare. Aceasta ne va da posibilitatea de a stabili procentual câștigul de energie electrică obținut la rotirea acestuia după soare. Energia electrică produsă se va stoca în bateria de acumulare cu ajutorul controlerului de încărcare pentru a proteja acumulatele de la supraîncărcare. Tensiunea din bateria de acumulare prin intermediul convertorului de tensiune este aplicată la sistemul de iluminat, format din 80 de LED-uri distribuite pe lungimea coridorului. Fiecare LED are puterea instalată de 1W, ce permite eficientizarea consumului de energie electrică necesar pentru iluminarea coridorului cu aproximativ 95% (în prezent sistemul de iluminare are puterea instalată de 2400W, care va fi înlocuit cu 80W). La moment, conform planului au fost elaborate schemele de principiu a modulului de măsurare și control a parametrilor energiei electrice produsă de celulele fotovoltaice cu stocarea pe calculator, a fost proiectată schema de amplasare distribuită a 80 LED-uri pe lungimea coridorului, schema de amplasare a traductoarelor de mișcare, sistemul de automatizare a intensității de iluminare în funcție de prezența persoanei pe coridor, schema principială a modulului electronic de alimentare a LED-urilor, schema principială a convertorului de tensiune, schema funcțională a blocului de distribuție și control a parametrilor întregului sistem. De asemenea au fost achiziționate componentele necesare pentru realizarea fizică a întregului sistem.

### **ABSTRACT**

The report including 12 p., 1 Vol., 7 figures, 1 table.

**Key words.** PV cells, modules, conversion of solar energy into electrical.

**Research object.** Conversion of solar energy into electrical energy on base of photovoltaic cells (PVC).

**Phase 1** aimed to develop schemes and constructive principle of complex photovoltaic Station modules, which will provide illumination of 4th floor of IFA building. This system will include two solar panels connected in series, each with installed power of 80W and located on the roof of the IFA building. A panel is expected to be mounted rigidly, and the second with the possibility of turning after the sun. This will allow us to determine the winning percentage of electricity obtained from rotation by the sun. The electricity produced will be stored in batteries with battery charging controller to protect batteries from overcharging. Battery voltage through the converter voltage is applied to the lighting system, consisting of 80 LEDs distributed on the length of the corridor. Each



LED has an installed power of 1W, which allows more efficient use of electricity needed for corridor lighting by about 95% (lighting system currently has installed capacity of 2400W, which will be replaced with 80W). Currently, according to plan the principal schemes of measurement and control module of electrical energy parameters produced by photovoltaic cells with storage on the computer have been developed, also was designed the scheme of distributed location of 80 LEDs on the corridor length, the location scheme of motion transducers, automation system light intensity depending on the person's presence in the corridor, the scheme of principle of the electronic module power LED, principled scheme of the voltage converter, functional block diagram of distribution and control of all system parameters.

Also were purchased all necessary components for the physical realisation of the whole system.

## **2. Rezultatele științifice ale cercetărilor efectuate în cadrul proiectului**

Problema eficientizării consumului de energie este una majoră nu numai pentru Republica Moldova, dar și pentru celelalte țări. Însă, Republica Moldova este lipsită de surse proprii de energie, fapt ce impune importul acestora în proporție de 94 la sută. Dar pe lângă toate acestea un specific al nostru îl constituie intensitatea energetică majorată de 2-3 ori în comparație cu țările comunității Europene, ce impune adoptarea unor măsuri de stimulare pentru reducerea acestui indicator. Una din căile de soluționare a acestei probleme pentru componenta de iluminare ar fi utilizarea corpurilor de iluminat cu LED-uri, ce au o eficiență sporită. Însă, problema utilizării acestor tipuri de lămpi la moment pe scară largă este limitată de faptul, că au un spectru monocrom, ce nu este benefic pentru sănătate (afectează vederea). Însă utilizarea pe larg la iluminarea spațiilor de serviciu, coridoarelor și altor suprafețe ce nu țin de exploatarea intensivă a vederii este foarte util. În cadrul acestui proiect se va realiza în calitate de model utilizarea unui astfel de sistem de iluminare format din 80-90 LED-uri cu puterea instalată de 1W fiecare LED la iluminarea coridorului de la etajul 4 din blocul IFA, amplasat pe str.Academiei 5. În prezent pe acest coridor sunt montate 28 de corpuri de iluminat cu puterea instalată a fiecăruia de 80 W, iar puterea sumară de 2240W. Substituirea acestui sistem cu unul pe LED-uri cu o putere sumară de 80W total va permite reducerea consumului de energie electrică cu cel puțin 95%.

Pe de altă parte fiind dat faptul că consumul acestui sistem de iluminare este mic este util de utilizat panouri fotovoltaice pentru alimentarea acestuia. Aceasta va conduce pe de o parte la creșterea componentei de utilizare a surselor regenerabile, iar pe de altă parte la majorarea securității energetice a țării. Totodată, va contribui la reducerea impactului asupra mediului înconjurător.

Pentru sistemul de iluminare menționat s-a proiectat utilizarea a două panouri fotovoltaice cu puterea instalată a fiecăruia de 80W. Pentru a avea posibilitatea cercetării parametrilor acestor panouri față de poziția soarelui s-a decis de instalat un panou fotovoltaic rigid, iar cel de al doilea să fie orientat după rotația soarelui. Parametrii acestora se vor măsura în regim automat și se vor stoca pe calculator, iar ulterior vom avea posibilitatea de analiză.

Deci, în conformitate cu planul de lucru la momentul dat au fost elaborate schemele de principiu a tuturor modulelor ce sunt incluse în acest sistem de iluminare alimentat de la celule fotovoltaice.

Pe fig. 1 este prezentată schema bloc a întregului sistem. Din aceasta se vede, că tensiunea de la panoul fotovoltaic rigid este înseriată cu cea de la panoul cu rotire și ambele tensiuni sunt transmise la blocul de măsurare a parametrilor unde sunt măsurate și stocate pe calculator. Totodată, pentru o cercetare reușită și corectă se va monta și stația digitală cu care se vor măsura parametrii climaterici (iradierea solară, viteza vântului, umiditatea, etc.). Tensiunea produsă de panourile fotovoltaice se va stoca în bateria de acumulare prin intermediul controlerului de încărcare. De aici, prin intermediul convertorului de tensiune se va aplica la sistemul de iluminare, care funcționează la o tensiune de 66V curent continuu. Paralel se va aplica și tensiunea rețelei de 220V, care în cazul descărcării complete a bateriei de acumulare va asigura funcționarea sistemului de iluminat fără întrerupere. Întregul sistem este prevăzut cu un convertor suplimentar, care va produce tensiune de 220V, 50Hz de la acumulare. Această tensiune se va aplica la o sarcină suplimentară numai în cazul când bateria este încărcată, iar panourile fotovoltaice produc energie electrică în exces. Aceasta va permite să utilizăm la maximum toată energia produsă de PV și să cercetăm corect randamentul de funcționare a acestora.

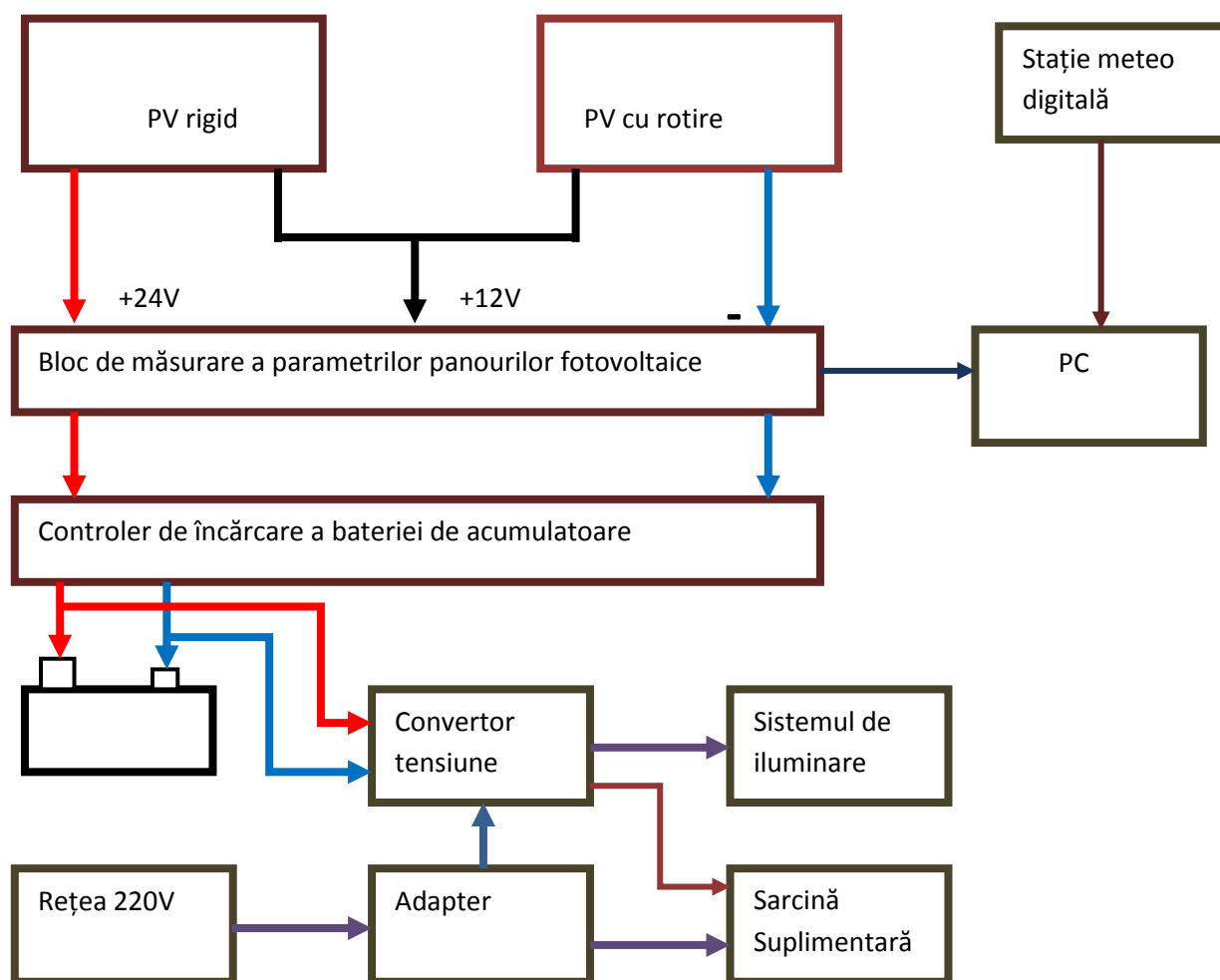


Fig.1. Schema bloc a sistemului de iluminare alimentat de la panouri fotovoltaice.

Sistemul de iluminare va fi format din 4 ramuri de LED-uri câte 20 bucăți în fiecare Fig.2.

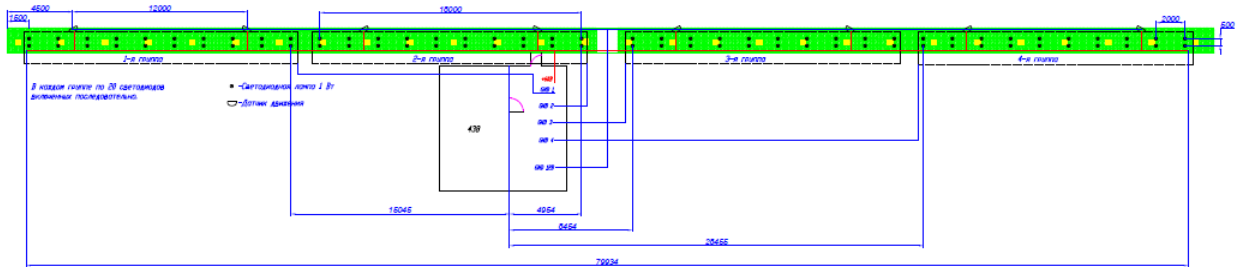


Fig.2. Amplasarea LED-urilor pe lungimea coridorului

În rezultatul cercetărilor efectuate s-a stabilit ca LED-urile să fie montate în două rânduri la o distanță de 50cm și 2 m distanța dintre LED-uri. Astfel se va asigura o iluminare distribuită Fig.3.



Fig.3. Testarea LED-urilor în funcție de poziția amplasării și distanța dintre ele

Caracteristica energetică a ledurilor este prezentată în fig.4 și 5, iar datele în cifre în tabelul 1.

Tabelul 1. Caracteristica LED-ului cu puterea de 1W

U, V	0	2,5	2,55	2,6	2,65	2,7	2,75	2,8	2,85	2,9	2,95	3,0	3,05	3,1	3,15	3,2	3,25
I, mA	0	0,3	1	2,4	6	10,8	20	34	57,2	80	106	134	190	210	270	300	340
P, mW	0	0,75	2,55	6,24	15,9	29,2	55	95	163	232	313	402	579	651	850	960	1105

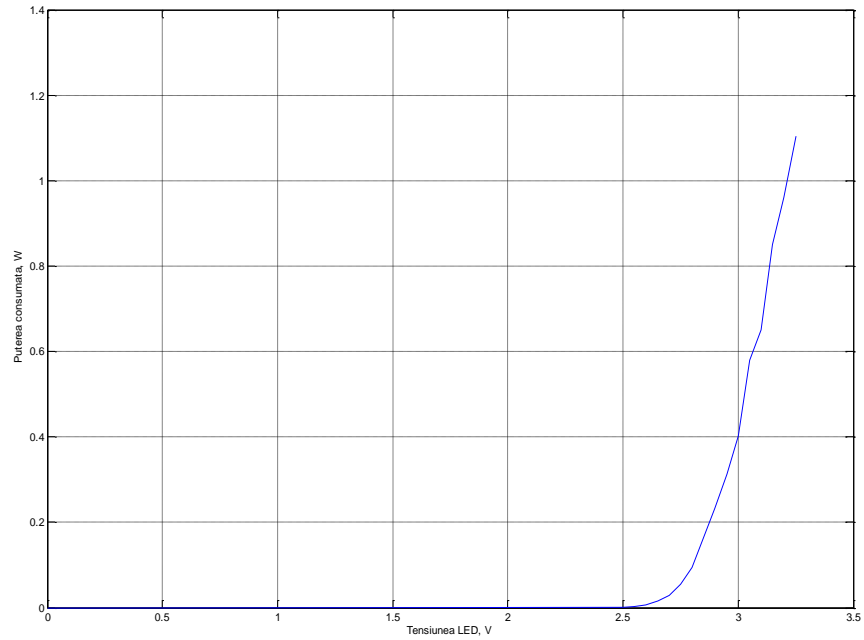


Fig.4. Caracteristica tensiune – curent a LED-ului

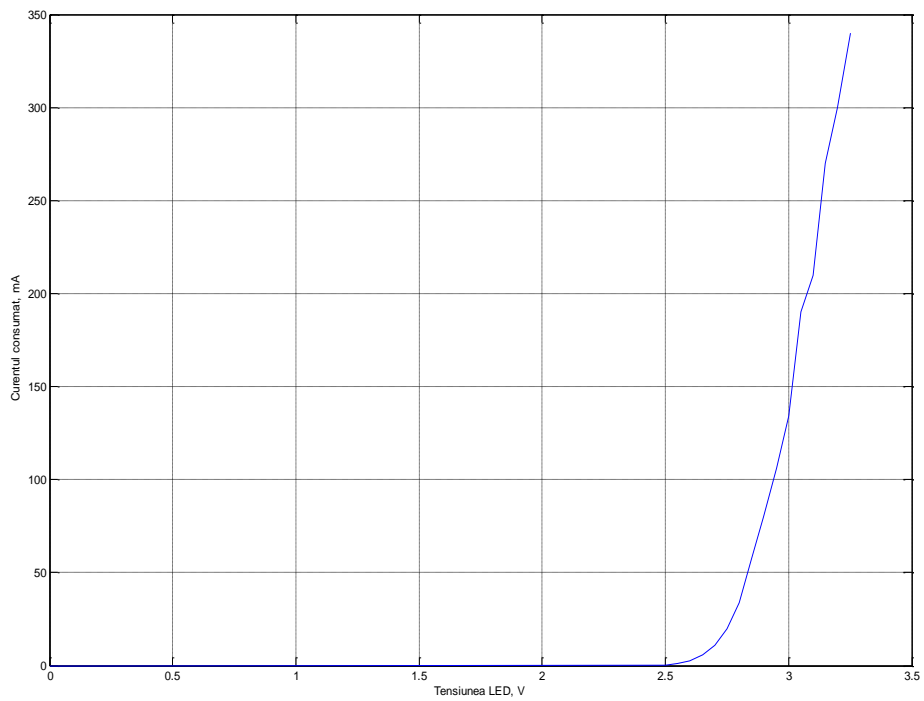


Fig.5. Caracteristica de putere a LED-ului

După cum se vede din fig.4 și 5 la varierea neesențială a tensiunii consumul energetic al LED-ului variază foarte esențial. Această ne permite să utiliză în funcționare senzorilor de mișcare o rezistență mică de balast, care avea rolul de variere a intensității de iluminare pentru ramura respectivă în funcție de prezența sau lipsa persoanelor în zonă.

Totodată, s-a analizat mai multe tipuri de dispersatoare de lumină (Fig.6) pentru a obține o iluminarea uniformă.

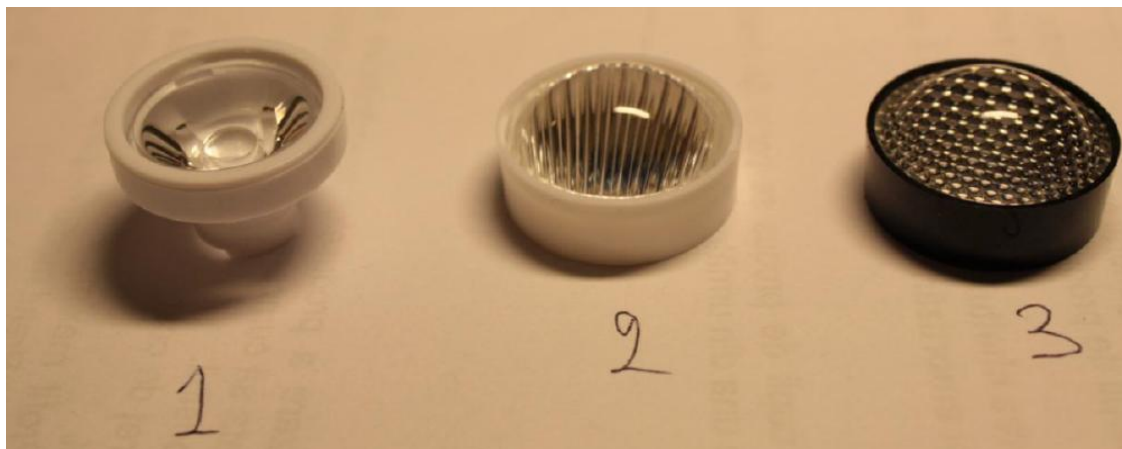


Fig.6. Tipuri de dispersatoare cercetate

În rezultat s-a selectat nr.2 arătat în Fig.7.

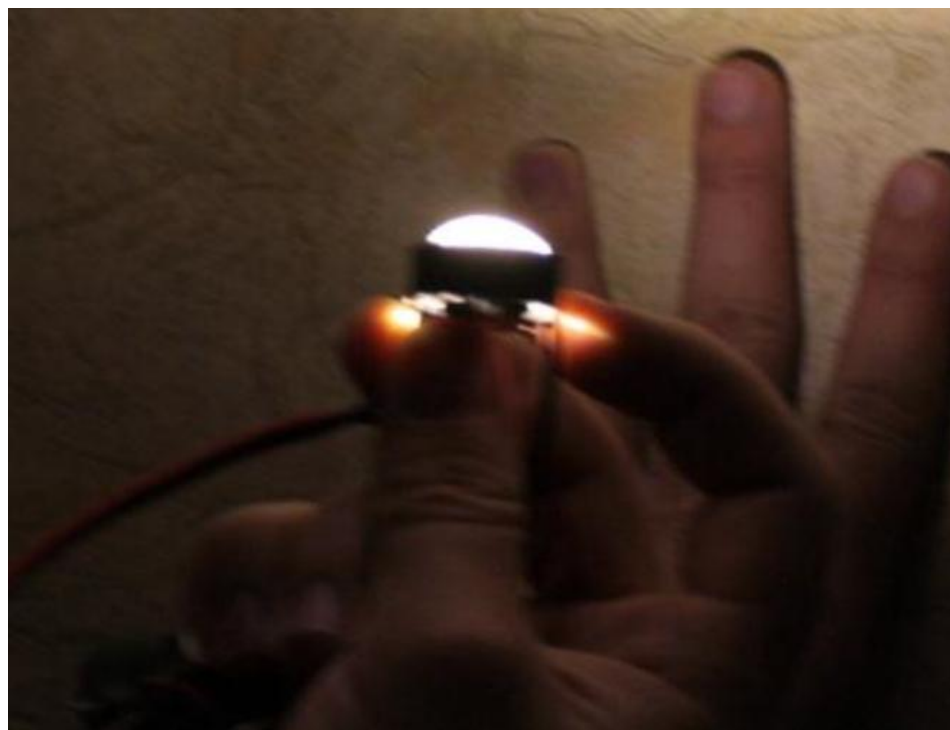


Fig.7. Încercarea experimentală a LED-ului cu dispersorul nr.2

Pentru majorarea randamentului de utilizare a energiei stocate în acumulatori acest sistem se va dota și senzori de mișcare. În lipsa persoanelor în zonă acest sistem va lucra la o intensitate redusă (aproximativ 30%). Numai la apariția persoanei în zonă va fi conectată la maximum intensitatea numai a ramurii din zona respectivă (în total 4 ramuri). Astfel, consumul de energie va fi foarte redus.

Până la moment, au fost elaborate și schemele de principiu a modulelor electronice și au fost achiziționate toate componentele necesare.

### **3. Analiza rezultatelor obținute și concluzii**

1. În rezultatul cercetărilor s-a elaborat schema de amplasare dispersată a 80 LED-uri, fiecare având puterea de 1W, iar cea sumară de 80W. S-a stabilit, că cel mai efectiv este amplasarea acestora în două rânduri amplasate la o distanță de 50 cm, iar distanța dintre LED-uri de 2m (vezi fig.3). În rezultat în locul sistemului de iluminare cu puterea instalată de 2240W se va utiliza unul cu puterea instalată de 80W, ce va permite eficientizarea consumului de energie electrică cu peste 95%.
2. S-a elaborat schema de amplasare a două panouri fotovoltaice, fiecare având puterea de 80W. Un panou va fi montat rigid, iar cel de al doilea va fi rotit după soare. Astfel vom avea posibilitatea de a cerceta diferența de randament dintre aceste panouri. Totodată, se va monta și o stație digitală pentru măsurarea parametrilor climaterici, ce ne va da posibilitatea de cercetare a randamentului acestor panouri fotovoltaice în funcție de parametrii climaterici.
3. S-a elaborat schema de realizare a sistemului electronic de stocare automată a parametrilor climaterici și cei electrici ai panourilor fotovoltaice direct pe calculator.
4. S-a elaborat schema de realizare a panoului de distribuție și echipamentului de convertizare a energiei electrice stocate în bateria de acumulatori, pentru a utiliza eficient toată energia electrică produsă de celulele fotovoltaice. De asemenea, s-a realizat schema de conectare paralelă la rețeaua de tensiune 220V, ce va permite funcționarea neîntreruptă a sistemului de iluminare la consumul integral al energiei stocate în bateria de acumulatori și lipsa energiei solare.
5. S-a elaborat sistemul de poziționare și conectare a senzorilor de mișcare, care vor permite economisirea energiei consumate de sistemul de iluminare. Sistemul de iluminare va fi divizat în 4 ramuri, fiecare având conectat consecutiv 20 de LED-uri. În lipsa persoanelor în zonă, sistemul de iluminare va funcționa la un randament de 30%. Odată cu apariția persoanelor în zonă, ramura afectată se va conecta la intensitate maximă pe durata unui timp prestabilit.
6. Toate lucrările prevăzute în planul calendaristic pentru prima etapă au fost realizate integral.