



Erasmus+



Project Erasmus+: Training and certification model
for photovoltaic trainers with the use of ECVET system
(EU-PV-Trainer). No 2016-1-PL01-KA202-026279

MODULUL 2. PROIECTAREA, INSTALAREA, MODERNIZAREA ȘI ÎNTREȚINEREA SISTEMELOR FOTOVOLTAICE

M2.U1. Proiectarea sistemelor fotovoltaice

GHID PENTRU FORMATOR ȘI CURSANT

RESEARCH NETWORK
ŁUKASIEWICZ

INSTITUTE
FOR SUSTAINABLE
TECHNOLOGIES



PV
POLAND



FUNDACIÓN *equipo humano*



EDIT-C

EDUCATION & INFORMATION TECHNOLOGY CENTRE

Erasmus+
Cooperation for innovation and the exchange of good practices
Strategic Partnership for vocational education and training

“Calificare pentru formatori în sisteme fotovoltaice (EU-PV-Trainer)”

Nr. 2016-1-PL01-KA202-026279

Rezultatul O4.

**Module educaționale pentru formatori în sisteme fotovoltaice cu respectarea
cerințelor ECVET (învățare off-line)**

Acest proiect a fost finanțat de Comisia Europeană.

Proiectul și documentația reprezintă poziția autorilor, iar Comisia Europeană nu este răspunzătoare pentru conținutul acestora.

2018-2019

MODULUL 2.
PROIECTAREA, INSTALAREA, MODERNIZAREA ȘI
ÎNTREȚINEREA SISTEMELOR FOTOVOLTAICE

M2.U1. Proiectarea sistemelor fotovoltaice

GHID PENTRU FORMATOR ȘI CURSANT

Curs: Formator pentru sisteme fotovoltaice

**MODULUL 2. PROIECTAREA, INSTALAREA, MODERNIZAREA
ȘI ÎNTREȚINEREA SISTEMELOR FOTOVOLTAICE**

M2.U1. Proiectarea sistemelor fotovoltaice

Ghid pentru formator și cursant

Autori:

Stanisław Pietruszko
Kamil Kulma
Radosław Gutowski
Radosław Figura
Mirosław Żurek
Katarzyna Sławińska
Maria Knais
Emilia Pechenau
Adina Cocu
Jose Enrique Val Montros
Alfonso Cadenas Cañamás

Referent:

Tomasz Magnowski

Consultant:

Edyta Koziel

Editor:

Bożena Mazur

Corector:

Emilia Pechenau
Adina Cocu

Ghidul constituie material didactic pentru modulul **M2.U1 Proiectarea sistemelor fotovoltaice**, inclus în modulul **MODULUL 2. PROIECTAREA, INSTALAREA, MODERNIZAREA ȘI ÎNTREȚINEREA SISTEMELOR FOTOVOLTAICE** corespunzător curriculum-ului modular pentru formatorul în domeniul sistemelor fotovoltaice.

CUPRINS

1. INTRODUCERE	6
2. CERINȚE.....	8
3. REZULTATELE ÎNVĂȚĂRII.....	9
4. MATERIAL EDUCAȚIONAL.....	10
4.1. Sistem PV – aspecte generale	10
4.2. Celula fotovoltaică – structură și funcționare	12
4.3. Tipuri de module și celule fotovoltaice.....	19
4.4. Tipuri de sisteme fotovoltaice	24
4.5. Sistem PV – elemente și dispozitive	31
4.6. Selectarea soluțiilor tehnice	37
4.7. Profilul energetic al consumatorilor	42
4.8. Sistem PV – dimensionare	46
4.9. Sistem PV – conectarea la rețeaua electrică	55
4.10. Tipuri de standarde și specificații tehnice.....	61
4.11. Factori care afectează productivitatea muncii	66
4.12. Conectarea sistemelor PV cu surse alternative de energie	73
5. EXERCIȚII	75
5.1. Sistem PV – aspecte generale – exerciții	75
5.2. Celula fotovoltaică – structură și funcționare – exerciții	75
5.3. Tipuri de module și celule fotovoltaice – exerciții	76
5.4. Tipuri de sisteme fotovoltaice – exerciții	76
5.5. Sistem PV – elemente și dispozitive – exerciții	79
5.6. Selectarea soluțiilor tehnice – exerciții	79
5.7. Profilul energetic al consumatorilor – exerciții	80
5.8. Sistem PV – dimensionare – exerciții	81
5.9. Sistem PV – conectarea la sistem – exerciții	83
5.10. Tipuri de standarde și specificații tehnice – exerciții.....	84
5.11. Factori care afectează productivitatea muncii – exerciții.....	85
5.12. Conectarea sistemelor PV cu surse alternative de energie – exerciții	85
6. TEST DE PROGRES.....	86
7. GLOSAR	88
8. BIBLIOGRAFIE	89

1. INTRODUCERE

Pregătirea profesională pentru formatorul de sisteme fotovoltaice (PV) în sistemul de învățământ informal, vă permite să dobândiți cunoștințele necesare și competențele profesionale incluse în două module:

- M1. Planificarea, organizarea, desfășurarea și evaluarea pregătirii profesionale,
- M2. Proiectarea, instalarea, modernizarea și întreținerea instalației fotovoltaice.

Fiecare modul este împărțit în unități modulare compuse din material didactic, test de progres, exerciții și test de verificare a cunoștințelor.

Actualul document conține materiale dezvoltate pentru unitatea modulară **M2.U1. Proiectarea sistemelor fotovoltaice** inclusă în modulul **M2. Proiectarea, instalarea, modernizarea și întreținerea sistemelor fotovoltaice**.

Înainte de începerea învățării, în calitate de participant la formare trebuie să vă familiarizați cu cerințele inițiale și cu rezultatele detaliate ale învățării, adică cunoștințele, abilitățile și atitudinile pe care le veți dobândi după terminarea învățării.

La dezvoltarea materialului didactic a contribuit experiența partenerilor din proiect, experiență câștigată în cadrul cursurilor de pregătire a instalatorilor de sisteme fotovoltaice. Materialul didactic a fost completat cu o platformă de e-learning, incluzând instrucțiuni video.

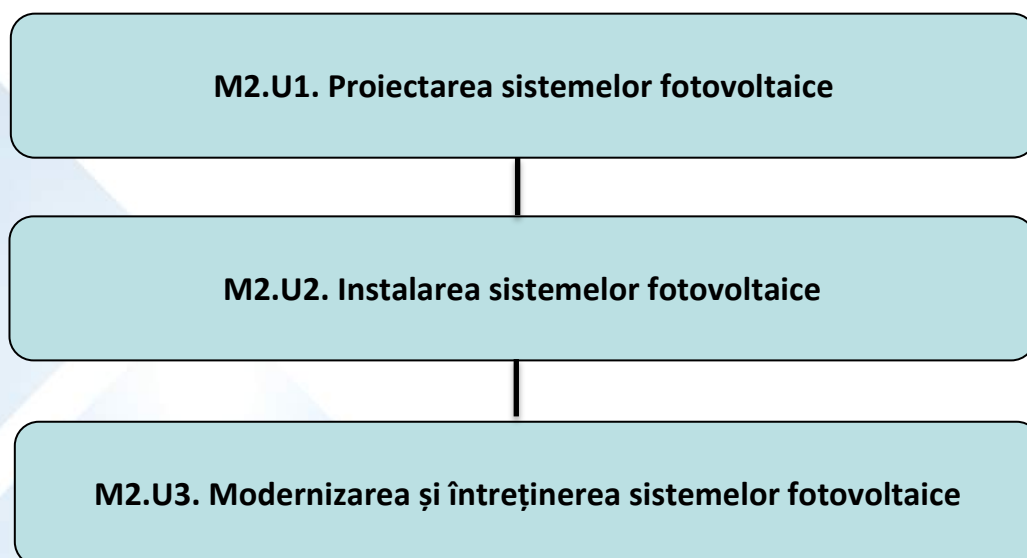
Înainte de efectuarea exercițiilor, verificați dacă sunteți pregătit. În acest scop, utilizați teste de progres. Fiecare capitol este încheiat cu un test de progres care vă va permite să definiți cunoștințele și aptitudinile dobândite. Dacă rezultatele sunt pozitive, puteți merge la următorul capitol. Dacă nu, trebuie să repetați conținutul necesar pentru a dobândi aptitudini specifice.

Promovarea testului constituie baza pentru absolvirea modului.

Notă: în cazul conținutului didactic, inclusiv referiri la acte juridice, trebuie avut în vedere faptul că acestea sunt valabile la data elaborării studiilor și trebuie actualizate. Conținutul didactic din modul este compatibil cu statutul juridic din 15 august 2018.

Ghidul a fost elaborat în cadrul proiectului "**Calificare pentru formatori în sisteme fotovoltaice (EU-PV-Trainer)**", cofinanțat de Uniunea Europeană în cadrul programului Erasmus + *Cooperarea pentru inovare și schimbul de bune practici, Parteneriatul strategic pentru educația și formarea profesională*.

Materialele incluse în ghid reflectă numai poziția autorilor lor, iar Comisia Europeană nu este responsabilă de conținutul acestora.



Modulele educaționale **M2. Proiectarea, instalarea, modernizarea și întreținerea sistemelor fotovoltaice**

Lista capitolelor și numărul de ore de predare

Numele modului	Numele capitolului	Numărul aproximativ de ore de predare
M2. Proiectarea, instalarea, modernizarea și întreținerea sistemelor fotovoltaice	M2.U1. Proiectarea sistemelor fotovoltaice	28
	M2.U2. Instalarea sistemelor fotovoltaice	20
	M2.U3. Modernizarea și întreținerea sistemelor fotovoltaice	16
	<i>Total:</i>	64

2. CERINȚE

Înainte de parcurgerea capitolului **M2.U1. Proiectarea sistemelor fotovoltaice** inclus în modulul **M2. Proiectarea, instalarea, modernizarea și întreținerea instalațiilor fotovoltaice**, ar trebui să puteți:

- să utilizați diverse surse de informații,
- determinați propriile drepturi și obligații,
- să recunoașteți actele juridice de bază,
- să participați la discuții, prezentări și să vă susțineți punctul de vedere,
- să fiți responsabili pentru sănătatea dumneavoastră și a altora (viața),
- să aplicați principiile etice de bază (fiabilitate în muncă, punctualitate, păstrarea cuvântului, onestitate, responsabilitatea consecințelor, veridicitatea);
- să cooperați într-un grup cu luarea în considerare a împărțirii sarcinilor,
- să folosiți calculatorul la un nivel de bază.

3. REZULTATELE ÎNVĂȚĂRII

M2.U1. Proiectarea sistemelor fotovoltaice	
Cunoștințe (știe și înțelege)	Abilități (este capabil să)
– Istoria și perspectivele dezvoltării sistemelor PV în Europa și în lume. – Beneficii economice, de mediu și sociale ale sistemelor fotovoltaice. – Reglementări și standarde naționale privind utilizarea sistemelor PV. – Regulamente privind sănătatea și siguranța la locul de muncă, protecția împotriva incendiilor și protecția mediului – identificarea pericolelor. – Exemple de sisteme de certificare a produselor (de exemplu, Solar Keymark). – Termeni și definiții de bază pentru sistemele fotovoltaice. – Cunoașterea de bază a instalațiilor electrice de joasă tensiune și a instalațiilor fotovoltaice (Inginerie electrică generală referitoare la instalațiile fotovoltaice). – Documentația proiectului. – Construcția celulelor solare și principiile de funcționare. – Tipuri de celule fotovoltaice și module. – Tipuri de sisteme fotovoltaice. – Echipamente și componente ale sistemelor fotovoltaice. – Selectarea soluțiilor tehnice. – Profilurile energetice ale receptoarelor. – Dimensionarea sistemului. – Conectarea sistemului fotovoltaic la rețeaua electrică. – Standarde și specificații tehnice referitoare la sistemul PV. – Caracteristicile tensiunii curenți ale modulelor. – Factorii care afectează eficiența muncii. – Cooperarea instalației fotovoltaice cu alte surse alternative de energie electrică.	– Utilizarea documentației proiectului și a materialelor tehnice (instrucțiuni de utilizare, DTR, etc.). – Legarea celulelor în module. – Măsurarea parametrilor modulului celular / solar în condiții standard (STC). – Alegerea tipului și puterii modulelor fotovoltaice, configurarea generatorului solar. – Determinarea secțiunii transversale a cablurilor de conectare. – Definirea cerințelor privind protecția împotriva trăsnetelor, împământarea și sistemul de protecție la supratensiune. – Calcularea suprafeței sistemului și a mărimii nominale a sistemului, a subsistemelor și a dispozitivelor necesare și a echipamentelor corespunzătoare. – Selectarea invertorului cu funcția de convertor de energie; invertor / funcția de siguranță a invertorului; determinarea eficienței invertorului. – Reglarea generatorului la invertor. – Evaluarea funcționării sistemului – analiza indicatorilor de calitate.
Competențe sociale	
– Să fiți responsabil în timpul muncii. – Să demonstrați o bună practică profesională. – Să propuneți alternative cu scopul de a îmbunătăți rezultatele. – Să mențineți zona de lucru în ordine și curățenie. – Să participați și să colaborați activ în echipa de lucru. – Să interpretați și să executați instrucțiunile de lucru.	

4. MATERIAL EDUCAȚIONAL

4.1. Sistem PV – aspecte generale

Istoria sistemelor fotovoltaice

Sistemele fotovoltaice au o istorie lungă care a început în 1839 din observațiile lui Edmond Becquerel, fiul lui Antoni Cesar Becquerel și tatăl lui Henri Becquerel, ambii fizicieni celebri. Becquerel a observat că, în cazul în care doi electrozi de platină sunt plasați în soluție și expuși la lumina soarelui, se produce curent. Acest efect a fost foarte mic și nu avea înțeles practic în acel moment, însă nu a fost uitat.

Numele de sistem fotovoltaic a fost folosit în mod oficial pentru prima dată de A. Einstein în lucrarea sa din anul 1905, publicată în revista Annalen der Physik, sub titlul "Punct de vedere euristic privind producerea și transformarea luminii". El a explicat efectul fotoelectric extern ca emisia de electroni de pe suprafața metalică prin performanța funcției de lucru sub impactul radiației particulelor cu o lungime corespunzătoare a undei. Prin urmare, fotovoltaica este domeniul științei și tehnologiei care se ocupă cu cercetarea convertirii directe a energiei radiației solare în energia electrică. Prima celulă solară a fost construită în 1954 în laboratoarele Bell din Murray Hill, SUA, de către cercetătorii Chapin, Fuller și Pearson. Celula solară a atins eficiența de 6%, care a fost îmbunătățită în curând și crescând la 10%. Apoi, tehnologia spațială a constituit cea mai importantă aplicație a celulelor solare. Începutul a fost în 1958, când primele 108 de celule au fost instalate pe satelitul Vanguard. Rezultatele au depășit așteptările – celulele furnizau satelitului energia electrică mult mai mult decât era inițial presupus. Aceasta a permis dezvoltarea unei piețe a celulelor fotovoltaice, limitată de calitate.

Datorită costurilor ridicate, aplicarea sistemelor fotovoltaice a fost respinsă mult timp ca fiind nerealistă. Cu toate acestea, de beneficiile sale au fost fascinanți oameni de știință și opinia publică, așa că cercetarea asupra acestora nu a fost niciodată abandonată complet. Pas cu pas, celulele solare au găsit calea spre aplicații autonome în sistemele de alimentare independente de rețea. A început cu calculatoare și ceasuri și apoi a fost folosite în dispozitive mai mari, cum ar fi contoarele de parcare. Apariția primei crize de combustibil în 1973 a fost însoțită de ideea utilizării celulelor solare, iar la scurt timp după aceea au fost lansate instalații de producție de celule de siliciu și module PV. La începutul anilor '80, comerțul mondial cu celule solare s-a situat la nivelul sub 20 MWp / an. În 2008, comerțul anual cu celule solare a atins mai mult de 7000 MWp. Aceasta a reprezentat o creștere de 400 de ori în numai 27 de ani. În 2017, puterea totală a sistemelor fotovoltaice instalate a ajuns la 40 GW. Un rol cheie în dezvoltarea fotovoltaicii a fost jucat de promovarea pieței energiei solare, care a început în 1990 din programul 1000 Acoperișuri în Germania. Acest program a fost reușit și apoi a fost implementat în alte țări. La scurt timp, la începutul anului 1998, a fost introdus programul 100 de mii de acoperișuri, iar în 2004 a intrat în vigoare Legea privind energia regenerabilă (EEG). EEG pare să fie cel mai potrivit instrument pentru promovarea fotovoltaicii. Piața a înregistrat o creștere dinamică.

Timp de mai multe decenii, s-au făcut eforturi pentru înlocuirea siliciului cu alte materiale. Se caută materiale cu absorbție ridicată a luminii pentru a face celulele mai subțiri și mai ieftine. Căutările au avut ca rezultat celulele subțiri care sunt de 100 de ori mai subțiri decât cele din siliciu cristalin. Prima celulă solară a fost făcută din siliciu amorf în 1976 de David Carlson și

Chris Wronski. Cu toate acestea, în anii 1980, așteptările ridicate privind acest material nu au îndeplinite. Un alt material subțire care este încă într-un stadiu incipient de folosire pe piață este CIS (selenid de cupru de indiu), cunoscut și ca CIGS, dacă conține o adăugare de galiu. Aceste celule se caracterizează printr-o stabilitate ridicată și realizează, cel puțin în laborator, eficiențe ridicate. Cadmiu telluria este un alt strat subțire din care sunt produse celulele solare. Așa numitele celule fotovoltaice micromort (structură din siliciu amorf și microcristalină) sunt, de asemenea, prezente pe piață.

Domeniile de aplicare a sistemelor fotovoltaice independente pe rețea constituie, de obicei, sisteme autonome în țările în curs de dezvoltare, în timpul liber (camping, navigație etc.), sisteme de telecomunicații, precum și sisteme hibride PV / diesel. Rolul jucat de celulele fotovoltaice în produsele de consum (ceasuri, jucării etc.) nu trebuie subestimat. În trecut, sistemele fotovoltaice erau instalate aproape exclusiv pe acoperișurile existente, deci ele erau considerate elemente suplimentare. Cu toate acestea, de mai mulți ani sunt disponibile produse fotovoltaice, care pot fi aplicate direct pe acoperiș, astfel încât acestea să constituie o parte integrantă a acoperișului. Există, de asemenea, componente fotovoltaice sub formă de ferestre. În plus, principalii producători de sticlă oferă elemente fotovoltaice care pot fi ușor integrate cu fațade calde sau ventilate.

În lumea de astăzi, prioritățile energetice se schimbă. Noile tehnologii, mai curate, mai ușor de instalat și adaptate la nevoile locale, atrag atenția investitorilor și a autorităților locale, concurând lent cu sectorul energetic monopolizat și centralizat. Când se compară diferite opțiuni energetice, costurile economice nu mai sunt un criteriu vital – sunt din ce în ce mai importanți factorii pentru care valoarea economică este dificil de calculat direct, cum ar fi independența energetică, diversificarea surselor de energie sau stabilitatea aprovizionării. Sistemele fotovoltaice sunt importante în cazul apariției unei alte crize energetice.

Pe parcursul anului 2017, aproape 100 GW de putere au fost instalate în întreaga lume, ceea ce constituie un alt record pentru sistemele PV. Puterea fotovoltaică instalată totală a ajuns la 400 GW la sfârșitul anului 2017, ceea ce înseamnă o creștere cu 25% față de anul 2016. În 2017, în Europa au fost înființate 9,2 MW de instalații PV noi.

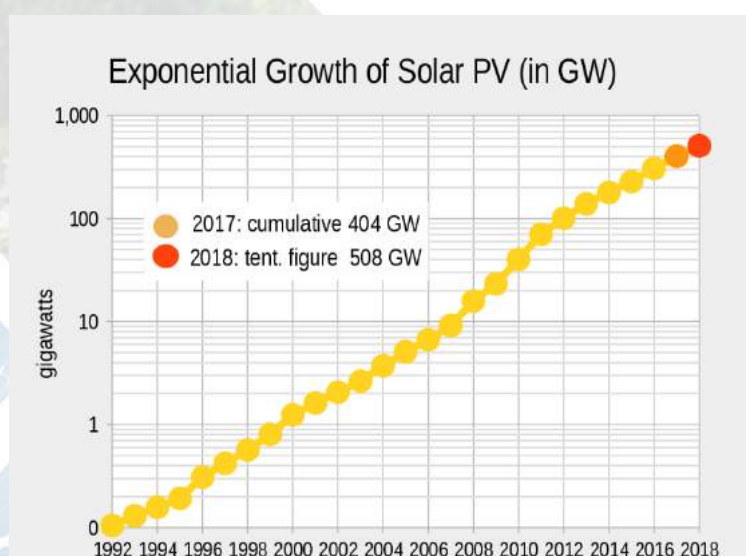


Fig. 1. Puterea sistemelor PV instalate în perioada 1992 – 2018

Source: https://en.wikipedia.org/wiki/Growth_of_photovoltaics#/media/File:PV_cume_semi_log_chart_2014_estimate.svg [access: 20 June 2018]

Avantajele sistemelor PV:

- Aprovizionarea cu energie solară este mai mare decât toate celelalte surse de energie.
- Energia solară este disponibilă în toate regiunile lumii.
- Designul modular al sistemelor PV variază de la miliwatt (mW) la produsele de consum la gigawatt (GW) într-o instalație electrică la scară mare.
- În timpul funcționării, sistemele PV produc energie electrică fără emisii atmosferice și fără producție de deșeuri.
- Nu necesită practic nicio întreținere.
- În timpul funcționării sunt silențioase.
- Nu necesită apă pentru a genera energie electrică.
- Sistemele fotovoltaice oferă o amprentă de carbon care este de 10 până la 20 de ori mai mică decât tehnologiile convenționale de generare a energiei.
- Timpul de recuperare a investiției pentru sistemele fotovoltaice este cuprins între 0,5 ani și 1,5 ani, în funcție de tehnologie și locație.
- Are o durată de viață tehnică dovedită de peste 30 de ani.

Fotovoltaice în sistemele de generare a energiei împrăștiate

Liberalizarea pieței europene a energiei înseamnă că va exista o concurență mai intensă în sectorul energetic în domeniul producției, distribuției și vânzării de energie electrică. Jucători noi apar datorită accesului liber la rețelele energetice de pe piață. Acestea vor spori tendința actuală de creștere a cotei de generare a energiei împrăștiate. Sistemele fotovoltaice pot deveni o parte semnificativă a infrastructurii energetice în acest proces.

4.2. Celula fotovoltaică – structură și funcționare

Folosirea energiei solare

Una dintre cele mai importante sarcini în prezent este dezvoltarea de strategii și sisteme de furnizare a energiei pe o bază solidă din punct de vedere ecologic. Din perspectiva actuală, doar sursele regenerabile de energie, cum ar fi soarele și vântul, satisfac toate condițiile care trebuie să fie puse pe sursele de energie pentru viitor. Mai mult, aceste surse de energie sunt inepuizabile, în timp ce exploatarea rezervelor de combustibili fosili poate continua doar pentru o perioadă limitată.

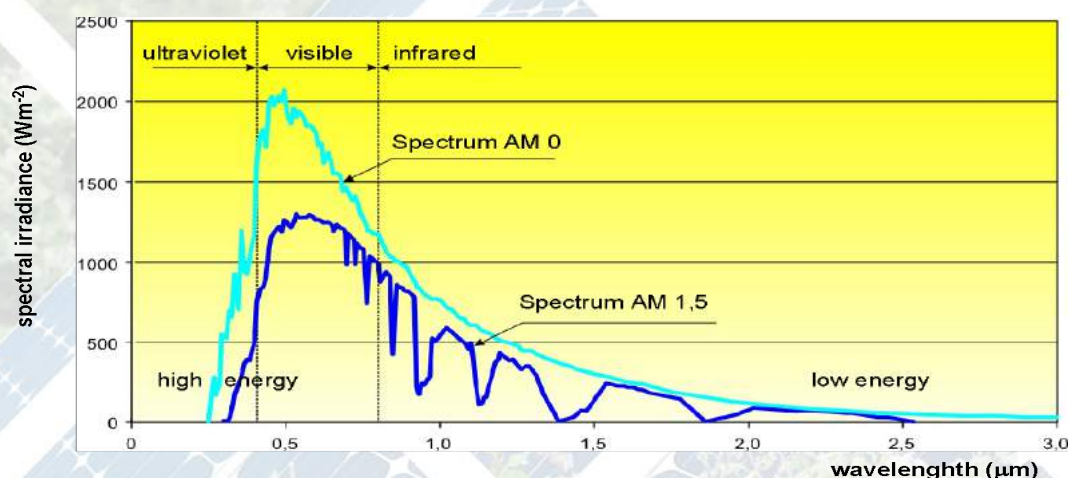


Fig. 1. Spectrul radiației solare

Source: Fraunhofer ISE, Freiburg, Germany; Solarpraxis AG, Berlin, Germany.

Radiația solară la suprafața Pământului

Intensitatea radiațiilor se schimbă continuu în funcție de ora din zi, de sezon și de condițiile meteorologice. Această intensitate a radiației este măsurată în wați sau kilowați pe metru pătrat [Wm^{-2} , kWm^{-2}]. Energia de radiație, adică puterea generată pe o anumită perioadă de timp, este dată în ore-watt (de asemenea kilowați-oră, jouli) pe metru pătrat. Trebuie remarcat faptul că, în uz comun, termenul "radiație" se aplică atât intensității radiației, cât și energiei.

Intensitatea radiațiilor în afara atmosferei pământului este între 1325 și 1420 Wm^{-2} . Media așa-numitei radiații extra-terestre este constanta solară.

$$\text{Constantă solară: } E_0 = 1367 \text{ kWm}^{-2}$$

Reflecția, refracția și absorbția de către atmosferă reduc această valoare cu aproximativ 30%, astfel încât aproximativ 1000 Wm^{-2} ajung pe suprafața Pământului la amiază când cerul este senin. Așa-numita radiație globală constă din două componente, radiația directă și radiația difuză. Radiația directă (sau fasciculul) provine direct de la soare, în timp ce radiația difuză provine în toate direcțiile cerului; cerul pare a fi la fel de luminos în toate direcțiile. Componenta difuza poate fi văzută în zilele însorite ca cerul albastru. Când cerul este complet acoperit de pânză, numai radiația difuză atinge suprafața pământului.

Tab. 1. Intensitatea radiației în funcție de condițiile meteo

Sky			
Weather	Clear blue sky	Hazy/cloudy, sun visible as whitish yellow disc	Overcast sky, dull day
Global irradiance	$600 - 1000 \text{ Wm}^{-2}$	$200 - 400 \text{ Wm}^{-2}$	$50 - 150 \text{ Wm}^{-2}$
Diffuse fraction	10 – 20%	20 – 80%	80 – 100%

Source: Fraunhofer ISE, Freiburg, Germany; Solarpraxis AG, Berlin, Germany.

Distribuția anuală și cantitatea totală de energie solară sunt determinate de factorii climatici și meteorologici care depind de locație și sezon. Aceste diferențe în ceea ce privește vremea pe pământ se datorează schimbărilor pe care le are în cursul anului poziția soarelui și lungimea luminii de zi, care, la rândul său, sunt cauzate de înclinarea axei terestre față de orbita sa în jurul soarelui.

În regiuni însorite, cum sunt deșerturile din Africa sau din sudul SUA, este disponibilă de două ori mai multă energie ca în Europa Centrală.

Există diferențe în distribuția energiei pe parcursul anului (figura 4). În Europa Centrală, cantitatea de energie solară care a survenit în lunile noiembrie și ianuarie este de aproximativ cinci ori mai mică decât în lunile de vară, în timp ce aprovizionarea cu radiații este mult mai uniformă la latitudini mici.

Utilizarea optimă a radiației directe este realizată numai atunci când suprafața receptorului este întotdeauna perpendiculară pe radiația incidentă. Cu cât este mai oblic unghiul incident, cu atât este mai mică cantitatea de energie utilă. În Europa Centrală, deoarece soarele este scăzut pe cer în timpul iernii chiar și la prânz, un avantaj avantajos este un unghi mare de înclinare, în timp ce în timpul verii unghiul de înclinare mic este mai bun (figura 2).

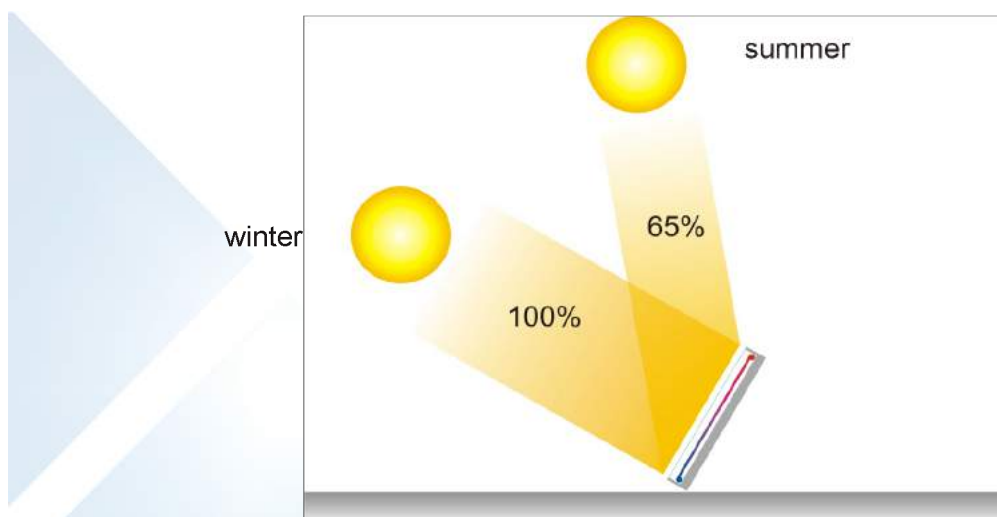


Fig. 2. Radiație directă pe un receptor înclinat

Source: Fraunhofer ISE, Freiburg, Germany; Solarpraxis AG, Berlin, Germany.

Așa-numitele receptoare de urmărire, pentru care orientarea și înclinarea pot fi reglate în mod continuu, astfel încât ele întotdeauna să îndrepte spre soare, sunt în general justificate doar în regiunile climatice unde fracția directă de radiație este foarte ridicată, de ex. în deșerturi. Deși urmărirea crește și cantitatea de energie primită în Europa Centrală (cu aproximativ 30%), valoarea sa este susceptibilă, deoarece necesită o complexitate tehnică considerabilă.

Pentru montarea staționară a receptorului, unghiul optim de înclinare depinde de condițiile de funcționare ale sistemului (tabelul 2).

Tab. 2. Unghiul de înclinare al receptorului pentru diferite condiții (în Europa Centrală)

Condiții de frontieră	Unghi
Randament energetic maxim total anual	30°
Optimizare pentru lunile de iarnă	60°
Performanță bună în primăvară și toamnă	45°

Aceste valori depind de locație; cu cât sistemul este mai apropiat de ecuator, cu atât este mai mic unghiul optim de înclinare.

Masa optică de aer (AM) – lungimea distanței, străbătută de un fascicul optic de radiație solară (direct prin atmosfera Pământului,) se exprimă ca multiplul distanței străbătute de la soare până la nivelul mării. AM este specificat în formula:

$$AM = \frac{P}{P_0} \cdot \frac{1}{\sin \theta}$$

unde:

P – presiunea atmosferică locală (Pa),

$P_0 = 1,013 \cdot 10^5$ Pa (presiunea normală),

θ – unghiul de incidență al Soarelui.

Valoarea AM este egală cu 1 (AM 1) la nivelul mării, fără nori, când soarele este în zenit și la presiunea atmosferică $1,013 \cdot 10^5$ Pa (IEC 60904-3).

Dacă Soarele este setat perpendicular pe suprafața Pământului, lumina soarelui trece printr-o masă optimă de aer (AM – masă de aer) o singură dată. O astfel de condiție are simbolul AM 1. În alte cazuri, distanța de radiație solară prin aer. Această distanță depinde de înălțimea la care este soarele. AM 2 arată că distanța dintre lumina soarelui și aerul este de două ori mai lungă decât AM 1. Același lucru se întâmplă când Soarele este la un unghi de 30° peste orizont ($\gamma_s = 30^\circ$).

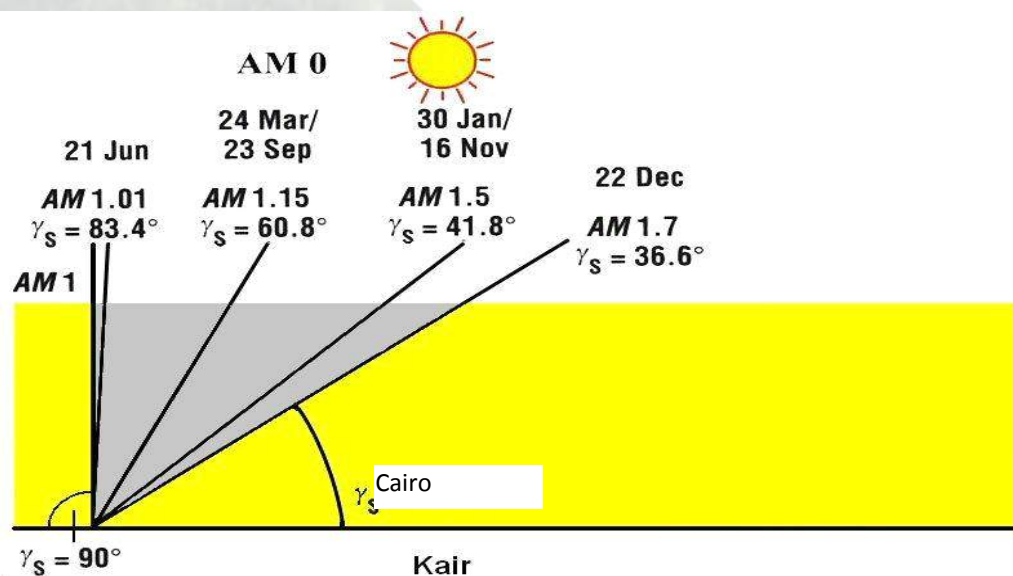
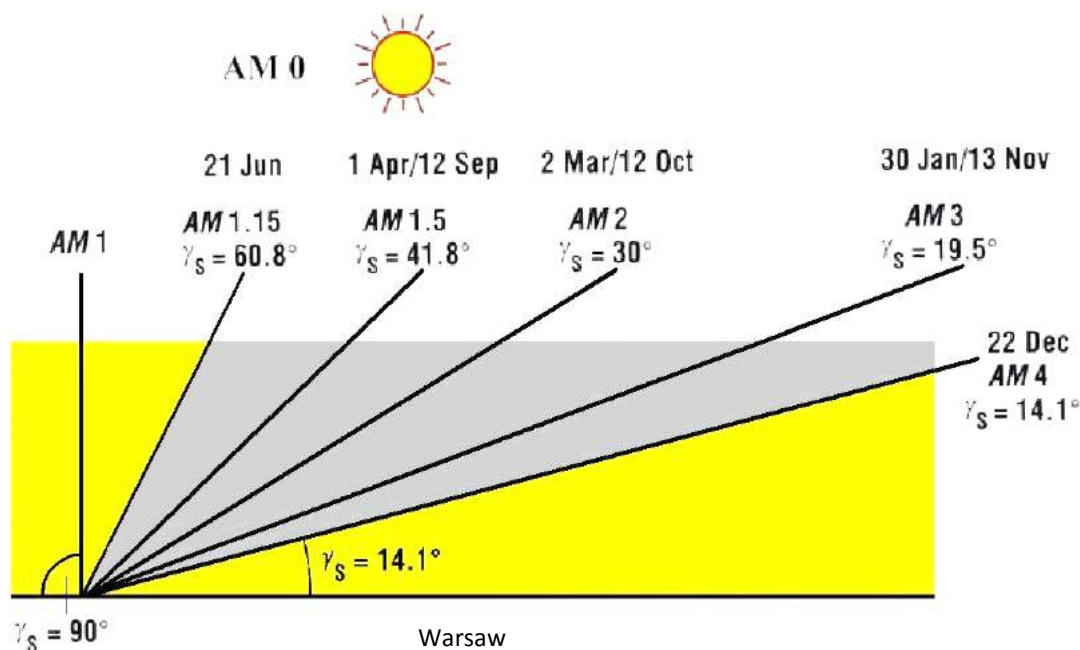


Fig. 3. Distanța de radiație depinde de un unghi de intrare a fasciculului atmosferic pentru Varșovia și Cairo
Source: S.M. Pietruszko (red.): Projektowanie i instalacja systemów fotowoltaicznych. Przewodnik dla instalatorów. Warszawa, 2016.

Tehnologiile și proprietățile celulei solare

"Celula solară" reprezintă un dispozitiv care, sub iradiere ușoară, acționează ca un generator de energie electrică. Multe tipuri de celule solare sunt posibile, dar celula bazată pe o diodă semiconductor de siliciu este cea mai comună versiune. A fost inventat acum 50 de ani, în 1954.

Aspecte generale și definiții

Celulele solare transformă lumina în energie electrică. În general, acesta este un proces în trei etape care poate fi explicat prin intermediul fig.4:

- **Absorbția luminii**, furnizând electroni în starea de excitare.
- **Separarea locală a sarcinii** pozitive și negative.
- **Conducerea sarcinii** la un circuit extern

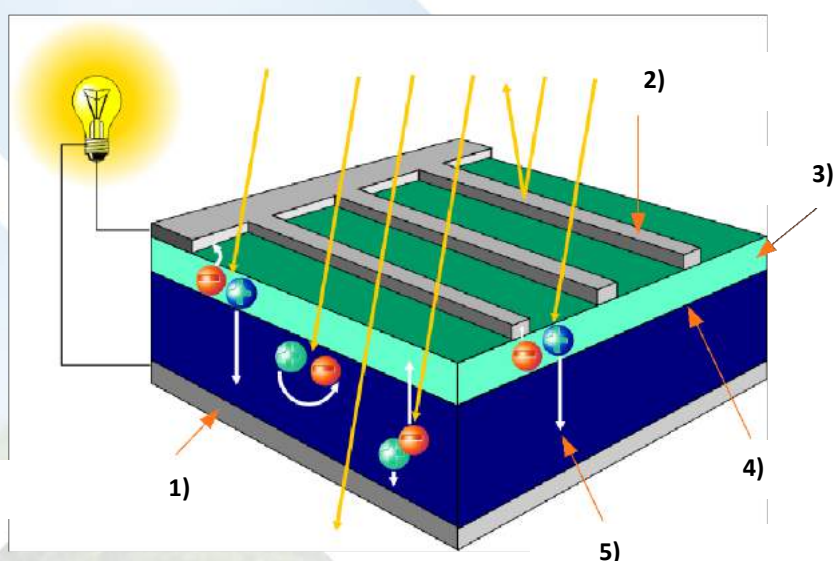


Fig. 4. Secțiunea transversală a unei celule solare cristaline, unde: 1) electrod pozitiv, 2) electrod negativ, 3) siliciu n-dopat, 4) joncțiune p-n, 5) siliciu p-dopat.

Sursa: Solarpraxis AG, Berlin, Germany.

Absorbție: În cele mai multe cazuri, absorbantul este un *semiconductor*, iar tranzițiile folosite sunt *tranziții interband*. Starea excitat cuprinde un electron în banda de conducție și o gaură în banda de valență.

Separarea încărcării: Electronii și găurile din semiconductori sunt separate prin *difuzie sau prin devierea* purtătorilor de sarcină în *regimul de încărcare spațială* a unei *joncțiuni p-n sau într-o joncțiune hetero* din două materiale.

Conductivitatea sarcinilor: Separarea încărcării duce la generarea unei tensiuni între ambele părți ale celulei solare. Contactele trebuie să fie aplicate pentru a efectua încărcarea unui circuit extern. Acest lucru nu este întotdeauna ușor deoarece contactele ar trebui să aibă o rezistență foarte scăzută la contact pentru a evita pierderile electrice din dispozitiv. Este evident că cel puțin unul dintre contacte trebuie să aibă o transmisie optică ridicată pentru a permite lumina să ajungă la absorberul din interiorul dispozitivului. Unul dintre mijloace este acela de a folosi oxizi subțiri conductivi (TCO) ca contacte transparente, cealaltă tehnică este să folosiți degetele mici ("grilă") pe partea superioară a celulei, tolerând unele umbre (4 până la 7%).

Celula solară – generator de putere

Deoarece celulele solare sunt destinate să furnizeze cea mai mare cantitate posibilă de energie electrică (la un anumit nivel de lumină incidentă), este util să se analizeze caracteristica I-V în ceea ce privește puterea care poate fi extrasă. Dacă punctul de operare al unei celule solare este deplasat de-a lungul curbei caracteristice I-V (prin schimbarea unui rezistor de sarcină extern), puterea electrică generată în sarcina externă poate fi găsită prin înmulțirea curentului cu tensiunea din punctul de funcționare. Acest lucru a fost făcut în graficul din figura 5. Puterea care poate fi extrasă trece printr-un maxim într-un anumit punct, *Punctul Maxim de Putere* (MPP). Se caracterizează prin P_{MPP} , *puterea maximă*, prin I_{MPP} , *curentul la putere maximă* și prin V_{MPP} , *tensiunea la putere maximă*.

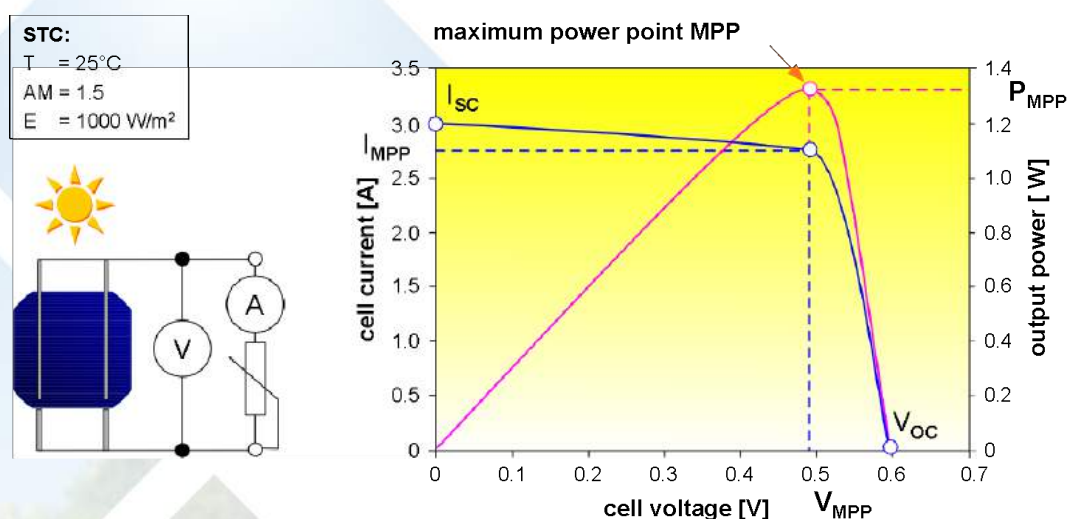


Fig. 5. Puterea generată de o celulă solară ca funcție a punctului de funcționare

Source: Solarpraxis AG, Berlin, Germany.

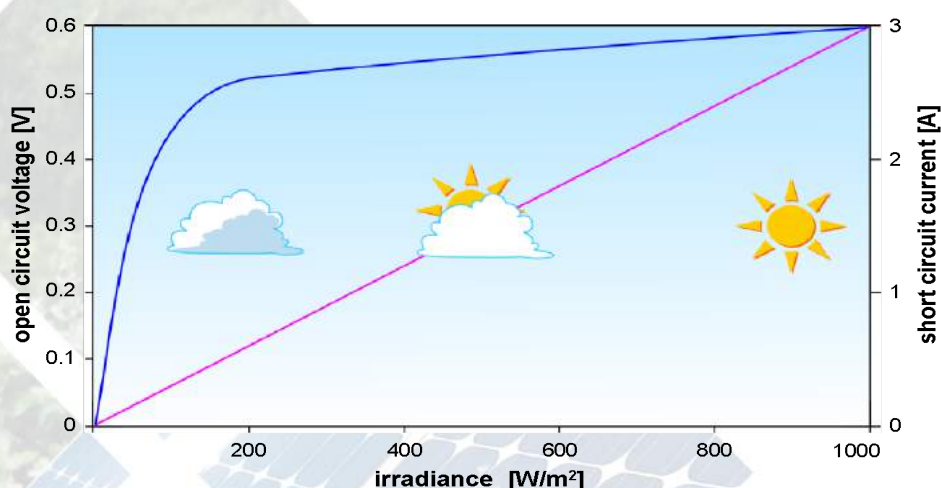


Fig. 6. Dependența VOC și ISC de intensitatea luminii

Source: Solarpraxis AG, Berlin, Germany.

Toți parametrii electrici ai celulei solare depind de intensitatea și spectrul luminii, precum și de temperatura celulei solare. Dependența curentului și a tensiunii de nivelul de iluminare este prezentată în figura 6. În timp ce curentul celulei depinde liniar de iradiere, tensiunea și MPP nu sunt și, prin urmare, descrierea comportamentului unei celule sub diferite niveluri de iluminare este complicat.

Pentru diferite nivele de iradiere, dar cu o temperatură constantă a celulei, aceasta conduce la un set de curbe caracteristice așa cum se arată în figura 7.

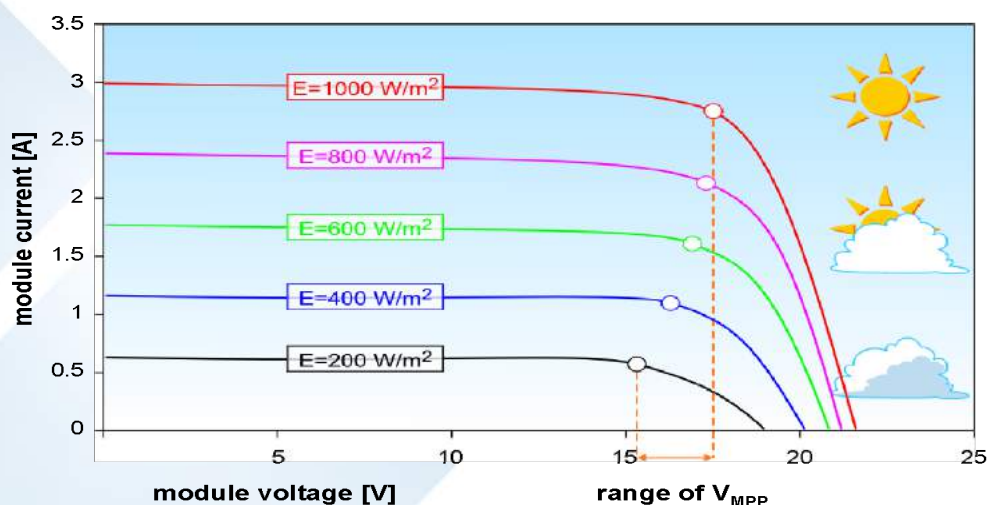


Fig. 7. I-V- curbele modulului de siliciu cristalin la diferite nivele de iradiere și temperatură constantă
Source: Solarpraxis AG, Berlin, Germany.

După cum se poate observa, curentul de scurtcircuit este direct proporțional cu iradiția în creștere și curbele caracteristice sunt deplasate paralel. Tensiunea circuitului deschis se modifică foarte puțin cu iradierea variabilă. În consecință, tensiunea MPP-Tensiune variază într-un interval mic.

Majoritatea proprietăților semiconductoarelor sunt puternic dependente de temperatură – prin urmare, curentul de scurtcircuit, tensiunea de circuit deschis, precum și puterea maximă și curentul și tensiunea aplicabile sunt, de asemenea, dependente de temperatură. Acest lucru trebuie luat în considerare la calcularea randamentului energetic al unui generator solar sau la selectarea unui modul PV pentru încărcarea bateriei în condiții climatice extreme.

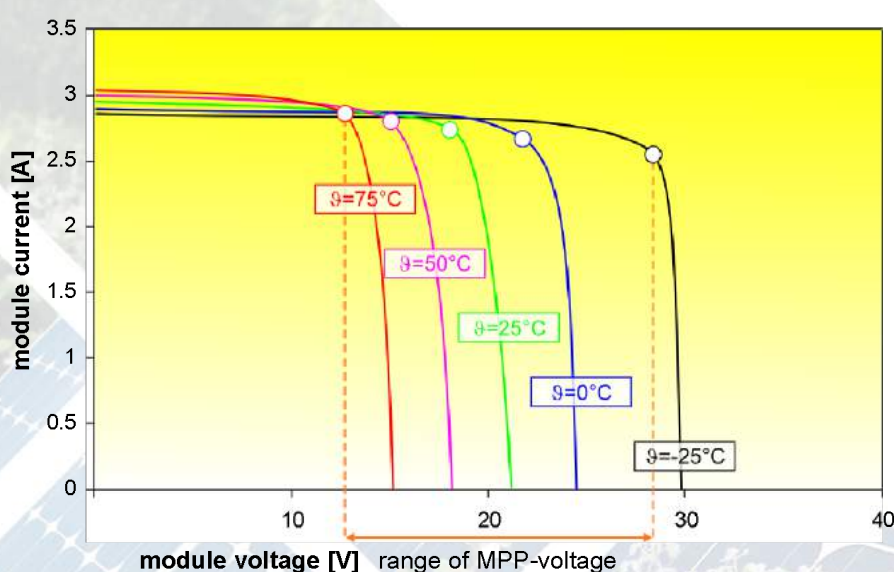


Fig. 8. I-V- curbele unui modul siliconic cristalin pentru diferite temperaturi ale celulelor la iradiere constantă
Source: Solarpraxis AG, Berlin, Germany.

Eficiența celulelor solare și măsurarea acesteia

"Eficiența" (η) este cea mai importantă proprietate a unei celule solare. Se descrie care parte a luminii incidente este transformată în energie electrică. Definiția este ușoară:

$$\eta = \text{puterea electrică maximă generată} / \text{puterea luminii incidente}.$$

Trei condiții trebuie să fie cunoscute atunci când se măsoară parametrii unei celule solare: temperatura, nivelul iluminării, spectrul luminii. Deoarece compararea celulelor solare ar trebui să fie posibilă la nivel mondial, au fost definite condițiile standard de testare (STC), acceptate de toate instituțiile care caracterizează și certifică celulele solare. Aceste **STC** sunt:

Temperatură:	25°C
Nivel de iluminare:	1.000 W/m ²
Spectrul luminii:	Masa aerului AM1.5

Puterea maximă (MPP) măsurată în condițiile STC se numește *vârf de putere*, și unitatea de măsură este *vârf-Watt* (W_p).

Tehnologiile și materialele celulelor solare

Multe materiale semiconductoare pot fi folosite pentru fabricarea celulelor solare, dispozitivul de bază pentru generarea de energie electrică fotovoltaică. Astăzi, multe tipuri de materiale, structuri de dispozitive și tehnologii de producție sunt în curs de dezvoltare și va dura ceva timp până când câteva dintre cele mai profitabile versiuni vor rămâne pe piață. Pentru o evaluare a diferitelor tehnologii, trebuie luate în considerare o serie de criterii. Cele mai importante sunt:

- un potențial bun pentru o eficiență ridicată,
- disponibilitate bună a materialelor necesare,
- preț acceptabil pentru materiale,
- potențial pentru tehnici de producție cu costuri reduse,
- stabilitatea dispozitivului timp de decenii,
- compatibilitatea produselor și a tehnicilor de producție cu mediul.

4.3. Tipuri de module și celule fotovoltaice

De aproape cinci decenii oamenii au căutat materialul optim pentru celulele solare. Au fost testate sute de materiale, dar în cele din urmă au rămas numai câteva clase de materiale, care prezintă proprietăți fotoelectrice bune și, în același timp, productivitate bună.

Celule cristaline de siliciu

Așa cum am menționat anterior, siliciul rămâne cel mai important material pentru celulele solare. Siliconul este produs în cantități uriașe pentru aplicații în metalurgie, iar siliciul cu puritate înaltă este baza majorității dispozitivelor electronice și microelectronice.

Avantaje și dezavantaje:

- tehnologii bine dezvoltate bazate pe procesarea comună a semiconductoarelor,
- eficiențe bune obținute în producție,
- eficiențe excelente de peste 24% obținute în laborator,
- eficiență foarte stabilă,

- sursă nelimitată pentru materia primă,
- bună compatibilitate cu mediul,
- datorită coeficientului scăzut de absorbție sunt necesare straturi destul de groase ($> 100\mu\text{m}$) pentru o bună eficiență; cerința de cantități mari de siliciu scump de înaltă puritate este principalul factor de cost

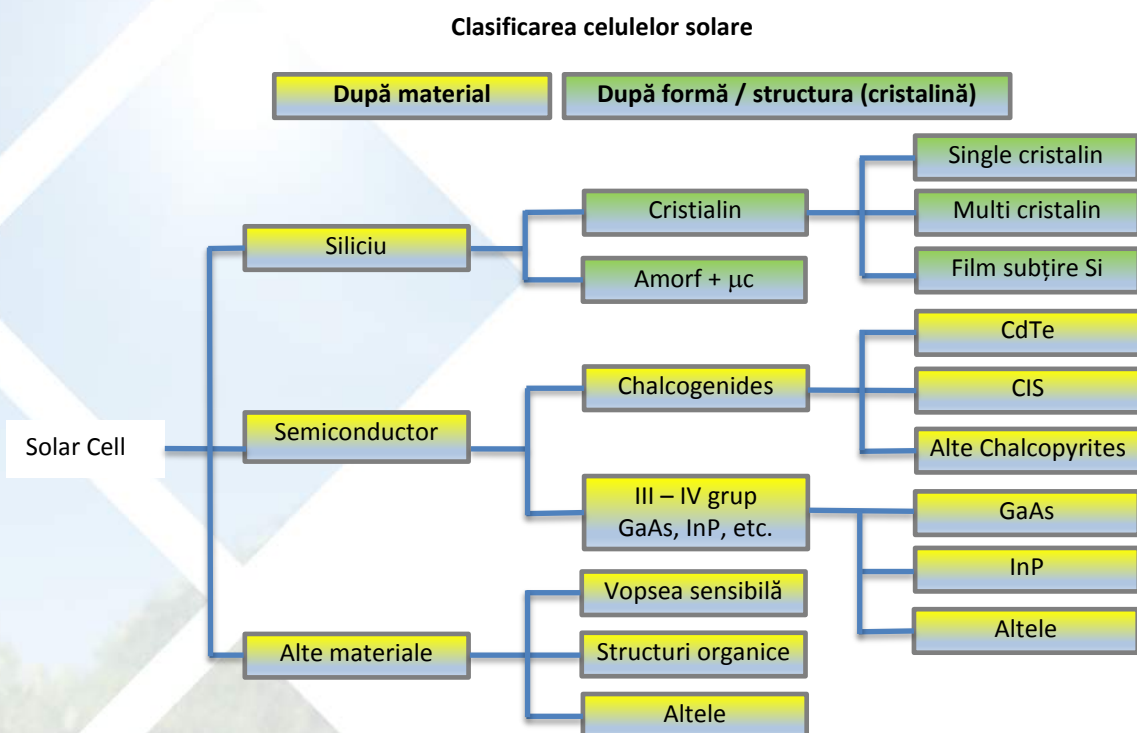


Fig. 1. Materiale folosite la fabricarea celulelor solare

Source: S.M. Pietruszko (red.): *Projektowanie i instalacja systemów fotowoltaicznych. Przewodnik dla instalatorów*. Warszawa, 2016.

Celule solare monocristaline cu siliciu

Cristalele de siliciu rotund sunt cultivate prin tehnica Czochralski (Cz-Si) din topitură pornind de la un cristal mic de semințe și tragând cristalul în creștere de rotație de pe suprafața topiturii. Industria este capabilă să livreze cristale cu un diametru de până la 30 cm și o lungime mai mare de un metru. Cristalul rotund este tăiat la o tijă pătrată și apoi tăiat cu ferăstraie multi-sârmă în plachete cu o grosime de aproximativ 0,3 mm.

Avantaje și dezavantaje:

- monocristalele au proprietăți excelente, dar sunt relativ scumpe,
- eficiențe bune obținute în producție (14-17,5%).

Celule solare multicristale de siliciu

Dacă se răcește o topitură de siliciu într-un creuzet, siliciul se solidifică într-o structură de granule grosiere denumită "multicristalină" (mc-Si), ceea ce înseamnă policristalină cu granule mari în intervalul mm-cm.

Tehnologiile pentru fabricarea celulelor solare sunt destul de asemănătoare cu cele aplicate plachetelor monocristaline, dar din cauza calității materialelor puțin inferioare, eficiențele

celulare obținute sunt mai mici. Deoarece plăcile de mc-Si sunt mai ieftine decât cele de la monocristale, tehnologia mc-Si a devenit tehnica dominantă în industrie.

Avantaje și dezavantaje:

- costuri mai mici pentru producerea de napolitane mc-Si decât cu monocristaline Si,
- datorită calității scăzute, eficiențele celulare obținute sunt cu 1 până la 2 puncte procentuale mai mici decât cele ale celulelor mono-Si,
- toți pașii din acest proces pot fi ușor simplificați.

Celulă siliconică amorfă

Celulele solare amorse Silicon (a-Si) sunt în curs de dezvoltare de la începutul anilor 1980. Celula solară a-Si își fascinează, deoarece promite să combine siliconul bine cunoscut cu un substrat foarte ieftin, folosind tehnici de depunere pe o suprafață mare. În ciuda eforturilor mari de dezvoltare și a investițiilor mari, rezultatele sunt încă limitate în ceea ce privește calitatea produselor și costul fabricării.

Structura și fabricarea

Siliconul amorf este preparat prin depunerea în strat subțire a straturilor subțiri din silan (SiH_4). Sticla de sodă sodică ieftină poate fi utilizată ca substrat, deoarece depunerea se face la temperaturi destul de scăzute. O cantitate mare de hidrogen este încorporată în timpul procesului de plasmă și acest hidrogen este esențial pentru compensarea electrică a defectelor, îmbunătățind astfel considerabil calitatea materialelor.

Straturile foarte subțiri în intervalul de la una până la două μm sunt suficiente deoarece a-Si are un coeficient de absorbție mare. Conductivitatea straturilor pure este intrinsecă (tip i), dar ele pot fi dopate de tip p și n prin adăugarea de bor sau compuși fosforici, respectiv, la gazul din reactor.

Avantaje și dezavantaje

- depunerea pe o suprafață mare, destul de ușoară,
- foarte puține materiale necesare deoarece o grosime a stratului de 1 μm este suficientă,
- Integrarea seriei prin separarea celulelor și contactarea structurată bine dezvoltată,
- în eficiența producției sunt întotdeauna sub 10%;
- eficiența se degradează în condiții de iluminare, iar eficiența modulului stabilizată este în mare parte între 6 și 8% pentru celulele multijunctive și sub 6% pentru celulele cu mononucleare,
- celula multijuncțională prezintă o eficiență mai bună și o stabilitate mai bună, însă costurile de producție sunt cu mult mai mari.

Cota de piață curentă a tehnologiilor

Siliconul cristalin, în cele trei soiuri Cz-Si (mono-Si), multi-Si și panglică, domină piața, cu o cotă de peste 92%. În această categorie, ponderea siliciului multicristal crește constant în detrimentul siliciului monocristalin. Partea plăcilor de Si (panglici) rămâne mică. De mai mulți ani, o parte a celulelor subțiri, în cea mai mare parte siliciu amorf, se diminuează. Celulele CdTe și CIS joacă un rol minor, fiind mult mai puțin sub 1% din piața totală.

Produsele de piață și avantajele și dezavantajele acestora

Produsul de bază de pe piața fotovoltaică este "modulul" care conține celule solare interconectate pentru a furniza o ieșire utilă electrică și încapsulate pentru a le proteja de mediul înconjurător.

Majoritatea producătorilor de celule solare fabrică și module, și folosesc propriile lor celule solare. Numai o parte din producția de celule solare se găsește pe piață, iar producătorul independent de module utilizează această sursă pentru produsele sale. Uneori, producătorii de module au dificultăți în a găsi o sursă sigură de celule solare în scopul lor.

Multe materiale semiconductoare pot fi aplicate pentru producerea de celule solare, constituind elemente de bază care produc energie electrică prin conversie fotovoltaică. În prezent, se desfășoară lucrări de dezvoltare pe mai multe tipuri de materiale, structură celulară sau tehnologii de producție și trebuie să treacă ceva timp pentru ca cei mai avantajoși dintre ei să rămână permanent pe piață.

Pentru a compara diferite tehnologii, ar trebui luate în considerare mai multe criterii. Cele mai importante dintre acestea includ:

- posibilitatea de a obține o eficiență ridicată,
- accesibilitatea materialelor aplicate,
- costul acceptabil al materialelor,
- implementarea posibilă a tehnicilor ieftine în procesul de producție în masă,
- stabilitatea elementelor de mai mulți ani (numărate în decenii),
- compatibilitatea produselor și a tehnologiilor lor de fabricație cu cerințele de mediu.

Fotovoltaice și generatoare fotovoltaice

În funcție de tehnologia utilizată, o singură celulă solară generează o tensiune MPP de aprox. De la 0,5 la 2 V. Prin urmare, încărcăturile electrice pot fi rareori executate direct la această joasă tensiune, cu excepția cazului în care acestea sunt mici dispozitive sau jucării. În general, este necesară o tensiune mai mare. Acesta poate fi asigurat prin aranjarea mai multor celule în serie, ca în cazul bateriilor.

Pentru a asigura puterea de ieșire a generatorului solar dorit, mai multe module sau șiruri pot fi conectate în paralel, măbind astfel curentul. Această interconectare modulară permite generatoarelor fotovoltaice să fie proiectate cu ieșiri de la miliwattți până la megawați – toate cu aceeași tehnologie de bază.

Seria conexiune

Tensiunea curentului (I-V) caracteristică

Celulele solare și modulele solare sunt conectate în serie pentru a genera tensiuni globale mai mari.

Într-o conexiune de serie, curentul este același în toate celulele astfel încât tensiunea globală – așa cum se arată în figura 2 pentru trei celule similare – este rezultatul sumei tensiunilor individuale.

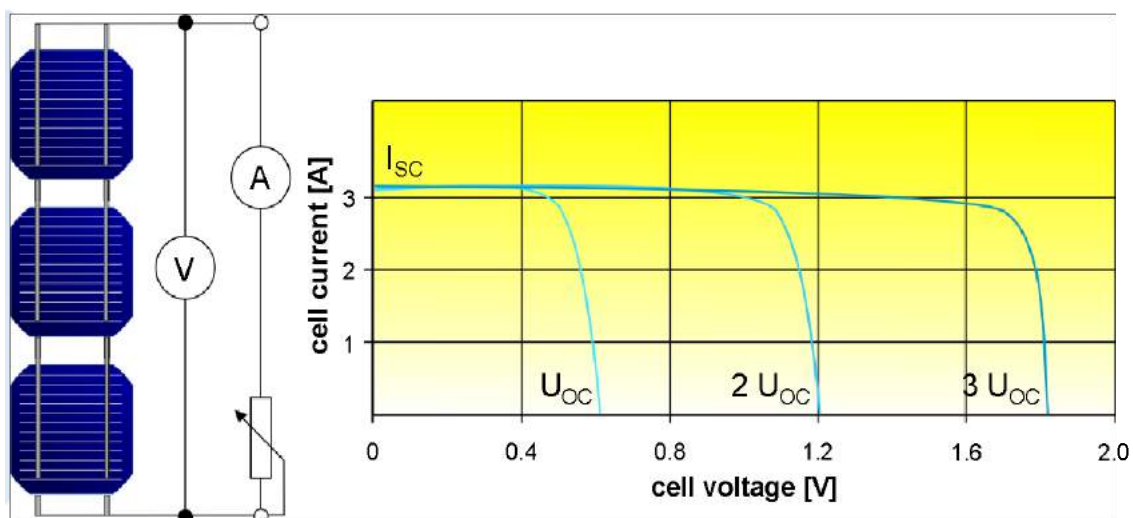


Fig. 2. Conectarea în serie a trei celule solare similare și diagrama lor de curent-tensiune (I-V)
Source: Solarpraxis AG, Berlin, Germany.

Conexiunea în paralel

Dacă sistemul trebuie să producă curenți mai mari, modulele sau șirurile pot fi conectate în paralel, așa cum se arată în figura 3. În conexiunile paralele, toate celulele au aceeași tensiune, iar curentul total este rezultatul tuturor curenților individuali.

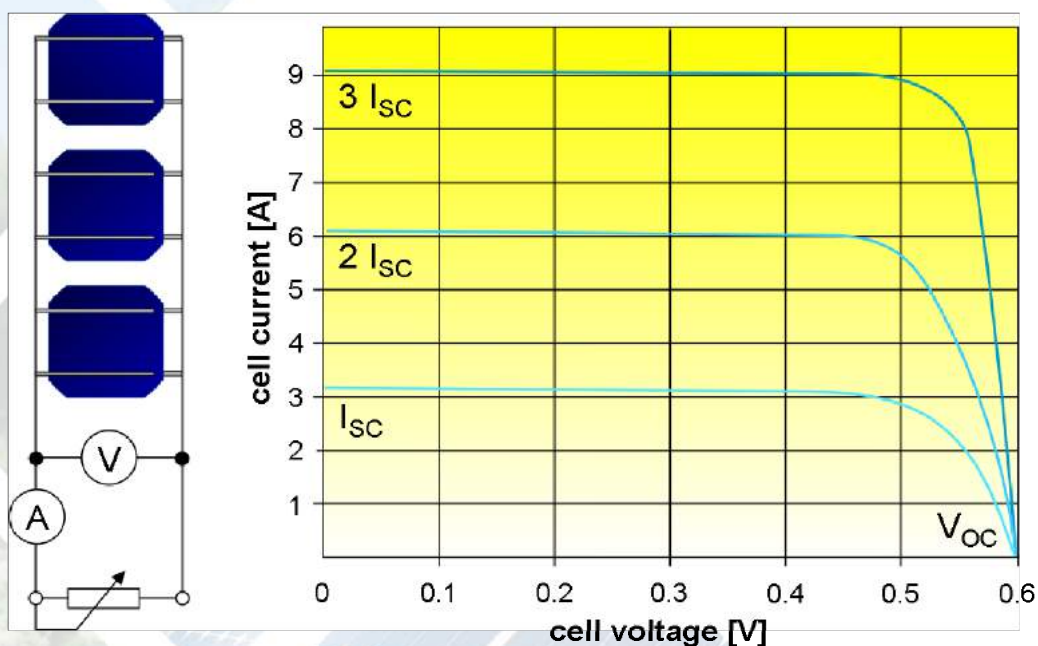


Fig. 3. Conectarea paralelă a trei celule solare similare și diagrama lor de tensiune curentă
Source: Solarpraxis AG, Berlin, Germany.

Schema electrică și curbele caracteristice ale tensiunii curente rezultate pentru un generator solar cu mai multe module solare conectate în serie și în paralel sunt prezentate în figura 4.

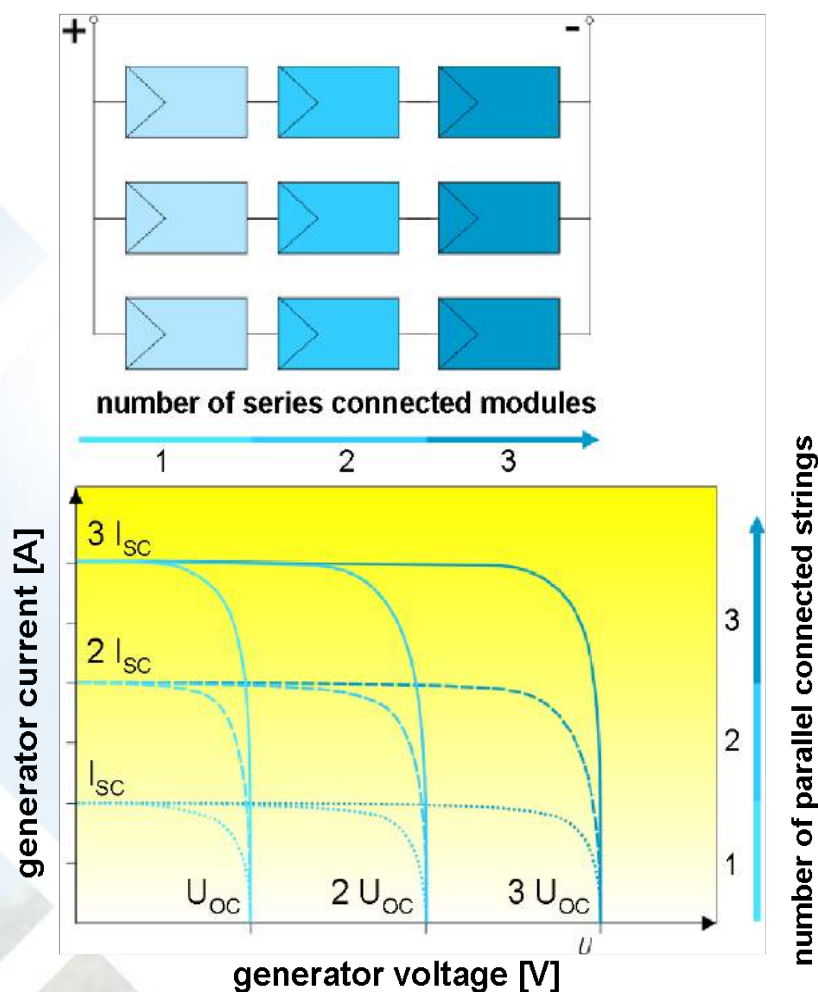


Fig. 4. Module conectate în serie și în paralel și caracteristicile lor de tensiune curentă
Source: Solarpraxis AG, Berlin, Germany.

4.4. Tipuri de sisteme fotovoltaice

Sistemele fotovoltaice trebuie să furnizeze energie curată pentru consumatorii mici și mari. În întreaga lume, multe sisteme fotovoltaice funcționează deja, producând energie pentru locuințe, clădiri, birouri și clădiri publice. Astăzi, instalațiile fotovoltaice pe deplin funcționale funcționează atât pe zonele construite, cât și pe zone în care conexiunea la rețea este dificilă sau în care nu există infrastructură energetică.

Dintre sistemele fotovoltaice, se pot distinge sistemele de insulă care cooperează cu sistemele de rețea sau hibride, inclusiv alte surse de energie electrică, în afară de instalația fotovoltaică. Sistemele islandeze sunt de obicei compuse din trei elemente de bază. Ele conțin generatorul fotovoltaic, stocarea energiei (de obicei bateria) și controlerul de încărcare. Este o configurație de bază pentru receptoare alimentate cu tensiune DC.

Dacă este necesar să alimentați receptorul cu tensiune AC, trebuie instalat un invertor fotovoltaic. Sistemele fotovoltaice conectate la rețeaua electrică sunt cele mai populare. Sistemele sunt caracterizate printr-o construcție simplă, incluzând două elemente principale: generator fotovoltaic și invertor de rețea fotovoltaică. În funcție de performanța instalației, energia electrică produsă poate fi vândută integral sau o parte din energia produsă poate fi consumată pentru nevoile proprii.

Apariția unor noi soluții structurale pentru invertoarele fotovoltaice este posibilă datorită algoritmilor avansați de reglare a fluxului de energie. Aceste dispozitive sunt destinate în principal pentru a fi utilizate în microîntreținere.

Configurațiile sistemelor fotovoltaice pot include și surse suplimentare de energie, cum ar fi centrale eoliene, celule de combustie sau generatoare de energie electrică. Tipul de instalație depinde în principal de nevoile investitorului. Cunoașterea mai multor opțiuni de configurare a sistemelor fotovoltaice, împreună cu o discuție detaliată privind avantajele și dezavantajele anumitor cazuri, constituie cunoștințele fundamentale privind opțiunile de utilizare a sistemelor fotovoltaice și proiectarea relevantă a sistemului fotovoltaic care răspunde așteptărilor investitorului

Avantajele și dezavantajele sistemelor ON-GRID și OFF-GRID

Sistemele conectate la rețea – pe rețea – (conectate la rețea) utilizează energie fotovoltaică datorită profitabilității economice, siguranței energetice sau ecologiei. O altă diferențiere se poate face între utilizatorii individuali (prosumatori) și industriali.

Sisteme conectate la rețeaua de alimentare rețea la rețeaua electrică, introducând-o la rețea prin inverter. Acestea pot fi sisteme de alimentare care vin la mai multe kW, instalate de obicei pe acoperișurile clădirilor, care creează sisteme energetice împrăștiate sau sisteme centralizate de energie care vin în MW. În aceste sisteme pot fi utilizate elementele clădirilor existente, cum ar fi acoperișurile, fațadele și barierele de zgomot pe șosele sau structurile speciale de cadru special amenajate în aer liber pentru ansamblul modulului PV.

Sistemele off-grid din sistemele fotovoltaice autonome sunt utilizate în locuri unde este imposibil să le conectați la rețea (sau acolo unde tragerea rețelei este mai scumpă decât reglarea sistemului fotovoltaic), de ex. în zonele rurale sau în țările cu infrastructură energetică foarte puțin dezvoltată. Atunci când astfel de sisteme au puteri mari, se folosesc termeni precum sistemele autonome și microgrida.

Sistemele fotovoltaice care livrează direct sarcina electrică

Acestea sunt cele mai simple sisteme echipate cu panou fotovoltaic și sarcină electrică care permit utilizarea energiei electrice numai atunci când soarele strălucește.

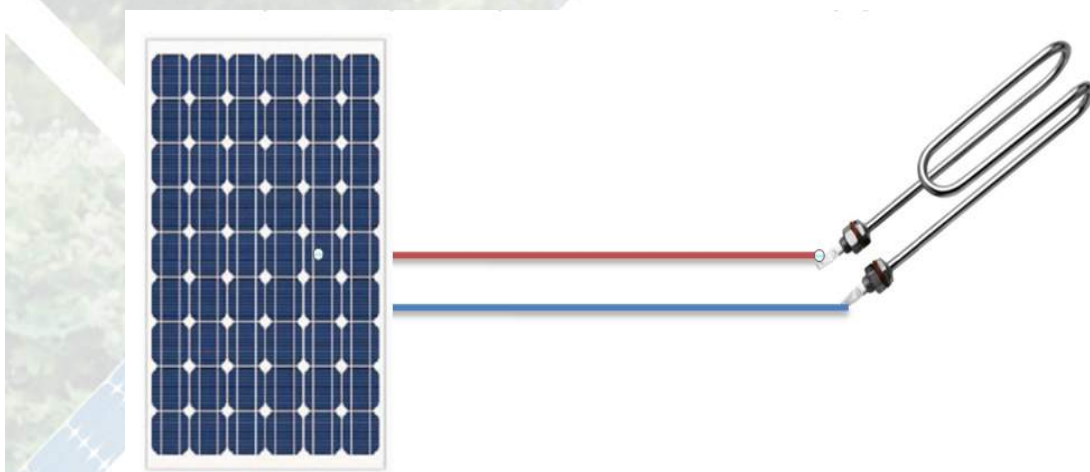


Fig. 1. Exemplu de sistem care livrează direct încărcături
Source: own development

Sisteme fotovoltaice autonome cu stocare de energie cu receptoare DC

Sistemul este echipat suplimentar cu controler de încărcare și baterii electrochimice care permit stocarea surplusurilor de energie electrică și utilizarea acestora într-un timp diferit atunci când radiația solară este insuficientă pentru producerea energiei necesare sau când nu există nici o radiație.

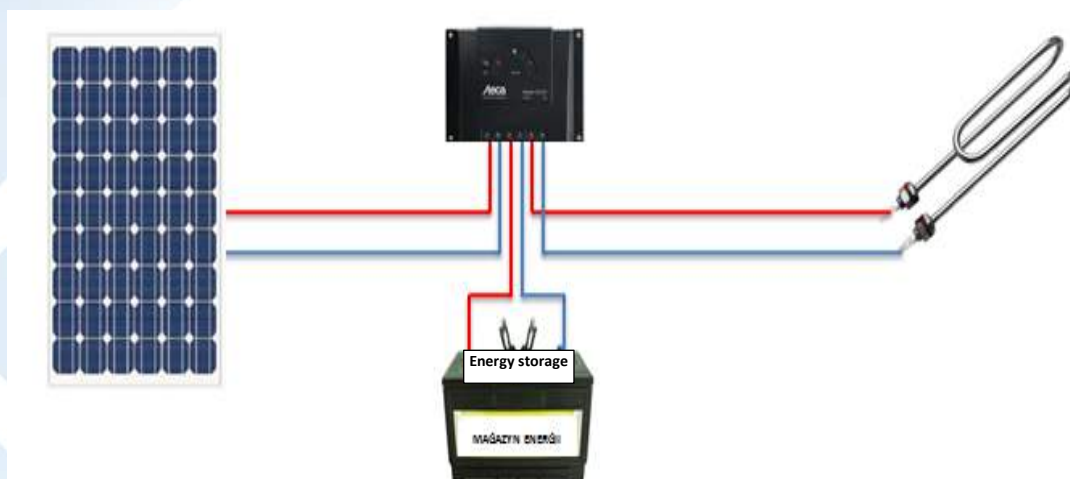


Fig. 2. Exemplu de sistem autonom autonom cu stocare de energie
Source: own development

Sisteme fotovoltaice autonome cu stocare de energie cu receptoare AC

Sistemul dotat suplimentar cu invertorul DC / AC care permite alimentarea receptoarelor AC, dar nu neapărat conectate la rețeaua electrică. Permite alimentarea instalațiilor de curent alternativ, cum ar fi cele din rețeaua electrică clasică.

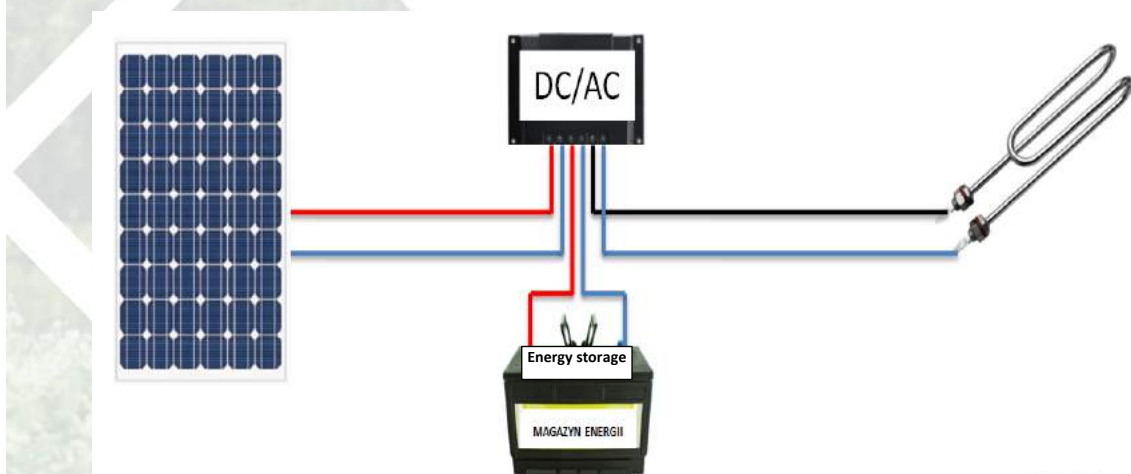


Fig. 3. Exemplu de sistem autonom autonom cu stocare de energie
Source: own development

Sisteme fotovoltaice autonome cu alimentare în standby

Dacă este necesar să se asigure continuitatea alimentării în sistemele autonome în care nu există acces la rețeaua electrică, soluția este de a aplica un generator de motor ca sursă de alimentare în standby pentru a produce energie atunci când producția de PV este insuficientă.

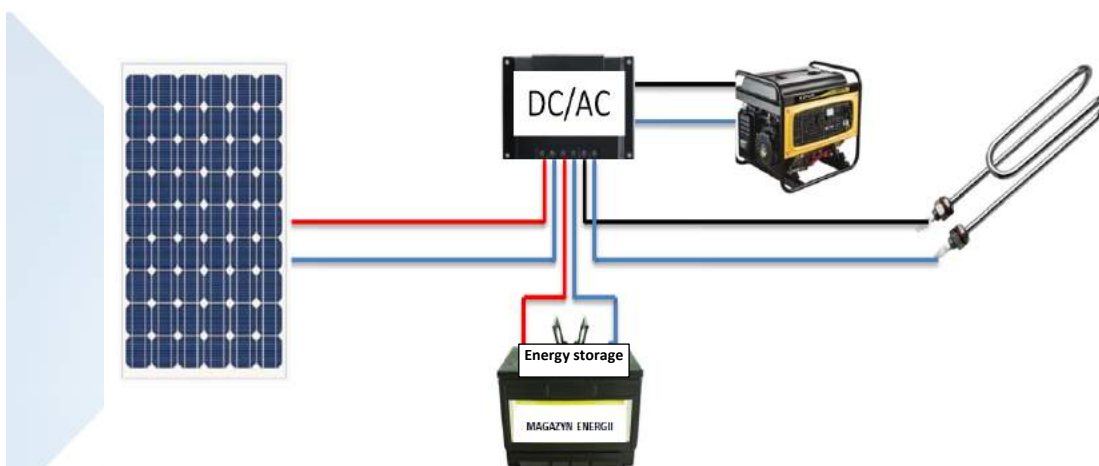


Fig. 4. Exemplu de sistem autonom autonom cu stocare de energie și energie în standby

Source: own development

Sistemele fotovoltaice conectate la rețeaua electrică

Sistemul dotat suplimentar cu invertorul DC / AC care permite alimentarea receptoarelor AC conectate la rețeaua electrică. Permite alimentarea receptoarelor de curent alternativ din rețeaua electrică sincronizată și instalarea PV și furnizarea energiei produse în această instalație la rețeaua electrică.

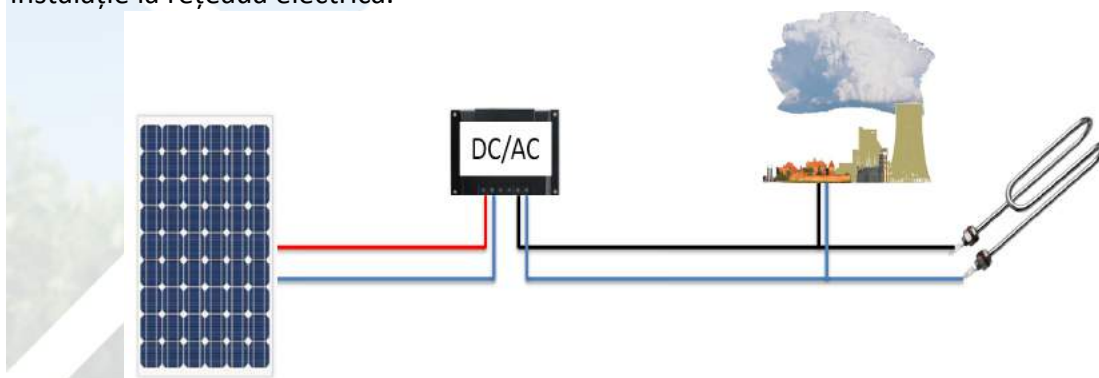


Fig. 5. Exemplu de sistem AC conectat la rețeaua electrică

Source: own development

Sisteme fotovoltaice fără satisfacerea cerințelor proprii – vânzări totale de energie electrică către SEE

Sistemele care dau toată energia produsă rețelei electrice constituie un exemplu special al sistemului fotovoltaic. Aceasta este una dintre cele mai simple soluții ale instalației fotovoltaice. Astfel de sisteme sunt aplicate atunci când scopul investițional al instalației fotovoltaice este vânzarea energiei electrice produse în întregime către sistemul de alimentare (SEE).

Sistemele fotovoltaice care îndeplinesc parțial cerințele proprii

Soluția prezentată aici permite utilizarea producției de energie electrică în sistemele fotovoltaice pentru satisfacerea parțială a cerințelor proprii. Restul de energie este alimentată din rețeaua electrică. Datorită unei astfel de soluții, consumatorul își poate reduce facturile de energie prin utilizarea producției din sistemul fotovoltaic pentru nevoile proprii.

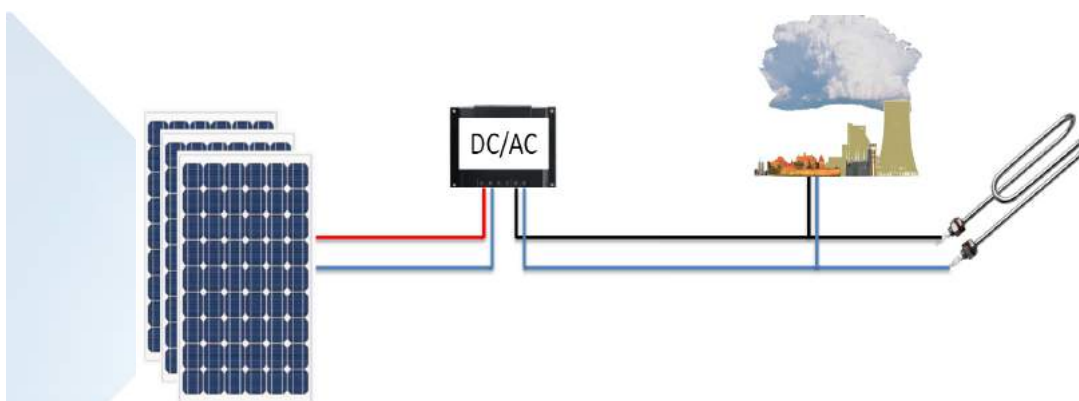


Fig. 6. Exemplu de sistem AC conectat la rețeaua electrică care îndeplinește parțial cerințele proprii (mai multe module)

Source: own development

Depozitarea energiei în sistemele conectate la rețeaua electrică

Stocarea energiei electrice are loc cu utilizarea bateriilor. Sunt disponibile mai multe tipuri de baterii, începând de la acid, gel, prin nichel, la baterii cu litium. Fiecare tehnologie este caracterizată prin durata de viață calculată în ani, numărul de cicluri de încărcare și descărcare, adâncimea de descărcare, curentul maxim de ieșire etc. Selectarea unei baterii bune trebuie precedată de o analiză a parametrilor de mai sus în funcție de scopul planificat al bateriei. În prezent, piața globală oferă o gamă largă de depozite de energie de orice tip. Tehnologia litium-ion, care asigură o operațiune de depozitare sigură, fără întreținere, cu un număr mare de cicluri de până la 15.000 de cicluri, este tehnologia dominantă.

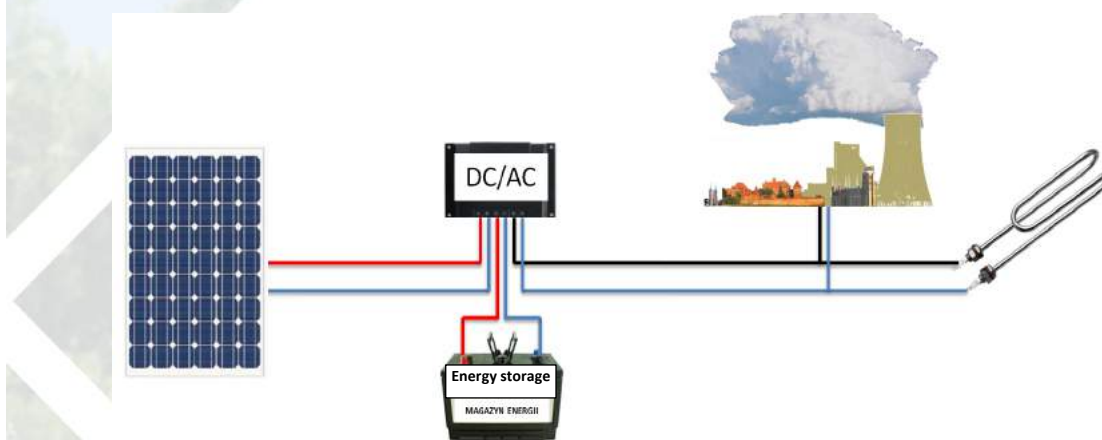


Fig. 7. Exemplu de sistem AC conectat la rețeaua electrică cu stocare de energie

Source: own development

Sisteme hibride cu sursa fotovoltaică

Sistemele hibride cu sursa fotovoltaică permit multe variante de utilizare a instalației fotovoltaice.

În funcție de cerințe, energia produsă de sistemul PV poate:

- alimentarea directă a receptorului,
- alimentarea cu energie,
- alimentarea receptorului și darea la rețea,
- dau rețelei,
- alimentarea receptorului, alimentarea și stocarea rețelei.

Cooperarea turbinelor eoliene cu instalația fotovoltaică

Pentru a îmbunătăți eficiența obținerii energiei din SRE, pot fi construite sisteme integrate cu turbine eoliene. O astfel de instalare necesită utilizarea unui invertor, care, în afară de posibila cooperare cu modulele PV, poate coopera cu generatorul eolian. Dacă nu există un astfel de invertor, soluția este aplicarea a două invertoare separate (unul la sistemul PV, cel de-al doilea pentru sistemul eolian) cu un driver suplimentar care integrează funcționarea acestor două surse.

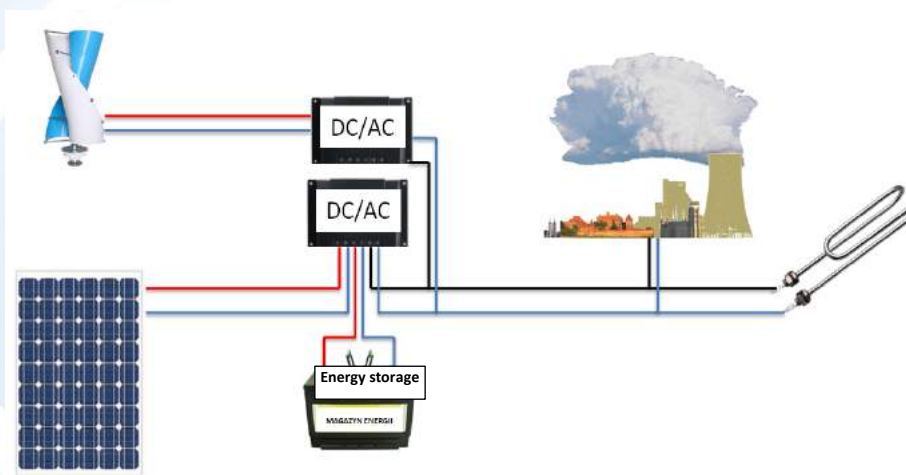


Fig. 8. Exemplu de sistem hibrid AC conectat la rețeaua electrică cu stocare de energie și generator de energie eoliană

Source: own development

Cooperarea unității de generare a energiei și a celulelor de combustie cu instalația fotovoltaică

O astfel de instalație care permite colaborarea cu unitatea generatoare de energie și cu celulă de combustibil constituie un tip special de instalație fotovoltaică. În acest caz, este necesar să se instaleze un mecanism special de gestionare a fluxului de energie între aceste elemente active ale rețelei pentru a optimiza utilizarea energiei și o astfel de schimbare a elementelor sale particulare, pentru a asigura consumatorului continuitatea furnizării energiei electrice.

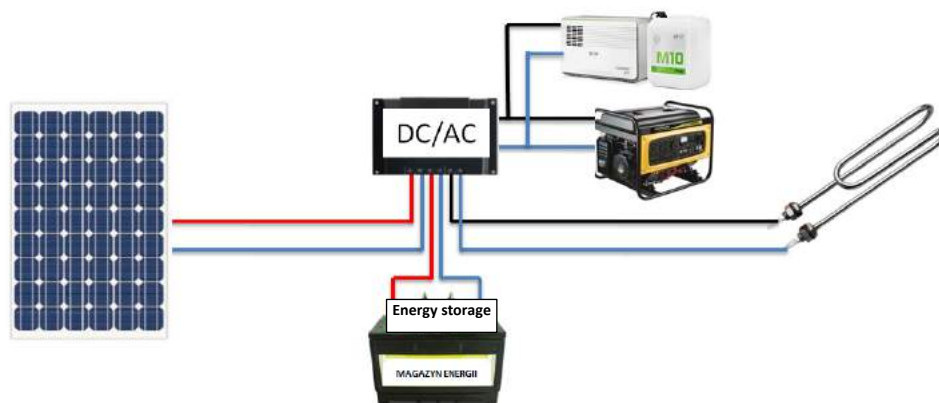


Fig. 9. Exemplu de sistem AC conectat la rețeaua electrică cu celulă de combustie, unitate generatoare de energie și stocare de energie

Source: own development

Soluții structurale pentru sisteme integrate cu clădirea

În zonele construite, sistemele fotovoltaice pot fi instalate pe partea superioară a acoperișului (clădire ajustată la sistemele fotovoltaice – BAPV) sau pot fi integrate în elevația sau acoperișul clădirii (cunoscute ca sisteme PV integrate în clădire – BIPV). Sistemele fotovoltaice moderne nu se limitează la panouri pătrate și plate. Ele trebuie să fie curbate, flexibile și integrate în structura clădirii. Inginerii și inginerii inovatoare propun în modelele lor metode noi de integrare a PV și de a crea clădiri care sunt dinamice, frumoase și asigură o energie liberă și curată în timpul vieții.

Aplicația fotovoltaică de construcție (BAPV) și fotovoltaica integrată în construcții (BIPV) constituie sisteme fotovoltaice în care modulele sunt instalate pe clădiri pentru a îndeplini funcția de sursă principală sau auxiliară de energie. Aceste soluții sunt foarte economice, deoarece nu necesită o zonă suplimentară, folosiți doar suprafețele deja existente, adesea nefolosite, precum acoperișurile sau fațadele. BAPV sunt instalații asamblate pe elementele de construcție existente, cum ar fi acoperișuri, lucarne, fațade, balcoane, adăposturi etc. BIPV este compus din elemente fotovoltaice care înlocuiesc materialele de construcție standard, devenind o parte a clădirii. Acestea pot fi de ex. celule sub formă de plăci de acoperire, plăci de placare, geamuri de sticlă etc. Pot fi construite astfel de suprafețe cum ar fi acoperișuri, fațade, luminatoare etc. Acestea sunt instalate de obicei în clădiri noi, dar pot fi asamblate și în structuri deja existente, de ex. în curs de renovare. Avantajul BIPV este o parte din costurile unui astfel de sistem care acoperă fondurile salvate pe materialele înlocuite cu elemente PV. Ele sunt, de asemenea, adesea caracterizate prin aspectul estetic.



Fig. 10. Integrarea fotovoltaică a clădirilor (BIPV)
Source: <http://www.wfosigw.lodz.pl> [access: 10 May 2018]

Sisteme care nu sunt integrate cu clădirile

Acestea sunt sisteme construite direct la sol ca instalații independente. Acestea permit investitorilor să construiască centrale electrice fotovoltaice de puteri care vin la câteva sute MWp.

În plus, nu exclude construirea de instalații mici (acasă) sau de mediu industriale. Aceste sisteme sunt construite pe sisteme de asamblare special concepute, care, în funcție de o zonă climatică, bază sau alte condiții de mediu, pot să difere una de alta.



Fig. 11. Sistem independent

Source: <http://tarnow.naszemiasto.pl/tag/farma-sloneczna-wierzchoslawice.html> [access: 10 May 2018]

4.5. Sistem PV – elemente și dispozitive

Diversitatea configurațiilor sistemelor fotovoltaice impune aplicarea unui divers tip de subansamble montate în instalațiile fotovoltaice. Energia electrică produsă în generatorul fotovoltaic trebuie să fie ajustată la parametrii necesari de către dispozitivul de recepție, în timp ce în unele cazuri trebuie stocat și disponibil în afara timpului de lucru al generatorului fotovoltaic. Discuțiile privind elementele de instalare speciale ar trebui să includă o descriere detaliată a funcționării și sarcinilor pe care le efectuează în sistemul fotovoltaic. Instalația fotovoltaică trebuie să fie conectată corespunzător și asigurată împotriva rezultatelor supraîncărcării, scurtcircuitelor, supratensiunilor și fulgerului.

Elementele sistemelor PV

Elementele de bază ale instalațiilor fotovoltaice, nomenclatura și semnificația acestora sunt definite în standardul PN-HD 60364-7-712: 2016-05 Instalații electrice de joasă tensiune – Partea 7-712: Cerințe pentru instalații sau locații speciale – Sisteme fotovoltaice (PV)

În conformitate cu standardul menționat, în instalația fotovoltaică se pot distinge următoarele elemente:

- **celula PV** – elementul de bază al sistemului fotovoltaic care produce energie electrică în condițiile de expunere la lumină, cum ar fi radiația solară,

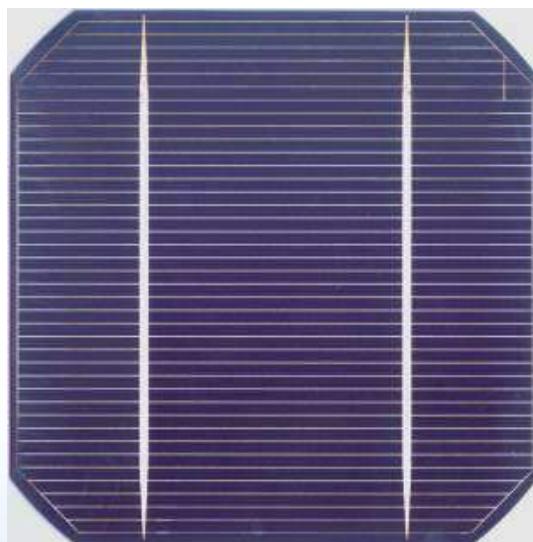


Fig. 1. Aspectul exemplar al unei singure celule PV

Source: <https://pveducation.org/pvcdrom/manufacturing/single-crystalline-silicon> [access: 20 June 2018]

- **modul PV** – cel mai mic set de celule PV interconectate, protejat împotriva impactului asupra mediului,

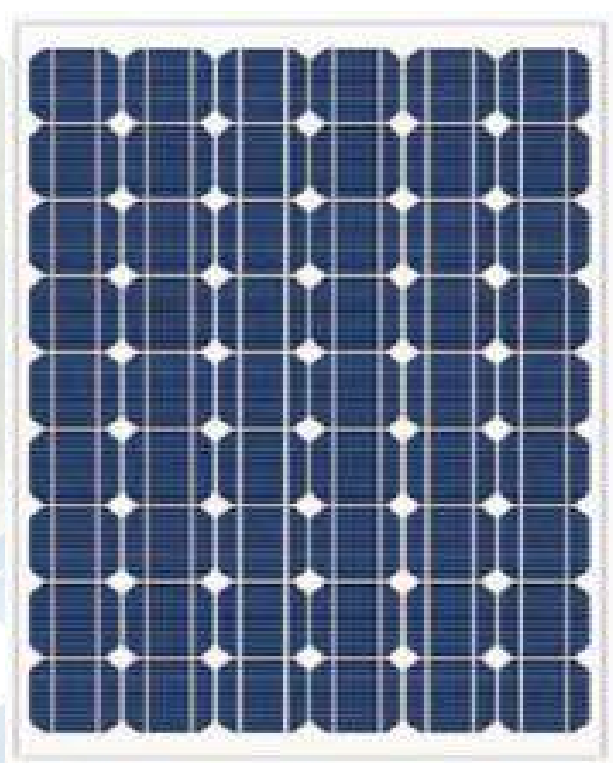


Fig. 2. Aspectul exemplar al modulului PV

Source: <http://www.photon-solar.eu/> [access: 20 June 2018]

- **lanțul PV** – circuit în care modulele PV sunt conectate în serie pentru a produce tensiunea de ieșire necesară în colectorul fotovoltaic,

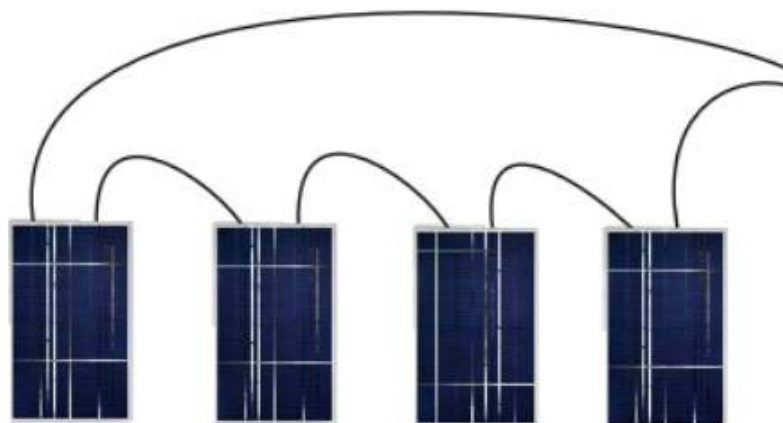


Fig. 3. Aspectul exemplar al lanțului PV

Source: <http://www.nuvisionenergy.co.uk/> [access: 20 June 2018]

- **colector PV** – set integrat mecanic și electric de module fotovoltaice și alte elemente necesare care creează o unitate de alimentare cu curent continuu,
- **caseta de joncțiune a colectorului PV** – carcasă în care toate lanțurile PV ale oricărui colector PV sunt conectate electric și unde, dacă este necesar, poate fi aplicată o protecție,



Fig. 4. Aspectul exemplar al cutiei de joncțiuni DC

Source: <https://www.leoni-solar-windpower.com/en/products-services/generator-combiner-boxes/general-information/> [access: 20 June 2018]

- **generator PV** – set de colectoare PV,
- **lanț PV** – fir care leagă module PV care creează un lanț,
- **sârmă de colectare fotovoltaică** – cablu de ieșire al colectorului fotovoltaic,
- firul principal DC al sistemului fotovoltaic – fir care leagă cutia de joncțiune a generatorului fotovoltaic cu cleme DC ale invertorului fotovoltaic,
- **invertor PV** – dispozitiv care convertește tensiunea și curentul DC în tensiune și curent AC,



Fig. 5. Tipuri de probe de invertoare fotovoltaice

Source: <https://www.ecosoch.com/types-of-solar-on-grid-inverters-micro-string-central-2/> [access: 20 June 2018]

- **Cablu de alimentare PV** – cleme de conectare cabluri de inverter AC și PV cu circuite de recepție a instalației electrice,
- **modulul AC al sistemului fotovoltaic** – modul integrat / inverterul unde toate clemele de conectare sunt cleme de curent alternativ. Nu există acces la partea DC,
- **Instalarea PV** – dispozitive instalate și conectate ale sistemului de alimentare cu energie electrică.

O problemă separată în instalația fotovoltaică constă în criteriile de selecție a tipului de protecție și de selectare a valorii de protecție în instalația fotovoltaică pentru a asigura siguranța utilizatorilor și dispozitivelor sistemului fotovoltaic. O atenție deosebită ar trebui acordată principiilor de selecție a protecției la suprasarcină și protecției împotriva curenților reversibili.

Principiul de funcționare al inverterului fotovoltaic

Convertorul DC / DC sau DC / AC este un dispozitiv care convertește energia electrică obținută de la generatorul fotovoltaic. Indiferent de natura tensiunii de ieșire, pe intrarea convertizorului există un dispozitiv de urmărire a punctelor de putere maximă (MPPT) care rezultă din caracteristicile de tensiune curentă ale generatorului fotovoltaic. Funcționarea corectă a sistemului MPPT permite maximizarea randamentului energetic al instalației fotovoltaice prin menținerea producției de energie electrică la cel mai înalt nivel realizabil în condițiile schimbării expunerii la soare. Alte sisteme electronice de energie sunt responsabile pentru reglarea nivelului de tensiune corespunzător domeniului de aplicare a tensiunii de încărcare a acumulatorului – dacă este cazul. În cazul alimentării dispozitivelor cu curent alternativ, este necesar să se aplice sistemul de formare a tensiunii (inverter). Ieșirea inverterului ON-GRID este conectată direct la circuitele furnizate de rețeaua electrică sau de rețeaua separată. Conectarea inverterului la rețea este echivalentă cu conectarea sursei de tensiune AC la sistemul existent. În acest caz, este necesar să se aplice sisteme de sincronizare integrate în invertoare ON-GRID. Convertizoarele OFF-GRID nu au astfel de sisteme, de aceea ieșirea inverterului OFF-GRID nu poate fi conectată direct la rețeaua electrică. Dispozitivele care au ambele funcții de operare – OFF-GRID și ON-GRID – sunt excepții.

Convertorul DC / DC sau DC / AC este un dispozitiv care convertește energia electrică obținută de la generatorul fotovoltaic. Indiferent de natura tensiunii de ieșire, pe intrarea convertizorului există un dispozitiv de urmărire a punctelor de putere maximă (MPPT) care rezultă din caracteristicile de tensiune curentă ale generatorului fotovoltaic. Funcționarea corectă a sistemului MPPT permite maximizarea randamentului energetic al instalației fotovoltaice prin menținerea producției de energie electrică la cel mai înalt nivel realizabil în condițiile schimbării expunerii la soare. Alte sisteme electronice de energie sunt responsabile pentru reglarea nivelului de tensiune corespunzător domeniului de aplicare a tensiunii de încărcare a acumulatorului – dacă este cazul. În cazul alimentării dispozitivelor cu curent alternativ, este necesar să se aplice sistemul de formare a tensiunii (invertor).

Printre invertoarele produse, se pot distinge trei tipuri de bază:

Invertor de rețea (ON-GRID)

Ieșirea invertorului ON-GRID este conectată direct la rețeaua electrică sau la rețeaua separată. Conectarea invertorului la rețea este echivalentă cu conectarea sursei de tensiune AC la sistemul existent. În acest caz, este necesar să se aplice sisteme de sincronizare care sunt integrate în invertoarele de rețea. Invertoarele de rețea ajustează tensiunea generată la modelul preluat din rețeaua electrică. În plus, invertoarele de rețea au protecție care împiedică generarea tensiunii în cazul pierderii alimentării cu energie electrică în rețeaua electrică. Acest lucru este dictat de siguranța persoanelor care efectuează reparații în timpul deconectărilor intense de tensiune.

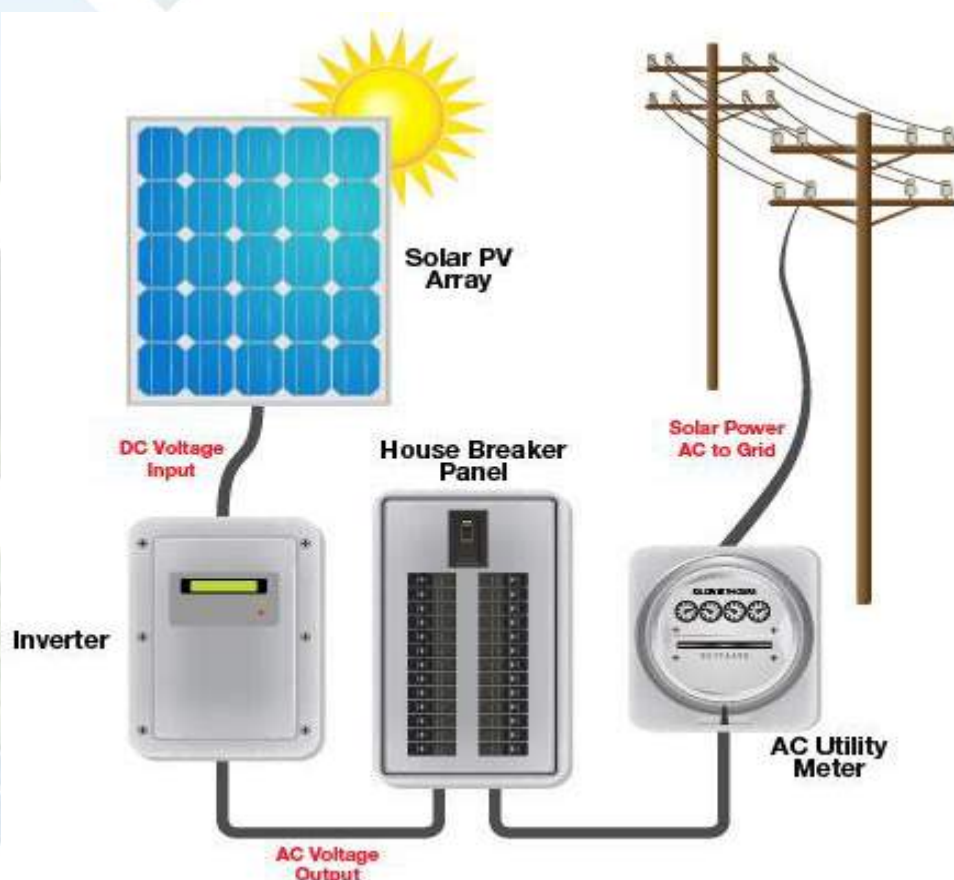


Fig. 6. Invertor ON-GRID în instalația fotovoltaică

Source: <http://alternateenergycompany.com/how-solar-pv-panels-works-with-the-grid/> [access: 20 June 2018]

Invertor independent (OFF-GRID)

Invertoarele de rețea sunt ajustate la generarea de tensiune alternativ sinusoidal, pe baza modelului de tensiune programat. Datorită lipsei sistemelor de sincronizare pe ieșirea invertoarelor izolate, este imposibil să se conecteze la rețeaua electrică. Ar prezenta un risc de deteriorare a ieșirii inverterului.



Fig. 7. Invertorul OFF-GRID din instalația fotovoltaică

Source: <https://www.quora.com/How-does-off-grid-solar-plant-work> [access: 20 June 2018]

Invertor hibrid

Invertorul hibrid este structura cea mai avansată.

Acest dispozitiv poate funcționa ca OFF-GRID și ON-GRID.

În plus, acesta poate coopera cu stocarea energiei.

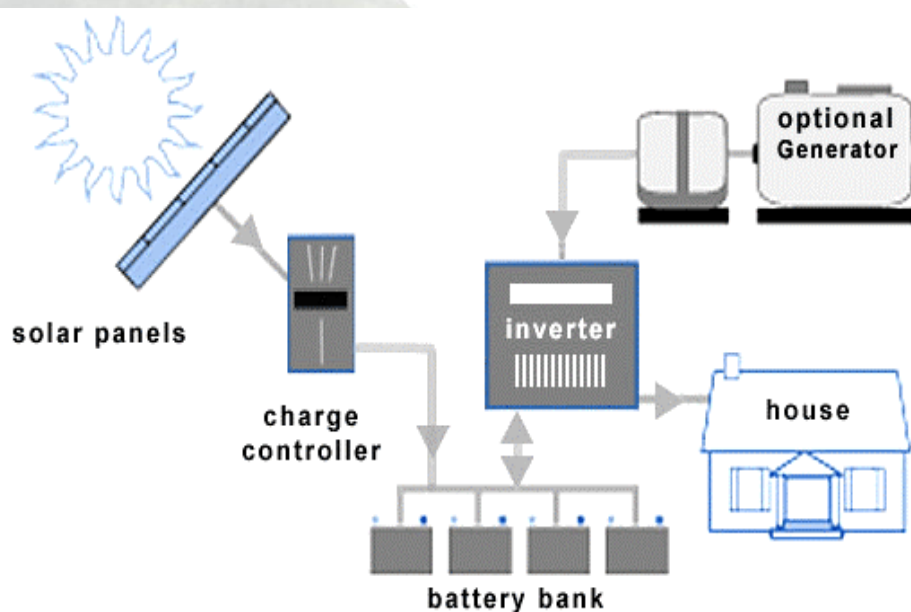


Fig. 8. Instalarea PV cu invertorul hibrid

Source: <http://energyinformative.org/wp-content/uploads/2012/05/off-grid-solar-system.png> [access: 20 June 2018]

Sisteme MPPT în invertoare fotovoltaice

Indiferent de tipul invertorului, pe intrarea convertorului există un dispozitiv de urmărire maximă a punctului de putere (MPPT). Monitorul punctului de putere maxim al generatorului fotovoltaic se modifică sub influența unor factori cum ar fi intensitatea radiației solare, temperatura celulei fotovoltaice, unghiul de incidență al radiației solare etc. Funcționarea corectă a sistemului MPPT permite maximizarea randamentului energetic de la instalația fotovoltaică până la menținerea producției de energie electrică la cel mai înalt nivel realizabil în condiții atmosferice în schimbare.

4.6. Selectarea soluțiilor tehnice

Cunoștințele despre soluțiile tehnice disponibile în cadrul componentelor sistemului și asamblarea acestora constituie baza la planificarea, proiectarea și performanța instalației fotovoltaice. Planificarea pornește de la estimarea dimensiunii instalării și selectarea locației sale.

Selectarea locului de instalare

Localizarea instalației fotovoltaice ar trebui să permită direcționarea modulelor fotovoltaice spre sud. Instalarea mutată spre sud trebuie să funcționeze cu performanțe mai reduse decât locația acestora se abate de la direcția sudică.

În timp ce se selectează locul de instalare, elementele care au ca rezultat o umbră a instalației, cum ar fi arborii, clădirile învecinate sau chiar liniile electrice aeriene, ar trebui să fie evitate pe calea luminii solare a modulelor fotovoltaice.

Instalația fotovoltaică ar trebui amplasată în apropierea locului planificat sau prezent al conexiunii sale la rețea – nu se referă la instalații autonome.

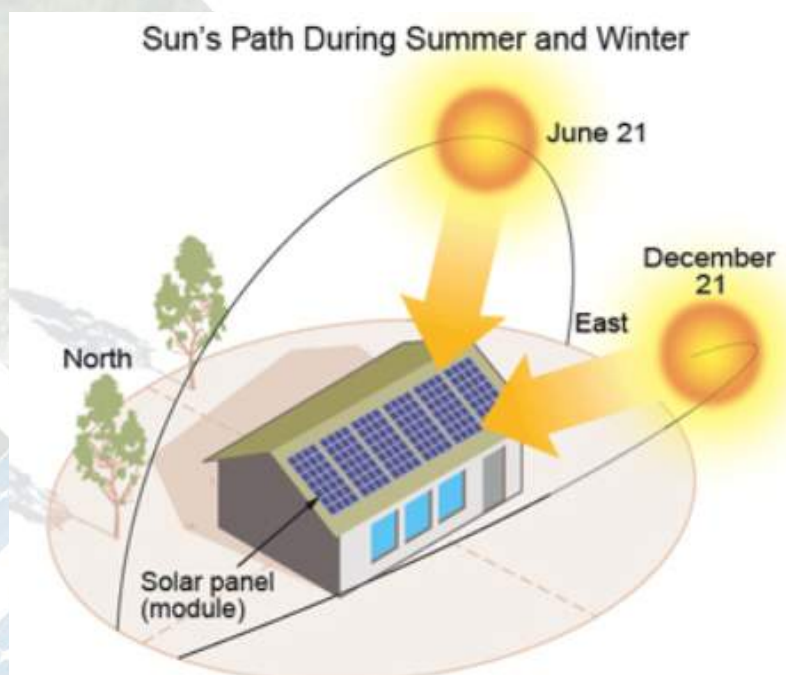


Fig. 1. Amplasarea instalației fotovoltaice

Source: http://www.thesolarplanner.com/array_plaement.html [access: 20 June 2018]

Pentru locația selectată, se estimează valoarea duratei soarelui, pe baza căreia se pot estima randamentele energetice planificate. În prezent, în întreaga lume există o multitudine de software (livrate de producătorii de sisteme și de entitățile specializate numai în acest domeniu) care permit o estimare foarte exactă a randamentului energetic din instalația dată. În plus, acest software permite utilizarea datelor meteorologice externe, cum ar fi ninsori, precipitații, nebulozitatea anuală medie, temperatura. O analiză a condițiilor atmosferice și a condițiilor tehnice permite selectarea unei setări adecvate a modulelor fotovoltaice și a tipului acestora.

Un alt element este distribuția inițială a modulelor fotovoltaice și analiza detaliată a posibilei eclipsări, care pot fi afectate de clădirile existente, de arbori, de linii electrice aeriene etc. Aici, de asemenea, putem folosi întreaga gamă de software specializat care susține acțiunile de mai sus.

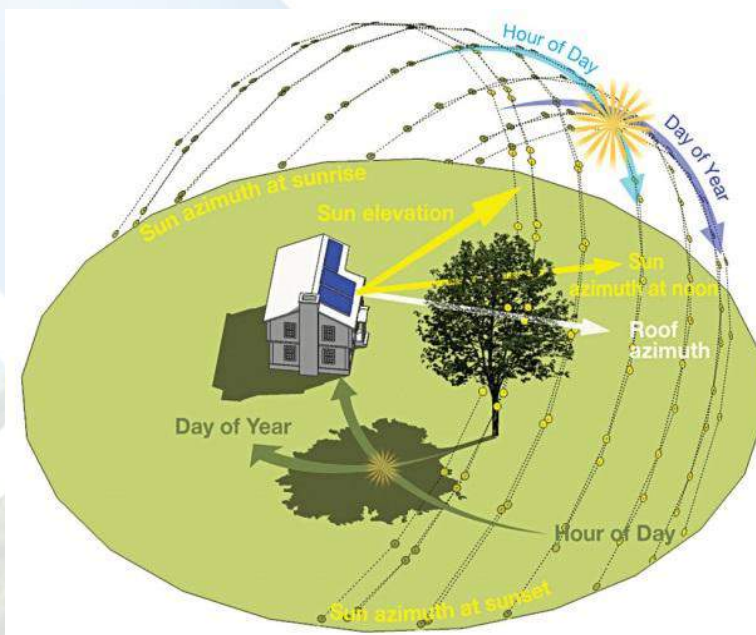


Fig. 2. Exemple de umbră a instalației fotovoltaice

Source: <https://www.homepower.com/articles/solar-electricity/design-installation/energy-basics-shading-and-solar-electric-systems> [access: 20 June 2018]

În cazul instalațiilor de acoperiș sau de fațadă, ar trebui să se determine masa și impactul instalației la instalarea planificată pe rezistența structurală a clădirii. În cazul instalațiilor de acoperiș și fațadă, se recomandă montarea fotovoltaică în zona protejată de instalația de iluminat. În practică, instalația de trăsnet nu este necesară, dar depinde în principal de componentele aplicate în instalația fotovoltaică.

În plus, pentru instalațiile de acoperiș, în funcție de unghi de înclinare al acoperișului, ar trebui să se definească un unghi de înclinare țintă al modulelor instalate și trebuie selectată o instalație de asamblare corespunzătoare care să asigure menținerea acestui unghi. Mai mult decât atât, ar trebui să se determine o direcție țintă a setării modulului PV.

Estimarea zonei de instalare fotovoltaică

În timp ce instalăm pe acoperiș, avem la dispoziție spațiul limitat, redus suplimentar de marjele de asamblare necesare și de obstacolele tehnologice, cum ar fi coșurile, ferestrele de acoperiș, defecțiunile structurale care nu permit montarea modulelor fotovoltaice.



Fig. 3. Suprafața acoperișului disponibilă pentru instalarea PV

Source: <https://news.energysage.com/is-my-roof-even-suitable-for-solar/> [access: 20 June 2018]

Distribuția inițială a modulelor fotovoltaice

O altă etapă constă în distribuirea inițială a modulelor fotovoltaice pe o linie de acoperiș dată. În cazul în care acoperișul cu patru laturi are o linie de acoperiș orientată spre sud sau cu o deformare mică a acestuia, asamblarea în alte direcții poate părea inefficientă, ceea ce ar trebui indicat prin simulare pe calculator. Dacă un acoperiș dat nu este orientat către sud, instalarea în direcția est-vest trebuie să fie cea mai optimă.

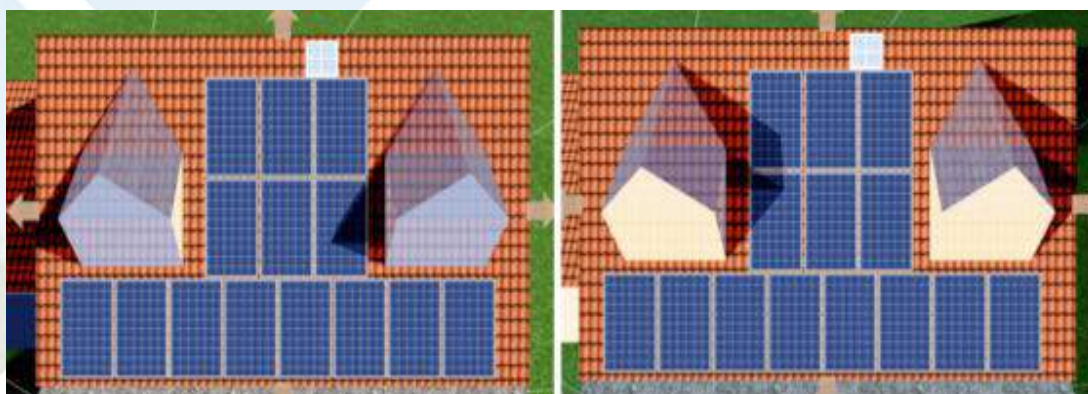


Fig. 4. Suprafață disponibilă pentru instalarea PV

Source: <http://aberdeensolar.com/solar-pv/home-suitable/> [access: 20 June 2018]

Analiza condițiilor tehnice pentru conexiunea de instalare

În etapa următoare, ar trebui analizată conexiunea electrică, la care trebuie ajustată o instalație fotovoltaică dată. Selectarea unui invertor corespunzător depinde de valoarea puterii de conectare. Dacă este necesar să se modifice, ar trebui să se solicite (dacă este necesar) emiterea condițiilor tehnice pentru conectare sau o cerere corespunzătoare către distribuitorul de energie electrică. În cazul instalațiilor autonome, o analiză a conexiunilor trebuie să fie limitată la aceiași receptoare de energie electrică care urmează să fie furnizate din instalația PV.

Impactul vântului asupra modulelor și structurii de susținere

Încărcarea vântului reprezintă o problemă semnificativă și ar trebui luată în considerare la proiectarea instalațiilor solare în regim independent sau pe acoperișurile clădirilor. Puterea vântului crescând cu pătrat de viteză depinde de tipul, dimensiunea și aspectul facilităților din apropiere și din direcția fluxului său. În funcție de forma și de unghiul de înclinare al instalației, astfel, acoperișul, o parte de vânt a instalației este expusă presiunilor vântului, în timp ce o parte înclinată este expusă în mod egal la aspirația vântului.

Depunerea zăpezii pe acoperișurile clădirilor

Cel de-al doilea factor important care trebuie luat în considerare în timpul proiectării instalației fotovoltaice este reprezentat de greutatea nu numai a celulelor fotovoltaice (cu masa de aproximativ $10 \div 20 \text{ kg} / \text{m}^2$, astfel încât forța de presare ajunge la $100 \div 200 \text{ N} / \text{m}^2$) dar și de zăpadă care are loc periodic la care trebuie expusă instalația. Pentru sisteme independente, sistemul de susținere va trebui să suporte mecanic presiunea totală a componentelor și zăpezii. Pentru instalațiile integrate cu clădirea, această sarcină este preluată de structura acoperișului care trebuie selectată în mod adecvat deja în stadiul de proiectare a structurii. Deoarece mărimea zăpezii este diferită pentru diferitele zone ale lumii (în unele nu apare niciodată, în unele este posibil pe tot parcursul anului), țările în parte dezvoltă standarde care definesc valori acceptabile ale încărcării de zăpadă pentru structură. În locurile în care avem de-a face cu zăpada, această problemă ar trebui să fie considerată ca o zăpadă acumulată din punct de vedere electric constituie o umbră a modulului. De aceea, pentru a decide cu privire la instalația fotovoltaică în locurile unde se produce zăpada, putem alege modulul tradițional, având în vedere faptul că, în cazul în care va fi construit pe module, nu vom avea producția curentă sau nu vom alege mai scump module cu un sistem de încălzire care împiedică înghețarea apei pe suprafața modulului.

Tipuri de sisteme de asamblare a modulelor fotovoltaice

Divizarea de bază a sistemelor de montaj pentru modulele fotovoltaice arată după cum urmează:

Sisteme de asamblare acoperișuri



Fig. 5. Exemplu de sistem de asamblare a acoperișurilor destinat plăcilor de acoperiș

Source: <http://www.instsani.pl/519/system-montazu-dla-dachu-pokrytego-dachowka-ceramiczna> [access: 20 June 2018]

Sisteme de asamblare independente



Fig. 6. Exemplu de sistem de asamblare la sol

Source: <https://www.indiamart.com/proddetail/aluminium-solar-mounting-structure-10795911762.html> [access: 20 June 2018]

Sisteme de asamblare mobile



Fig. 7. Sistem de asamblare exemplar bazat pe trackere

Source: <http://www.iparu.com/dual-axis-tracker-pst-2a1> [access: 20 June 2018]

Sisteme de asamblare integrate cu clădirea



Fig. 8. Sistem de asamblare exemplar integrat cu clădirea BIPV

Source: <https://www.solarpowerworldonline.com/2014/12/quick-run-bipv/> [access: 20 June 2018]

Rezistența mecanică a sistemelor de asamblare a modulelor fotovoltaice

Ca orice structură mecanică, un sistem de asamblare a modulelor fotovoltaice trebuie să respecte standardele adecvate, astfel încât acestea să poată fi aplicate pentru implementarea proiectului PV. Sistemele de asamblare trebuie să aibă certificate care să asigure montarea corectă și permanentă a modulelor fotovoltaice.

Principii de aranjare a modulelor fotovoltaice pe acoperișurile clădirilor

Rolul de bază al sistemelor fotovoltaice este producerea de energie electrică din radiația solară. De aceea, atunci când instalați sistemul pe acoperișul clădirii datorită suprafeței active limitate pentru utilizare, ar trebui să organizăm module conform următoarelor principii:

- evitarea umplerii modulelor prin elemente și legume care ies în afara planului de acoperiș,
- toate modulele conectate la un punct de tracțiune maximă ar trebui să asigure aceleași condiții de durată a soarelui (acestea ar trebui să fie fixate în același unghi vertical și orizontal);
- asigurarea marjelor de asamblare și tehnologice necesare pentru a permite funcționarea ulterioară a instalației fotovoltaice.

Evitarea umbririi

Problema de bază este de a organiza module fotovoltaice, astfel încât suprafața acestora să nu fie umbrită pe tot parcursul anului, cel puțin în timpul verii, la sfârșitul primăverii și la începutul toamnei, când durata soarelui este cea mai puternică. Cu toate acestea, în mod obișnuit, în ciuda unei suprafețe semnificative de acoperire "liberă", este periodic umbrită de o serie de elemente existente, cum ar fi coșuri de ventilație, ferestre de acoperiș, stâlpi de antenă, stații de telecomunicații de bază, unități de tratare a aerului, etc.

Evitarea ecoului reciproc

Seturile de module PV aranjate în serie unul după altul se pot umbri reciproc. Cu cât seria dată este mai mare, cu atât este mai mare riscul. Pentru a evita acest lucru, seturile de module fotovoltaice trebuie să fie separate una de alta la o distanță mai mare. În cazul scăderii scăzute a soarelui de iarnă, prin urmare, lumina și umbra relativ mai lungi, această distanță ar trebui să vină la cel puțin trei înălțimi ale unui set de module fotovoltaice care constituie o serie de umbre).

Examinarea condițiilor atmosferice

În plus, un astfel de set trebuie să fie ridicat la o anumită înălțime pentru a elimina consecințele negative ale zăpezii și a acumulării de apă. Înclinarea modulelor mărește înălțimea instalației fotovoltaice, însă este nevoie de un nivel relativ mai orizontal al acoperișului.

Satisfacția cerințelor de încărcare mecanică

Aici trebuie să țineți cont și de cerințele structurale privind încărcăturile maxime care pot fi oprite de acoperișul plat. Alte limitări sunt constituite de condițiile tehnice și de standardele structurale referitoare la, de exemplu, relațiile de înălțime dintre acoperișuri sau educația aerului condiționat și construirea elementelor de acoperiș. În afară de locația pe acoperișurile tradiționale, modulele fotovoltaice sunt din ce în ce mai des aplicate în zona acoperișurilor din sticlă. Acesta reprezintă un alt pas în dezvoltarea tehnologiei fotovoltaice în domeniul construcțiilor și arhitecturii.

4.7. Profilul energetic al consumatorilor

Înainte de determinarea puterii instalației fotovoltaice, ar trebui analizat profilul energetic al unui consumator, determinând cererea sa de energie electrică. Acest lucru se realizează cel mai bine în ciclul zilnic, săptămânal, lunar și anual. Determinarea corectă a cererii de energie electrică constituie baza pentru selectarea puterii generatorului fotovoltaic și a capacității posibile de stocare a energiei. Performanța optimă a unei analize, alegerea corectă a tipului de instalație și a componentelor acesteia trebuie să permită revenirea rapidă a investiției și funcționarea corectă a sistemului fotovoltaic în conformitate cu așteptările investitorului.

Consumul de electricitate în gospodării

Consumul anual de energie electrică la domiciliu depinde de un număr de rezidenți, tipuri de dispozitive electrice deținute și de durata utilizării acestor dispozitive și cu ce frecvență.

Consumul anual de energie electrică la domiciliu

Potrivit statisticilor oficiale, gospodăria 2 + 2 consumă de la 1900 kWh la 2500 kWh pe an (doi părinți și doi copii). Persoanele singure consumă cca. 1000 kWh pe an, în timp ce

o familie 1 + 1 de la 1200 la 1500 kWh. Prin urmare, un număr de membri ai familiei este foarte important pentru consumul de energie electrică. Reducerea consumului de energie electrică este posibilă prin modificarea obiceiurilor membrilor familiei sau prin investiții în dispozitive cu o clasă de eficiență energetică ridicată.

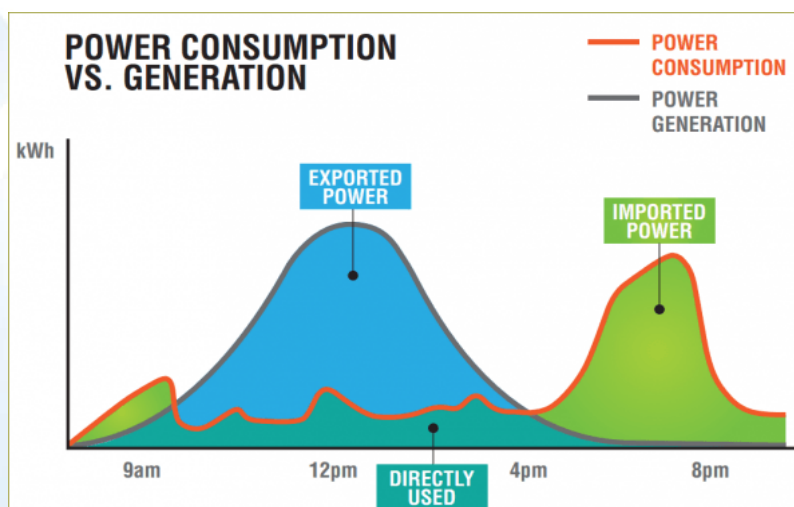


Fig. 1. Consumul exemplar de energie electrică în gospodărie

Source: <http://thatpowerguy.nz/solar/solar-power-system-size/> [access: 20 June 2018]

Consumul de energie electrică în instalațiile industriale

Instalațiile industriale consumă 33% din energia globală, ceea ce este mai mult decât în alte segmente de clienți, cum ar fi transportul, clădirile utilitare sau clădirile rezidențiale. Proprietarii întreprinderilor sunt de obicei conștienți de impactul consumului de energie electrică asupra costurilor de funcționare a întreprinderii, cu toate acestea nu utilizează multe opțiuni de îmbunătățire a eficienței energetice.

Conform sectorului, consumul de energie electrică are o natură diferită. Există plante care funcționează în mod continuu 24/7 și există plante care funcționează de luni până vineri. Unele companii lucrează cu o schimbare de la 6 dimineața până la 2 dimineața, unele – de la 2 dimineața până la 2 dimineața și de la 2 până la 10 dimineața. Facilitățile de birou funcționează între orele 8:00 și 18:00.

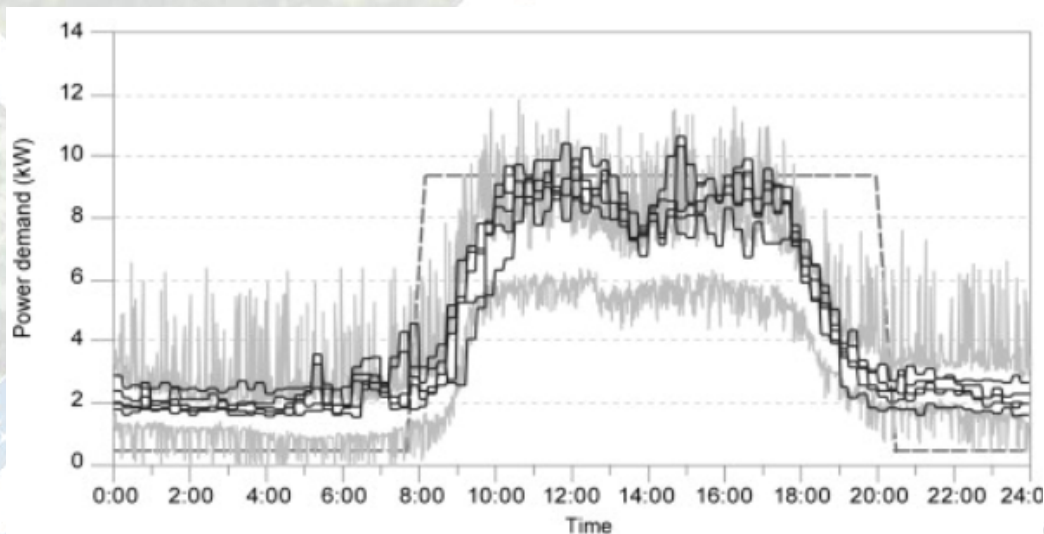


Fig. 2. Consumul zilnic de energie electrică în instalația industrială

Source: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778814001224#fig0025> [access: 20 June 2018]

Profilurile energetice ale receptoarelor selectate

Profilul energetic al unui client poate fi compus din profile energetice ale anumitor dispozitive aplicate de clienți. Pentru gospodării se pot distinge următoarele receptoare:

- **aspiratorul** (standard) are puterea de aprox. 1500W. Presupunând că aspiră în casă timp de 15 minute la fiecare trei zile, aspiratorul funcționează 30,4 ore (h) pe an. Consumul de electricitate pe parcursul anului: $30,4 \text{ h} \times 1,5 \text{ kW} = 45,63 \text{ kWh}$;
- **frigider** – consumul de energie de către frigider depinde în principal de clasa sa de eficiență energetică, de la locul pe care îl ocupă în casă (mai departe de ferestre și încălzitoare, cu cât consumul de energie este mai scăzut), precum și din condițiile de funcționare (îndepărtarea regulată a glazurii, nu deschid uși la fiecare minut), consumul de energie electrică în timpul anului ajunge la 300-400 kWh;
- **boilerul electric de apă** este un dispozitiv foarte consumator de energie. Puterea medie a dispozitivului este de 2000 W, în timp ce fierberea cu apă durează două minute. Utilizat aprox. de trei ori pe zi, produce un consum anual de energie electrică la nivelul: $365 \times 3 \times 2 \times 2 \text{ kW} = 2190 \text{ min} \times 2 \text{ kW} = 36,5 \text{ h} \times 2 \text{ kW} = 73 \text{ kWh}$;
- **iluminare** – la utilizarea becurilor eficiente energetic cu puterea de 4-10 W, iluminatul nu generează un consum mare de energie electrică. Lumina este folosită la aprox. cinci ore pe zi, fără divizare în perioada de iarnă sau de vară. În casă există aprox. mai mult de o duzină de bulbi, în timp ce doar 8 dintre ei lucrează pentru asumarea a cinci ore pe zi. Consumul de energie electrică pe parcursul anului: $5 \text{ ore} \times 365 \text{ zile} \times 6 \text{ W} = 10,95 \text{ kWh}$;
- **televizor** – dacă timpul de lucru al dispozitivelor este luat în considerare, rata ar fi mai mică, dar, din păcate, aceste dispozitive consumă energie chiar și atunci când nu le folosim, deoarece se află în așa-numitul mod de așteptare. Acest lucru este intensificat de amplificatoare. 15 W în decurs de o oră reprezintă consumul mediu de energie în modul stand-by. În timpul lucrului este de aprox. 25 W. Să presupunem că televizorul este unul pentru șase ore pe zi, în timp ce timp de 18 ore este în modul stand-by. Consumul de energie electrică pe parcursul anului: $25 \text{ W} \times 6 \text{ h} \times 365 \text{ zile} = 54,75 \text{ kWh} + 10 \text{ W} \times 18 \text{ h} \times 365 \text{ zile} = 65,7 \text{ kWh}$. În timpul lucrului, televizorul consumă mai puțină energie decât pentru orele rămase ale zilei în modul stand-by.
- **mașina de spălat** folosită de două ori pe săptămână are 104 spălări în timpul anului. O mașină de spălat medie de clasa A consumă 1,2 kWh pe spălare. Consumul de energie electrică: $1,2 \text{ kWh} \times 104 = 124,8 \text{ kWh}$.

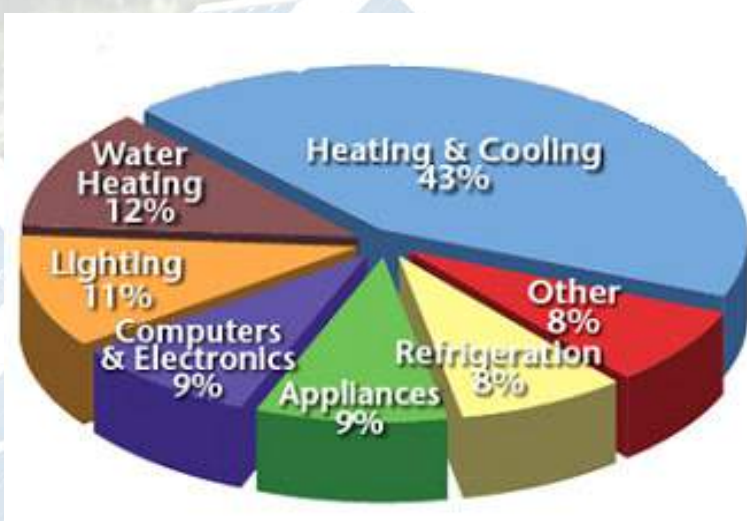


Fig. 3. Consumul exemplar de energie electrică de către un anumit receptor

Source: <https://greenpowerworksinc.com/energy-efficiency-for-residential/> [access: 20 June 2018]

Cererea de energie electrică în ciclul zilnic

Variabilitatea zilnică a sarcinilor este afectată în principal de ritmul și activitatea de viață a ființelor umane. În plus, poate fi observat și un impact distinct al sezonității asupra cursului consumului zilnic de energie. Cu toate acestea, în graficul de mai jos se observă în mod clar două vârfuri – dimineața și după-amiaza.

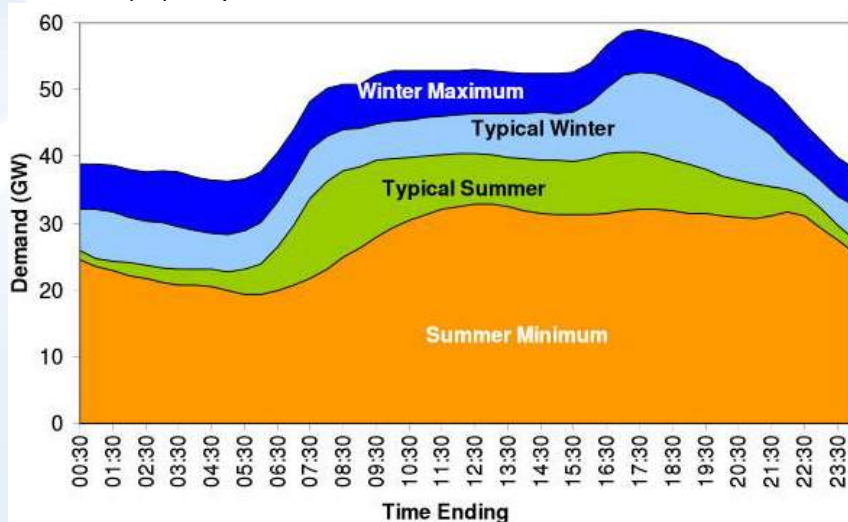


Fig. 4. Cererea exemplară de energie electrică zilnică (vara și iarna zilnică în 2010/11)

Source: <https://energymag.net/daily-energy-demand-curve/> [access: 20 June 2018]

Cererea de energie electrică în ciclul săptămânal

Variabilitatea săptămânală a sarcinilor rezultă în principal din producerea zilelor lucrătoare și a sărbătorilor legale, precum și a ciclului de muncă și a intensității acesteia. Intrările de energie de luni până vineri sunt cu mult mai mari decât perioada de weekend, când activitatea societății este cu mult mai mică (Fig. 5).

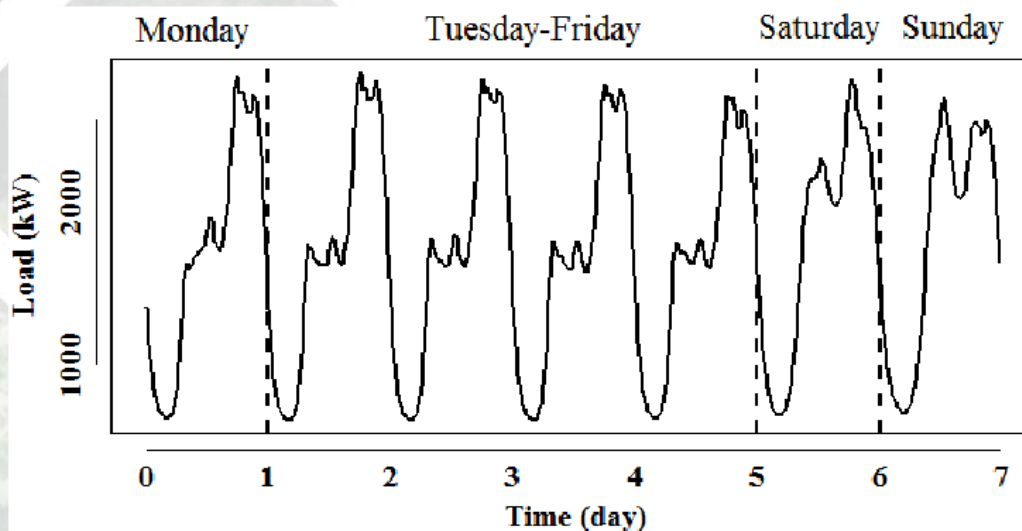


Fig. 5. Cererea săptămânală exemplară pentru energia electrică

Source: https://www.researchgate.net/figure/Mean-weekly-profile_fig1_313453567 [access: 20 June 2018]

Indicatori care caracterizează variabilitatea sarcinii clientului

O caracteristică caracteristică a sarcinilor electrice este variabilitatea lor înaltă în timp. Aceste modificări pot fi regulate sau aleatorii. Modificările regulate ale sarcinii rezultă din factorii astronomici, obiceiurile umane sau din alte motive ușor de prezis. Schimbările

aleatorii apar neregulat și sunt cauzate de factori aleatorii, cum ar fi condițiile atmosferice sau defecțiunile din rețeaua electrică. Indicatorii de bază, cei mai des utilizați pentru caracterizarea variabilității zilnice a sarcinilor includ:

- energia zilnică A_d ,
- puterea maximă zilnică P_{ds} ,
- puterea medie zilnică P_{dsr} ,
- puterea zilnică a sarcinii de bază P_{do} ,
- gradul mediu de încărcare zilnică m_d ,
- gradul zilnic de echilibru de bază load I_{do} ,
- gradul zilnic de încărcare de bază m_{do} ,
- gradul maxim de echilibru zilnic I_{ds} ,
- coeficientul de neregulă zilnic k_{dn} ,
- timpul de utilizare zilnică a puterii de vârf T_{ds} .

4.8. Sistem PV – dimensionare

Dimensionarea corectă a sistemului fotovoltaic constituie un proces complex. Pentru a asigura buna funcționare a sistemului, ar trebui să fie selectată o tehnologie adecvată a modulelor fotovoltaice, a tipului invertorului, a sistemului de asamblare și a sistemelor de protecție în funcție de condițiile tehnice și economice. Criteriile de selecție ar trebui să includă aspectele tehnice ale anumitor elemente ale sistemului, calitatea performanței, condițiile de garanție și de preț. Trebuie avut în vedere faptul că există o dependență între eficiența modulului și zona ocupată de acesta. Pentru a obține o anumită putere a generatorului, suprafața acestuia trebuie să crească împreună cu reducerea eficienței modulelor fotovoltaice. În timpul selectării modulelor, trebuie luați în considerare parametrii lor electrici. La conectarea modulelor fotovoltaice în serie sau în paralel, eficiența curentului și a tensiunii ar trebui să fie similare. În cazul unor discrepanțe mari între parametrii electrici ai modulelor, instalația fotovoltaică nu trebuie să funcționeze corespunzător. În timpul conectării în serie, tensiunea lanțurilor fotovoltaice trebuie să fie o sumă de tensiuni a modulelor conectate, în timp ce curentul maxim al lanțului trebuie să corespundă cu modulul cu cea mai mică eficiență a curentului. La conectarea paralelă a modulelor sau lanțurilor, tensiunea modulelor / lanțurilor ar trebui să fie aceeași. În caz contrar, în colectorul fotovoltaic vor apărea curenți echipotențiali care curg între ramurile conectate în paralel, reducând eficiența curentului generatorului fotovoltaic. Conectarea paralelă a lanțurilor fotovoltaice de aceeași tensiune determină însumarea curenților din anumite lanțuri și într-un fir care leagă colectorul fotovoltaic cu fluxul de curent al invertorului cu o valoare egală cu suma curenților de la anumite lanțuri fotovoltaice.

Atât tensiunea, cât și curentul unui singur modul pot fi modificate datorită schimbărilor în iradierea soarelui și modificărilor de temperatură. De aceea, conectarea modulelor în serie și în paralel ar trebui efectuată numai pentru module caracterizate prin expunere egală la lumina soarelui. Deci, suprafețele de lucru ale modulelor sunt setate în aceeași direcție, la același unghi de înclinare cu linia de orizont și nici unul dintre module nu este umbrit.

Impactul variabilității condițiilor meteorologice asupra producției de energie electrică în instalația fotovoltaică

Cantitatea de radiații solare care ating suprafața Pământului variază în funcție de anotimpul anului, condițiile climatice într-o anumită latitudine și într-o scară semnificativ mai scurtă (minute, secunde) de la nori care se deplasează la orizont.

Condițiile climatice și, în special, sumele anuale medii ale duratei soarelui ajungând în plan orizontal, sunt principalii factori determinanți ai rentabilității economice a sistemelor fotovoltaice menționate.

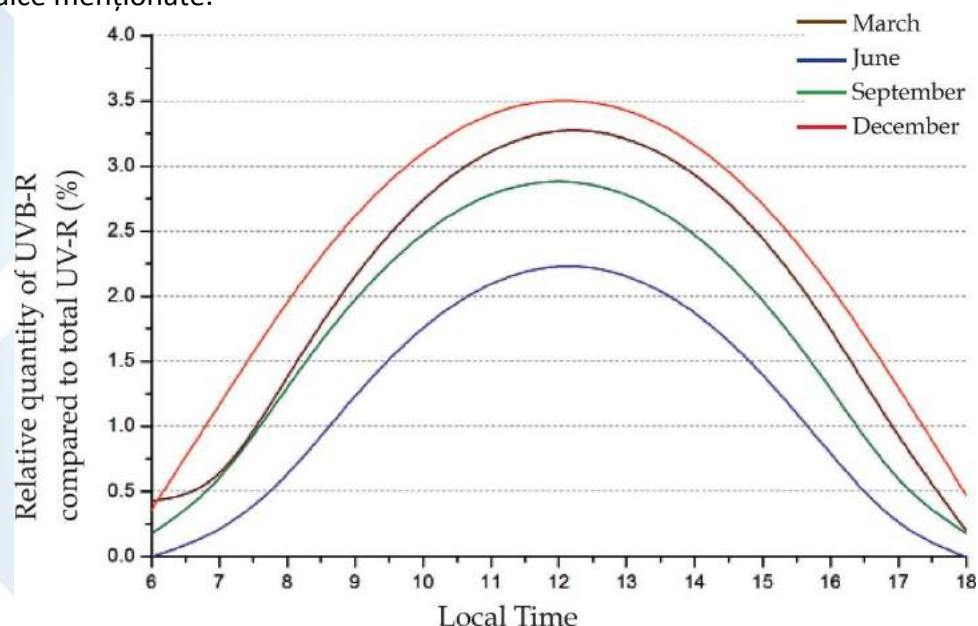


Fig. 1. Distribuția duratei soarelui pe parcursul anului

Source: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-05962015000300297 [access: 20 June 2018]

Baze de date meteorologice disponibile

Există numeroase baze de date meteorologice disponibile, atât cu o acoperire globală cât și locală pentru o anumită țară. Serviciul de informații meteo (WWIS) este unul dintre ele. Colectează observații meteorologice oficiale, prognoze meteo și informații climatice pentru orașele selectate. Datele sunt furnizate de Serviciul Național de Meteorologie și Hidrologie (NMHS), care funcționează în întreaga lume și furnizează informații meteorologice oficiale pentru anumite țări. Pe site-ul WWIS există, de asemenea, linkuri către site-urile oficiale ale serviciilor meteorologice ale Serviciilor Meteorologice. În aprilie 2018, WWIS a furnizat informații oficiale pentru 2191 de orașe. În același timp, 135 de servicii meteorologice au trimis previziuni pentru 2052 de locuri. Datele climatice au fost disponibile pentru orașele din 1985 furnizate de 169 de servicii participante.

Software comercial pentru analiza condițiilor meteorologice

Una dintre bazele de date este constituită de baza Institutului European pentru Energie și Transport, fondată de Comisia Europeană. Bazele de date privind o sumă anuală a duratei soarelui pe planul vertical și înclinat optim sunt disponibile public și pot fi utilizate de ex. prin intermediul aplicațiilor Internet, cum ar fi PVGIS (Sistemul de informații geografice fotovoltaice). Aceste aplicații permit evaluarea resurselor de energie solară într-o locație selectată și estimează randamentele energetice ale centralelor fotovoltaice, în funcție de putere și locație.

Determinarea valorilor medii de radiații pentru o anumită locație

Pentru a selecta corect valoarea puterii maxime a instalației fotovoltaice, valorile medii ale radiației solare pentru o anumită locație trebuie determinate într-un ciclu lunar.

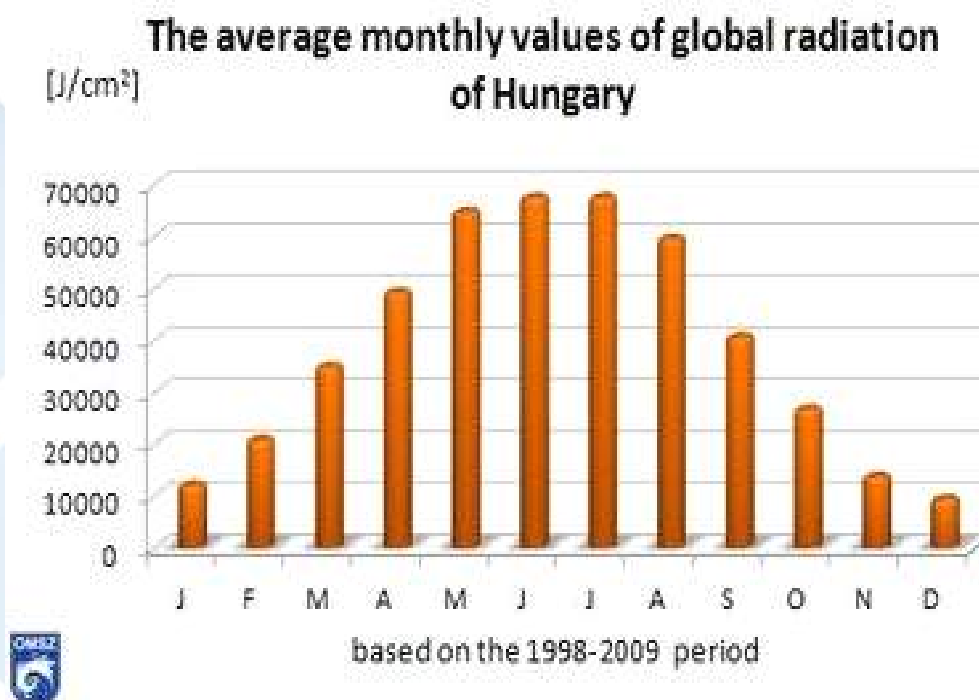


Fig. 2. Valori medii lunare ale radiațiilor

Source: https://www.met.hu/en/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/altalanos_eghajlati_jellemzes/sugarzas/
[access: 20 June 2018]

Eficiența instalației fotovoltaice

Eficiența sistemului fotovoltaic depinde de eficiența elementelor sale particulare. Elementele și dispozitivele care constituie sistemul fotovoltaic convertesc energia radiației solare în energie electrică, generând pierderi.

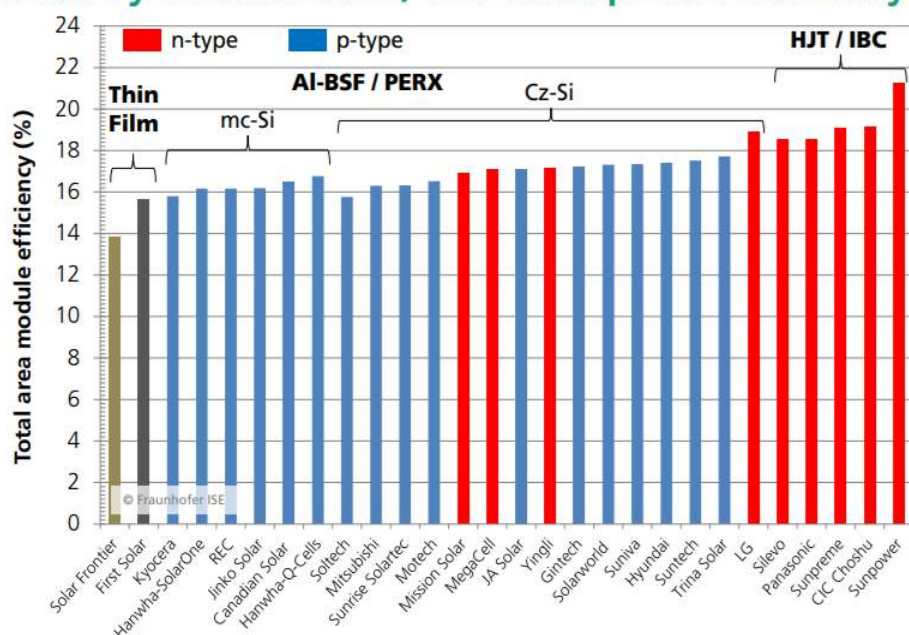
Eficiența modulelor fotovoltaice vândute astăzi este în limitele a 17-21% pentru celulele silicice. Eficiența invertoarelor fotovoltaice se situează în limitele de 96-98%.

Datorită eficienței reduse a conversiei energiei radiației solare în celulele fotovoltaice, trebuie făcute toate eforturile pentru a face pierderile legate de transmiterea energiei electrice produse cât mai mici posibil. Este vorba, în principal, de selectarea corectă a conexiunilor și despre performanța atentă a conexiunilor în sistemul fotovoltaic. Îngrijirea cu privire la calitatea performanțelor conexiunilor în instalația fotovoltaică va avea ca rezultat pierderi reduse de energie și simultan va crește eficiența conversiei energiei radiației solare.

Determinarea randamentului energetic bazat pe valorile medii ale radiației solare

Având la dispoziție valori medii ale radiației solare pentru anumite luni într-o anumită locație, se poate determina randamentul energetic al unei instalații date, presupunând unghiul de înclinare cel mai favorabil al modulelor fotovoltaice și azimutul lor.

Current Efficiencies of Selected Commercial PV Modules Sorted by Bulk Material, Cell Concept and Efficiency



Note: Exemplary overview without claim to completeness; Selection is primarily based on modules with highest efficiency of their class and proprietary cell concepts produced by vertically integrated PV cell and module manufacturers; Graph: Jochen Rentsch, Fraunhofer ISE. Source: Company product data sheets. Last update: Nov. 2015.

Fig. 3. Eficiența modulelor diferiților producători pentru diferite tehnologii

Source: <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/Photovoltaics-Report.pdf> [access: 20 June 2018]

Impactul unui unghi de înclinare a modulelor fotovoltaice la orizont asupra producției de energie electrică

În condiție, un unghi de radiație solară care se încadrează pe o suprafață a modulului instalat permanent se caracterizează prin modificări zilnice și anuale. În funcție de ora din zi, a anului și a locului de montare a instalației, un unghi de raze de soare pe suprafața modulului se poate schimba în domeniul de aplicare de la 0 la 180 °. Modulele fotovoltaice obțin cea mai mare eficiență de conversie a radiației solare la un unghi de radiație solară egal cu 90 ° față de suprafața modulului. Menținerea acestui unghi într-un ciclu zilnic și anual este posibilă numai datorită aplicării sistemelor de cale pe baza pozițiilor Soarelui. În instalațiile în care modulele fotovoltaice sunt montate permanent – stoc, un unghi de radiație solară se schimbă și, în consecință, eficiența conversiei energiei radiației solare scade.

Impactul unui unghi azimut al modulelor fotovoltaice asupra producției de energie electrică

Asigurarea direcției sudice, adică direcția cea mai recomandată datorită eficienței celulelor fotovoltaice, este de obicei imposibilă (în special pentru instalațiile de acoperiș). Cunoscând unghiul azimut ca deformare a suprafeței panoului fotovoltaic din direcția sudică, putem defini impactul asupra producției de energie electrică.

		Azimuth															
		90 °	75 °	60 °	45 °	30 °	15 °	0 °	- 15 °	- 30 °	- 45 °	- 60 °	- 75 °	- 90 °			
Slope	90 °	56%	60%	64%	67%	69%	71%	71%	71%	71%	69%	65%	62%	58%			
	80 °	63%	68%	72%	75%	77%	79%	80%	80%	79%	77%	74%	69%	65%			
	70 °	69%	74%	78%	82%	85%	86%	87%	87%	86%	84%	80%	76%	70%			
	60 °	74%	79%	84%	87%	90%	91%	93%	93%	92%	89%	86%	81%	76%			
	50 °	78%	84%	88%	92%	95%	96%	97%	97%	96%	93%	89%	85%	80%			
	40 °	82%	86%	90%	95%	97%	99%	100%	99%	98%	96%	92%	88%	84%			
	30 °	86%	89%	93%	96%	98%	99%	100%	100%	98%	96%	94%	90%	86%			
	20 °	87%	90%	93%	96%	97%	98%	98%	98%	97%	96%	94%	91%	88%			
	10 °	89%	91%	92%	94%	95%	95%	96%	95%	95%	94%	93%	91%	90%			
	0 °	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%			

Fig. 4. Tabel de dependențe de randament relativ pe un unghi de înclinare și un unghi de azimut
Source: <http://www.twojaenergia.pl/poradnik> [access: 20 June 2018]

Creșterea producției de energie electrică prin aplicarea sistemelor de cale

Pentru a îmbunătăți cantitatea de energie electrică produsă în sistemele fotovoltaice, se aplică sistemele de cale. Acest dispozitiv permite creșterea eficienței câștigului de energie chiar cu 30-40%. În majoritate, acestea sunt structuri biaxiale care permit urmărirea Soarelui pe orizont în timpul zilei, cu corecția simultană a locației în funcție de sezonul anului, adică pe poziția Soarelui la orizont.

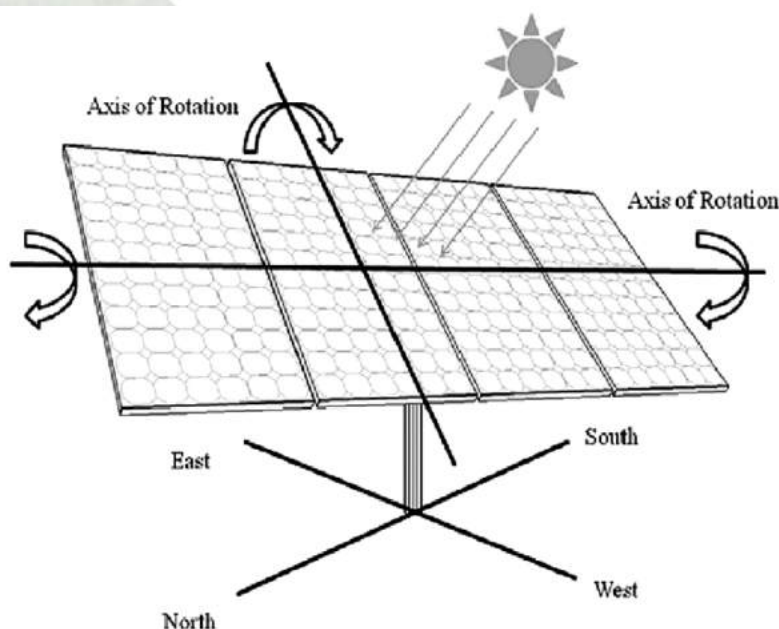


Fig. 5. Figura explicativă a sistemului de piste

Source: <https://www.semanticscholar.org/paper/Design%2C-implementation-and-performance-analysis-of-Munna-Bhuyan/d143c1d713073ec0ada345f7b28ebdc7428b7c71/figure/0> [access: 20 June 2018]

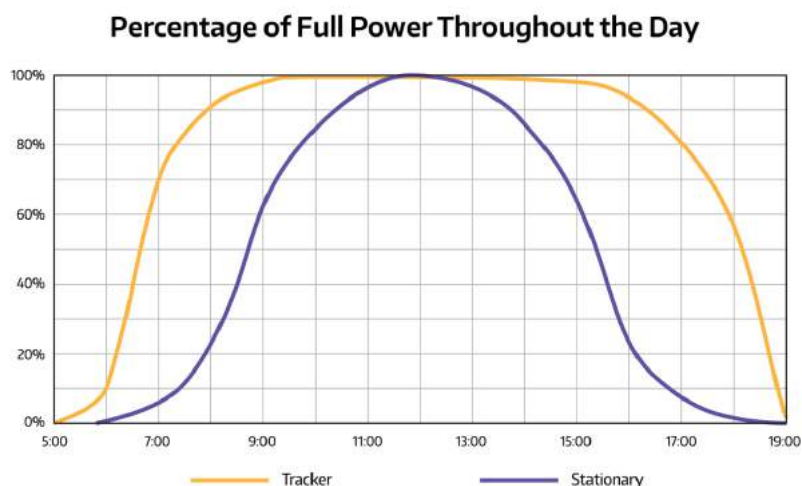


Fig. 6. Compararea producției de energie din PV pentru instalația cu și fără sistem de șine

Source: <https://solarips.com/2016/02/like-a-sunflower-solar-pv-panels-track-the-sun/> [access: 20 June 2018]

Determinarea unui tip de instalație fotovoltaică

După determinarea parametrilor de bază ai energiei pe care le putem obține într-o locație dată, putem începe determinarea unui tip de instalație. Fie că este vorba de o instalație de acoperiș sau de sol. Dacă este instalat la sol, fie că este permanent sau cu un sistem de cale. Este esențial dacă o anumită instalație trebuie să funcționeze pentru nevoile noastre, transferând cantități mici de energie în rețea sau, în general, sau poate opus – sarcina acestora este de a maximiza producția în ceea ce privește revenirea la rețea. Fiecare dintre aceste opțiuni implică necesitatea aplicării unor module specifice, invertore, care afectează costul sistemului. Acum trebuie selectat un tip de inverter – pe rețea, pe rețea sau pe stocare de energie. În plus, ar trebui să se determine numărul de intrări MPPT independente.

Selectarea unui tip de module fotovoltaice – eficiență, calitate de performanță, preț

În funcție de buget, putem selecta module groase și subțiri, silicice sau făcute din alte semiconductoare, luând în considerare nevoile noastre.

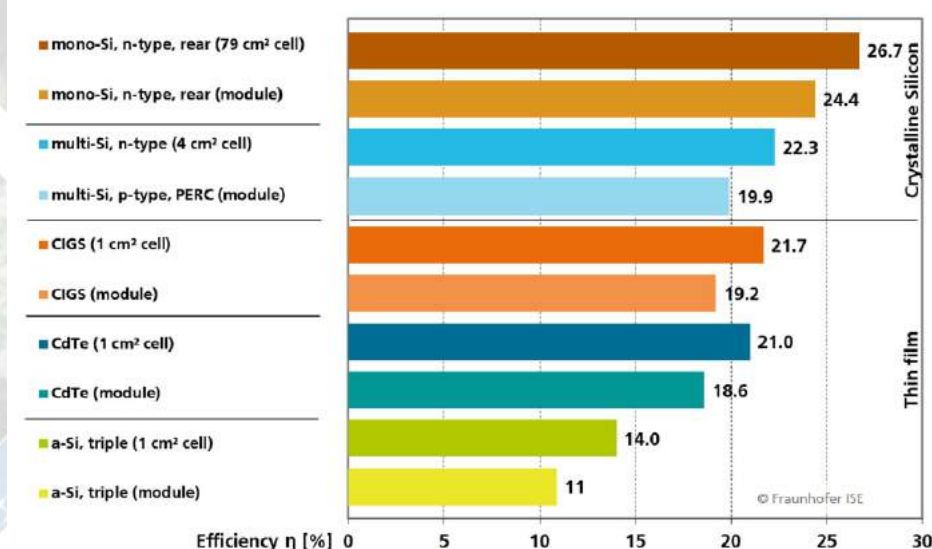


Fig. 7. Eficacitatea diferitelor tipuri de celule PV

Source: <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/Photovoltaics-Report.pdf> [access: 20 June 2018]

Determinarea numărului de module fotovoltaice

Dacă s-a luat o decizie asupra unui tip de module fotovoltaice, atunci se selectează produsul și se iau parametrii de bază din catalog (tensiune, curent, eficiență etc.). atfel se poate calcula numărul de module necesare pentru a obține puterea propusă a sistemului. Numărul de module este determinat prin împărțirea puterii dorite a generatorului fotovoltaic la puterea unui singur modul fotovoltaic. Pentru a determina numărul de module, se poate aplica, de asemenea, o abordare legată de dimensiunea zonei (acoperiș, altitudine, teren) în care se planifică construcția generatorului fotovoltaic.

Conectarea modulelor fotovoltaice în serie, ținând cont de coeficientul de temperatură al tensiunii

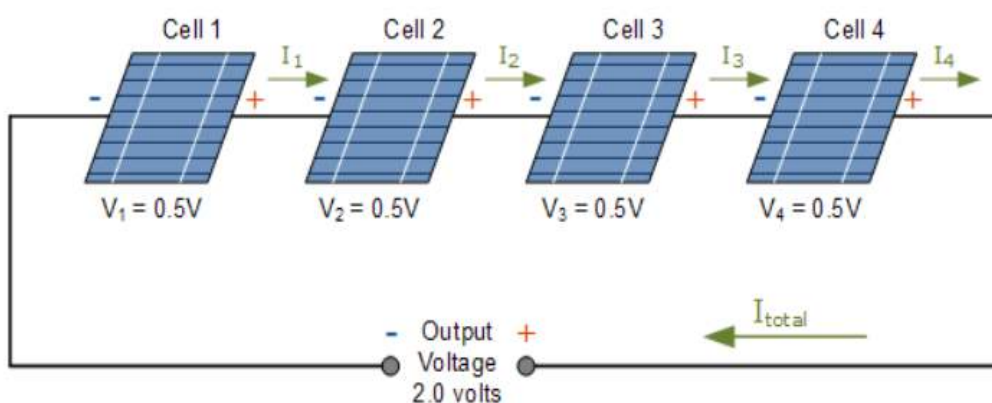


Fig. 8. Conectarea modulelor PV în serie

Source: <http://www.alternative-energy-tutorials.com/solar-power/pv-panel.html> [access: 20 June 2018]

Selectând un inverter cu una sau mai multe intrări MPPT, se stabilește un număr maxim sau minim de module pentru intrările inverterului PV, astfel încât circuitele în serie să aibă tensiunea care nu depășește tensiunea de intrare acceptabilă specificată în documentația inverterului fotovoltaic. La estimarea numărului maxim de module fotovoltaice, ar trebui să se țină seama de impactul fluctuațiilor de tensiune în funcție de temperatura modulului PV.

$$L_{\text{mod_max}} < \frac{U_{\text{MPPT max}}}{U_{\text{OC}} \left(1 + (t_{\text{min}} - t_{\text{STC}}) \frac{\beta}{100\%} \right)} \quad (1)$$

Unde:

$L_{\text{mod_max}}$ – numărul maxim de module din circuitul fotovoltaic,

U_{MPPTmax} – tensiunea maximă a sistemului de intrare MPPT al inverterului fotovoltaic,

U_{OC} – tensiunea circuitului deschis al modulului fotovoltaic,

t_{min} – temperatura minimă proiectată a modulului fotovoltaic,

t_{STC} – temperatura modulului fotovoltaic în timpul încercării în condiții STC ($t_{\text{STC}}=25^{\circ}\text{C}$),

β – coeficientul de schimbare a tensiunii modulului fotovoltaic în funcție de temperatura exprimată în $[\%/^{\circ}\text{C}]$.

Selecția numărului de module fotovoltaice conectate în serie va ține cont de tensiunea produsă în modulul fotovoltaic care este mai mare decât tensiunea de pornire a inverterului fotovoltaic. În acest scop, ar trebui să se determine un număr minim de module fotovoltaice.

$$L_{\text{mod_min}} > \frac{U_{\text{MPPT min}}}{U_N \left(1 + (t_{\text{max}} - t_{\text{STC}}) \frac{\beta}{100\%} \right)} \quad (2)$$

unde:

$L_{\text{mod_min}}$ – numărul minim de module din circuitul fotovoltaic,

$U_{\text{MPPT min}}$ – tensiunea minimă a sistemului de intrare MPPT al invertorului fotovoltaic,

U_N – tensiunea nominală a modului fotovoltaic – tensiune în punctul de putere maximă,

t_{max} – temperatura maximă proiectată a modului fotovoltaic,

t_{STC} – temperatura modului fotovoltaic în timpul încercării în condiții STC ($t_{\text{STC}}=25^\circ\text{C}$),

β – coeficientul de schimbare a tensiunii modului fotovoltaic în funcție de temperatura exprimată în $[\%/^\circ\text{C}]$.

Conectarea în paralel a modulelor fotovoltaice, luând în considerare coeficientul de temperatură al curentului

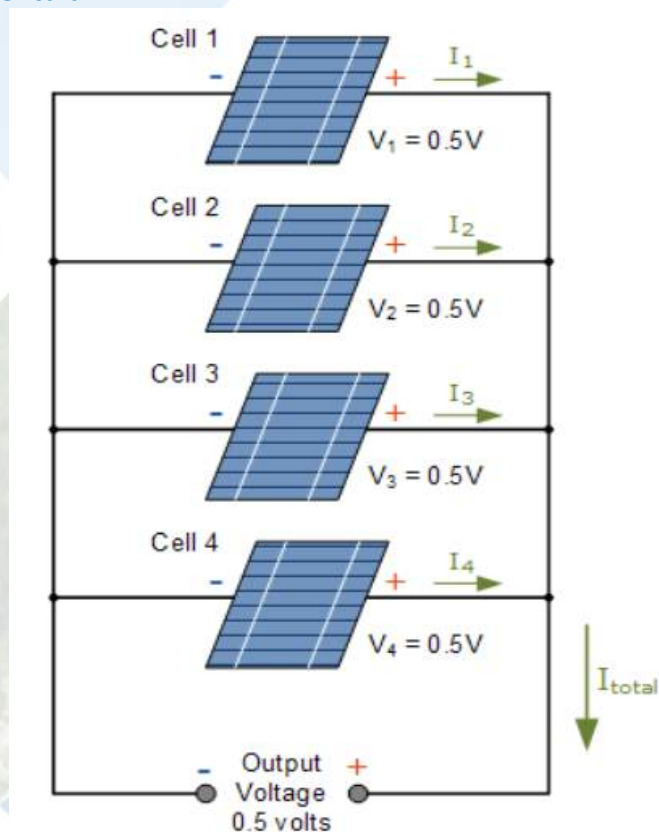


Fig. 9. Conectarea paralelă a modulelor fotovoltaice

Source: <http://www.alternative-energy-tutorials.com/solar-power/pv-panel.html> [access: 20 June 2018]

Dacă instalația fotovoltaică este suficient de mare pentru a conecta modulele în paralel, trebuie să se calculeze curenții de ieșire total generați de fiecare circuit fotovoltaic, având în vedere modificarea curentului generat de modul în funcție de temperatura modului. Numărul maxim de circuite conectate în paralel trebuie să fie determinat ținând cont de curentul maxim de intrare al invertorului fotovoltaic și de modificările valorilor curentului modului în funcție de temperatură.

$$n \leq \frac{I_{DCmax}}{I_{SC} \left(1 + (t_{max} - t_{STC}) \frac{\alpha}{100\%} \right)} \quad (3)$$

Unde:

- n – numărul maxim de circuite fotovoltaice conectate în paralel,
- I_{DCmax} – curentul maxim al unei singure intrări a inverterului fotovoltaic,
- I_{SC} – curentul de scurtcircuit al modulului fotovoltaic,
- t_{max} – temperatura maximă proiectată a modulului fotovoltaic,
- t_{STC} – temperatura modulului fotovoltaic în timpul încercării în condiții STC ($t_{STC}=25^{\circ}\text{C}$),
- α – coeficientul de schimbare a curentului modulului fotovoltaic în funcție de temperatura exprimată în [%/°C].

Determinarea valorii maxime a curentului în cablul circuitului fotovoltaic

Curentul unui singur circuit fotovoltaic este egal cu valoarea curentului unui singur modul fotovoltaic. Prin urmare, valoarea maximă a circuitului fotovoltaic este egală cu valoarea maximă a curentului modulului fotovoltaic. Pentru determinarea valorii maxime a curentului circuitului fotovoltaic, se iau în calcul schimbările curentului modulului în funcție de temperatură.

$$I_{str_max} = I_{SC} \left(1 + (t_{max} - t_{STC}) \frac{\alpha}{100\%} \right) \quad (4)$$

Unde:

- I_{str_max} – curentul maxim al circuitului fotovoltaic,
- I_{SC} – curentul de scurtcircuit al modulului fotovoltaic,
- t_{max} – temperatura maximă proiectată a modulului fotovoltaic,
- t_{STC} – temperatura modulului fotovoltaic în timpul încercării în condiții STC ($t_{STC}=25^{\circ}\text{C}$),
- α – coeficientul de schimbare a curentului modulului fotovoltaic în funcție de temperatura exprimată în [%/°C].

Determinarea valorii maxime a curentului în cablul colectorului fotovoltaic

Dacă cel puțin două circuite sunt conectate în paralel în generatorul fotovoltaic, atunci s-a creat colectorul fotovoltaic. Curentul maxim prin cablul colectorului fotovoltaic trebuie să constituie suma curenților circuitelor fotovoltaice conectate care creează colectorul.

$$I_{k_max} = n \cdot I_{str_max} \quad (5)$$

unde:

- I_{k_max} – curent maxim în cablul colectorului fotovoltaic,
- n – număr de circuite fotovoltaice conectate,
- I_{str_max} – curentul maxim al circuitului fotovoltaic.

Determinarea valorii maxime a curentului în conductorul principal al generatorului fotovoltaic

Atunci când generatorul fotovoltaic este alcătuit din mai mulți colectori fotovoltaici conectați în paralel unul cu celălalt, curentul maxim al generatorului fotovoltaic este egal cu suma curenților maximi ai colectoarelor conectați.

$$I_{G_max} = n_k \cdot I_{k_max} \quad (6)$$

Unde:

- I_{G_max} – curent maxim în sârma generatorului fotovoltaic,
- n_k – numărul de colectori fotovoltaici conectați în paralel,
- I_{k_max} – curent maxim în conducta colectorului fotovoltaic,

Ampacitatea firelor fotovoltaice

Parametrul cheie care caracterizează firul DC al instalației fotovoltaice este curentul său maxim maxim care poate curge în circuitul electric construit cu ajutorul acestui fir. Așa cum rezultă din schema generatoarelor fotovoltaice, cel mai mic curent trece în lanțul fotovoltaic, mai mare în colector și cel mai mare – în generatorul fotovoltaic. În timp ce cunoaștem principiile calculelor secțiunii transversale a firului (incluse în instrucțiunile producătorilor de cabluri DC pentru sistemele fotovoltaice), calculăm picăturile de tensiune pentru anumite fire ale instalației fotovoltaice. Ar trebui să se asigure că scăderea tensiunii pe firele de instalare PV, atât pe partea DC cât și pe partea AC, nu depășește 1%. Dacă picăturile de tensiune calculate depășesc 1%, secțiunile transversale ale firului ar trebui să fie mai mari.

$$\Delta U_{\%} = \frac{2 \cdot I \cdot l}{U \cdot \gamma \cdot s} \cdot 100\%$$

unde:

- $\Delta U_{\%}$ – scăderea relativă a tensiunii pe secțiunea de sârmă analizată [%],
- I – curentul pe termen lung care curge prin sârmă [A],
- L – lungimea secțiunii de sârmă analizată [m],
- s – secțiunea sârmă [mm²],
- γ – conductivitatea unui material din care sunt realizate firele [S·m / mm²] (cupru = 58.6).

4.9. Sistem PV – conectarea la rețeaua electrică

Aspecte juridice privind conectarea instalației fotovoltaice la rețeaua electrică

Instalațiile fotovoltaice conectate la rețeaua electrică (ON-GRID) permit vânzarea energiei produse. Integrarea sistemului fotovoltaic în rețea este posibilă numai după obținerea și îndeplinirea condițiilor de conectare la un operator acreditat al sistemului energetic.

Aplicație pentru conectarea la rețeaua electrică

În funcție de țara în care se desfășoară această instalare, proprietarii de sisteme PV pot utiliza procedura simplificată (pentru micro-întreprinderi) sau procedura completă. În cererea de conectare a instalației la rețeaua electrică, solicitantul trebuie să furnizeze date detaliate privind numărul și tipul invertoarelor și numărul și tipul de module fotovoltaice. Aceasta presupune realizarea unui proiect complet al instalației fotovoltaice.

În funcție de legea energetică aplicabilă în fiecare țară, proiectul sau modelul poate fi realizat numai de persoanele acreditate pentru a efectua acest tip de lucrări.

Determinarea valorilor nominale ale instalației fotovoltaice: tensiunea nominală, puterea nominală

În funcție de mărimea sistemului, vânzările de energie electrică pot fi efectuate fără concesiune – pentru instalarea unei puteri mai mică decât cea specificată de lege.

Pentru instalarea unei puteri mai mari, este necesar să se obțină o concesiune pentru vânzarea de energie electrică în conformitate cu legislația locală într-un stat membru al UE. În ambele cazuri, este necesară încheierea unui acord cu un furnizor pentru vânzarea de energie electrică. Procesul de obținere a concesiunii, în funcție de țară, durează câteva luni și este mai bine să se cunoască acest lucru la începutul investiției, obținând un contract pentru comerțul cu energie electrică.

Într-un document furnizat operatorului rețelei de distribuție, ar trebui să se specifice și parametrii nominali ai instalației, de ex. puterea nominală, tensiunea nominală (mono-fazat sau trifazat) și producția anuală estimată de energie electrică pe care o anumită instalație o poate furniza rețelei. Aceste date trebuie să permită distribuitorului de energie electrică să echilibreze corect energia într-o anumită zonă de funcționare.

Selectarea protecțiilor instalației fotovoltaice pe partea de tensiune alternativă

Deoarece sistemul va fi conectat la rețeaua electrică a unui operator dat, proiectul instalației fotovoltaice trebuie să conțină protecția necesară recomandată de acel operator. Când se selectează protecția pe partea CA, trebuie să fie alese:

- protecția la supracurent,
- protecția la supratensiune,
- întreruptor de curent rezidual.

Protecția la supracurent – este definită de producător în documentația tehnică a inverterului. Aceasta depinde de CA maxim al inverterului fotovoltaic. Dacă inverterul nu are definită valoarea nominală I_{zab} a protecției, atunci trebuie adoptată cea mai apropiată valoare dintr-o gamă de protecții, mai mare decât valoarea maximă I_{ACmax} a inverterului PV, în funcție de dependența:

$$I_{zab} > I_{ACmax}$$

Protecția la supratensiune este selectată în funcție de riscul de apariție a fulgerului și de structura inverterului fotovoltaic conform tabelului de mai jos.

Tab. 1. Selectarea protecțiilor la supratensiuni

Instalații fotovoltaice de construcție (acoperișuri, elevații)			
Protecție împotriva inundațiilor Inverter echipat cu transformator de izolare	Tip protecție împotriva supratensiunii	Partea DC Tip de protecție împotriva supratensiunii	Partea AC
Lipsa de protecție împotriva trăsnetului *	DA	TIP 2	TIP 2
	NU	TIP 2	TIP 2
Este instalată instalația de iluminare, sunt ținute distanțele față de bornele verticale și orizontale	DA	TIP 2	TIP 2
	NU	TIP 2	TIP 2
Există instalații de iluminat, distanțele față de terminalele verticale și orizontale nu sunt păstrate	DA	TIP 1+2	TIP 1+2
	NU	TIP 1+2	TIP 1+2
Instalații fotovoltaice la sol			
Lipsa instalației de trăsnet	DA	TIP 2	TIP 2
	NU	TIP 2	TIP 2

* dacă producătorul de module fotovoltaice recomandă împământarea lor, trebuie să se realizeze legarea la pământ a modulelor fotovoltaice și a instalațiilor de iluminat.

Protecția la supratensiuni este stabilită pe firele de întoarcere care nu sunt împământate. Dacă distanța de la generatorul fotovoltaic la inverterul fotovoltaic este mai mică de 10 m, protecțiile la supratensiuni sunt asamblate numai la inverterul fotovoltaic. Dacă distanța de la generatorul fotovoltaic de inverterul fotovoltaic este mai mare de 10 m, protecția împotriva supratensiunii trebuie asamblată la inverterul fotovoltaic și la generatorul fotovoltaic.

Selectarea întreruptorului de curent rezidual depinde de structura și proprietățile inverterului fotovoltaic. În timpul selectării întreruptorului de curent rezidual, trebuie să se acorde atenție recomandărilor producătorului inverterului în domeniul curentului de scurgere. Structura inverterului este un element semnificativ.

Tab. 2. Selectarea întreruptorului de curent rezidual

Inverter echipat cu transformator de izolare	Curent diferențial nominal de protecție *	Tip de întrerupător de curent rezidual
DA	30 mA	AC
NU	30 mA	B

* Dacă producătorul recomandă o valoare diferită de protecție, trebuie să se adapteze recomandărilor producătorului inverterului fotovoltaic

Invertoare pe rețea

Inverterul este unul dintre cele mai **importante două elemente ale instalației fotovoltaice**. Sarcina sa este de a converti curentul direct produs de la curent continuu la curent alternativ sincronizat cu rețeaua electrică.

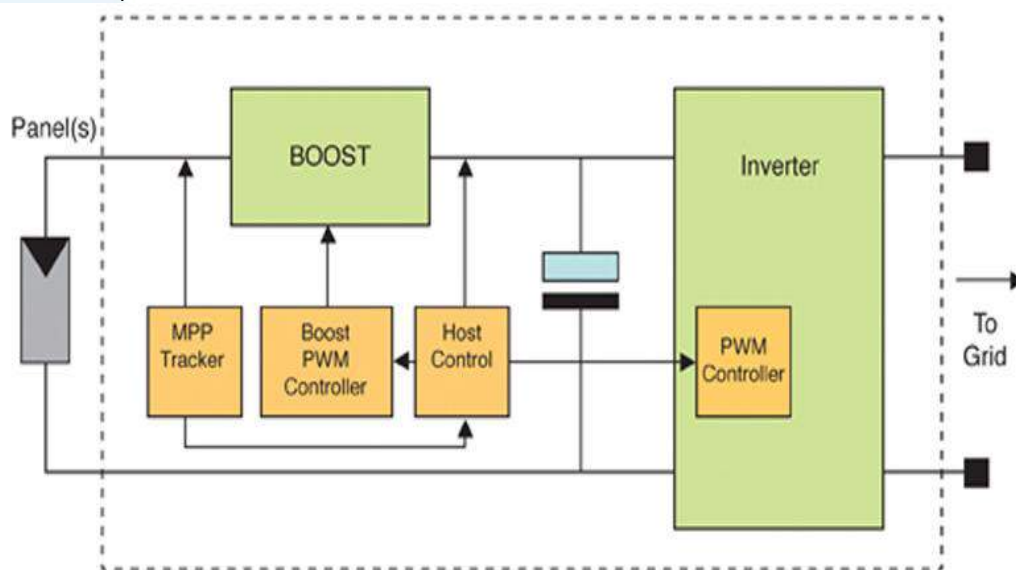


Fig. 1. Schema de bază a inverterului

Source: <https://www.powersystemsdesign.com/articles/the-promise-of-solar-technology/28/6289> [access: 20 June 2018]

Pe piață, există o întreaga gamă de invertoare:

- cu transformator,
- fără transformator,
- monofazat sau trifazat,
- centrale și circuit,
- având una sau mai multe intrări MPPT independente,
- microinvertoare, așa-numitele modulare.

Invertorul cu putere redusă (monofazat sau trifazat) sau un grup de microinvertoare este necesar pentru instalațiile de mici dimensiuni. Pentru instalațiile industriale, se vor aplica invertoare cu putere mai mare, centrale sau circuite.

Un inverter solar trebuie caracterizat printr-o eficiență ridicată și posibilitatea de a coopera cu cât mai multe tipuri de module fotovoltaice. Eficiența invertorului este un parametru foarte important, deoarece permite obținerea maximă a energiei din instalația fotovoltaică la pierderi minime. Cele mai bune invertoare cu putere redusă ating o eficiență de 97%, iar invertoarele cu putere mai mare pot atinge 98% din randament. Dacă comparăm inverterul în ceea ce privește eficiența, ar trebui să se facă în raport cu eficiența medie cântărită pentru sarcina invertorului. Această eficiență ar trebui să fie întotdeauna într-o carte de catalog sub numele de eficiență EURO.

$$\eta_{\text{EUR}} = 0.03 \eta_{5\% \text{ of load}} + 0.06 \eta_{10\%} + 0.13 \eta_{20\%} + 0.1 \eta_{30\%} + 0.48 \eta_{50\%} + 0.2 \eta_{100\%}$$

După cum vedem în formula de mai sus, eficiența europeană ia în considerare funcționarea invertorului în întregul spectru de sarcină, care, în practică, operează mai bine funcționarea acestuia în condiții reale.

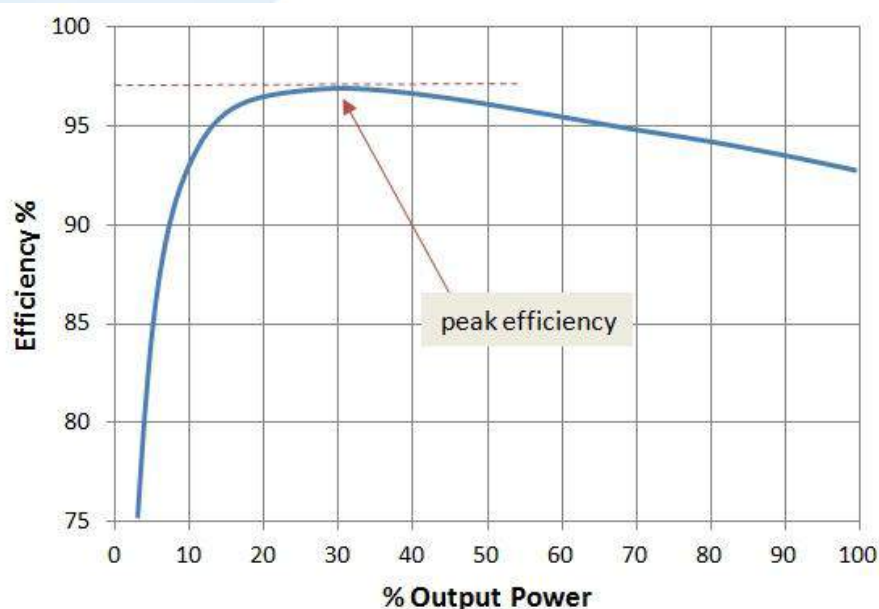


Fig. 2. Descrierea eficienței invertorului

Source: <https://www.e-education.psu.edu/eme812/node/738> [access: 20 June 2018]

Funcții de securitate în invertoarele de rețea

Conform legislației UE, invertoarele ar trebui să respecte standardul de bază care descrie securitatea invertoarelor din sistemele fotovoltaice:

- IEC 62109-1: 2010, EN 62109-1: 2010, DIN EN 62109-1: 2011 Siguranța convertizoarelor de putere pentru utilizarea în sistemele fotovoltaice – Partea 1: Cerințe generale;
- IEC 62109-2: 2011, EN 62109-2: 2011, DIN EN 62109-2: 2012 Siguranța convertizoarelor de putere utilizate în sistemele fotovoltaice. Partea 2: Prescripții particulare pentru invertoare.

Conform legii aplicabile, convertoarele care nu îndeplinesc standardele de mai sus nu pot fi aplicate în instalații.

Parametrii cheie descriși în documentele de mai sus includ:

- tensiune de lucru AC,
- tensiune de lucru DC,
- legare la pământ,
- Protecția împotriva curentului,
- Protecție la scurtcircuit,
- Protecție termică,
- atingeți temperaturile,
- Limitele de temperatură pentru montarea suprafețelor,
- Protecția împotriva șocurilor electrice și a pericolelor pentru energie,
- Protecția împotriva șocurilor electrice,
- Conectarea la circuitele PELV și SELV,
- tensiune de lucru pulsată,
- separarea de protecție,
- Izolarea incluzând distanțele de degajare și creepage.

Datele nominale ale invertoarelor fotovoltaice

Există o serie de parametri cheie ai invertoarelor pentru sistemele fotovoltaice.

Parametrii cei mai importanți ai invertoarelor:

Parametrii de intrare:

- tensiunea maximă de intrare (foarte sensibilă la depășire),
- puterea maximă de intrare (partea DC),
- numărul de intrări / trackere,
- curent maxim per intrare / tracker MPP,
- gama de tensiune MPPT.

Parametrii de ieșire:

- puterea maximă de ieșire (partea AC),
- sistem de fază (unul, trei faze),
- domeniul de sincronizare a tensiunii de ieșire,
- gama de frecvențe,
- eficiență.

Alți parametri ai invertoarelor:

- Nivelul de securitate (IP54, IP65),
- tensiune de ieșire de fază-fază,
- Wsp THD (conținutul de armonică),
- Dimensiuni și greutate,
- Domeniul de temperatură de funcționare,
- protecții suplimentare AC / DC (siguranțe pe intrări, protecție la supratensiuni, monitorizare izolație, control al polarizării);
- metoda de răcire a sistemului (gravitație, forțată),
- Metoda de conversie a DC în curent alternativ (cu un transformator, fără transformator);
- Sisteme de monitorizare a parametrilor electrici

Selectarea unui număr de sisteme de tracțiune maximă în inverter

Potrivit pozițiilor de pe acoperiș spre direcția sudică, putem folosi inverterul cu un sistem MPPT (pentru o instalație complet orientată spre sud) sau cu două sisteme MPPT (pentru o instalație cu module plasate la vest și est).



Fig. 3. Est-vest instalare

Source: <https://www.solarquotes.com.au/blog/an-eastwest-split-of-solar-panels-on-a-single-string-can-work-well/> [access: 20 June 2018]



Fig. 4. Instalare sudică

Source: <https://www.quora.com/Why-do-solar-panels-face-south> [access: 20 June 2018]

Mai mult decât atât, pentru soluții cu putere mai mare, unde se poate distinge un număr mai mare de circuite independente cu module de curent continuu, este necesar să se aplice invertoare cu 3 și 4 circuite MPPT.

Eficiența inverterului depinde și de un algoritm de căutare a unui punct maxim de putere. Conform figurii de mai jos, în funcție de radiație, schimbările punctului de operare și inverterul ar trebui să țină pasul cu aceste modificări datorită algoritmului implementat.

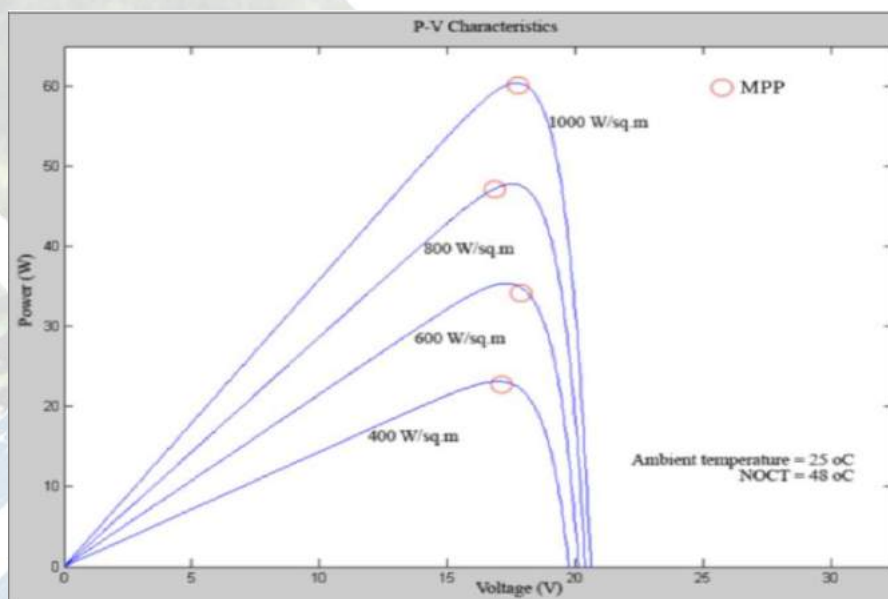


Fig. 5. Variabilitatea punctului de operare al invertoarelor cu sistemul MPPT

Source: <https://www.semanticscholar.org/paper/Maximum-power-point-tracking-controller-using-P-and-Singh-Sarkar/89cc1255f020c31698fc6c90bc6d0872b523b39b/figure/1> [access: 20 June 2018]

Selectarea protecțiilor instalațiilor fotovoltaice pe partea de tensiune directă

Protecția circuitului DC în instalația fotovoltaică constă în selectarea:

- protecție împotriva supratensiunii (conform tabelului 1);
- protecție la supracurent.

Generatorul fotovoltaic selectat corespunzător nu necesită aplicarea unor protecții la supracurent la intrările inverterului fotovoltaic, deoarece inverterul fotovoltaic nu trebuie să producă mai mult curent decât curentul maxim de scurtcircuit al generatorului. Protecția supracurentului se aplică atunci când în generator apar conexiuni paralele de lanțuri fotovoltaice. Dacă sunt conectate trei sau mai multe lanțuri fotovoltaice, pe fiecare lanț PV conectat este instalată protecția la supracurent care împiedică curgerea curentului inversat cu o valoare care depășește $2 \times I_{P_{Vmax}}$. Descrierea protecției la supracurent trebuie să corespundă descrierii protecțiilor aplicate în instalațiile fotovoltaice, descrise în mod obișnuit cu simbolurile "gPV". IzabDC curentul de protecție este selectat pe baza curentului de scurtcircuit I_{SC} al modului fotovoltaic dintr-o gamă de protecții după ce a întâlnit următoarea dependență:

$$1,4I_{SC} \leq I_{zabDC} \leq 2I_{SC}$$

Se recomandă ca valoarea curentului de protecție I_{zabDC} selectat din intervalul să fie cât mai aproape de limita inferioară a domeniului determinat. În timpul selectării unei legături de siguranță, trebuie avut în vedere faptul că tensiunea de funcționare a siguranței este cu cel puțin 20% mai mare decât tensiunea maximă U_{DCmax} a lanțului fotovoltaic protejat.

4.10. Tipuri de standarde și specificații tehnice

Clasificarea producătorilor de energie fotovoltaică în ceea ce privește dimensiunea instalației

Micro-instalații – instalarea unei surse de energie regenerabilă cu o putere electrică instalată totală de maximum 50 kW, conectată la rețeaua electrică cu o tensiune nominală mai mică de 110 kV sau cu o putere termică de cogenerare ce nu poate depăși 120 kW.

Micro-instalații – conectare la rețea

- În România, prevederile Legii Energiei se aplică pentru instalarea surselor de energie regenerabilă (RES).
- Conectarea micro-instalației la rețea are loc pe baza cererii, atunci când o entitate care solicită conexiunea la rețea are puterea instalată nu mai mare decât cea specificată în condițiile de conectare emise. O cerere este depusă după instalarea sistemelor de protecție adecvate și a unui sistem de măsurare și decontare (pe cheltuiala solicitantului).

Instalații mici – instalarea unei surse de energie regenerabilă cu o putere electrică instalată totală mai mare de 50 kW și de maximum 500 kW conectată la rețeaua electrică cu o tensiune nominală mai mică de 110 kV sau cu o putere termică instalată în cogenerare mai mare de 120 kW și care nu depășește 600 kW.

Instalații mici – conectare la rețea

- solicitarea către un operator local de rețea pentru emiterea condițiilor de conectare.

- la cerere, extras de carte funciară și din planul zonal de dezvoltare care să permită amplasarea sursei și, în lipsa unui astfel de plan, se ia o decizie privind condițiile de dezvoltare și gestionare a terenurilor.
- plan de dezvoltare sau proiectare specificând locația instalației conectate.
- documentul care confirmă legalitatea utilizării instalației în locația specificată.

Drepturile și obligațiile producătorului de energie fotovoltaică în funcție de dimensiunea instalației

Obligațiile de informare ale unui producător către operatorul sistemului de distribuție (OSD):

- informații privind cantitatea de energie electrică produsă de sistem și energia electrică vândută și care a fost produsă cu surse regenerabile de energie și a fost introdusă în rețeaua operatorului sistemului de distribuție electrică, în termen legal.
- informații privind modificările activității (tipul și puterea microinstalației, suspendarea sau finalizarea producției) în termen legal.
- informații privind data primei producții de energie electrică (producție și introducere în rețea) sau la data finalizării modernizării instalației – în termen legal.

Reglementări legale pentru întreprinderile energetice și consumatorii de energie electrică, Obligațiile de informare ale OSD către Președintele Autorității de Reglementare în Domeniul Energiei – informații

OSD oferă informații despre:

- producătorii de energie electrică din surse regenerabile de energie în microîntreținere,
- amplasarea, tipul și energia electrică instalată a microinstalărilor conectate la rețeaua sa în termen de 14 zile de la data conectării sau notificării conectării microinstalației la rețeaua sa,

și pe:

- tipul de microinstalare modificat și energia electrică instalată,
- deconectarea microinstalației din rețeaua sa în termen de 14 zile de la data obținerii informațiilor despre date sau de la data deconectării de la microîntreținere de la această rețea.

Obligațiile de informare ale OSD către Președintele Autorității de Reglementare în Domeniul Energiei – declarații trimestriale

În termen de 45 de zile de la data încheierii trimestrului, OSD furnizează Președintelui Autorității de Reglementare în Domeniul Energiei o declarație trimestrială care include:

- informații privind cantitatea de energie electrică produsă de microîntreținere de către producătorii particulari și cantitatea totală de energie electrică vândută vânzătorului obligat produs în microîntreținere și introdus în rețeaua de distribuție,
- lista producătorilor de energie electrică din microîntreținere, cu indicarea datei de producție a producătorilor particulari de energie electrică din surse regenerabile de energie în microîntreținere,
- indicarea tipului de microîntreținere și a puterii sale electrice instalate.

Sanctiune pentru neîndeplinirea obligațiilor de informare prin OSD

- Președintele autorității de reglementare în domeniul energiei impune o sancțiune financiară pentru:
- lipsa de transmitere a informațiilor la timp – 1000 PLN,
- lipsa depunerii declarației la timp – 10.000 PLN.

Se poate solicita o revizuire a unei decizii privind sancțiunea la SOKiK

Conectarea la rețea – obligație de conectare

- Întreprinderile din domeniul energiei fiind un operator de rețea este obligată să conecteze o sursă de energie regenerabilă la rețeaua sa, dacă există condiții economice sau tehnice pentru conectare.
- În cazul în care nu există condiții tehnice pentru conectarea la rețea, operatorul trebuie să stabilească o dată și condițiile planificate pentru efectuarea modernizării și dezvoltării rețelei și a datei de conectare.
- Operatorul informează, de asemenea, cu privire la cantitatea de putere de conectare disponibilă, atunci când este mai mică decât cea solicitată de o entitate care solicită conectarea.
- Condițiile de conectare sunt valabile timp de doi ani de la data livrării; ele constituie o obligație condiționată de conectare la rețea.

Alte obligații suplimentare ale OSD rezultate din Legea SRE

- colectarea și decontarea taxei RES
- Prevederea Președintelui Autorității de Reglementare în Domeniul Energiei cu cereri de emitere a unei garanții de origine

Certificate verzi și alte forme de sprijin pentru producătorii de energie regenerabilă

Sectorul prosumatorilor este susținut de ajutoare. Distribuitorii de energie sunt obligați să preia energia din micro-instalații. Pentru alimentarea cu 1 kWh a rețelei, prosumatorii pot primi 0,8 kWh în cazul sistemelor sub 10 kW și 0,7 kWh pentru sistemele cu o putere cuprinsă între 10 și 50 kW. Acest mecanism de sprijin pare să aibă un potențial de dezvoltare relativ scăzut. Subvențiile semnificative provin din programe Europene și interne care susțin dezvoltarea SRE. Se estimează că în fiecare an vor apărea câteva mii de microinstalații fotovoltaice.

Licitații – principii generale

- Proiectele noi pot participa la sistemul de sprijin **numai prin intermediul mecanismului de licitație.**
- De exemplu, instalațiile care utilizează biomasă cu **putere mai mare de 50 MW sunt excluse** din sistemul de licitație.
- Până la 30 noiembrie, Consiliul de Miniștri specifică prin ordonanță valoarea maximă și valoarea energiei care poate fi cumpărată în anul următor (25% pentru instalațiile sub 1 MW).
- Licitațiile (cel puțin o dată pe an) sunt organizate și efectuate de Președintele Autorității de Reglementare în Domeniul Energiei (separat pentru surse de până la 1 MW).
- Producătorul care oferă cea mai ieftină energie devine câștigător al licitației.
- Prețul energiei este indicat pe baza unui preț de referință specificat de Ministrul economiei cu cel puțin 60 de zile înainte de licitație, conform principiilor stabilite în Legea privind SRE.
- O entitate care dorește să participe la licitație este supusă procedurii de evaluare formală – obligația de a furniza documente și de a constitui garanție bancară.
- Președintele Autorității de Reglementare în Domeniul Energiei emite un certificat de admitere la licitație sau refuză emiterea acesteia în termen de 30 de zile de la depunerea cererii.

- Se poate depune o plângere pentru refuzul eliberării certificatului.
- Certificatul este valabil timp de 12 luni.
- Încheierea unui contract cu vânzătorul are loc în termen de șase luni de la închiderea licitației.
- Energia este achiziționată la prețul stabilit la licitație, sub rezerva indexării cu rata inflației.
- O obligație de achiziție se referă numai la energia în cantitatea specificată în oferta producătorului.
- Decontarea obligației de producere a energiei în suma prevăzută în ofertă are loc în perioade de trei ani (amenințate cu sancțiuni financiare).
- Vânzătorul și producătorul au dreptul de acoperire a așa-numitului sold negativ.

Legea surselor regenerabile de energie a fost modificată la 07 iunie 2018. Scopul principal al noului act SRE este de a îmbunătăți regulile sistemului de licitație, ceea ce va permite deblocarea următoarei licitații și lansarea de noi investiții în SRE. În actul modificat există o nouă regulă pentru acumularea de sprijin public. Una dintre condițiile este cerința ca suportul operațional să fie redus de orice suport de investiții primit anterior. Această condiție este numită regula de acumulare, al cărei scop este să asigure că asistența (sau alt tip de sprijin) pentru un singur proiect – acordată din diverse surse – a fost de natură proporțională. Acesta trebuie să fie limitat la minimul necesar pentru îndeplinirea acestui angajament – cu condiția ca Ministerul Energiei. Licitațiile vor fi împărțite în mai multe coșuri, corespunzătoare divizării efectuate în scopul stabilirii prețurilor de referință. Fotovoltaicul este în coș cu energia eoliană onshore. Ministerul Energiei prezice sprijinul pentru centralele fotovoltaice cu o capacitate de până la 750 MW (preț de referință 420 PLN / MWh) și parcuri eoliene mai mici de până la 120 MW (preț de referință 320 PLN / MWh).

Drepturile și obligațiile instalatorului de gaze cu efect de seră certificat în România

Directiva RES

Directiva privind energia regenerabilă (2009/28 / CE) impune statelor membre crearea de sisteme de certificare recunoscute reciproc. În conformitate cu Directiva 2009/28 / CE privind promovarea utilizării surselor regenerabile de energie (SRE), se prevede implementarea unor sisteme de certificare sau a unor sisteme de calificare a instalatorilor mici de sisteme RES (cazane și cuptoare cu biomasă de mici dimensiuni, sisteme fotovoltaice, sisteme solare, sisteme geotermale de mică adâncime și pompe de căldură). Aceste sisteme de certificare ar trebui finalizate până la sfârșitul anului 2012; fiecare stat membru recunoaște certificatele acordate în alte state membre în conformitate cu criteriile specificate în directivă.

O persoană care instalează micro-instalație, instalație mică, o sursă de energie regenerabilă cu puterea instalată termică totală de maximum 600 kW poate solicita Președintelui Autorității de Reglementare în Energetică emiterea certificatului de instalare.

Cu toate acestea, certificatul nu este obligatoriu, iar întreprinderile din domeniul energiei funcționează fără teme legal, încălcând regulamentul articolului 4 alineatul 1 punctul 4 din Legea energiei (informația președintelui Autoritatea de Reglementare în domeniul Energiei nr. 40/2013).

Certificatul este eliberat timp de 5 ani și valabilitatea acestuia poate fi extinsă pentru următorii 5 ani.

Condiții de obținere și de reînnoire a certificatului

Condițiile și modul de eliberare a certificatelor pentru instalatorii de microîntreprinderi și instalații mici sunt specificate în Legea din 10 aprilie 1997 – Legea energiei.

Condiții de obținere a certificatului unui instalator de microîntreprinderi sau instalații mici:

1. Capacitatea juridică completă și utilizarea tuturor drepturilor publice;
2. Nici o condamnare prin hotărâre definitivă pentru o infracțiune deliberată împotriva credibilității documentelor și a tranzacțiilor comerciale;
3. Deținerea unuia dintre următoarele documente:
 - diploma care confirmă calificările profesionale eliberate în conformitate cu prevederile Legii din 7 septembrie 1991 privind sistemul educațional sau alt document echivalent care confirmă calificările de instalare a dispozitivelor sau instalațiilor sanitare, electrice, de încălzire, răcire sau electrice;
 - documentarea unei experiențe profesionale de trei ani în domeniul instalării sau modernizării dispozitivelor sau instalațiilor sanitare, electrice, de încălzire, răcire sau electrice;
 - certificat de absolvire a cursului de cel puțin două perioade de studii postuniversitare sau echivalent, care se referă la aspecte incluse în programul de formare specificat în dispozițiile emise în conformitate cu articolul 20v punctul 2;
 - certificatul de finalizare a instruirii la un producător de un anumit tip de sursă de energie regenerabilă, care, într-o parte teoretică și practică, a inclus aspecte ce țin de proiectarea, instalarea, modernizarea sau întreținerea, într-o stare tehnică adecvată, a sursei de energie regenerabilă;
4. Finalizarea formării de bază pentru persoanele care solicită eliberarea certificatului unui instalator de microîntreținere sau instalație mică, confirmat printr-un certificat, realizat de un organizator de formare acreditat menționat la articolul 20q secțiunea 1 sau la articolul 20 w, în cadrul domeniului de aplicare privind instalarea unui anumit tip de sursă de energie regenerabilă;
5. Permisul unui examen stabilit de o comisie de examinare, după caz pentru un anumit tip de sursă de energie regenerabilă, nu mai târziu de 12 luni de la data finală a formării de bază.
Sau
6. Capacitatea juridică completă și utilizarea tuturor drepturilor publice;
7. Nici o condamnare prin hotărâre definitivă pentru o infracțiune deliberată împotriva credibilității documentelor și a tranzacțiilor comerciale;
8. Deținerea unuia dintre următoarele documente:
 - diploma care confirmă calificarea în profesia de tehnician al dispozitivelor și sistemelor de energie regenerabilă;
 - diploma care confirmă calificările profesionale în domeniul dispozitivelor și sistemelor de energie regenerabilă emise în conformitate cu prevederile Legii cu privire la sistemul educațional;
 - diploma de absolvire a studiilor de masterat în domeniu sau în specializarea surselor regenerabile de energie sau a aparatelor și instalațiilor sanitare, electrice, de încălzire, răcire, aer condiționat sau electrice și emise în conformitate cu prevederile Actului din 27 iulie 2005 privind Sistem educațional.

EXTINDEREA CERTIFICATULUI

Pentru a prelungi certificatul, o cerere trebuie depusă cel târziu cu 30 de zile înainte de data de încheiere a valabilității unui certificat eliberat anterior. Ar trebui să conțină aceleași date ca și o aplicație originală, precum și o declarație conform căreia instalatorul îndeplinește condițiile certificatului.

Pierderea certificatului de instalator – motivele retragerii certificatului

1. Limitarea sau pierderea capacității juridice a Instalatorului.
2. Privarea drepturilor instalatorului printr-o hotărâre definitivă.
3. Condamnarea instalatorului prin hotărâre definitivă pentru o infracțiune deliberată împotriva credibilității documentelor și a tranzacțiilor comerciale.
4. Când instalatorul folosește certificatul contrar domeniului său de aplicare sau există dovezi dovedite că o micro-instalație sau o instalație mică este asamblată contrar reglementărilor valabile.

Instalatorul a cărui certificat a fost retras poate solicita reînnoirea certificatului după un an de la data retragerii certificatului.

4.11. Factori care afectează productivitatea muncii

Sistemul fotovoltaic conține o serie de elemente în care apar transformări de energie. În celulele fotovoltaice se produce conversia energiei fotonice la energia electrică, în regulatoarele de tensiune sunt reglați diferiți parametri ai tensiunii și curentului, în timp ce în inverter se transformă energia electrică din curent și tensiune continue în curent și tensiune alternative, în baterii energia electrică este transformată în energie chimică și invers.

Fiecare convertor de energie electrică este caracterizat cu o anumită eficiență – mai mică de unu. Eficiența generală a întregului sistem fotovoltaic este produsul eficienței anumitor elemente ale sistemului. Pentru a obține o eficiență energetică cât mai bună a sistemului fotovoltaic, componentele sistemului ar trebui selectate corespunzător, astfel încât acestea să funcționeze în cea mai mare parte într-o gamă de eficiență maximă.

O analiză a modificărilor eficienței anumitor elemente ale sistemului în funcție de încărcare și selecția componentelor sistemului trebuie să permită obținerea unor configurații eficiente energetic ale sistemelor fotovoltaice.

Eficiența modulelor fotovoltaice

În funcție de tipul de module fotovoltaice, eficiența acestora este diferită. În plus, impactul temperaturii asupra funcționării celulei este diferit pentru fiecare tip de modul, ceea ce poate, de asemenea, să afecteze eficiența acestuia în condiții de funcționare specifice. Prin urmare, în timpul proiectării sistemul fotovoltaic, trebuie luată în considerare și alegerea corectă a tipului de modul pentru condiții de funcționare specifice.

În majoritatea cazurilor, instalațiile fotovoltaice sunt realizate din module în tehnologii silicice (mono și policristaline). Eficiența lor variază între 17 și 21%.

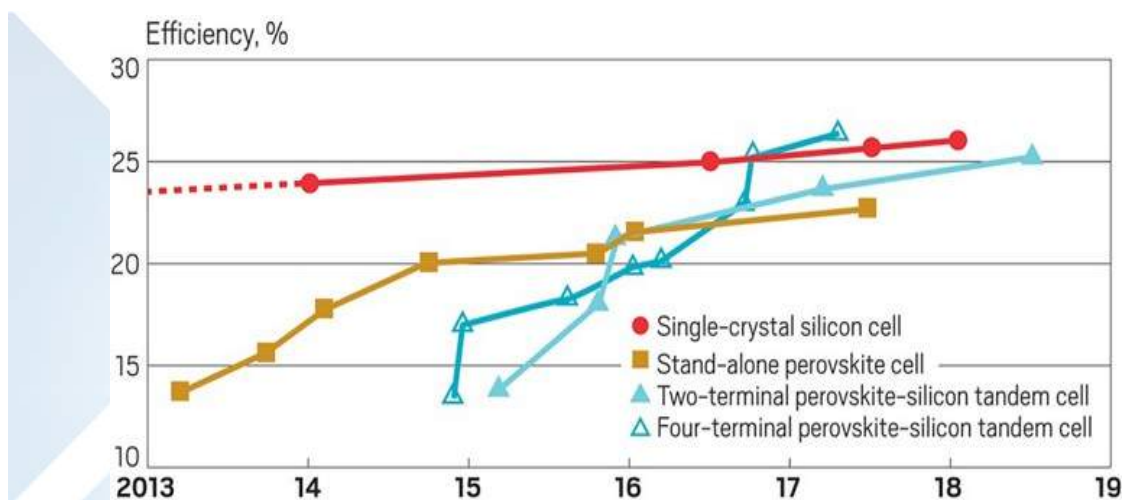


Fig. 1. Eficiența modulelor fotovoltaice pentru diferite tehnologii

Source: <https://cen.acs.org/energy/solar-power/Perovskite-progress-pushes-tandem-solar/96/i24> [access: 20 June 2018]

Eficiența invertoarelor fotovoltaice

Eficiența invertoarelor fotovoltaice este ridicată și atinge valori de la 96 la 98,5%. Cu toate acestea, datorită fluctuațiilor tensiunilor CC de intrare, funcționarea cu eficiență maximă se întâmplă rar. Prin urmare, pentru a asigura o funcționare cu o eficiență cât mai mare posibil, trebuie efectuat cu atenție procesul de reglare a tensiunii CC între modulul PV și intrarea inverterului MPPT.

Intervalul de lucru al inverterului este între U_{start} și U_{max} , în timp ce eficiența acestuia în funcție de valoarea tensiunii de intrare este variabilă.

Când tensiunea pe partea CC atinge valoarea V_{start} , inverterul pornește și începe să caute punctul maxim de alimentare. Dacă acest punct se situează între V_{min} și V_{start} , inverterul pornește. Funcționează cu o putere incompletă dacă tensiunea nu depășește valoarea minimă a domeniului MPPT. Inverterul are cea mai mare eficiență la tensiunea V_{nom} .

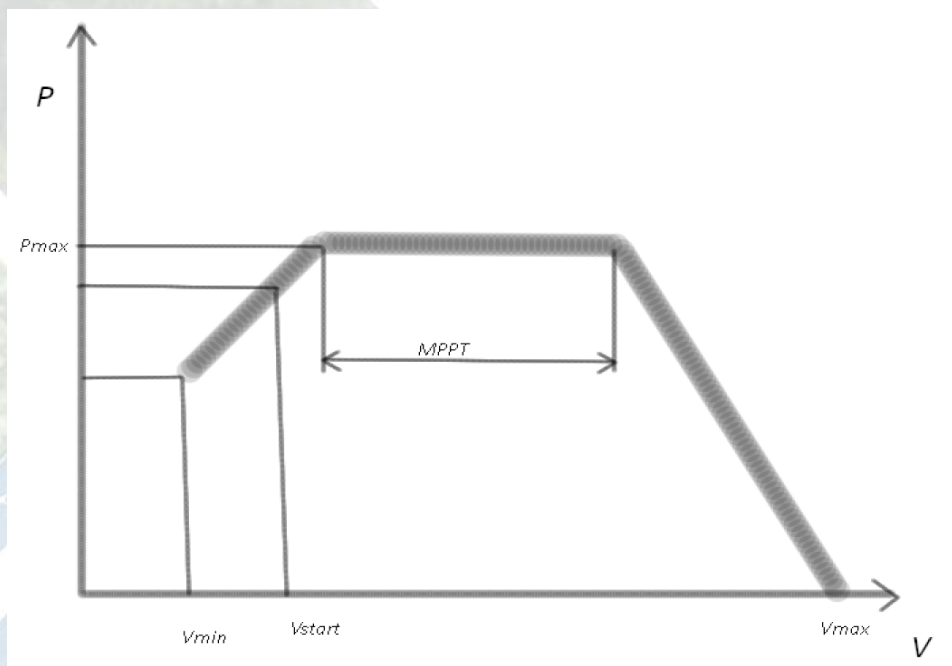


Fig. 2. Puterea disponibilă de la inverter în funcție de tensiunea de intrare

Ajustarea modulelor la inverter

Fiecare inverter are două puteri utilizabile în fișa cu date de siguranță:

- puterea nominală a curentului direct DC,
- puterea nominală a curentului alternativ AC.

Puterea nominală a curentului alternativ AC pentru inverter este puterea pe care o poate furniza continuu la o temperatură ambiantă de $25^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$.

Puterea nominală a curentului continuu DC pentru inverter ($P_{INV \text{ DC}}$) este de aprox. Cu 5% mai mare decât puterea sa nominală AC.

La selecția inverterului, domeniul de putere poate fi specificat după cum urmează:

$$0.8 P_{PV} < P_{INV \text{ DC}} < 1.2 P_{PV}$$

unde: P_{PV} – puterea unui set de module PV [Wp].

Dependența dintre puterea modulelor fotovoltaice instalate și puterea maximă a inverterului este exprimată cu coeficientul de dimensionare C_{INV} al inverterului și poate fi calculată utilizând următoarea formulă:

$$C_{INV} = \frac{P_{PV}}{P_{INV \text{ AC}}}$$

unde:

- P_{PV} – puterea modulelor PV instalate,
- $P_{INV \text{ AC}}$ – puterea nominală AC a inverterului.

Valoarea obișnuită pentru C_{INV} se află în intervalul $0.83 < C_{INV} < 1.25$, dar din punct de vedere economic ar fi mai bine ca $C_{INV} > 1$.

Selecția corespunzătoare a lungimii și a secțiunilor transversale ale cablurilor DC și CA

Scopul principal pentru selectarea secțiunii transversale adecvate a firelor este obținerea cât mai puține pierderi de transmisie / picături de tensiune.

Se recomandă ca scăderea tensiunii în circuitul DC de curent continuu să fie mai mică de 1% din tensiunea nominală a sistemului PV în STC, pentru a limita pierderile de putere la toate cablurile DC la nivelul mai mic de 1% în STC. Pierderile la acest nivel pot fi menținute prin utilizarea secțiunilor transversale standard ale cablurilor pentru sistemele fotovoltaice cu invertoare care funcționează pe tensiuni DC de intrare mai mari ($V_{MPP} > 120 \text{ V}$). (DGS, 2008)

Pentru a selecta o secțiune transversală adecvată a firelor cu menținerea unei căderi de tensiune sub 1% (în STC), ecuația de mai jos se aplică pentru a calcula suprafața secțiunii transversale a cablului:

$$A_M = \frac{2 \cdot L_M \cdot I_{SC}}{1\% \cdot V_{MPP} \cdot \kappa}$$

unde:

- L_M – lungimea firelor de conectare a modulelor / lanțurilor [m],
- I_{SC} – lanț de curent [A],
- V_{MPP} – tensiune în lanț [V],
- κ – conductivitate [$\text{m}/\Omega \text{ mm}^2$, cupru $\kappa_{Cu} = 56$, aluminiu $\kappa_{Al} = 34$].

Valoarea obținută trebuie rotunjită până la cea mai apropiată secțiune standard a firului. Următoarea ecuație definește pierderile totale de putere (W) în cablarea modulelor / lanțurilor pentru secțiunea transversală selectată a firului:

$$P_M = \frac{2 \cdot n \cdot L_M \cdot I_{SC}^2}{A_M \cdot \kappa}$$

Unde:

n – numărul de lanțuri de module fotovoltaice.

Atunci când se aplică diferite lungimi de fire pentru lanțuri, trebuie aplicată ecuația de mai jos:

$$P_M = \frac{2 \cdot I_{SC}^2}{\kappa} \cdot \left(\frac{L_1}{A_1} + \frac{L_2}{A_2} + \frac{L_3}{A_3} + \dots \right)$$

Cablurile principale de cablu de curent continuu și cabluri de curent continuu pentru subseturile de module PV trebuie să fie capabile să transmită curentul maxim care poate fi produs de aceste module. Pentru cablul principal DC, trebuie adoptat curent maxim cu o valoare de 1,25 ori mai mare decât curentul maxim de scurtcircuit al întregului set de module fotovoltaice pentru condițiile STC.

$$I_{\max} = 1.25 I_{SC \text{ PV}}$$

Secțiunea transversală a cablurilor trebuie selectată în funcție de puterea maximă permisă a cablului. Din nou, se presupune o scădere cu 1% în raport cu puterea nominală a unui set de module PV.

Secțiunea transversală a cablului DC este definită de dependență:

$$A_{DCcables} = \frac{2 \cdot L_{DCcables} \cdot I_n^2}{(v \cdot P_{PV} - P_M) \cdot \kappa}$$

Unde:

- $L_{DC \text{ Cable}}$ – lungimea firelor de conectare a modulelor / lanțurilor [m],
- I_n – curentul nominal al modulului PV [A],
- P_{PV} – puterea nominală a modulului PV [W_p],
- P_M – pierdere de putere pe linia de curent continuu [W],
- κ – conductivitate,
- v – coeficient de pierdere $v=1\%$ or $v=2\%$ pentru voltaj redus.

Valoarea obținută trebuie rotunjită până la cea mai apropiată secțiune standard a firului. Următoarea ecuație definește pierderile totale de putere (W) în cablarea modulelor / lanțurilor pentru secțiunea transversală selectată a firului:

$$P_M = \frac{2 \cdot L_{DCcables} \cdot I_n^2}{A_{DCcables} \cdot \kappa}$$

Calcularea secțiunii transversale a conductorului pentru conexiunea de curent alternativ este efectuată presupunând o scădere de tensiune de 3% în raport cu tensiunea nominală a rețelei. Secțiunea transversală a cablurilor $A_{AC\ cable}$ se calculează cu formula:

$$A_{AC\ cable} = \frac{2 \cdot L_{AC\ cable} \cdot I_{nAC} \cdot \cos \varphi}{3\% \cdot V_n \cdot \kappa}$$

Pentru soluția monofazată:

- $L_{AC\ cable}$ – lungimea cablului de conectare AC [m],
- I_{nAC} – tensiunea nominală a curentului alternativ al inverterului AC [A],
- $\cos \varphi$ – coeficientul de putere (între 0.8 și 1.0),
- V_n – tensiunea nominală a rețelei, monofazată: 230 V.

În cazul conexiunii trifazate:

$$A_{AC\ cable} = \frac{\sqrt{2} \cdot L_{AC\ cable} \cdot I_{nAC} \cdot \cos \varphi}{3\% \cdot V_n \cdot \kappa}$$

- V_n – tensiunea nominală, trifazată: 400 V.

Pierderea în cablu $P_{AC\ cable}$ pentru secțiunea transversală selectată a cablului este definită cu ajutorul formulei:

Pentru monofazat:

$$P_{AC\ cable} = \frac{2 \cdot L_{AC\ cable} \cdot I_{nAC}^2 \cdot \cos \varphi}{A_{AC\ cable} \cdot \kappa}$$

Pentru trifazat:

$$P_{AC\ cable} = \frac{3 \cdot L_{AC\ cable} \cdot I_{nAC}^2}{A_{AC\ cable} \cdot \kappa}$$

Selectarea unghiului de înclinare a modulelor fotovoltaice

Beneficiile sistemelor fotovoltaice depind în mare măsură de orientarea și înclinarea modulelor. Acestea sunt legate de orientarea și înclinarea acoperișurilor și fațadelor:

- Orientare optimă = sudică;
- Înclinare optimă = latitudine (°) – 10 ° (peste 30 ° în Europa).

Modulele montate pe fațade sunt cu 30% mai eficiente decât cele de pe acoperiș.

Tabelul de mai jos prezintă coeficienții pentru a calcula pierderile în performanța sistemelor fotovoltaice în funcție de orientarea și înclinarea modulelor.

ROOF ANGLE	WEST						SOUTH						EAST					
	90°	75°	60°	45°	30°	15°	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°	90°	75°	60°	45°	30°
90°	56	60	64	67	69	71	71	71	71	69	65	62	58					
80°	63	68	72	75	77	79	80	80	79	77	74	69	65					
70°	69	74	78	82	85	86	87	87	86	84	80	76	70					
60°	74	79	84	87	90	91	93	93	92	89	86	81	76					
50°	78	84	88	92	95	96	97	97	96	93	89	85	80					
40°	82	86	90	95	97	99	100	99	98	96	92	88	84					
30°	86	89	93	96	98	99	100	100	98	96	94	90	86					
20°	87	90	93	96	97	98	98	98	97	96	94	91	88					
10°	89	91	92	94	95	95	96	95	95	94	93	91	90					
0°	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90					

Fig. 3. Eficiență de instalare în funcție de orientarea și unghiul de înclinare

Source: <http://www.freesolarpanelsuk.co.uk/the-best-angle-and-orientation-for-solar-panels-in-the-uk.php>
[access: 20 June 2018]

Condițiile de pe teren – posibilă umbră

Chiar dacă este proiectată cea mai bună orientare și unghiul de înclinare a modulelor este optim, sistemul poate fi ineficient dacă nu a fost luată în considerare umbrirea.

Există două tipuri de umbră:

- umbrirea cauzată de clădirile vecine, de copaci, de topografie,
- auto-umbră.

Primul tip de umbră ar trebui să ia în considerare:

- perioada de iarnă, dimineața, seara,
- creșterea copacilor,
- clădiri noi planificate în zonă.

Pentru a preveni aceste probleme, trebuie proiectate sisteme de bypass și machete de module în locurile umbrite. Se recomandă prudență, deoarece lumina împrăștiată de obstacolele care aruncă o umbră poate afecta semnificativ performanța instalației PV.

Pentru a evita umbrirea în sine, trebuie acordată atenție geometriei clădirii și elementelor precum:

- imagini prin satelit,
- cosuri de fum și ventilație;
- luminatoare și alte elemente proeminente,
- elemente suspendate.

În locurile care fac obiectul unei suprapunerii, ar trebui instalate machete de module sau sisteme de by-pass.

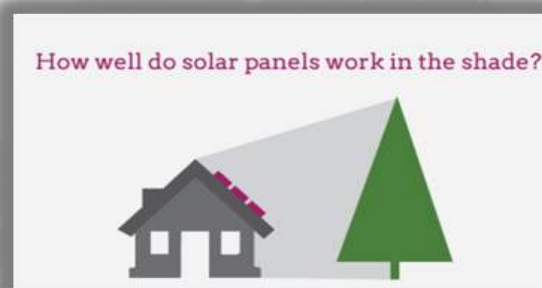


Fig. 4. Umbră de copaci

Source: <https://news.energysage.com/solar-panels-work-shade/> [access: 20 June 2018]

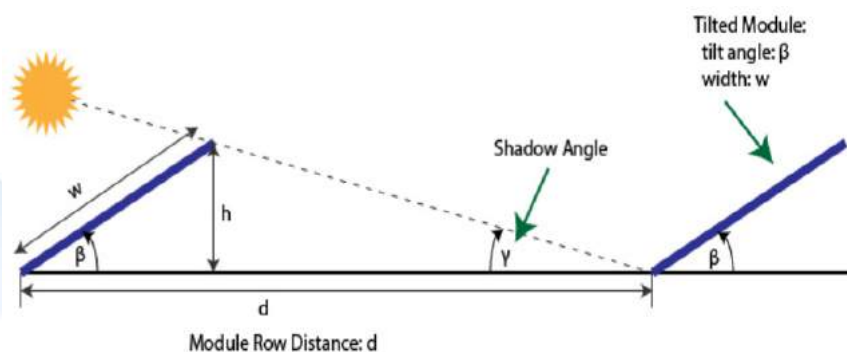


Fig. 5. Calculul distanței dintre rânduri

Source: <http://www.greenrhinoenergy.com/solar/performance/shading.php> [access: 20 June 2018]

Selectarea sistemului de stocare a energiei

Funcționarea naturală a sistemului fotovoltaic depinde de soare, iar producția de energie electrică scade după-amiaza. În cele mai multe cazuri de instalații de uz casnic și într-o mare parte a instalațiilor industriale, acestea nu corespund încărcării maxime, care ar folosi în mod natural energia în momentul producerii. Prin urmare, pentru aceste cazuri, este justificat să se ia în considerare utilizarea stocării energiei adaptată profilului de sarcină (cererea de energie electrică). Selectarea unei tehnologii adecvate a acumulatorului și a capacității sale trebuie să permită stocarea supra-producției de energie, păstrarea și utilizarea acestora ori de câte ori este convenabilă pentru utilizator. În funcție de prețul energiei în anumite țări, acest proces este mai mult sau mai puțin profitabil, totuși se observă o tendință generală de creștere a ponderii stocării energiei în instalațiile fotovoltaice.

Întreținerea periodică, curățarea modulelor fotovoltaice

Eficiența instalației fotovoltaice poate fi îmbunătățită și prin curățarea și întreținerea regulată a sistemului. Pornind de la spălarea regulată a modulelor, inspecția lor cu privire la deteriorări, prin revizuirea poziționării corespunzătoare a cablurilor și conexiunilor, la controlul ventilației în apropierea invertorului și a protecțiilor CC și CA. Merită să încredințați aceste lucrări unei firme prin contract de întreținere. O astfel de procedură vă poate salva de defecțiuni mai lungi ale sistemului, în timpul cărora producția de energie va fi scăzută.



Fig. 6. Spălarea instalației fotovoltaice

Source: <http://gramwzielone.pl/energia-sloneczna/17916/czyszczenie-instalacji-fotowoltaicznej-zwiekszy-jej-wydajnosc> [access: 20 June 2018]

4.12. Conectarea sistemelor PV cu surse alternative de energie

Tipurile și specificitatea surselor alternative de energie

O centrală fotovoltaică este una dintre numeroasele surse alternative de energie. Se poate spune că este o sursă instabilă, deoarece nu este capabilă să asigure continuitatea producției în timpul întregii zi. Centrala eoliană este a doua sursă de acest tip, care nu poate funcționa 24/7.

Alte două surse de energie alternativă, și anume biomasa și biocombustibilul, vor funcționa ca surse stabile, deoarece funcționarea lor se bazează pe procesul de combustie care poate fi controlat efectiv de ființa umană.

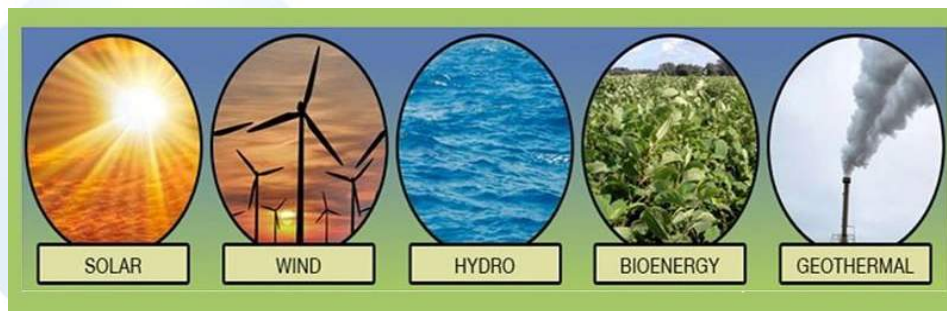


Fig. 1. Surse regenerabile de energie

Source: <http://www.studymumbai.com/renewable-energy-resources.html> [access: 20 June 2018]

Sisteme fotovoltaice care cooperează cu surse alternative de energie

Sistemul fotovoltaic poate coopera efectiv cu fiecare sursă din cele trei descrise mai sus.

În cazul conectării unei centrale eoliene cu o centrală fotovoltaică, sistemele se completează reciproc, deoarece, practic, dacă suflă vânturile și se produce energie eoliană, avem de-a face cu nebulozitatea care minimizează producția de energie fotovoltaică. Și invers – în perioadele cu o mare cantitate de soare, producția de energie solară este maximă, în timp ce producția centralei eoliene este minimă, deoarece vântul este slab.

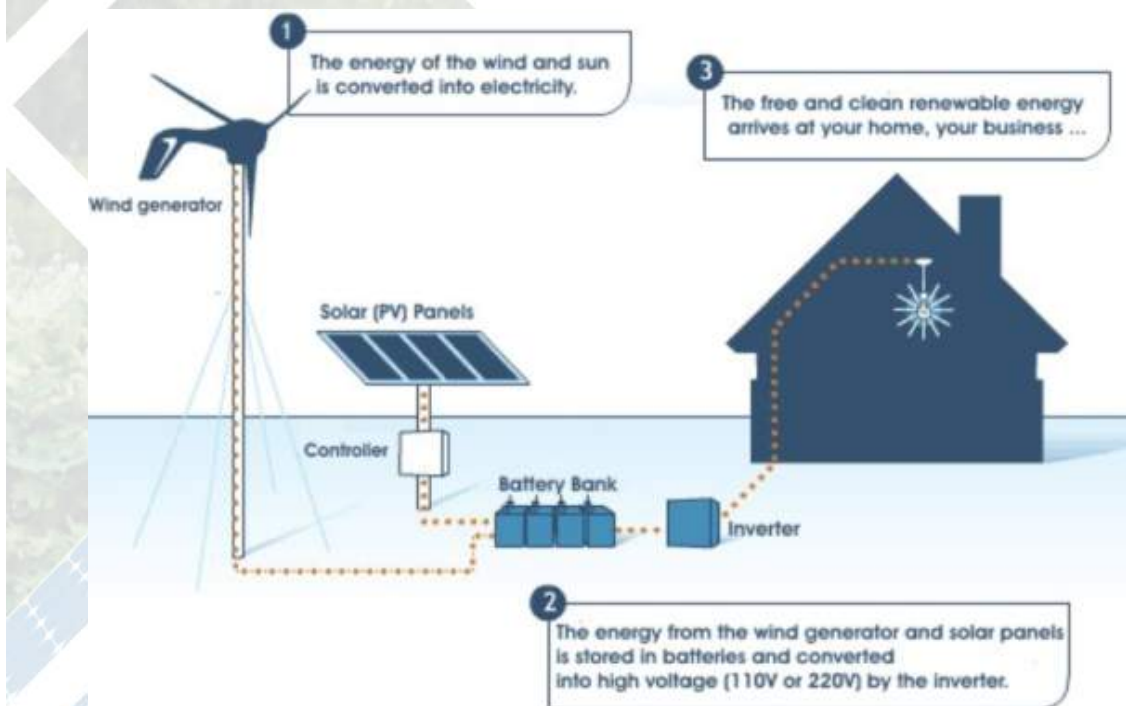


Fig. 2. Instalarea sistemului fotovoltaic în cooperare cu generatorul eolian

În cazul biocombustibililor și al biomasei, aceste surse constituie un element care stabilizează producția unei astfel de surse de producție hibride. Datorită caracterului lor, putem alege dimensiunea și metoda de gestionare a acestora astfel încât producția de energie să fie stabilă din punct de vedere al clientului.

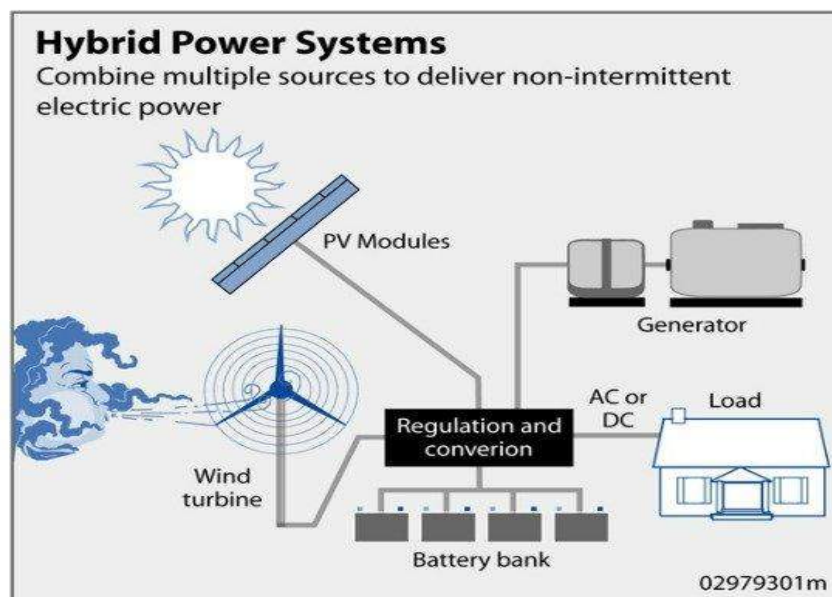


Fig. 3. Instalație fotovoltaică cu generatorul eolian și generator de biocombustibil

Source: <https://www.energy.gov/energysaver/buying-and-making-electricity/hybrid-wind-and-solar-electric-systems> [access: 20 June 2018]

Rolul stocării energiei în sistemele cu multe surse alternative de energie

În fiecare dintre cazurile de mai sus, funcționarea sistemelor fotovoltaice cu surse alternative de energie necesită utilizarea reținerii de putere în sistem. Funcția sa constă în recepția energiei în perioade de creștere a producției, la absența simultană a posibilității de primire a energiei și livrarea atunci când cererea de energie a clientului este mai mare decât posibilitatea producerii acesteia. Conexiunea dintre centrala fotovoltaică și cea eoliană este cea mai critică, deoarece se poate întâmpla ca o sursă să o completeze pe cealaltă. Apoi, nu trebuie subestimat rolul stocării. Când avem de-a face cu instalațiile fotovoltaice asociate cu biocombustibili sau cu biomasă, stocarea energiei va fi utilizată pentru a colecta surplusurile din instalația fotovoltaică, în timp ce în cazul în care nu este produsă de Soare, clientul va furniza energie din biocombustibili și cea stocată.

Rolul sistemelor avansate de control și al software-ului pentru cooperarea cu surse alternative de energie

În toate soluțiile hibride, în cazul în care avem de-a face cu cooperarea mai multor surse de producție, software-ul avansat este important. Poate fi localizat direct în inverter într-un mecanism independent, dedicat, care va gestiona funcționarea surselor alternative, a stocării și a receptoarelor de energie. Datorită comunicării de la distanță și a schimbului de informații cu sistemele meteorologice bazate pe date, software-ul de management trebuie să poată gestiona eficient fluxul de energie între sursele PV și alte surse alternative și sistemul de recepție, rețeaua și stocarea energiei. Eficacitatea unui astfel de sistem depinde de doi factori de bază: locurile selectate în mod corespunzător pentru a citi datele și algoritmi implementați corespunzător. Pentru utilizatori, o interfață de utilizator transparentă și simplă este foarte importantă.

5. EXERCIȚII

5.1. Sistem PV – aspecte generale – exerciții

Exercițiul 1. (subcapitolul 4.1)

Bifați răspunsul corect:

Istoria fotovoltaicii a început în:

- a) 1905
- b) 1798
- c) 1839
- d) 1918

Exercițiul 2. (subcapitolul 4.1)

Asociați evenimentul istoric cu o dată calendaristică:

No.	Eveniment istoric		Data
1.	Prima celulă solară a fost construită în Laboratoarele Bell din Murray Hill, SUA, de către cercetătorii Chaplin, Fuller și Pearson	a)	1976
2.	Primele 108 celule solare au fost instalate pe satelitul Vanguard	b)	1954
3.	Prima celulă solară a fost realizată din siliciu amorf de către David Carlson și Chris Wronski	c)	1958

Exercițiul 3. (subcapitolul 4.1)

Aranjați în ordine descrescătoare în funcție de puterea totală instalată a fotovoltaicelor în 2017 în următoarele țări:

- a) Japonia.
- b) USA.
- c) China.
- d) Germania.

5.2. Celula fotovoltaică – structură și funcționare – exerciții

Exercițiul 1. (subcapitolul 4.2)

Conectați simbolurile și definițiile parametrilor PV măsurați și calculați.

Puterea modulelor fotovoltaice măsurată în condiții standard (STC)	NOCT
Intensitatea radiației solare (globale) măsurată în planul modulelor generatoarelor fotovoltaice	P_{MSTC}
Temperatura nominală de funcționare a modulelor	T_{amb}
Temperatura ambientală (aer)	G_{POA}

Exercițiul 2. (subcapitolul 4.2)

Conectați defectele tipice ale sistemelor PV cu metodele lor de diagnosticare

Încălzirea excesivă a modulelor fotovoltaice, puncte fierbinți,	Putere CC, putere CA, înregistrator intern de date al invertorului
Înteruperi în circuitele CC (siguranțe arse în cutiile CC, fire, conexiuni, cutii de joncțiune ale modulelor PV deteriorate)	Inspecție vizuală, cameră termică
Defecțiuni ale invertorului intern (electronice, comutatoare, firmware)	Curent continuu CC în circuit (în comparație cu alte circuite)

5.3. Tipuri de module și celule fotovoltaice – exerciții

Exercițiul 1. (subcapitolul 4.3)

Celula PV produce o tensiune de 0,5V. Calculați tensiunea a 4 celule montate în serie și marcați răspunsul corect:

- a) 2.0 V
- b) 0.5 V
- c) 2.5 V
- d) 1.0 V

Exercițiul 2. (subcapitolul 4.3)

Celula PV produce un curent de 0,6A. 3 celule au fost conectate în paralel, calculați curentul prin sarcină și marcați răspunsul corect:

- a) 2.0 A
- b) 0.6 A
- c) 1.8 A
- d) 1.0 A

5.4. Tipuri de sisteme fotovoltaice – exerciții

Exercițiul 1. (subcapitolul 4.4)

Conectați începutul și sfârșitul propozițiilor, astfel încât acestea să fie adevărate:

Sistemele fotovoltaice on-grid	sunt sisteme care conțin o sursă suplimentară de energie care permite generarea de energie electrică atunci când sursa PV nu funcționează
Sistemele fotovoltaice off-grid	permit folosirea energiei electrice produse pentru alimentarea periodică a instalației receptoare a investitorului
Sistemele fotovoltaice echipate cu baterii	sunt sisteme destinate cooperării cu rețeaua electrică
Sistemele fotovoltaice hibride	sunt sisteme care permit stocarea energiei electrice
Sistemele fotovoltaice care satisfac în parte cerințele proprii	sunt sisteme care permit autonomia receptoarelor

Exercițiul 2. (subcapitolul 4.4)

Completați propozițiile cu cuvinte potrivite.

- sunt instalații asamblate pe elemente de construcție existente, cum ar fi acoperișuri, luminatoare, fațade, balcoane, adăposturi etc.
- Sistemele constau în înlocuirea materialelor de construcție standard, cum ar fi gresie, geamuri, bariere balcon, luminatoare, cu module fotovoltaice pregătite în mod corespunzător.

HDMI	BAPV	SEE	BIPV
------	------	-----	------

Exercițiul 3. (subcapitolul 4.4)

Din grupul de parametri, selectați patru care descriu depozitele de energie.

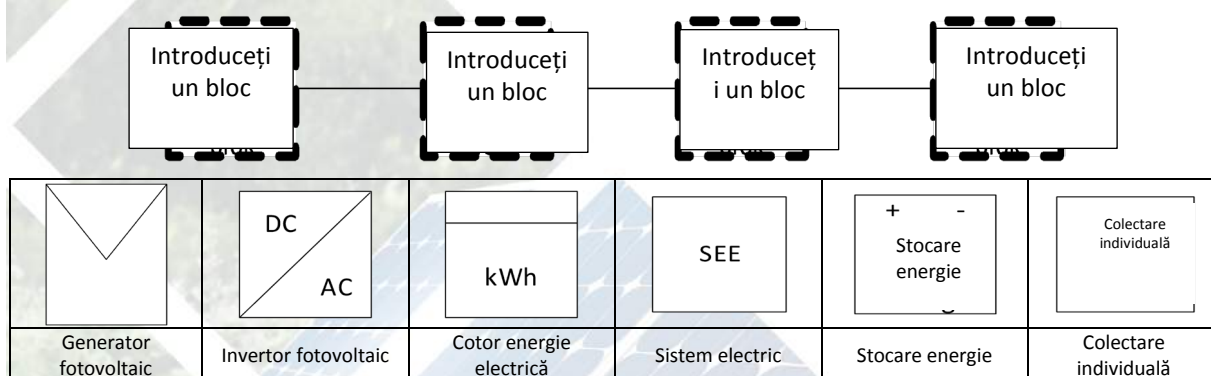
Depozitarea energiei ar trebui caracterizată prin următorii parametri:

-
-
-
-

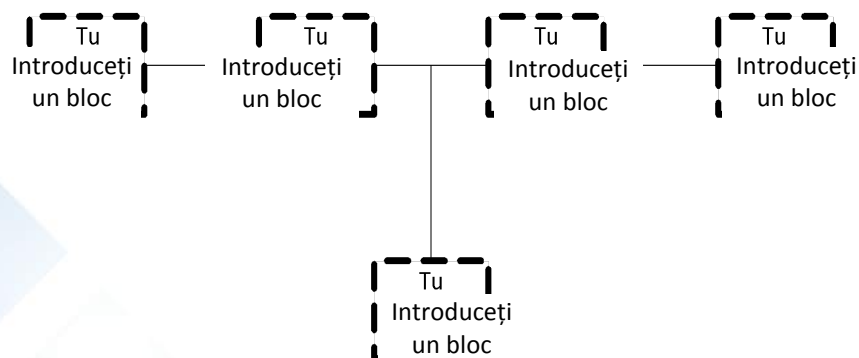
izolare galvanică	capacitate	frecvenței tensiunii	absorbția
curent maxim de ieșire	timp de viață	tensiunea nominală	scurt circuit

Exercițiul 4. (subcapitolul 4.4)

Desenați o diagramă bloc a unui sistem fotovoltaic simplu conectat la rețeaua electrică și care funcționează numai pe rețeaua electrică.

**Exercițiul 5. (subcapitolul 4.4)**

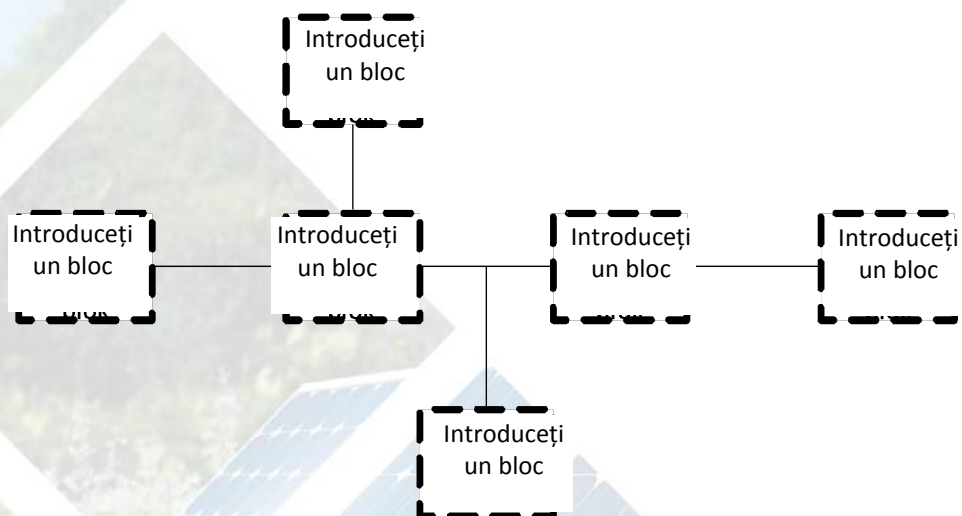
Desenați o diagramă bloc a unui sistem fotovoltaic conectat la rețeaua electrică, care să permită satisfacerea parțială a cerințelor proprii.



Generator fotovoltaic	Invertor fotovoltaic	Contor electric	Sistem electric	Stocare energie	Colectare individuală

Exercițiul 6. (subcapitolul 4.4)

Desenați o diagramă bloc a unui sistem fotovoltaic conectat la rețeaua electrică care să permită satisfacerea parțială a cerințelor proprii, echipate cu elemente stocare a energiei electrice.



Generator fotovoltaic	Invertor fotovoltaic	Contor electric	Sistem electric	Stocare energie	Colectare individuală

5.5. Sistem PV – elemente și dispozitive – exerciții

Exercițiul 1. (subcapitolul 4.5)

Conectați numele elementelor sistemului fotovoltaic cu descrierea corectă.

Element de bază al sistemului fotovoltaic care produce energie electrică în condiții de expunere la lumină, cum ar fi radiația solară	Bloc PV
Cel mai mic element, complet protejat împotriva unui set de celule PV interconectate	Celulă PV
Circuit în care modulele PV sunt conectate în serie pentru a produce tensiunea de ieșire necesară	Modul PV
Setul integrat mecanic și electric de module fotovoltaice și alte elemente necesare care creează o unitate care furnizează curent continuu	Generator PV
Set de colectoare PV	Invertor PV
Dispozitiv de conversie a tensiunii și curentului continuu la tensiune și curent alternativ	Colector PV

Exercițiul 2. (subcapitolul 4.5)

Conectați începutul și sfârșitul propozițiilor, astfel încât acestea să fie adevărate.

Invertor grilă	permite alimentarea cu energie electrică a receptoarelor electrice în locurile în care rețeaua electrică este inaccesibilă.
Invertor islanding	poate furniza receptoare electrice indiferent de accesibilitatea rețelei electrice și permite cooperarea cu rețeaua electrică, dacă este disponibilă.
Invertor hibrid	pot fi conectate direct la rețeaua electrică.

5.6. Selectarea soluțiilor tehnice – exerciții

Exercițiul 1. (subcapitolul 4.6)

Completați enunțul cu cuvântul potrivit.

Totuși, sistemele fotovoltaice generează cel mai mare randament energetic atunci când generatorul fotovoltaic este orientat către...

vest	est	nord	sud
------	-----	------	-----

Exercițiul 2. (subcapitolul 4.6)

Completați enunțul cu cuvântul potrivit.

În timp ce proiectăm aranjarea modulelor fotovoltaice, trebuie avut în vedere faptul că umbrirea unei părți a modulului sau a mai multor module instalației fotovoltaice.

nu afectează performanța	crește performanța	reduce performanța	îmbunătățește operația
--------------------------	--------------------	--------------------	------------------------

Exercițiul 3. (subcapitolul 4.6)

Completați enunțul cu cuvântul potrivit.

Puterea instalației fotovoltaice ar trebui să fie ... decât puterea de conectare în instalație.

mai mare	mai mică	mult mai mare	nu contează
----------	----------	---------------	-------------

Exercițiul 4. (subcapitolul 4.6)

Eliminați un element care nu se potrivește cu restul:

Clasificarea sistemelor de asamblare a modulelor fotovoltaice cuprinde:

- Sisteme de asamblare pe acoperișuri
- Sisteme de asamblare integrate cu clădirea
- Sisteme fotovoltaice hibride
- Sisteme de asamblare independente
- Sisteme mobile de asamblare

Exercițiul 5. (subcapitolul 4.6)

Completați enunțul cu cuvântul potrivit.

Sistemele de asamblare a modulelor fotovoltaice ar trebui să asigure o rezistență adecvată la...

influența insectelor	rupere	vârfuri de tensiune	condiții atmosferice, în special rafale de vânt
----------------------	--------	---------------------	---

5.7. Profilul energetic al consumatorilor – exerciții

Exercițiul 1. (subcapitolul 4.7)

Completați enunțul cu cuvântul potrivit.

Profilul energetic al clientului este dat de într-un anumit moment.

puterea consumată de dispozitiv	distribuția temperaturilor externe	distribuția cererii de electricitate	puterea generată de sistemul PV
---------------------------------	------------------------------------	--------------------------------------	---------------------------------

Exercițiul 2. (subcapitolul 4.7)

Dintre factorii menționați, selectați-i pe cei care afectează variabilitatea săptămânală a cererii de energie electrică a clientului.

	Factori care afectează variabilitatea săptămânală a cererii de energie electrică a clientului
Zile de lucru	
Sezoane pe an	
Ciclicitatea răsăritului și apusului	
Zile libere – sâmbătă, duminică	
Schimbarea condițiilor atmosferice	

Exercițiul 3. (subcapitolul 4.7)

Eliminați un element care nu se potrivește cu restul:

Printre perioadele de variabilitate a cererii de energie electrică se pot distinge:

- variabilitatea zilnică,
- variabilitatea săptămânală,
- variabilitatea anuală,
- variabilitatea fixă.

5.8. Sistem PV – dimensionare – exerciții**Exercițiul 1. (subcapitolul 4.8)**

Completați enunțul cu un cuvânt potrivit.

Tensiunea circuitului fotovoltaic creat ar trebui să fie ... tensiunea maximă a sistemului MPPT și simultan ... tensiunea de prag a invertorului fotovoltaic.

calculată în funcție de	mai mare de	egală cu	mai mică de
-------------------------	-------------	----------	-------------

Exercițiul 2. (subcapitolul 4.8)

Eliminați un element care nu se potrivește cu restul:

Generatorul fotovoltaic este compus din:

- module fotovoltaice,
- circuite fotovoltaice,
- colectoare fotovoltaice,
- invertoare fotovoltaice.

Exercițiul 3. (subcapitolul 4.8)

Completați enunțul cu un cuvânt potrivit.

La conectarea modulelor fotovoltaice în serie, ... circuitului fotovoltaic crește.

tensiunea totală	curentul total	temperatura	riscul de defectare
------------------	----------------	-------------	---------------------

Exercițiul 4. (subcapitolul 4.8)

Completați enunțul cu un cuvânt potrivit.

La conectarea paralelă a modulelor fotovoltaice, ... circuitului fotovoltaic crește.

temperatura	tensiunea totală	curentul total	riscul de defectare
-------------	------------------	----------------	---------------------

Exercițiul 5. (subcapitolul 4.8)

Calculați numărul maxim de module fotovoltaice care pot fi conectate la intrarea invertorului fotovoltaic pentru datele de mai jos, luând în considerare temperatura minimă a modului la nivelul de -20 ° C.

Date pentru modulul fotovoltaic

Parametru	Valoare
Puterea nominală	270 Wp
Curent de scurt circuit	9.15 A
Tensiunea unui modul descărcat	38.25 V
Curent nominal	8.65 A
Tensiune nominală	31.25 V
Coeficientul de temperatură al curentului	0.049 %/°C
Coeficientul de temperatură a tensiunii	-0.30 %/°C

Date pentru invertorul fotovoltaic

Date de intrare	
Curentul maxim de intrare	16.0 A / 16.0 A
Curentul maxim de scurtcircuit, câmpul modulului	24.0 A / 24.0 A
Tensiunea minimă de intrare	150 V
Tensiunea de pornire	200 V
Tensiunea nominală de intrare	595 V
Tensiunea maximă de intrare	1000 V
Domeniul de aplicare al tensiunii MPP	267-800 V

Exercițiul 6. (subcapitolul 4.8)

Calculați numărul minim de module fotovoltaice care pot fi conectate la intrarea invertorului fotovoltaic pentru datele de mai jos, luând în considerare temperatura maximă a modulului la nivelul de 70 ° C.

Date pentru modulul fotovoltaic

Parametru	Valoare
Puterea nominală	270 Wp
Scurt circuit	9.15 A
Tensiunea unui modul descărcat	38.25 V
Curent nominal	8.65 A
Tensiune nominală	31.25 V
Coeficientul de temperatură al curentului	0.049 %/°C
Coeficientul de temperatură a tensiunii	-0.30 %/°C

Date pentru invertorul fotovoltaic

Date de intrare	
Curentul maxim de intrare	16.0 A / 16.0 A
Curentul maxim de scurtcircuit, câmpul modulului	24.0 A / 24.0 A
Tensiunea minimă de intrare	150 V
Tensiunea de pornire	200 V
Tensiunea nominală de intrare	595 V
Tensiune maximă de intrare	1000 V
Domeniul de aplicare al tensiunii MPP	267-800 V

Exercițiul 7. (subcapitolul 4.8)

Calculați numărul maxim de circuite fotovoltaice care pot fi conectate în paralel cu intrarea inverterului fotovoltaic pentru datele de mai jos, luând în considerare temperatura maximă a modului la nivelul de 70 ° C.

Date pentru modulul fotovoltaic

Parametru	Valoare
Puterea nominală	270 Wp
Scurt circuit	9.15 A
Tensiunea unui modul descărcat	38.25 V
Curent nominal	8.65 A
Tensiune nominală	31.25 V
Coeficientul de temperatură al curentului	0.049 %/°C
Coeficientul de temperatură a tensiunii	-0.30 %/°C

Date pentru inverterul fotovoltaic

Date de intrare	
Curentul maxim de intrare	16.0 A / 16.0 A
Curentul maxim de scurtcircuit, câmpul modului	24.0 A / 24.0 A
Tensiunea minimă de intrare	150 V
Tensiunea de pornire	200 V
Tensiunea nominală de intrare	595 V
Tensiune maximă de intrare	1000 V
Domeniul de aplicare al tensiunii MPP	267-800 V

5.9. Sistem PV – conectarea la sistem – exerciții

Exercițiul 1. (subcapitolul 4.9)

Completați enunțul cu un cuvânt potrivit.

Instalația fotovoltaică este echipată cu inverter fără transformator. Ce tip de întrerupător de curent rezidual ar trebui să fie aplicat?

A	AC	B	D
---	----	---	---

Exercițiul 2. (subcapitolul 4.9)

Tăiați un element care nu se potrivește cu restul:

Protecția instalației fotovoltaice pe partea CA constă în selectarea următoarelor tipuri de protecție:

- întrerupător de curent rezidual,
- protecție la supratensiuni,
- protecția la supracurent,
- protecție la tensiune mică.

Exercițiul 3. (subcapitolul 4.9)

În generatorul fotovoltaic sunt conectate în paralel 4 circuite fotovoltaice identice. Folosind gama de legături supracurent furnizate cu descrierea gPV, selectați o legătură de protecție adecvată circuitului fotovoltaic, care are un curent maxim de scurtcircuit $I_{SC} = 10,62$ A și tensiunea maximă a lanțului $U_{DCmax}=650$ V.

Gama de legături de protecție

Răspuns	Curentul nominal al dispozitivului de protecție legătură I_{zabDC} [A]	Tensiunea de lucru a legăturii de protecție [V]
1	6	700
2	8	700
3	10	700
4	12	700
5	16	700
6	20	700
7	25	700
8	6	900
9	8	900
10	10	900
11	12	900
12	16	900
13	20	900
14	25	900

5.10. Tipuri de standarde și specificații tehnice – exerciții

Exercițiul 1. (subcapitolul 4.10)

Selecționați sfârșitul propoziției corespunzător din tabel:

Microinstalarea este:

o sursă de energie regenerabilă cu o putere electrică instalată totală de maximum 10 kW, conectată la rețeaua electrică cu o tensiune nominală mai mică de 6 kV sau cu o putere termică instalată totală de maximum 12 kW

o sursă de energie regenerabilă cu o putere electrică instalată totală de maximum 50 kW, conectată la rețeaua electrică cu o tensiune nominală mai mică de 110 kV sau cu o putere termică instalată totală de maximum 120 kW

o sursă de energie regenerabilă cu o putere electrică instalată totală de cel mult 100 kW conectată la rețeaua electrică cu o tensiune nominală mai mică de 110 kV sau cu o putere termică instalată totală care nu depășește 120 kW

Exercițiul 2. (subcapitolul 4.10)

Eliminați un element care nu se potrivește cu restul:

Președintele Autorității de Reglementare în Domeniul Energiei reține un certificat emis de instalatorul instalației RES:

- dacă instalatorul folosește certificatul contrar domeniului său de aplicare.
- dacă există dovezi că o microinstalație sau o instalație mică este asamblată contrar reglementărilor valabile.
- dacă societatea în care lucrează instalatorul certificat nu și-a încheiat contractul cu investitorul în cadrul construcției instalației fotovoltaice.

5.11. Factori care afectează productivitatea muncii – exerciții

Exercițiul 1. (subcapitolul 4.11)

Dintre factorii menționați, selectați-i pe cei care afectează eficiența energetică săptămânală a instalației fotovoltaice.

	Factorii care afectează eficiența energetică săptămânală a instalației fotovoltaice
Starea tehnică bună a sarcinilor electrice	
Eficiența invertoarelor fotovoltaice	
Rata de kWh produsă	
Pierderi la cablurile CC	
Aranjarea modulelor fotovoltaice	
Întreținerea periodică a instalației fotovoltaice	
Pierderi la cablurile CA	
Prevederi ale unui acord cu operatorul rețelei de distribuție	
Eficiența modulelor fotovoltaice	

Exercițiul 2. (subcapitolul 4.11)

Eliminați un element care nu se potrivește cu restul:

Activitățile realizate pentru întreținerea sistemelor fotovoltaice includ:

- curățarea regulată a modulelor fotovoltaice.
- selectarea corectă a modulelor fotovoltaice la invertorul fotovoltaic.
- controlul stării sistemului de ventilație al invertorului fotovoltaic.
- controlul stării cablurilor incluse în instalația fotovoltaică

5.12. Conectarea sistemelor PV cu surse alternative de energie – exerciții

Exercițiul 1. (subcapitolul 4.12)

Completează enunțul cu un cuvânt potrivit.

În cazul conectării unei centrale eoliene și a unei centrale fotovoltaice, se dezvoltă sistemul ..

ne-economic	complementar	care reduce disponibilitatea energiei electrice	care previne cooperarea între sursele de energie
-------------	--------------	---	--

Exercițiul 2. (subcapitolul 4.12)

Eliminați un element care nu se potrivește cu restul:

Cooperarea a două sau mai multe tipuri de surse de energie electrică:

- este posibilă,
- crește disponibilitatea energiei electrice pentru utilizatorul final,
- crește stabilitatea surselor de energie electrică,
- este ilegală.

Exercițiul 3. (subcapitolul 4.12)

Completați enunțul cu cuvântul potrivit.

Gestionarea și controlul funcționării mai multor surse de energie în sistemul RES este permisă de către...

sistemul de control și management dedicat	selecția adecvată a unui număr de module PV și a invertorului PV	aplicația unei centrale eoliene	cel care angajează cel puțin cinci angajați
---	--	---------------------------------	---

6. TEST DE PROGRES

Puteți:	Da	Nu
1) Explicați conceptul amprente de carbon?		
2) Enumerați cel puțin șase avantaje ale fotovoltaicii?		
3) Descrieți istoria sistemelor fotovoltaice?		
4) Descrieți perspectivele sistemelor fotovoltaice?		
5) Explicați conceptul de factor calitativ al sistemului PV?		
6) Enumerați cel puțin șase parametri ai sistemului PV care pot fi măsurați?		
7) Descrieți calitatea energiei electrice eliberate în rețea?		
8) Descrieți valabilitatea măsurării temperaturii modulului?		
9) Explicați conceptul de "puncte fierbinți"?		
10) Enumerați etapele procesului de producție a celulei fotovoltaice cristaline?		
11) Descrieți secțiunea transversală a modulului fotovoltaic?		
12) Descrieți conexiunea modulelor în serie?		
13) Enumerați elementele de bază ale sistemului fotovoltaic independent?		
14) Enumerați elementele de bază ale sistemului fotovoltaic hibrid?		
15) Enumerați elementele de bază ale sistemului fotovoltaic de rețea?		
16) Descrieți funcțiile pe care le are invertorul fotovoltaic?		
17) Indicați diferențele între invertorul de rețea și cel independent?		
18) Explicați o diferență între sistemul fotovoltaic ON-GRID și OFF-GRID?		
19) Enumerați tipurile de sisteme fotovoltaice?		
20) Descrieți principiul funcționării sistemului fotovoltaic care cooperează cu rețeaua electrică?		
21) Descrieți principiul funcționării sistemului fotovoltaic autonom?		
22) Indicați elementele principale ale sistemului OFF-GRID?		
23) Enumerați elementele de bază ale sistemului fotovoltaic independent?		
24) Enumerați elementele de bază ale sistemului fotovoltaic hibrid?		
25) Enumerați elementele de bază ale sistemului fotovoltaic de rețea?		
26) Descrieți funcțiile pe care le are invertorul fotovoltaic?		
27) Indicați diferențele dintre invertorul de rețea și cel independent?		
28) Explicați necesitatea evitării umbririi la proiectarea instalării modulelor fotovoltaice?		
29) Enumerați tipurile de sisteme de asamblare?		
30) Descrieți tipurile de bază ale sistemelor de asamblare aplicate pentru instalarea modulelor fotovoltaice?		
31) Descrieți principiile de aranjare a modulelor fotovoltaice?		
32) Indicați problemele care ar trebui luate în considerare la planificarea amenajării modulelor fotovoltaice?		
33) Explicați care este variația zilnică a sarcinii?		
34) Indicați tipurile de variabilitate a cererii de energie electrică datorate perioadei analizate?		
35) Descrieți indicatorii care caracterizează variabilitatea sarcinii clientului?		
36) Descrieți profilurile energetice ale receptoarelor selectate?		
37) Indicați factorii care influențează formarea cererii săptămânale de energie electrică?		
38) Explicați principiul selecției protecțiilor instalațiilor fotovoltaice?		
39) Enumerați tipurile de protecție aplicate în instalațiile fotovoltaice?		

40) Descrieți metoda de selecție a protecțiilor la supratensiuni?		
41) Descrieți metodele de selectare a protecțiilor la supracurent pe partea CA și CC?		
42) Indicați funcțiile de securitate în invertoarele de rețea?		
43) Descrieți obligațiile de informare ale OSD la Autoritatea de Reglementare în Domeniul Energiei?		
44) Scrieți motivele pentru retragerea certificatului instalatorului?		
45) Descrieți sistemul de sprijin pentru producătorii de energie regenerabilă?		
46) Descrieți metodele de selectare a protecțiilor la supracurent pe partea CA și CC?		
47) Definiți o instalație mică?		
48) Definiți valorile tipice ale eficienței invertoarelor fotovoltaice?		
49) Enumerați factorii care influențează performanța instalației fotovoltaice?		
50) Descrieți alegerea unghiului de înclinare a modulelor fotovoltaice?		
51) Descrieți alegerea mediului de stocare a energiei din instalația fotovoltaică?		
52) Indicați activitățile legate de întreținerea modulelor fotovoltaice?		
53) Explicați principiul cooperării a două surse de energie electrică?		
54) Enumerați sursele de energie electrică care pot coopera cu instalația fotovoltaică?		

Dacă ați selectat răspunsul "NU", vă propunem să vă întoarceți la materialul didactic pentru a atinge rezultatele învățării dorite (cunoștințe, abilități).

Dacă este necesar, utilizați o sursă suplimentară de informații pentru fiecare subiect.



7. GLOSAR

Engleză	Română
Amorphous semiconductor	Semiconductor amorf
Array	Vector
Azimuth	Azimut
Balance-of-system (BOS)	Balansul sistemului (BOS)
Battery	Baterie
BIPV (Building Integrated Photovoltaics)	BIPV (fotovoltaic integrat în clădire)
Blocking Diode	Diodă de blocare
Bypass diode	Diodă de trecere
Conversion Efficiency	Eficiența conversiei
Crystalline silicon cells	Celule de siliciu cristalin
Current-voltage	Curent-tensiune
Depth of discharge	Adâncimea descărcării
Diffuse Irradiance	Radierea difuză
Energy Pay-Back Time	Timp de rambursare a energiei
Equivalent carbon dioxide	Bioxid de carbon echivalent
Feasibility Study	Studiu de fezabilitate
Feed-in-Tariff	Injectare
Filling Factor	Factor de umplere
Gallium Arsenide (GaAs)	Gallium Arsenide (GaAs)
Global Horizontal Irradiance	Iradieră globală orizontală
Global In-Plane Irradiance	Iradieră globală în plan
Grid-connected system	Sistem de conectare la rețea
Hot spot	Hot spot
Hybrid System	Sistem hibrid
Ingot	Lingou/bară
Internal Rate of Return	Rata internă de returnare
Inverter	Invertor
Irradiance	Radianță
Junction Box	Cutie de joncțiuni
Learning Curve	Curbă de învățare
Life Cycle Analysis	Analiza ciclului de viață
Mismatch losses	Scăderea pierderilor
MPP Regulator	Regulator MPP
Open circuit voltage	Tensiunea circuitului deschis
Peak (Maximum) Power Point (MPP)	Vârf de putere (MPP)
Peak Sun hours	Ore de însorire
Performance ratio	Rata de performanță
PV effect	Efect PV
PV Module	Modul PV
Pyrometer	Piometru
Quality management system	Sistem de management al calității
Semiconductor	Semiconductor
Silicon	Silicon
Solar spectrum	Spectrul solar
Stand-alone PV system	Sistem PV independent
Standard test conditions (STC)	Condiții de testare standard (STC)
String	Șir
Tracking system	Sistem de urmărire
Voltage	Tensiune
Wafer	Grilaj

8. BIBLIOGRAFIE

1. Goetzberger A., Voß B., Knobloch J.: *Sonnenenergie: Photovoltaik*. Teubner Studienbücher, Stuttgart, Germany, 1994.
2. Goetzberger A., Wittwer V.: *Sonnenenergie – Physikalische Grundlagen und thermische Anwendungen*. Teubner Studienbücher, Stuttgart, Germany, 1996.
3. Benz J., Ortiz B., Roth W., Sauer D.U., Steinhüser A.: *Fuel Cells in Photovoltaic Hybrid Systems for Stand-Alone Power Supplies*. Proceedings 2nd European PV-Hybrid and Mini-Grid Conference, Kassel, Germany, 2003.
4. Roth W., Schmidt H., Schulz W., Steinhüser A.: *Photovoltaic Power Supply for Telecommunication Network Components in Remote Areas*. Proceedings TELESCON 2000, Dresden, Germany, 2000.
5. Palz W.: *Power for the world – a global photovoltaic action plan*. Solar Europe Newsletter, Kommission der Europäischen Gemeinschaften, DG XII, 1993.
6. Schweizer P., Shresta J.N.: *What can solar electricity provide for the Himalayan society? The case of Nepal*. 13th European Photovoltaic Solar Energy Conference, Nice, France, 1995.
7. *Successful User Schemes for Photovoltaic Stand-Alone Systems*. European Commission DG XVII, 2000.
8. *EPIA Global Market Outlook for Photovoltaics 2014-2018 (June 2014)*.
9. *PVPS Report Snapshot of Global PV 1992–2013. Report IEA-PVPS T1-24:2014*.

Bibliografie în format electronic

1. <http://aberdeensolar.com/solar-pv/home-suitable>
2. <http://alternateenergycompany.com/how-solar-pv-panels-works-with-the-grid>
3. <http://energyinformative.org/wp-content/uploads/2012/05/off-grid-solar-system.png>
4. <http://gramwzielone.pl/energia-sloneczna/17916/czyszczenie-instalacji-fotowoltaicznej-zwiekszy-jej-wydajnos>
5. <http://sine.ni.com/cs/app/doc/p/id/cs-12744>
6. <http://thatpowerguy.nz/solar/solar-power-system-size>
7. <http://www.alternative-energy-tutorials.com/solar-power/pv-panel.html>
8. <http://www.freesolarpanelsuk.co.uk/the-best-angle-and-orientation-for-solar-panels-in-the-uk.php>
9. <http://www.greenrhinoenergy.com/solar/performance/shading.php>
10. <http://www.instsani.pl/519/system-montazu-dla-dachu-pokrytego-dachowka-ceramiczna>
11. <http://www.iparu.com/dual-axis-tracker-pst-2a>
12. <http://www.laplacesolar.com/photovoltaic-products/solar-link-monitoring-solutions/>
13. <http://www.nuvisionenergy.co.uk/>
14. <http://www.photon-solar.eu/>
15. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-05962015000300297

16. <http://www.studymumbai.com/renewable-energy-resources.html>
17. http://www.thesolarplanner.com/array_plaement.html
18. <http://www.twojaenergia.pl/poradnik>
19. <https://ars.els-cdn.com/content/image/1-s2.0-S2214398X14000120-gr1.jpg>
20. <https://cen.acs.org/energy/solar-power/Perovskite-progress-pushes-tandem-solar/96/i24>
21. <https://energymag.net/daily-energy-demand-curve>
22. <https://greenpowerworksinc.com/energy-efficiency-for-residential>
23. <https://news.energysage.com/is-my-roof-even-suitable-for-solar>
24. <https://news.energysage.com/solar-panels-work-shade/>
25. <https://pveducation.org/pvcdrom/manufacturing/single-crystalline-silicon>
26. <https://solarips.com/2016/02/like-a-sunflower-solar-pv-panels-track-the-sun/>
27. <https://www.ecosoch.com/types-of-solar-on-grid-inverters-micro-string-central-2/>
28. <https://www.e-education.psu.edu/eme812/node/738>
29. <https://www.energy.gov/energysaver/buying-and-making-electricity/hybrid-wind-and-solar-electric-systems>
30. <https://www.homepower.com/articles/solar-electricity/design-installation/maximizing-solar-self-consumption>
31. <https://www.homepower.com/articles/solar-electricity/design-installation/energy-basics-shading-and-solar-electric-systems>
32. <https://www.indiamart.com/proddetail/aluminium-solar-mounting-structure-10795911762.html>
33. <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/Photovoltaics-Report.pdf>
34. <https://www.leoni-solar-windpower.com/en/products-services/generator-combiner-boxes/general-information/>
35. https://www.met.hu/en/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/altalanos_eghajlati_jellemzes/ugarzas
36. <https://www.powersystemsdesign.com/articles/the-promise-of-solar-technology/28/6289>
37. <https://www.quora.com/How-does-off-grid-solar-plant-work>
38. <https://www.quora.com/Why-do-solar-panels-face-south>
39. https://www.researchgate.net/figure/Mean-weekly-profile_fig1_313453567
40. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778814001224#fig0025>
41. <https://www.semanticscholar.org/paper/Design%2C-implementation-and-performance-analysis-of-Munna-Bhuyan/d143c1d713073ec0ada345f7b28ebdc7428b7c71/figure/0>
42. <https://www.semanticscholar.org/paper/Maximum-power-point-tracking-controller-using-P-and-Singh-Sarkar/89cc1255f020c31698fc6c90bc6d0872b523b39b/figure/1>
43. <https://www.solarpowerworldonline.com/2014/12/quick-run-bipv>
44. <https://www.solarquotes.com.au/blog/an-eastwest-split-of-solar-panels-on-a-single-string-can-work-well/>

