



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.U3. Modernizarea și întreținerea 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



Erasmus+



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

**M2.U3. Modernizarea și întreținerea sistemelor
fotovoltaice**

GHID PENTRU FORMATOR ȘI CURSANT

2018-2019

Curs: Formator pentru sisteme fotovoltaice

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

M2.U3. Modernizarea și întreținerea sistemelor fotovoltaice

Ghid pentru formator și cursant

2018-2019

Autori:

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

Referent:

Tomasz Magnowski

Consultant:

Edyta Kozieł

Editor:

Bożena Mazur

Corector:

Emilia Pechenau
Adina Cocu

Ghidul constituie material didactic pentru modulul **M2.U3 Modernizarea și întreținerea sistemelor fotovoltaice**, inclus în modulul **MODULUL 2. PLANIFICAREA, INSTALAREA, MODERNIZAREA ȘI ÎNTREȚINEREA SISTEMELOR FOTOVOLTAICE** corespunzător curriculum-ului modular pentru formatorul de cursuri fotovoltaice.

2018-2019

CUPRINS

1. INTRODUCERE	6
2. CERINȚE	8
3. REZULTATELE ÎNVĂȚĂRII	9
4. MATERIAL EDUCAȚIONAL.....	10
4.1. Reglementări privind sănătatea și securitatea la locul de muncă, protecția mediului	10
4.2. Reguli de protecție a sănătății în timpul lucrărilor de modernizare și întreținere a instalațiilor fotovoltaice	14
4.3. Reguli de siguranță de respectat la întreținerea și conservarea instalației solare	18
4.4. Întreținerea sistemelor PV	22
4.5. Monitorizarea proprietăților sistemului fotovoltaic – măsurare și analiză	23
4.6. Analiza erorilor tipice legate de modernizare și întreținere.....	29
4.7. Tipuri de perturbări și defecțiuni tipice în sisteme PV	32
4.8. Repararea sau înlocuirea componentelor fotovoltaice	36
4.9. Inspecția, întreținerea și repararea instalațiilor solare	44
5. EXERCIȚII.....	47
5.1. Reglementări privind sănătatea și securitatea la locul de muncă, protecția mediului	47
5.2. Reguli de protecție a sănătății în timpul lucrărilor de modernizare și întreținere a instalațiilor fotovoltaice.....	48
5.3. Reguli de siguranță de respectat la întreținerea și conservarea instalației solare.....	48
5.4. Întreținerea sistemelor PV.....	49
5.5. Monitorizarea proprietăților sistemului fotovoltaic – măsurare și analiză	49
5.6. Analiza erorilor tipice legate de modernizare și întreținere.....	50
5.7. Tipuri de perturbări și defecțiuni tipice în sisteme PV	51
5.8. Repararea sau înlocuirea componentelor fotovoltaice	51
5.9. Inspecția, întreținerea și repararea instalațiilor solare.....	52
6. TEST DE PROGRES	53
7. GLOSAR.....	54
8. BIBLIOGRAFIE.....	56

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.

Acest document conține materiale pentru unitatea modulară **M2.U3. Modernizarea și întreținerea instalațiilor fotovoltaice** incluse în modulul **M2. Planificarea, instalarea, modernizarea și întreținerea instalației 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.

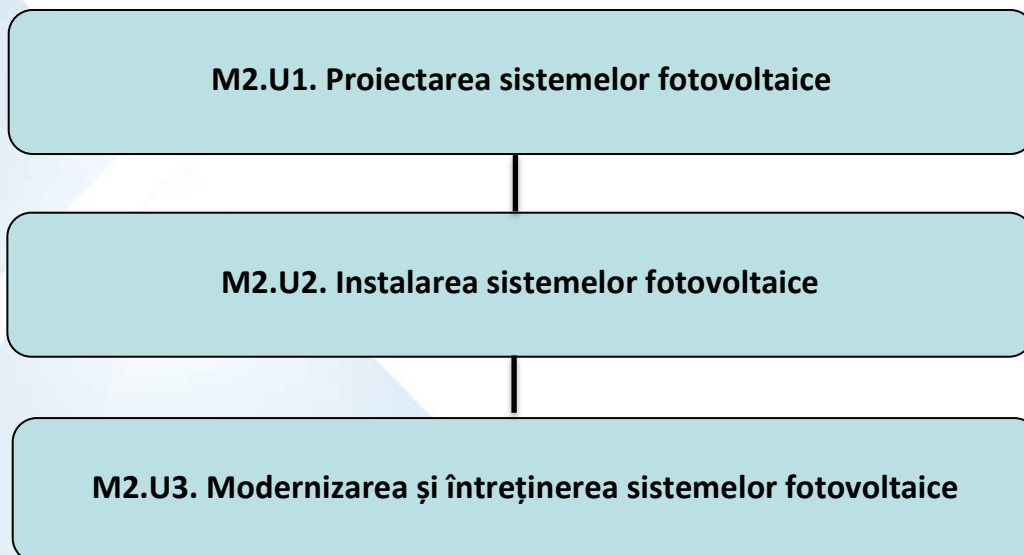
Înainte de efectuarea exercițiilor, verificați dacă sunteți pregătit. În acest scop, utilizați teste de progres. Fiecare capitol este încheiat cu un test de progres care vă va permite să definiți cunoștințele și aptitudinile dobândite. Dacă rezultatele sunt pozitive, puteți merge la următorul capitol. 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.U3. Modernizarea și întreținerea instalațiilor fotovoltaice** incluse în modulul M2. Planificarea, instalarea, modernizarea și întreținerea instalațiilor fotovoltaice, ar trebui să puteți:

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



3. REZULTATELE ÎNVĂȚĂRII

M2.U3. Modernizarea și întreținerea instalațiilor fotovoltaice

Cunoștințe (știe și înțelege):	Abilități (este capabil să):
– Legea sănătății și securității la locul de muncă, protecția mediului. – Protecția sănătății în timpul lucrărilor de modernizare și întreținere a instalațiilor fotovoltaice. – Norme de siguranță pentru întreținerea unei instalații fotovoltaice. – Programul de întreținere pentru sisteme PV. – Monitorizarea proprietăților sistemului fotovoltaic – cerințe de măsurare și analiza acestora. – Analiza erorilor tipice legate de modernizare și întreținere. – Tipuri de perturbări și defecțiuni tipice ale sistemelor. – Metode folosite la reparații sau la înlocuirea componentelor fotovoltaice. – Înregistrări de inspecție, întreținere și reparații ale instalațiilor fotovoltaice. – Estimarea, oferta, contractul pentru lucrări legate de modernizarea și întreținerea instalațiilor fotovoltaice.	– Aplică regulile de sănătate și siguranță la locul de muncă, protecție a mediului, protecția sănătății în timpul modernizării și întreținerii instalațiilor fotovoltaice – Efectuează măsurări ale caracteristicilor de tensiune ale modulelor/generatoarelor fotovoltaice. – Efectuează măsurători ale eficienței generatorului fotovoltaic. – Efectuează și analizează rezultatele testelor termografice ale instalațiilor fotovoltaice. – Efectuează o evaluare periodică a funcționării instalației fotovoltaice. – Efectuează întreținerea periodică a instalațiilor fotovoltaice. – Diagnosticarea și repararea componentelor deteriorate ale instalațiilor fotovoltaice. – Evaluează calitatea modernizării, întreținerii și reparațiilor efectuate asupra instalațiilor fotovoltaice. – Păstrarea documentației de inspecție, întreținere și reparație a instalațiilor fotovoltaice. – Stabilește costurile lucrărilor legate de modernizarea și întreținerea instalațiilor fotovoltaice.
Competențe sociale:	
– Să demonstreze o anumită autonomie în rezolvarea unor situații de urgență legate de activitatea proprie. – Să recunoască procesul productiv al organizației. – Să respecte standardele de producție stabilite de organizație. – Să mențină zona de lucru în ordine și curățenie. – Să interpreteze și să execute instrucțiuni de lucru. – Să respecte procedurile și standardele interne ale organizației.	

4. MATERIAL EDUCAȚIONAL

4.1. Reglementări privind sănătatea și securitatea la locul de muncă, protecția mediului

Instalatorul PV efectuează o profesie periculoasă. Acest lucru se datorează faptului că există un contact constant cu echipamentele electrice sub tensiune, precum și pericolele legate de lucrul la înălțime. Aplicarea reglementărilor privind sănătatea și siguranța este foarte importantă din punctul de vedere al asigurării sănătății și a securității angajaților. Este, de asemenea, important din punctul de vedere al aspectelor juridice a proprietarilor societății. Din păcate, multe reguli privind sănătatea și securitatea la locul de muncă sunt adesea uitate.

Instalatorul PV ar trebui să fie echipat cu echipament de protecție individuală împotriva căderii de la o înălțime, format din hamuri și frânghii de siguranță cu amortizor de șoc și o scară sau schelă sau un lift.

Instalatorul de sisteme fotovoltaice nu este responsabil numai pentru sănătatea și siguranța sa la locul de instalare, ci și pentru sănătatea și siguranța clienților și a altor persoane.

Instalatorul este, de asemenea, responsabil pentru securitatea pe termen lung a sistemului instalat. Astfel, el este responsabil cu identificarea pericolelor asociate cu sistemul PV și va lua măsuri adecvate pentru controlul și minimizarea acestor pericole.

Fiecare instalare este diferită, iar acest material educațional nu enumeră toate cazurile de încălcare a normelor de securitate a muncii.

Norme de sănătate și siguranță

Normele de sănătate și siguranță sunt stabilite prin Directiva nr. 89/391/CEE a Comisiei Europene din 12 iunie 1998 privind măsurile de îmbunătățire a sănătății și securității ocupaționale (OHS – Occupational Health and Safety).

Aplicarea normelor de sănătate și siguranță determină dacă:

- a) Se poate preveni sau evita pericolul? Este posibil să se elimine, de exemplu, prin analizarea necesității unei anumite sarcini sau a amplasamentului sau prin înlăturarea pericolului prin utilizarea altor materiale sau procese de lucru.
- b) În cazul în care riscul nu poate fi evitat, trebuie să se determine modul în care acesta poate fi redus la un nivel în care sănătatea și siguranța lucrătorilor nu vor fi periclitate.

Următoarele măsuri preventive ar trebui utilizate, printre altele:

- combaterea riscului la sursă;
- adaptarea la progresul tehnologic;

- înlocuirea unui dispozitiv, a unui material sau a altui factor de risc, cu alternativa sa, mai puțin periculoasă;
- dezvoltarea unei politici generale coerente de prevenire care să cuprindă tehnologia, organizarea muncii, condițiile de muncă, relațiile sociale și impactul factorilor legați de mediul de lucru;
- prezentarea măsurilor colective de protecție care sunt mai eficiente decât echipamentele individuale de protecție (de exemplu, controlul expunerii la fum printr-un sistem de ventilație, mai util decât utilizarea dispozitivelor individuale de protecție a respirației);
- emiterea instrucțiunilor corespunzătoare angajatului.

Cerințele europene privind securitatea ocupațională sunt, în general, disponibile, printre altele, la: <https://osha.europa.eu/pl/legislation/directives>, www.hse.gov.uk.

Reglementările naționale au fost adaptate reglementărilor europene. Companiile care au implementat sistemul de management al sănătății și securității ocupaționale se bazează cel mai adesea pe cerințele standardelor OHSAS (Occupational Health and Safety Assessment Series - Sistemul de Management al Sănătății și Securității Ocupaționale)

- BS OHSAS – 18001 – sau PN-N-18001: 2004 Sistemul de management al sănătății și securității ocupaționale - Specificație.
- BS OHSAS – 18002 – Sistemul de management al sănătății și securității ocupaționale
- Ghid pentru evaluarea riscului profesional.
- BS OHSAS – 18004 – Sistemul de management al sănătății și securității ocupaționale – orientări de implementare.

Planul de sănătate și siguranță

Pentru a asigura implementarea proiectului cu respectarea regulilor de siguranță, ar trebui elaborat un Plan de Sănătate și Securitate, care trebuie să conțină:

- Lista și descrierea lucrărilor care trebuie efectuate.
- Evaluarea riscului cu o listă a pericolelor și a măsurilor de precauție.
- Descrierea normelor de securitate care trebuie urmate și o listă a măsurilor de securitate care trebuie luate.
- Dispoziții aplicabile.

Când pregătiți Planul de Sănătate și Securitate, asigurați-vă că textul său este clar și concis, astfel încât instalatorul să poată înțelege și să aplice regulile corespunzătoare.

Pericole potențiale la lucrul cu sistemele fotovoltaice

Instalarea sistemelor fotovoltaice creează o combinație de pericole pe care un instalator trebuie să le conștientizeze, cum ar fi manipularea încărcăturilor grele, lucrul la înălțime sau riscul de șoc electric. În practică, există multe pericole caracteristice instalațiilor fotovoltaice, care ar trebui luate în considerare la pregătirea unui plan de organizare a muncii și la analiza riscurilor pentru instalarea sistemelor fotovoltaice. Cele mai importante dintre aceste amenințări sunt prezentate mai jos. Trebuie remarcat faptul că, datorită naturii în continuă schimbare a sistemelor fotovoltaice, următoarele informații nu enumeră toate riscurile care pot apare, nu actualizează toate cunoștințele din acest domeniu și nu descriu măsurile de protecție corespunzătoare. La pregătirea planului de organizare a muncii și a evaluării riscurilor, ar trebui să se acorde atenție echipamentelor necesare pentru siguranța instalatorului în timpul instalării (de exemplu echipamentele individuale de

protecție) și pericolele asociate cu asamblarea componentelor sistemului PV (de ex. echipamente).

Evaluare a riscurilor

Aplicarea principiului bune practici la locul de muncă ar trebui să înceapă cu o evaluare corectă a riscurilor și amenințărilor implicate. Această evaluare ar trebui să ia în considerare toate tipurile de pericole la locul de muncă pentru a se asigura că expunerea lucrătorilor și a altora este redusă în mod efectiv. Riscul a fost definit ca fiind probabilitatea apariției unor evenimente nedorite (amenințări/pericole) aferente muncii efectuate, cauzând pierderi și efecte negative asupra sănătății sau vieții angajaților sub formă de boli profesionale și accidente la locul de muncă. Evaluarea unui astfel de risc constă în verificarea faptului că au fost luate măsuri de precauție suficiente și că s-a prevenit deteriorarea. Analiza riscului constă în identificarea pericolelor legate de întreprindere (rezultate din activitatea desfășurată sau alți factori, de exemplu, locul de muncă, condițiile meteorologice) și evaluarea mărimii acestora, luând în considerare măsurile de precauție. Rezultatele unei evaluări a riscurilor efectuate în mod corespunzător ar trebui să contribuie la stabilirea celor mai adecvate principii de bună practică la locul de muncă. Evaluarea riscurilor trebuie întotdeauna făcută înainte de aplicarea principiilor bune practici la locul de muncă. Trebuie adaptată la circumstanțele și nevoile specifice.

Înainte de începerea lucrului

Ca instalator de instalații fotovoltaice trebuie să:

- 1) Citiți cu atenție instrucțiunile de siguranță la locul de muncă.
- 2) Ascultați instrucțiunile supraveghetorului.
- 3) Purtați îmbrăcăminte de protecție specială (salopete de lucru, vestă reflectorizantă, articole de acoperit capul, pantofi cu degetele metalice și o talpă rezistentă la perforație, genunchere, mănuși de protecție); scoateți toate obiectele inutile, cum ar fi bijuteriile etc.
- 4) Purtați echipament personal de protecție: cască de protecție, centură sau ham care protejează împotriva căderii de la înălțime, ochelari de soare, măști de praf atunci când lucrați cu azbest.
- 5) Pregătiți echipamentul (scări portabile – eficiente din punct de vedere tehnic), scule electrice, contoare și unelte necesare în timpul lucrului etc.
- 6) Scoateți toate obiectele inutile de la locul de muncă; asigurați-vă că baza din jurul locului de muncă este stabilă și uniformă.
- 7) Vă asigurați că începerea muncii nu pune în pericol persoanele care locuiesc în apropierea sau în imediata vecinătate a locului de muncă.
- 8) Vă familiarizați cu sarcinile pentru ziua curentă.
- 9) Vă asigurați că nu sunt pericole pe o anumită stație de lucru și executați sarcinile.

În timpul lucrului

Ca instalator PV trebuie să:

- 1) Respectați cu strictețe instrucțiunile de siguranță la locul de muncă și instrucțiuni ale superiorilor.
- 2) Respectați ordinea lucrărilor.

- 3) Efectuați numai lucrările comandate de superiorul direct. În timp ce lucrați, concentrați-vă atenția asupra activităților desfășurate; lucrați cu o viteză corespunzătoare ritmului natural de lucru.
- 4) Depozitați materialele utilizate în timpul procesului de lucru, astfel încât să nu existe riscul de accidentare; instrumentele ar trebui plasate în locuri strict desemnate.
- 5) Dacă în timpul lucrului trebuie să fie folosite scări, platforme sau schele, acestea trebuie păstrate pentru a fi sigure din punct de vedere tehnic și pentru a fi în conformitate cu reglementările aplicabile.
- 6) Scările ar trebui utilizate numai pentru sarcinile cu risc scăzut, pentru munca pe termen scurt.
- 7) Munca la înălțimi trebuie făcută astfel încât să nu perturbe alte persoane care își îndeplinesc sarcinile.
- 8) Dacă este necesar să părăsiți locul de muncă, sunteți obligat să verificați dacă instrumentele de lucru lăsate în urmă reprezintă o amenințare la adresa altor lucrători.
- 9) În caz de îndoieli cu privire la modul de îndeplinire a sarcinii, ar trebui să solicitați instrucțiuni detaliate experților superiori sau instructorilor; munca poate fi reluată după eliminarea îndoielilor și (de preferință) sub supraveghere.
- 10) Rețineți că modulele fotovoltaice expuse la lumina soarelui generează curent și tensiune și nu pot fi oprite, ceea ce înseamnă că instalatorul lucrează cu circuite electrice sub tensiune.
- 11) Pentru a preveni generarea de energie electrică de către modulul solar, acoperiți întreaga suprafață cu o husă opacă.

Instalatorului PV nu îi este permis:

- 1) Aplice metode de lucru periculoase, astfel încât să reprezinte pericole pentru sine sau pentru mediul înconjurător.
- 2) Să nu respecte instrucțiunile și recomandările superiorilor.
- 3) Să folosească metode de lucru necorespunzătoare.
- 4) Să muncească fără protecție personală.
- 5) Să folosească scări, platforme, schele ineficiente din punct de vedere tehnic.
- 6) Să folosească unelte și scule electrice defecte, care nu funcționează în parametri.
- 7) Să efectueze lucrări în timpul unei furtuni, vânturi puternice sau alte amenințări.
- 8) Să deterioreze elementele de acoperiș sau ale clădirii.
- 9) Să efectueze lucrările la înălțime (pe o scară, platformă din schele, etc.), cu o stare de sănătate proastă; în acest caz ar trebuit să raporteze supervisorului, care va decide cu privire la continuarea lucrului angajatului.
- 10) Să repare echipamentul electric sub tensiune (dacă angajatul nu are permisiunile corespunzătoare).
- 11) Să atingă firele electrice în funcțiune.
- 12) Să ilumineze locul de muncă cu lămpi portabile cu o tensiune mai mare de 24 V.
- 13) Să dea voie altor persoane să lucreze la locul de muncă fără cunoștința supraveghetorului.
- 14) Să îi perturbe pe ceilalți de la locul de muncă.
- 15) Să împiedice accesul la stațiile de lucru, la echipamentele de stingere a incendiilor și la întrerupătoarele electrice.
- 16) Să lase după terminarea lucrului cârpele folosite etc.

- 17) Să fumeze și să folosească foc deschis în timpul lucrului; fumatul este permis numai în locurile desemnate și marcate corespunzător.
- 18) Să consume alcool la locul de muncă.
- 19) Să depășească standardele admise la transportul greutăților.

După terminarea lucrărilor, un instalator PV trebuie:

- 1) Să împământeze elemente conductoare expuse la sol, de ex. cadrul panoului PV.
- 2) Să pună capacele pe firele electrice.
- 3) Să curețe locul de muncă, să aranjeze uneltele.
- 4) Să curețe obiectele de protecție personală și să le pună la locul de depozitare.
- 5) Să se asigure că uneltele și echipamentele rămase nu prezintă pericol pentru mediu.
- 6) Să dea informații supraveghetorului cu privire la progresul lucrărilor.

Notă

Instalatorul PV trebuie:

- 1) Să aibă grijă de igiena personală și de aspectul îngrijit.
- 2) În caz de îndoieli cu privire la corectitudinea acțiunilor să ceară îndrumări suplimentare unui superior.

Pașii care trebuie urmați după terminarea lucrării

- 1) Lăsați locul de muncă în ordine. Aranjați sculele și instrumentele auxiliare în locurile desemnate.
- 2) Verificați starea echipamentului individual de protecție.
- 3) Toate elementele care pot pune în pericol siguranța operatorului sau a terților obligă instalatorul să le raporteze supervisorului. În cazul unui pericol iminent datorat nerespectării de către companie a normelor de sănătate și securitate la locul de muncă, instalatorul are dreptul să se abțină de la efectuarea muncii (își păstrează dreptul la remunerație, cu toate acestea, el nu poate refuza să întreprindă altă sarcină dacă este posibilă eliminarea imediată a pericolelor din lucrările efectuate anterior).

4.2. Reguli de protecție a sănătății în timpul lucrărilor de modernizare și întreținere a instalațiilor fotovoltaice

Munca în siguranță cu circuite electrice, reguli generale

Măsura de securitate pentru prevenirea șocurilor electrice în timpul montării și lucrărilor de service pe circuitele electrice constă în a opri tensiunea. Următoarele reguli trebuie respectate atunci când lucrați cu circuite electrice:

- opriți întotdeauna sursa de alimentare înainte de a lucra pe circuit;
- circuitul deconectat de la tensiune nu va cauza un șoc electric. Din nefericire, multe accidente sunt cauzate de circuite considerate a fi deconectate de la sursa de alimentare. Munca sigură cu circuite implică verificarea dacă există tensiune periculoasă în ele;

- utilizați un contor sau un dispozitiv de măsurare a circuitului, pentru a vă asigura că circuitul nu este activ;
- utilizați întrerupătorul de circuit și marcați-l corespunzător;
- blocați întrerupătorul.
- marcați toate circuitele în care se vor efectua lucrări, în punctele în care circuitul poate fi pornit.

În afară de lucrările menționate mai sus, care trebuie realizate cu întreruperea alimentării, se efectuează o serie de lucrări de control și măsurare, care sunt incluse în lucrările executate în condiții de pericol deosebit pentru sănătatea și viața omului. Din acest motiv, în timpul implementării lor, trebuie aplicate reguli speciale de organizare a muncii și protecție tehnică suplimentară sub formă de echipament izolator.

Operarea sigură cu sisteme fotovoltaice, principii generale

În prezent, energia electrică este furnizată în principal de rețeaua electrică sub controlul utilităților energetice. Din acest motiv, electricienii sunt familiarizați în principal cu instalațiile și sistemele alimentate cu curent alternativ din rețea. Atunci când se lucrează cu sisteme fotovoltaice, ar trebui luate în considerare două surse de energie: o rețea a unui furnizor extern de energie și a unui sistem solar.

Oprirea sursei de alimentare nu determină ca sistemul solar să nu mai producă energie. În sistemele fotovoltaice se efectuează lucrări cu privire la sursa de energie (modulul fotovoltaic și cablarea conexă) și aceasta este fundamental diferită de cea a circuitului electric deconectat de la rețea. Chiar și condițiile de iluminare slabe pot genera un potențial electric care poate cauza un șoc electric sau o scânteie. Un astfel de incendiu este foarte periculos deoarece poate duce la căderea instalatorului.

Când se lucrează cu sisteme fotovoltaice, trebuie respectate toate procedurile privind funcționarea circuitelor electrice, acordând o atenție deosebită aspectelor specifice sistemelor fotovoltaice, cum ar fi:

- Funcționarea corectă a invertoarelor și a altor elemente ale sistemului fotovoltaic. Acestea pot fi echipate cu condensatoare de capacitate mare cu încărcături electrice stocate chiar și după deconectarea sursei de alimentare. Citiți și urmați instrucțiunile producătorului pentru utilizarea în siguranță a echipamentului.
- Metoda de "oprire" a modulului solar, care constă în oprirea sursei de alimentare, adică lumina solară. Dacă este necesar, acoperiți modulele cu o husă opacă pentru a preveni generarea de energie electrică.
- Radiațiile solare, chiar și de intensitate redusă, pot genera potențial electric și există riscul de șoc sau scânteie.
- Chiar dacă se generează o tensiune prea mică pentru pornirea inverterului, aceasta este suficientă pentru a provoca un șoc electric care poate dăuna instalatorului.
- Când lucrați cu un circuit de module PV care necesită conectarea sau deconectarea de la sistem, trebuie să utilizați un întrerupător de tensiune CC. Marcați și blocați circuitul utilizând procedurile standard.
- Sistemele fotovoltaice conectate la rețeaua electrică au două surse de energie.
- Deconectarea sursei de alimentare nu afectează potențialul de ieșire al modulelor fotovoltaice, chiar și după ce inverterul este oprit. Aceasta înseamnă că o astfel de

deconectare nu întrerupe sursa de alimentare de la panourile fotovoltaice. Cablajul din partea PV poate fi încă sub tensiune, ceea ce poate provoca un flux de curent semnificativ chiar și în condiții de lumină solară scăzută.

- Conectorii de la întrerupătoarele de curent continuu pot izola panourile fotovoltaice, dar nu opresc sursele de alimentare. Trebuie reținut faptul că, și după deconectare, conductorul de la modulele fotovoltaice la conector este activ. Prin urmare, ar trebui să tratați cablarea de la modulele PV cu aceeași atenție ca și circuitele laterale de alimentare. Un mic sistem PV poate genera tensiuni de până la 600 Vcc.
- Există riscul apariției de scântei când conectați sau deconectați circuitele modulului PV.
- Nu deconectați niciodată conectorii modulului fotovoltaic sau conexiunile de alimentare asociate.
- La conectarea sau deconectarea circuitului modulului PV, dacă circuitul este închis sau sub tensiune, poate apărea scântea la conector. Scântea electrică are suficientă energie pentru a provoca arsuri grave. Un alt pericol este surpriza instalatorului la vederea scântei, care poate cauza pierderea echilibrului și căderea de pe acoperiș sau scară.
- Când lucrați la un sistem fotovoltaic, sursa de energie solară trebuie să fie deconectată prin intermediul unui conector de la întrerupătorul de curent continuu.
- Pentru a verifica dacă nu există tensiune periculoasă în circuit, se recomandă utilizarea unui contor cu clești.

Siguranța în sistemele fotovoltaice – selectarea componentelor și impactul acestora asupra caracteristicilor de siguranță

Cerințe de instalare

Standardul de bază pentru instalarea sistemelor electrice de până la 1000V CA în clădiri este standardul PN-IEC 60364 și ar trebui să fie utilizat și pentru sistemele fotovoltaice. Conține, printre altele, reglementări privind protecția împotriva șocurilor electrice (partea 4-41), protecția la supracurent (partea 4-43), selecția și asamblarea echipamentelor electrice – cabluri (partea 5-52) și protecția împotriva supratensiunilor atmosferice sau de comutație și protecția împotriva perturbațiilor de tensiune și a perturbațiilor electromagnetice (părțile 4-443 și 4-444). Partea 7-712:2007 Instalații electrice în construcții: Cerințe pentru instalații sau locații speciale – Sisteme fotovoltaice (PV) introduce: HD 60364-7-712:2005 / CA:2006 [IDT], HD 60364-7-712:2005 [IDT] înlocuiește: PN-HD 60364-7-712:2006.

Generator PV

Modulele PV trebuie să respecte următoarele standarde:

- IEC 61215 pentru module cristaline
- IEC 61646 pentru module subțiri,
- IEC 61730 – pentru siguranța modulelor fotovoltaice.

Modulele trebuie să aibă marcajul CE.

Toți parametrii componentelor de pe partea CC (cabluri, izolatoare/conectori, întrerupătoare, siguranțe, etc.) trebuie să fie derivate din tensiunea și curentul maxim al părții corespunzătoare a generatorului fotovoltaic cu care colaborează. Este necesar să se țină seama de curenții și tensiunile rezultate din conexiunile seriale paralele ale modulelor care formează o matrice fotovoltaică. Trebuie avute în vedere puterile maxime ale modulelor individuale. Aceste puteri rezultă din doi parametri prevăzuți de producători pentru fiecare modul: Voc tensiunea circuitului deschis și Isc curentul de eroare.

Producătorii dau aceste valori măsurate în condiții standard de testare (STC), adică la o intensitate a radiației de 1000W/m^2 , un număr de masă $AM=1,5$ și o temperatură a celulei de 25°C . La locul de muncă, nu în condiții STC, aceste valori pot fi diferite și, prin urmare, se recomandă următorii multiplicatori pentru determinarea valorilor maxime:

- Pentru modulele mono-siliciu și multicristaline, toate componentele CC trebuie să fie dimensionate la:
 - Tensiune: $V_{oc} (STC) \times 1,15$,
 - Curent: $I_{sc} (STC) \times 1,25$.
- Pentru N lanțuri conectate paralel, atunci când fiecare lanț este alcătuit din M module conectate în serie, cablurile principale CC trebuie să fie dimensionate la:
 - Tensiune: $V_{oc} (STC) \times M \times 1,15$,
 - Curent: $I_{sc} (STC) \times N \times 1,25$.
- Pentru alte module – toate componentele CC trebuie să fie dimensionate pe baza:
 - Calculul cel mai puțin favorabil al V_{oc} și I_{sc} dat de producător în intervalul de temperatură de la -15°C la 80°C și pentru intensitatea radiațiilor de până la 1250W/m^2 .
 - Calcularea creșterii posibile a V_{oc} și I_{sc} în timpul funcționării sistemului.

Protecția împotriva șocurilor electrice

Protecția de bază se referă la componentele active ale sistemului fotovoltaic, care sunt sub tensiune, nu pot fi în contact, iar componentele conducătoare disponibile nu trebuie să se afle sub tensiune față de sol. O astfel de protecție este de obicei garantată de izolația de bază și/sau de soluțiile structurale adecvate, de exemplu o husă. În plus, standardul PN-IEC60364 stipulează protecția împotriva șocurilor electrice chiar și în cazul deteriorării "izolației de bază".

În cazul unei defecțiuni, trebuie să vă asigurați că nu apare o tensiune periculoasă pe elementele care ar putea afecta, de exemplu, carcasa dispozitivului. Metodele de protecție cele mai simple în sistemele fotovoltaice sunt izolația de protecție și utilizarea circuitelor SELV de joasă tensiune. Se recomandă utilizarea modulelor cu izolație de clasă II.

Astfel de module permit atingerea unor tensiuni mai mari ale generatorului fotovoltaic și, prin urmare, coeficienții de eficiență sunt mai buni. Riscul de rupere la sol a acestor module este minim, astfel încât protecția la suprasarcină pe cablurile lanțurilor și pe module este simplă. Elementele metalice împământate sunt, de asemenea, recomandate pentru a evita șocul electric de contactul periculos al echipamentului.

În cazul în care sistemul fotovoltaic nu are o separare electrică între partea CC și CA (de exemplu: conține un invertor fără transformator) și are un dispozitiv diferențial de curent, trebuie să respecte specificația de tip B în conformitate cu PN-IEC 60755. Pentru a garanta protecția la contactul direct, trebuie să se detecteze deviații ale curentului până la 30mA .

4.3. Reguli de siguranță de respectat la întreținerea și conservarea instalației solare

Protecție împotriva supraîncălzirii și a scurtcircuitului Module și cabluri CC

Dacă cablurile generatorului fotovoltaic au fost dimensionate corespunzător, acestea sunt protejate automat împotriva scurtcircuitelor la bornele de intrare ale inverterului, deoarece generatorul fotovoltaic funcționează ca sursă de curent. Dimensiunea corectă a firelor înseamnă:

- selectarea diametrului firului garantând valori corespunzătoare densității de curent cu conducție de curent continuu de cel puțin 1,25 ori mai mare decât curentul nominal de scurtcircuit în condiții STC, în orice locație a sistemului,
- parametrii cablurilor principale de alimentare sunt proiectați astfel încât să permită funcționarea cu o sarcină curentă de 1,25 ori mai mare decât curentul nominal de scurtcircuit al întregului generator fotovoltaic în condiții STC.

Dacă nu sunt îndeplinite condițiile de mai sus, ar trebui să se folosească o protecție la suprasarcină a cablurilor.

În cazul modelelor convenționale ale generatoarelor, siguranțele "lant" pot fi omise în sistemele cu module cu curenți de scurtcircuit nominali de aprox. 3,5 A și cabluri de conectare rezistente la temperatură cu o secțiune transversală de 2,5 mm². Dacă modulele au curenți nominali de scurtcircuit mai mari, numărul de lanțuri conectate împreună în paralel, fără siguranțe, trebuie redus.

Valoarea maximă admisă a curentului de retur în conformitate cu IEC 61730-2 pentru un modul PV este 2-2,6 x I_{sc} (I_{sc} – curent de scurtcircuit). Curentul inversat depinde de numărul de module PV conectate în paralel și deja, în cazul a trei circuite, va atinge valoarea specificată în standard. În acest caz, aplicarea protecției la supracurent este justificată. Curenții inversați determină creșterea temperaturii modulului sau a părților sale, iar în cazuri extreme poate conduce la distrugerea termică a acestuia, precum și la apariția arcului electric de curent continuu.

Atunci când se asigură împotriva curenților inverși în sistemele fotovoltaice, cel mai important aspect este alegerea tipului corect de siguranță – cu caracteristicile gPV, introdus de standardul IEC 60269-6. În plus față de caracteristicile selectate corect, tensiunea nominală corectă a siguranței este de asemenea foarte importantă, și ar trebui să fie mai mare decât cea mai înaltă tensiune din sistemul PV. La selectarea nivelului curentului nominal al siguranței, trebuie respectată condiția:

$$1,4 \times I_{sc} \leq I_n \leq 2,4 \times I_{sc}$$

Unde, I_{sc} – este curentul nominal de scurtcircuit al modulelor fotovoltaice (dat de producătorul modulului) și I_n – este curentul nominal al siguranței.

Dispozitive de deconectare

Dispozitivele de deconectare CC, cum ar fi întrerupătoare, întrerupătoare de circuit și siguranțe, trebuie întrerupă tensiunea și curentul maxim al părții relevante a generatorului fotovoltaic cu care acestea cooperează, astfel încât circuitele de deconectare electrică să închidă în siguranță.

Cutie de conexiuni

Metoda și calitatea conexiunilor dintre componentele sistemului PV au un impact foarte mare asupra funcționării corecte a întregului sistem și a securității. Cele mai multe defecțiuni pot fi evitate prin utilizarea unor cleme de prindere industriale sau a unor conectori special concepuți. O cutie de conexiuni a modului PV bun trebuie:

- să activeze o metodă simplă de conectare utilizând cleme cu arc sau conexiuni cu fișe,
- să aibă intrări cu izolator etanș cu reglare mecanică a formei,
- să permită introducerea cablurilor din modul în jos în fiecare poziție permisă a ansamblului modului,
- să fie fabricate din materiale ignifuge,
- să îndeplinească cerințele clasei de protecție cel puțin IP54.

Circuitul CA

La cablurile de curent alternativ dintre invertor și punctul de racordare a rețelei trebuie instalat un izolator și o protecție corespunzătoare la supracurent.

Operațiuni sigure cu baterii

Lucrul cu sistemele fotovoltaice echipate cu baterii poate reprezenta cea mai periculoasă parte a lucrărilor de instalare și întreținere PV.

Bateriile pot fi periculoase!

Standardul EN 50272-2:2007 specifică cerințele privind siguranța bateriilor secundare și a instalării bateriilor – Partea 2: Baterii staționare. Se aplică bateriilor staționare cu o tensiune maximă de 1500V: acid- plumb și nichel-cadmium. Au fost stabilite cerințe de securitate legate de asamblare, utilizare, control, întreținere și dezafectare.

Asigurați-vă că toți angajații înțeleg pericolele și regulile de siguranță pentru sistemele de baterii:

- este obligatoriu să se familiarizeze cu recomandările producătorului privind manipularea corectă a bateriilor și instalarea acestora,
- până acum, bateriile plumb-acid au fost baterii tipice. Ambele substanțe chimice sunt periculoase. Plumbul poate provoca toxicitate asupra reproducerii și acidul poate cauza arsuri grave. În prezent, bateriile cu gel și litium-ion sunt din ce în ce mai utilizate,
- împiedicați contactul/apropierea de bornele de conectare ale bateriei,
- înainte de a începe întreținerea sau alte lucrări cu baterii, deconectați circuitul de tensiune CC între baterii și invertor,
- acumulatorii pot stoca o încărcătură electrică foarte mare, care poate provoca un arc electric. Uneltele metalice și bijuteriile personale pot produce scântei care pot provoca arsuri grave și explozia bateriilor. Îndepărtați bijuteriile și utilizați numai unelte potrivite atunci când lucrați cu baterii,
- se recomandă protecția ochilor atunci când lucrați cu baterii,
- bateriile uzate trebuie considerate periculoase și trebuie reciclate într-o manieră adecvată.

Protecția împotriva fulgerelor

Atunci când se instalează un sistem solar pe acoperișul clădirii, ar trebui să se considere instalarea unui paratrăsnet (LPS – sistemul de protecție împotriva fulgerelor) și o atenție deosebită ar trebui acordată limitării curenților și tensiunii în instalațiile electrice CC. Instalate conform specificațiilor, sistemele PV nu cresc riscul de lovire a fulgerelor dacă nu se ridică prea mult deasupra înălțimii clădirii. Când sistemul PV este instalat pe acoperiș, nu este de obicei nevoie de protecție suplimentară împotriva fulgerelor. Cu toate acestea, ar trebui să se ia în considerare utilizarea sistemului de protecție împotriva trăsnetelor care protejează sistemul fotovoltaic. Aceasta depinde în principal de evaluarea riscului unei astfel de amenințări și de cerințele asigurării, de exemplu, a sistemelor fotovoltaice.

Măsuri de siguranță la locul de muncă la înălțimi

Riscul de a lucra la înălțimi

Dacă lucrările sunt planificate la înălțimi, trebuie pregătită o evaluare a riscurilor. Aceasta ar trebui să includă evaluarea generală a protecției sănătății și a securității. Nu complicați prea mult acest proces. Riscurile asociate lucrului la înălțimi sunt recunoscute și majoritatea măsurilor de control necesare sunt ușor de aplicat.

Legea nu impune eliminarea completă a pericolelor, însă instalatorul este obligat să protejeze oamenii prin minimizarea riscurilor într-un mod rezonabil, posibil de implementat.

Dacă lucrările la înălțimi sunt inevitabile, ar trebui:

- să utilizeze accesul securizat la locul de muncă la înălțime. Nu căutați "scurtături" dacă deja există acces securizat, cum ar fi o scară fixă sau o platformă cu bariere,
- să ofere angajaților sau lor înșiși echipamente de prevenire a căderilor, cum ar fi schele, platforme mobile sau platforme aeriene cu bariere de siguranță,
- să minimizeze înălțimea și consecințele unei căderi, de exemplu prin organizarea unor lucrări mai simple la o altitudine mică.

Platforme mobile

Instalatorul trebuie să aibă capacitatea de a ridica și demonta schele, trebuie să citească mereu și să urmeze instrucțiunile producătorului și în nici un caz nu poate folosi echipamentul în exces față de capacitățile sale. Construcții bine cunoscute, cum ar fi schele sau platforme mobile, sunt construite din componente prefabricate realizate în principal din aliaje de aluminiu sau din fibră de sticlă. Roțile sau picioarele platformei sau schelei trebuie să se sprijine pe terenul dur. Suporturile trebuie prevăzute în conformitate cu instrucțiunile producătorului.

Platforme aeriene

Platformele aeriene oferă un mod sigur de lucru la înălțimi, deoarece:

- permit o modalitate rapidă și ușoară de a acces la locul de asamblare,
- să aibă bariere de siguranță pentru a preveni căderea,
- pot fi utilizate atât în interior cât și în exterior,
- să includă diverse tipuri, cum ar fi macaralele de ridicare, platformele de asfalt și platformele de ridicare a camioanelor.

Scări

Scările ar trebui utilizate numai pentru sarcini cu un grad scăzut de risc și pentru lucrări de scurtă durată. Scările sunt clasificate în funcție de metoda de utilizare:

- pentru uz comercial și pentru industria ușoară,
- pentru utilizare în lucrări grele și industriale,
- pentru uz casnic,
- producătorul trebuie să furnizeze întotdeauna informații despre specificațiile scărilor sale care să indice sarcina maximă de lucru. Utilizatorii ar trebui să fie instruiți cu privire la utilizarea în condiții de siguranță a scărilor.

Protecție personală

Scopul utilizării echipamentului individual de protecție este de a proteja angajații împotriva riscului de vătămare la locul de muncă. Angajatorii trebuie să furnizeze și să finanțeze echipamentul de protecție individuală pentru ca angajatul să lucreze în condiții de siguranță. Angajatorul trebuie să se asigure că angajații folosesc aceste fonduri și că le mențin curate și funcționale.

Protecție împotriva incendiilor

Instalarea unui sistem PV pe o clădire poate afecta protecția împotriva incendiului:

- pentru instalațiile de acoperiș, modulele sistemului fotovoltaic ar trebui instalate deasupra acoperișului neinflamabil, folosind un sistem de montare adecvat pentru construcția și tipul acoperișului, precum și elementele rămase ale sistemului fotovoltaic în locuri care îndeplinesc condițiile specificate de producătorii acestora,
- nu instalați și nu utilizați module fotovoltaice în apropierea zonelor periculoase care conțin gaze inflamabile.

Alte pericole legate de sistemele fotovoltaice

1. Spre deosebire de materialele de acoperiș sau de fațadă, modulele fotovoltaice sunt adesea realizate din sticlă securizată laminată. Aceasta înseamnă că elementele de sticlă nu se rup atunci când sunt deteriorate și pot cădea sub forma unei coli.
2. Marginile modulelor fotovoltaice, în special în zonele expuse, pot fi ascuțite.
3. Deși nu sunt cantități periculoase în timpul asamblării și utilizării, unele produse solare conțin cadmiu, ceea ce poate crea un risc de praf dăunător dacă produsul este zdrobit în timpul utilizării.
4. Modulele fotovoltaice produc electricitate când sunt expuse la soare și nu pot fi oprite. Aceasta înseamnă că instalarea fotovoltaică are loc deseori când circuitele electrice sunt în funcțiune.
5. Modulele fotovoltaice produc tensiune CC diferită de tensiunea CA. Tensiunea de curent continuu poate provoca scântei într-un spațiu de aer cu o lățime de câțiva milimetri (în funcție de tensiune) până când tensiunea este deconectată sau spațiul mărit. Această scânteiere poate provoca un risc de incendiu sau daune semnificative.
6. Curentul de scurtcircuit la cablarea modulului PV este de obicei puțin mai mare decât curentul de funcționare. Aceasta înseamnă că trebuie aplicate protecții suplimentare pe partea CC decât pe partea CA și că siguranța întregului sistem depinde de alegerea corectă a acestora.
7. O instalație fotovoltaică necorespunzătoare poate provoca o tensiune periculoasă de curent continuu la părțile conductive accesibile.

8. Sistemul fotovoltaic poate fi descris la "joasă tensiune", chiar dacă generează o tensiune de până la 1500 V. Tensiunea de 60V CC atunci când este atinsă este, de obicei, considerată suficientă pentru a provoca electrocutare (această valoare depinde de condițiile de mediu).
9. Riscul de arsuri este, de obicei, crescut în mod semnificativ dacă modulul PV sau instalația sunt deteriorate.
10. Pentru a maximiza eficiența, modulele PV sunt montate, de obicei, în locații neprotejate. Aceasta înseamnă că poate fi temperatură scăzută, vânt și ploaie în timpul instalării și întreținerii.
11. Elementele modulelor fotovoltaice se pot încălzi până la temperaturi ridicate (aproximativ 80 °C) în timpul funcționării normale.
12. Suprafața modulelor fotovoltaice poate reflecta cantități mari de lumină solară care ar putea afecta vederea.

4.4. Întreținerea sistemelor PV

Controlul sistemului

Măsurătorile trebuie să fie precedate de o inspecție inițială a sistemului, care trebuie efectuată chiar înainte de conectarea sursei de alimentare a instalației. Inspecția trebuie efectuată în conformitate cu cerințele standardului IEC 60364-6. Principiile de implementare a acestora sunt descrise în capitolul 4.11. Condițiile de conectare și documentația tehnică a instalației din Ghidul stagiarului și formatorului M2.U2. Montajul instalațiilor fotovoltaice.

Testarea sistemului

Testarea cablurilor electrice ale sistemului PV trebuie să fie efectuată în conformitate cu cerințele standardului IEC 60364-6. Dispozitivele de măsurare și monitorizare, precum și metodele de măsurare sunt selectate în conformitate cu standardele IEC 61557 și IEC 61010. Dacă se folosesc alte echipamente de măsurare, acestea trebuie să asigure un nivel egal de calitate și siguranță. Metodele de testare descrise în această secțiune sunt furnizate ca metode de referință; alte metode nu sunt excluse, cu condiția să permită obținerea unor rezultate comparabile.

Toate testele trebuie efectuate în mod corespunzător și în ordinea specificată în listă.

Dacă rezultatul măsurării indică defecte, acestea trebuie reparate și măsurătorile repetate, dar trebuie repetate și toate măsurătorile anterioare dacă defectul detectat afectează rezultatul acestora.

În cazul oricărui test care indică nerespectarea cerințelor, această testare și toate testele anterioare care ar putea fi afectate de eroare, ar trebui repetate.

Sisteme de testare și teste suplimentare

Sistemul de testare aplicat în sistemul fotovoltaic trebuie să fie adecvat pentru scara, tipul, locul și complexitatea sistemului. Acest document definește două sisteme de testare, împreună cu o serie de teste suplimentare, care pot fi de asemenea efectuate la terminarea secvenței standard.

Întreținere / inspecție

Instalatorul PV ar trebui:

- 1) Să rețină că sistemele fotovoltaice nu sunt "fără întreținere" – necesită inspecții periodice pentru a se asigura că funcționează corespunzător și că nu există defecte sau deteriorări;
- 2) Să efectueze activități de întreținere și teste recomandate de producător;
- 3) Să verifice datele înregistrate cu privire la valorile neașteptate;
- 4) Să pregătească o listă de control a acțiunilor și inspecțiilor de întreținere, înainte de inspecție;
- 5) Să noteze toate instrumentele și echipamentul necesar care trebuie transportate pentru a evita vizitele repetate inutile;
- 6) Să calibreze instrumentele de măsurare, dacă este necesar;
- 7) Să folosească echipament personal de protecție (consultați: sfaturi de instalare);
- 8) Să închidă toate circuitele înainte de a se apuca de lucru.
- 9) Să acopere panourile fotovoltaice, dacă este necesar, cu o husă netransparentă sau să lucreze în timpul nopții (cu utilizarea iluminatului adecvat);
- 10) Să nu uite că oprirea comutatorului principal de tensiune nu face ca modulele fotovoltaice să nu mai producă electricitate;
- 11) Să ia în considerare faptul că invertorul PV are condensatoare de volum mare, care pot rămâne încărcate, chiar și după întreruperea sursei de alimentare;
- 12) Să verifice cu creionul de tensiune dacă circuitul nu este sub tensiune înainte de începerea lucrului;
- 13) Să șteargă modulele fotovoltaice de praf și murdărie cu ajutorul apei. Nu se folosesc detergenți, perii aspre sau unelte ascuțite;
- 14) Să verifice, în timpul curățării, modulele în ceea ce privește prezența defectelor (de exemplu fisuri);
- 15) Să verifice dacă sistemul de susținere nu prezintă semne de coroziune;
- 16) Să caute noi surse de umbră care nu au fost luate în considerare în timpul instalării;
- 17) Să taie copacii, dacă este necesar;
- 18) Să verifice dacă există conectori neconectați sau corodați;
- 19) Să compare ieșirea de CA a sistemului într-un moment dat cu valoarea proiectată, folosind formule de conversie de bază pentru expunerea la soare și temperatură;
- 20) Să verifice și să completeze electrolitul în baterii (în sistemele autonome);
- 21) Să înlocuiască, în cel mai scurt timp, elementele deteriorate sau nefuncționale.

4.5. Monitorizarea proprietăților sistemului fotovoltaic – măsurare și analiză

Monitorizarea funcționării sistemului PV este necesară pentru a compara parametrii de proiectare cu cei reali sau estimarea impactului condițiilor climatice care corespund amplasării instalației asupra randamentului său energetic sau ritmului proceselor de degradare în funcție de tehnologii. O astfel de abordare poate fi utilă pentru proiectarea sistemelor fotovoltaice fiabile și eficiente.

În continuare sunt prezentate recomandările pentru monitorizarea și analiza datelor colectate pentru a determina calitatea instalației fotovoltaice conectate la rețeaua de energie și posibila diagnoză a neregulilor în funcționarea acestora.

Formal, cerințele referitoare la monitorizarea sistemelor fotovoltaice – măsurători, schimbul de date și analiza – au fost specificate în standardul IEC 61724 (Monitorizarea performanțelor sistemului fotovoltaic – Linii directoare pentru măsurare, schimb de date și analiză).

Monitorizarea sistemului fotovoltaic

Scop:

- compararea parametrilor de proiectare (de exemplu, predicția energiei) cu cei reali,
- estimarea impactului anumitor condiții climatice și meteorologice corespunzătoare locului de instalare a sistemului asupra randamentului său energetic,
- ritmul proceselor de degradare în funcție de tehnologiile aplicate.

Rezultat:

- diagnosticarea erorilor în funcționarea sistemului fotovoltaic,
- proiectarea precisă a sistemelor fotovoltaice fiabile și eficiente.
- formal, cerințele privind monitorizarea sistemelor fotovoltaice, măsurătorile, schimbul de date și analiza – au fost specificate în standardul IEC 61724 (Monitorizarea performanțelor sistemului fotovoltaic – Linii directoare pentru măsurare, schimb de date și analiză).

Utilizarea datelor din monitorizare cu IEC 61724

Instrumentele de măsurare și senzorii aplicați în sistemul de monitorizare trebuie să îndeplinească cerințele standardului IEC 61724. Această condiție se referă la sistemele fotovoltaice mari. În cazul sistemelor mici, atunci când bugetul este, de obicei, foarte limitat, elementele mai ieftine și de calitate inferioară pot constitui singura opțiune disponibilă, dar chiar și într-o astfel de situație se recomandă monitorizarea sistemului.

Sunt specificate procedurile aplicate pentru a monitoriza calitatea, fiabilitatea, înregistrarea datelor, împreună cu evenimentele care ar trebui să fie înregistrate și procedurile recomandate de control al calității sistemului.

Parametrii în funcție de scopul asumat și de progresul sistemului de monitorizare:

1. Evaluarea calității tehnologiilor PV aplicate în sistem:
 - a) monitorizarea de bază,
 - b) monitorizarea avansată (analitică).
2. Diagnosticarea sistemului.
3. Analiza degradării și a incertitudinilor parametrilor sistemului în timp.
4. Cunoașterea surselor și reducerea pierderilor în sistem prin compararea datelor primite cu datele obținute din modelare (predicție).
5. Predicția randamentului energetic (și nu numai) al sistemului PV.
6. Interacțiunea dintre sistemul PV și rețeaua de energie.
7. Integrarea la rețeaua de energie, stocarea energiei și controlul sarcinii (aport de energie).

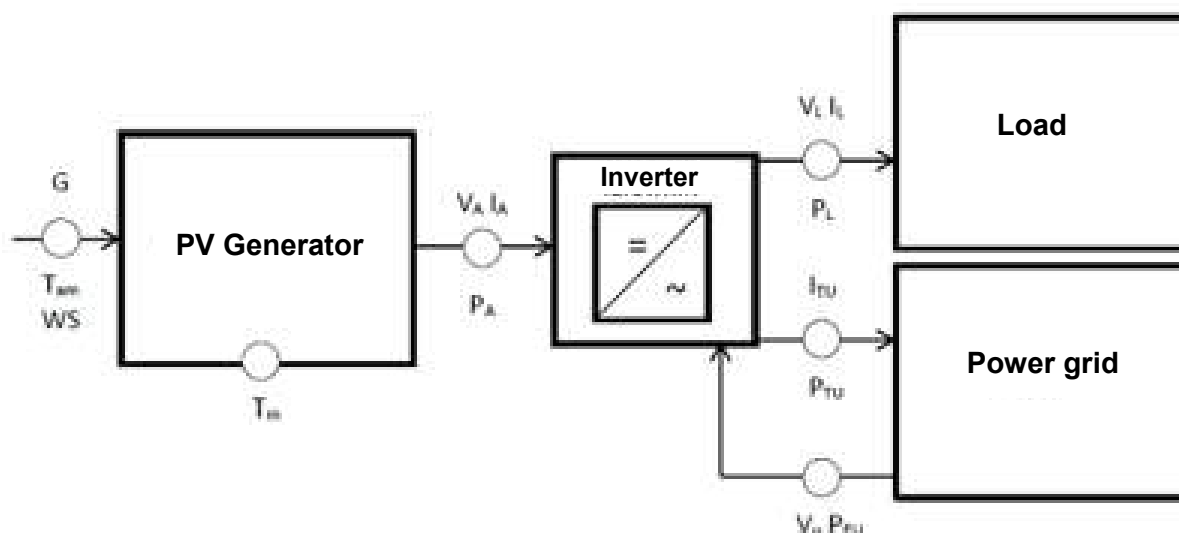


Fig. 1. Sistem fotovoltaic cu toți parametrii semnificativi măsurați în cazul monitorizării avansate

Dacă invertorul este echipat cu funcții care să permită monitorizarea sistemului, este important să verificați acuratețea senzorilor în conformitate cu recomandările furnizate în continuare. Invertoarele moderne permit de obicei măsurarea tensiunii CA și CC, a curentului și a puterii generatorului fotovoltaic și a puterii consumate și transferate de la și către rețea. O astfel de funcționalitate a invertorului reduce numărul de senzori suplimentari necesari, reducând astfel și costurile sistemului de monitorizare, însă în unele cazuri poate fi necesar să se verifice acuratețea măsurărilor efectuate în ceea ce privește respectarea cerințelor standardului IEC 61724. Din păcate, majoritatea invertoarelor disponibile pe piață nu îndeplinesc astfel de cerințe, limitând astfel posibilitatea evaluării calității sistemelor fotovoltaice pe baza analizei prin utilizarea datelor obținute de aceștia. Monitorizarea unor parametri ca tensiunea, curentul și puterea cu utilizarea invertorului nu este recomandată în situații legate de ex. de decizii sau măsurători financiare utilizate în acordurile comerciale sau de consum.

Măsurarea radiației solare

Energia electrică inițială a sistemului fotovoltaic depinde în mod direct de nivelul de radiație la suprafața modulelor fotovoltaice. Astfel, pentru a evalua dacă sistemul fotovoltaic funcționează în conformitate cu parametrii de proiectare, măsurarea radiației și determinarea energiei radiației solare este esențială. Conform definiției, radiația înseamnă o valoare temporară a puterii de radiație care atinge unitatea de suprafață exprimată în W/m^2 , în timp ce energia radiației exprimată în Wh/m^2 sau kWh/m^2 , reprezintă o valoare a energiei radiației care atinge unitatea de suprafață într-o perioadă strict specificată (de exemplu, zi, săptămână, lună, an).

În cazul unor cerințe riguroase, se recomandă ca măsurarea radiației la locul de montare al modulului fotovoltaic să fie efectuată în conformitate cu standardul IEC 61724 cu utilizarea unei celule calibrate sau a unui pirometru calibrat corespunzător. Dacă se folosește celula sau pirometrul, acestea trebuie calibrate și întreținute în conformitate cu standardul IEC 60904-2 (celulă) sau IEC60904-6 (pirometru). Dacă este posibil, se recomandă ca acesta să fie un element ajustat în funcție de sensibilitatea spectrală, corespunzătoare modulului sistemului PV. În practică, se recomandă aplicarea senzorilor din siliciu pentru sistemele compuse din module de siliciu sau module de același tip ca cele aplicate în sistemul

fotovoltaic în cazul altor tehnologii. În al doilea caz, este posibil să se aplice senzori de siliciu echipați de producător cu un filtru optic relevant. Conform standardului IEC 61724, precizia senzorilor, inclusiv sistemul de măsurare, nu trebuie să fie mai mică de 5%.

Măsurarea radiației directe pe locul de instalare permite cea mai mare precizie, presupunând calibrarea, instalarea și procedurile adecvate de întreținere a senzorilor.

Majoritatea pirometrelor de înaltă clasă necesită recalibrarea periodică (de obicei, o dată la doi ani), ceea ce duce la dezasamblarea lor din sistem pentru a le trimite la o instituție care realizează acest tip de servicii. Într-un astfel de caz, trebuie avute în vedere posibilele pauze sau lipsuri în colectarea datelor din sistemul de monitorizare.

Indiferent de tipul de senzor și de clasa acestuia, amplasamentul acestuia în sistem trebuie să corespundă cerințelor de izolare a câmpului modulului fotovoltaic. Senzorul trebuie să fie fixat într-un plan (coplanar) cu module fotovoltaice cu abaterea maximă de 2° în zona fără umbră (chiar dacă o parte din câmpul modulului este încă umbrată). În plus, trebuie să se asigure accesul la senzor pentru curățarea regulată.

Alte metode de măsurare a radiației

Deși, în general, se recomandă, în special în cazul sistemelor fotovoltaice mai mari, utilizarea senzorilor conforme cu standardul IEC 61724, senzorii unei clase inferioare sau date din alte surse decât măsurătorile proprii – în special măsurători ale parametrilor meteorologici – constituie singura opțiune posibilă în cazul sistemelor cu buget redus. Cu toate acestea, trebuie avut în vedere faptul că valoarea datelor obținute în acest mod cu privire la sistemul monitorizat poate avea o valoare de cercetare și diagnostic mai scăzută.

În cazul sistemelor fotovoltaice mici (de obicei $<5\text{kWp}$), radiația solară în planul câmpului modulului poate fi (1) măsurată pe locul de instalare (recomandată) sau (2) măsurată într-o locație diferită, apropiată, reprezentativă sau (3) determinată din măsurători provenind din locații îndepărtate și / sau calculată pe baza combinației de date de la măsurători la sol și date prin satelit, în funcție de precizia necesară pentru monitorizare.

Utilizarea datelor prin satelit poate fi eficientă pentru a defini radiația în planul câmpului PV în cazurile în care nu sunt justificate cheltuielile și cerințele tehnice legate de instalarea și întreținerea senzorilor de inoculare. Datele satelitare privind insolarea se referă de obicei la planul orizontal, deci este necesar să se cunoască metodele de conversie a acestor date în planul corespunzător unui sistem PV specific. Aceste metode, relativ simple în cazul componentei directe, sunt foarte complicate în cazul componentei distribuite a radiației și depășesc astfel sfera de cuprindere a acestui studiu. De asemenea, trebuie subliniat faptul că metoda de conversie a datelor prin satelit, este întotdeauna mai puțin precisă decât măsurătorile directe, este mai puțin utilă, de ex. la analiza pierderilor sistemului PV. Un alt dezavantaj este faptul că datele prin satelit sunt furnizate, în principiu, la un interval de 1 oră.

NOTĂ: Măsurarea directă a parametrilor de însorire pe locul de instalare este o soluție recomandată, indiferent de mărimea sistemului fotovoltaic monitorizat.

Măsurarea temperaturii ambientale (aer)

Cunoașterea temperaturii aerului, are legătură cu măsurătorile de radiație solară și viteza vântului, și este folosită pentru a evalua pierderile puterii modulului PV în comparație cu parametrii specificați pentru condițiile standard (25°C).

Similar cu cele de mai sus, și pentru măsurarea temperaturii aerului se recomandă utilizarea prevederilor standardului IEC 617124. Prin urmare, măsurarea temperaturii aerului trebuie

efectuată la locul de instalare sau într-o altă locație reprezentativă, în timp ce senzorul trebuie plasat în cutia lui, protejat împotriva impactului direct al radiației solare și al vântului. Senzorii de temperatură trebuie amplasați departe de orice sursă și, dacă este posibil, la o înălțime de cel puțin 1 m peste nivelul solului (documentul german DERlab TG 100-01 recomandă amplasarea chiar la 2 m deasupra solului). Sensibilitatea senzorului, împreună cu sistemul de condiționare a semnalului, în conformitate cu IEC 61724, nu ar trebui să fie mai mare de 1°C.

Viteza vântului

Vântul are un impact benefic asupra vitezei schimbului de căldură (convecție) dintre modulele fotovoltaice cu aerul înconjurător. Viteza mai mare a vântului determină temperaturi mai scăzute ale modulelor fotovoltaice. Cu toate acestea, acest efect nu este atât de semnificativ pentru a declara că viteza vântului este un parametru important care necesită monitorizare. Impactul acestui element asupra funcționării sistemului fotovoltaic este mult mai puțin semnificativ decât impactul temperaturii ambientale. Măsurarea vitezei vântului trebuie efectuată în cazul sistemelor fotovoltaice, unde modulul este expus la condiții meteorologice extreme.

În acest caz, de asemenea, la cerințele privind monitorizarea, ar trebui să se aplice recomandările standardului IEC 61724. Se recomandă măsurarea vitezei vântului la fața locului și la o înălțime ajustată la condițiile de funcționare a sistemului PV. Precizia senzorului nu trebuie să fie mai mică de 0,5 m/s pentru viteza vântului ≤ 5 m/s și mai bună decât 10% pentru viteza vântului mai mare de 5 m/s. Un loc perfect pentru instalarea senzorului de viteză a vântului (anemometru), conform recomandărilor IEC 61215, trebuie să se afle la 1,2 m în partea de vest sau de est și la o înălțime de 0,7 m deasupra marginii superioare a modulului fotovoltaic.

Temperatura modulului

Se recomandă măsurarea temperaturii modulului, deoarece acest parametru afectează în mod direct parametrii sistemului PV. Impactul depinde de tehnologia fotovoltaică aplicată. În mod obișnuit, modulele din celule siliciu policristalin (mono- sau multi-) își pierd în mod semnificativ producția ($\sim 0,5\% / ^\circ\text{C}$) o dată cu creșterea temperaturii.

La fel ca și în cazul parametrilor discutați anterior, standardul IEC 61724 definește cel mai riguros nivel de măsurători. Conform standardului menționat, temperatura modulului trebuie măsurată în locuri reprezentative pentru întregul câmp al modulului, cu senzorii plasați pe suprafețele din spate ale modulului. De asemenea, trebuie subliniat faptul că prezența senzorilor nu poate afecta în mod semnificativ temperatura celulei însăși, sub care a fost fixată. Precizia senzorului, împreună cu sistemul de condiționare și prelucrare a semnalului, în conformitate cu standardul IEC 61724, nu trebuie să fie mai mică de 1°C.

Parametri electrici – tensiune, curent și putere

Parametrii electrici ai sistemului PV, atât pe partea CC cât și CA, sunt cei mai importanți din punct de vedere al funcționării întregului sistem, în timp ce măsurătorile parametrilor de radiație solară permit diagnosticarea și evaluarea performanțelor. În cazul sistemelor mari, care sunt compuse din mai multe subsisteme și circuite, este utilă măsurarea separată a parametrilor electrici CA și CC pentru fiecare subansamblu, facilitând așadar localizarea fragmentelor de sistem defectuoase. Numărul de subansambluri de monitorizate depinde

de nivelul de monitorizare propus, în timp ce în fiecare caz trebuie măsurați parametrii inițiali ai întregului sistem.

Măsurarea parametrilor electrici CC oferă posibilități suplimentare de diagnosticare în cazul defecțiunilor întregului sistem. De exemplu: relația dintre puterea pe partea CA și puterea generată pe partea CC permite determinarea eficienței invertorului, în timp ce valoarea puterii CC permite calcularea randamentului energetic direct pe ieșirea generatorului PV și este un parametru recomandat să evalueze nivelul și viteza de degradare a modulelor fotovoltaice. Măsurarea suplimentară a tensiunii CC, după compararea cu valoarea teoretică (de așteptat), poate fi aplicată pentru identificarea scurtcircuitului modulului / circuitului (diagnosticarea efectului PID (degradare potențială indusă)). Măsurarea puterii CA, în legătură cu valorile CA ale curentului și tensiunii, poate fi utilizată pentru estimarea de bază a factorului de putere. Mai mult decât atât, măsurarea tensiunii CA din partea rețelei poate fi aplicată pentru diagnosticarea directă a motivelor de defecțiune în cazul deteriorării invertorului.

Puterea electrică poate fi, de asemenea, calculată în timp real ca produs al eșantioanelor măsurate ale valorilor curentului și tensiunii sau poate fi măsurată direct cu ajutorul senzorului de putere relevant. Se recomandă măsurarea directă a puterii, în timp ce, dacă acest parametru este calculat indirect, valorile curentului și tensiunii aplicate în acest scop trebuie să constituie valori eșantionate simultan și nu pot fi valori medii. La o astfel de abordare, trebuie să se acorde atenție timpului de măsurare și intervalului (frecvenței) dintre eșantionarea parametrilor menționați.

De asemenea, în acest caz, standardul IEC 61724 specifică cele mai riguroase condiții de măsurare, legat de precizia senzorilor de curent și de tensiune, în timp ce sistemul de condiționare a semnalului nu poate fi mai slab de 1%, iar acuratețea aplicării senzorului de putere nu ar trebui să fie mai slabă de 2%. Senzorii trebuie să fie selectați astfel încât domeniul lor de aplicare să fie compatibil cu valoarea superioară a parametrilor inițiali ai câmpului modulului fotovoltaic, adică pentru tensiunea $1.3 \cdot V_{OC}$, pentru curentul de $1,5 \cdot I_{SC}$, în timp ce prezența lor afectează minim parametrii măsurați (de exemplu rezistoarele aplicate pentru măsurarea curentului trebuie să fie caracterizate printr-o rezistență scăzută astfel încât reducerea tensiunii pe ele să fie nesemnificativ scăzută în comparație cu tensiunea câmpului modulului fotovoltaic). În locurile în care se efectuează monitorizarea pentru a verifica cantitatea de energie pentru vânzare sau alte situații similare, sunt necesare senzori de curent, tensiune CA, de putere de clasa 1 sau 0,5.

Notă: Invertorii moderni sunt de obicei echipați cu funcții de măsurare a curentului și a tensiunii, atât pe partea CC, cât și CA, precum și energia generată de generatorul fotovoltaic, dar și puterea transferată și consumată în și din rețea. Acesta permite reducerea numărului de senzori necesari monitorizării sistemului, reducerea costurilor sistemului de monitorizare, totuși acuratețea măsurărilor efectuate de invertor trebuie să fie verificată în ceea ce privește respectarea cerințelor standardului IEC 61724. Din păcate, majoritatea invertoarelor nu îndeplinesc astfel de cerințe, astfel încât capacitatea de analiză a parametrilor calitativi ai sistemului fotovoltaic poate fi limitată. Monitorizarea sistemului prin utilizarea opțiunilor integrate în invertoare nu este recomandată în situații în care energia produsă este folosită la calcule financiare sau constituie baza unei decizii de investiții.

Frecvența de eșantionare

Monitorizarea sistemului PV necesită măsurarea unui număr semnificativ de valori ale anumitor parametri. Calitatea măsurării depinde nu numai de precizia senzorilor aplicați și de echipamentele de măsurare, ci și de metoda de achiziție și prelucrare a valorilor măsurate. Frecvența de eșantionare și, dacă este necesar, procesul de filtrare a datelor constituie unul dintre factorii importanți care afectează calitatea datelor obținute.

Valoarea recomandată a intervalului maxim (t_s) dintre măsurători (eșantioane) pentru valorile medii este de 1 secundă.

4.6. Analiza erorilor tipice legate de modernizare și întreținere

Erori tipice

Sistemele fotovoltaice ar trebui să funcționeze mai mulți ani, astfel încât informațiile privind erorile și problemele tipice sunt utile.

Erorile tipice și deteriorarea sistemelor fotovoltaice sunt descrise în capitolul 4.10. Eroari tipice de instalare.

Rezolvarea defecțiunilor

Metoda de eliminare a erorilor/defecțiunilor depinde de tipul lor și de tipul sistemului PV. În primul rând, informațiile ce trebuie obținute de la utilizator sunt cu privire la momentul și modul în care a fost detectată eroarea. Schema sistemului și descrierea tehnică sunt foarte utile în astfel de situații. Înainte de începerea măsurărilor, sistemul trebuie monitorizat vizual, în special aspectul mecanic al panourilor și contaminarea acestora. Cablarea și conexiunile electrice ar trebui, de asemenea, verificate. Măsurătorile care trebuie făcute pentru a detecta erorile sunt practic aceleași cu cele efectuate în timpul acceptării tehnice a sistemului. În prezent, este posibil să se efectueze măsurători la distanță prin rețeaua de telecomunicații. Mai jos puteți găsi o procedură de detectare a defectelor:

Pasul 1: Invertorul

Măsurarea trebuie pornită de la o conexiune corectă a cablului. Datele de la inverter pot fi obținute prin verificarea stării afișajului (coduri sau descriere) sau prin utilizarea unui laptop cu software-ul relevant. În primul rând, este verificată partea CC și apoi CA. Apoi, cablurile de pe partea CC și comutatorul principal de pe partea CC sunt verificate. În cazul măsurării rezistenței împământării, aceasta nu trebuie să fie mai mică de 2 MOhm.

Pasul 2: Erori de împământare și scurt-circuit

Procedura de detectare a erorilor de legare împământare și scurtcircuit poate fi începută după deconectarea modulelor PV care ar trebui măsurate individual. Pentru a face acest lucru, în primul rând, inverterul ar trebui să fie oprit și, dacă este prezent, comutatorul sau comutatoarele CC ar trebui să fie dezactivate. Apoi, câte un modul ar trebui să fie complet umbrit, acoperit. Numai după aceste acțiuni, modulele pot fi deconectate fără riscuri și măsurarea poate fi începută.

Pasul 3: Siguranțe/diode/module

Tensiunea pe siguranțele și diodele anumitor module poate fi măsurată în timpul funcționării sistemului, conectând senzorul în paralel. Dacă există diferențe semnificative în valoarea tensiunii măsurate, aceasta poate indica o nepotrivire a generatorului sau o eroare electrică într-o bandă dată de module PV. Apoi, ar putea fi necesar să se efectueze măsurători pe anumite module din bandă. La circuitele de module mai lungi, acestea ar trebui împărțite la jumătate și verificate în ce jumătate apare problema. Cu ajutorul acestei metode, se identifică modulul deteriorat. Conexiunile modulului și diodele de protecție ar trebui, de asemenea, controlate.

Pasul 4: Tensiunea în circuitul deschis – curentul de scurt circuit

Aceste măsurători sunt foarte importante datorită monitorizării funcționării sistemului, dar trebuie măsurată și radiația solară curentă a zonei.

Tab. 1. Erori tipice identificate în instalațiile fotovoltaice. Coloana din stânga include tipurile posibile ale acestor erori, în timp ce cea din dreapta – unele măsuri preventive pentru a evita erorile și pentru a activa sistemul în mod corespunzător

Erori tipice	Măsuri preventive și de reparare
Nu este curent la panouri	Înlocuiți comutatoarele sau siguranțele arse, cablurile deteriorate sau ruginite
Curent prea slab de la panouri	Unele module au fost umbrite. Inclinarea sau orientarea panoului este incorectă.
Bateriile nu se încarcă	Unele module au fost deteriorate. Module murdare. Măsurați tensiunea din panourile fotovoltaice în circuit deschis (fără sarcină) și verificați dacă este în limite normale. Dacă tensiunea este scăzută sau zero, verificați conexiunile de pe panoul fotovoltaic.
Tensiune prea mare	Deconectați panourile fotovoltaice în timpul funcționării sistemului fotovoltaic. Măsurați tensiunea pe clemele controlerului de încărcare (PV și baterie), dacă tensiunea la clemele este aceeași, panourile PV încarcă bateriile. Dacă tensiunea la clemele PV este aproape de tensiunea de sarcină a panourilor și tensiunea pe clemele bateriei este scăzută, controlerul de încărcare nu încarcă bateriile și poate fi deteriorat.
Încarcare necorespunzătoare	Deconectați panourile fotovoltaice, deconectați cablul de la o clemă pozitivă a bateriei, lăsând panourile PV deconectate. Indicatorul de încărcare nu ar trebui să fie aprins verde. Măsurați tensiunea pe clemele de reglare a încărcării la care au fost conectate panourile fotovoltaice. Dacă un indicator verde strălucește sau există tensiune pe clemă, acesta poate fi deteriorat.
Tensiune prea mică	Verificați siguranțele și întrerupătoarele.
Nu este tensiune alternativă	Scurtați cablurile sau utilizați cabluri cu secțiuni mai mari, reîncărcați bateriile, asigurați o răcire mai bună pentru dispozitive, plasați dispozitivul într-un mediu mai rece.
Conexiune/ polarizare inversă la inverter	Sarcina receptorului CA depășește puterea inverterului. Încărcarea nu este ajustată pentru funcționarea continuă a inverterului. Surse de putere.
Deactivarea incorectă a încărcării	Verificați conexiunea la baterie, inverterul este probabil deteriorat și trebuie înlocuit.
Siguranță sărită la panoul PV	Controlerul nu primește tensiune corespunzătoare din baterie, verificați conexiunea bateriei. Valoarea scăzută a tensiunii de dezactivare a încărcării este prea mare. Resetați conectarea la tensiune mai mică, schimbând puterea.
Nu există tensiune la ieșirea inverterului	Scurtcircuitul apare în panoul PV – baterie. Deconectați bateria pentru a verifica. Regulatorul de încărcare cu volum prea mic

Proceduri de diagnostic

Inspecție vizuală

Problemele mecanice sunt de obicei vizibile: slăbirea, îndoirea sau coroziunea pot fi detectate în timpul inspecției vizuale. În timpul unei astfel de inspecții, instrucțiunile la care se face referire aici trebuie urmate.

Monitorizarea performanței

Verificarea performanței

Sistemul fotovoltaic poate fi finanțat pe baza producției de energie în cadrul sistemelor de asistență tarifară, astfel încât utilizatorul ar trebui să își evalueze performanța și să compare rezultatele cu soluția obținută. Complexitatea și costul unei astfel de măsurători depind de cantitatea și acuratețea măsurărilor care trebuie efectuate.

Monitorizare

Afișajele reprezintă baza pentru monitorizare. Un indicator care face parte din invertor este cea mai ușoară soluție. Majoritatea producătorilor de invertoare fotovoltaice oferă un afișaj opțional. Cu toate acestea, poate crea limitări în ceea ce privește amplasarea invertorului, așa cum se întâmplă în mod normal pe acoperiș sau într-un alt loc izolat. Dacă afișajul trebuie să fie eficient, acesta trebuie să fie amplasat într-un loc în care este vizibil în timpul activităților de zi cu zi. Soluția este constituită din afișaje la distanță, preiau date de la invertor prin cablu.

Senzori

Nu există nicio limitare a numărului de parametri care pot fi monitorizați de sistemul PV, dar majoritatea sistemelor măsoară energia de intrare și ieșire și unele variabile de mediu.

Analiza datelor

După colectarea datelor, se poate efectua o analiză detaliată a funcționării sistemului PV. Datele înregistrate permit monitorizarea și evaluarea eficacității sistemului. Parametrii cum ar fi producția lunară, performanța panourilor etc. reprezintă metode standard pentru a defini eficiența întregului sistem fotovoltaic. Datele pot fi de asemenea prezentate prin grafice pentru a analiza parametri semnificativi ai sistemului fotovoltaic.

Documentația utilizatorului

După terminarea montării, programul de instalare efectuează teste și controlează funcționarea sistemului, înregistrând rezultatele testului în raportul de activare. Acest proces poate dura până la câteva zile, în funcție de mărimea sistemului PV. Raportul de activare/acceptare trebuie să fie semnat de o persoană autorizată atunci când se declară că funcționarea sistemului PV este satisfăcătoare. Un exemplar de raport aparține proprietarului, împreună cu certificatele corespunzătoare de conformitate și garanții. Garanțiile pentru fiecare parte a sistemului sunt transferate proprietarului (de obicei garanțiile producătorului). De asemenea, instrucțiunile de utilizare și întreținere, împreună cu o descriere completă a sistemului, ar trebui dată proprietarului. Proprietarul trebuie să solicite o garanție a performanței sistemului PV. Un instalator ar trebui să determine producția de energie propusă de sistemul PV, indicând cantitatea minimă de kWh care ar trebui să fie produsă anual de sistem. Un acord cu instalatorul poate conține dispoziții care

să precizeze responsabilitatea acestuia în cazul în care producția reală de energie este mai mică decât cea prevăzută în acord.

4.7. Tipuri de perturbări și defecțiuni tipice în sisteme PV

Defecțiuni tipice ale sistemelor fotovoltaice – posibilitățile de diagnosticare și precizia recomandată de monitorizare sunt prezentate în tabelul de mai jos.

Tab. 1. Defecțiuni tipice în sisteme PV

Defecțiune	Impactul în operarea sistemului	Parametrul folosit la diagnoză	Acuratețe
Pauze în circuitele CC (siguranțe arse în carcasele de conectare CC, cabluri deteriorate în cutiile de joncțiune ale modulelor PV)	medie-mare / pe termen lung	curent CC în circuitul CC (în comparație cu alte)	25% (curent în circuit)
Înterruperi în circuitul principal CC (siguranțe arse la intrarea invertorului, conexiune sau cablu deteriorate)	mare / pe termen scurt	Curent CC la intrarea invertorului	15% (în funcție de numărul de intrări)
Eroare internă a invertorului (electronică, întrerupătoare, firmware)	mare / pe termen scurt	Puterea CC, puterea CA, înregistratorul de date intern al invertorului	25%
Izolație electrică (cabluri / module defecte)	mare / pe termen scurt	Măsurarea rezistenței de izolație a invertorului	Stabilită de producătorul invertorului
Fluctuațiile parametrilor rețelei	(determină deconectarea invertorului)	Parametrii de rețea monitorizați de invertor	consultați "Parametrii CA" de mai jos
Parametrii modulului (modulelor)	mare / pe termen scurt	Curentul și tensiunea CC în circuit, radiația, temperatura modulului, comparația cu valorile măsurate pentru alte circuite și / sau valori anterioare	<2%
Căldură excesivă/ puncte fierbinți	(determină deconectarea de la rețea)	Inspecție vizuală, cameră cu termoviziune	50%
Defecte optice (umbrire, praf, zăpadă, gheață, delaminare, etc.)	mediu / lung	Control vizual, a se vedea, de asemenea, "parametrii modulului (lor) de mai jos"	
Module sparte/deteriorate mecanic	mici / pe termen lung	Control vizual	bune / defecte

Interpretarea formei curbei IV

Informații generale

Curba normală, corectă IV, măsurată în condiții de radiație stabilă, are o formă netedă din care se pot distinge trei zone:

- o parte "orizontală", dinspre partea axei de curent (uneori ușor în jos);
- partea "verticală", din partea axei de tensiune,
- zona "genunchiului" între cele două părți de mai sus, unde se determină punctul maxim de putere.

În cazul unei curbe normale, toate cele trei părți menționate sunt netede și continue, deși înclinarea lor sub formă de "genunchi" depinde de tehnologia și calitatea celulelor din care este compus modulul PV. Celulele de siliciu cristalin au, de obicei, un genunchi mai clar, în timp ce modulele cu strat subțire au adesea un genunchi mai rotunjit.

O serie de factori pot afecta forma curbei IV. Schema de mai jos prezintă principalele tipuri de distorsiuni care pot apărea în practică. Modificările de formă pot apărea individual sau în comun.

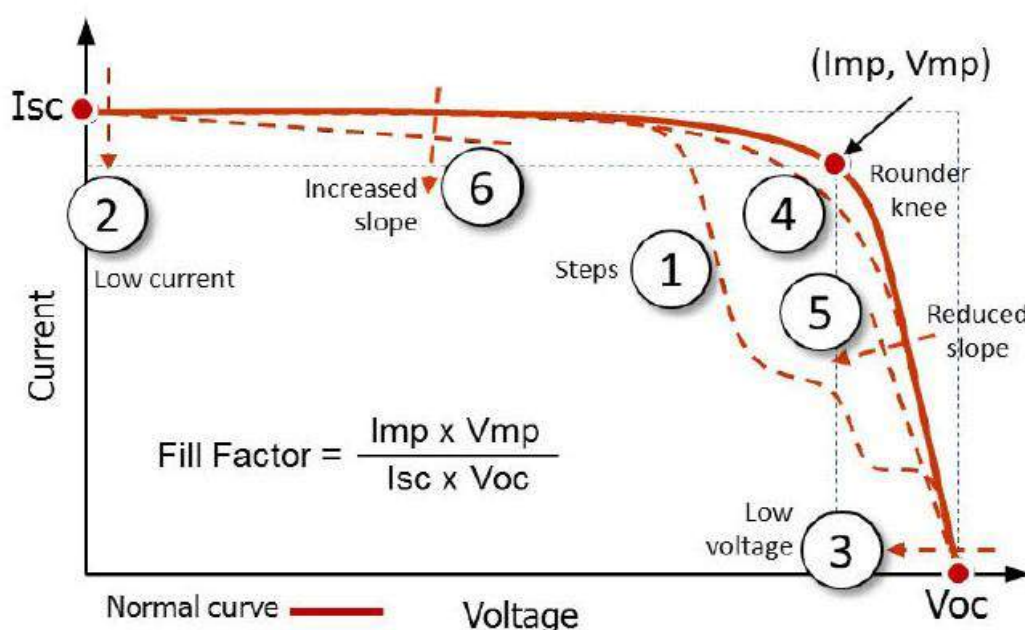


Fig. 1. Forma curbei IV în diferite condiții de iluminare a modulelor (explicații în text)

Source: IEC 62446-1: Grid connected PV systems – Part 1: Requirements for system documentation, commissioning tests and inspection.

Din cauza incertitudinii legate de măsurarea intensității luminii și a temperaturii modulului, se pot aștepta diferențe mici în curba IV planificată. Se pot întâmpla diferențe mici între module fotovoltaice de la același producător și în cazul aceluiași model. În plus, o umbră mică și un modul murdar pot afecta rezultatul măsurării curbei IV.

Atunci când deviațiile sunt vizibile, trebuie efectuată o verificare pentru a identifica dacă diferențele de formă între curba măsurată și cea așteptată nu rezultă din erorile de măsurare (de exemplu configurația diferită a echipamentului de măsurare) sau din datele introduse incorect ale modulelor fotovoltaice / circuitelor modulului PV.

Deviația 1 – "pași" sau flexări ale curbei

Flexările din curba IV marcate în figura 1 nr. 1 indică discrepanțe în valoarea curentului generat între diferitele zone ale câmpului PV sau modulului testat. Distorsiunea curbei IV este rezultatul faptului că diodele de by-pass sunt active și generează curent care depășește o serie de celule/module protejate (circuitul nu este capabil să transfere același curent ca alte circuite). O astfel de situație poate fi cauzată de o serie de factori, printre care:

- modulul este parțial umbrat,
- modulul este parțial acoperit (praf, zăpadă etc.)
- celulele / modulele PV sunt deteriorate,
- scurtcircuit (deteriorarea diodei by-pass).

Notă Chiar și activarea parțială a unei singure celule din modul poate determina activarea unei diode by-pass și a unor flexări vizibile în curba IV.

Deviația 2 – curent prea mic

Mulți factori pot fi responsabili pentru diferența dintre valoarea așteptată și cea măsurată a curentului de la modulul PV. Aceștia sunt prezentați mai jos.

Motive legate de modulul PV:

- murdărie uniformă,
- fâșii de umbră (module în orientare verticală);
- murdăria reziduală (module în orientare verticală);
- modulele fotovoltaice sunt degradate.

Notă: Fâșiile de umbră și murdăria reziduală au un impact similar cu murdăria uniformă, deoarece reduc curentul proporțional în toate grupurile de celule/module montate în apropiere, la aceeași înălțime.

Motive legate de datele introduse incorect ale modulelor/circuitelor modulului PV:

- datele introduse incorect ale modulului PV,
- numărul de circuite paralele incorect introdus.

Probleme de măsurare:

- probleme cu calibrarea senzorului de radiație sau eroarea de măsurare,
- senzorul de radiație nu este montat în planul sistemului sau este umbrat,
- schimbarea radiației în timpul măsurării curbei IV,
- efectele legate de reflexia luminii (albedo), care pot determina ca senzorul de radiație să înregistreze o valoare prea mare,
- iluminarea este prea mică sau soarele este prea aproape de orizont.

Notă: Dacă abaterea curentă prezentată în figura 1 (cazul 2) este mai mică decât cea preconizată, este de asemenea posibil ca tensiunea să fie măsurată incorect, în timp ce valoarea acesteia este supraestimată în raport cu valoarea corectă pentru condițiile date de măsurare a curbei IV.

Deviația 3 – tensiune prea mică

Motivele posibile ale unei valori reduse a tensiunii măsurate includ:

1) Motive legate de modulul PV:

- diode by-pass conductive sau compacte,
- număr incorect de module fotovoltaice în circuit,
- degradarea modulului (de exemplu, PID – Degradarea potențială indusă);

– umbrirea semnificativă și uniformă a întregii celule fotovoltaice / modul / circuit.

2) Motive legate de datele introduse incorect ale modulelor fotovoltaice:

- introduce date incorecte ale modulului PV,
- numărul de module introduse incorect în circuitul PV.

3) Motive legate de măsurare:

- temperatura celulelor fotovoltaice/modulului PV diferă semnificativ de valoarea măsurată.

Temperatura afectează în mod semnificativ tensiunea celulei PV / modulului, ceea ce poate determina o diferență între temperatura reală și cea măsurată a celulelor PV/modulului afectând în mod semnificativ forma curbei IV. În astfel de cazuri, trebuie verificată metoda de măsurare a temperaturii celulei (de exemplu, verificarea poziției senzorul de temperatură care nu trebuie să fie ieșit din spate, de pe suprafața modulului).

Modulele măsurate ulterior prezintă deseori valori ale parametrilor puțin diferite de cele așteptate. Acest lucru ar trebui să fie de așteptat, ținând seama de faptul că temperatura este de obicei măsurată pe un singur modul și un profil de distribuție a temperaturii pe un singur modul PV și nu este, de obicei, uniformă și se poate schimba în timp. Cu toate acestea, dacă unele circuite de module fotovoltaice prezintă deviații semnificativ mai mari decât altele, aceasta poate însemna o problemă, mai ales atunci când deviația se referă la valoarea VOC / N (N – numărul de lanțuri celulare din modulul PV sau un număr de module PV conectate în serie), în timp ce circuitul modulului PV are N de diode de by-pass.

Notă Când deviația de tensiune prezentată în figura 1 (cazul 3) este mai mică decât cea preconizată, este posibil ca tensiunea să fie măsurată incorect, în timp ce valoarea sa este subestimată în raport cu valoarea corectă pentru condițiile date de măsurare a curbei IV.

Deviația 4 – "genunchi" prea rotunjit

Rotunjirea curbei IV poate fi un simptom al procesului de îmbătrânire a modulelor. Pentru a confirma acest lucru, ar trebui să se verifice dacă înclinarea nu se referă nici la curba IV, nici la partea "orizontală" și "verticală". Dacă da, ar putea afecta forma curbei.

Deviația 5 – înclinație în jos a părții verticale a curbei

Înclinarea porțiunii verticale a curbei IV între punctul de putere maximă (V_{mpp}) și tensiunea circuitului de ieșire VOC rezultă în principal din rezistența în serie a modulului /circuitului PV. Creșterea rezistenței determină înclinația redusă a pantei în această parte a curbei.

Motivele posibile pentru creșterea rezistenței seriale includ:

- deteriorarea firelor/cablurilor (sau cablurilor cu secțiune prea mică);
- erori la conectarea modulelor PV (sau a îmbinărilor greșite);
- creșterea rezistenței seriale a modulelor (de exemplu, ca urmare a degradării).

În timpul testării câmpului modulului PV cu cabluri lungi, rezistența acestor cabluri poate afecta forma curbei. Într-o astfel de situație, trebuie să se verifice rezultatul măsurătorii, luând în considerare rezistența în serie a firelor de măsurare (dacă un dispozitiv de măsurare are o astfel de opțiune), sau să se efectueze măsurători mai aproape de câmpul fotovoltaic (folosind fire mult mai scurte).

Dacă se observă o eroare de rezistență crescută pe curbă, trebuie acordată o atenție deosebită calității cablării și conexiunilor modulului fotovoltaic. Această eroare poate indica un defect semnificativ al cablării sau deteriorării (de exemplu, coroziunea), care afectează în mod semnificativ caracteristicile de proiectare ale modulului fotovoltaic.

Rezistența serială crescută a modulului poate rezulta din rezistența prea mare a conexiunilor dintre celule sau conexiunile din interiorul cutiei de joncțiuni a modulelor – în ceea ce privește erorile de degradare, coroziune sau producție.

Scanarea IT, așa cum este descrisă în secvența de testare 2, poate constitui un instrument util pentru detectarea erorilor legate de rezistența prea mare în câmpul modulului fotovoltaic.

Deviația 6 – panta prea abruptă a părții "orizontale" a curbei

Schimbările de înclinare din partea superioară a curbei IV se referă la apariția unor scurgeri prea mari (bypass) probabil cauzate de:

- rezistența redusă la scurgeri în celulele fotovoltaice;
- nepotrivire a curentului I_{SC} Cogniww,
- umbra parțială sau murdărirea (de exemplu, sedimente, praf).

Curentul de bypass este o parte a curentului generat ocolind conexiunile celulare. Se întâmplă de obicei datorită defectelor localizate în zona celulei sau a conexiunilor dintre celule. Scurgerile pot duce la apariția unor așa-numite puncte locale în celule, care pot fi localizate prin utilizarea testelor IR.

Diferențele dintre valorile curente I_{SC} dintre anumite module PV din lanț pot rezulta din discrepanțele de producție. Dacă aceste discrepanțe sunt nesemnificative și distribuite în mod aleatoriu în circuit, este posibil ca etapele sau tăieturile vizibile din curba IV ale unui astfel de circuit să nu fie prezente.

Umbrirea semnificativă a unei părți a lanțului sau chiar a unui singur modul cauzează, de obicei, mai multe pante sau tăieturi caracteristice vizibile în curba IV.

4.8. Repararea sau înlocuirea componentelor fotovoltaice

Selectarea procedurii de testare în conformitate cu IEC 62446 – măsurători ale parametrilor sistemului în conformitate cu procedurile de testare descrise în standardul IEC 62446

Procedura de testare 1

Procedura de testare – categoria 1

Continuitatea împământării și a conductorilor compensatori potențiali

În cazul în care sunt montate protecții de împământare și/sau legături echipotențiale pe partea CC, în timp ce sunt conectate cadrele modulului fotovoltaic, se efectuează un test de continuitate electrică pentru toate părțile conductoare. De asemenea, trebuie verificată conexiunea la terminalul principal la sol.

Test de polarizare

Polarizarea tuturor cablurilor CC trebuie verificată cu ajutorul echipamentului de testare corespunzător. După verificarea polarizării, cablurile trebuie verificate pentru a se asigura că acestea sunt bine identificate și conectate corect la dispozitivele sistemice, cum ar fi întrerupătoarele sau invertoarele.

Cutie de conexiuni / test de sumare a lanțului PV

Un lanț conectat în polarizare inversă poate fi uneori ușor de pierdut. Consecințele polarizării inverse, în special în sistemele mai mari, cu multe module în serie interconectate, pot fi semnificative. Testul cutiei de sumare vizează asigurarea faptului că toate lanțurile sunt conectate corect între ele.

Procedura de testare se realizează înainte de prima activare a siguranțelor în lanț, astfel:

- alegeți un voltmetru cu un domeniu de tensiune egal cu cel puțin de două ori tensiunea maximă a sistemului,
- puneți toate siguranțele pe partea "minus", creând un "common-rail" comun pentru lanțuri,
- nu puneți siguranțe pe partea "plus",
- măsurați tensiunea în circuit deschis de la primul lanț, între plus și minus și asigurați-vă că este valoarea preconizată.
- lăsați o bornă de măsurare la polul pozitiv al primului lanț testat și plasați a doua bornă pe polul pozitiv al lanțului următor. Deoarece ambele lanțuri au un pol comun "minus", tensiunea măsurată ar trebui să fie aproape de zero, în toleranța acceptabilă +/- 15 V,
- continuarea măsurărilor pe lanțurile ulterioare, cu utilizarea primului circuit pozitiv ca referință.

Condiția de polarizare inversă trebuie să fie vizibilă clar pe lanțul, pe care tensiunea măsurată este de două ori mai mare decât tensiunea sistemului.

Circuit PV – măsurarea tensiunii circuitului deschis

Măsurarea tensiunii circuitului deschis (VOC) în cadrul procedurii de testare 1 vizează verificarea conectării corecte a modulelor din circuit, în special dacă modulele sunt conectate în serie. Lipsa conexiunilor sau numărul incorect de module din circuit constituie o eroare relativ frecventă, în special în sistemele mai mari, în timp ce tensiunea circuitului deschis în timpul încercării permite identificarea rapidă a acestor erori.

Notă: Valoarea tensiunii mult mai mică decât cea preconizată poate indica faptul că unul sau mai multe module din lanț au o polarizare sau defecte necorespunzătoare cauzate de o izolare slabă, care duce la deteriorarea și/sau acumularea de apă în cutiile de joncțiune. O tensiune prea mare este de obicei rezultatul erorilor de cablare.

Tensiunea circuitului deschis din fiecare circuit PV trebuie măsurată cu ajutorul unui dispozitiv de măsurare adecvat. Ar trebui să se facă înainte de închiderea oricărui întrerupător sau instalare a echipamentului de protecție la supracurent (dacă este cazul).

Valorile de tensiune ale circuitului deschis obținute sunt apoi evaluate pentru a se asigura că acestea sunt conforme cu valoarea estimată (de obicei cu toleranța de 5%), utilizând una din următoarele metode:

- a) comparația cu valoarea proiectată furnizată în cartea de catalog a modului,
- b) măsurarea V_{CO} pe un modul și apoi utilizarea acestei valori pentru a calcula valoarea proiectată a circuitului (cea mai potrivită atunci când există condiții de iluminare stabile);
- c) în cazul sistemelor cu multe circuite identice, în care sunt prezente condiții stabile de iluminare, se pot compara tensiunile circuitelor.
- d) în cazul sistemelor cu multe circuite identice, unde iluminarea este instabilă, tensiunile între circuite pot fi comparate prin efectuarea măsurărilor multiple și după stabilirea unui circuit de referință.

Circuite (serie) de module PV – măsurarea curentului

Testul de măsurare a curentului circuitului modulului PV (serie) vizează verificarea să nu existe defecte mai mari în zona de cablare a modulului PV. Aceste teste nu ar trebui tratate ca o măsurare a performanței modulului.

Sunt posibile două metode de testare (test de scurtcircuit sau test de funcționare) care furnizează informații despre buna funcționare a circuitului fotovoltaic. Acolo unde este posibil, trebuie efectuat testul de scurtcircuit, fiind mai avantajos deoarece exclude impactul invertoarelor.

Circuite (serie) de module PV – test de scurt circuit

Curentul de scurtcircuit al fiecărui circuit fotovoltaic trebuie măsurat cu ajutorul unui dispozitiv adecvat, destinat unei astfel de încercări. Activarea/întreruperea curentului de scurtcircuit în lanț este potențial periculoasă și trebuie selectată o procedură de testare adecvată.

Valorile măsurate trebuie comparate cu valoarea proiectată. În cazul sistemelor cu multe circuite de module PV identice, atunci când măsurătorile au fost efectuate în condiții de iluminare stabile, ar trebui comparate rezultatele măsurătorilor curente în circuite particulare. Aceste valori trebuie să fie aceleași (de obicei în domeniul de 5% din valoarea medie a curentului măsurat în circuite, în condiții de radiație stabilă).

Procedura testului curentului de scurt circuit

Trebuie să vă asigurați că toate dispozitivele de comutare și de deconectare sunt deschise și că toate circuitele fotovoltaice (din module PV) sunt izolate unul de celălalt.

Scurtcircuitul periodic se efectuează în lanțul testat. Se poate realiza prin:

- a) utilizarea unui contor care să permită măsurarea curentului de scurtcircuit (de exemplu, un tester PV special);
- b) cablu scurt, conectat temporar în circuitul unei sarcini de deconectare a dispozitivului în circuitul testat;
- c) utilizarea "întrerupătorului de by-pass" care poate fi introdus temporar în circuit pentru a crea scurtcircuit.

Lanțul de module PV – test în timpul funcționării

Când sistemul este activat și funcționează în mod normal (invertorul urmărește punctul maxim de putere), curentul de la fiecare lanț PV trebuie măsurat cu ajutorul unui ampermetru, cu cleme adecvate, plasate în jurul cablului lanțului. Valorile măsurate trebuie comparate cu valoarea așteptată. În cazul sistemelor cu multe lanțuri identice, în care sunt prezente condiții de iradiere stabile, trebuie comparate măsurătorile curenților din lanțurile particulare. Aceste valori trebuie să fie aceleași (de obicei în domeniul de aplicare de 5% din valoarea medie a curentului lanțurilor pentru condițiile de iradiere stabile).

Teste funcționale

Se recomandă efectuarea următoarelor teste funcționale:

Comutatoarele și alte dispozitive de comandă sunt testate pentru a se asigura funcționarea corectă și verificarea dacă acestea sunt bine montate și conectate.

Toate invertoarele care fac parte din sistemul fotovoltaic ar trebui testate pentru a asigura buna funcționare a acestora. Procedura pentru o astfel de încercare trebuie specificată de producătorul inverterului.

Testarea rezistenței izolației câmpului modulului fotovoltaic

Circuitele CC ale câmpului modulului fotovoltaic funcționează în timpul zilei și, contrar unui sistem electric convențional, nu pot fi izolate înainte de efectuarea unui test.

Testarea rezistenței izolației câmpului modulului fotovoltaic – metoda de testare

Testarea ar trebui să fie efectuată pentru fiecare domeniu al modulului PV. Se pot verifica și lanțurile individuale.

Sunt posibile două metode de testare:

METODA DE TESTARE 1 – Testați între clema negativă a câmpului modulului fotovoltaic și masă și apoi testați între clema pozitivă a câmpului și sol.

METODA DE TESTARE 2 – Testați între pământ și clemele scurte (pozitive și negative) ale câmpului modulului fotovoltaic.

În cazul în care cadrul modulului fotovoltaic este legat la pământ, atunci poate fi aplicat un punct relevant de împământare sau cadru (atunci când se utilizează cadrul, trebuie asigurat un contact electric bun și trebuie verificată continuitatea pe întreaga parte metalică a cadrului).

În cazul sistemelor în care rama modulului PV nu este conectată la pământ (de exemplu atunci când există o instalație de clasă II), un inginer de testare poate alege unul din cele două teste: i) între cablurile de câmp și pământ) sau ii) cabluri și cadru.

Pentru câmpurile cu module PV care nu dispun de piese conductive electrice (de exemplu plăci PV), se efectuează testarea între cablurile de bord și împământarea clădirii.

Rezistența izolării câmpului modulului PV – procedura de testare

Înainte de începerea încercării, trebuie efectuate următoarele activități:

- să se limiteze accesul neautorizat;
- să se izoleze câmpul modulului fotovoltaic de la inverter (de obicei cu ajutorul deconectorului de câmp al modulului fotovoltaic);
- să se deconecteze toate părțile dispozitivelor care pot afecta măsurarea izolației (de exemplu protecția la supratensiune) în cutia de joncțiune.

Rezistența de izolare – domeniul de putere de până la 10 kWp

Pentru câmpurile fotovoltaice de putere nominală de până la 10 kWp, rezistența de izolare trebuie măsurată cu tensiunea de testare prevăzută în tab. 1. Rezultatul este satisfăcător dacă fiecare circuit are rezistență de izolare nu mai mică decât valoarea relevantă prevăzută în Tabelul 1.

Tab. 1. Valori minime pentru rezistența de izolare – putere de până la 10 kWp

Tensiunea sistemului	Tensiunea de test	Rezistența de izolație minimă
<120 V	250 V	0.5 MΩ
120 V – 500V	500 V	1 MΩ
>500 V	1000 V	1 MΩ

Rezistența de izolare – domeniul de putere de peste 10 kWp

Pentru câmpurile PV mai mari de 10 kWp, pentru a testa rezistența la izolare, trebuie aplicată una dintre următoarele metode:

Metoda A

Testul de rezistență la izolare trebuie efectuat pe:

- lanțuri speciale; sau
- lanțuri conectate, în cazul în care suma totală a energiei nu este mai mare de 10 kWp.

Rezistența de izolare este măsurată la tensiunile de măsurare prevăzute în tab. 1. Rezultatul este satisfăcător dacă rezistența la izolare nu este mai mică decât valoarea relevantă din tab.1.

Metoda B

Luând în considerare condițiile corespunzătoare de rațiație, testarea curbei IV asigură determinarea performanței câmpului modulului fotovoltaic și stabilirea dacă acesta respectă valorile nominale (furnizate pe plăcuța cu date tehnice).

Măsurările de performanță a lanțurilor și a câmpului modulului fotovoltaic se efectuează în condiții de radiație stabilă, cu o valoare nu mai mică de 400 W/m² măsurată în planul câmpului modulului.

Procedura de testare a curbei IV este după cum urmează:

- asigurați-vă că sistemul este oprit și nu este curent în circuit,
- lanțul testat trebuie izolat și conectat la dispozitivul de măsurare a curbei IV,
- dispozitivul trebuie să fie programat corespunzător unui tip și unui număr de module PV examinate în cadrul testului,
- dispozitivul de măsurare a iluminării care cooperează cu testerul curbei IV trebuie să fie instalat astfel încât să acopere planul sistemului PV și să nu fie supus niciunei lumini care să fie suprapusă sau reflectată (albedo). În cazul în care testul utilizează o celulă de referință (model), ar trebui să se verifice dacă este din aceeași tehnologie ca și în sistemul PV testat sau, în caz contrar, ar trebui să se efectueze o ajustare adecvată care rezultă din diferite tehnologii,
- dacă testerul cu curba IV utilizează un senzor de temperatură celulară, trebuie să atingă în întregime modulul din spatele acestuia, în mijlocul celulei situate în partea centrală a modulului. Dacă ajustările de temperatură sunt calculate de către dispozitivul de testare a curbei IV, se efectuează o comandă pentru a se asigura că parametrii corecți ai modulului (valori ale coeficienților de temperatură) sunt introduși în dispozitiv, iar valoarea VOC a lanțului este în intervalul așteptat.

NOTĂ Verificarea valorii VOC este efectuată pentru a se asigura că lanțul are un număr corect de module – un număr greșit ar putea cauza o eroare la introducerea unei ajustări legate de temperatura modulului.

- Înainte de începerea încercării, trebuie verificat nivelul de radiație pentru a se asigura că acesta este mai mare de 400 W/m² în planul sistemului PV.

După terminarea încercării, valoarea măsurată a puterii maxime trebuie comparată cu o valoare nominală (înregistrată pe plăcuța cu date tehnice). Valoarea măsurată trebuie să se încadreze în toleranța de putere furnizată pentru modulele din test (cu luarea în considerare a preciziei echipamentului pentru testul curbei IV).

Testul de rezistență la izolare trebuie efectuat pe lanțuri conectate cu puteri mai mari de 10 kWp.

Rezistența de izolare este măsurată la tensiunile de măsurare prevăzute în tab. 1. Rezultatul este satisfăcător dacă rezistența la izolare nu este mai mică decât valoarea relevantă din tab.1.

Dacă rezultatele măsurătorilor sunt sub valorile corespunzătoare prevăzute în tabelul 1, sistemul trebuie testat din nou folosind un număr mai mic de lanțuri în sistemul de testare.

Măsurarea și analiza caracteristicilor lanțurilor modulului PV acoperă următoarele aspecte:

1. Principii de măsurare a caracteristicilor I-V a modulelor fotovoltaice. Definirea parametrilor electrici determinați din caracteristici.
2. Relația caracteristicilor I-V de la temperatură la iluminare – coeficienți de temperatură.
3. Metoda de măsurare corectă a temperaturii modulului (referință la ECT, IEC 6094-5).
4. Probleme cu măsurători ale caracteristicilor I-V pentru unele tehnologii (a-Si, DSSC, Sunpower).
5. Forma caracteristicilor I-V care indică condiții de lucru necorespunzătoare (de exemplu, umbră) sau deteriorarea modulului.
6. Selectarea modulelor pentru sistemul fotovoltaic pentru evitarea/minimizarea pierderilor rezultatelor din nepotrivirea electrică.
7. Principii de distribuție a modulelor de planificare în sistemul fotovoltaic pentru a evita pierderile cauzate de iluminarea inegală sau distribuția inegală a temperaturii.
8. Factorii care afectează funcționarea sistemului – iluminare, temperatură, vânt.
9. Impactul radiației, temperaturii mediului și vitezei vântului asupra temperaturii modulului. Definiția NOCT (temperatura nominală de funcționare).
10. Set de standarde IEC / PN referitoare la aspectele referitoare la punctele 1-9.

Procedura test – Categoria 2

Măsurarea circuitului – curba IV

Testarea curbei circuitului IV poate furniza următoarele informații:

- măsurători ale tensiunii circuitului deschis (V) și a curentului de scurtcircuit (I_{sc});
- măsurători ale tensiunii (V_{mpp}), curentului (I_{mpp}), în punctul de lucru pentru puterea maximă (P_{max}),
- măsurarea performanței modulului fotovoltaic,
- identificarea defectelor modulului PV sau o problemă legată de umbrirea unei părți a modulului.

Înainte de începerea încercării pentru curba IV, trebuie verificat dispozitivul de testare pentru a se asigura că intervalele sale de măsurare sunt ajustate corespunzător la valorile preconizate ale tensiunii și curentului din circuitul testat.

Măsurarea curbei I-V-Voc și a I_{sc}

Testarea curbei IV este o metodă alternativă (indirectă) acceptată pentru determinarea valorii tensiunii în circuitul deschis (VOC) și curentul de scurtcircuit (ISC). Când se măsoară curba IV, nu sunt necesare măsurători separate ale VOC și I_{sc} – cu condiția ca testul IV să fie efectuat într-o etapă relevantă în secvența de testare 1.

Circuitul testat trebuie izolat și conectat la un dispozitiv care măsoară curba IV. Dacă încercarea IV a curbei vizează doar obținerea valorilor estimate ale VOC și I_{SC} , nu este necesară măsurarea radiației (sau a temperaturii modulului).

Măsurarea curbei IV – performanța modulului PV, identificarea defectelor modulelor sau a umbririi

Forma curbei IV poate furniza informații valoroase despre modulul PV. Următoarele defecte pot fi identificate în cadrul testului:

- celule / module deteriorate,
- scurtcircuit la diodă,
- umbrirea locală,
- nepotrivire electrică a modulelor,
- șunt de rezistență în celule / module / câmp PV,
- rezistență serială în exces.

Dacă măsurarea curbei IV are scopul de a verifica dacă există erori cauzate de efectul de nepotrivire, măsurarea poate fi efectuată la o radieră mai mică și unghiuri mai mari de incidență a luminii decât este necesar pentru a testa performanța.

Pentru a obține o formă mai bună a curbei IV, se recomandă ca valoarea de radieră să depășească 100 W/m, dar pot fi obținute și date utile la niveluri scăzute de radieră. Dacă forma curbei IV la nivelul unei radieri mai mică de 100 W/m este intermitentă, poate fi un motiv de eroare și se recomandă repetarea testului la o valoare a radierii mai mare de 100 W/m.

În cazul înregistrării curbei IV, ar trebui analizate eventualele deviații vizibile de la forma corectă preconizată a curbei sau valorile preconizate ale parametrilor electrici. Abaterile vizuale de la forma corectă a curbei IV necesită o atenție deosebită, deoarece acestea pot semnala erori nedetectate înainte și erori semnificative ale modulului PV. Anexa D conține informații privind interpretarea abaterilor de la curba IV.

În cazul sistemelor cu multe circuite identice, în care sunt prezente condiții de radieră stabile, ar trebui comparate curbele din circuitele particulare (se potrivesc unul cu celălalt). Curbele ar trebui să fie aceleași (de obicei în domeniul de aplicare de aproximativ 5% la condiții de radieră stabilă pentru punctele I_{SC} , VOC și P_m).

Procedura de control pentru modulele PV cu o cameră cu infraroșu IR

Controlul prin utilizarea unei camere cu infraroșu (IR) vizează detectarea fluctuațiilor neobișnuite de temperatură în câmpul modulului fotovoltaic. Astfel de schimbări de temperatură pot indica probleme în domeniul modulului și/sau al întregului sistem fotovoltaic, cum ar fi celulele invers polarizate, lipsa diodelor de by-pass, lipituri incorecte, conexiunile active slabe care conduc la o creștere locală a temperaturii.

NOTĂ: În procesul de verificare inițială, testul IR poate fi aplicat și pentru rezolvarea problemelor în câmpul modulului, lanțului sau modulului PV.

Procedura de testare IR

În timpul testului IR, sistemul trebuie să fie în modul normal de funcționare (invertorul urmărește punctul maxim de putere al sistemului PV). Radiația în planul sistemului PV ar trebui să depășească 400 W/m, în timp ce condițiile meteorologice ar trebui să fie stabile. Într-o situație perfectă, radiația în câmpul modulului fotovoltaic ar trebui să se situeze la un

nivel constant, peste 600 W/m, pentru a asigura un curent suficient care cauzează diferențe considerabile de temperatură.

Rezultatele testelor IR – Informații generale

Acest test caută în principal modificări anormale ale temperaturii în câmpul modulului fotovoltaic.

Rezultatele testului IR – puncte fierbinți

Un punct fierbinte observat pe suprafața modulului înseamnă de obicei o problemă electrică, posibilă rezistență paralelă sau nepotrivire (curentă) a celulelor. În fiecare caz, ar trebui să fie testate performanțele tuturor modulelor în care apar puncte fierbinți. Semnele de supraîncălzire pot fi prezentate și în timpul inspecțiilor, de ex. o zona maro sau decolorată a modulului.

Rezultatele testului IR – diode by-pass

Dacă diodele de by-pass sunt prea fierbinți, câmpul modulului trebuie inspectat, căutând motive evidente ca umbrirea sau contaminarea unui modul protejat de o diodă. Dacă nu există motive evidente, aceasta poate însemna deteriorarea modulului.

Procedura test – teste suplimentare

Tensiune de împământare – rezistența sistemelor de împământare

Această încercare este efectuată pentru a evalua sistemele care utilizează impedanță înaltă (rezistență). Procedurile de testare detaliate sunt furnizate de producătorii de module care necesită sisteme de împământare.

Test al diodei de blocare

Dioda de blocare poate fi deteriorată în ambele condiții, atât în circuit, cât și în bariera de polarizare. Această încercare este semnificativă pentru instalațiile fotovoltaice în care se montează diode de blocare.

Toate diodele trebuie să fie controlate pentru a se asigura că acestea sunt corect conectate (polarizarea corespunzătoare) și că nu există simptome de supraîncălzire sau ardere.

Într-un mod normal de funcționare, tensiunea pe dioda de blocare (VBD) ar trebui să fie:

- rezultatul testului criteriu – pozitiv: VBD 0.5 V –1.65 V.

Verificarea calității sistemului fotovoltaic – certificare

Raport de verificare

După terminarea verificării a sistemului, utilizatorul ar trebui să primească un raport. Acest raport ar trebui să cuprindă următoarele informații:

- Informații de bază care descriu sistemul (numele, adresa etc.);
- Lista circuitelor supuse controalelor și încercărilor,
- Raport de control,
- Înregistrarea rezultatelor testelor pentru fiecare circuit testat,
- Perioada până la următoarea verificare a sistemului,
- Semnătura verficatorului (verificatorilor).

NOTĂ: În unele țări, în reglementările interne este specificată perioada între verificări.

Verificare inițială (de acceptare)

Verificarea unei instalații noi se efectuează în conformitate cu cerințele punctului 5 din standardul IEC 62446. Primul raport de verificare trebuie să includă informații suplimentare referitoare la persoana sau compania responsabilă pentru proiectarea, construcția și verificarea sistemului, precum și domeniul lor de competență .

Verificarea periodică

Verificarea periodică a instalației existente se efectuează, de asemenea, în conformitate cu cerințele punctului 5 din standardul IEC 62446. În cazurile relevante, ar trebui luate în considerare rezultatele și recomandările verificărilor periodice anterioare.

4.9. Inspecția, întreținerea și repararea instalațiilor solare

Calitatea unei instalații fotovoltaice este dificil de verificat fără cunoștințe relevante și instrumente de specialitate. În timpul funcționării sistemului fotovoltaic, este necesar accesul la parametrii electrici cel puțin ai sistemului și la datele privind radiația solară pe amplasamentul instalației. Acești parametri pot fi garantați numai prin monitorizarea corespunzătoare a sistemului. Trebuie subliniat faptul că o parte semnificativă a convertizoarelor moderne sunt echipate cu elemente de măsurare și IT care permit măsurarea, achiziția și accesul la distanță (prin Internet) la datele obținute în timpul funcționării sistemului.

Acest studiu prezintă și descrie pe scurt cele mai importante documente normative (standarde) aplicabile în domeniu discutat.

Pentru a asigura un sistem fotovoltaic de înaltă calitate, sunt esențiale documentația tehnică corespunzătoare și procedurile de control al calității. Acest studiu enumeră principiile dezvoltării documentației tehnice corecte a sistemului fotovoltaic, metoda de efectuare a testelor și procedurile de acceptare, precum și controalele periodice privind funcționarea corectă și starea tehnică a sistemului fotovoltaic. Trebuie discutate atât procedurile de testare, cât și domeniul de aplicare al informațiilor care trebuie găsite într-un raport de acceptare sau în rapoartele corespunzătoare controalelor periodice. Această parte de studiu se bazează în principal pe standardul european **IEC 62446**.

Unul dintre cele mai importante standarde pentru verificarea reală și fiabilă a calității modulelor fotovoltaice este standardul **IEC 61215** (pentru modulele din celule de siliciu cristaline) și **IEC 61646** (pentru modulele realizate în tehnologii cu strat subțire). Acestea acoperă toate cele trei aspecte calitative de bază ale modulelor, adică degradarea, durabilitatea (pe termen scurt și lung) și siguranța legată de funcționarea acestora. Ambele standarde menționate cuprind o serie de teste, cum ar fi:

- inspecție (evaluare vizuală),
- parametrii electrici în STC (condițiile standard de testare),
- test de izolare,
- coeficienți de temperatură ai parametrilor electrici, rezistență în serie,
- determinarea NOCT (temperatura nominală a celulelor de operare),
- parametrii electrici din NOCT,

- parametrii electrici la radiație scăzută,
- testarea prezenței așa-numitelor puncte fierbinți,
- testul de rezistență UV,
- încercarea rezistenței la ciclurile de temperatură,
- testul rezistenței la îngheț, la umiditate ridicată,
- testarea rezistenței la umiditate, la temperaturi ridicate,
- test de rezistență la ieșire (durabilitate),
- test de rezistență la torsiune,
- încercarea rezistenței la încărcarea mecanică statică.

IEC 61215 sau IEC 61646. În practică, în funcție de locul în care urmează a fi instalate module specifice, în ce sistem PV și cerințele investitorului, modulele ar trebui să dețină un certificat referitor numai la testele selectate, cum ar fi testul de rezistență la ciclurile de temperatură (testul de bază), testul rezistenței la îngheț (pentru zonele unde se produc scăderi rapide ale temperaturii), testul rezistenței la sarcini statice (de exemplu, pentru zonele cu zăpadă masivă sau grindină). Aceste teste trebuie să fie confirmate cu un certificat relevant, care include măsurători ale parametrilor electrici, prezența așa-numitelor puncte fierbinți (aparitia unor de pete în module înseamnă rezistența lor redusă la deteriorare în condițiile de umbră parțială) sau testul de izolare, ceea ce este extrem de important din punct de vedere al siguranței, în special în sistemele fotovoltaice de înaltă tensiune pe partea CC.

Inspekția și întreținerea sistemului PV

Informațiile privind funcționarea și domeniul de aplicare al întreținerii sistemului fotovoltaic ar trebui să fie asigurate și ar trebui să includă, cel puțin, următoarele elemente:

1. Proceduri care verifică funcționarea corectă a sistemului.
2. Lista de verificare în caz de defectare a sistemului.
3. Proceduri de oprire / deconectare de urgență a sistemului.
4. Recomandări privind întreținerea și repararea (dacă este necesar).
5. Notă cu privire la posibilele lucrări viitoare în zona modulului fotovoltaic (de exemplu, lucrări de acoperiș).
6. Document de garanție pentru module fotovoltaice și invertore - trebuie să determine o dată de început și o durată.
7. Documentație care specifică domeniul de aplicare al acțiunilor garantate (lucrări) și garanțiile legate de pericolele meteorologice (de exemplu, grindină, vânt, etc.).

Standardul IEC 62446 – verificarea calității și controlul sistemului PV

Această secțiune conține o descriere a cerințelor privind procedurile inițiale și periodice de verificare a instalației electrice a sistemului PV atașat la rețeaua electrică. Se referă în principal la standardul IEC 60364-6 (Instalații electrice de joasă tensiune – Partea 6: Verificare), dar și, dacă este necesar, la alte documente și studii.

În cadrul domeniului de aplicare, verificarea sistemului PV atașat la rețea ar trebui efectuată pe baza cerințelor formulate în standardul **IEC 60364-6**, care definește astfel de cerințe pentru verificările inițiale și periodice ale fiecărei instalații electrice.

Fiecare subansamblu instalat și element al sistemului fotovoltaic ar trebui verificat în stadiul de instalare, dacă este posibil, iar după finalizarea acestuia, înainte de punerea în funcțiune a întregului sistem, ar trebui verificată conformitatea cu standardul IEC 60364-6. Verificarea

originală include compararea rezultatelor cu criteriile adecvate pentru a confirma îndeplinirea cerințelor IEC 60364.

De asemenea, după fiecare reparație sau modificare efectuate în instalația existentă, trebuie să se verifice dacă modificările introduse sunt conforme cu standardul IEC 60364 și, prin urmare, dacă nu se influențează condițiile de siguranță.

Atât verificarea inițială (de acceptare), cât și verificarea periodică ar trebui să fie efectuată de un expert, cu calificări adecvate pentru realizarea acestor lucrări.

Notă: Probele tipice ale verificării instalației PV pot fi găsite în anexele la standardul IEC 62446.

Sisteme de testare și teste suplimentare

Sistemul de testare aplicat în sistemul fotovoltaic trebuie să fie adecvat pentru scara, tipul, locul și complexitatea sistemului de testat. Acest document definește două sisteme de testare, împreună cu o serie de teste suplimentare, care pot fi de asemenea efectuate la terminarea secvenței standard.

- testarea de categoria 1 – cerință minimă – set standard de teste care trebuie aplicate tuturor sistemelor;
- testarea de categorie 2 – secvența extinsă de teste atunci când toate testele din categoria 1 au fost deja efectuate;
- teste suplimentare – alte teste, care pot fi indicate în unele cazuri.



5. EXERCIȚII

5.1. Reglementări privind sănătatea și securitatea la locul de muncă, protecția mediului

Exercițiul 1.

Alegeți enunțul corect.

În timpul lucrului, instalatorul PV ar trebui:

a) să ilumineze locul de muncă cu lămpi portabile cu o tensiune mai mare de 24 V.
b) pentru a împiedica generarea de energie electrică de către modulul solar, să acopere întreaga suprafață cu ceva opac.
c) să efectueze lucrări de asamblare în timpul unei furtuni, vânt puternic sau alte pericole.

Exercițiul 2.

Tăiați un element care nu se potrivește cu restul:

Instalatorilor PV nu le este permis:

- a) să refuze să efectueze alte lucrări echivalente, în cazul în care nu este posibilă înlăturarea imediată a pericolelor cauzate de lucrările anterioare.
- b) să blocheze accesul la stațiile de lucru, echipamentelor de stingere a incendiilor și comutatoarelor electrice.
- c) să împământeze elementele conductoare expuse, de ex. suportul unui set de panouri fotovoltaice.

Exercițiul 3.

Măsurile de protecție individuală includ (bifați 3 răspunsuri):

- a) Protecția ochilor și a feței.
- b) Plan de evaluare a riscurilor.
- c) Protecția membrelor.
- d) Platforme de ridicare.
- e) Protecția fonica.
- f) Platforme mobile.

5.2. Reguli de protecție a sănătății în timpul lucrărilor de modernizare și întreținere a instalațiilor fotovoltaice

Exercițiul 1.

Potrivește enunțul cu normativul:

IEC 61215	module cristaline
IEC 61646	module de film subțire
IEC 61730	domeniul de securitate al modulelor fotovoltaice

Exercițiul 2.

Ce cuvânt din casetă nu se potrivește cu propoziția:

Pentru modulele, toate componentele CC trebuie să fie dimensionate pentru tensiune: $V_{oc}(STC) \times 1,15$, curent: $I_{sc}(STC) \times 1,25$.

module din mono silicon	module de film subțire	module multicristaline
-------------------------	------------------------	------------------------

5.3. Reguli de siguranță de respectat la întreținerea și conservarea instalației solare

Exercițiul 1.

Din tabelul de mai jos, selectați conexiunea potrivită la selectarea curentului nominal al siguranței:

$0,4 \times I_{SC} \leq I_n \leq 2,4 \times I_{SC}$
$0,8 \times I_{SC} \leq I_n \leq 1,2 \times I_{SC}$
$1,4 \times I_{SC} \leq I_n \leq 2,4 \times I_{SC}$

Exercițiul 2.

Potrivește normativul cu definiția:

PN-EN 50272-2:2007	Cerințe de securitate pentru bateriile instalației și bateriile reîncărcabile
PN-EN 62305-2	Protecția împotriva fulgerelor
IEC 60269-6	Selectarea tipului corect de siguranță
IEC 61730-2	Valoarea limită a curentului de retur în conformitate cu standardul

5.4. Întreținerea sistemelor PV

Exercițiul 1.

Completați textul.

Testarea sistemului electric al sistemului PV trebuie să fie efectuată în conformitate cu cerințele standardului 1 Instrumentele de măsurare și monitorizare și metodele de măsurare sunt alese în conformitate cu părțile relevante din standardul 2 și 3 Cerințele privind etichetarea unui sistem solar sunt specificate în standardul 4

1) IEC 60364-6	2) IEC 61557	3) IEC 6101	4) IEC60364-9-1
----------------	--------------	-------------	-----------------

Exercițiul 2.

Completați textul:

În cazul unui sistem fără protecție la supracurent în circuitele de module PV, trebuie să se asigure că: IMOD_MAX_OCPR (curentul nominal maxim al siguranței seriale din circuit) este mai mare decât posibilul

curent invers
scurt circuit
curent de scurgere

5.5. Monitorizarea proprietăților sistemului fotovoltaic – măsurare și analiză

Exercițiul 1.

Potrivii parametrul cu aparatul de măsură.

Parametru	Tip senzor
Intensitatea radiației în planul modulelor	Piranometru
Temperatura mediului ambiant (aer)	Termometru
Viteza vântului	Anemometru

Exercițiul 2.

Completați propozițiile cu două numere valide:

Senzorii parametrilor electrici ai sistemului fotovoltaic ar trebui să fie selectați astfel încât intervalul lor să fie compatibil cu valoarea superioară a parametrilor de ieșire ai sistemului de module fotovoltaice, adică pentru tensiunea ... 1 .. * VOC, pentru curent ... 2 * ISC, iar prezența lor să aibă un efect minim asupra parametrilor măsurați (de exemplu, rezistența utilizată pentru măsurarea curentului ar trebui să aibă o rezistență scăzută, astfel că scăderea de tensiune pe el ar fi neglijabil de mică în comparație cu tensiunea câmpului din modulele PV).

1.3	1.5	1.1	1.8
-----	-----	-----	-----

5.6. Analiza erorilor tipice legate de modernizare și întreținere

Exercițiul 1.

Combinați tipurile de erori cu soluțiile corecte pentru a le evita și pentru a porni sistemul corect:

Erori tipice	Remedii și depanare
Nu există energie de la panouri	Schimbați întrerupătoarele sau siguranțele arse, firele deteriorate sau corodate
Un curent prea mic de la panouri	Unele module sunt umbrite. Înclinarea panourilor sau orientarea acestora este incorectă. Unele module sunt deteriorate. Module murdare.
Nu există tensiune CA	Sarcina pe receptoarele de CA depășește puterea inverterului, se deconectează datorită suprasarcinii. Sarcină neajutată pentru funcționarea continuă a inverterului. Supratensiune.
Nu există tensiune la ieșirea inverterului	O siguranță arsă sau circuit deschis / comutator, cablu deteriorat. Inverterul este oprit din cauza opririi incorecte a circuitului de încărcare sau a circuitului deschis al regulatorului de încărcare.

Exercițiul 2.

Procedura de detectare a defectelor la împământare și de scurtcircuit – aranjați ordinea corectă a activităților efectuate:

1. Opriți inverterul chiar dacă este oprit comutatorul de CC sau comutatorul.
2. Un modul din fiecare bandă trebuie să fie complet umbrat, protejat de soare.
3. Deconectați circuitele modului.
4. Porniți măsurarea.

5.7. Tipuri de perturbări și defecțiuni tipice în sisteme PV

Exercițiul 1.

Completați fraza de mai jos:

Procesul de îmbătrânire a modulelor fotovoltaice poate fi identificat pe baza:

Rotunjirii curbei IV
Micșorarea pantei porțiunii "verticale" a curbei IV
Înclinarea prea abruptă a părții "orizontale" a curbei IV

Exercițiul 2.

Potriveți tipul defecțiunii cu parametrul utilizat pentru diagnosticare:

Tipul defectului	Parametrul utilizat pentru diagnosticare
Pauzele în circuitele de CC (siguranțele arse în carcasele de conectare CC, cablurile deteriorate, conectorii, cutiile de conectare ale modului PV)	curent CC în circuitul CC (în comparație cu altele)
Înterruperi în circuitul principal de CC (siguranțe arse la intrarea invertorului, conexiune defectuoasă, cablul)	curent CC la intrarea invertorului
Izolație electrică (cabluri / module defecte)	Măsurarea rezistenței de izolație a invertorului
Fluctuațiile parametrilor rețelei	Parametrii de rețea monitorizați de invertor

5.8. Repararea sau înlocuirea componentelor fotovoltaice

Exercițiul 1.

Bifați răspunsul corect:

În modul normal de funcționare, tensiunea pe dioda de blocare (VBD) trebuie să fie:

0,5 V – 1,65 V
0,9 V – 2,65 V
1,2 V – 2,5 V

Exercițiul 2.

Finalizați propoziția:

Lipsa conexiunilor sau a numărului incorect de module din circuit reprezintă o eroare relativ frecventă, în special în cazul sistemelor mai mari. Aceasta poate fi diagnosticată prin măsurarea:

tensiunii circuitului deschis
curentului circuitului închis
punctului maxim de putere

5.9. Inspectia, întreținerea și repararea instalațiilor solare

Exercițiul 1.

Marcați răspunsul greșit:

Sistemul CC – Protecție împotriva efectelor descărcărilor atmosferice și supratensiunii
Verificarea sistemului CC trebuie să includă cel puțin:

pentru a minimiza tensiunile cauzate de descărcarea atmosferică, verificați dacă suprafața buclilor create de firele electrice este cât mai mică posibil.
verificați măsurile de protejare a cablurilor lungi (de ex. prin intermediul ecranelor sau instalarea unor siguranțe de descărcare – SPD).
atunci când utilizați siguranțe de curent SPD, verificați dacă acestea sunt instalate în conformitate cu cerințele standardului IEC 60364-9-1.
verificați sistemul de alarmă care detectează rezistența redusă la izolație între câmpul modulului PV și sol - respectarea cerințelor IEC 60364-9-1.

Exercițiul 2.

Completați propoziția.

Dacă sunt instalate diodele de blocare, asigurați-vă că tensiunea de barieră nominală a acestora este de cel puțin ... 1 x VOCSTC a circuitului de module fotovoltaice în care au fost montate diodele (standardul IEC 60364-9-1).

2	0,8	1,4
---	-----	-----

6. TEST DE PROGRES

Puteți să:	Da	Nu
1) Discutați potențiale amenințări în lucrul cu sistemele fotovoltaice?		
2) Listați activitățile necesare pentru a fi îndeplinite înainte de începerea lucrului?		
3) Discutați despre responsabilitățile instalatorului sistemului PV?		
4) Discutați evaluarea riscurilor?		
5) Descrieți protecția împotriva incendiilor?		
6) Selectați cerințele de instalare?		
7) Explicați problemele legate de siguranța la lucrul cu circuite electrice?		
8) Discutați despre dimensionarea componentelor CC pentru sistemele fotovoltaice?		
9) Denumiți echipamentul personal de protecție?		
10) Discutați despre riscul de a lucra la înălțimi?		
11) Listați regulile de siguranță pentru sistemele cu baterii?		
12) Descrieți protecția împotriva supraîncărcării și a scurtcircuitului?		
13) Identificați, ce ar trebui să verifice revizuirea generală a instalațiilor CC?		
14) Discutați despre ce ar trebui verificat pe partea CA a sistemelor fotovoltaice?		
15) Discutați despre ce ar trebui verificat pe partea CC a sistemelor fotovoltaice?		
16) Discutați despre protecția la supracurent a instalației CC?		
17) Denumiți parametrii care ar trebui monitorizați?		
18) Discutați despre măsurarea parametrilor electrici ai sistemului PV?		
19) Discutați despre necesitatea monitorizării sistemelor fotovoltaice?		
20) Discutați frecvența de eșantionare?		
21) Denumiți erori frecvente în timpul asamblării și configurației panourilor?		
22) Dezactivați defecțiunile izolației?		
23) Discutați erorile privind instalarea cutiilor electrice și pozarea cablurilor?		
24) Listați erorile de instalare tipice legate de sistemele de fixare?		
25) Discutați despre posibilitățile de diagnosticare a "defectelor" comune în sistemele fotovoltaice?		
26) Efectuați o curbă normală, corectă I-V măsurată în condiții de intensitate stabilă a radiației?		
27) Discutați despre erorile legate de instalarea cutiilor electrice, a canalelor de cabluri și de dezinstalare?		
28) Listați motivele pantei abrupte a părții "orizontale" a curbei?		
29) Discutați măsurarea tensiunii circuitului deschis?		
30) Descrieți testul diodei bloc?		
31) Discutați procedura de testare a izolației umede?		
32) Specificați standardul pe baza căruia este verificat periodic sistemul PV?		
33) Indicați standardul care descrie domeniul de aplicare al informațiilor care ar trebui incluse în raportul de acceptare sau în rapoartele după verificările periodice?		
34) Descrieți o imagine generală a instalațiilor CC?		
35) Discutați despre controlul protecției împotriva efectelor descărcărilor și supratensiunilor atmosferice?		
36) Descrieți ceea ce este definit în standardul IEC60364-9-1?		

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

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

7. GLOSAR

English	Română
Ampere Hour	Amper oră
Array	Vector
Balance-of-system (BOS)	Balanța sistemului (BOS)
Battery	Baterie
Battery bank	Set de baterii
Blocking Diode	Blocarea diodei
Bypass diode	Diodă bypass
Clamp-on ammeter	Ampermetru cu fixare
Conversion Efficiency	Eficiența conversiei
Current-voltage	Curent-tensiune
Depth of discharge	Adâncimea descărcării
Diffuse Irradiance	Radiație difuză
Diode	Diodă
Direct-current (CC)	Curent continuu (CC)
Direct Normal Irradiance (DNI)	Radiație direct normală (DNI)
Distributed system	Sistem distribuit
Earthing system	Împământare
Electric Current	Curent electric
Electrolyte	Electrolit
Encapsulation	Încapsulare
Equipotential Zone	Zona echipotențială
Filling Factor	Factorul de umplere
Fixed Tilt Array	Unitate de înclinare
Fuse	Siguranță
Global Horizontal Irradiance	Radiație orizontală
Global In-Plane Irradiance	Radiație în plan
Grid	Sistem
Grid-connected system	Sistem conectat la rețea
Grounding conductor	Conductor de împământare
Grounding system	Sistem de împământare
Hot spot	Punct fierbinte
Hybrid System	Sistem hibrid
Inclinometer	Măsoară înclinația
Inverter	Invertor
Irradiance	Radiație solară
Islanding	Izolare
Isolating transformer	Transformator izolator
Junction Box	Cutie de distribuție
Kilowatt hour	Kilowatt oră
Mismatch losses	Scăderea pierderilor
MPP Regulator	Regulator MPP
Multimeter	Multimetru
Nominal Voltage	Tensiune nominală
One-axis tracking	Urmărirea pe o axă
Open circuit voltage	Tensiunea circuitului deschis

Parallel connection	Conexiune paralelă
Peak (Maximum) Power Point (MPP)	Vârf de putere (maxim) (MPP)
Performance ratio	Rata de performanță
Personal Protective Equipment (PPE)	Echipament de protecție personală (PPE)
Protective earthing	Protecție la împământare
PV array	Panoul PV
PV effect	Efect PV
PV Module	Modul PV
Pyronometer	Pironometru
Regulator	Regulator
Safety plan	Plan de siguranță
Semiconductor	Semiconductor
Series connection	Conexiune serială
Series controller	Controler serial
Shunt Controller	Controler de shunt
Silicon	Siliciu
Stand-alone PV system	Sistem PV autonom
Standard test conditions (STC)	Condițiile standard de testare (STC)
Stratification	Stratificare
String	Șir
Sulfation	Sulfatare
Thermomagnetic switch	Comutator termomagnetic
Tracking system	Sistem de urmărire
Volt (V)	Volt (V)
Voltage	Voltaaj
Watt (W)	Watt (W)



8. BIBLIOGRAFIE

1. EC61724 Photovoltaic system performance monitoring – Guidelines for measurement, data exchange and analysis.
2. European Commission 6th Framework Programme (IP Performance): Monitoring guidelines for photovoltaic systems.
3. IEC 60904-2: Photovoltaic devices – Part 2: Requirements for reference solar devices.
4. IEC 60904-6: Photovoltaic devices – Part 6: Requirements for reference solar modules.
5. IEC 61215: Crystalline silicon terrestrial photovoltaic (PV) modules – Design qualification and type approval.
6. IEC 61829: Crystalline silicon photovoltaic (PV) array – On-site measurement of I-V characteristics.
7. NMI M 6-1 Electricity Meters Part 1: Metrological and Technical Requirements.
8. WMO, No. 8: Guide to meteorological Instruments and Methods of Observation: (CIMO guide).
9. PN-IEC 60364-3:2000 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych – Ustalanie ogólnych charakterystyk.
10. PN-IEC 60364-5-523:2001 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych – Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego – Obciążalność prądowa długotrwała przewodów.
11. PN-HD 60364-5-51:2011 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych – Część 5-51: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego – Postanowienia ogólne.
12. PN-IEC 60364-5-52:2002 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych – Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego – Oprzewodowanie.
13. PN-HD 60364-5-52:2011 Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 5-52: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego.
14. PN-IEC 60364-5-53:2000 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych – Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego – Aparatura rozdzielcza i sterownicza.
15. PN-HD 60364-5-54:2010 Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 5-54: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego – Uziemienia, przewody ochronne i przewody połączeń ochronnych.
16. PN-HD 60364-5-56:2010 Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 5-56: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego – Instalacje bezpieczeństwa.
17. PN-HD 60364-5-534:2009 Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 5-53: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego – Odłączanie izolacyjne, łączenie i sterowanie – Sekcja 534: Urządzenia do ochrony przed przepięciami.
18. PN-IEC 60364-5-537:1999 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych – Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego – Aparatura rozdzielcza i sterownicza – Urządzenia do odłączania izolacyjnego i łączenia.
19. PN-HD 60364-6:2008 Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 6: Sprawdzanie.
20. PN-HD 60364-7-712:2007 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych – Część 7-712: Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji – Fotowoltaiczne (PV) układy zasilania
21. IEC 60364-9-1 wymagania przy montażu, projektowaniu i w zakresie bezpieczeństwa systemów fotowoltaicznych (PV).
22. PN-IEC 60755 Różnicowoprądowe urządzenia ochronne.
23. IEC 61730 Kwalifikacja bezpieczeństwa modułów PV.

24. PN-EN 50272-2:2007 Wymagania dotyczące bezpieczeństwa baterii wtórnych i instalacji baterii – Część 2: Baterie stacjonarne.
25. PN-EN 62305-1 do 4 Ochrona odgromowa.
26. PVTRIN Handbook for Solar Installers.

Electronic sources

1. Instalarea sistemelor fotovoltaice, Aspecte practice pentru instalatori
<http://pvtrin.eu/assets/media/PDF/Publications/Informational%20Material/Installing%20PV-Practical%20guide/68.pdf>
2. Manualul Instalatorilor pentru Sisteme Fotovoltaice Solare <http://www.abmee.ro/wp-content/uploads/2017/02/PVTRIN-Manualul-Instalatorului.pdf>
3. Soluții PV în România, http://www.worldkeyenergy.com/ro2/pdf/WKE_RO.pdf
4. <http://free-energy-monitor.com/index.php/energy/fotovoltaice>
5. <https://www.electro-point.ro/solar-point-energy>



