



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.U2. Instalarea 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.
PROIECTAREA, INSTALAREA, MODERNIZAREA ȘI
ÎNTREȚINEREA SISTEMELOR FOTOVOLTAICE

M2.U2. Instalarea sistemelor fotovoltaice

GHID
PENTRU FORMATOR ȘI CURSANT

Curs: Formator pentru sisteme fotovoltaice

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

M2.U2. Instalarea sistemelor fotovoltaice

Ghid pentru formator și cursant

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 Koziel

Editor:

Bożena Mazur

Corector:

Emilia Pechenau
Adina Cocu

Ghidul constituie material didactic pentru modulul **M2.U2. Instalarea sistemelor fotovoltaice** included in the module **M2. Proiectarea, instalarea, modernizarea și întreținerea sistemelor fotovoltaice** conținute în cursul pentru **Formator pentru sisteme fotovoltaice**.

CUPRINS

1. INTRODUCERE	1
2. CERINȚE.....	3
3. REZULTATELE ÎNVĂȚĂRII.....	4
4. MATERIAL EDUCAȚIONAL.....	5
4.1. Sănătatea și securitatea în muncă	5
4.2. Planificarea lucrării	10
4.3. Unelte și echipamente pentru instalarea sistemelor PV	15
4.4. Principii practice pentru instalarea modulelor, selecția și dimensionarea cablurilor	18
4.5. Pregătirea și pornirea sistemului PV	27
4.6. Conectarea bateriilor la sistemul PV	32
4.7. Protecția instalațiilor fotovoltaice împotriva supratensiunii	39
4.8. Protecția împotriva fulgerelor și instalarea împământării.....	46
4.9. Reguli pentru instalarea sistemelor solare	53
4.10. Erori tipice de instalare	59
4.11. Condițiile de conectare și documentația tehnică a instalației.....	64
4.12. Estimare, ofertă, contract pentru instalarea de dispozitive și sisteme solare.....	69
5. EXERCIȚII	76
5.1. Sănătatea și securitatea în muncă	76
5.2. Planificarea lucrării	77
5.3. Unelte și echipamente pentru instalarea sistemelor PV	78
5.4. Principii practice pentru instalarea modulelor, selecția și dimensionarea firelor și cablurilor	78
5.5. Pregătirea și pornirea sistemului PV	78
5.6. Conectarea bateriilor la sistemul PV	79
5.7. Protecția instalațiilor fotovoltaice împotriva supratensiunii	80
5.8. Protecția împotriva fulgerelor și instalarea împământării.....	81
5.9. Reguli pentru instalarea sistemelor solare	81
5.10. Erori tipice de instalare	82
5.11. Condițiile de conectare și documentația tehnică a instalației.....	83
5.12. Estimare, ofertă, contract pentru instalarea de dispozitive și sisteme solare.....	83
6. TEST DE PROGRES.....	85
7. GLOSAR	87
8. BIBLIOGRAFIE	88

1. INTRODUCERE

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

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

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

Actualul document conține materiale dezvoltate pentru unitatea modulară **M2.U2. Instalarea sistemelor fotovoltaice** inclusă în modulul **M2. Proiectarea, instalarea, modernizarea și întreținerea sistemelor fotovoltaice**.

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

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

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

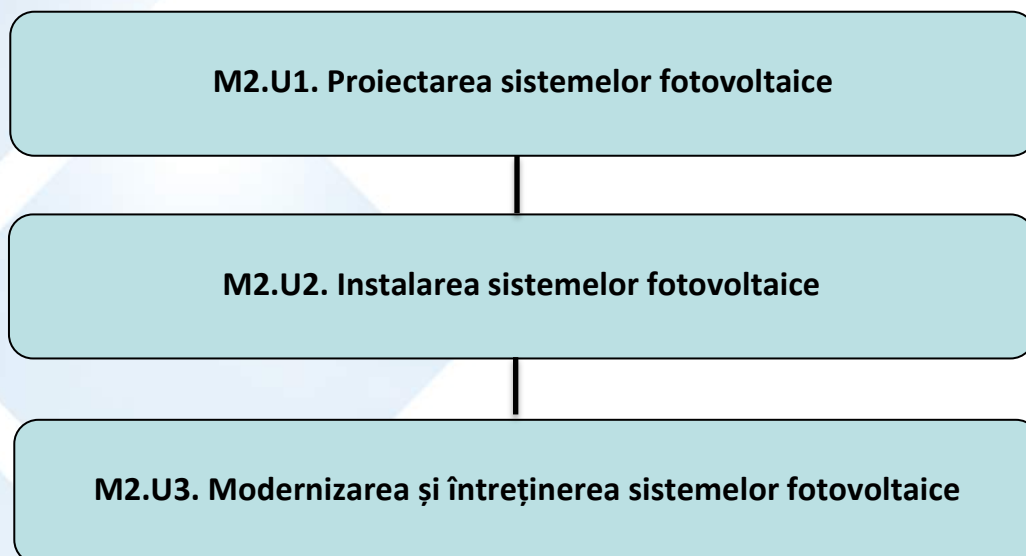
Promovarea testului constituie baza pentru absolvirea modului.

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

Ghidul a fost elaborat în cadrul proiectului "**Calificare pentru formatori în sisteme fotovoltaice (EU-PV-Trainer)**", cofinanțat de Uniunea Europeană în cadrul programului

Erasmus+ Cooperarea pentru inovare și schimbul de bune practici, Parteneriatul strategic pentru educația și formarea profesională.

Materialule 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
	Total:	64

2. CERINȚE

Înainte de parcurgerea capitolului **M2.U2. Instalarea sistemelor fotovoltaice** inclus 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.U2. Instalarea sistemelor fotovoltaice	
Cunoștințe (știe și înțelege)	Abilități (este capabil să)
– Regulamentele de sănătate și siguranță pentru instalarea sistemelor. – Planul de instalare. – Unelte și echipamente pentru instalarea sistemelor fotovoltaice. – Principii practice de montare, selectare și dimensionare a modulelor și a cablurilor. – Reguli pentru configurarea și funcționarea sistemelor fotovoltaice. – Utilizarea bateriilor cu sistemele fotovoltaice. – Protecția la supratensiuni în instalațiile fotovoltaice. – Instalarea de protecție împotriva trăsnetului și de împământare. – Reguli de instalare pentru sistemele fotovoltaice. – Erori tipice de instalare a ansamblului. – Condițiile de colectare și documentația tehnică a instalației. – Estimarea, oferta, contractul de instalare a dispozitivelor și sistemelor fotovoltaice.	– Aplică reguli de sănătate și siguranță la instalarea PV și le poate transmite participanților la formare. – Efectuează planul de instalare. – Folosește unelte și echipamente pentru asamblare. – Evaluează calitatea materialelor utilizate și a lucrărilor efectuate. – Instalează module, selectează fire și cabluri în conformitate cu documentația de proiectare. – Configurează și rulează sisteme fotovoltaice. – Selectarea și instalarea dispozitivelor de protecție la supratensiune în instalațiile fotovoltaice. – Selectarea și asamblarea elementelor de protecție la trăsnet și a elementelor de împământare. – Instalarea sistemelor fotovoltaice. – Detectarea și analiza erorilor tipice ale ansamblului de instalare. – Dezvoltarea documentației unei instalații fotovoltaice. – Efectuează măsurători ale lucrărilor legate de asamblarea sistemelor fotovoltaice. – Pregătește estimări ale costurilor, oferte și acorduri privind instalarea dispozitivelor și sistemelor fotovoltaice.
Competențe sociale	
– Finalizează activitatea în funcție de criteriile de adecvare, viteză, economie și eficiență. – Recunoaște procesul de producție al organizației. – Respectă standardele de producție stabilite de organizație. – Menține zona de lucru în ordine și curățenie. – Participă și colaborează activ în echipa de lucru. – Interpretează și execută instrucțiunile de lucru.	

4. MATERIAL EDUCAȚIONAL

4.1. Sănătatea și securitatea în muncă

Reglementările privind sănătatea și securitatea ocupațională în timpul instalării sistemului fotovoltaic, trebuie să țină cont de:

- performanța activităților specifice job-ului,
- performanța lucrărilor la înălțime.

O atenție deosebită trebuie acordată posibilității apariției ambelor riscuri în același timp. Instalatorii care efectuează lucrări de asamblare pe acoperișurile clădirilor trebuie să aibă permisiuni care să le asigure dreptul să lucreze la înălțime, să fie echipați cu echipamente speciale care să-i protejeze împotriva căderii de la înălțime și a electrocutării.

Lucrările trebuie executate cu atenție, cu utilizarea materialelor selectate în mod corespunzător și a sistemelor de asamblare, pentru a asigura funcționarea îndelungată și fără defecte a sistemului fotovoltaic.

Activități de bază înainte de începerea lucrului

Înainte de începerea lucrului, trebuie efectuate următoarele activități:

- citirea documentației și planificarea etapelor de lucru,
- pregătirea sculelor necesare, cu mânere izolate, care protejează împotriva electrocutării,
- pregătirea panourilor de avertizare necesare,
- pregătirea echipamentelor de măsură necesare și a echipamentului de izolare necesar, cum ar fi mănuși dielectrice, protejarea împotriva consecințelor atingerii accidentale a două fire cu potențial diferit (controlate la fiecare 6 luni), pantofi izolați, covoare izolatoare, platforme izolatoare și ochelari de protecție.

Lucrări mecanice

Construirea corectă a structurii de susținere constituie prima operațiune în timpul instalării modulului fotovoltaic. Structura de susținere trebuie selectată corespunzător tipului de instalare. Cu toate acestea, indiferent dacă această instalare are loc la sol, pe acoperiș sau ca BIPV pe fațadă, structura trebuie să respecte standardele tehnice specifice.



Fig. 1. Instalarea structurii mecanice pentru sistemul fotovoltaic la sol

Sursa: <https://solarprofessional.com/articles/products-equipment/racking/ground-mount-pv-racking-systems#.W7uZynszapo>, (accesat: 20 Septembrie 2018).

Apoi, modulele fotovoltaice trebuie să fie fixate pe structura de susținere în ordinea planificată, folosind elemente de asamblare atestate, originale, ale unui producător dat și utilizând instrumentele și dispozitivele recomandate în manual. Cu excepția instalării pe teren, alte metode de instalare constituie lucrările la înălțime. Există o serie de prevederi și recomandări privind modul de realizare a acestor lucrări.



Fig. 2. Instalatorul de sisteme PV lucrează la o înălțime la instalarea modulului

Sursa: <http://theconversation.com/why-rooftop-solar-is-disruptive-to-utilities-and-the-grid-39032>, (accesat: 20 Septembrie 2018).

Lucrări la înălțime

Fac parte din categoria lucrărilor deosebit de periculoase, deoarece o cădere de la înălțime este adesea o cauză a accidentelor grave sau fatale.

Se estimează că astfel de accidente sunt motivul a peste 30% din totalul accidentelor la locul de muncă. Prin urmare, în timpul lucrărilor de asamblare, efectuate deseori la înălțime, trebuie să se ia precauții excepționale din cauza nivelului ridicat de risc pentru viața și sănătatea personalului.

Lucrarea la înălțime înseamnă lucrul efectuat la cel puțin 1,0 m peste nivelul podelei sau al solului. Șinele de ancorare trebuie instalate la înălțimi de peste 1,0 m, unde angajații pot rămâne pentru montare sau pot construi pasaje.

Dacă, datorită tipului și condițiilor de execuție a lucrărilor la înălțime, este imposibilă aplicarea șinelor de ancorare, ar trebui utilizate alte măsuri eficiente pentru a proteja angajații de cădere de la înălțime, în funcție de tipul și condițiile de muncă. Lucrările la înălțime trebuie să fie organizate și executate astfel încât să nu forțeze un angajat să nu folosească șina de ancorare sau să nu se ancoreze de conturul suprafeței pe care se află.

La lucrările pe scări, acoperișuri, schele și alte platforme de până la 2 m trebuie să se asigure că scările, tije, schele, platformele și alte dispozitive sunt stabile și protejate de o schimbare neașteptată a amplasamentului și că au o rezistență adecvată la sarcină.



Fig. 3. Instalatorul de sisteme PV lucrează la înălțime

Sursa: <https://easi-dec.co.uk/products/solar-access-system>, (accesat: 20 Septembrie 2018).

La lucrările executate pe schele mai mari de 2m de la nivelul înconjurător al pardoselii sau în afara zonei și pe platformele portabile agățate, ar trebui:

- să se asigure siguranța în comunicarea verticală și accesul la locul de muncă,
- să se asigure stabilitatea schelei și rezistența la sarcina proiectată,
- înainte de începerea utilizării schelei, verificarea sa tehnică ar trebui să fie efectuată în conformitate cu prevederi speciale.

În timpul asamblării pieselor mecanice, calitatea operațiunilor efectuate ar trebui să fie controlată și verificată în mod continuu.

Lucrări electrice

După operațiunile legate de montajul structurii, trebuie să se înceapă efectuarea conexiunilor electrice, inclusiv conexiunile electrice între module, realizarea conexiunilor cablurilor la cutia de conexiuni, instalarea sistemului de protecție și, dacă este necesar, instalarea paratrăsnetului.

Modulul PV este cel care produce energie electrică.

Contactul cu componentele modulelor electrice active poate duce la explozii, scântei, ardere sau electrocutare. Modulul fotovoltaic produce tensiune când radiația solară sau alte surse luminează suprafața sa.

O bună practică este ca, în timpul montării, modulul să fie acoperit cu o husă pentru a-l izola de radiația solară pe durata instalării.



Fig. 4. Protecția modulului PV cu înclinare

Sursa: <http://securedsolar.com/why/>, (accesat: 20 Septembrie 2018).

Lucrările electrice care includ asamblarea instalațiilor fotovoltaice influențează performanța multor conexiuni electrice, atât în circuitele de curent continuu, cât și în circuitele de curent alternativ.

Lucrările pentru instalarea unui invertor și a unei centrale de distribuție și a unor protecții de curent alternativ se desfășoară pe o suprafață deschisă (instalații la sol și module pe acoperiș) și pe clădiri.

Lucrările electrice trebuie executate de un angajat adult, care a absolvit o școală profesională ca electrician, are calificări profesionale valabile, confirmate cu un certificat adecvat, are o stare bună de sănătate și a fost instruit în domeniul securității în muncă (Inspectoratul Teritorial de Muncă).

Instalatorul de sisteme fotovoltaice angajat pentru lucrări electrice trebuie să fie echipat cu haine de lucru adecvate, mănuși de protecție și seturi de unelte necesare.

Înainte de asamblare, trebuie verificat dacă nu este deteriorat niciun modul de instalat. Dacă se detectează defecțiuni, elementul sau componenta deteriorată trebuie înlocuită imediat cu piese originale sau pe garanție.



Fig. 5. Modul PV corect ambalat

Sursa: <http://sinovoltaics.com/solar-basics/basics-of-solar-panel-packaging/>, (accesat: 20 Septembrie 2018).

Montajul instalației de curent continuu

Instalarea modulelor fotovoltaice pe acoperiș trebuie realizată conform recomandărilor producătorilor de module, cabluri electrice și conexiuni.

Aceste lucrări ar trebui efectuate cu ajutorul instrumentelor recomandate de producători, în timp ce cablarea trebuie executată cu ajutorul unor instrumente de presare dedicate.



Fig. 6. Set de seturi de instrumente de presă pentru cabluri CC pentru instalații PV

Sursa: <http://www.solar-test-equipment.co.uk/knipex-mc4-tool-kit-24>, (accesat: 20 Septembrie 2018).

În timpul montării cablurilor, trebuie acordată o atenție deosebită protecției acestora împotriva deteriorărilor mecanice. În timp ce pregătiți canelurile și deschiderile din pereții clădirilor, trebuie să folosiți ochelari de protecție și mănuși.

Fiecare secțiune a instalației electrice trebuie să fie verificată în ceea ce privește specificațiile tehnice, în special corectitudinea electrică, cu ajutorul indicatorilor sau al aparatelor de măsură.

Montajul instalației de curent alternativ

În instalațiile casnice și în instalațiile de fațadă integrate în clădire, partea de curent alternativ este amplasată în interiorul clădirii. În cazul instalațiilor la sol, instalațiile de curent alternativ pot fi pe teren deschis sau într-o clădire. În acest caz, trebuie să aveți grijă deosebită în timpul montării la forma terenului și la condițiile atmosferice.

Se recomandă ca toate lucrările de exterior legate de pozarea și conectarea elementelor instalației electrice să fie efectuate atunci când nu plouă și umiditatea este redusă sau limitată.

Montarea instalației CA cuprinde instalarea unui invertor, a cablului principal CA de la invertor la tabloul de distribuție, protecția și conectarea la rețeaua electrică din tabloul de distribuție. Aceste activități ar trebui să se desfășoare în conformitate cu recomandările producătorilor.

Dacă se detectează o deteriorare a instalației în timpul funcționării, alimentarea cu energie electrică trebuie să fie oprită și instalația deconectată (pentru partea de CC singura soluție eficientă este acoperirea modulelor), în timp ce pentru instalația de CA, circuitul fotovoltaic ar trebui să fie oprit comutatorul principal CC și partea de CA – cu comutatorul CA principal din tabloul de distribuție.

În caz de electrocutare, fiecare instalator ar trebui să știe și să poată aplica principiile de salvare ale persoanelor electrocutate.

În acest caz, trebuie efectuate următoarele activități:

- îndepărtarea persoanei electrocutate de locul accidentului, cât mai curând posibil,
- realizarea respirației artificiale (neîntrerupt până la sosirea medicului),
- administrarea primului ajutor,
- chemarea imediată a medicului.

Principalele cauze ale incendiilor

În instalația fotovoltaică, cauzele de incendiu apar, de obicei, în circuitul de curent continuu (în special în cele situate pe acoperișul clădirii) și în partea CA din invertor sau în tabloul principal.

În partea CC, avem de obicei de a face cu aprinderea cauzată de deteriorarea cablului sau a conexiunii.

Dacă se creează un arc electric, apare foc deschis, iar materialul de acoperiș se aprinde.



Fig. 7. Incendiu la generatorul fotovoltaic

Sursa: <http://www.greenworldinvestor.com/wp-content/uploads/2016/06/PV-on-fire.jpg>, (accesat: 20 Septembrie 2018).

Un alt motiv este constituit din micro-daune ale modulelor fotovoltaice în timpul funcționării lor sau în stadiul de producție sau transport – neobservate de către instalator. În locurile în care se produc aceste pagube, apar punctele fierbinți, unde temperatura este suficient de mare pentru a provoca apariția focului deschis pe acoperiș.

În ceea ce privește partea CA, cele mai frecvente cauze ale incendiilor includ o selecție necorespunzătoare a invertorului și deteriorarea acestuia în timpul funcționării, selectarea necorespunzătoare și asamblarea cablurilor de curent alternativ, precum și selectarea necorespunzătoare a protecțiilor.

Acest tip de situații este cauzat, de obicei, de lipsa controlului inițial al componentelor aplicate pentru instalare, de realizarea incompetentă a lucrărilor de asamblare, de tăierea accidentală a firelor. Acest tip de situații este cauzat, de obicei, de efectuarea necorespunzătoare a lucrărilor de montaj de către instalatori.

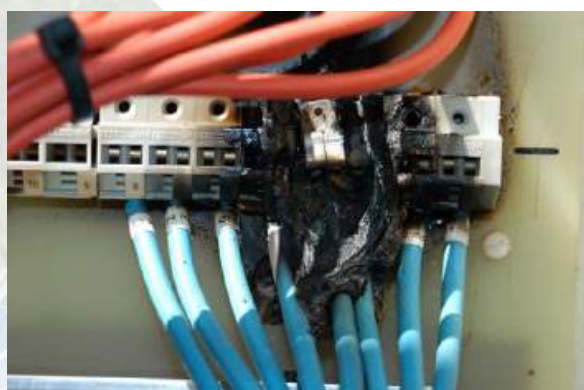


Fig. 8. Incendiu în instalația CA

Sursa: https://www.researchgate.net/publication/254027370_Fault_analysis_in_solar_PV_arrays_under_Low_irradiance_conditions_and_reverse_connections, (accesat: 20 Septembrie 2018).

4.2. Planificarea lucrării

Orice lucrări la ansamblul sistemelor fotovoltaice trebuie planificate în detaliu. Un proiect bun și verificarea dispozitivelor asamblate trebuie să permită evitarea unei confuzii inutile în timpul instalării, să reducă timpul de asamblare și numărul de situații neașteptate.

Unele elemente pot necesita instalarea în carcase rezistente la condițiile atmosferice. Instalatorul ar trebui să estimeze, în stadiul inițial de planificare, dimensiunea spațiului necesar pentru instalarea tuturor componentelor obligatorii.

Montajul începe cu fixarea structurilor de susținere și apoi a modulelor fotovoltaice, împreună cu cablurile și protecția CC. În următoarea etapă se trece la asamblarea invertoarelor, cablurilor din partea de curent alternativ și protecția de curent alternativ.

Dacă este necesar se instalează paratrăsnetul.

După terminarea tuturor lucrărilor de instalare, instalatorul efectuează o pornire inițială a sistemului, ținând cont de secvența de activare a circuitelor. În primul rând este pornit circuitul de curent continuu și apoi circuitul de curent alternativ.

Instalația fotovoltaică ar trebui să fie oprită în ordinea inversă, adică mai întâi se oprește circuitul de curent alternativ din rețea și apoi cel de curent continuu.

În timpul pregătirii pentru punerea în funcțiune a sistemului, se efectuează operații de reglementare în invertoare, regulatoare de tensiune sau încărcătoare de baterii.

După terminarea operațiunilor de punere în funcțiune, instalatorul ar trebui să instruiască utilizatorul despre funcționarea sistemului fotovoltaic.



Fig. 1. Etapele instalării sistemului PV

Sursa: proprie

ETAPA I – Activități prealabile instalării

Graficul din figura 1 prezintă activități specifice de pre-instalare.



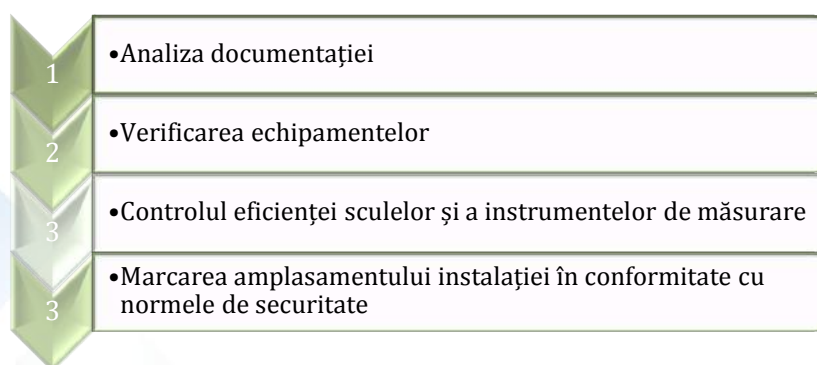


Fig. 2. Activități prelabile instalării

Sursa: proprie

Analiza documentației

Documentația livrată echipei de instalare trebuie verificată cu privire la aspectele formale, adică dacă include toate informațiile necesare pentru lucrările de instalare, dacă este realizată și aprobată de persoane autorizate.

Acreditarea proiectanților instalațiilor electrice din industria construcțiilor se acordă în fiecare țară UE în conformitate cu reglementările interne.

În plus, trebuie verificat caracterul complet al componentelor electrice și mecanice. Doar documentația corect pregătită ar trebui să permită instalarea sistemului în conformitate cu bunele practici de construcție.

Verificarea echipamentelor

Controlul livrării reprezintă următorul pas. Când efectuați o achiziție pe cont propriu sau în timpul livrării trebuie verificate, calitativ și cantitativ, toate detaliile. Acest lucru va permite evitarea eventualelor litigii posibile cu furnizorii de echipamente. O atenție deosebită trebuie acordată calității modulelor fotovoltaice, deoarece calitatea dă siguranță utilizatorilor și eficiența sistemului.

Controlul eficienței sculelor și a instrumentelor de măsurare

În timpul executării lucrărilor de instalare electrică, în special la înălțime, trebuie să se acorde o atenție deosebită folosirii instrumentelor de măsurare corespunzătoare (contoare de tensiune, curent, izolație, etc.), scărilor, echipamentelor de protecție individuală, hainelor de lucru.

Controlul detaliat trebuie să fie eficient, certificatele trebuie să fie valabile astfel încât să asigure corectitudinea lucrărilor efectuate și siguranța necesară a instalatorilor în timpul lucrărilor și a utilizatorilor după lansarea întregului sistem.

Marcarea amplasamentului instalației în conformitate cu normele de securitate

Deoarece majoritatea lucrărilor efectuate în timpul instalării sistemelor fotovoltaice au loc pe teren, în aer liber, în conformitate cu prevederile aplicabile, site-ul de instalare trebuie să fie împrejmuit și marcat în mod clar și fără ambiguități. Acest lucru va permite evitarea apariției terților într-o zonă de risc și va minimiza riscul unui accident.

ETAPA II – Operațiuni de instalare

Graficul de mai jos prezintă operații specifice în timpul instalării

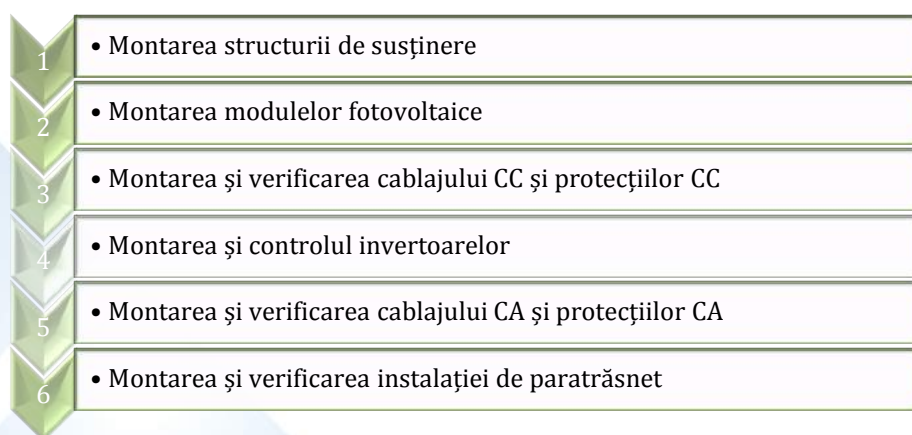


Fig. 3. Pași suplimentari de instalare

Sursa: proprie.

Montarea structurii de susținere

După efectuarea activităților inițiale menționate mai sus, instalarea continuă cu amenajarea structurii de susținere. Indiferent dacă instalarea se face pe sol, pe acoperiș sau integrată cu clădirea, structura de susținere trebuie să fie executată conform documentației.

Ar trebui să se procedeze conform recomandărilor producătorilor acestor sisteme, folosind instrumentele recomandate și dispozitivele de măsurare necesare pentru realizarea acestor lucrări.

După finalizarea lor, trebuie controlată corectitudinea montajului.

Montarea modulelor fotovoltaice

Modulele fotovoltaice constituie un element cheie de care depinde siguranța și eficiența generatorului fotovoltaic. Înainte de începerea operațiunilor de instalare, trebuie efectuată o inspecție vizuală a fiecărui modul pentru a detecta posibilele nereguli (etanșeitatea cadrului, netezimea sticlei, instalarea corectă a cutiei CC și a cablurilor și conectorilor integrați). Montajul fiecărui modul trebuie să fie verificat în ceea ce privește durabilitatea acestuia, dacă firele nu sunt îndoit accidental în structura de susținere, precum trebuie verificate și distanțele critice (de exemplu, distanța de la marginea acoperișului, înălțimea față de planul acoperișului). Este important ca aceste module să fie asamblate într-un singur plan.

Montarea și controlul cablajului CC și protecțiilor CC

Cablurile de curent continuu trebuie instalate în conformitate cu principiile de bază. Cablul de curent continuu trebuie să fie verificat în permanență în ceea ce privește calitatea, chiar dacă nu s-au făcut tăieturi la instalare și nici nu s-au îndoit cablurile. În plus, conectorii CC și caseta de conectare CC trebuie controlate în ceea ce privește calitatea.

Instalarea trebuie să fie realizată în conformitate cu specificațiile producătorului, în funcție de traseele stabilite ale cablului, cu utilizarea instrumentelor dedicate și a dispozitivelor standard de lipire. Aceste activități, deși par a fi simple, necesită o atenție deosebită, deoarece realizarea necorespunzătoare sporește riscul de deteriorare a instalației și, cu siguranță, constituie motivul unei eficiențe reduse, generând pierderi de putere la rezistențele cablurilor care sunt mari.

După asamblarea întregului generator fotovoltaic, este necesară verificarea corectitudinii montajului mecanic și verificarea acestuia în ceea ce privește specificațiile electrice.

Montarea și controlul invertoarelor

Montarea circuitului de curent alternativ trebuie să înceapă cu instalarea invertorului (invertoarelor).

În mod normal, se verifică completitudinea și calitatea livrării. Apoi, folosind instrumentele dedicate ale producătorului, se montează în locul proiectat, conform recomandărilor producătorului. Locul perfect pentru instalarea invertorului trebuie să fie răcit, uscat, fără praf și amplasat lângă modulele fotovoltaice, cutia de comandă și baterii.

Poate fi amplasat pe structura de susținere, în tabloul de distribuție sau pe perete. În fiecare dintre aceste cazuri, instalarea trebuie să fie sigură și să asigure o ventilație corespunzătoare a dispozitivului. După verificarea corectitudinii montajului, în continuare se efectuează programarea dispozitivului, ajustările specifice ale parametrilor electrici necesari pentru funcționarea corectă a întregii instalații.

Montarea și verificarea cablajului CA și al protecției CA

După verificarea funcționării corecte a instalației, se trece la montarea cablajului de curent alternativ. La fel ca în cazul circuitului de curent continuu, firele de curent alternativ ar trebui să fie instalate în conformitate cu principiile de bază, în timp ce firul de curent alternativ trebuie să fie verificat în permanență în ceea ce privește calitatea. Montarea protecțiilor instalației de CA trebuie efectuată după un control al calității.

Montarea și verificarea instalației de paratrăsnet

Dacă există riscul apariției trăsnetului, atunci se instalează un paratrăsnet.

Deoarece majoritatea instalațiilor mici se montează pe acoperișuri, asamblarea se face standard. Paratrăsnetul este montat cu distanțiere standard. Numărul lor va depăși în mod semnificativ numărul necesar calculat cu metoda tensiunii.

În pereți și pe acoperișuri plate se folosesc șine de prindere și dopuri. În cazul acoperișurilor plate acoperite cu membrană bituminoasă, șinele sunt lipite cu adeziv pe bază de smolă sau silicon.

În cazul în care acoperișul este din țiglă, se folosesc elemente de prindere (cleme demijohn) fixate prin dibluri sau prin lipire. Există, de asemenea, șine lipite pe plăcile ceramice cu ajutorul cleiurilor pe bază de apă.

ETAPA III – Operațiuni post-instalare

Lucrările finale din procesul de instalare a sistemului fotovoltaic sunt prezentate în schema de mai jos.

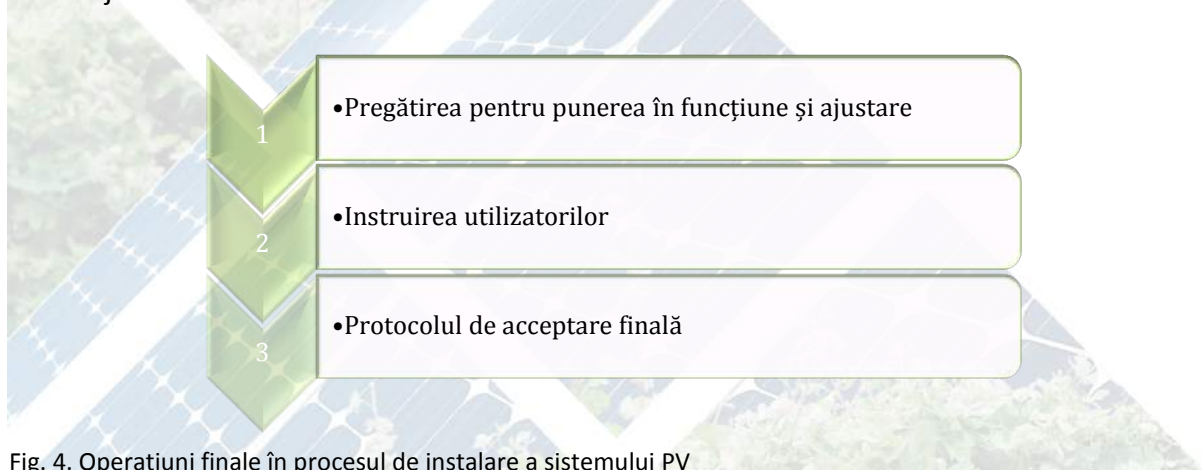


Fig. 4. Operațiuni finale în procesul de instalare a sistemului PV

Sursa: proprie.

Pregătirea pentru punerea în funcțiune și ajustare

După construirea întregii instalații, se pregătește instalația pentru punerea în funcțiune și apoi se efectuează ajustarea necesară pentru a se obține eficiența proiectată a sistemului. Datorită naturii acestor lucrări, acestea trebuie efectuate atât în zilele însorite, cât și în timpul nopții, verificând astfel funcționarea sistemului în diferite condiții atmosferice.

Instruirea utilizatorilor și protocolul de acceptare

La sfârșitul instalării, se efectuează instruirea utilizatorilor (cu referire în special la interfața cu utilizatorul și la aplicația asociată acesteia, dacă este cazul). Este o parte foarte importantă a întregului proces, deoarece, datorită instruirii adecvate, utilizatorul nu numai că se familiarizează cu principiile cheie de funcționare, ci își confirmă încrederea în compania care a făcut montajul și o poate recomanda.

În plus, sunt enumerate posibilele alarme care pot apărea în timpul funcționării sistemului și pașii care ar trebui făcuți când apar.

Etapa finală a activității de instalare constă în pregătirea și semnarea protocolului de acceptare a instalației cu investitorul.

4.3. Unelte și echipamente pentru instalarea sistemelor PV

În timpul montării sistemului fotovoltaic, instalatorul ar trebui să aibă la dispoziție unelte specifice care să faciliteze asamblarea structurii de susținere și a modulelor fotovoltaice. Ar trebui să se acorde o atenție deosebită instrumentelor și pregătirii materialelor necesare pentru instalarea cablului CC. Circuitele electrice CC sunt expuse condițiilor atmosferice pe întreaga perioadă de utilizare a instalației. Conexiunea, pozarea și fixarea firelor și cablurilor, strângerea conectorilor CC trebuie efectuate cu atenție. Nu se introduce nicio substanță chimică la conectorii de curent continuu, deoarece poate provoca coroziunea rapidă a materialelor din care sunt realizate îmbinările conectorilor.

În funcție de tipul de instalare și de distribuția elementelor sale, partea CA poate fi realizată în aer liber sau în interior. În fiecare caz, dispozițiile specificațiile instalației de CA trebuie să fie respectate în mod absolut, în timp ce în cazul instalațiilor în exterior trebuie folosite materiale rezistente la condițiile atmosferice. După efectuarea lucrărilor legate de cablare, instalatorul trebuie să efectueze măsurători care să verifice starea întregii instalații fotovoltaice.

Unelte pentru montarea structurii de susținere

Structura de susținere constituie un element portant pentru întreaga instalație. Din punct de vedere mecanic, acesta constituie un element intermediar între cota zero (poate fi sol, suprafața acoperișului sau fațada clădirii) și modulele fotovoltaice. Pe ambele părți, trebuie asigurată conectarea mecanică sigură și durabilă a tuturor elementelor de prindere. Această structură trebuie să fie construită cu ajutorul mașinilor și dispozitivelor specifice – excavator mic, dispozitiv de strângere, buldozer pe șenile pentru a echilibra denivelarea solului. Pentru stabilitate, este necesar să se toarne fundații în care să fie încastrați stâlpii de sprijin.



Fig. 1. Dispozitiv pentru realizarea pilonilor fundației

Sursa: <https://solarprofessional.com/articles/design-installation/utility-scale-pv-ground-mount-racking-solutions/page/0/1#.W7z-P3szapo>, (access: 20 September 2018).

Mai mult decât atât, pentru toate tipurile de structuri de susținere, sunt necesare chei pentru șuruburi, scări pentru schele, nivelă și echipamente de protecție personală.

Unelte și instrumente pentru asamblarea modulelor fotovoltaice

Setul de chei simple (uneori este de ajuns unul singur), șurubelnița electrică, ruleta, creionul. De asemenea, numărul mic de unelte este util la lucrul la înălțime și în pantă.



Fig. 2. Set de seturi de asamblare

Sursa: <https://www.solaris-shop.com/blog/essential-tools-for-solar-installations/>, (accesat: 20 Septembrie 2018).

Instrumente pentru asamblarea cablajului CC al instalației fotovoltaice

Sunt necesare o ruletă, un creion pentru a determina dimensiunile și locul elementelor de prindere și a traseului cablului, un instrument adecvat pentru îndepărtarea izolației și înnădirea cablurilor.

Majoritatea producătorilor de conectori fotovoltaici pe partea CC oferă montatorilor seturi de scule profesionale care permit realizarea conexiunilor cu rezistență minimă și asigură etanșeitatea, chiar și la nivelul IP68. Este foarte important, deoarece aceste fire funcționează pe tot parcursul anului în aer liber, în diferite condiții atmosferice, adesea în medii umede.



Fig. 3. Set de unelte pentru conectori fotovoltaici

Sursa: <http://www.lensunsolar.com/Lensun-MC3-MC4-Solar-Crimping-Tools-Solar-PV-Tool-Kits,Crimper-Stripper-cutter-spanners>, (access: 20 September 2018).

Unelte pentru asamblarea invertoarelor fotovoltaice

Invertoarele fotovoltaice, în funcție de puterea maximă procesată, sunt grele. În plus, în ciuda eficienței lor ridicate, pierderile generate în timpul funcționării lor necesită o disipare eficientă a căldurii prin sistemul radiatorului. Fiecare producător specifică în manual un model pentru găurile din perete.

Pentru a monta elementele de prindere ale inverterului se folosesc bormașina cu burghie potrivite și setul de chei (șurubelnișa electrică). Pentru a conecta partea electrică, sunt necesare dispozitive de măsură (tensiune, curent, rezistență).

Instrumente pentru asamblarea cablajului CA al instalației PV

Instalația CA poate fi efectuată cu ajutorul dispozitivelor de măsurare aplicate ansamblului inverterului, în timp ce căile de ghidare a cablurilor, îndepărtarea izolației firului pentru conectare necesită bormașina, șurubelnița electrică (setul de chei).

Sunt necesare unelte pentru a determina lungimea cablului, pentru marcarea punctelor de fixare a cablului.



Fig. 4. Seturi de unelte pentru lucru la instalarea CA

Sursa: <https://www.wihatools.com/insulated-slimline-blade-19pc-set>, <http://www.imtechie.in/best-drilling-machine-reviews/>, (accesat: 20 Septembrie 2018).

Dispozitive de măsurare

După terminarea montării instalației fotovoltaice și a procesului de configurare și reglare a sistemului, ar trebui efectuate măsurători finale ale întregii instalații.

Măsurătorile electrice trebuie efectuate cu ajutorul dispozitivelor de măsurare pentru tensiune, curent și rezistență. Este necesar un dispozitiv pentru controlul rezistenței de împământare.



Fig. 5. Set de dispozitive pentru măsurarea instalației fotovoltaice

Sursa: <https://www.benning.de/products-en/testing-measuring-and-safety-equipment/measuring-devices-for-photovoltaic/photovoltaic-tester-benning-pv-1-1.html>, (accesat: 20 Septembrie 2018).

Dacă este necesar să se determine cu precizie întreaga capacitate a sistemului, atunci este nevoie să se determine radiația solară. Această măsurătoare necesită utilizarea unui piranometru – un instrument pentru măsurarea radiației totale din atmosferă, produsă prin reflexie și difuzie, de obicei în întregul spectru al radiației. Măsurarea selectivă a intervalelor de radiații este posibilă prin aplicarea unor filtre.



Fig. 6. Piranometru

Sursa: <https://www.test-therm.pl/katalog-produktow/meteorologia/pyranometry-promieniowanie-calkowite-rozproszone-i-odbite/lp-pyra-12>, (accesat: 20 Septembrie 2018).

4.4. Principii practice pentru instalarea modulelor, selecția și dimensionarea cablurilor

Instalarea modului fotovoltaic trebuie să se realizeze în conformitate cu recomandările producătorului modului. Cu toate acestea, există câteva orientări generale privind majoritatea modulelor fotovoltaice disponibile pe piața europeană.

Ghidul și recomandările producătorului de module fotovoltaice

Fiecare producător de module fotovoltaice are specificații și instrucțiuni necesare pentru asamblarea corespunzătoare a acestui element în cadrul unui catalog sau manual de montaj. În plus, aceasta definește o serie de rezerve cu privire la operațiunile care nu trebuie efectuate în timpul asamblării și operării. Respectarea condițiilor de mai sus trebuie să permită funcționarea corectă a modului pe parcursul întregului său ciclu de viață.

Inspectarea modului fotovoltaic, detectarea daunelor mecanice

Inspectarea modului fotovoltaic trebuie efectuată pentru a detecta daunele mecanice. Instalatorul nu trebuie să instaleze un modul deteriorat. Acest lucru ar cauza o funcționare defectuoasă a întregului circuit fotovoltaic în care este inclus. Trebuie controlat cadrul, indiferent dacă acesta nu este deteriorat, precum și etanșeitatea părții din față și din spate a modului, calitatea fixării cutiei de conectare, cablurile și prizele CC.



Fig. 1. Exemplu de modul fotovoltaic defect

Sursa: <https://www.homepower.com/articles/solar-electricity/design-installation/potential-pv-problems>, (accesat: 20 Septembrie 2018).

Instalatorul, în timp ce începe lucrările, stabilește, în funcție de proiect, site-ul de instalare a modulelor fotovoltaice și verifică ipotezele de proiectare în ceea ce privește posibila umbră.

Verificarea condițiilor de teren în ceea ce privește posibila umbră a instalației fotovoltaice

Obstacolele de teren, cum ar fi copaci, clădiri, coșuri de fum, etc. constituie elemente naturale care provoacă umbră modulelor fotovoltaice. Instalatorul trebuie să prevadă modul în care umbra de la elementul de mai sus va reduce producția efectivă de energie electrică. Acesta poate folosi instrumente software în acest scop, în care poate simula capacitatea întregii instalații după o cartografiere corespunzătoare a întregii instalații, împreună cu obstacole de teren și urbane.

Aranjarea pe verticală și orizontală al modulelor fotovoltaice

Cel mai bun efect poate fi obținut atunci când o parte din module funcționează vertical și cealaltă orizontal. Această situație se întâmplă în cazul instalației orientată est-vest, dacă în ambele direcții sunt diverse obstacole de teren și construcții.

Expunerea la radiații solare a modulelor care se află în același circuit sau colector fotovoltaic

Pentru a maximiza randamentul în procesul de generare a energiei electrice, trebuie să se realizeze un aranjament al modulelor din același circuit PV astfel încât expunerea la radiații să fie aceeași pentru toate modulele. Aplicând acest principiu la fiecare circuit, ne putem aștepta la obținerea curenților maximi de ieșire pentru fiecare dintre ei.

Verificarea secțiunii transversale a cablului

Datorită naturii specifice a circuitului de curent continuu în instalația fotovoltaică, este necesar realizarea corectă a secțiunilor transversale ale cablurilor. Deoarece se cunosc curenții de ieșire din fiecare circuit, se poate verifica alegerea corectă a firelor din conectori și din întregul generator.

În timpul selecției și verificării secțiunii transversale a firului, trebuie luați în considerare următorii factori semnificativi:

- tensiunea nominală a firelor,
- curentul nominal al firelor,
- minimizarea pierderilor de transmisie.

Secțiunile transversale ale cablurilor ar trebui să fie selectate astfel încât să aibă o rezistență scăzută la curentul electric, iar mărimea pierderilor pe modulul fotovoltaic → inverter → conexiunea la sursa de alimentare să nu depășească 1% (pentru partea CC și CA).

Rezistența firelor de cupru pentru:

2.5 mm ² – 0.0074 Ω/m,	10.0 mm ² – 0.0018 Ω/m,
4.0 mm ² – 0.0046 Ω/m,	25.0 mm ² – 0.00073 Ω/m,
6.0 mm ² – 0.0031 Ω/m,	35.0 mm ² – 0.00049 Ω/m,

Cerințe pentru cablurile fotovoltaice

Cablurile trebuie să fie prevăzute cu un strat dublu de izolație: elementar și suplimentar, care, în caz de deteriorare a unei izolații, protejează împotriva electrocutării și a incendiului.

Raza de îndoire a cablului trebuie să fie suficient de mare pentru a facilita asamblarea și pentru a proteja împotriva deteriorării interne. Flexibilitatea conductorilor ar trebui să aparțină clasei a cincea sau a șasea, ceea ce înseamnă că firul este foarte flexibil și rezistent la orice mișcare.

Materialul din care se realizează izolația exterioară trebuie să fie rezistent la orice tip de ulei și factori chimici care îl pot afecta.

Temperatura de funcționare ar trebui să depășească 100°C, în timp ce conductorul de scurtcircuit trebuie să reziste la o temperatură care depășește 200°C pentru câteva secunde.

Cu cât rezistența termică a conductorului este mai mare, cu atât mai bine. În plus, rezistența firelor la temperaturi sub zero este foarte importantă, deoarece firele din instalațiile PV trebuie să funcționeze pe tot parcursul anului, de asemenea și în timpul iernii. Rezistența la -40°C este un standard, însă unii producători oferă fire cu rezistență de până la -50°C. Durabilitatea cablurilor ar trebui să fie cât cea a instalației PV, adică circa 20 de ani. Acum,

mulți producători oferă cabluri a căror durabilitate este definită la 30 de ani. Cablurile de instalare PV ar trebui să fie insensibile la radiațiile UV.



Fig. 3. Structura cablului fotovoltaic, unde: 1. Conductor flexibil din cupru flexibil (conductoare), 2. Primul strat de izolație, cauciuc fără halogeni, LSZH alb (Izolație), 3. Al doilea strat de izolație, cauciuc fără halogeni, împiedicând propagarea flăcării, fără fum. Negru sau roșu (manta exterioară).

Sursa: <https://voltaconsolar.com/solar-products/pv-cables/solar-cables/red-solar-cable-100m-drum-6mm.html>, (accesat: 20 Septembrie 2018).

Exemple de parametri de funcționare

1. Temperatura de funcționare:

- temperatura maximă de funcționare: 120°C,
- temperatura maximă a conductorului de scurtcircuit: 250°C (max. 5 secunde);
- temperatură minimă de funcționare: -40 °C.

2. Proprietăți la foc:

- emisii scăzute de gaze corozive în conformitate cu UNE-EN 60754-2 și IEC 60754-2,
- emisii reduse de fum emis în timpul arderii în conformitate cu UNE-EN 61034 și IEC 61034,
- gradient transparent > 60%,
- rezistența la propagarea flăcării: UNE-EN 60332-1 și IEC 60332-1 (test pe un singur fir);
- proprietăți fără halogeni în conformitate cu UNE-EN 60754-1 și IEC 60754-1.

3. Rezistența la apă:

- protecția împotriva inundațiilor AD8.

4. Proprietăți mecanice:

- raza de îndoire: 3x diametrul cablului,
- rezistența la impact: AG2 – rezistență medie.

5. Proprietăți electrice:

- Tensiune nominală DC: 1,8 kV.

6. Rezistența chimică:

- rezistență la uleiuri și factori chimici: excelentă,
- rezistența la lubrifianti și uleiuri minerale: excelentă,
- rezistența la radiații UV conform EN 50618, TÜV 2Pfg 1169-08 și UL 2556.

Traseul de cablu ar trebui să fie cât mai scurt posibil, dar ar trebui să ia în considerare și minimizarea riscurilor legate de trăsnet.

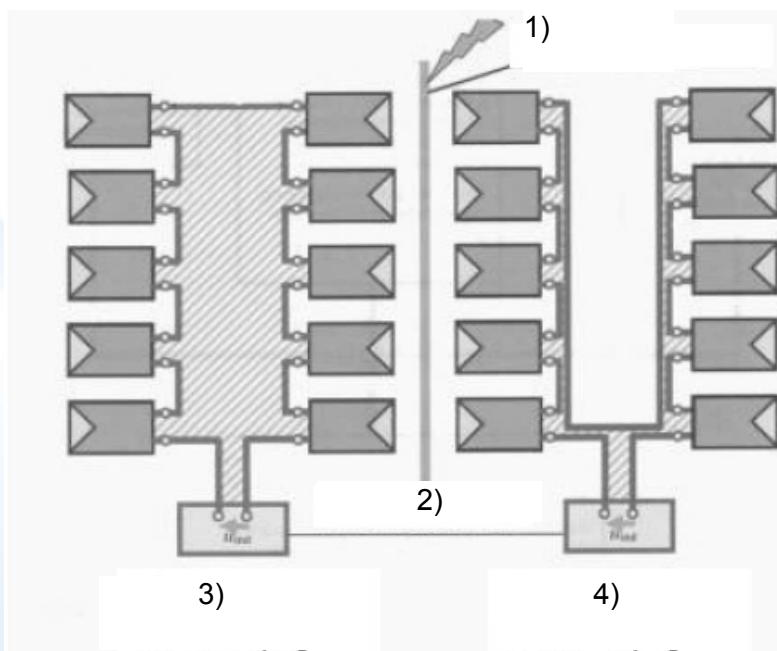


Fig. 4. Aranjarea corectă și incorectă a firelor CC, unde: 1) fulger, 2) cutie de jonctiune panou, 3) Incorect: Suprafață mare pentru cuplaj inductiv, 4) Corect: o zonă minimizată pentru cuplaj inductiv
Sursa: <http://www.tec-institut.com/construction-of-a-100-kwp-solar-power-system-on-top-of-carports-built-for-a-parking-lot-with-60-parking-spaces-on-company-premises/>, (accesat: 20 Septembrie 2018).

Cabluri pentru componente ale instalației de joasă tensiune CA

Cablurile pentru circuitul de curent alternativ ar trebui să fie flexibile, rezistente la ulei și autocompresive. Poate fi montat direct în sol și instalat pe canale, scări de cablu și în canale prin cablu. Cablul trebuie să fie rezistent la radiațiile UV și pregătit pentru instalare în afara încăperilor, fără aplicarea unei protecții suplimentare, de asemenea, pentru aplicarea în condiții umede, inclusiv imersarea totală, pe termen scurt, în apă.

Conductoarele flexibile multi-catenare trebuie să aparțină clasei de flexibilitate 5 conform IEC 60228 și să fie fabricate din cupru electrolitic. Flexibilitatea ridicată și raza mică de îndoire ($5 \times \text{diametrul cablului}$) facilitează în mod semnificativ procesul de instalare, permițând un aranjament mai rapid al cablurilor chiar și în condiții deosebite de solicitante și în locuri cu acces limitat. Izolația conductorului trebuie realizată din polietilenă XLPE reticulată. Mulțumită acestui fapt este posibil să se obțină parametri electrici mai buni ai cablului (capacitate de încărcare pe termen lung mai mare, pierdere scăzută, rezistență electrică mai mare) decât în cazul cablurilor cu izolație din PVC. O gamă mai largă de temperaturi de funcționare a cablului (de la -40°C la 90°C), în timp ce la scurtcircuit temperatura maximă acceptată ajunge la 250°C (până la 5 secunde).

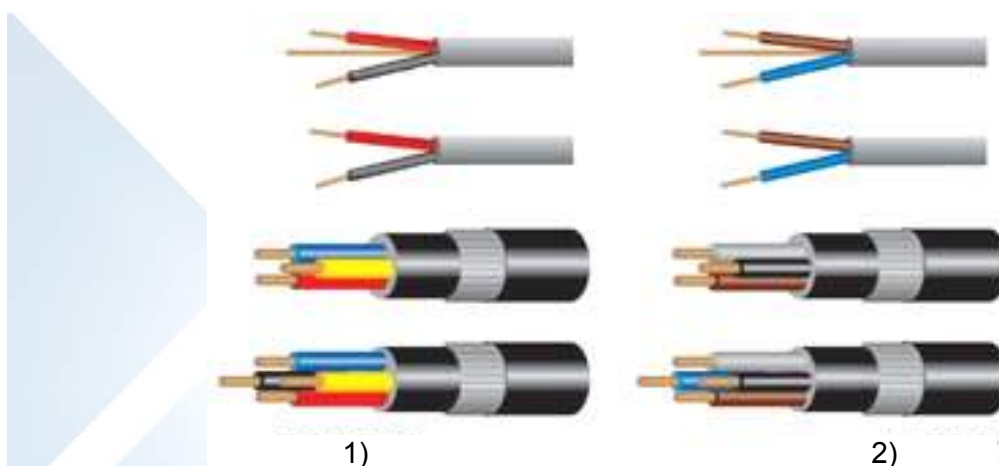


Fig. 5. Structura cablului de curent alternativ, unde: 1) Culoarea existentă, 2) Noua culoare

Sursa: https://www.emsd.gov.hk/minisites/New_Cable_Colour_Code/en/tech1.html, (access: 20 September 2018).

Dacă instalația fotovoltaică este realizată în clădiri de utilități publice sau sunt necesare parametri mai stricți privind siguranța la incendiu pentru piesa CA, este recomandată utilizarea cablurilor fără halogeni.

Dacă există riscul de incendiu, acestea nu emit compuși halogenați otrăviți, cum ar fi clorul, fluorul, bromul și iodul. Acestea sunt caracterizate printr-un nivel scăzut de emisii de gaze toxice și gaze agresive corozive. Cantitatea și densitatea fumului emis sunt scăzute, în timp ce gradientul de transparență depășește 60%. Ele au proprietăți de auto-stingere și, în caz de incendiu, nu propagă flacăra, atât pe un cablu individual cât și pe seturi de cabluri. Ele pot fi montate direct în pământ, precum și în interiorul și în exteriorul clădirii, fără necesitatea unei protecții suplimentare împotriva impactului extern asupra mediului. Suprafața externă a cablurilor este realizată din materiale fără halogeni, foarte rezistente la radiațiile UV și la uleiuri. Polietilena reticulată aplicată pe izolația conductorului permite funcționarea în intervalul de temperaturi de la -40°C la $+90^{\circ}\text{C}$, în timp ce temperatura cea mai ridicată acceptată a conductorului în condițiile de scurtcircuit este de 250°C . În ambele cazuri, sunt disponibile versiuni de cabluri CC și CA cu protecție anti-rozătoare. Toate tipurile includ etichetarea secțiunilor la fiecare metru, facilitând în mod semnificativ lucrările de montare.

Conectori CC în instalații fotovoltaice

Cablul PV este montat cu ajutorul conectorilor. Comutatorul, care are fire cu conectori, este situat în interiorul carcasei izolatoare. Intrările de cabluri sunt protejate cu garnituri și capac. Datorită menținerii dependenței dintre polaritatea conexiunii și o parte a conectorului asamblat pe cablu (PLUG "minus" și SOCKET "plus"), lucrările montatorului sunt simplificate în mod semnificativ. Astfel se evită greșelile legate de polaritatea conexiunilor, în cazul în care este necesară deconectarea și reconectarea cablurilor de instalare a modului PV.

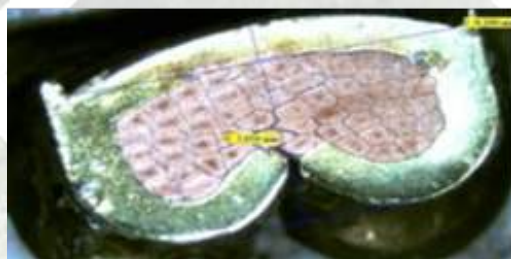


Fig. 6. Conector (+) și conector (-) a cablului fotovoltaic

Sursa: <https://www.fabian.com.mt/en/products/webshop/14928/solar-----power-connector-mc4-plug-and-socket-kitf.htm>, (access: 20 September 2018).

Conectorul are elemente de conducere strânse pe fire și care asigură contactul în interiorul acestuia. Strângerea lor corectă și calitatea contactului în sine sunt esențiale pentru durabilitatea acestui element și la pierderile pe care acesta le poate introduce ca urmare a rezistenței, ceea ce poate provoca defecțiuni. Rezistența conectorului este un parametru foarte important datorită pierderii de eficiență pe care o poate provoca în sistemul fotovoltaic. În cablarea modulului, această valoare se înmulțește datorită apariției mai multor conectori (module, cutii de conexiuni), ceea ce face ca rezistența mică (stabilă pentru o perioadă de mai mulți ani) a conectorilor bine strânși să fie importantă.

(a)



(b)

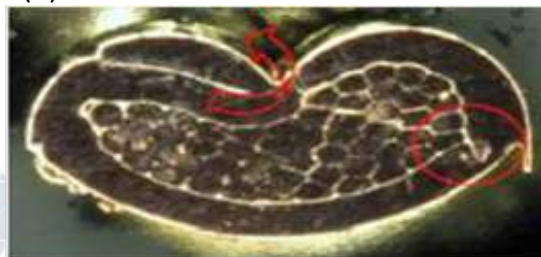


Fig. 7. Corect (a) și incorect (b) – cabluri strânse pe conectorul fotovoltaic

Sursa: kabelforum.de, (access: 20 September 2018).

Motivele pentru o conexiune necorespunzătoare pot fi diferite:

- calitate scăzută a conectorului,
- conexiune slăbită rezultată din schimbări continue de temperatură, vibrații, oboseală sau instalare incorectă,
- deteriorarea mecanică a izolației ca rezultat al zgârieturilor sau impactului direct al forțelor externe (vântul, formarea gheții, temperatura și radiația solară),
- degradarea izolației datorată factorilor de mediu (radiații UV, umiditate, substanțe chimice, căldură, rozătoare, insecte),

- deteriorarea izolației la supratensiuni.
- În afară de rezistența la defecte, este de asemenea important ca firele să nu ducă la pierderi ale eficienței sistemului

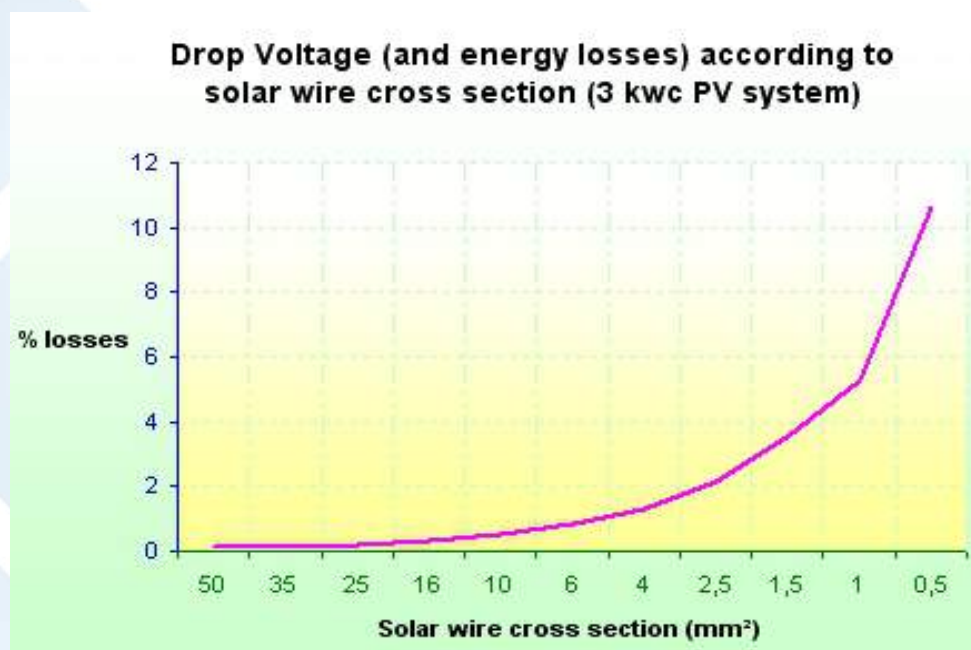


Fig. 8. Pierderi la cablarea CC, unde: – Tensiunea de cădere (și pierderile de energie) în funcție de secțiunea transversală a conductorului solar (sistem fotovoltaic 3 kwv); – % pierderi, – Secțiunea transversală a conductorului (mm²).

Sursa: <https://photovoltaic-software.com/solar-tools/dc-ac-drop-voltage-calculator>, (access: 20 September 2018).

Operații legate de conectarea și deconectarea elementelor generatorului PV

Conexiunea generatorului trebuie prelucrată în următoarele etape:

- asamblarea structurii de susținere,
- instalarea modulelor în ordinea specificată în proiect,
- conexiuni prin cabluri de curent continuu în conectori speciali, cu accent pus pe fixarea sigură și durabilă a cablului la structura de susținere sau la elementele de acoperiș,
- asamblarea cutiei de joncțiune CC și a dispozitivelor de protecție,
- conectarea anumitor conectori la cutia de joncțiune,
- dacă paratrăsnetul este inclus în instalație, trebuie conectat,
- verificarea tuturor aspectelor legate de electricitate și tehnice.

Amenajarea cablurilor și cablurilor instalației fotovoltaice

Principii de asamblare a firelor fotovoltaice în sistemele de acoperiș

Cablurile nu pot să se învârtă în mod liber, să se "lege" sau să se atingă puțin pe suprafața acoperișului, în special în zonele circulate. Firele trebuie protejate, de ex. cu ajutorul unor cleme de bandă sau trebuie puse în canale de cablu, plăci, conducte etc. În plus, firele nu pot fi strânse, îndoite sau nu pot atinge elemente ale sistemului fotovoltaic sau ale clădirii, altfel ar fi amenințate cu deteriorarea izolației. Se va asigura o etanșare adecvată pentru a evita

surgeri în interiorul cutiei de conexiuni, pentru a evita scurtcircuitele și apariția arcului electric.

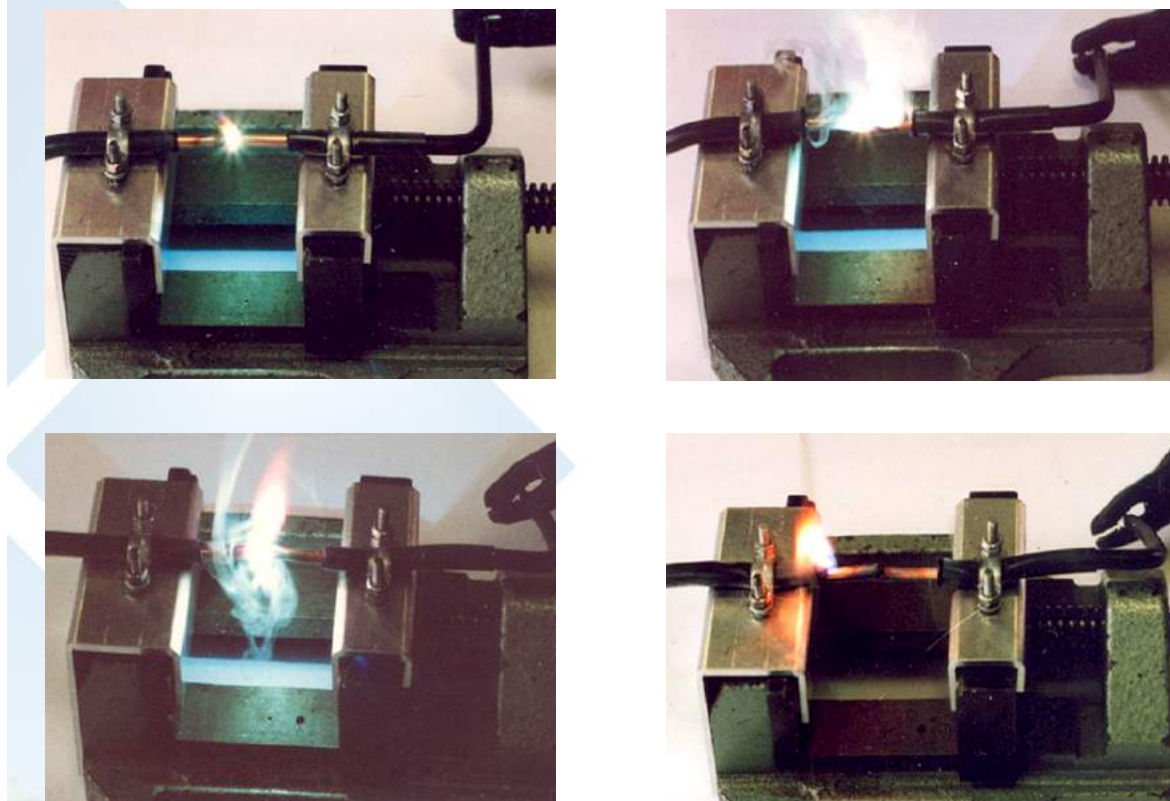


Fig. 9. Arc electric într-un circuit de CC

Sursa: ALTENER Projekt Soltrain 2004 Fraunhofer ISE, (access: 20 September 2018).

Principii de asamblare a firelor fotovoltaice în sistemele terestre

Firele în sistemele la sol sunt amplasate în conducte. Conductele ar trebui să protejeze firele de condițiile atmosferice, lumina directă a soarelui și deteriorarea mecanică. De asemenea, canalele de cabluri împiedică accesul neautorizat. Conductele trebuie amplasate pe sol sau pe structura de susținere din spatele modulelor fotovoltaice și trebuie să conducă la cutia de conexiuni situată în apropierea modulelor. Firele în conducte nu trebuie să fie dispuse în mod liber, dar, de asemenea, ele nu pot fi fixate prea strâns (expansiune termică, tensiuni). Firele trebuie ghidate la cutia de conexiuni, iar conectorii trebuie să fie etanșați corespunzător pentru a evita scurt-circuite în interiorul cutiei. Dacă este posibil, intrările de cabluri trebuie plasate pe partea inferioară a cutiei. Pentru o mai bună protecție a instalației împotriva riscului de scântei sau de scurtcircuit, firele pozitive și negative pot fi montate separat, cu ajutorul canalelor de cablu cu mai multe compartimente sau în canale separate. Dacă izolația este deteriorată, firele sunt separate fizic.

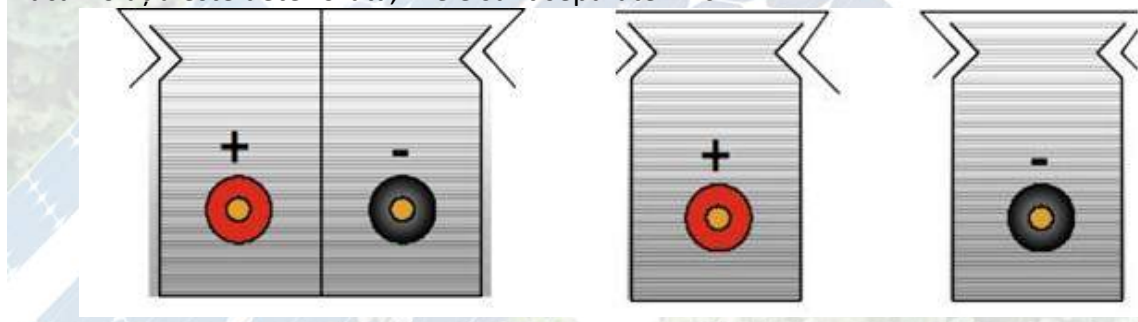


Fig. 10. Cabluri separate prin montarea lor în canale

Sursa: Polskie Towarzystwo Fotowoltaiki. Elementy instalacyjne: kable, złącza i puszkki przyłączeniowe.

4.5. Pregătirea și pornirea sistemului PV

Pornirea sistemului fotovoltaic

Când totul este asamblat, vine momentul primei porniri a instalației. Instalația fotovoltaică este alcătuită din circuite de curent alternativ și de curent continuu, deci pornirea acestora trebuie efectuată secvențial, verificând și pornind fiecare circuit separat. Verificarea trebuie să includă controlul fixării mecanice și funcționarea electrică eficientă.

Secvența de pornire și oprire a elementelor particulare din instalația fotovoltaică

Elementul de bază al fiecărei instalații fotovoltaice este constituit din dispozitivul în care ajunge energia produsă în modulele fotovoltaice din circuitele exterioare. În funcție de tipul de instalare, acesta poate să fie regulatorul de încărcare sau invertorul fotovoltaic.

Cu toate acestea, înainte de a configura acestor dispozitive, ar trebui să se verifice și alte elemente de instalare.

În instalația de curent continuu trebuie să se verifice generatoarele și toate elementele sistemului fotovoltaic.

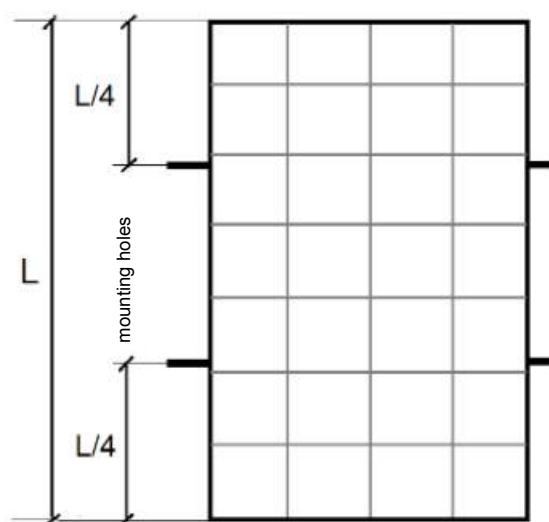


Fig. 1. Distanța corespunzătoare de montare pentru modulele care funcționează vertical (găuri de montare)

Sursa: http://www.suntrans.pl/produkty/moduly/instrukcja_montazu_i_uzytkowania_modulu_pv_05_08.pdf, (access: 20 September 2018).

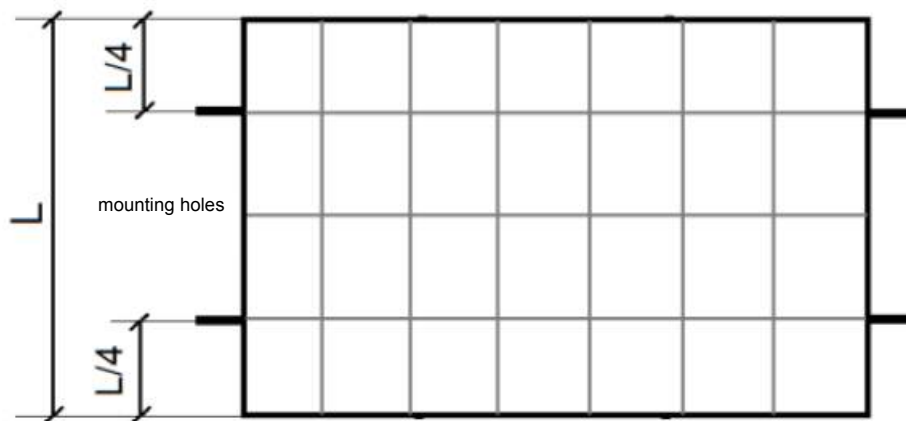


Fig. 2. Distanța corespunzătoare de montare pentru modulele care funcționează pe orizontală (găuri de montare)

Sursa: http://www.suntrans.pl/produkty/moduly/instrukcja_montazu_i_uzytkowania_modulu_pv_05_08.pdf, (access: 20 September 2018).

- Verificăm dacă modulele sunt asamblate conform recomandărilor producătorului.
- Verificăm locația casetei de montaj la fiecare modul.
- Controlăm corectitudinea conexiunilor electrice și fixarea cablurilor care leagă modulele, punând un accent deosebit pe polaritate.
- Verificăm tensiunea de ieșire din colector (pentru fiecare colector, dacă sunt mai mulți) înainte de cutiei de conexiuni.
- Controlăm corectitudinea montajului cutiei de conexiuni și a dispozitivelor situate acolo – siguranțe CC, protecție SPD și întrerupător principal CC.
- Verificăm asamblarea cablului principal CC din cutia de conectare la intrările CC din invertor.
- Măsurăm tensiunea de ieșire CC din module, aceasta fiind și tensiunea de intrare CC pentru invertor.
- În cazul în care există paratrăsnet, verificăm și corectitudinea performanței sale, deoarece aceasta face parte integrantă din instalarea CC.

Conectarea și configurarea regulatorului de încărcare

Regulatorul de tensiune reprezintă dispozitivul aplicat în sistemele fotovoltaice off-grid, deci nu este conectat la rețeaua electrică. Astfel de instalații constituie instalații autonome din punctul de vedere al utilizatorului, deoarece asigură alimentarea cu energie a receptoarelor. Deoarece instalația off-grid poate constitui singura sursă de energie în locația dată, regulatorul ar trebui să fie instalat astfel încât să garanteze utilizatorului corectitudinea funcționării. Secvența de acțiuni este următoarea:

- Asamblați regulatorul într-o poziție verticală pentru a asigura curgerea liberă a aerului de răcire de la partea inferioară către partea superioară a radiatorului.
- Verificați valorile curentului de ieșire de la generatorul fotovoltaic și al curentului de intrare al receptorului să nu depășească specificațiile modelului instalat.
- Conectați, în primul rând, bateria și apoi receptoarele.
- Se va lua în considerare starea de încărcare a acumulatorului – în funcție de tipul regulatorului, acesta va fi vizibil pe ecranul LCD sau pe indicatorul LED.

- Selectați tipul de baterie pentru conectare.
- Setați corect tensiunea nominală a bateriei (12V, 24V, 48V sau alta disponibilă în regulator).
- În funcție de starea de încărcare, trebuie efectuate acțiuni suplimentare indicate în instrucțiunile de asamblare.
- Conectați generatorul fotovoltaic PV la regulator.
- Porniți regulatorul fotovoltaic cu butonul ON / OFF.
- Dacă regulatorul are funcția de auto-testare, aceasta trebuie efectuată.
- Dacă nu există o astfel de funcție, procedați conform instrucțiunilor producătorului.
- Dacă acțiunile de conectare sunt efectuate corect, sistemul trebuie să funcționeze și în condiții de radiație solară, în funcție de starea de încărcare a bateriei, trebuie să respecte un mod de funcționare adecvat (încărcarea bateriei sau transmiterea energiei către receptoare).

Conectarea și configurarea invertorului de rețea

Există multe tipuri de invertoare fotovoltaice și mulți producători. Punerea în funcțiune a fiecăruia dintre acestea are loc în mod diferit și este descrisă în detaliu în manualul de instalare și utilizare al fiecăruia. Mai jos puteți găsi problemele de bază și soluții, ținând cont de instrucțiunile producătorului.

Deoarece invertorul reprezintă un dispozitiv cu o putere relativ mare, iar tensiunile și curenții de pe partea CC și CA prezintă un risc pentru sănătatea și viața utilizatorului, trebuie respectate principiile de securitate furnizate de producători:

- La clemele și firele invertorului pot apărea tensiuni periculoase pentru viață, chiar și după deconectarea și acestora.
- Invertorul trebuie închis în timpul funcționării acestuia. Cablurile sau clemele nu trebuie să fie atinse în timpul pornirii și opririi.
- Nu trebuie efectuate modificări în invertor.
- Siguranța operațională trebuie să fie asigurată prin împământare, selectarea firelor și o protecție corespunzătoare împotriva scurtcircuitului.
- Înainte de începerea lucrărilor de inspecție sau întreținere, toate sursele de tensiune trebuie să fie oprite și protejate împotriva activării neintenționate.
- Persoanele neautorizate trebuie să stea departe de invertor și de instalația fotovoltaică.
- Trebuie respectat standardul PN-EN-60364-7-712 "Cerințe privind amplasarea, spațiile și instalațiile de lucru ale unui sistem special de alimentare cu energie fotovoltaică".

În timpul efectuării măsurărilor la nivelul invertorului, trebuie respectate următoarele principii:

- Scoateți bijuteriile de pe degete și încheieturi;
- Nu atingeți conexiunile electrice;
- Utilizați instrumente de măsurare sigure și omologate;
- Stați pe o suprafață izolatoare în timpul lucrului la invertorul fotovoltaic.

Siguranța operațională a invertoarelor este asigurată prin:

- Izolatoare/ varistoare care protejează circuitele de intrare de sursele de energie pe partea rețelei și a generatorului.
- Monitorizarea temperaturii elementului de răcire.

- Filtrul EMC care protejează inverterul de interferențele de înaltă frecvență.
- Varistorul de pe partea rețelei CA, care protejează invertoarele împotriva supratensiunilor și seriilor de tensiune.

Atrageți atenția asupra condițiilor în care ar trebui să funcționeze inverterul (instrucțiuni de utilizare a inverterului):

- Trebuie asigurată îndepărtarea excesului de căldură de la inverter.
- Asigurați circulația neperturbată a aerului.
- Se va asigura accesul la inverter pentru întreținerea ulterioară.
- Protejați-l de umiditatea excesivă și radiațiile solare.
- Dacă inverterul are un afișaj, acesta trebuie instalat în așa fel încât să permită o citire ușoară.

Poziționare:

- Ansamblu montat separat sau pe perete.
- Capacitate portantă suficientă a pereților pe care este montat.
- Pereți realizați din material rezistent la temperaturi ridicate, rezistent la flacără.
- Trebuie asigurată o distanță minimă și un acces facil pentru întreținere.

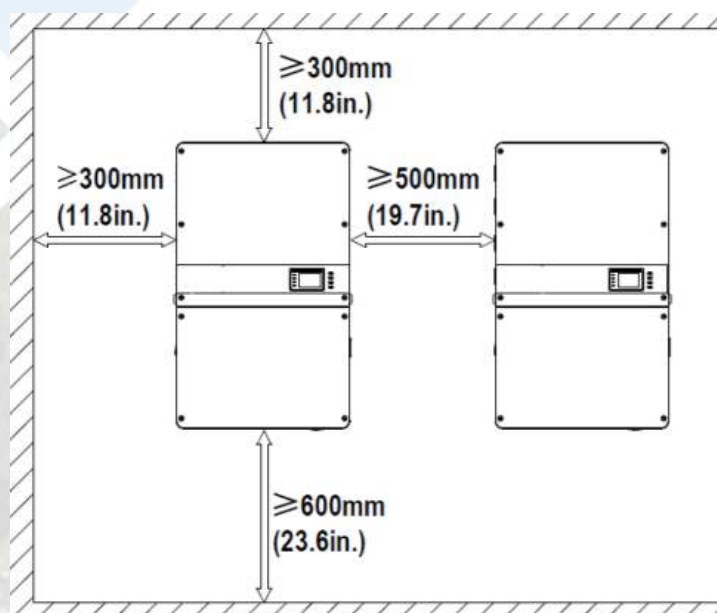


Fig. 3. Exemple de distanțe la montarea unui grup de invertoare (dimensiuni furnizate în inch)

Sursa: https://www.solectria.com//site/assets/files/2265/docr-070645-f_manual_installation_and_operation_pvi_50-60tl.pdf, (access: 20 September 2018).

Conectarea la rețeaua de alimentare:

- Inverterul poate fi instalat și pornit numai de către un electrician calificat.
- Înainte de conectarea la instalația electrică, trebuie să verificați dacă inverterul este montat corect.
- Deconectați partea CA și CC de la tensiune și protejați-le de reactivare.
- Așezați firele de conectare la rețea în caseta de conectare dedicată.
- Înainte de introducerea unui cablu de rețea la dispozitiv, verificați încă o dată dacă inverterul este deconectat complet de la tensiune pe partea CA și CC.

În cazul rezistenței ridicate a firelor, adică fire foarte lungi pe partea rețelei, tensiunea la clemele de rețea ale invertorului este mărită în timpul funcționării în modul de alimentare. Invertorul monitorizează această tensiune. Dacă depășește valoarea limită pentru rețeaua dată, invertorul trebuie să se deconecteze. Prin urmare, ar trebui să se acorde atenție secțiunilor suficient de mari ale sârmei și distanțelor mici pentru a minimiza rezistența firelor.

În instalațiile cu multe invertoare, trebuie acordată atenție activării invertoarelor în diferite faze pentru a evita asimetria în rețea.

Activarea invertorului

- Verificați dacă invertorul este montat și conectat la instalația electrică.
- Verificați capacul cutiei de conexiuni să fie legat la pământ și închis.
- Verificați dacă generatorul fotovoltaic furnizează tensiune mai mare decât tensiunea minimă de intrare CC din invertor.
- Conectați generatorul fotovoltaic prin deconectarea CC.
- Conectați rețeaua prin siguranțe externe.
- Invertorul trebuie să înceapă să funcționeze.
- Prima activare este descrisă în instrucțiunile de utilizare pentru diferite invertoarele.

Comunicarea la distanță cu dispozitivul (regulator de încărcare sau invertor)

- Comunicarea cu utilizarea sistemului de magistrală RS 485 are loc cu utilizarea a două fire de semnal DATA+ și DATA -. Pentru a elimina interferențele, ca fir de comunicare trebuie utilizat cablu torsadat ecranat.
- Conectați ecranul la PE numai de pe o parte.
- Trebuie acordată atenție conectării corespunzătoare a conductorilor DATA+ și DATA-.
- În cazul schimbării locurilor de conductori, comunicarea este imposibilă.
- În timpul conectării DATA+ și DATA -, trebuie acordată atenție corectitudinii perechilor de conductori.
- Nu aranjați firele magistralei RS485 în apropierea cablurilor electrice conductoare CC/CA.
- Dispozitivele ar trebui să fie conectate în paralel și fiecare abonat al sistemului de comunicații (invertor, senzor) trebuie să aibă o adresă unică.
- Circuitul de comunicație trebuie să se încheie cu dispozitivul final, așa-numitul terminator.

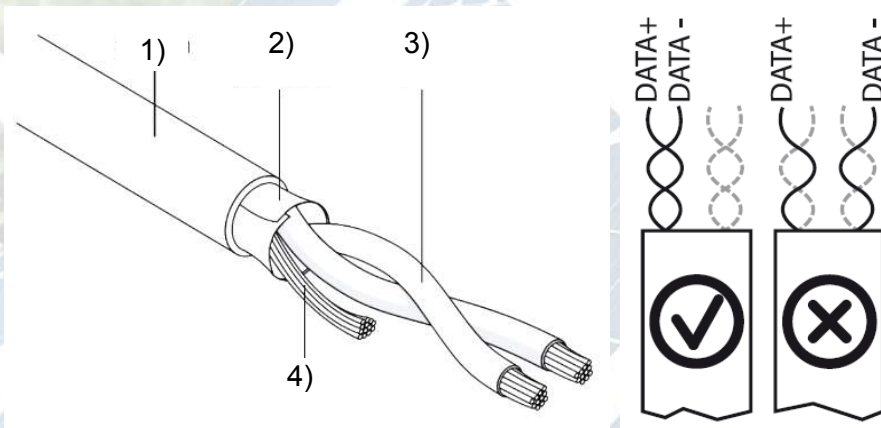


Fig. 4. Cablu torsadat ecranat RS 485, unde: 1) Teaca – primul strat de izolație, 2) Ecran (folie) – Izolație tip foaie, 3) Pereche torsadată – pereche de fire, 4) Împământare, 5) Data+, 6) Data-.

Sursa: <https://electrical-engineering-portal.com/correct-cabling-modbus-rs485>, (access: 20 September 2018).

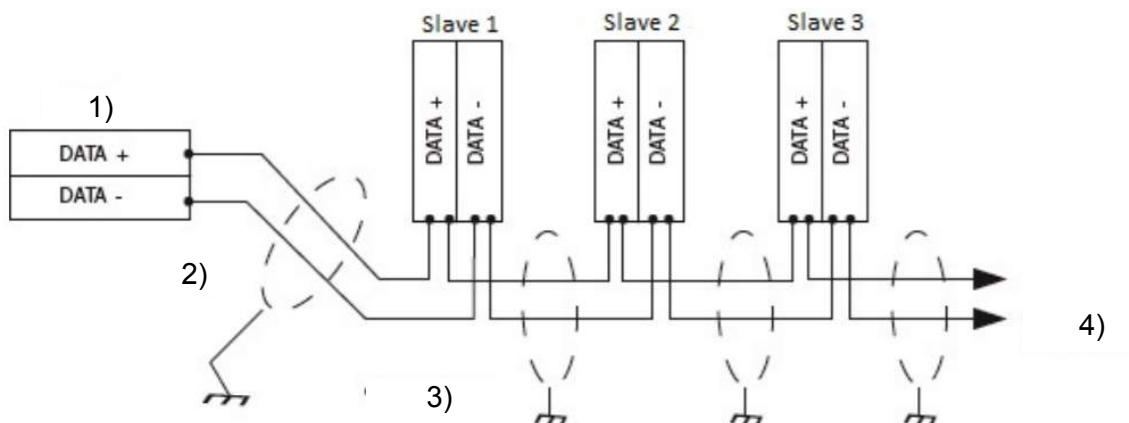


Fig. 5. Conexiuni paralele ale mai multor invertoare în cazul comunicării cu protocolul RS 485, unde: 1) Master, 2) Protecție, 3) Tablu torsadat, 4) Spre restul dispozitivelor RS-485

Sursa: https://www.solectria.com/site/assets/files/1611/commercial_inverters_communication_manual.pdf, (access: 20 September 2018).

4.6. Conectarea bateriilor la sistemul PV

Nevoia de stocare a energiei

Stocarea energiei electrice are loc prin utilizarea bateriilor. Sunt disponibile mai multe tipuri de baterii, începând de la cele cu acid, gel, cu nichel, până la baterii cu litium. Fiecare tehnologie este caracterizată prin durata de viață calculată în ani, numărul ciclurilor de încărcare și descărcare, durata de descărcare, curentul maxim de ieșire etc.

Selectarea unei baterii bune trebuie precedată de o analiză a parametrilor în funcție de scopul planificat al bateriei.

Cerințe generale privind bateriile:

- număr mare de cicluri > 5.000,
- descărcare automată scăzută,
- posibila comunicare cu sistemele fotovoltaice, în special cu inverterul,
- o capacitate mare de curent, atât la încărcare cât și la descărcare,
- o gamă largă de temperaturi de funcționare,
- durată de viață îndelungată > 15 ani,
- scalabilitatea (construcția modulară),
- nu necesită întreținere,
- nivel ridicat de siguranță,
- accesul on-line la parametrii cheie.

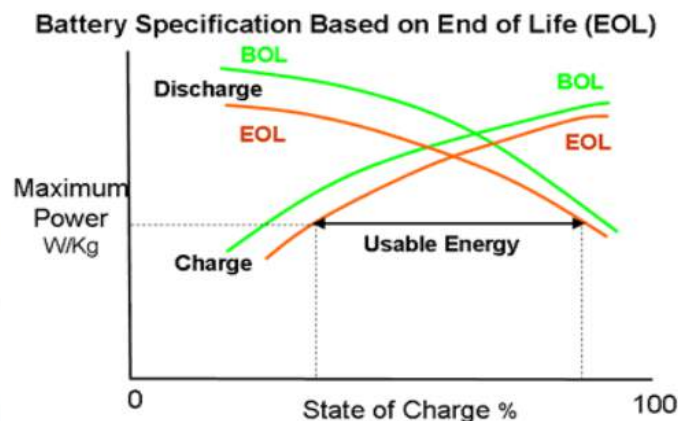


Fig. 1. Densitatea maximă a puterii în funcție de starea de încărcare pe întreaga durată de viață a bateriilor, unde: Specificația bateriei în funcție de sfârșitul duratei de viață (EOL) – Densitatea maximă a puterii în funcție de: State of charge – starea de încărcare în întregul ciclu de viață al bateriei; Maximum power – putere maximă; State of charge – starea de încărcare; Discharge – descărcare; Charge – Încărcare; Usable energy – energia utilizabilă

Sursa: <https://www.mpoweruk.com/traction.html> (access: 20 September 2018).

Datele generale ale bateriilor

Baterii cu sulf și plumb

- 1) Sunt compuse din celule conectate în serie.
- 2) Tensiunea nominală a unei singure celule: 1,8-2,1V.
- 3) Plumbul reprezintă componenta de bază.
- 4) Electrozii sunt realizați din discuri de plumb – cadre – cu monoxid de plumb (PbO) presat în ele. După plasarea discului într-un vas care este constituit din carcasa bateriei, se introduce o soluție de apă de acid sulfuric 20% cu o densitate de 1,15 g/cm³ la temperatura de 25 °C.

VRLA (baterii cu valve de reglare)

- 1) Tip de baterie cu acid și plumb, cu electrolit gel. Acidul sulfuric, după amestecarea cu siliciu, creează masa de gel.

AGM (baterii absorbante din vată de sticlă)

- 1) O tehnologie în care electrolitul este absorbit în separatorul din vată de sticlă.
- 2) Capacitate mare datorită greutateii foarte mari.
- 3) Tensiunea obținută în funcție de numărul de celule conectate: 6, 12, 24 => 12V, 24V, 48V.
- 4) Aplicații staționare (camere pentru baterii, UPS), cuplate cu instalații solare, dar cu un număr limitat de cicluri.

Baterii NiCd

- 1) Tensiune nominală scăzută 1,2V / celulă.
- 2) Descărcare constantă la înaltă tensiune.
- 3) Dependența scăzută a capacității la curentul de descărcare.
- 4) Parametri buni la temperaturi scăzute în timpul descărcării.
- 5) Durabilitate ciclică mare.
- 6) Efectul de memorie.

7) Durabilitate până la 1200 de cicluri.

Baterii NiMH

- 1) Tensiune nominală de 1,2V / celulă.
- 2) Dependența scăzută a capacității la viteza de descărcare.
- 3) Parametri buni la temperaturi scăzute.
- 4) Acceptabilitate bună din punctul de vedere al protecției mediului.
- 5) Durabilitate 500-1000 (1500 *) cicluri.

Baterii litiu-ion

- 1) Densitate energetică 130-200 Wh / k, 300 Wh / L.
- 2) Eficiență de încărcare / descărcare: 99,8%.
- 3) Auto-descărcare: 2% / lună.
- 4) Durabilitate > 5.000 de cicluri.

Baterii litiu-fier

- 1) Densitate de energie 130-200 Wh / kg; 300 Wh / L.
- 2) Eficiență de încărcare / descărcare: 99,8%.
- 3) Auto-descărcare: 3% / lună.
- 4) Durabilitate > 5,000 cicluri.

Alte tehnologii de stocare a energiei

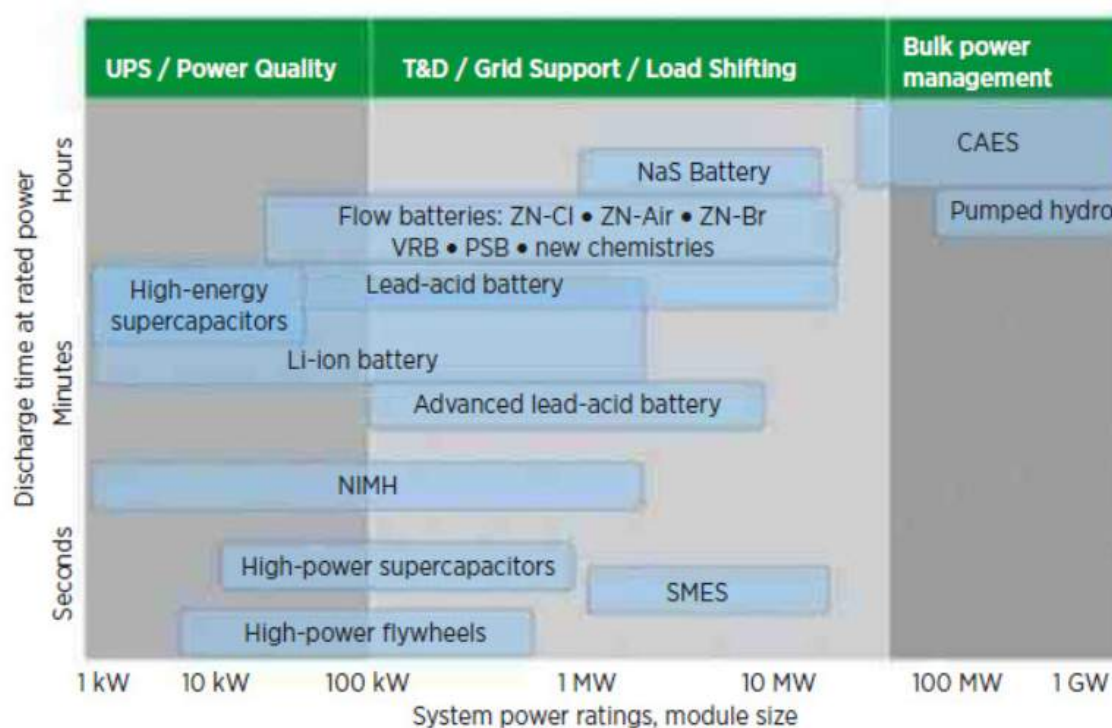


Fig. 2. Timpul de descărcare a diferitelor tehnologii de stocare a energiei pentru diferite puteri, unde:
Discharge time at rated power – Timp de descărcare la puterea nominală (Secunde, Minute, Ore);
System power ratings, module size – Evaluarea puterii sistemului, mărimea modului
Sursa: <https://hub.globalccsinstitute.com/publications/electricity-storage-and-renewables-island-power-guide-decision-makers/2a-understanding-storage-performance>, (access: 20 September 2018).

Eoliene

Energia este stocată sub forma energiei cinetice a masei învârlite. Valoarea energiei stocate crește cu pătratul vitezei unghiulare a turbionării, care este limitată de rezistența materialului aplicat pentru a construi roata. Prin aplicarea de materiale ușoare, este posibil să se atingă viteze mai mari de rotație în comparație cu materiale mai grele de aceeași rezistență la întindere, astfel încât este posibilă stocarea unei cantități mai mari de energie.

Centrale electrice de pompare

Centralele hidroelectrice de stocare sunt destinate depozitării energiei electrice colectate și apoi returului acesteia în rețea. Atunci când cererea de energie este scăzută, excedentul de energie electrică din sistem este utilizat pentru pomparea apei în recipientul superior. În perioada creșterii cererii, apa curge de la partea superioară până la cea inferioară prin turbină, generând energie electrică. Seturile de turbine reversibile funcționează alternativ ca pompă sau generator de turbină. În timp ce se ia în considerare scăderea apei evaporate și pierderile din setul de turbine, atunci când se produce energie electrică, se recuperează doar 70-75% din energia colectată pentru a forța apa în containerul superior.

Aer comprimat

Tehnologia abreviată ca CAES (Compressed Air Energy Storage) reprezintă modificarea unui ciclu tradițional de centrale electrice de pompare bazate pe turbine cu gaz. Această tehnologie aplică energie ieftină, în afara vârfului de consum, pentru a stoca aerul comprimat, care apoi este folosit pentru a roti turbina cu gaz în perioada de vârf de consum.

SMES (Stocarea energiei electrice prin conductoare magnetice)

SMES stochează energie în câmpul magnetic al bobinei fabricate din aliaje speciale. Datorită firelor de răcire la minus 269°C, rezistența materialului scade cu debitul curent, permițând conducerea unor valori de curent foarte mari fără pierderi de energie. Din punct de vedere al întregului sistem, este necesar să se ia în considerare consumul de energie prin sistemul de răcire. Curentul trece prin elemente care nu au proprietăți de supraconductivitate și conectori electronici de putere, în care se produc pierderi de scurtcircuit. În ciuda acestui fapt, eficiența generală în aplicațiile comerciale este foarte mare. Capacitatea de stocare (capacitatea energetică) a IMM-urilor în aplicațiile comerciale este acum de numai cca. 1 kWh, în timp ce puterea maximă de ieșire este de 1 MW și este limitată de capacitatea elementelor electronice de putere.

Super-condensatoare

Super condensatoarele stochează energie în câmpul electric creat între doi electrozi. Structurile lor de bază și proprietățile electrice sunt aproape de condensatoarele convenționale. Structura electrodului și selecția electrolitului permit obținerea unei densități mari de încărcare pe suprafața electrozilor, dar tensiunea limită ajunge la aprox. 2,7V per celulă. În ciuda tensiunii reduse, cantitatea de energie stocată este mult mai mare decât în cazul condensatoarelor convenționale și poate atinge nivelul mai multor Wh pentru cei mai mari condensatori disponibili comercial. Condensatoarele superioare sunt conectate pentru a obține module mai mari cu o capacitate de energie de până la 1 kWh și pentru a crea unități de stocare a energiei mai mari.

Figura 2 prezintă disponibilitatea în timp a diferitelor tehnologii de stocare a energiei pentru diverse puteri.

Tehnologii și costuri – astăzi și mâine

Deoarece sunt necesare lucrări periodice în sistemele fotovoltaice, este posibil să folosim acumulatori care pot efectua câteva mii de cicluri într-o gamă largă de temperaturi (Figura 3).

Necesitatea unei comunicări permanente cu sistemul și dimensiunile mici necesare conduc la concluzia că numai sistemele moderne de litiu-ion și litiu-fier pot fi aplicate în sistemele fotovoltaice. O creștere rapidă a interesului pentru stocarea energiei a condus recent la reducerea semnificativă a prețurilor. De la nivelul de peste 1.000 EUR/kWh la 400 EUR/kWh pentru un sistem complet de stocare a energiei. Se preconizează că aceste prețuri vor scădea până la nivelul de 250-300 EUR/kWh în următorii ani, în timp ce cei mai optimiști spun că vor ajunge la 150 EUR/kWh.

Parametrii electrici de bază ai bateriilor:

1. Capacitate nominală în Q [Ah].
2. Rezistența internă R_w [mΩ].
3. Tensiune maximă de încărcare U_{max} [V].
4. Tensiune nominală U_n [V].
5. Tensiunea minimă de descărcare U_{min} [V].

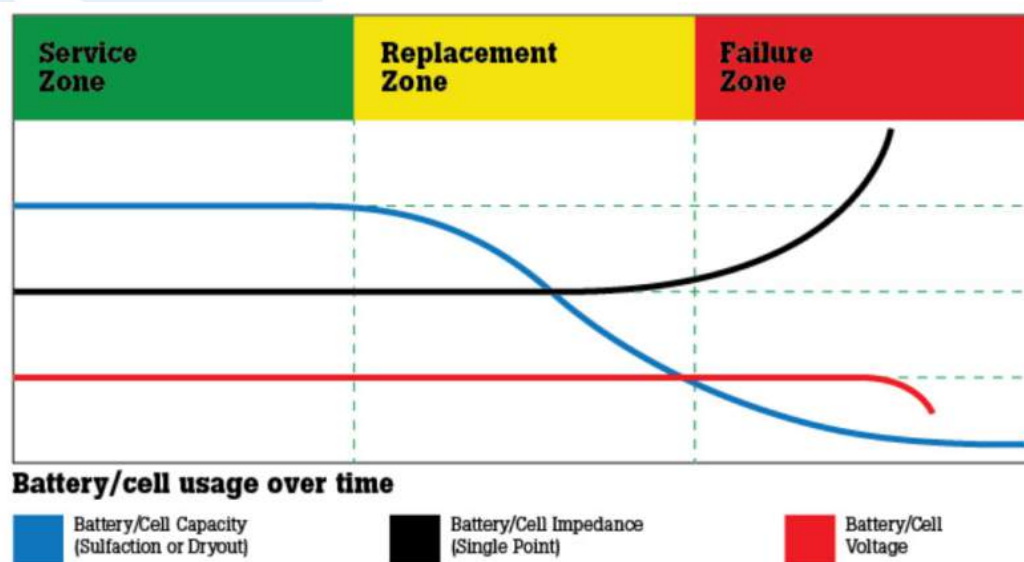


Fig. 3. Timpul de viață al bateriilor, unde: – Service zone – Zona de servicii; – Replacement zone – Zona de înlocuire; – Failure zone – Zona de defecțiuni; – Utilizarea bateriilor / celulelor în timp; – Capacity – Capacitatea bateriei / celulelor (Sulfatarea sau uscarea); – Impedance – Impedanța bateriilor / celulelor (punct unic); – Voltage – Tensiune baterie / celulă

Sursa: <https://www.fluke.com/en-us/learn/best-practices/measurement-basics/stationary-batteries/measuring-battery-state-of-health-over-time-to-ensure-optimal-uptime>, (access: 20 September 2018).

Parametrii care specifică nivelul de funcționare a bateriei în timp:

- 1) SOH [%] – starea de sănătate – nivelul capacității față de capacitatea unei noi celule.
- 2) SOC [%] – starea de încărcare – nivelul de încărcare a bateriei.
- 3) DOD [%] – adâncimea descărcării – nivelul descărcării acumulatorului (figura 4).

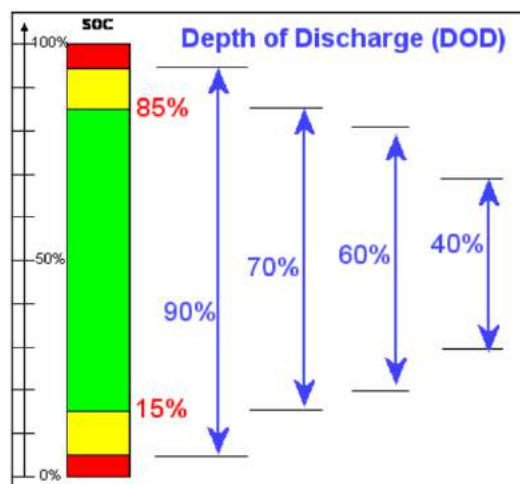


Fig. 4. Diferite niveluri de descărcare a bateriei, unde: – SOC [%] – starea de încărcare – nivelul de încărcare a bateriei; – DOD [%] – adâncimea descărcării – nivelul descărcării bateriei

Sursa: <https://www.ev-power.eu/blog/Tests-and-diagnosis/Depth-of-discharge-DOD.html>, (access: 20 September 2018).

Sisteme care supraveghează funcționarea bateriei

Sistemul de supraveghere a funcționării bateriei este necesar pentru funcționarea bateriei în sistemele fotovoltaice. Scopul său este de a proteja stocarea energiei de deteriorări prin depășirea intervalelor de tensiune, temperatură sau curent, inclusiv scurtcircuit.

Cea de-a doua sarcină importantă este comunicarea și schimbul de informații cu sistemul de taxare privind schimbul de energie între sistemele fotovoltaice și receptoare, baterii (figura 5).

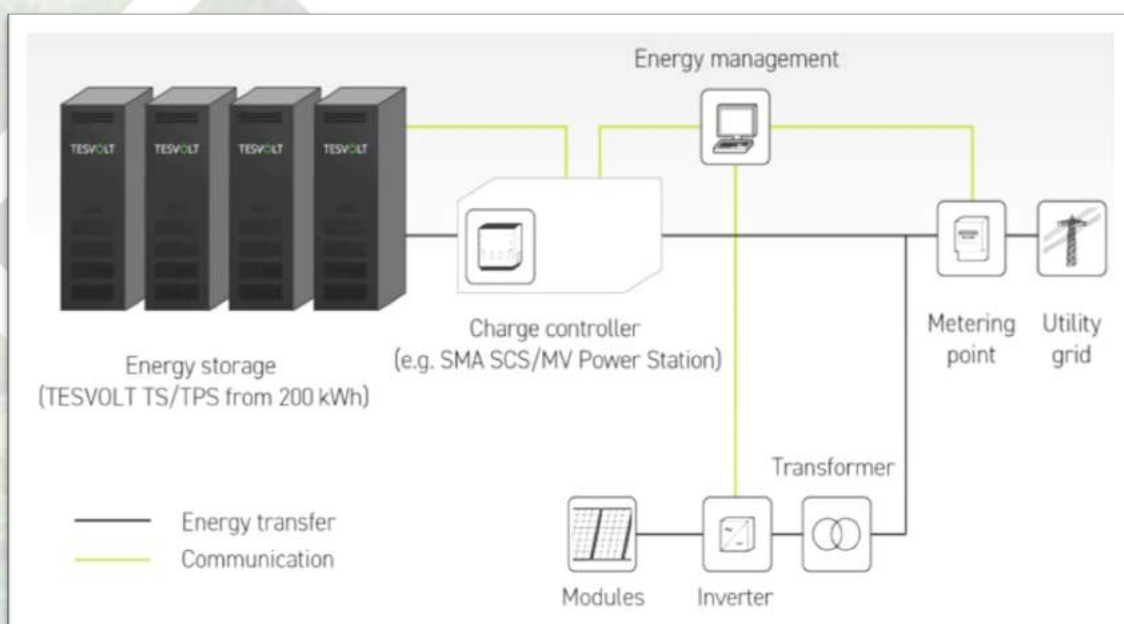


Fig. 5. Schemă de comunicare între sistemul de stocare a energiei și sistemul fotovoltaic, unde: – Energy storage – Depozitarea energiei (TESVOLT TS / TPS de la 200kWh); – Charge controller – Controler de încărcare (de exemplu SMA SCS / MV Power Station); – Energy management – Gestionarea energiei; – Module PV; – Invertor; – Transformator; – Punctul de măsurare; – Utility grid – rețea

Sursa: <https://zerohomebills.com/product/tesvolt-tps-200-864kwh-lithium-battery-storage-all-in-one-20ft-container/>, (access: 20 September 2018).

Funcționarea bateriei cu regulator de încărcare

În sistemele simple, fără inverter, regulatorul de încărcare constituie un dispozitiv cu care comunică bateria (figura 6). Acesta asigură un proces de încărcare adecvat prin supravegherea valorii curentului de încărcare, tensiunea maximă de încărcare și, în unele cazuri, controlează și temperatura de funcționare a bateriei.

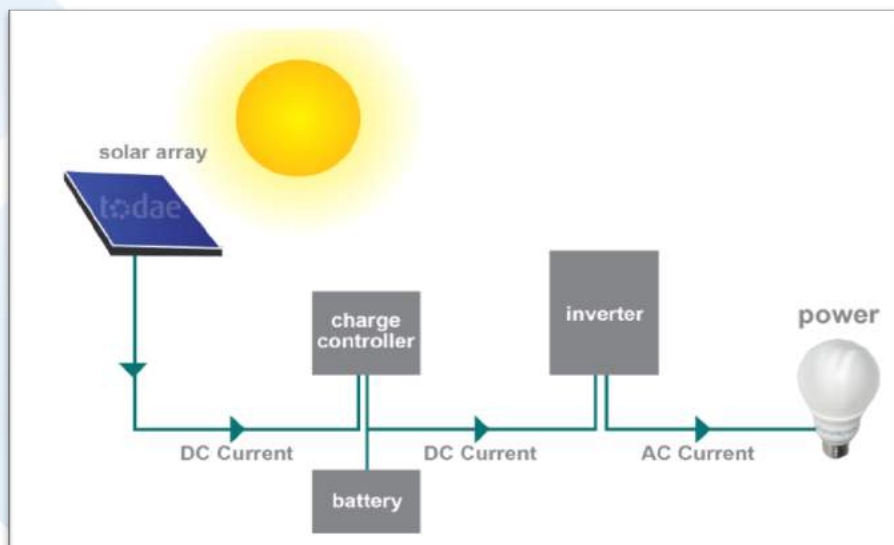


Fig. 6. Stocarea energiei în sistemul fotovoltaic cu controler de încărcare, unde: – Solar array – panou solar; – DC current – curent continuu; – Charge controller – controler de încărcare; – Inverter; – AC current – curent; – alternativ CA; – Putere

Sursa: <https://maandus.com/en/pvsystemeng.html>, (access: 20 September 2018).

Funcționarea bateriei cu inverter

În sistemele echipate cu inverter (on-grid, off-grid sau hibrid (Figura 7)), sistemul de supraveghere (BMS) schimbă informații online cu inverterul în timpul procesului de încărcare și descărcare. Sistemele avansate BMS furnizează sistemului informații despre SOH, SOC și DoD (figura 8). Informațiile privind parametrii de mai sus permit o funcționare optimă a bateriei, îmbunătățind astfel durata de viață și sporind numărul de cicluri pe care le poate realiza.



Fig. 7. Stocarea energiei în sistemul fotovoltaic cu inverter, unde: Sistem fotovoltaic hibrid: 1) Generator solar, 2) Consum direct de energie; 3) Stocare de energie pentru o utilizare ulterioară; 4) Consumul de energie stocată; 5) Excedentul energetic trimis în rețea; 6) Monitorizare și control

Sursa: <https://www.solarminer.com.au/solar-battery-storage/>, (access: 20 September 2018).

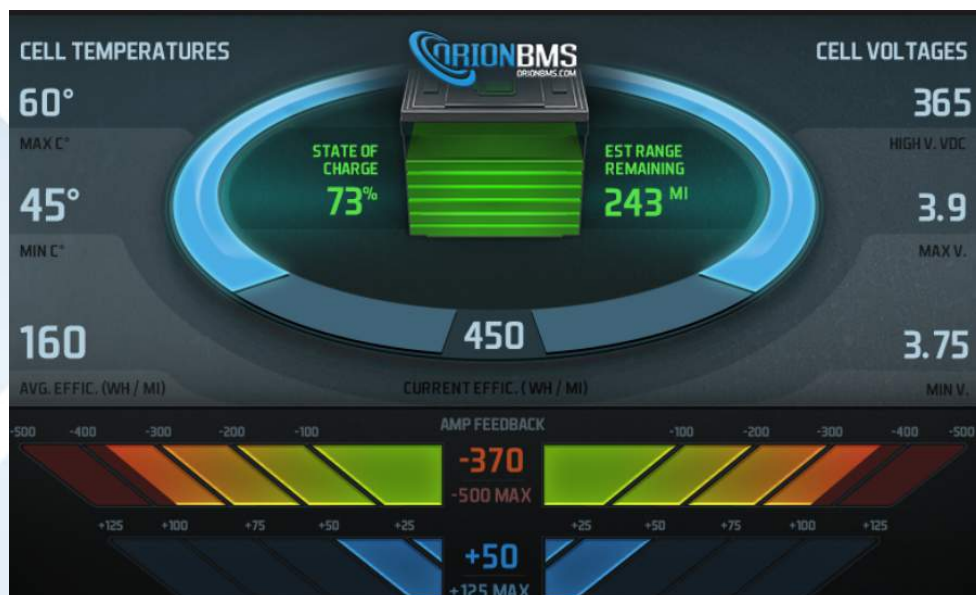


Fig. 8. Exemplu de afișare pe ecranul sistemului de management al energiei în sistemul fotovoltaic
Sursa: <https://www.orionbms.com/>, (access: 20 September 2018).

4.7. Protecția instalațiilor fotovoltaice împotriva supratensiunii

Instalarea PV conectată la rețeaua electrică externă este expusă unor daune în:

- instalația CC între module și inverter (de exemplu, formarea de curenți de scurtcircuit cauzăți de umbrirea modulelor, scurtcircuitarea firelor, formarea de puncte fierbinți, fulgere);
- instalația CA, în locul unde inverterul este conectat la rețea (de exemplu datorită tensiunii crescute a locului de conectare a inverterului, fluctuațiilor de tensiune în rețea, selecției incorecte a protecțiilor).

Având în vedere cele de mai sus, în instalația PV se aplică următoarele:

- siguranțe la primul nivel – pentru colectori PV individuali,
- siguranțe la al doilea nivel – pentru întregul generator PV,
- descărcător de supratensiune,
- împământare,
- paratrăsnet.

De asemenea, alte protecții apar în instalațiile fotovoltaice, cum ar fi de exemplu diode de trecere (bypass bridge).

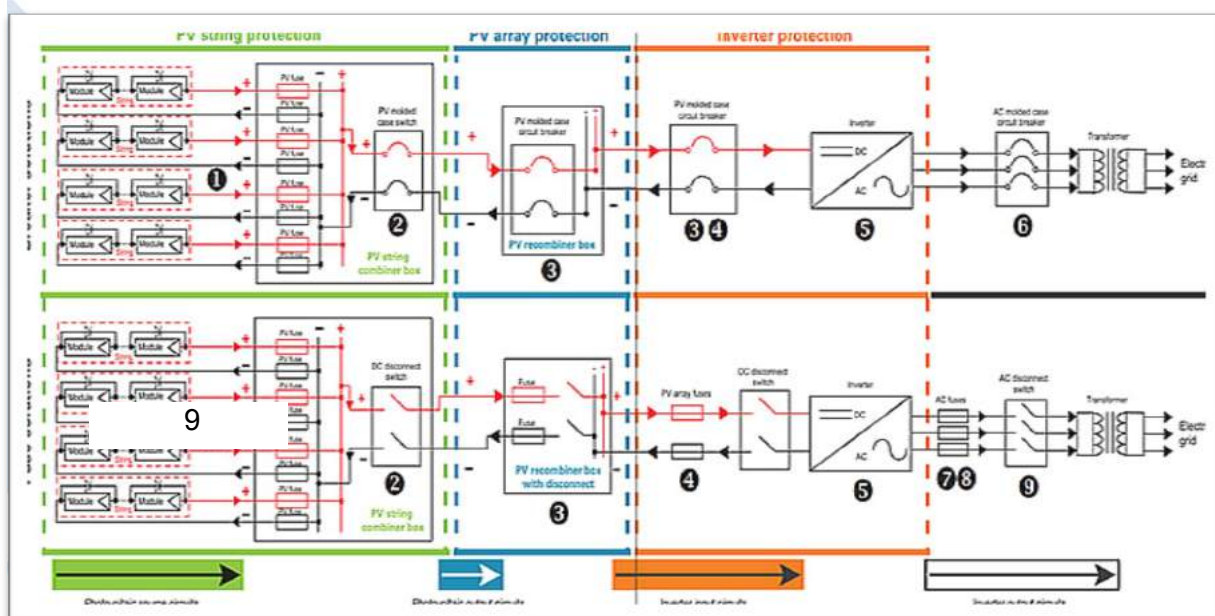


Fig. 1. Protecții în instalația fotovoltaică, unde: – soluție Fuso, – soluție Bronkor, – protecție împotriva supratensiunii, – protecția la panourile fotovoltaice, – protecția invertoarelor

Sursa: <http://www.cleanenergybrands.com/shoppingcart/categories/pv-circuit-protection/pv-circuit-breakers/>, (access: 20 September 2018).

Siguranțe

La conectarea paralelă a mai multor circuite seriale de panouri fotovoltaice, umbrirea unui dintre module face ca întregul curent care circulă în toate circuitele să circule și prin modulul umbrat (figura 2). Acesta este așa-numitul curent înapoi sau invers. Valoarea sa depinde de numărul de circuite paralele și se calculează:

$$I_n = (n - 1) \cdot I_{SC}$$

Unde:

I_n – valoarea curentului invers,

n – număr de circuite paralele,

I_{SC} – valoarea ISC a curentului de scurtcircuit a modulului.

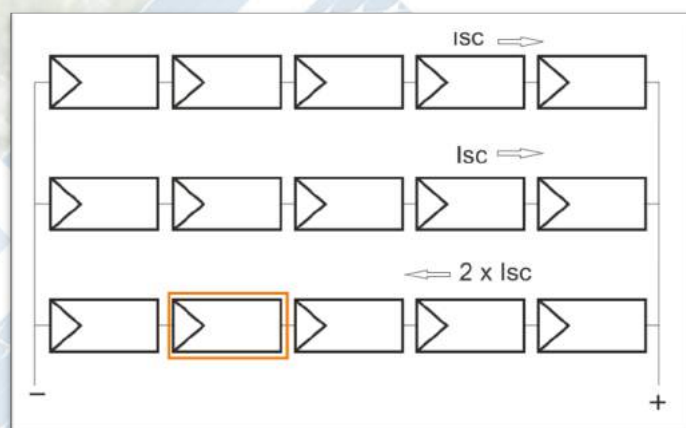


Fig. 2. Trecerea curentului inversat prin circuitul cu un modul umbrat

Sursa: Own work.

Majoritatea modulelor de pe piață sunt capabile să reziste la curentul inversat care ajunge la $1,5-2 I_{SC}$, astfel încât necesitatea de protecție apare la minim trei sau mai multe circuite conectate în paralel. Protecția împotriva curentului inversat se realizează prin siguranțe. Siguranțele gPV (specifice sistemelor PV) au fost proiectate astfel încât să asigure deconectarea eficientă a surselor de energie care ar putea deteriora modulele fotovoltaice. Conform standardului IEC 60269-6, legăturile de siguranțe nu ar trebui să funcționeze pentru curentul $1,13 I_n$, în timp ce ar trebui să sară într-un anumit moment astfel încât curentul să ajungă la $1,45 I_n$. Siguranțele fuzibile, altele decât gPV sau gR / gPV, nu protejează modulele fotovoltaice.

Înteruptoarele de curent continuu prezente pe piață pot fi utilizate numai pentru protecția inverterului CC / CA, dar acestea nu ar trebui aplicate pentru protecția modulelor fotovoltaice, atunci când poate apare curent invers.

Siguranțele cilindrice constituie așa-numitele siguranțe ale primului nivel – sarcina lor este de a deconecta curenții de scurtcircuit în zona panourilor, astfel încât acestea vor fi instalate cât mai aproape de ultimul panou fotovoltaic din șir, în timp ce montarea să aibă loc la polii pozitiv și negativ.

Nivelul al doilea de protecție apare direct înaintea intrării de curent continuu din inverter, unde fluxul total de curent circulă prin întregul generator fotovoltaic. Desigur, când inverterul are mai multe intrări, fiecare circuit de intrare independent trebuie să aibă o astfel de protecție. Aici se folosesc seturi de siguranțe PV care funcționează pe curent continuu și tensiune 750-1100 V. Seturile de siguranțe permit deconectarea rapidă a inverterului de la întregul generator fotovoltaic. În plus, ele sunt instalate la polii pozitiv și negativ.

Instalațiile PV mari pot avea un sistem descentralizat cu mai multe invertore mici sau un inverter central PV cu puterea evenimentului de câteva sute [kVA]. În cel de-al doilea caz, multe lanțuri de module fotovoltaice sunt conectate în paralel și apoi apar curenți totali care curg spre inverter de la mai mult de zeci până la câteva sute de amperi.

Pentru astfel de instalații mari, legăturile de siguranțe gPV cu dimensiunea standard a NH1 de la **32A** la **160A** pe legăturile 750V și 1000V CC și NH (Fig.3), dar cu corpul alungit – acestea sunt legături NH1xl, NH2xl și NH3xl la **450A** la 1100V CC și la **350A** pe 1500V DC. Aceste conexiuni pot fi instalate în baze cu un singur pol, comutatoare (până la 630A și tensiune 1000-1200V DC, categoria de utilizare DC20B) și în blocuri speciale de siguranțe bipolare pentru tensiunea de până la 1500V CC pentru sistemul barelor cu ecartament de 370 mm. Ultima soluție este deosebit de atractivă, deoarece permite construirea de dulapuri de comandă prin cablu în carcase din poliester și tablouri de comandă pentru tensiuni de 1100V și 1500V CC cu putere chiar până la 1 MW. Aceste soluții au o structură simplă și sunt relativ ieftine.



Fig. 3. Siguranța gPV în cazurile NH

Sursa: <http://www.eti.si/images/userfiles/en-GB/documents/products/Ultraquick/PV.pdf>, (access: 20 September 2018).

Protecția la supratensiuni – descărcătoare

Protecția la supratensiune a instalațiilor fotovoltaice vizează protecția instalației împotriva rezultantei surselor de putere din rețeaua electrică cauzate de defecțiuni în rețea sau de trăsnet. Supratensiuni de la fulgere se simt chiar la 1 km. Principiile generale de protecție împotriva supratensiunii pentru sistemele fotovoltaice sunt incluse în standardul **PN-EN 61173: 2002 (IEC 61173: 2002)**. **Protecția împotriva supratensiunii la sistemele fotovoltaice (PV) de producere a energiei electrice.**

Principiile detaliate ale protecției la supratensiunii sunt incluse în următoarele standarde:

- 1) IEC 61643-1. Dispozitive de protecție împotriva supratensiunii în sisteme de distribuție de joasă tensiune. Cerințe și teste.
- 2) IEC-60364-4-442. Instalații electrice în clădiri. Protecție de securitate. Protecție împotriva supratensiunii. Protecția instalației de joasă tensiune împotriva supratensiunilor temporare și deteriorarea împământării în rețelele de înaltă tensiune.
- 3) IEC-60364-4-443: 1999. Instalații electrice în clădiri. Protecție de securitate. Protecție împotriva supratensiunii. Comutare și protecție împotriva supratensiunii atmosferice.
- 4) IEC-60364-7-712: 2007. Instalații electrice în clădiri. Partea 7-712: Instrucțiuni privind instalațiile sau locațiile speciale. Sisteme de alimentare fotovoltaice (PV).

Pentru a proteja sistemele fotovoltaice și dispozitivele electronice conectate la acestea de supratensiuni se folosesc dispozitive speciale de **protecție împotriva supratensiunii** (Surge Protection Device – **SPD**) destinate sistemelor fotovoltaice de curent continuu și dispozitive standard de protecție împotriva supratensiunii pe partea CA. Descărcătorul (SPD-ul) poate fi descris ca un comutator care este în paralel cu sistemul electric al rețelei de alimentare – pe care îl protejează. În instalațiile de curent continuu, nu există "trecerea curentului prin zero", ceea ce împiedică atenuarea curenților de scurtcircuit. Selectarea dispozitivelor necorespunzătoare de protecție împotriva supratensiunii poate reprezenta un pericol de incendiu pentru dispozitivele electrice și electronice.

Tabelul 1. Criterii pentru selectarea protecțiilor SPD în sistemele fotovoltaice

Există LPS?	Este "s" izolarea la LP-uri?	Distanța dintre module PV și inverter	SPD CC Modul PV	SPD CC inverter	SPD CA
da	Da	< 10 m	–	Tip 2	Tip 1
		> 10 m	Tip 2	Tip 2	
	nu	< 10 m	–	Tip 1	
		> 10 m	Tip 1	Tip 1	
nu	–	< 10 m	–	Tip 2	Tip 2
		> 10 m	Tip 2	Tip 2	

Sursa: PN-HD 60364-7-712:2007 Electrical installations in buildings. Part 7-712: Guidelines concerning special installations or locations. Photovoltaic (PV) power systems.

Tipuri de protecții la supratensiuni

- 1) **Dispozitivele de protecție împotriva supratensiunii de tipul 1** (clasa B) protejează împotriva fulgerelor directe și apropiate.
- 2) **Dispozitivele de protecție împotriva supratensiunii de tip 2** (clasa C) protejează majoritatea receptoarelor electrice la supratensiuni de comutare și supratensiuni reduse protejate deja prin dispozitive de protecție împotriva supratensiunii de tip 1.
- 3) **Dispozitivele de protecție împotriva supratensiunii de tip 3** (clasa D) protejează suplimentar dispozitivele electrice și electronice deosebit de sensibile și costisitoare.
- 4) **Seturi de dispozitive de protecție la supratensiune de tip 1 + 2** (clasa B + C).

În prezent, în sistemele fotovoltaice partea CC, sunt din ce în ce mai des folosite dispozitive speciale cu SCI (Interpretarea la scurtcircuit), cu un sistem de comutare CC de trei grade.

Dispozitive de protecție împotriva supratensiunii pentru fotovoltaice

Panourile fotovoltaice individuale produc curent cu o tensiune relativ scăzută de 30-40V. În timp ce le conectăm în serie, creștem tensiunea totală a circuitului CC la valoarea de câteva sute de volți și uneori chiar mai mult, fiind disponibile pe piață invertore la 1200 sau 1500V CC. Pentru protecția instalației fotovoltaice, există dispozitive speciale de protecție împotriva supratensiunii și, de regulă, acestea sunt ajustate la tensiuni nominale cuprinse între 500V și 1500V CC, dar există și versiuni pentru tensiune mai mică.

În funcție de structura și amplasarea instalației fotovoltaice, lungimea firului, aranjamentul și prezența instalației de iluminat, se efectuează calcule și pe această bază se ia decizia dacă trebuie aplicate dispozitive de protecție la supratensiune de tip 1 + 2 sau dacă tipul 2 este suficient (tabelul 1).

Dispozitivele cu două module de protecție împotriva supratensiunii pentru fotovoltaice pentru a proteja polii pozitiv și negativ constituie soluția mai ieftină, dar din punct de vedere tehnic mai slabă (figura 4).

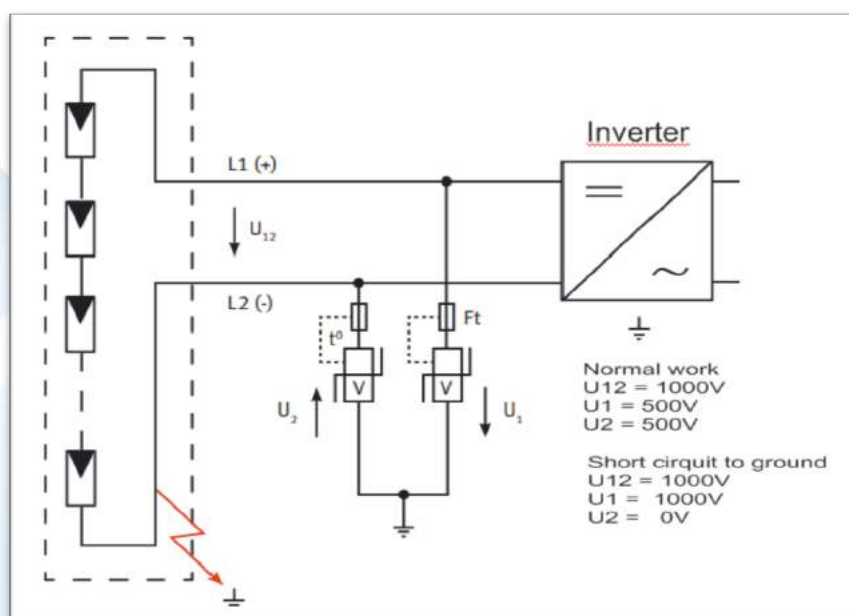


Fig. 4. Dispozitiv bipolar de protecție împotriva supratensiunii în circuitul fotovoltaic, unde: – Short circuit to ground – Scurtcircuit la masă; – Inverter – Invertor; – Normal work – valori nominale
Sursa: <http://www.jeanmueller.pl/pliki/ochrona-instalacji-fotowoltaicznych-2016.pdf>, (access: 20 September 2018).

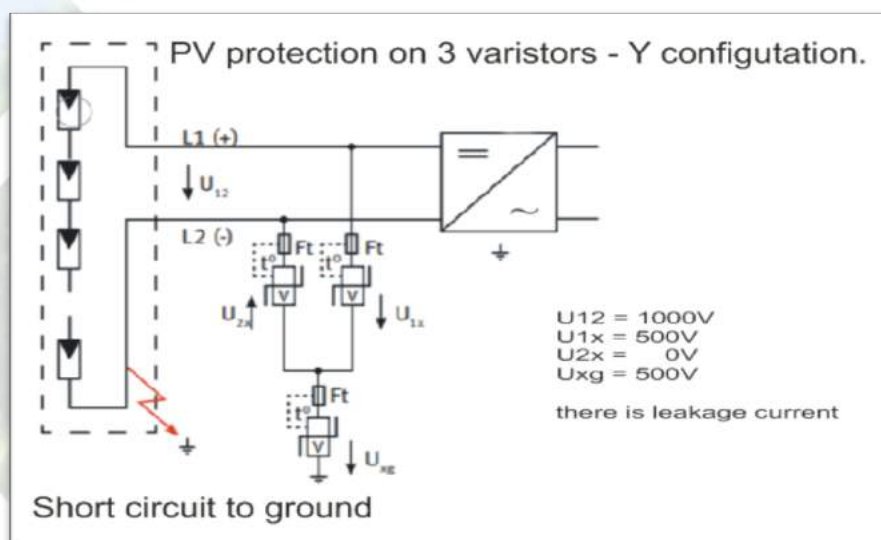


Fig. 5. Dispozitiv tripolar de protecție la supratensiune în configurația "Y", unde: – Protecția fotovoltaică cu 3 varistoare – configurație "Y" – dispozitiv tripolar de protecție la supratensiune în configurația "Y"; – Short circuit to ground – Scurtcircuit la masă
Sursa: <http://www.jeanmueller.pl/pliki/ochrona-instalacji-fotowoltaicznych-2016.pdf>, (access: 20 September 2018).

În timpul funcționării normale a rețelei, se produce o tensiune maximă de 500V CC pe polul pozitiv și 500V CC pe polul negativ, astfel tensiunea de ieșire totală a generatorului ajunge la 1000V. Modulele din dispozitivele de protecție la supratensiune sunt selectate pentru o tensiune nominală – 500V CC. În cazul scurtcircuitului, de ex. ca urmare a deteriorării izolației cablului, pe polul unde a apărut scurtcircuitul apare 0V, iar pe celălalt pol – 1000V

CC. Dacă modulul SPD a fost selectat la tensiunea de 500V, nu la 1000V CC, vor apare defecțiuni permanente ale acestor dispozitive.

Pentru a evita acest lucru, se folosește dispozitivul tripolar de protecție la supratensiune în configurația "Y" (fig. 5), deoarece al treilea modul conectat în serie la împământare este de asemenea de 500V CC, adică în total SPD se va ocupa de o supratensiune de 1000V CC.

În soluțiile anterioare, varistorii au fost prezenți ca elemente executive în acest tip de protecție, dar apariția curenților de scurgere și a curentului de funcționare constituie defectul lor. În soluțiile ulterioare s-au folosit fuzibile cu gaz. Datorită acestui fapt, curentul de scurgere a fost eliminat, în timp ce curentul de funcționare scăzut între polul pozitiv și negativ a rămas.

Până în prezent, cea mai bună soluție a fost obținută prin aplicarea unor fuzibile cu gaz în fiecare ramură (fig.6), deoarece nu se va produce nici curentul de scurgere, nici curentul de funcționare.

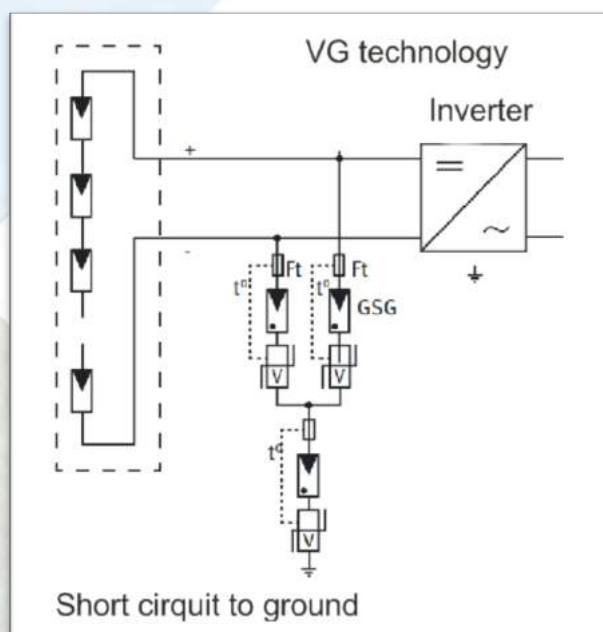


Fig. 6. Dispozitiv tripolar de protecție la supratensiune fuzibil cu gaz în circuitul fotovoltaic, unde: – scurtcircuit la masă; – inverter

Sursa: <http://www.jeanmueller.pl/pliki/ochrona-instalacji-fotowoltaicznych-2016.pdf>, (access: 20 September 2018).

Separatoare

Acestea sunt aplicate de obicei pe ambele părți ale inverterului, adică atât în circuitul de curent alternativ, cât și în circuitul curent continuu. Acestea protejează inverterul în timpul montării, în cazul lucrărilor de întreținere, la înlocuirea elementelor, etc. Pe piață se poate găsi întreaga gamă de separatoare de la diferiți producători și pentru diferite valori ale curentului de deconectare admisibil.

Forța electromagnetică Lorentz care provoacă crearea și spargerea arcului electric este aplicată pentru ruperea curentului la acest tip de separatoare. Dispozitivele au o structură simetrică care permite funcționarea indiferent de polaritate, astfel încât separatorul funcționează uniform în ambele direcții de trecere a curentului.

Bunele practici constau în aplicarea separatoarelor cu un separator vizibil într-o carcasă cu fereastră, care permit controlul poziției contactelor principale ale dispozitivului. Funcționarea deconectării este insensibilă la supratensiune, în timp ce comutarea are loc cu viteză (pornire sau oprire rapidă).

Dacă este necesară operarea în categoria de utilizare DC22BF, funcțiile de izolare și deconectare pot fi realizate cu dispozitive care au comutația tensiunii nominale U_e la 1100V CC și a domeniului curent de la 160A la 1600A.

Izolatoarele pot asigura performanțe interne, putând fi montate numai în interiorul clădirii în încăperi uscate, precum și performanțe externe în clasa de protecție IP65. Cel de-al doilea tip de separatoare au, de obicei, simultan intrări tipice circuitelor de ieșire de la generatorul fotovoltaic, eliminând astfel necesitatea construirii unui cablaj temporar de mare putere, care ar constitui o sursă inutilă de pierderi.

4.8. Protecția împotriva fulgerelor și instalarea împământării

Dispozitivele sistemului fotovoltaic nu cresc riscul de trăsnet

Totuși, instalarea sistemului fotovoltaic pe acoperiș crește riscul de trecere a curentului de trăsnet în interiorul clădirii în cazul fulgerului direct în panou.

Se recomandă ca instalațiile fotovoltaice să fie protejate împotriva efectelor de fulgere prin montarea paratrăsnetului. Dacă nu există paratrăsnet și dispozitivele de acoperiș sunt executate în clasa de protecție mai mică decât clasa II, trebuie efectuată o astfel de instalare.

Conform legilor fizicii și a forțelor naturii, sistemul de împământare care leagă circuitul electric de sol permite disiparea unui număr corespunzător de sarcini pozitive, pentru neutralizarea electrică. Odată cu trecerea curenților de supratensiune ai fulgerului trebuie protejată clădirea și persoanele aflate în ea, de efectele negative ale fulgerului.

Pe baza standardelor privind instalațiile de împământare, trebuie să se poată clasifica instalația și să se proiecteze instalația de împământare în conformitate cu prevederile standard. Împământarea constituie un element important al instalației de paratrăsnet.

Electrodul de pământ trebuie să fie caracterizat printr-o rezistență mai mică decât cea specificată în standard, astfel încât să poată disipa la pământ potențialul produs în timpul trăsnetului.

Principii și metode de aplicare a paratrăsnetului

În timpul montării instalației fotovoltaice pe acoperiș, în conformitate cu specificațiile aplicabile, aceasta ar trebui protejată de efectele fulgerului direct și indirect. În timp ce se analizează riscul apariției defecțiunilor dacă este semnificativ, în conformitate cu recomandările standardului EN 62305-2 (standard privind protecția împotriva trăsnetelor), atunci sistemul de protecție împotriva trăsnetelor (LPS) trebuie asamblat pentru a crea o zonă de protecție corespunzătoare, pentru a plasa toate dispozitivele montate pe acoperișul în interiorul acestei zone.

Paratrăsnetul este responsabil pentru protecția instalației împotriva șocului rezultat din trăsnet.

Instalarea fulgerului este compusă din (figura 1):

- 1) **terminalele în aer** care determină recepția directă a fulgerului, care apoi este disipat spre pământ. Acestea sunt amplasate pe acoperișuri și pereții clădirilor sau pe stâlpi lângă clădirea protejată. Terminalele în aer pot fi considerate și elementele structurale externe ale stâlpilor, gurilor de aerisire, grinzilor metalice, tijelor din beton armat și orice părți metalice care ies din acoperiș. Terminalele în aer pot, de asemenea, cuprinde în mod artificial tije și fire instalate vertical sau orizontal. Terminalele în aer artificiale sunt fabricate din oțel inoxidabil, cupru sau oțel zincat de cel puțin 6 mm grosime;
- 2) **cabluri de evacuare** (între terminalele în aer și împământare) sunt folosite pentru conectarea anumitor elemente ale instalației;
- 3) **cleme de testare** pentru controlul și măsurarea rezistenței la împământare și a continuității galvanice în partea supraterană a sistemului.
- 4) **împământarea** este responsabilă de disiparea unei încărcături electrice de la trăsnet în pământ. Împământarea are formă de sârmă realizată din conductor (utilizarea naturală a pieselor subterane metalice, a fundațiilor de beton armat neizolate, a conductelor de apă metalice);

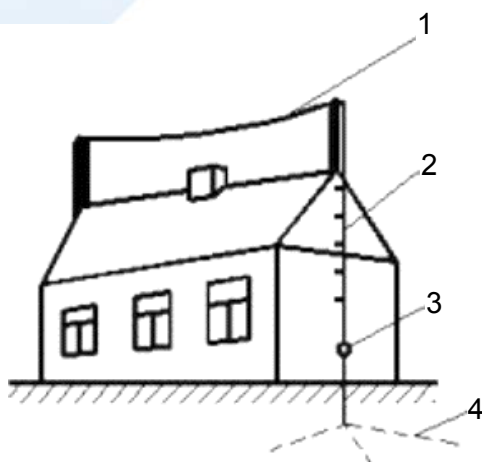


Fig. 1. Schema instalației de trăsnet, unde: 1. terminal în aer orizontal superior, 2. cablu de evacuare, 3. cleme de testare, 4. împământare

Sursa: https://www.researchgate.net/figure/Lightning-protection-system-LPS-transfer-the-lightning-current-safely-to-the-ground_fig1_282924315, (access: 20 September 2018).

Distribuirea paratrăsnetului pe acoperișuri și fațadele clădirilor

Există patru metode care specifică distribuția elementelor instalațiilor de paratrăsnet pentru protecția adecvată a clădirilor de fulgere.

1. Metoda de rostogolire a sferei

Aceasta este o metodă foarte simplă pentru a determina zona care trebuie protejată. Se aplică pentru determinarea descărcărilor laterale. În această metodă, sfera se rotește pe suprafața structurii clădirii și punctul în care sfera atinge peretele său este cel mai predispus la fulgere. Aici trebuie să se monteze capătul terminalului în aer pentru fulgere. Raza sferei specifică ce clasă de protecție este necesară pentru o protecție corespunzătoare.

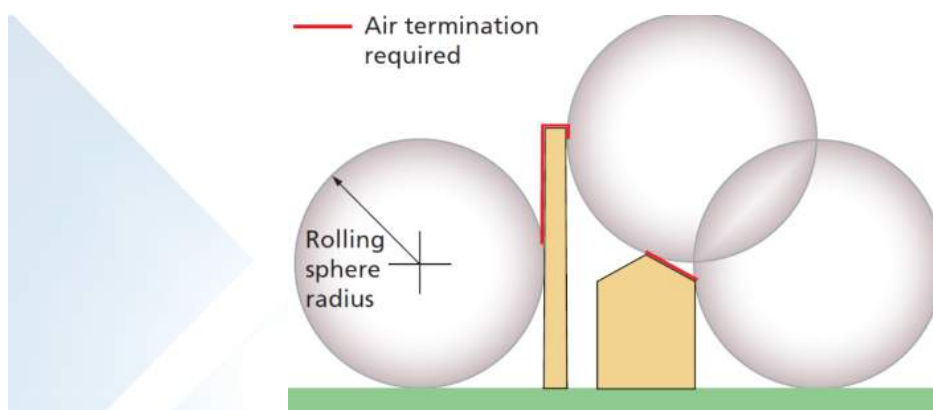


Fig. 2. Determinarea protecției prin metoda Rolling Sphere, unde: – Terminarea aerului este necesară, – Rază sferică rulantă

Sursa: [https://www.lsp-international.com/bs-en-iec-62305-lightning-protection-standard/figure-15-application-of-the-rolling-sphere-method/#iLightbox\[postimages\]/0](https://www.lsp-international.com/bs-en-iec-62305-lightning-protection-standard/figure-15-application-of-the-rolling-sphere-method/#iLightbox[postimages]/0), (access: 20 September 2018).

Tabelul 1. Clasele de protecție și raza sferei de rostogolire

Clasa de protecție LPS	Raza sferei de rostogolire (m)
Clasa I	20
Clasa II	30
Clasa III	45
Clasa IV	60

Sursa: https://sep.com.pl/opracowania/opracowania_ochr_odgrom_bud.pdf

2. Metoda unghiului de protecție

Această metodă reprezintă o simplificare matematică a metodei de rostogolire a sferei. Unghiul de protecție este măsurat între raza cercului care constituie proiecția sferei pe suprafața protejată și înălțimea terminalului în aer.

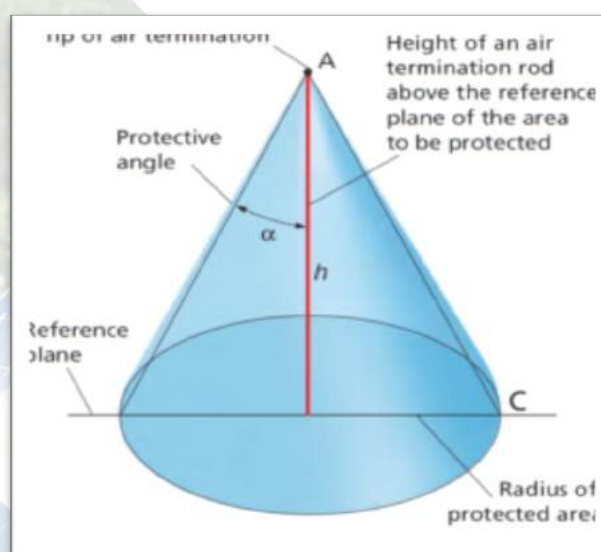


Fig. 3. Determinarea protecției prin metoda unghiului de protecție, unde: – Planul de referință, – Unghiul de protecție, – Vârful terminalului în aer, – Înălțimea tijei terminalului deasupra planului de referință al zonei care trebuie protejată, – Raza ariei protejate

Sursa: <https://www.lsp-international.com/bs-en-iec-62305-lightning-protection-standard/figure-16-the-protective-angle-method-for-a-single-air-rod/>, (access: 20 September 2018).

Unghiul de protecție se modifică împreună cu înălțimea terminalului în aer și astfel se modifică clasa LPS. Această metodă este limitată la înălțimea unei singure tije egală sau mai mică decât raza sferei.

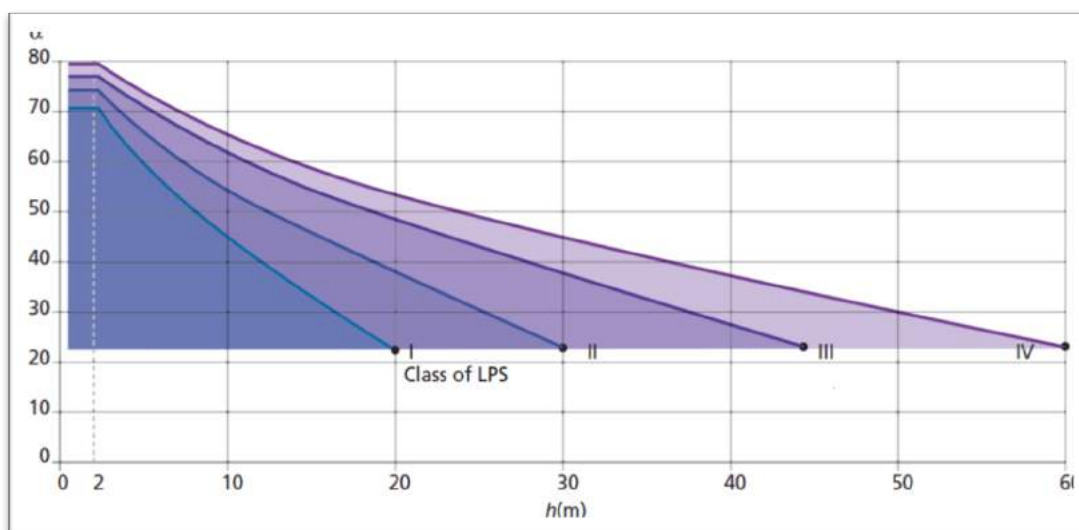


Fig. 4. Dependența unghiului de protecție α° la înălțimea H a terminalului în aer și a clasei LPS

Sursa: <https://www.lsp-international.com/bs-en-iec-62305-lightning-protection-standard/#post/0>, (access: 20 September 2018).

3. Metoda plasei (mesh)

Această metodă se aplică pentru protejarea acoperișurilor plate sau a suprafețelor plane. Această metodă este utilizată numai atunci când firele au forma ochiului de plasă și:

- firele de plasă sunt plasate pe marginile suprafeței,
- dimensiunea ochiului este conformă cu tabelul standard,
- nici o structură metalică nu trebuie să iasă în afara zonei ochiurilor de plasă,
- trebuie să existe cel puțin două căi separate de masă din fiecare punct.

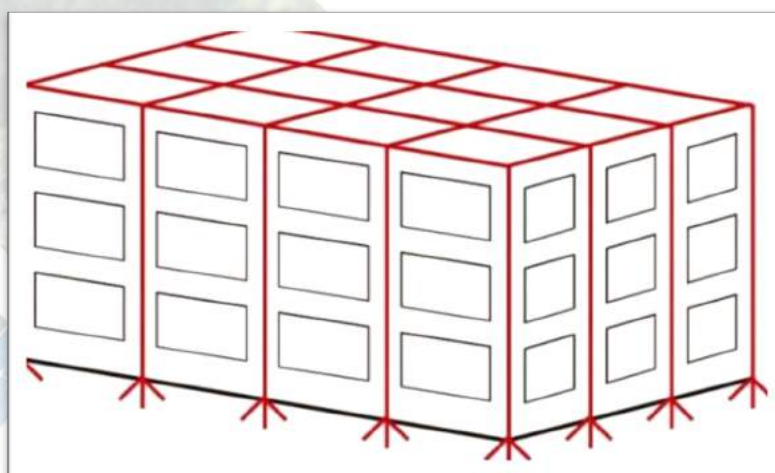


Fig. 5. Schema de determinare a protecției în metoda Mesh

Sursa: <https://www.electrotechnik.net/2014/09/how-is-mesh-protection-for-lightning.html>, (access: 20 September 2018).

Tabelul 2. Clase de protecție și suprafețe de ochiuri

Clasa de protecție (LPS)	Dimensiunea ochiurilor
I	5m x 5m
II	10m x 10m
III	15m x 15m
IV	20m x 20m

Sursa: https://sep.com.pl/opracowania/opracowania_ochr_odgrom_bud.pdf, (access: 20 September 2018).

4. Sistem mixt

În practică, toate cele trei metode sunt aplicate în comun pentru protecția eficientă a clădirilor. În funcție de locul protejat, alegem metoda optimă pentru o anumită clădire.

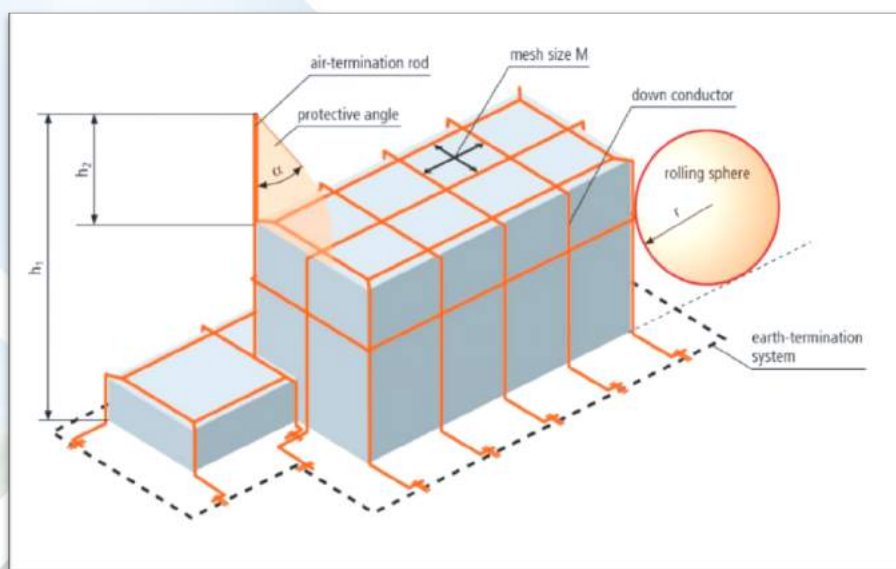


Fig. 6. Schema de determinare a protecției în sistemul mixt, în care: – Unghi de protecție, – Tijă terminalului în aerului, – Dimensiunea ochiurilor de plasă M -, – Sferă rulantă, – Împământare

Sursa: <http://eurovolt.eu/en/post/5-1-air-termination-systems>, (access: 20 September 2018).

Protecție împotriva supratensiunii instalației fotovoltaice pe clădire fără instalarea paratrăsnetului

Dacă instalația fotovoltaică nu are o instalație de trăsnet existentă, atunci o astfel de instalație ar trebui efectuată după evaluarea riscurilor. În Europa, mulți asigurători solicită o astfel de protecție în clasa III.

Principiile de bază ale protecției împotriva impactului direct al curentului de trăsnet spun că "toate dispozitivele de acoperiș din materiale izolatoare sau conductoare, care includ echipamente electrice și/sau echipamente folosite la prelucrarea informației, ar trebui să fie amplasate în zona de protecție a sistemului paratrăsnet".

Astfel, este clar că dacă nu respectăm această recomandare, fulgerul direct în elementele sistemului PV poate duce la distrugerea sistemului fotovoltaic și a instalațiilor corespunzătoare. Astfel, tot sistemul fotovoltaic ar trebui amplasat într-un spațiu protejat.

Acest spațiu poate fi creat prin aplicarea unor sisteme adecvate de izolatoare aeriene verticale sau orizontale. În plus, spațiile de izolație relevante dintre dispozitivele din sistem și terminalele aeriene sau firele de evacuare trebuie menținute.

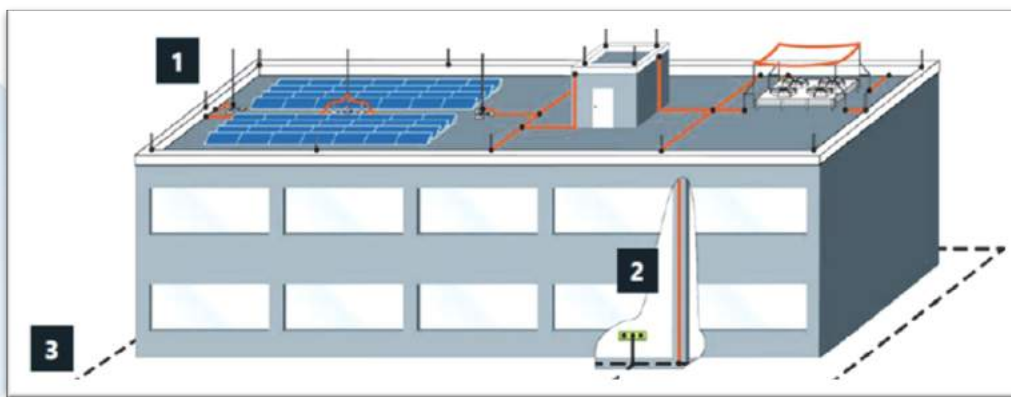


Fig. 7. Instalarea fotovoltaică pe clădire fără protecție, unde: 1. Sistem de terminare a aerului -, 2. Conductor jos, 3. Sistemul de împământare

Sursa: <http://www.ee.co.za/article/lightning-protection-leave-experts.html>, (access: 20 September 2018).

Protecție împotriva supratensiunii instalației fotovoltaice pe o clădire cu instalație de iluminat

Dacă instalația de trăsnet se află deja pe clădire, în timpul conectării protecției instalației fotovoltaice la instalația de iluminat, este important să se mențină o distanță corespunzătoare față de izolație.

Sarcina distanțelor este de a proteja elementele instalației fotovoltaice de arc electric, care ar putea proveni de la terminalele aeriene sau de firele de protecție împotriva trăsnetelor în timpul loviturilor de trăsnet. Izolarea spațiilor în conformitate cu standardul PN-EN 62305-3: 2009 se determină pe baza următoarei formule:

$$S \geq k_i \cdot \frac{k_c}{k_m} \cdot l$$

Unde:

- S – spațierea minimă a izolației,
- k_i – în funcție de clasa de protecție 0,4 pentru clasa III și LPS,
- k_m – coeficient în funcție de materialul de distanțare a izolației 1 – pentru aer,
- k_c – coeficientul depinde de distribuția curentului în fire 1 – pentru 1 fir de evacuare, 1... 0.5 – pentru 2 fire de evacuare,
- l – lungimea în metri, măsurată de-a lungul terminalului aerian sau a firului din punctul în care distanța dintre izolație este considerată a fi punctul celui mai apropiat racord de egalizare.

De obicei distanța izolatoare suficientă S este cuprinsă între 0,5 și 1 m. Apare o problemă atunci când între elementele de instalare PV și elementele paratrăsnetului nu poate fi menținută distanța de izolație, de ex. datorită structurii metalice a acoperișului sau a suprafeței acestuia sau datorită umplerii totale a suprafeței acoperișului cu panouri. În acest caz, pentru a proteja sistemul fotovoltaic de sarcinile de încărcare electrică din instalația de iluminare, elementele metalice ale structurii panoului ar trebui să fie conectate cu instalația de iluminare.

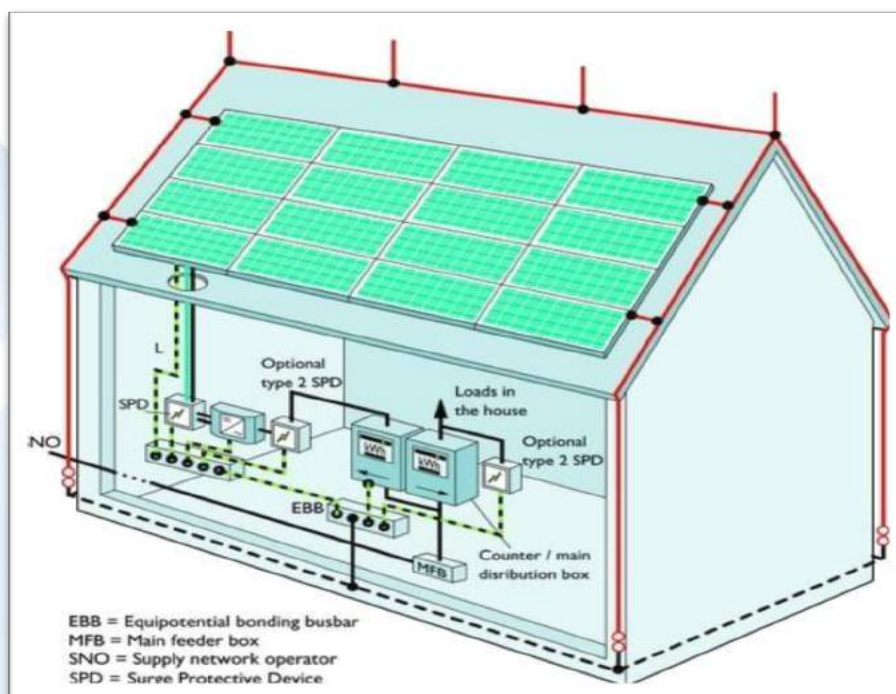


Fig. 8. Instalarea fotovoltaică pe clădirea cu instalația de iluminat, unde: – EBB = bare de colectare a potențialului de echilibru potențial; – MFB = cutie de alimentare principală; – SNO = operator de rețea de furnizare; – SPD = Dispozitiv de protecție împotriva supratensiunii; – Tip opțional SPD; – Încărcăturile în casă; – Cutie de distribuție principală

Sursa: <https://www.indiamart.com/satcomelektronics/r-f-surge-protector.html>, (access: 20 September 2018).

În practică, avem de-a face cu două cazuri:

- 1) Clădirea este echipată cu LPS, iar distanța elementelor PV nu îndeplinește cerința $d < s$; în acest caz, structura de susținere a elementelor PV trebuie să fie acoperită cu racorduri egalizatoare.
- 2) Clădirea este echipată cu LPS, iar distanța elementelor PV satisface cerința $d < s$; în acest caz, structura de susținere a elementelor fotovoltaice ar trebui să fie conectată cu sistemul aerian al paratrăsnetului.

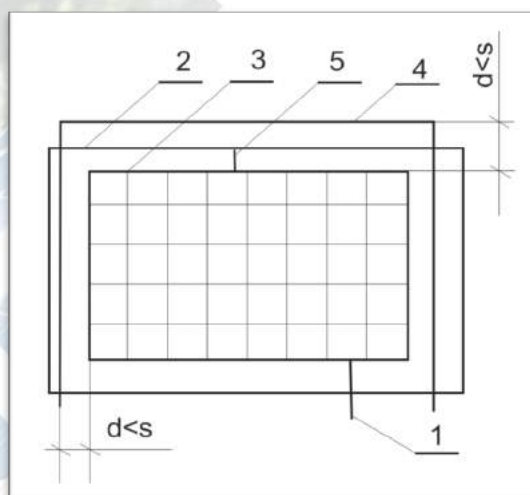


Fig. 9. Conectarea când $d < s$, unde: 1 – Conductor de legare la GSU, 2 – Marginea acoperișului, 3 – generator PV, 4 – Terminale aeriene orizontale, 5 – Conectarea structurii de susținere PV cu LPS

Sursa: proprie.

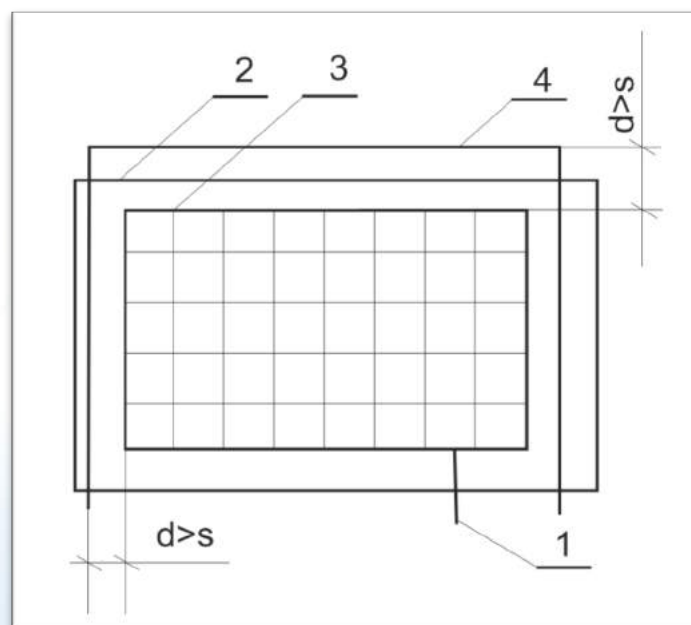


Fig. 11. Conectarea când $d > s$, unde: 1 – conductor de legătură la GSU, 2 – marginea acoperișului, 3 – generator PV, 4 – terminale aeriene orizontale

Sursa: proprie.

4.9. Reguli pentru instalarea sistemelor solare

La inițierea procesului de montaj a sistemului fotovoltaic, ar trebui urmate anumite reguli și etape. O astfel de procedură garantează că acțiunile vor fi rezonabile, eficiente și corecte, în timp ce serviciile oferite clientului vor fi prestate la timp, cu menținerea unei bune calități și a costurilor asumate în estimare.

1	•Verificarea datelor de intrare
2	•Confirmarea termenilor și condițiilor contractului cu investitorul, înainte de începerea lucrărilor
3	•Alegerea componentelor performante și a sculelor
4	•Protecția locului de instalare
5	•Performanța montării
6	•Activități finale și predarea

Fig. 1. Etapele montajului sistemului PV

Sursa: own work.

Verificarea datelor de intrare

Trebuie să se efectueze inspecția la fața locului și trebuie să se verifice dacă documentația tehnică livrată este conformă și ajustată la instalație. Această acțiune este semnificativă atunci când realizăm instalații din documentația pregătită de o terță parte și noi, ca instalatori, nu am participat la nici o inspecție la fața locului și începem să lucrăm ca

o companie angajată pentru lucrările menționate mai sus. Dacă proiectul este al nostru, această acțiune poate fi omisă, deoarece la etapa de proiectare am fost în contact permanent cu locația.

Confirmarea termenilor și condițiilor contractului cu investitorul, înainte de începerea lucrărilor

Bunele practici constau în confirmarea cu clientul a termenilor și condițiilor acordului (prețuri, date de începere a activității). Poate clientul are nevoie de schimbări mici în ceea ce privește începerea lucrului. În cazul în care apar astfel de modificări, acestea trebuie convenite în scris și confirmate prin semnătură bilaterală. Apoi, vom evita eventualele neînțelegeri și litigii cu privire la criteriile de performanță.

Alegerea componentelor performante și a sculelor

Următoarea etapă constă în alegerea tuturor componentelor necesare pentru realizarea lucrărilor de instalare și asigurarea sculelor relevante. Elementele și sculele livrate la locație ar trebui să fie protejate (de preferință în acord cu investitorul – poate că acesta are un spațiu în care acestea pot fi stocate în condiții adecvate). Dacă instalarea noastră este mare și împărțită în etape, ar trebui să se ia în considerare posibilitatea livrărilor pe etape, permițând astfel o mai bună organizare în timpul lucrărilor, fără a diminua performanța.

Este foarte important un control inițial al elementelor livrate (module, invertor, cabluri împreună cu îmbinări și alte elemente de instalare). O astfel de procedură trebuie să permită evitarea eventualelor litigii cu furnizorul în cazul livrării defectuoase, deoarece intervenția noastră va fi imediată. Dacă efectuăm achiziții pe cont propriu, măsurile de control ar trebui să fie efectuate direct în magazin.

Protecția locului de instalare

Întrucât lucrările noastre vor fi lucrări electrice pe de o parte și lucrări la înălțime, pe de altă parte, locul de instalare trebuie protejat în conformitate cu reglementările ITM.

Angajații care participă la lucrări trebuie să fie sănătoși și să aibă toate certificatele relevante valabile.



Fig. 2. Protecția site-ului – gard

Sursa: <http://odnawialneźródłaenergii.pl/energia-sloneczna-aktualnosci/item/514-farma-fotowoltaiczna-w-lipsku-na-finiŝu>, (access: 20 September 2018).

Performanța montării

În etapa următoare, continuăm cu instalarea care se realizează în etape.

În cazul echipelor mici (de două persoane), etapele sunt executate una după alta, în timp ce în cazul echipelor mai mari, putem efectua anumite etape în paralel.

Etapele particulare rezultă direct din logica structurii sistemului și sunt următoarele:

- 1) Montarea structurii de susținere (pe acoperiș sau pe pământ)



Fig. 3. Structura de susținere pe acoperiș

Sursa: <http://solarsystemmanufacturers.com/metal-roof-mounting-structure/metal-roof-mounting-structure-manufacturer/>, (access: 20 September 2018).



Fig. 4. Structura de susținere pe teren

Sursa: <https://www.solarbuildermag.com/wp-content/uploads/2013/05/Solar-FlexRack.jpg>, (access: 20 September 2018).

- 2) Controlul corectitudinii ansamblului.
- 3) Montarea modulelor fotovoltaice pe structura de susținere.



Fig. 5. Montarea modulelor pe structura de susținere a acoperișului
Sursa: <http://www.solarpanelsindustry.com/p/portfolio.html>, (access: 20 September 2018).



Fig. 6. Montarea modulelor pe structura de susținere a solului

- 4) Controlul corectitudinii ansamblului.
- 5) Conectarea electrică a modulelor și realizarea instalației CC.

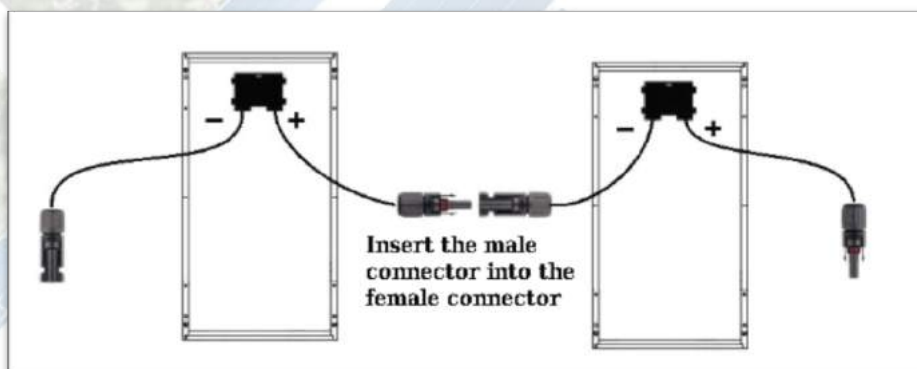


Fig. 7. Conectarea electrică a modulelor, unde: – Se introduce conectorul tată în conectorul mamă.
Sursa: <https://www.solar-electric.com/learning-center/wiring-cabling/how-to-use-mc4-connectors-cables.html>, (access: 20 September 2018).

- 6) Controlul și măsurătorile necesare în ceea ce privește energia electrică.
- 7) Montarea paratrăsnetului (dacă este proiectat) și a protecțiilor pe partea CC.

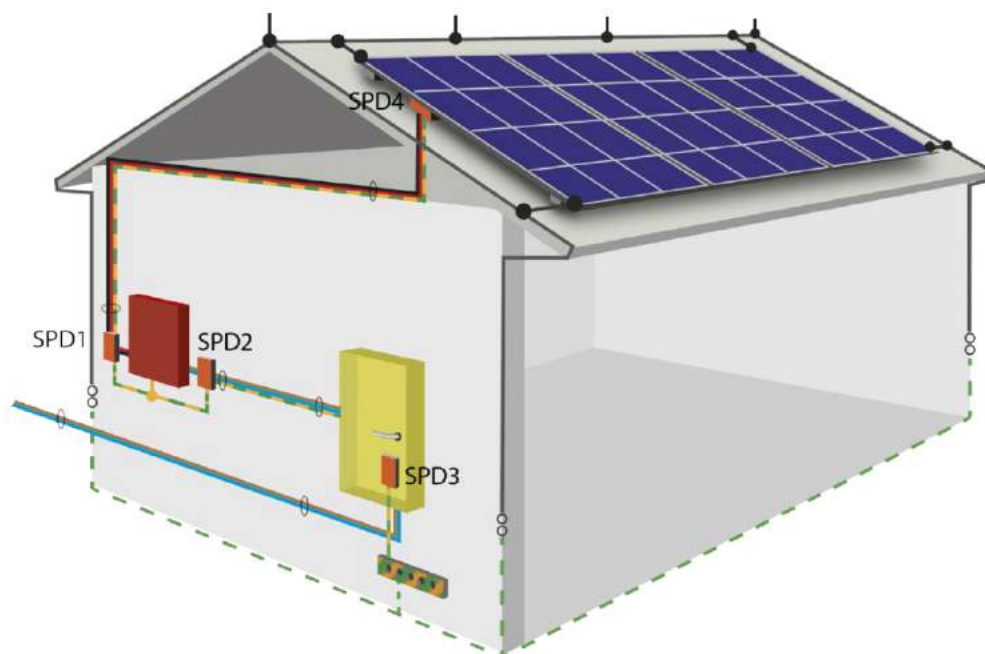


Fig. 8. Instalarea paratrăsnetului

Sursa: <http://www.novaris.com.au/wp-content/uploads/2016/02/0015-D29V2-Protection-for-PV-Systems-Australia.pdf>, (access: 20 September 2018).

- 8) Controlul și măsurătorile electrice necesare.
- 9) Montarea cutiei de conexiuni CC și a comutatorului principal CC asociat circuitului.



Fig. 9. Montarea cutiei CC

Sursa: <https://www.etigroup.eu/solution/protection-of-photovoltaics-systems/dc-distribution-and-protection>, (access: 20 September 2018).

- 10) Controlul final al întregului sistem CC pe partea colectoarelor fotovoltaice.
- 11) Asigurarea instalării cablului principal CC și a cutiei de conexiuni la inverter.
- 12) Asamblarea inverterului conform instrucțiunilor.



Fig. 10. Montajul invertorului

Sursa: <http://greenpowerco.com.au/wp-content/uploads/2016/11/sma-inverters-1024x354.jpg>, (access: 20 September 2018).

- 13) Controlul instalării corecte a cablului principal CC și a ansamblului invertorului.
- 14) Asigurarea instalației de curent alternativ de la invertor la tabloul principal.
- 15) Montarea protecțiilor pe partea CA.



Fig. 11. CA protecții

Sursa: <https://solarbay.com.au/projects/drury-farm-dairy-commercial-solar/dairy-farm-solar/>, (access: 20 September 2018).

- 16) Controlul asamblării corecte a circuitului de curent alternativ.
- 17) Conectarea invertorului la rețea (dacă există).
- 18) Montarea și conectarea bateriei (dacă există).
- 19) Pregătirea pentru punerea în funcțiune a invertorului fără circuitul CC conectat pentru a verifica corectitudinea instalării CA.
- 20) Deconectarea temporară a invertorului de la rețea.
- 21) Conectarea circuitului CC la invertor și reactivarea acestuia.
- 22) Efectuarea ajustărilor necesare și a operațiilor programabile în invertor.
- 23) Activarea sistemului de comunicații la distanță.
- 24) Deconectarea dispozitivelor suplimentare, dacă există (de exemplu, Solar Log), pentru analiză.

Activități finale și predarea

- 1) Instruirea utilizatorilor.
- 2) Semnarea protocolului de predare, emiterea documentelor de garanție care încheie instalarea.
- 3) Decontare finală cu clientul.

4.10. Erori tipice de instalare

Sistemele fotovoltaice ar trebui să funcționeze mai mulți ani. Prin urmare, orice informație despre erorile și problemele tipice în timpul asamblării sistemului este utilă.

Deteriorări ale izolației

Recent, calitatea firelor și conexiunile dintre module a fost îmbunătățită semnificativ prin introducerea conectorilor cu priză. Aplicarea cablurilor și conexiunilor prin cablu cu rezistență mică la temperatură și radiații ultraviolete UV a creat multe probleme.

Conectarea corectă se referă și la rezistența mecanică adecvată. Toate conexiunile și izolațiile îmbătrânesc. Durata de viață a cablurilor folosite în sistemele de alimentare cu energie este de 45 de ani.

Izolarea cablurilor poate fi afectată de radiațiile ultraviolete, defecțiuni la supratensiune și mecanice. Orice deteriorare a izolației din partea CC poate provoca apariția unui incendiu.

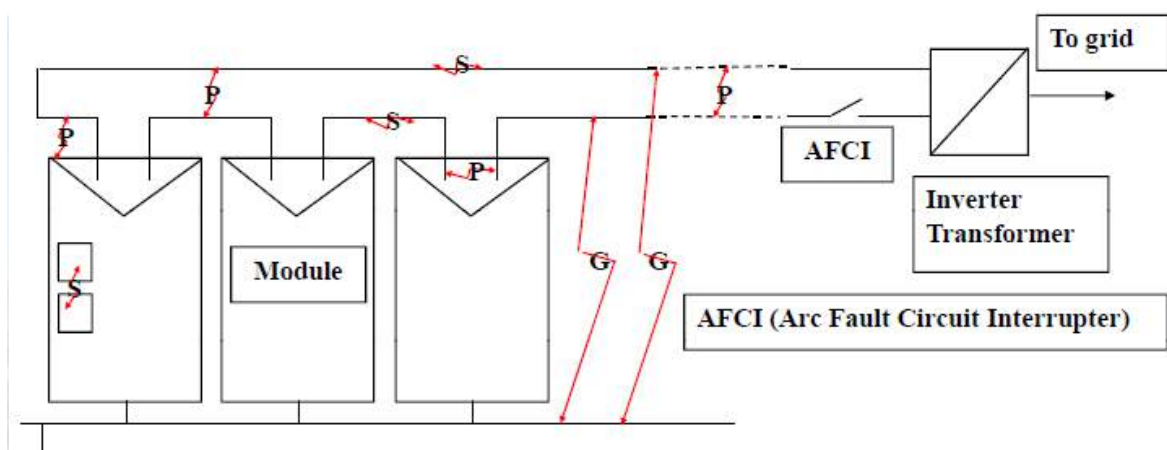


Fig. 1. Locurile probabile de deteriorare a cablului în sistemul fotovoltaic, unde: – La rețea, – Invertor, – Transformator, – AFCI (Arc Fault Circuit Interrupter) – întrerupător al circuitului cu arc de defect, – modulul PV

Sursă: <https://www.agcs.allianz.com/assets/PDFs/ARC/Tech%20Talks/TTVol8-FireHazardsofPVSystems.pdf> (acces: 20 septembrie 2018).

Prin urmare, cablarea trebuie verificată periodic în ceea ce privește deteriorarea mecanică și termică. Măsurarea rezistenței izolației este cea mai bună soluție.

Monitorizarea automată a izolației aplicată în invertoare este o funcție foarte utilă. Sistemul de monitorizare semnalează deteriorarea izolației și oprește sistemul fotovoltaic. Cu toate acestea, curentul de la panourile fotovoltaice trebuie încă furnizat. Aceasta înseamnă că defectarea nu poate fi eliminată de invertor. Dacă se semnalează un astfel de defect, ar trebui să înceapă o acțiune de reparare cât mai curând posibil.

Defectarea invertorului

Defectările invertorului sunt cele mai frecvent semnalate defecțiuni (63%). Cu toate acestea, se poate observa o îmbunătățire semnificativă în acest domeniu. Dimensionarea necorespunzătoare sau reglarea tensiunii din panourile fotovoltaice reprezintă o eroare comună. Multe companii de instalare au depășit această problemă prin aplicarea unor instrumente software care să permită o simulare adecvată a parametrilor sistemului. O altă

sursă de probleme cu invertoarele constă în defecțiuni cauzate de impulsuri electrice sau comutatoare de rețea, îmbătrânire sau supraîncălzire.

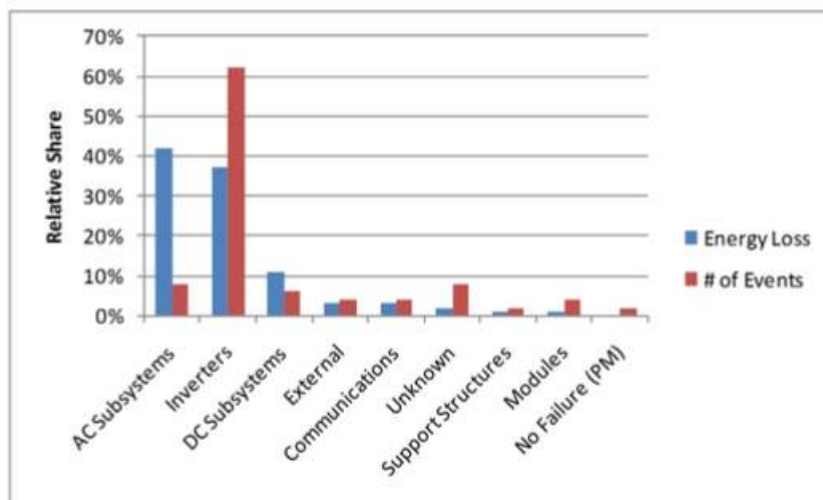


Fig. 2. Distribuția procentuală a deteriorării sistemelor fotovoltaice, unde: – Relative share – Ponderea relativă, – Energy loss – Pierdere de energie, – Subsystemul CA, – Inverters – Invertoare, – Subsystemul CC, – External – extern, – Communications – Comunicare, – necunoscu, – Support structures – Structuri suport, – Module PV, – No failure – Fără eșec

Sursă: <https://www.scottmadden.com/insight/solar-photovoltaic-plant-operating-and-maintenance-costs/>, (acces: 20 septembrie 2018).

Defecțiuni mecanice ale modulelor

Distrugerea modulelor fotovoltaice în timpul instalării pe acoperiș, în timpul aranjării pentru a obține o suprafață plană, constituie o defecțiune tipică. Lipsa de dilatare între module sau fixări prea rare care nu iau în considerare puterea vântului, constituie o eroare tipică în montajul PV. Un modul selectat necorespunzător pentru condițiile de mediu, sub influența temperaturii și a vântului, sau ca urmare a îmbătrânirii poate fi supus unei degradări mai rapide și de ex. sticla poate deveni fragilă, în timp ce un material nepotrivit pentru structura de susținere se poate coroda.



Fig. 3. Deteriorarea generatorului fotovoltaic sub influența vântului

Sursa: <https://www.renewableenergyworld.com/articles/print/volume-18/issue-4/features/solar/ensuring-your-solar-array-doesn-t-get-caught-in-the-wind.html>, (access: 20 September 2018).

Erori și deteriorări ale instalației PV pot fi minimizate prin proiectarea, instalarea și întreținerea corespunzătoare a sistemului fotovoltaic. De obicei, cele mai multe erori în sistemele fotovoltaice apar în timpul instalării.

Erori frecvente în timpul instalării și configurării panoului PV

- 1) Schimbarea cablului, fără modificarea proiectului circuitului.
- 2) Schimbarea unui tip de modul sau a unui producător din cauza unor probleme cu consumabilele.
- 3) Depășirea tensiunii modului sau a invertorului ca rezultat al proiectării incorecte a panoului.
- 4) Aranjarea unui număr prea mic de module seriale pentru funcționarea corectă a invertorului în timpul temperaturilor mari de vară.
- 5) Instalarea modulelor fotovoltaice fără a lua în considerare parametrul I_{mpp} al fiecărui modul (gruparea).

Erori frecvente la instalare în cablare

- 1) Erorile umane în performanța conexiunilor în timpul instalării.
- 2) Montarea incorectă a cablurilor la sol (canale de cablu).



Fig. 4. Cabluri PV necorespunzătoare

Sursa: <https://solarprofessional.com/articles/design-installation/common-residential-pv-system-code-violations#.W9Hs1nszap0>, (access: 20 September 2018).

- 3) Cablurile ating acoperișul sau alte suprafețe abrazive expuse la deteriorări fizice.
- 4) Șinele de cablu sunt montate incorect – montarea la distanțe prea mari.
- 5) Prea multe cabluri într-un clip de prindere.



Fig. 5. Cablurile fotovoltaice aranjate incorect fără traseu de cablu

Sursa: <https://newenglandcleanenergy.com/energymiser/2013/05/09/shady-solar-installers-installment-2-why-wires-matter/>, (access: 20 September 2018).

- 6) Lipsa elementelor de susținere pentru montarea cablurilor.
- 7) Cabluri prea tensionate.
- 8) Conectorii nu au fost complet atașați.
- 9) Îndoirea cablurilor prea aproape de priză.
- 10) Conectorii sunt conectați incorect (nu sunt blocați).



Fig. 6. Conectarea corectă a cablurilor PV cu ajutorul conectorilor

Sursa: <https://www.homepower.com/articles/solar-electricity/equipment-products/array-wire-management>, (access: 20 September 2018).

Erori de instalare tipice la împământarea modulelor fotovoltaice

- 1) Lipsa instalației de împământare pe panou.
- 2) Nu au fost conectate diferite părți ale modulelor pentru a obține un potențial egal de împământare.



Fig. 7. Conectarea corectă a cablurilor PV cu ajutorul conectorilor

Sursa: <https://solarprofessional.com/articles/design-installation/common-residential-pv-system-code-violations#.W9Hs1nszapo>, (access: 20 September 2018).

- 3) Utilizarea unor dispozitive de împământare necorespunzătoare la modulele fotovoltaice și la structurile de susținere.
- 4) Presupunerea că ramele de aluminiu introduse în pământ pentru a susține structurile asigură o împământare eficientă.
- 5) Instalarea împământării cu dimensiuni greșite.
- 6) Protecție împotriva trăsnetului instalată incorect.



Fig. 7. Parte din instalația paratrăsnet

Sursa: <https://www.solarinsure.com/protect-your-solar-power-system-from-lightning>, (access: 20 September 2018).

Erorile tipice privind instalarea și dezinstalarea cutiilor electrice și a canalelor de cablu

- 1) Spargerea instalațiilor cu montare verticală la aplicații non-verticale – instalarea întrerupătoarelor destinate funcționării verticale în setare non-verticală.
- 2) Instalarea siguranțelor de valoare necorespunzătoare.
- 3) Cutii electrice și canale amplasate incorect, nefiind disponibile pentru folosire.
- 4) Nerespectarea instrucțiunilor producătorului privind deconectarea cablurilor pe partea CC.
- 5) Instalarea cablului fără izolație sau cu izolație necorespunzătoare în locuri umede și în cutii interioare care nu sunt rezistente la umezeală.
- 6) Folosirea dispozitivelor incorecte pentru introducerea cablurilor în cutii externe.

Erori tipice de instalare legate de sistemele de montare

- 1) Folosirea necorespunzătoare a echipamentului de asamblare.
- 2) Lucrări la acoperiș realizate greșit.
- 3) Aplicarea unor monturi necorespunzătoare unui anumit tip de acoperiș.
- 4) Utilizarea șuruburilor incorecte pentru elementele de acoperiș.
- 5) Găurirea unor deschideri incorecte pentru prizele de perete și terminațiile sparte ale acoperișului (elemente de acoperiș).
- 6) Distanța incorectă a modulelor de pe acoperiș.

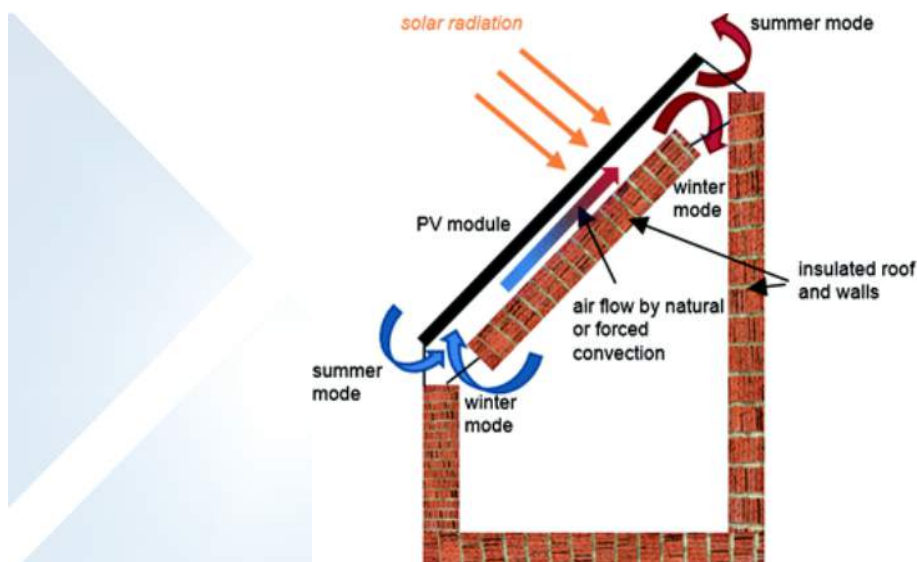


Fig. 8. Schimb de aer la modulul PV bine asamblat, unde: – Radiație solară, – Modul PV, – Modul de vară, – Modul de iarnă, – Fluxul de aer prin convecție naturală sau forțată, – Acoperiș și pereți izolați
Sursa: Olivier Dupré, Rodolphe Vaillon, Martin A. Green; Thermal Issues in Photovoltaics and Existing Solutions Springer International Publishing AG 2017.

4.11. Condițiile de conectare și documentația tehnică a instalației

Documentația tehnică

Majoritatea instalațiilor fotovoltaice funcționează în rețea, adică sunt conectate la rețeaua electrică. Conectarea unui sistem la rețea necesită îndeplinirea condițiilor tehnice specifice impuse de operatorul local al rețelei.

În cazul microinstalațiilor, una dintre condiții este prezentarea documentației tehnice a instalației în etapa de depunere a cererii de conectare.

Documentația trebuie să includă:

- diagrama instalației electrice,
- metoda de conectare a sistemului PV la rețea,
- dacă solicitantul este un antreprenor, sistemul de conectare trebuie să includă și sistemul de măsurare pentru energia electrică produsă.

În plus, cererea de conectare a instalației fotovoltaice ar trebui să includă informații detaliate referitoare la anumite elemente de instalare:

1) Informații privind instalația fotovoltaică

- a) Locație sol / acoperiș / fațadă / altceva.....
- b) Numărul secțiunilor * [pc.].
- c) Puterea nominală a secțiunii..... [W].
- d) Tensiunea maximă admisă..... [V].
- e) Tipul montat la:.....
- f) Înălțimea maximă a structurii ** [M].

* Un grup de panouri conectate la un invertor trebuie tratat ca secțiuni.

** Se referă numai la structurile asamblate pe pământ, numărate de la sol la cel mai înalt element proeminent al structurii / panoului.

2) Celula fotovoltaică

- a) Producător / țară / tip:
- b) Durata de exploatare preconizată în ani:.....
- c) Putere nominală maximă:..... [W].
- d) Tensiunea circuitului CC:..... [V].
- e) Tensiune maximă CC:..... [V].
- f) Curentul de scurtcircuit:..... [A].
- g) Curentul maxim pentru condiții optime:..... [A].
- h) Eficiența nominală..... [%].
- i) Dimensiuni (lățime / înălțime)..... [m].

3) Invertor CC/CA

- a) Tipul convertorului
- b) Producător / țară....
- c) Numărul de convertoare..... [buc.].
- d) Putere nominală CA [kW].
- e) Puterea nominală CC..... [kW]
- f) Tensiunea maximă de intrare.... [V].
- g) Tensiunea nominală a ieșirii..... [V].
- h) Domeniul variației tensiunii de ieșire.... [V].
- i) Curent nominal nominal de intrare..... [A].
- j) Curentul nominal de ieșire..... [A].
- k) Curentul de ieșire min / max..... [A].
- l) Consumul de energie în modul de noapte.... [W].
- m) Frecvența.... [Hz].
- n) Gama de modificări de frecvență.... [Hz].
- o) Factorul de distorsiune.... [%].
- p) Factorul de putere.... [-].

Performanța instalației

În plus, trebuie subliniat faptul că montajul sistemului PV și conectarea acestuia la rețeaua electrică poate fi efectuată numai de către o persoană acreditată conform prevederilor țării respective.

Teste finale, pornire și punere în funcțiune

Procesul de instalare se termină cu etapa de testare și pornire. Această etapă este precedată de procedura de întocmire a unui raport scris de către instalator, care să includă rezultatele testelor de funcționare, inclusiv cele specificate în instrucțiunile de instalare ale producătorilor de dispozitive fotovoltaice utilizate.

Măsurătorile de testare trebuie să fie precedate de o inspecție inițială a sistemului, care trebuie efectuată chiar înainte de conectarea sursei de alimentare a instalației. Inspectarea trebuie efectuată în conformitate cu cerințele standardului IEC 60364-6.

Notă: În cazul instalațiilor electrice amplasate în locuri greu accesibile, după instalarea sistemului, poate fi necesar să le verificați înainte de lucrările de instalare sau în cursul instalării.

În timpul inspecției inițiale, ar trebui să se verifice următoarele elemente tipice pentru sistemele fotovoltaice:

Partea CC a sistemului PV – verificare generală

Verificarea generală a instalării CC ar trebui să controleze dacă:

- 1) Sistemul CC a fost proiectat, specificat și instalat în conformitate cu cerințele standardului IEC 60364, în special partea IEC 60364-9-1.
- 2) Tensiunea maximă a câmpului modulului fotovoltaic este adecvată pentru amplasarea sistemului fotovoltaic (IEC 60364-9-1 și reglementările locale pot prevedea că instalațiile deasupra unei anumite tensiuni pot fi amplasate numai în locații specificate).
- 3) Toate elementele sistemului și structurile de instalare au fost selectate și montate în așa fel încât să țină cont de impactul condițiilor externe prevăzute, cum ar fi vântul, zăpada, temperatura sau expunerea la coroziune.
- 4) Elementele de fixare a acoperișului și cablajele electrice sunt rezistente la condițiile atmosferice (dacă este cazul).

Sistemul CC – protecție împotriva electrocutării

Controlul instalației CC ar trebui să acopere și verificarea măsurilor de protecție împotriva electrocutării în cazul defectelor de izolație, astfel:

- a) Măsurile de protecție prevăzute la aplicarea tensiunii foarte scăzute (SELV / PELV) – da / nu;
- b) Protecție prin aplicarea clasei II sau izolație egală pe partea CC – da / nu;
- c) Cablurile și conexiunile circuitele PV și câmpului modulului PV au fost selectate și instalate astfel încât să se minimizeze riscul de scurtcircuitare a acestora și a defectelor la sol; de obicei se realizează prin aplicarea unui cablu cu izolație de protecție întărită (adesea denumită "izolație dublă") – da / nu;

Sistemul CC – protecția împotriva deteriorării izolației

Controlul instalării CC ar trebui să acopere și verificarea măsurilor de protecție împotriva deteriorării izolației, astfel:

- a) Izolarea galvanică în interiorul invertorului și pe partea CA – da / nu;
- b) Punctul funcțional al fiecărui element conductor – da / nu;
NOTĂ: pentru a stabili dacă măsurile de protecție împotriva deteriorării izolației au fost specificate corespunzător sunt necesare cunoștințe despre izolarea galvanică și motivele funcționale;
- c) Sistemul de alarmă pentru a detecta rezistența redusă la izolație între câmpul modulului fotovoltaic și împământare a cerințelor standard IEC 60364-9-1.
NOTĂ: opțiune asigurată de invertor.

Sistemul CC – protecție la supracurent

Controlul instalării CC ar trebui să acopere verificarea protecției la supracurent în circuitele de curent continuu:

- a) În cazul sistemului fără protecție la supracurent în circuitele modulelor PV, trebuie să se asigure că:
 - $I_{MOD_MAX_OCPR}$ (curentul nominal maxim al siguranței seriale în lanț) este mai mare decât curentul invers;
 - Cablurile circuitelor modulelor PV sunt selectate astfel încât să permită transferul curentului de scurtcircuit maxim din circuitele conectate în paralel.

Notă: standardul IEC 60364-9-1 trebuie aplicat pentru calcularea curentului invers al câmpului modulului fotovoltaic;

- b) În cazul sistemelor cu protecție la supracurent în circuit, trebuie să se asigure că dispozitivele de protecție la supracurent sunt adecvate, instalate corespunzător și respectă cerințele standardului IEC 60364-9-1; o procedura similară ar fi trebuit implementată atunci când a fost instalată protecția la supracurent pentru întregul câmp al modulelor fotovoltaice.

Sistemul CC – împământare

Controlul împământării pe partea de curent continuu trebuie să acopere verificarea:

- a) Atunci când sistemul fotovoltaic conține o împământare funcțională a unuia dintre cablurile de curent continuu – respectarea specificațiilor și instalarea acestei legături la pământ cu cerințele standardului IEC 60364-9-1;
- b) Când sistemul fotovoltaic are o conexiune directă la pământ pe partea CC – se controlează conformitatea întrerupătorului aplicat cu cerințele standardului IEC 60364-9-1;
- c) Conformitatea metodei de legare la pământ a ramei de câmp a modului fotovoltaic cu cerințele standardului IEC 60364-9-1.

NOTĂ: Reglementările locale pot necesita conexiuni diferite.

- d) Dacă sunt instalate cabluri de împământare și/sau fire de egalizare a nivelului, trebuie verificat dacă acestea sunt aranjate în paralel cu firele CC și conectate cu acestea.

Sistemul CC – protecția împotriva fulgerului și a supratensiunilor

Controlul instalării CC ar trebui să acopere:

- a) Verificarea ca suprafața buclelor create de cablurile electrice să fie cât mai mică posibil, pentru a minimiza tensiunea cauzată de fulgere;
- b) Verificarea măsurilor care vizează protejarea cablurilor lungi (de exemplu, prin ecrane sau instalarea de fuzibile de împământare – SPD);
- c) Dacă sunt aplicate siguranțe de împământare SPD, verificați dacă acestea sunt instalate în conformitate cu cerințele standardului IEC 60364-9-1.

Sistemul CC – selectarea și instalarea echipamentelor electrice

Controlul instalării CC verifică dacă:

- a) Toate elementele sunt dedicate curentului continuu, la valorile maxime posibile ale tensiunii și curentului, așa cum sunt definite în standardul IEC 60364-9-1;

NOTĂ: Cunoașterea tensiunii și curentului maxim al sistemului este necesară în timpul controlului sistemului CC.

- tensiunea maximă a sistemului este funcția de configurare a circuitului modului PV /câmpul modului PV, tensiunea circuitului deschis (VOC) al modulelor și multiplicatorul având în vedere modificările temperaturii și intensității luminii (de obicei 1.3);
- curentul maxim de scurtcircuit depinde de configurarea circuitelor modului PV/ câmpul modului fotovoltaic, de curentul de scurtcircuit (ISC) al modulelor și de multiplicatorul având în vedere modificările temperaturii și intensității radiației (de obicei 1.5);
- b) Instalațiile electrice au fost selectate și instalate pentru a rezista impactului preconizat al factorilor externi, cum ar fi vântul, gheața, temperatura, radiațiile solare și UV;
- c) Metoda de izolare și de separare a circuitelor modului PV și a secțiunilor modulelor fotovoltaice a fost conformă cu cerințele standardului IEC 60364-9-1;
- d) Întrerupătorul de curent continuu este instalat pe partea invertorului de curent continuu conform cerințelor standardului IEC 60364-9-1;

Notă: Standardul IEC 60364-9-1 definește patru metode diferite de instalare a comutatoarelor; tipul și locul aplicării comutatorului trebuie prezentate în raportul de acceptare a sistemului.

- e) Dacă sunt instalate diode de blocare, trebuie să se verifice dacă tensiunea lor nominală inversă ajunge la cel puțin $2 \times \text{VOCSTC}$ a circuitului modulului PV, unde au fost instalate diodele (standardul IEC 60364-9-1);
- f) Conectorii și sloturile de conectare sunt de același tip și de la același producător și corespund cerințelor standardului IEC 60364-9-1.

Partea CA a sistemului PV – verificare generală

Controlul sistemului fotovoltaic pe partea CA verifică dacă:

- a) Întrerupătorul de deconectare a invertorului este plasat pe partea de tensiune CA;
- b) Toate dispozitivele de deconectare și de comutare aplicate în instalația fotovoltaică sunt cablate din partea "încărcăturilor", în timp ce rețeaua publică – din partea "sursă";
- c) Parametrii invertorului au fost programați în conformitate cu reglementările locale;
- d) În cazul în care elementul RCD de protecție diferențială a fost instalat în circuitul de alimentare alternativă care alimentează invertorul, trebuie verificat dacă elementul respectiv a fost selectat în conformitate cu cerințele standardului IEC 60364-9-1.

NOTĂ: În cazul unor invertoare, pot fi necesare siguranțe RCD tip B (ars lent).

Etichetare și identificare

Controlul sistemului fotovoltaic verifică dacă:

- a) Toate sistemele, dispozitivele de protecție, întrerupătoarele și terminalele au fost etichetate în conformitate cu cerințele standardului IEC 60364, în general și 60364-9-1, în special;
- b) Etichetele de avertizare au fost plasate pe toate carcasele cutiei de conexiuni electrice (generatorul PV și câmpurile modulului fotovoltaic) care arată că piesele active din interiorul cutiei sunt furnizate din câmpul modulului PV și pot fi încă electrificate, chiar și după deconectarea invertorului PV de la rețeaua publică;
- c) Disjunctorul de pe partea CA a fost clar etichetat;
- d) Punctele de conectare ale sistemului și ale rețelei sunt echipate cu etichete de avertizare care anunță alimentarea dublă;
- e) Schema de cablare electrică cu o singură linie este disponibilă la locul de instalare;
- f) Datele instalatorului sunt disponibile la locul de instalare;
- g) Procedurile de dezactivare a sistemului sunt disponibile la locul de instalare;
- h) Procedurile de alarmă sunt disponibile la locul de instalare (dacă este cazul);
- i) Toate etichetele sunt fixate permanent.

NOTĂ: cerințele pentru etichetarea și identificarea sistemului fotovoltaic sunt specificate în standardul IEC 60364-9-1.

O copie a rezultatelor testelor trebuie furnizată clientului. După pornirea sistemului, instalatorul emite un certificat pentru client, care conține următoarele date:

- Adresa proprietății imobiliare.
- Datele de contact ale instalatorului.
- Tipurile și numerele de serie ale dispozitivelor instalate.
- Data de punere în funcțiune a sistemului fotovoltaic.
- Puterea sistemului fotovoltaic.
- Eficiența energetică anuală estimată a sistemului PV.

- Perioada de garanție acordată de instalator.
- Garanțiile producătorului pentru module PV și invertor, precum și detalii de contact ale serviciilor furnizorilor de componente.

Aceste informații sunt deosebit de importante atunci când nu există o companie de instalare. În plus, permite clientului să nu fie pus în situația neplăcută că nu are pe cine să tragă la răspundere pentru instalarea greșită.

Garanții și service

După încheierea procesului de instalare, clientul trebuie să fie sigur că are suport în cazul unor probleme legate de sistemul PV. Detaliile legate de garanțiile privind calitatea produselor și lucrările de instalare trebuie incluse în documentația de pornire furnizată clientului de către instalator la finalizarea instalării.

Instalatorii ar trebui să propună încheierea unui acord de servicii, dar nu ar trebui să insiste asupra utilizării acestuia. Este o bună practică să lăsați clientului instrucțiuni de întreținere a sistemului.

Toți instalatorii trebuie să aibă, să aplice și să comunice clientului o procedură transparentă de rezolvare a reclamațiilor.

Un sondaj de satisfacție a clienților este un instrument util pentru a monitoriza satisfacția clienților. Prin urmare, lăsarea unui astfel de formular în setul de documente furnizate clientului constituie o bună practică.

4.12. Estimare, ofertă, contract pentru instalarea de dispozitive și sisteme solare

Principii legate de calitate

Fiecare companie de instalare trebuie să construiască sisteme fotovoltaice în conformitate cu standardele valabile și în întregul proces de construcție ar trebui să aplice bune practici pentru instalarea sistemelor fotovoltaice la același nivel ridicat de calitate.

Sistemul de management al calității (QMS) constituie un instrument pentru acest scop. Ideea de bază a sistemului de management al calității este aceea că întregul proces, de la propunerea ofertei, până la asamblarea, activarea și punerea în funcțiune a sistemului fotovoltaic, trebuie specificat într-un plan scris care este implementat de instalator.

Procedurile standard, formularele și software-ul care creează sistemul de management al calității contribuie la coerența activităților și la trasabilitatea acestora. Trasabilitatea devine importantă în cazul problemelor apărute imediat după activare, dar poate contribui și mai târziu.

O astfel de documentație ajută la înțelegerea locului în care, instalatorul a făcut o greșală sau demonstrează că instalatorul nu a făcut greșeli și vina este în altă parte (este deosebit de utilă în caz de dispută).

Standardul ISO 9001 este un exemplu al sistemului de management al calității aplicat de multe întreprinderi mijlocii și mari și poate fi un ghid util pentru toți cei care vor să configureze sistemul de management al calității în activitatea lor. Trebuie avut în vedere că fiecare companie este diferită, astfel încât fiecare entitate trebuie să-și dezvolte propriul QMS.

Implementarea întregului sistem ISO 9001 nu este necesară pentru realizarea unor scopuri calitative. Sistemul este mai precis pentru companiile mai mici și antreprenorii individuali.

Lista de mai jos cuprinde elemente care pot fi luate în considerare la scrierea ofertelor unei companii care instalează sisteme fotovoltaice:

1. Procedura de colectare a datelor pentru proiect, formularul de ofertă.
 - a) Date la oferta inițială,
 - b) Date de la inspecția la fața locului.
2. Exemplu de ofertă.
3. Exemplu de contract cu clientul.
4. Procedura de selectare a software-ului care urmează să fie folosit pentru proiectarea sistemului PV.
5. Procedura de selectare a elementelor care urmează să fie folosite la sistemul PV.
6. Procedura de realizare a instalării sistemului PV: proiectare, amenajări, asamblare.
7. Procedura de acceptare a sistemului fotovoltaic.
8. Procedura pentru actualizarea QMS (Quality Management Service), inclusiv documentele aplicate în acesta.
9. Alte documente care ar trebui incluse în QMS, de exemplu:
 - a) Lista reglementărilor interne referitoare la construcția sistemului fotovoltaic: standardele tehnice, regulamentele de construcție și ghidurile sectoriale.
 - b) Instrucțiunile producătorului pentru fiecare produs fotovoltaic instalat de companie.
 - c) Lista documentelor pe care trebuie să le furnizeze clientului, inclusiv cele referitoare la lucrările de întreținere.
 - d) Legătura de performanță cu cerințe specifice de garanție.
 - e) Principiile de protecție a sănătății și siguranței, ținând seama în special de specificitatea sistemelor fotovoltaice (de exemplu, dezvoltarea arcului electric și a diferitelor norme privind riscul de incendiu).
10. Alte documente care fac obiectul QMS care pot fi aplicate:
 - a) Lista dispozitivelor (inclusiv numerele seriale) care necesită calibrare, firma responsabilă pentru calibrarea echipamentelor, programul de calibrare.
 - b) Evidența formării angajaților – utilă pentru a stabili cine este pregătit în mod corespunzător pentru a pune în aplicare o procedură dată și pentru a stabili etapele de dezvoltare a competențelor angajaților, pentru a-i motiva.
 - c) Procedura de reclamație și jurnalul de reclamații (indiferent dacă sunt sau nu justificate), chiar și cazuri individuale, și soluțiile aplicate.

Ofertă de proiect:

Adresa, data:

Proiect: nr., nume	
Adresa șantierului:	
Numele și adresa investitorului:	
Contact investitor:	
Contact contractor:	
Arhitect / proiectant clădire	
Nr. Telefon	Adresa de email
Electrician	
Nr. Telefon	Adresa de email
Montator acoperiș	
Nr. Telefon	Adresa de email

Distribuitor energie electrică:

Grid distribuitor	Număr Telefon	Adresa de E-mail
Putere	Descrierea situației	
Puterea planificată pentru instalare nu este mai mare decât cea specificată în condițiile de conectare emise – notificarea necesară.		
Puterea planificată pentru instalare este mai mare decât cea specificată în condițiile de conectare emise – aplicația necesară.		
Rețeaua de distribuție autorizată în următoarele condiții:		

Documente:

☀ Planul de construcție	☀ Planul etajului	☀ Planul de acoperiș
☀ Vedere din lateral	☀ Planul secțiunii clădirii	☀ Descrierea clădirii
☀ Fotografia acoperișului	☀ Fotografia casei	☀ Fotografia de umbrire
☀ Fotografie a contorului electric	☀ Fotografie a conexiunii casei cu rețeaua.	☀ Istoricul consumului de energie
☀ Altele.....		

Cerințele clientului:

Puterea nominală a sistemului fotovoltaic, în kWp:	Fonduri de investiții planificate:
Producția estimată de energie electrică în kWh / an:	Suprafața maximă a acoperișului pentru sistemul PV în m²:
Altele:	

Detalii privind forma acoperișului:

Suprafața de acoperire disponibilă pentru generatorul fotovoltaic (se recomandă ca distanța față de margini să fie de cel puțin 0,5 m):

Lungime în m =	Lățime în m =	Suprafața în m² =
----------------	---------------	-------------------

Elementele de acoperiș care provoacă umbrirea panourilor fotovoltaice:

☀ Coș	☀ Antenă	☀ Ferestre
☀ Stâlp iluminat	☀ Lucarnă	☀ Altele

Desen / schiță a zonei umbrite.

Suprafață utilă după deducerea locului umbrat:..... m²

Disponibilitate acoperiș:

☀ Mufa necesară	☀ Schela necesară	☀ Posibil acces autovehicul
-----------------	-------------------	-----------------------------

Montare module, paratrăsnet, invertor, alimentare, cablare:

Orientarea modulului	-90° = est 0° = sud +90° = vest
Unghiul de înclinare (0° = orizontal)	
Montarea pe acoperișul plat cu ajutorul cablurilor și clemelor ☀	

Există împământare? Inspecție necesară ☀	Da ☀ ☀ Nu
Există paratrăsnet? Inspecție necesară?	Da ☀ ☀ Nu Da ☀ ☀ Nu

Tipul protecțiilor existente	
Amplasarea cutiei generatorului	
Locația comutatorului DC	
Localizarea invertorului	
Locația contorului și a siguranțelor	Da ☀ ☀ Nu
Modernizare necesară	Da ☀ ☀ Nu

Cablare CC pe acoperiș:

☀ prin șine pe acoperiș	☀ în scurgerile de peacoperiș	☀ construite pe șasiu
Lungimea cablurilor de la generatorul PV la splitter (m)		
Lungimea cablurilor de la splitter la comutatorul CC / invertor (m)		

Cablare CA: ☀ în rigips	☀ sub tencuială	☀ în canalul de cablare
Lungimea cablurilor de la generatorul PV la splitter (m)		
Lungimea cablurilor de la splitter la comutatorul CC / invertor (m)		

Alte condiții de montare:

Descriere:

Fiecare companie trebuie să-și dezvolte propriul QMS cu o descriere a procedurii care trebuie utilizată în fiecare etapă, de la primul contact cu clientul, până la punerea în funcțiune a instalației și serviciile post-vânzare. De asemenea, trebuie să se precizeze cine este responsabil pentru îndeplinirea unei proceduri date. Un astfel de document este specificat în general ca Plan de calitate.

După implementarea QMS, se efectuează verificarea periodică pentru a controla cât de bine funcționează (de exemplu, anual) și se înregistrează rezultatele fiecărui control. Aceasta permite evitarea erorilor făcute mai devreme și aplicarea bunelor practici în activitatea de zi cu zi a companiei. Aceste verificări sunt, de asemenea, o oportunitate de a evalua schimbările în reglementările și standardele instalațiilor fotovoltaice și de a identifica problemele și reclamațiile care permit îmbunătățirea calității muncii și cooperarea cu subcontractanții.

Serviciu clienți

Întregul proces de la primul contact cu clientul, până la punerea în funcțiune, trebuie să fie clar, transparent, documentat și ușor de înțeles pentru client. Abaterea de la aceste principii generale duce în mod inevitabil la probleme și plângeri.

Prin urmare, toate etapele proceselor trebuie să fie documentate într-o formă ușor de înțeles pentru client, toate punctele-cheie trebuie explicate oral și proiectul nu poate fi continuat dacă nu este bun pentru client și acesta nu a acceptat estimarea costului prezentată.

Vânzarea sistemului fotovoltaic

În procesul de vânzare, trebuie aplicate următoarele principii:

1) Publicitate

Activitățile de promovare trebuie să prezinte produsele și serviciile oferite în mod obiectiv și să nu forțeze performanța serviciilor. Informațiile de bază adresate clientului vor fi legate de eficiența așteptată a sistemului, locația, umbrirea. Detalii: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php?lang=it&map=europe>

2) Formarea personalului

Asistenții de vânzări trebuie instruiți astfel încât să prezinte în detaliu sistemul PV oferit pentru instalare sau să ofere consultanță pentru modernizarea necesară. Aceștia ar trebui, de asemenea, să poată evalua în mod corespunzător performanța energetică a clădirii și să consilieze clientul în cadrul eficienței energetice.

Instruirea pentru personalul de vânzări ar trebui să includă metodele de vânzări admise, pentru a evita o strategie necorespunzătoare (presiune de vânzări prea puternică).

3) Principiile de bază privind activitatea asistentului de vânzări

În timpul primei întâlniri, nu trebuie presat clientul pentru semnarea contractului.

În timpul primei inspecții la fața locului, nu se poate sta mai mult de două ore (inspecție, măsurători etc.).

În faza inițială a procesului de vânzare, plata nu poate fi acceptată.

Acesta trebuie să notifice clientul cu privire la condițiile de anulare a contractului după semnare.

Acesta trebuie să notifice clientului toate permisele sau certificatele necesare (de exemplu, aviz de construire, conexiune la rețea) înainte de începerea instalării, astfel încât să fie clar cine este responsabil pentru obținerea lor.

Trebuie să evalueze în mod fiabil capacitatea așteptată a sistemului fotovoltaic.

Estimarea costurilor și acordul – estimarea eficienței energetice.

Estimarea costurilor, împreună cu condițiile de performanță, constituie adesea un acord între compania care instalează și client. Dispozițiile contractuale trebuie să fie clare, ușor de înțeles și să includă toate informațiile necesare. Este o bună practică să prezentați clienților, înainte de prezentarea unei propuneri financiare privind instalația fotovoltaică, estimarea eficienței energetice anuale pentru sistem fotovoltaic propus. Este important deoarece clientul se așteaptă ca prin producția de energie dintr-o sursă de energie regenerabilă să-și îmbunătățească echilibrul financiar legat de energia utilizată (va fi mai avantajos din punct de vedere financiar într-o perioadă presupusă decât de la rețea). Prin urmare, este esențial să se estimeze caracteristicile energetice preconizate ale sistemului, care ar trebui să aibă loc înainte de încheierea oricărui acord privind instalațiile.

Tabelul 1. Exemplu de estimare a costului sistemului

Nr.	Componentele sistemului	Tip	Cantitate	Parametri
Nume	Producător			
1	Module PV			
2	Sistem de asamblare			
3	Invertor			
4	Regulator de încărcare			
5	Conectori și cablare			
6	Protecții			
7	Baterii			
8	Sistem de monitorizare			
9	Preț de montaj (total)			
Preț total				

În condițiile dezvoltării sistemelor fotovoltaice, parametrul cel mai important al prognozei este determinarea exactă a procentului de energie produsă care poate constitui consumul propriu și permite economisirea cheltuielilor cu energia și ceea ce ar trebui să fie eliberat în rețea (valori care în prezent sunt scăzute).

În această etapă, determinarea eficienței energetice poate fi doar aproximată. Calculele pot deveni mai complexe, în funcție de nivelul de precizie necesar. Trebuie explicat clientului impactul factorilor cheie cum ar fi clima, orientarea geografică și înclinația modulelor, temperatura și determinarea metodei de calcul (manuală sau cu ajutorul unui pachet software de modelare) asupra eficienței sistemului PV.

Principalele ipoteze adoptate pentru calcule ar trebui, de asemenea, să fie prezentate clientului pentru a permite verificarea rezultatelor primite. Este important deoarece explică faptul că performanța sistemului fotovoltaic nu poate fi prevăzută cu exactitate, datorită diferențelor în cantitatea de energie solară disponibilă local. Cu toate acestea, într-o abordare multianuală, prognozele bazate pe programe profesionale, ținând cont de toți parametrii tehnici, metrologici și locali și, în principal, de o analiză a umbririi, corespund realității cu un anumit procent.

Alte informații care trebuie furnizate clientului în etapa ofertei includ:

- 1) Explicarea oricăror stimulente financiare disponibile (de exemplu, subvenții etc.).
- 2) Raportul preț / calitate obținut pentru sistemul propus.
- 3) Informații despre elementele care necesită înlocuirea în perioada de funcționare a sistemului și costul aproximativ al acestei înlocuiri.
- 4) O listă a tuturor componentelor principale care au fost livrate, inclusiv marca, modelul și numărul serial. Aceste date sunt deosebit de importante în ceea ce privește garantarea funcționării fără probleme a sistemului fotovoltaic.
- 5) Durata estimată a procesului de instalare.
- 6) Extinderea posibilă a timpului de instalare (în funcție de reglementările și practicile locale).

Așteptările instalatorului în timpul instalării:

- 1) Toate celelalte servicii necesare (de exemplu, sursa de alimentare, accesul la apă și toaletă).
- 2) Depozit pentru depozitarea în siguranță a echipamentelor înainte de asamblare.

Așteptările clientului:

- 1) Informații privind formularul și datele de plată acceptabile.
- 2) Acorduri scrise privind mici modificări în caietul de sarcini.
- 3) În cazul modificărilor majore ale caietului de sarcini de către oricare dintre părți, trebuie să se pregătească o nouă specificație și munca poate continua după aprobarea sa bilaterală.



5. EXERCIȚII

5.1. Sănătatea și securitatea în muncă

Exercițiul 1.

Completează fraza cu o opțiune din tabel.

Performanța lucrărilor la înălțime aparțin lucrărilor...

deosebit de periculoase	în condiții de siguranță	care nu necesită autorizații speciale	efectuată la vânt puternic
-------------------------	--------------------------	---------------------------------------	----------------------------

Exercițiul 2.

Dintre factorii menționați, selectați-i pe cei care afectează activitățile înainte de începerea lucrului.

	Activități de bază înainte de începerea lucrului
Pregătirea sculelor care să aibă mânere izolate care protejează împotriva electrocutării directe.	
Pregătirea echipamentelor de măsurare necesare și a echipamentului de izolare necesar, cum ar fi mănuși dielectrice, care protejează de consecințele atingerii accidentale a două fire de potențiale diferite (controlate la fiecare 6 luni), bocanci și covoare de cauciuc, platforme izolatoare și ochelari de protecție.	
Pregătirea panourilor de avertizare necesare.	
Asigurați-vă că toți instalatorii se află pe acoperișul clădirii.	
Protecția elementelor libere din vehicul.	
Menținerea distanței de siguranță față de scară în cazul căderii montatorului.	
Achiziționarea de materiale de scris și de desenare.	
Citirea documentației și planificarea etapelor de lucru.	
Citirea contractului de vânzare a energiei electrice.	

Exercițiul 3.

Tăiați un element care nu se potrivește cu restul:

Instalația de curent continuu este conectată cu:

- cablurile care leagă modulele fotovoltaice.
- terminațiile de tip MC4 de pe fire.
- conectarea modulelor fotovoltaice în serie.
- conectarea generatorului fotovoltaic la inverter,
- întrerupătorul de curent rezidual de tip CA.

5.2. Planificarea lucrării

Exercițiul 1.

Dintre activitățile enumerate, selectați-le pe cele care aparțin activităților de preasamblare.

	Activități de preasamblare de bază
Analiza documentației	
Controlul livrării finale	
Controlul eficienței sculelor și a instrumentelor de măsurare	
Protocolul de acceptare finală	
Montarea și controlul invertoarelor	
Montarea și controlul instalației para-trăsnet	
Montarea și controlul cablării și protecției de curent alternativ	
Montarea și controlul cablării și protecției de curent continuu	
Montarea structurii de susținere	
Montarea modulelor fotovoltaice	
Marcarea amplasamentului instalației în conformitate cu normele în vigoare	
Instruirea utilizatorilor	
Pregătirea și ajustarea sistemului	

Exercițiul 2.

Dintre activitățile enumerate, selectați-le pe cele care aparțin activităților de montare.

	Activități de asamblare de bază
Analiza documentației	
Controlul livrării finale	
Controlul eficienței sculelor și a instrumentelor de măsurare	
Protocolul de acceptare finală	
Montarea și controlul invertoarelor	
Montarea și controlul instalației para- trăsnet	
Montarea și controlul cablării și protecției de curent alternativ	
Montarea și controlul cablării și protecției de curent continuu	
Montarea structurii de susținere	
Montarea modulelor fotovoltaice	
Marcarea amplasamentului instalației în conformitate cu normele în vigoare	
Instruirea utilizatorilor	
Pregătirea și ajustarea sistemului	

Exercițiul 3.

Dintre activitățile enumerate, selectați-le pe cele care aparțin activităților post-asamblare.

	Activități post-asamblare de bază
Analiza documentației	
Controlul livrării finale	
Controlul eficienței sculelor și a instrumentelor de măsurare	
Protocolul de acceptare finală	
Montarea și controlul invertoarelor	
Montarea și controlul instalației para- trăsnet	

Montarea și controlul cablării și protecției de curent alternativ	
Montarea și controlul cablării și protecției de curent continuu	
Montarea structurii de susținere	
Montarea modulelor fotovoltaice	
Marcarea amplasamentului instalației în conformitate cu normele în vigoare	
Instruirea utilizatorilor	
Pregătirea și ajustarea sistemului	

5.3. Unelte și echipamente pentru instalarea sistemelor PV

Video 1.

Film privind utilizarea instrumentelor pentru asamblarea conexiunilor MC4.

Cu ajutorul unui dispozitiv de îndepărtare a izolației, îndepărtați aproximativ 1 cm de izolație de pe firul fotovoltaic. Apoi, fără a atinge conductorii de sârmă cu degetele puneți conectorul MC4. Așezați conectorul și firul în instrumentul de presare. Strângeți puternic instrumentul de presare până când se blochează și se poate deschide. Puneți capacul conturului pe firul presat și apoi fixați conectorul în carcasa de conectare. Înșurubați capacul la carcasa de conectare cu ajutorul cheilor speciale.

Instrumente didactice: Cablu solar 4mm², conectori MC4, scule de presare pentru MC4, separator de izolație, chei de fixare pentru conectarea racordurilor MC4

5.4. Principii practice pentru instalarea modulelor, selecția și dimensionarea firelor și cablurilor

Video 1.

Video – montarea modulelor pe plafon

Modulele fotovoltaice, structura de asamblare împreună cu elementele necesare și cheile (în funcție de producătorul structurii), acoperișul (eventual fragmentul de acoperiș), nivela cu bulă (eventual laser).

Video 2.

Video – aranjarea cablurilor pe acoperiș.

Video 3.

Video – Conectarea modulelor în serie și conectarea acestora la invertorul fotovoltaic.

5.5. Pregătirea și pornirea sistemului PV

Exercițiul 1.

Completați enunțul cu fragmentul potrivit.

La montarea verticală a modulelor fotovoltaice, cutia terminală a modulului fotovoltaic ar trebui să fie localizată în...

în partea de sus a modului	în partea de jos a modului	în partea dreaptă a modului	în partea stângă a modului
-------------------------------	-------------------------------	--------------------------------	-------------------------------

Exercițiul 2.

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

	Factorii care afectează eficiența energetică săptămânală a instalației fotovoltaice
Accesul ușor pentru întreținerea ulterioară a invertorului	
Dacă invertorul are afișaj, acesta trebuie instalat în așa fel încât să permită citirea ușoară a parametrilor de pe afișaj	
Circulația neperturbată a aerului	
Protecția împotriva umidității excesive și a radiației solare	
Înlăturarea excesului de căldură din invertor	
Acces limitat al aerului la invertor	
Funcționarea în medii umede asigură o mai bună răcire a invertorului	
Obstrucționarea permanentă a panoului, protejând împotriva accesului neautorizat	

Exercițiul 3.

Tăiați un element care nu se potrivește cu restul enunțurilor:

Activitățile efectuate în timpul activării invertorului includ:

- deconectarea generatorului fotovoltaic de la invertor.
- conectarea generatorului fotovoltaic prin întrerupătorul CC.
- conectarea tensiunii de rețea prin siguranțe externe.
- conectarea tensiunii de rețea prin siguranțe externe.
- verificați dacă invertorul este montat și conectat la instalația electrică.
- verificați dacă generatorul fotovoltaic furnizează tensiune mai mare decât tensiunea de intrare CC minimă din invertor.
- verificați capacul cutiei de conectare să fie legat la împământare și închis.

5.6. Conectarea bateriilor la sistemul PV

Exercițiul 1.

Completați propoziția

Depozitarea energiei electrice este posibilă datorită folosirii...

baterii	colectoare solare	becuri economice	rezervor pentru apă caldă
---------	-------------------	------------------	---------------------------

Exercițiul 2.

Printre parametrii enumerați, selectați-i pe cei care descriu stocarea energiei

	Parametrii de stocare a energiei
Frecvența tensiunii de ieșire f [Hz]	
Tensiunea maximă de încărcare U_{max} [V]	
Tensiunea minimă de descărcare U_{min} [V]	
Tensiune nominală U_N [V]	
Capacitate nominală Q [Ah]	
Viteza de rotație n [rot/min]	
Rezistența internă R_w [mΩ]	
Temperatura de topire [$^{\circ}$ C]	

Exercițiul 3.

Tăiați un element care nu se potrivește cu restul:

Parametrii care specifică scopul funcționării bateriei în timp includ:

- SOC.
- SOH.
- DOD.
- RISC.

5.7. Protecția instalațiilor fotovoltaice împotriva supratensiunii

Exercițiul 1.

Completați propoziția.

Dispozitivele de protecție împotriva supratensiunii de tipul... protejează împotriva fulgerului.

1	2	3	4
---	---	---	---

Exercițiul 2.

Dintre protecțiile enumerate, selectați-le pe cele care protejează instalația electrică de efectele fulgerului sau supratensiunii.

	Condiții de funcționare corectă ale invertorului fotovoltaic
Protecție la supracurent B	
Protecție la supracurent D	
Protecție la supratensiuni de tip 1	
Protecție la supratensiuni de tip 1 + 2	
Protecție la supratensiuni de tip 2	
Protecție la supratensiuni de tip 3	
Dispozitiv de întrerupere a curentului rezidual B	

5.8. Protecția împotriva fulgerelor și instalarea împământării

Exercițiul 1.

Completați propoziția.

Un element al instalației paratrăsnet amplasat în pământ este...

Legat la pământ	Terminal aerian	Terminal de testare	Cablul de evacuare
-----------------	-----------------	---------------------	--------------------

Exercițiul 2.

Dintre metodele enumerate, selectați-le pe cele care specifică distribuția elementelor de instalare a paratrăsnetului.

	Metode care specifică distribuția elementelor de instalare a paratrăsnetului
Metoda unghiului de protecție	
Metoda primului fulger	
Metoda fulgerului	
Metoda curentului de impuls	
Metoda plasei	
Metoda sferei de rostogolire	

Exercițiul 3.

Tăiați un element care nu se potrivește cu restul:

Elementele instalației paratrăsnet includ:

- modulul fotovoltaic.
- cablul de evacuare.
- legare la pământ.
- clipul de testare.
- terminal aerian vertical
- terminal aerian orizontal:

5.9. Reguli pentru instalarea sistemelor solare

Exercițiul 1.

Completați propoziția.

Înainte de începerea asamblării modulelor fotovoltaice pe acoperiș, trebuie efectuată următoarea activitate:

Montarea elementelor de susținere pentru module fotovoltaice	Verificarea corectitudinii conexiunilor electrice	Activarea invertorului fotovoltaic	Montarea protecției la supracurent pe partea CC
--	---	------------------------------------	---

Exercițiul 2.

Procesul de instalare a sistemului fotovoltaic acoperă următoarele aspecte:

	Procesul de instalare a sistemului fotovoltaic acoperă
Operațiuni finale și acceptare	
Confirmarea termenilor și condițiilor acordului	
Performanța instalației montate	
Achiziționarea de credite de investiții	
Primirea sprijinului sub formă de subvenție	
Verificarea datelor de intrare	
Performanța de instalare	
Protecția locului de instalare	

Exercițiul 3.

Eliminați un element care nu se potrivește cu restul:

Performanța lucrărilor de instalare constă, printre altele, în:

- montarea invertorului fotovoltaic.
- montarea structurii de susținere.
- montarea modulelor fotovoltaice.
- montarea protecțiilor pe partea CC și CA a instalației fotovoltaice.
- semnarea acordului pentru realizarea instalației fotovoltaice.
- conectarea modulelor fotovoltaice.

5.10. Erori tipice de instalare

Exercițiul 1.

Completați enunțul.

Cele mai frecvente defecte ale instalației fotovoltaice includ defecțiunile...

invertoare fotovoltaice	module fotovoltaice	cablare pe partea CC	cablare pe partea CA
----------------------------	------------------------	-------------------------	-------------------------

Exercițiul 2.

Din erorile menționate, selectați-le pe cele care pot apărea la asamblarea modulelor fotovoltaice.

	Erori tipice care pot apărea la asamblarea modulelor fotovoltaice
Instalarea protecțiilor la supracurent pe partea CA cu curent nominal prea scăzut	
Selecția incorectă a modulelor la invertor în stadiul de proiectare a instalației fotovoltaice	
Conectarea unui număr prea mic de module fotovoltaice în lanțul PV	
Schimbarea cablului, fără modificarea schemei de circuite	
Schimbarea unui tip de modul sau a unui producător din cauza unor probleme cu consumabilele	

Exercițiul 3.

Erorile tipice la instalarea sistemelor de montare pentru module fotovoltaice:

- aplicarea unor monturi incorecte pentru acoperiș.
- aplicarea unor șuruburi incorecte.
- aplicarea echipamentului de asamblare necorespunzător.
- procesarea eronată a acoperișurilor.
- conexiuni greșite ale modulelor fotovoltaice.

5.11. Condițiile de conectare și documentația tehnică a instalației

Exercițiul 1.

Dintre informațiile enumerate, selectați-le pe cele care trebuie plasate în documentația referitoare la instalația fotovoltaică.

	Informații despre instalația fotovoltaică care trebuie plasate în documentație
Numărul modulelor fotovoltaice	
Puterea maximă a conexiunii sursei de alimentare	
Tensiunea maximă admisă în instalația fotovoltaică	
Poziția sol / acoperiș / fațadă / altul	
Puterea nominală a instalației fotovoltaice	
Scopul construcției	
Puterea nominală totală a receptorilor aparținând investitorului	

Exercițiul 2.

Scoateți un element care nu se potrivește cu restul.

Documentația tehnică a microîntreprinderii atașată la cererea de conectare la rețeaua electrică trebuie să includă:

- diagrama grafică a invertorului fotovoltaic.
- schema microinstalației fotovoltaice.
- metoda de conectare a microinstalației la instalația electrică și la rețea.
- informații detaliate privind elementele particulare ale instalației fotovoltaice.

5.12. Estimare, ofertă, contract pentru instalarea de dispozitive și sisteme solare

Exercițiul 1.

Completați enunțul

Performanța instalației fotovoltaice conform standardelor aplicabile de către compania de instalare asigură...

introducerea sistemului de management al calității	stabilirea postului de specialist de calitate	respectarea principiilor ITM	performanța rapidă
--	---	------------------------------	--------------------

Exercițiul 2.

Scoateți un element care nu se potrivește cu restul:

Planificarea corectă a instalației fotovoltaice de acoperiș necesită obținerea următoarelor informații:

- forma și localizarea acoperișului în direcția sudică,
- tipul de acoperiș
- surse posibile de umbră a acoperișului.
- cantitatea de energie proiectată a fi furnizată de instalația fotovoltaică
- numărul de persoane care locuiesc în clădire.



6. TEST DE PROGRES

Puteți:	Da	Nu
1) Explicați în ce constă montajul instalației de curent continuu?		
2) Enumerați activitățile de bază înainte de începerea lucrului?		
3) Discutați activitățile legate de lucrările mecanice în timpul instalării PV?		
4) Discutați activitățile legate de lucrările electrice?		
5) Indicați principalele cauze ale incendiilor instalației PV?		
6) Explicați în ce constau activitățile de preinstalare?		
7) Enumerați activitățile de instalare în succesiunea corectă?		
8) Enumerați activitățile de instalare specifice?		
9) Enumerați activitățile legate de asamblarea invertorului fotovoltaic?		
10) Indicați activitățile post-instalare?		
11) Explicați sensul folosirii instrumentelor de asamblare dedicate?		
12) Enumerați instrumentele de asamblare de bază dedicate instalației fotovoltaice?		
13) Discutați avantajele folosirii instrumentelor de asamblare dedicate?		
14) Explicați procedura de asamblare a conexiunilor CC?		
15) Indicați instrumentele necesare asamblării invertorului fotovoltaic?		
16) Explicați principiile de montare corectă a modului fotovoltaic?		
17) Listați tipurile de cabluri folosite în instalațiile fotovoltaice pe partea generatorului fotovoltaic?		
18) Explicați structura cablurilor CC aplicate în generatoarele fotovoltaice?		
19) Explicați structura cablului de curent alternativ în instalația fotovoltaică?		
20) Indicați motivele tipice pentru defecțiunile instalațiilor fotovoltaice pe partea generatorului fotovoltaic?		
21) Explicați în ce constă ansamblul invertorului fotovoltaic?		
22) Prezentați principiile de bază ale sistemului de module fotovoltaice?		
23) Enumerați activitățile legate de activarea și dezactivarea invertorului fotovoltaic?		
24) Explicați problemele legate de comunicarea la distanță cu invertoarele?		
25) Indicați principiile valabile la efectuarea măsurărilor invertoarelor?		
26) Explicați în ce constă stocarea energiei?		
27) Enumerați principalele tehnologii pentru baterii?		
28) Explicați parametrii de funcționare ai bateriilor?		
29) Explicați problemele legate de supravegherea funcționării bateriei?		
30) Indicați parametrii, dezavantajele și avantajele anumitor tehnologii ale bateriilor?		
31) Explicați în ce constă protecția la supratensiune a instalației fotovoltaice?		
32) Explicați principiile de selecție a protecțiilor la supratensiuni în instalația fotovoltaică?		
33) Enumerați tipurile de protecție la supratensiune?		
34) Discutați despre rolul instalației de iluminat la protecția la supratensiune a instalațiilor fotovoltaice?		
35) Indicați principiile de montare a protecției la supratensiuni?		
36) Explicați de ce ar trebui folosite instalațiile de iluminat?		
37) Prezentați principiile de bază ale paratrăsnetului?		
38) Enumerați elementele instalației de paratrăsnet?		

39) Discutați problemele legate de protecția instalației fotovoltaice de efectele fulgerelor?		
40) Indicați când apare riscul apariției fulgerului în instalația fotovoltaică?		
41) Explicați ce constă protecția site-ului de instalare?		
42) Explicați activitățile de bază legate de montarea instalației fotovoltaice?		
43) Discutați activitățile legate de montarea instalației de susținere?		
44) Discutați aspectele legate de performanța măsurătorilor de acceptare a instalației fotovoltaice?		
45) Indicați principiile valabile la activarea instalației fotovoltaice?		
46) Explicați impactul erorilor care apar la conectarea modulului asupra funcționării instalației fotovoltaice?		
47) Enumerați erorile tipice care apar la asamblarea modulelor fotovoltaice?		
48) Explicați erorile tipice care apar la montarea structurilor de susținere?		
49) Discutați erorile legate de aranjarea firelor și a cablurilor în instalațiile fotovoltaice?		
50) Indicați principalele erorile care apar la asamblarea instalațiilor de iluminat?		
51) Explicați pregătirea documentației tehnice a instalației fotovoltaice?		
52) Menționați elementele care ar trebui incluse în documentația tehnică?		
53) Discutați informațiile care trebuie incluse într-o descriere a instalației fotovoltaice?		
54) Discutați elementele documentației post-finalizare?		
55) Indicați principiile elementelor de etichetare ale instalației fotovoltaice?		
56) Explicați în ce constă introducerea sistemelor de management al calității?		
57) Enumerați informațiile care contribuie la proiectarea instalațiilor fotovoltaice?		
58) Enumerați principiile de bază ale managementului clienților?		
59) Discutați problemele legate de încheierea unui contract de execuție a instalației fotovoltaice?		
60) Indicați principalele componente ale instalațiilor fotovoltaice?		

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
Assembly of PV modules	Montarea modulelor fotovoltaice
Assembly of the inverter	Montarea invertorului
Assembly of the supporting structure	Montarea structurii de susținere
Battery capacity	Capacitatea bateriei
Battery discharging current	Curent de descărcare a bateriei
Cabling assembly	Montarea cablurilor
Charging cycle	Ciclul de încărcare
Cylindrical fuse link	Legătura cu siguranță de tip cilindru
Discharging cycle	Ciclu de descărcare
Earth	Pământ
Earthing	Împământare
Energy storage	Stocare a energiei
Fuses	Siguranțe
Horizontal air terminal	Terminal aerian orizontal
Installation activities	Activități de instalare
Insulation class	Clasa de izolație
Lightning installation	Instalarea paratrăsnetului
Lightning protection	Protecția împotriva fulgerelor
Live work	Munca pe teren
Maximum voltage of battery	Tensiunea maximă a bateriei
Minimum voltage of battery	Tensiunea minimă a bateriei
Overcurrent circuit breaker	Suprasarcină
Overcurrent protection	Protecție la supracurent
Photovoltaic cell	Celula fotovoltaică
Photovoltaic chain	Lanț fotovoltaic
Photovoltaic connection	Conexiune fotovoltaică
Photovoltaic generator	Generator fotovoltaic
Photovoltaic installation	Instalație fotovoltaică
Photovoltaic installation design	Proiectarea sistemului fotovoltaic
Photovoltaic module	Modul fotovoltaic
Post-installation activities	Activități post-instalare
Power surge protection	Protecție la supratensiune
Pre-installation activities	Activități pre-instalare
PV chain wire	Cablu pentru circuitul PV
Residual current circuit breaker	Modul de întrerupere a curentului rezidual
Residual current device	Dispozitiv de curent rezidual
Reverse current	Curent invers
Specific resistance	Rezistență specifică
Technical documentation	Documentație tehnică
Tracking system of the point of maximum power	Sistem de urmărire a punctului de putere maximă
Vertical air terminal	Terminal aerian vertical
Work at height	Lucrul la înălțime

8. BIBLIOGRAFIE

1. Bernaciak A.: *Ochrona środowiska w praktyce. Aspekty ekonomiczno-prawne.* [Environmental Protection in Practice. Economic and Legal Aspects] Wydawcy Sorus sc and Ekoprofil, Poznań 1994.
2. Brzeziński W.: *Ochrona prawna naturalnego środowiska człowieka.* [Legal Protection of the Natural Human Environment] PWN, Warszawa 1975.
3. Dębski M., Luberański A., Petrukanec A., Polewka P.: *Praktyczny poradnik Instalatora. Systemy fotowoltaiczne i słoneczne systemy grzewcze.* [Practical Fitter's Guide. Photovoltaic Systems and Solar Heating Systems] Wydawnictwo ATUM Sp. z o.o., Warszawa 2016.
4. Jarzębski Z. M.: *Energia słoneczna, konwersacja fotowoltaiczna.* [Solar Energy, Photovoltaic Conversation] Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1990r.
5. Jastrzębska G.: *Ogniwa słoneczne. Budowa, technologia, zastosowanie.* [Solar Cells. Construction, Technology, Application] Wydawnictwa Komunikacji i łączności WKŁ, Warszawa 2013.
6. Klugmann-Radziemska E.: *Fotowoltaika w teorii i praktyce.* [Photovoltaics in Theory and Practice] Wydawnictwo BDC, Legionowo 2010.
7. Michałowska-Knap K., Wiśniewski G.: *Stan obecny i potencjał energetyki odnawialnej w Polsce.* [The Current Condition and Potential of Renewable Energy Production in Poland] PIGWO studies 2008.
8. Szymańska B.: *Instalacje fotowoltaiczne. Teoria, praktyka, prawo, ekonomia.* [Photovoltaic Installations. Theory, Practice, Law, Economy] Kraków, Wydawnictwo Glob Energia, 2013.
9. Tytko R.: *Urządzenia i systemy energetyki odnawialnej.* [Devices and Systems of the Renewable Energy Production] Wydawnictwo Towarzystwo Słowaków w Polsce, Kraków 2014.
10. Tytko R.: *Odnawialne źródła energii.* [Renewable Energy Sursas] Wydawnictwo OWG, Warszawa 2010.
11. Znajdek, K., Sibiński, M.: *Ogniwa fotowoltaiczne różnych typów.* [Photovoltaic Cells of Various Tips] Świat Szkła, issue 9, section 16, Wydawnictwo Euro-Media Sp. z o.o., 2011.

Electronic sources (access: 20 September 2018)

1. Gnatowski M.: *Falownik, czyli inwerter w pigułce.* <http://www.solartime.pl/porady-eksperta/item/554-falownik-czyli-inwerter-w-pigulce>
2. www.zielonewrota.pl (October 2012).
3. www.gramwzielone.pl
4. www.sep.com.pl
5. www.systemy-fotowoltaika.pl
6. www.fotowoltaikainfo.pl
7. <https://pvmonitor.pl>
8. www.fotowoltaika.com.pl

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



