



Priručnik

za instaliranje i održavanje
solarnih fotonaponskih
sistema

Izdavač

Education Reform Initiative of South Eastern Europe - ERI SEE
Dečanska 8a, Beograd, Srbija
www.erisee.org, office@erisee.org

Autori

Melanija Čalasan
Marina Braletić

Za izdavača

Tina Šarić

Dizajn i prelom

Five grupa
fivegroup.me

Izdanje

Podgorica 2025.

ISBN-978-86-82886-12-9

Sadržaj

1. UVOD	4
1.1. Svrha priručnika	4
1.2. Značaj i primjena solarnih fotonaponskih sistema	5
1.3. Struktura priručnika	7
2. OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE	9
3. ZAŠTITA NA RADU I ZAŠTITA ŽIVOTNE SREDINE	29
3.1. Moguće opasnosti po zdravlje i sigurnost radnika pri radu na solarnim fotonaponskim sistemima	29
3.2. Primjena mjera bezbjednosti i zaštite na radu prilikom izvođenja radova na solarnim fotonaponskim sistemima	33
3.3. Sprovođenje mjera bezbjednosti i mjera lične zaštite pri radu na visini u solarnim fotonaponskim sistemima	35
3.4. Primjena mjera za smanjenje negativnog uticaja solarnih fotonaponskih sistema na životnu sredinu	39
4. ENERGIJA SUNCA	44
4.1. Solarni energetske sistemi i njihova primjena	48
4.2. Solarni kolektorski sistemi (SKS)	49
4.3. Koncentrovani solarni sistemi (solarne termoelektre)	52
4.4. Osnovne komponente solarnih fotonaponskih elektrana	56
4.5. Karakteristike i vrste solarnih fotonaponskih sistema	62
4.5.1. Podjela solarnih fotonaponskih sistema prema različitim kriterijumima	63
4.5.1.1. Samostalne (Off-Grid) solarni fotonaponski sistemi	65
4.5.1.2. On grid	67
4.5.1.3. Hibridne solarni fotonaponski sistemi	70
4.5.2. Elementi solarnih fotonaponskih elektrana, funkcija i princip montaže	72
4.6. Tehnička dokumentacija i tehnička regulativa	76
4.7. Materijal, alat, oprema i uređaji za rad na izgradnji i održavanju solarnih fotonaponskih sistema	79
5. IZGRADNJA SOLARNIH FOTONAPONSKIH SISTEMA	84
5.1. Pripremni radovi na izgradnji solarnih fotonaponskih sistema	84
5.2. Montaža nosećih konstrukcija i fotonaponskih panela	89
5.3. Montaža i povezivanje opreme solarnih fotonaponskih sistema	101
5.4. Odabir zaštitnih sredstava i opreme za radove na montiranju i demontiranju elemenata solarnih fotonaponskih sistema	110
6. IZVOĐENJE ELEKTIČNIH INSTALACIJA SOLARNIH FOTONAPONSKIH SISTEMA	113
6.1. Elementi i način izvođenja električnih instalacija solarnih fotonaponskih sistema	113
6.2. Izvođenje DC električne instalacije solarnih fotonaponskih sistema	116
6.3. Izvođenje AC električne instalacije solarnih fotonaponskih sistema	129
6.4. Izvođenje instalacije uzemljenja i gromobranske instalacije solarnih fotonaponskih sistema	136
6.5. Najčešće greške prilikom instalacije solarnog fotonaponskog sistema	144
7. POGON I ODRŽAVANJE SOLARNIH FOTONAPONSKIH SISTEMA	146
7.1. Pripremni radovi i početno testiranje solarnih fotonaponskih sistema	146
7.2. Praćenje radnih parametara sistema	150
7.3. Preventivno održavanje i dijagnostika	157
7.4. Intervencije i sanacija kvarova	163
7.5. Sezonske i dugoročne pripreme sistema	169
7.6. Finansijski aspekt solarnog fotonaponskog sistema	170
8. ZAKLJUČAK I PREPORUKE	173

1. UVOD

1.1. Svrha priručnika

Ovaj priručnik napisan je u okviru Renewable Energy Services in Education and Training RESET projekta, koji sprovodi Education Reform Initiative of South Eastern Europe (ERI SEE) Sekretarijat u saradnji s Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) a finansiran je od strane njemačkog saveznog ministarstva za Ekonomsku saradnju i razvoj (BMZ). Priručnik je osmišljen kao praktičan vodič koji učenicima/polaznicima omogućava sticanje neophodnih znanja i vještina za instalaciju, upotrebu i održavanje solarnih fotonaponskih sistema. Kroz jasno objašnjene teorijske osnove, korisnici će razumjeti ključne principe rada solarnih fotonaponskih sistema, njihove komponente i način funkcionisanja, što predstavlja osnovu za praktičnu primjenu. Priručnik je prvenstveno namijenjen učenicima srednjih škola i polaznicima programa obrazovanje odraslih te nastavnika u oblasti obnovljivih izvora električne energije. Takođe je koristan za nadležna ministarstva i obrazovne agencije, kompanije uključene u praktično obrazovanje, trening centre, privatne institucije koje rade u oblasti obnovljive energije, instruktore praktičnog obrazovanja, ali i ostale zainteresovane strane. Materijal je usaglašen među ekspertima iz oblasti obnovljivih izvora električne energije te obrazovanje iz šest ekonomija: Albanije, Bosne i Hercegovine, Crne Gore, Kosova*, Sjeverne Makedonije i Srbije, uključenih u realizaciju projekta.”

Globalna energetska tranzicija ka održivim izvorima energije dovela je do naglog razvoja solarnih fotonaponskih sistema (SFNS), koji postaju dominantan izvor obnovljive električne energije. Zahvaljujući kontinuiranom smanjenju troškova tehnologije, poboljšanju efikasnosti i rastućoj potražnji za energetskom nezavisnošću, solarni fotonaponski sistemi su danas jedno od najisplativijih rješenja za proizvodnju električne energije

S obzirom na to da je prelazak na obnovljive izvore energije globalni prioritet, kvalifikacije u oblasti solarne energije, posebno u sektoru fotonaponskih sistema, postaju izuzetno tražene i cijenjene. Ova industrija bilježi kontinuirani rast, a potražnja za stručnjacima neprestano raste. Prema podacima Međunarodne agencije za obnovljive izvore energije (IRENA), globalna industrija solarne energije zapošljava više od 10 miliona ljudi, sa procjenama da će taj broj porasti na preko 14 miliona do 2030. godine i više od 24 miliona do 2050. godine. Od toga, sektor solarnih fotonaponskih sistema čini najveći i najbrže rastući dio tržišta rada u industriji solarne energije.

Cilj ovog priručnika je osposobiti korisnike za rad sa fotonaponskim sistemima i omogućiti im da:

- razumiju ključne principe rada solarnih fotonaponskih sistema, uključujući način funkcionisanja, komponente i povezivanje sistema,
- instaliraju solarne fotonaponske sisteme u skladu sa tehničkim i bezbjednosnim standardima, čime osiguravaju siguran i pouzdan rad,

*Ovaj naziv je bez prejudiciranja statusa i u skladu je sa Rezolucijom Savjeta bezbjednosti Ujedinjenih nacija 1244/1999 i Mišljenjem Međunarodnog suda pravde o Deklaraciji o nezavisnosti Kosova.

- održavaju i optimizuju rad solarnih fotonaponskih sistema, produžavajući njihov vijek trajanja i povećavajući efikasnost,
- prepoznaju i otklone eventualne kvarove kako bi obezbijedili dugotrajan i nesmetan rad sistema.

Priručnik objedinjuje teorijska znanja i praktične smjernice, pružajući korisnicima sigurnost i samopouzdanje u radu sa solarnim tehnologijama. Jasno strukturisan materijal omogućava sticanje stručnih kompetencija neophodnih za instalaciju, održavanje i unapređenje solarnih fotonaponskih sistema.



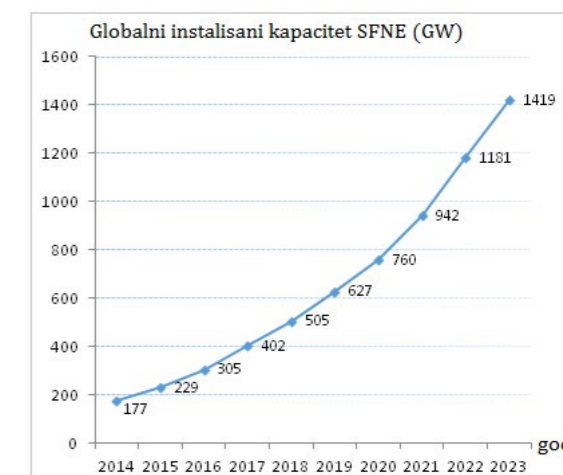
Prikaz solarnog fotonaponskog sistema

Na kraju, priručnik predstavlja osnovu za sticanje kvalifikacija koje su visoko cijenjene na tržištu rada. S obzirom na stalni rast sektora solarne energije, stečene vještine omogućavaju profesionalni razvoj, otvarajući prilike za zapošljavanje i dalje usavršavanje u jednoj od najperspektivnijih industrija današnjice.

1.2. Značaj i primjena solarnih fotonaponskih sistema

Solarni fotonaponski sistemi igraju ključnu ulogu u globalnoj tranziciji ka održivim izvorima energije. Sve veća potražnja za električnom energijom, nestabilnost cijena fosilnih goriva i potreba za smanjenjem emisija štetnih gasova čine solarni fotonaponski sistemi jednim od najperspektivnijih rješenja za budućnost. Njihova primjena doprinosi smanjenju emisije ugljen-dioksida u elektroenergetskom sektoru, povećanju energetske nezavisnosti i stabilizaciji cijena električne energije.

Prema podacima Međunarodne agencije za obnovljive izvore energije (IRENA), na kraju 2023 god. globalni instalirani kapacitet solarnih fotonaponskih sistema dostigao je impresivnih 1.419 GW, uz godišnji rast od 32,2% tokom te godine. Trend rasta za period 2014 -2023. godine, prikazan je na grafiku. Jasno se vidi kontinuirani rast instaliranih kapaciteta solarnih fotonaponskih sistema, sa ubrzanim povećanjem u poslednjim godinama.



Očekuje se da će do 2030. godine solarni fotonaponski sistemi postati dominantan izvor električne energije u mnogim zemljama, zahvaljujući smanjenju troškova tehnologije, poboljšanoj efikasnosti i rastućoj svijesti o ekološkim i ekonomskim prednostima ovog vida proizvodnje električne energije.

Ključne prednosti fotonaponskih sistema su:

- neiscrpn potencijal – Sunčeva energija je neograničen resurs, a njen dnevni kapacitet višestruko premašuje globalne energetske potrebe,
- ekološka održivost – solarni fotonaponski sistemi proizvode električnu energiju bez emisije CO₂ i drugih zagađujućih materija, čime direktno doprinose zaštiti životne sredine i borbi protiv klimatskih promjena,
- decentralizacija proizvodnje energije – solarni fotonaponski sistemi omogućavaju proizvodnju električne energije na mjestu potrošnje, smanjujući zavisnost od centralizovanih elektroenergetskih sistema i povećavajući energetske sigurnost,
- ekonomska isplativost – zahvaljujući smanjenju troškova instalacije i dostupnosti finansijskih podsticaja, solarni fotonaponski sistemi predstavljaju jedno od najisplativijih rješenja za proizvodnju električne energije,
- dug životni vijek i niski troškovi održavanja – fotonaponski paneli imaju radni vijek duži od 25 godina, a uz pravilno održavanje njihova efikasnost ostaje visoka tokom dugog vremenskog perioda.

Solarni fotonaponski sistemi nalaze široku primjenu u različitim sektorima, od malih kućnih sistema do velikih solarnih fotonaponskih elektrana. Ključna područja primjene su:

- Domaćinstva i stambeni objekti – solarni fotonaponski sistemi se koriste u individualnim kućama i kolektivnim stambenim objektima radi smanjenja troškova energije, povećanja energetske nezavisnosti i mogućnosti priključenja na mrežu uz isporuku viška električne energije.
- Komercijalni, javni i administrativni objekti – solarni fotonaponski sistemi se primjenjuju u poslovnim i trgovinskim zgradama, obrazovnim i zdravstvenim ustanovama, sportskim objektima, javnim upravnim zgradama i administrativnim centrima. Ovi sistemi omogućavaju optimizaciju potrošnje energije, smanjenje operativnih troškova i povećanje energetske efikasnosti, a ujedno doprinose pouzdanom snabdijevanju električnom energijom.
- Industrijski i poljoprivredni sektor – solarni fotonaponski sistemi omogućavaju energetske efikasno napajanje proizvodnih pogona, skladišta i rashladnih sistema u industriji, dok se u poljoprivredi koriste za napajanje sistema za navodnjavanje, farme i druge energetske zahtjevne procese. Korišćenjem solarne energije, smanjuju se troškovi električne energije i osigurava stabilnije napajanje u područjima sa ograničenim pristupom mreži.
- Turistički i ugostiteljski objekti – Hoteli, odmarališta, kampovi i wellness centri sve češće koriste solarne sisteme kako bi smanjili operativne troškove, povećali održivost poslovanja i obezbijedili pouzdano snabdijevanje električnom energijom u turističkim objektima, posebno u udaljenim i sezonskim destinacijama.
- Saobraćaj i infrastruktura – solarni fotonaponski sistemi se primjenjuju za napajanje punionica za električna vozila, osvetljenje parking prostora i nadstrešnica, aerodroma, željezničkih i autobusnih stanica, mostova i tunela. Integracija solarnih sistema u saobraćajnu infrastrukturu doprinosi smanjenju potrošnje energije iz konvencionalnih izvora i omogućava veću energetske autonomiju.

- Telekomunikacije i udaljene lokacije – solarni fotonaponski sistemi omogućavaju pouzdano napajanje baznih stanica, repetitora i drugih telekomunikacionih objekata, posebno u ruralnim i teško dostupnim područjima gdje nije dostupna stabilna elektroenergetska mreža. Ovi sistemi omogućavaju neprekidno funkcionisanje telekomunikacionih sistema uz smanjenje troškova rada i održavanja.
- Velike solarne elektrane – Fotonaponski parkovi postaju sve značajniji dio elektroenergetskih sistema, omogućavajući proizvodnju električne energije u velikim količinama i njenu distribuciju potrošačima. Razvoj velikih solarnih elektrana doprinosi povećanju kapaciteta obnovljivih izvora energije u elektroenergetskim mrežama i smanjenju oslanjanja na fosilna goriva.
- Pametne mreže i skladištenje energije – solarni fotonaponski sistemi igraju ključnu ulogu u razvoju pametnih elektroenergetskih mreža, omogućavajući decentralizovanu proizvodnju energije i integraciju obnovljivih izvora u mrežni sistem. Kroz napredne sisteme upravljanja i digitalne tehnologije, solarni fotonaponski sistemi omogućavaju dinamičko prilagođavanje potrošnje i proizvodnje u realnom vremenu, poboljšavaju efikasnost rada mreže i smanjuju opterećenje klasičnih elektroenergetskih izvora. Integracijom sa baterijskim sistemima, pametne mreže koriste solarne fotonaponske sisteme za balansiranje opterećenja i povećanje stabilnosti sistema, čime se smanjuju energetske gubici i optimizuje snabdijevanje električnom energijom

Uz konstantan tehnološki napredak i sve niže troškove, solarni fotonaponski sistemi postaju ključni element u globalnoj energetske tranziciji. Njihova široka primjena i ekonomske prednosti čine ih jednim od najperspektivnijih izvora električne energije u budućnosti. Očekuje se da će dalji razvoj tržišta i novih tehnologija dodatno povećati efikasnost i dostupnost fotonaponskih sistema, omogućavajući njihovu još širu primjenu u svim sektorima privrede i društva.

1.3. Struktura priručnika

Priručnik za izgradnju i održavanje solarnih fotonaponskih sistema osmišljen je kao sveobuhvatan vodič koji pokriva sve ključne aspekte instalacije, upotrebe i održavanja. Prezentirani materijal omogućava korisnicima sticanje osnovnih teorijskih i praktičnih znanja, osposobljavajući ih za kvalitetno uključivanje u proces rada. Priručnik je prvenstveno namenjen praktičnoj obuci, uz neophodne teorijske osnove za primjenu stečenih znanja u praksi.

Priručnik se sastoji od Uvoda i šest Poglavlja posvećenih razradi problematike koja je predmet Priručnika. Na kraju su dati Zaključak i preporuke, Oznake i skraćenice kao i Literatura i korisni izvori.

U **Uvodu** su predstavljeni svrha i ciljevi priručnika i data struktura priručnika, koja prikazuje raspored i tematiku obrađenih poglavlja. Na kraju je prikazan značaj solarnih fotonaponskih sistema uz navođenje njihove najraznovrsnije primjene.

Poglavlje 2, Obnovljivi izvori energije, daje osnovne informacije o različitim oblicima obnovljivih izvora energije.

Poglavlje 3, Zaštita na radu i zaštita životne sredine, obrađuje ključne sigurnosne mjere i standarde koji se moraju poštovati prilikom instalacije i održavanja solarnih fotonaponskih sistema, kako bi se osigurala zaštita radnika i očuvanje životne sredine.

Poglavlje 4, Energija sunca, sa teorijskog aspekta objašnjenje vrsta solarnih fotonaponskih sistema, njihov princip rada i elementi.

Poglavlje 5, Izgradnja solarnih fotonaponskih sistema, predstavlja ključno poglavlje priručnika koje detaljno razrađuje postupke i metode za praktičnu realizaciju izgradnje solarnih fotonaponskih sistema.

Poglavlje 6, Izvođenje električnih instalacija solarnih fotonaponskih sistema, obrađuje praktične aspekte svih vrsta instalacija u okviru solarnih fotonaponskih sistema, instalacije i održavanja solarnih fotonaponskih sistema.

Poglavlje 7, Pogon i održavanje solarnih fotonaponskih sistema, daje opis aktivnosti tokom pogona i svih vrsta održavanja solarnih fotonaponskih sistema.

Zaključak i preporuke sublimira ključne zaključke zasnovane na prethodnim informacijama i daje smjernice za dalji rad u ovoj oblasti.

Na kraju je **Literatura i korisni izvori** sa spiskom korišćenih izvora i dodatnih materijala koji mogu biti korisni za dublje razumevanje tematskih oblasti solarnih fotonaponskih sistema.

2. OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE

Energija se nalazi svuda oko nas. Ona pokreće sva živa bića. Sve što se nalazi u okruženju zasnovano je na korišćenju energije. Suština je da je energija sposobnost da se neki posao obavi. Energija zavisi od uslova u kojima se nalazi. Ona određuje sva stanja u prirodi: kretanje i mirovanje, toplotna stanja, hemijske procese, elektromagnetne procese, prostiranje svjetlosti, veze u atomima i sl.

Opšta definicija energije je: Energija je sposobnost vršenja rada. Poznato je da se energija ne može izgubiti već samo preći iz jednog oblika u drugi (hemijaska u toplotnu, toplotna u mehaničku...).

U današnje vrijeme energija je postala ključni elemenat razvoja društva. Razvijanje ekonomije direktno je uslovljeno sa korišćenjem raznih oblika energije.

Intenzivno korišćenje postojećih i pronalaženje novih izvora energije presudno utiče na brzinu razvoja i rasta privrede.

Osnovne karakteristike energije jesu:

- ne može nastati ni iz čega
- neuništiva je
- sposobnost transformacije iz jednog oblika u drugi ili prelazak s jednog tijela na drugo

U prirodi, energija se pojavljuje u različitim oblicima:

- **Potencijalna energija** – energija uskladištena zbog položaja tijela u odnosu na druge objekte (npr. voda u akumulaciji, opruga pod naponom).
- **Kinetička energija** – energija kretanja tijela. Sve što se kreće posjeduje kinetičku energiju (npr. vjetar, automobil pokretu).
- **Hemijaska energija** – energija uskladištena u hemijskim vezama između atoma (npr. energija iz hrane, goriva, baterija).
- **Električna energija** – energija koja nastaje uslijed kretanja ili rasporeda električnih naelektrisanja.
- **Toplotna energija** – energija koju tijelo posjeduje zbog svoje temperature, odnosno nasumičnog kretanja i sudaranja njegovih čestica (npr. ugrijani metal, ključala voda, vazduh zagrijan Sunčevim zračenjem).
- **Nuklearna energija** – energija oslobođena promjenama u atomskim jezgrima, bilo cijepanjem (fisijom) teških jezgara ili spajanjem (fuzijom) lakih jezgara (npr. energija iz nuklearnih elektrana, reakcija u Suncu).
- **Elektromagnetna energija** – energija zračenja koja obuhvata svjetlost, radio-talase i druge oblike elektromagnetnog zračenja.

Kroz istoriju dolazilo je do sukoba oko pristupa pojedinim energetskim izvorima. O značaju energije govori i činjenica da su se industrijske revolucije razlikovale po

otkrićima i primjeni novih izvora energije. Trenutno je u toku revolucija koja daje akcent na obnovljivim izvorima i razvoju energetske tehnologije, "zelenih" tehnologija.

Modernu civilizaciju je nemoguće zamisliti bez električne energije. Električna energija se koristi za osvjetljenje, grijanje, pokretanje raznih mašina, napajanje komunikacionih uređaja. Praktično, nema segmenta ljudske djelatnosti gdje se ne koristi električna energija.

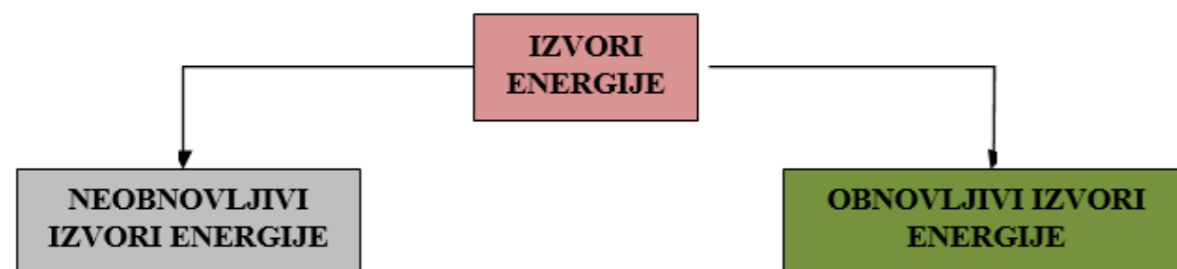
Primjena električne energije ima velike prednosti nad ostalim oblicima energije:

- Izvori električne energije mogu biti udaljeni od mjesta korištenja električne energije;
- Električna energija se prenosi uz relativno male gubitke;
- Korišćenjem sistema prenosa električne energije ona je dostupna velikom broju korisnika;
- Električna energija se jednostavno transformiše u druge oblike energije (toplotnu, svjetlosnu, mehaničku...).

U stručnoj literaturi postoje i druge podjele energije, koje zavise od mnogobrojnih kriterijuma za podjelu. Različiti oblici energije se dijele, odnosno grupišu, na više načina. Najčešće podjele s kriterijumima za podjele, prikazane su u tabeli.

PODJELA	KRITERIJUM ZA PODJELU
Akumulisana i prelazna	Stanje i trajnost postojanja
Primarna, transformisana i korisna	Pojavni oblik, forma, tj. mogućnost korišćenja
Konvencionalna i nekonvencionalna	Nivo korišćenja, tj. tehničko-ekonomska isplativost
Obnovljiva i neobnovljiva	Prirodna obnovljivost

S obzirom na prirodnu obnovljivost (vremensku mogućnost njihovog iscrpljivanja) primarna energija se može podijeliti na obnovljivu energiju i neobnovljivu energiju.



Pod pojmom neobnovljivih izvora energije se podrazumijevaju se fosilna goriva: uglj, nafta i derivati nafte, prirodni gas, mineralne naslage kao uljani škriljci, kao i fisiona (nuklearna) goriva.

Problem sa **neobnovljivim izvorima energije** jesu njihove ograničene količine kao i ograničena rasprostranjenost. Zalihe fosilnih goriva su ograničene i brzo nestaju.

Drugi problem je zagađenje čovjekove okoline. Sagorijevanje fosilnih goriva, naročito onih baziranih na nafti i uglju, predstavlja najvjerovatniji uzrok globalnog zagrijavanja. Promjena klimatskih uslova predstavlja jednu od najozbiljnijih opasnosti za Zemljin ekološki sistem.

Primjena nuklearne energije predstavlja uslovno čistu tehnologiju, ali u slučaju havarija može doći do izuzetno velikih zagađenja sa ogromnim posledicama na čoveka i životnu okolinu. Takođe, veliki problem predstavlja i problem odlaganja radioaktivnog otpada.

Obnovljivi izvori energije su resursi koji se prirodno obnavljaju i **ne iscrpljuju se** njihovom upotrebom. Naziv "**obnovljivi izvori energije**" potiče iz činjenice da se njihove rezerve **kontinuirano ili ciklično obnavljaju u prirodi**, a količina korišćene energije ne premašuje brzinu njenog prirodnog obnavljanja.

Glavne vrste obnovljivih izvora energije su:

- **Sunčevo zračenje** – primarni izvor energije za gotovo sve procese na Zemlji. Sunčeva energija dolazi u obliku elektromagnetnog zračenja, od kojih dio dopire do površine planete, dok se ostatak apsorbira ili reflektuje u atmosferi. Intenzitet Sunčevog zračenja zavisi od geografskog položaja, doba godine i atmosferskih uslova.
- **Energija vjetrova** – nastaje kao rezultat neravnomjernog zagrijavanja Zemljine površine i rotacije planete, što stvara razlike u pritisku i dovodi do kretanja vazдушnih masa. Brzina i pravac vjetrova zavise od geografskih i karakteristika i klimatskih uslova.
- **Vodne snage (hidroenergija)** – energija vode koja potiče iz hidrološkog ciklusa, gdje Sunčevo zračenje uzrokuje isparavanje, kondenzaciju i padavine, omogućavajući neprekidan tok rijeka i obnavljanje vodnih resursa. Snaga vodnih tokova zavisi od nadmorske visine, nagiba terena i količine padavina.
- **Biomasa** – organska materija biljnog i životinjskog porijekla, koja skladišti Sunčevu energiju putem fotosinteze. Obuhvata širok spektar materijala, uključujući drvo, poljoprivredne ostatke, organski otpad i specijalno uzgajane energetske biljke.
- **Geotermalna energija** – energija nastala raspadanjem radioaktivnih elemenata u unutrašnjosti Zemlje i toplotom preostalom iz perioda njenog formiranja. Toplota se prenosi kroz Zemljinu koru do površine, pri čemu su izvori najizraženiji u vulkanskim i tektonski aktivnim područjima.
- **Energija mora i okeana** – Obuhvata energiju plime i oseke, energiju morskih talasa i temperaturnih razlika u okeanima. Plima i oseka nastaju pod uticajem gravitacione sile Mjeseca i Sunca, dok morski talasi nastaju djelovanjem vjetrova na površinu vode. Toplotna energija mora potiče iz temperaturnih razlika između površinskih i dubokih slojeva okeana.

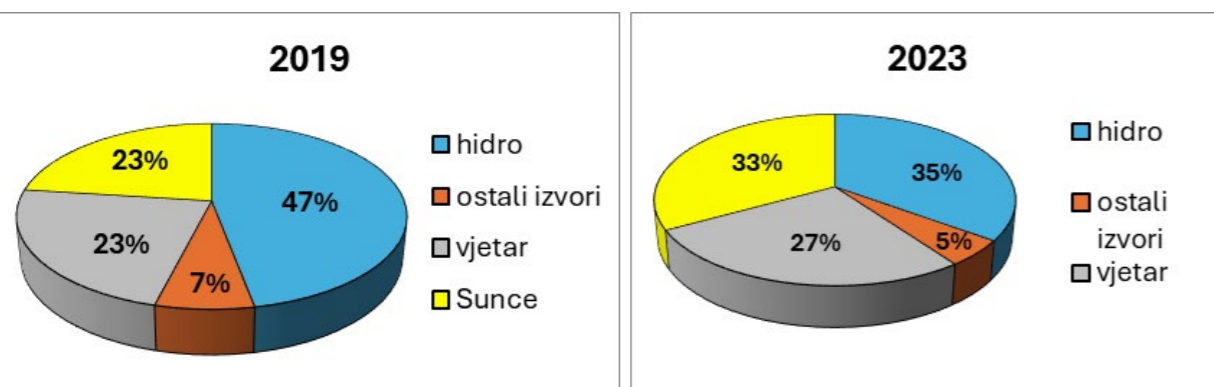
Jedan od glavnih razloga ubrzanog razvoja obnovljivih izvora energije jeste njihov znatno manji negativan uticaj na životnu sredinu u poređenju sa konvencionalnim izvorima.



Obnovljivi izvori energije

Obnovljivi izvori bilježe ubrzani rast u elektroenergetskom sektoru. Prema podacima Međunarodne agencije za obnovljivu energiju (IRENA), globalni kapacitet obnovljivih izvora energije dostigao je oko 3.064 GW do kraja 2023. godine.

U 2024. godini, investicije u čistu energiju gotovo su dvostruko veće od onih u fosilna goriva. Ukupna ulaganja u energetiku premašila su tri biliona dolara, od čega je oko dva biliona usmjereno na čiste tehnologije poput obnovljivih izvora energije, električnih vozila i nuklearne energije.



Distribucija instaliranih kapaciteta obnovljivih izvora energije

U nastavku ćemo se ukratko osvrnuti na obnovljive izvore energije, dok će detaljna analiza vjetra – ključnog izvora energije za tehnologiju pretvaranja kinetičke energije vjetra u električnu energiju – biti obrađena u narednim poglavljima ovog priručnika.

Solarna energija

Solarne elektrane pretvaraju Sunčevu energiju u električnu.

U toku jedne godine, Sunčeva energija koja dopijeva na Zemlju 20.000 puta je veća od energije neophodne da zadovolji potrebe cjelokupne populacije Zemlje.

U toku samo tri dana na površinu Zemlje dopijeva Sunčeva energija ekvivalentna energiji koju bi proizveli svi fosilni izvori i rezerve na Zemlji.

Pri prolasku kroz atmosferu dio energije se troši u složenim procesima, a dio se reflektuje i reemituje u svemir. Taj dio iznosi oko 1/3 energije koja je dospjela na ivicu atmosfere, tako da dotok energije do površine Zemlje iznosi prosječno 920 W/m².

Postoje dva tipa solarnih elektrana i to:

- termalne solarne elektrane
- fotonaponske solarne elektrane

Kod termalnih solarnih elektrana sistemima ogledala upućuju se Sunčevi zraci prema rezervoaru u kojem se nalazi tečnost koja se zagrijava. Zagrijana tečnost ide u izmjenjivač toplote, predaje toplotu vodi odnosno vodenoj pari. Dalji process je identičan onome u klasičnim termoelektranama.

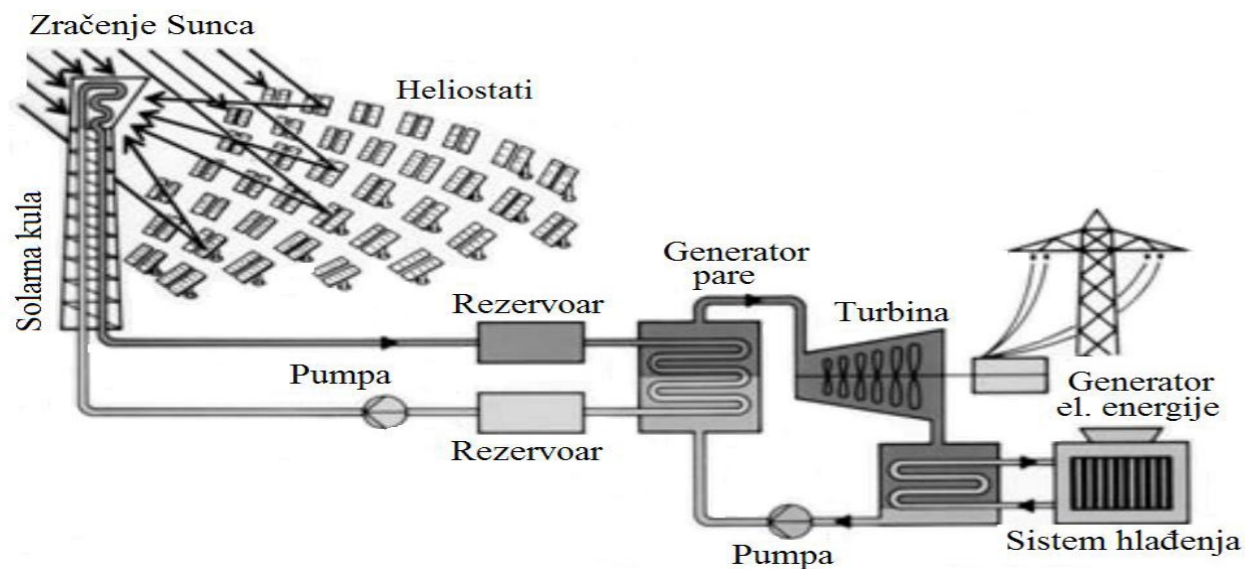


Solarna elektrana PS10 u Španiji

Mogućnost skladištenja toplote pomoću termalnih medija (poput rastopljene soli) ključna je prednost ovih sistema, jer omogućava kontinuiranu proizvodnju električne energije i u periodima kada direktno Sunčevo zračenje nije dostupno.

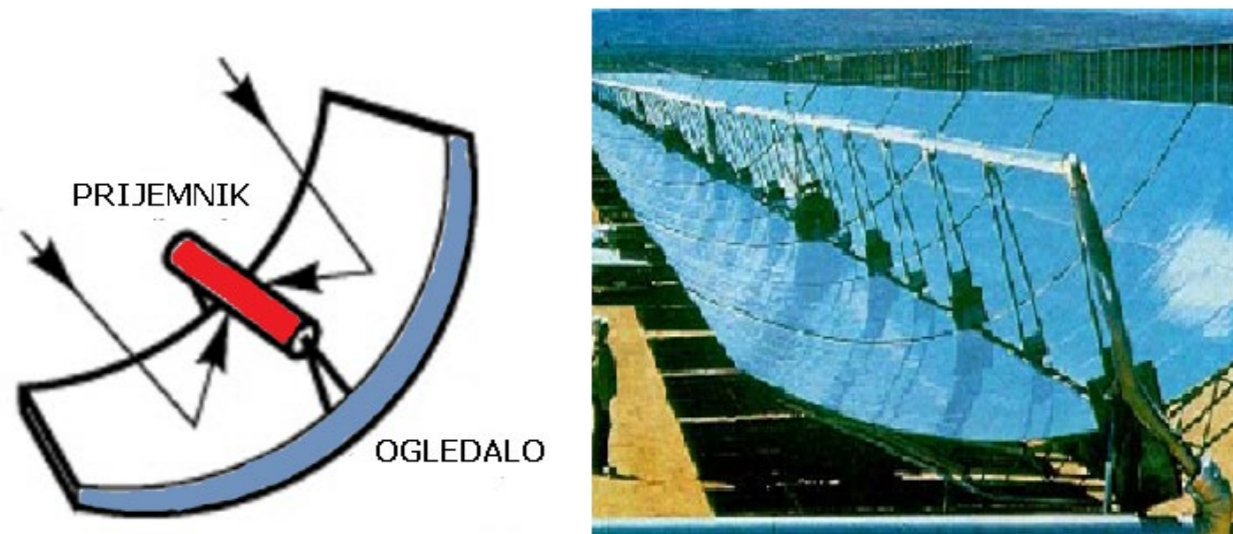
Solarne termoelektrane sa solarnim tornjem koriste polje heliostata.

Heliostat je uređaj koji ima obično ogledalo koje se okreće tako da tokom cijelog dana, reflektuje Sunčevu svjetlost ka određenom cilju tornju (helios-od grčke riječi za Sunce, i stat nastale od engleske riječi stationary-nepokretan)



Princip rada solarne termo elektrane sa heliostatima

Solarni sakupljači energije (parabolični kolektori) se sastoje od paraboličnih ogledala koja primaju toplotnu energiju Sunca i refokusiraju je na cijev koja se nalazi na žižnom mjestu parabole. U cijevi se nalazi tečnost na primjer sintetičko ulje kao toplotni medijum sa radnom temperaturom od 400°C. Tako zagrijani fluid cirkuliše do izmjenjivača toplote, gdje prenosi toplotu vodi i pretvara je u zasićenu paru. Para zatim pokreće turbinu povezanu s generatorom koji proizvodi električnu energiju.

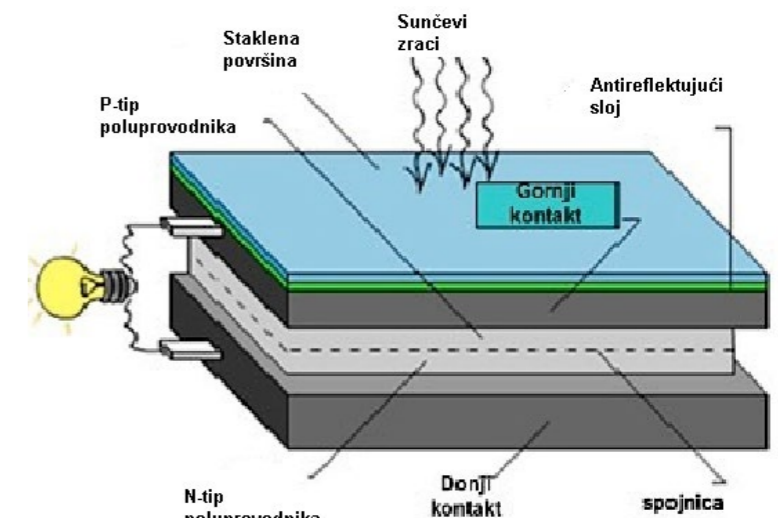


Parabolični kolektori

Drugi tip solarnih elektrana pretvara Sunčevu energiju direktno u električnu pomoću poluprovodničkih fotonaponskih ćelija. Iskoristivost ovih poluprovodničkih pretvarača je relativno mala pa su potrebne velike površine solarnih panela da bi se dobila određena količina električne energije. Dobra strana je veliki rok trajanja i jednostavno rukovanje, praktično bez održavanja, jer postrojenje nema pokretnih dijelova. Loša strana svih solarnih elektrana je što ne postoji kontinuitet u proizvodnji energije jer noću kada nema Sunca nema ni proizvodnje električne energije.

Čestice svjetlosti (fotoni) kada padnu na atom silicijuma dolazi do izbijanja elektrone iz kristalne rešetke. Uslijed ovoga se na jednoj strani poluprovodničkog spoja stvara višak negativnog naelektrisanja, a na drugoj strani pozitivnog pa dolazi do protoka struje.

Solarne ćelije imaju i dvije metalne mreže, tj. dva električna kontakta. Jedan se nalazi ispod poluprovodnog materijala, a drugi iznad. Gornja mreža ili kontakt skuplja elektrone sa poluprovodnika i vodi ih ka vanjskom potrošaču. S donjim kontaktnim slojem zatvara se električni krug.



Fotonaponska ćelija



Polje fotonaponskih ćelija

Vodne snage (hidroenergija)

Vrste iskoristivog hidroenergetskog potencijala su akumulacije, vodotokovi rijeka i potoka, plima i oseka, morski talasi, podvodne struje i slično a osnovni hidroenergetski parametri su protok, visina pada, gustina vode i dr. Instrumenti za mjerenje hidroenergetskih parametara su mjerač protoka za protok, altimetri ili laserski mjerači visine za visina pada i hidrometri ili densitometri za gustinu vode.

Hidroelektrane pripadaju postrojenjima koja koriste vodu kao obnovljivi izvor energije. Imale su dominantnu ulogu u početnom stadijumu razvoja elektrifikacije u mnogim zemljama.

Svaka hidroelektrana se projektuje posebno, u zavisnosti od:

- količine vode
- meteoroloških prilika na širem području sliva,
- visine pada vode,
- specifičnosti terena (geoloških uslova koji vlada na vodotoku), kao i
- specifičnim zahtjevima (plovnost rijeke, navodnjavanje, biološki zahtjevi za vodotok...)

S obzirom na način korištenja vode postoje sledeće vrste hidroelektrana:

- Protočne HE u kojima se voda iskorištava kako dotiče ,
- Akumulacione HE u kojima se dio vode akumulira, da bi se mogla iskoristiti kad se pojavi potreba

Posebne vrste hidroelektrana su:

- Pumpno akumulacione ili reverzibilne hidroelektrane i
- Hidroelektrane koje iskorištavaju energiju mora (plima i oseka, energija talasa, morske struje...)

Prilikom projektovanja HE ne treba imati u vidu samo energetske korišćenje vode, nego i zahtjeve poljoprivrede (navodnjavanje, odvodnjavanje), snabdijevanje vodom, mogućnost plovidbe...

Izbor tipa HE zavisi od niza faktora koji utiču na racionalnu i ekonomičnu izgradnju postrojenja, pa je nemoguće navesti kruta pravila za izbor tipa postrojenja.

Princip rada hidroelektrane :

- Voda iz rijeke ili jezera dolazi pomoću sistema kanala ili cijevi do vodenih turbine
- Vodene turbine se pod dejstvom vode okreću, a kako su mehanički povezani rotori turbine i generator okreće se rotor generatora i proizvodi se struja;
- Proizvedena električna energija sistemom transformatora i dalekovoda odvodi se do potrošača.

Male hidroelektrane (mHE) su hidroenergetski sistemi manjih snaga, uglavnom izgrađeni na manjim vodotocima, odnosno na manjim rijekama, potocima, raznim kanalima, pa čak i sistemima za navodnjavanje.

U njima se energija ovih vodotoka pretvara u korisnu energiju, čime se obezbjeđuje relativno čista i pouzdana proizvodnja električne energije.

One su pretežno protočne elektrane, pa stoga i ne zahtijevaju značajne zemljane i građevinske radove i investicije koje obično traži izgradnja velikih brana i akumulacija. Osnovna razlika između velikih i malih hidroelektrana je u instaliranoj snazi, pri čemu je granična snaga koja dijeli ove hidroelektrane različita od zemlje do zemlje. Bez obzira na velika odstupanja u pojedinim zemljama sa stanovišta gornje granice instalirane snage (mHE od 1,5 MW do 30MW), u posljednje vrijeme najčešće se kao standard prihvata vrijednost ukupnog instaliranog kapaciteta do 10 MW (prihvaćen u EU – ESHA).

Mala hidroelektrana nije jednostavno samo smanjena verzija velike hidroelektrane. Da bi se zadovoljili osnovni zahtjevi koji se pred nju stavljaju, za njenu izgradnju potrebni su specifična oprema i uređaji, prije svega u smislu jednostavnosti, visine investicija i troškova rada i održavanja, načina rada, maksimuma pouzdanosti i sigurnosti, kao i jednostavnom korišćenju i održavanju od strane lica koja za to nijesu specijalizovana. Principijelna šema male hidroelektrane prikazana je na slici.



Najčešći raspored osnovnih elemenata male hidroelektrane

1. zahvat vode
2. dovod vode
3. mala hidroelektrana
4. električna mreža
5. potrošač

Energija mora i okeana

Energija mora i okeana je obnovljivi izvor energije koji koristi prirodne pojave u morima i okeanima, poput plime i oseke, talasa, morskih struja i temperaturnih razlika između površinskih i dubljih slojeva vode. Ove pojave mogu se iskoristiti za proizvodnju električne energije pomoću različitih tehnologija.

Sistemi za iskorišćavanje energije mora i okeana ne emituju ugljen-dioksid tokom rada, što doprinosi smanjenju zagađenja i ublažavanju klimatskih promena. Takođe, mogu

doprineti energetskej stabilnosti jer koriste prirodne procese koji su stalni i predvidivi, smanjujući zavisnost od fosilnih goriva. Međutim, njihova široka primjena zavisi od daljeg razvoja tehnologija, smanjenja troškova izgradnje i održavanja, usklađivanje sa propisima o zaštiti životne sredine.

Mora i okeani sadrže ogromne količine energije koje mogu biti iskorišćene za proizvodnju električne energije. Glavni izvori ove energije su: energija plime i oseke, energija talasa, toplotna energija okeana (OTEC) i energija morskih struja.

Ovi izvori se razlikuju po mehanizmu nastanka i tehnologijama koje se koriste za njihovu eksploataciju.

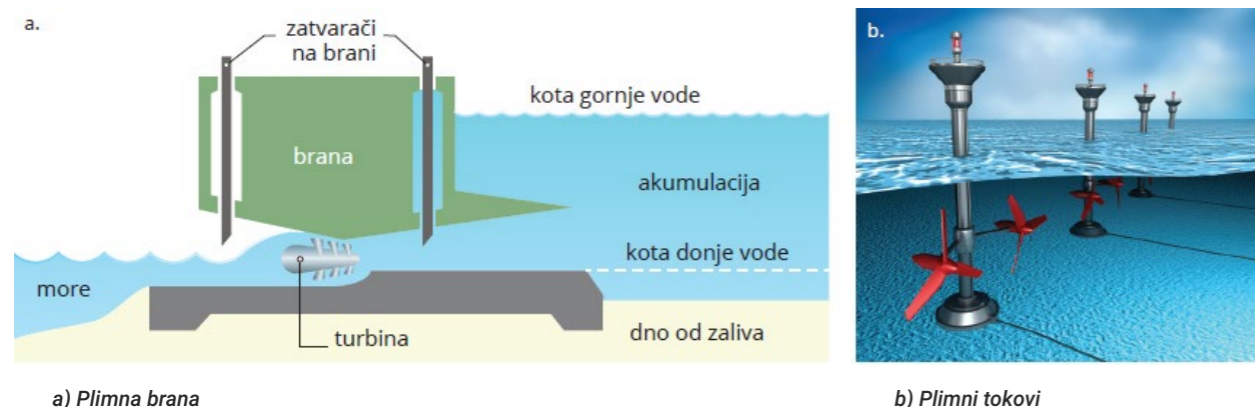
Elektrane koje koriste energiju plime i oseke (obnovljivi izvor energije) za pogon turbina, predstavljaju posebnu vrstu akumulacionih hidroelektrana. Plima i oseka (morske mijene) nastaju pod dejstvom Sunca i Mjeseca na vodu u morima i okeanima. Morske mijene su periodično dizanje (plima) i spužtanje (oseka) morske i okeanske površine i premještanje velikih vodenih masa prouzrokovano gravitacionom silom kojom Mjesec i Sunce djeluju na vodene mase i Zemljinom rotacijom.

Zbog toga što promjene oseke i plime izazivaju kretanje fluida, tj. vodene mase (kinetička energija), moguće je izvršiti pretvaranje te energije u električnu energiju pomoću posebnih elektrana. Ovakvi tipovi elektrana nijesu česti jer njihova izrada, održavanje i postizanje isplativosti trenutno traži značajna novčana sredstva. Danas su samo visokorazvijene i bogate zemlje razvile nekoliko takvih elektrana, iako dosta zemalja ima prirodni potencijal za njihovo korišćenje.

Tehnologija koja se koristi za konverziju veoma je slična tehnologiji koja se koristi u konvencionalnim hidroelektranama. Međutim, elektrane na plimu i oseku nikada ne mogu raditi konstantno, nego samo do pojave iduće plime i oseke.

Danas se uglavnom sreću dvije mogućnosti korišćenja energije plime i oseke:

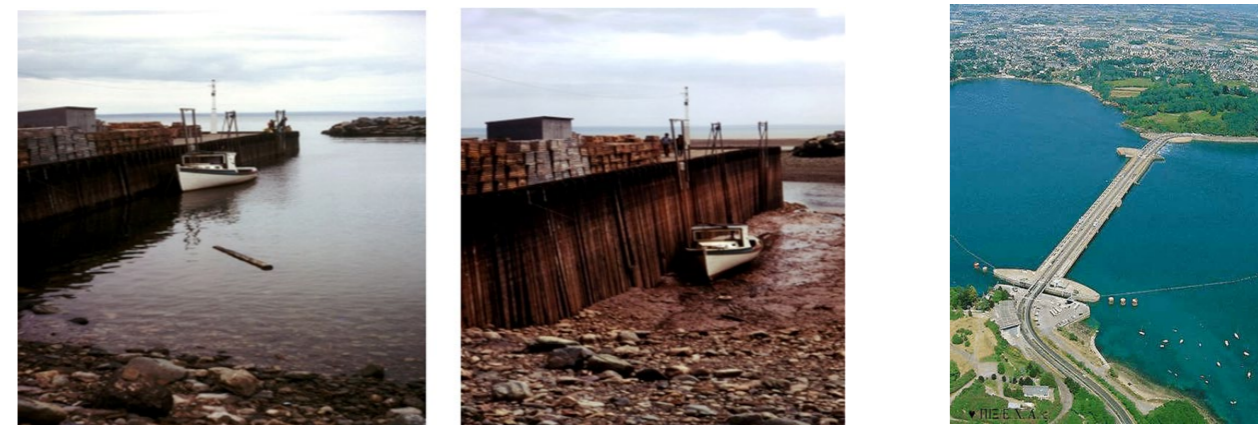
- putem plimnih brana (slika a) ili
- iskorišćavanjem plimnih tokova (slika b).



Kod **plimnih brana** brana služi za sprečavanje ulaska vode u bazen/akumulaciju i za skupljanje i postepeno ispuštanje vode kada se plima počne povlačiti. Otvaranjem zatvarača/zapora i postepenim propuštanjem vode kroz otvor na turbini proizvodi se električna energija. Energija se može proizvoditi u jednom ili u oba smjera.

Plimni tokovi su velike količine vode koje teku okeanima uslijed promjene položaja vode – gibanja plime i oseke. Taj efekat se najčešće primjećuje u plitkim djelovima gdje postoje prirodna suženja na kojima se brzina vode značajno povećava. Sama tehnologija korišćenja ove energije slična je tehnologiji za pretvaranje energije vjetra, uz neke bitne razlike. Nažalost, ta tehnologija je još u svojim začecima, dosta je skupa i dostupna je samo razvijenim zemljama.

Područja istočne obale Kanade kao i zapadne obale Francuske i Velike Britanije su područja israženih plima i oseka. Najveća izmjerena razlika između plime i oseke od 16 metara izmjerena je u Kanadi.



Primjer visinske razlike između plime i oseke

Elektrana La Rance

Najpoznatija i ujedno najveća ovakva elektrana izgrađena je 1966 godine u Francuskoj. Nalazi se na ušću rijeke La Rance u more. U tom području prosječne plime su visine 8m, a maksimalne 13,5m. Snaga elektrane je 240MW.

Energija morskih struja

Elektrana električnu energiju stvara pomoću morskih strujanja – funkcioniše kao neka vrsta podvodne vjetrenjače. Pred jugo-zapadnom obalom Engleske je već postavljeno takvo probno postrojenje. Da bi se mogla uskoristiti strujanja u oba smjera, krila rotora se mogu rotirati za 180°.

Elektrana se sastoji od tri glavne komponente: 50 metara visoki toranj služi kao stub na kojem je postrojenje montirano, „pogonska prostorija“ koja sadrži kontrolni sistem, priključak na mrežu za prenos električne energije, hidraulički sistem za podizanje i spužtanje postrojenja, kao i rotor koji je pričvršćen na toranj i koji čini srce postrojenja.



Elektrana Strangford Lough

Energija talasa

Elektrane na morske talase jesu one koje koriste energiju talasa (obnovljivi izvor energije) za proizvodnju električne energije. Osnovni uzrok nastanka energije talasa je djelovanje vjetrova (posljedica dejstva Sunca) na površinu mora i okeana. Pošto se snaga talasa razlikuje od dnevnih mijena plime i oseke i stalnih cirkularnih okeanskih struja, za njeno korišćenje mora se odabrati povoljna lokacija na kojoj su talasi dovoljno česti i dovoljne snage.

Snagu talasa definišemo po jedinici površine normalne na smjer kretanja talasa. Ona može iznositi i 10kW/m^2 , ali biti i oko nule. Na primjer, za područje sjevernog Atlantika, na otvorenom moru između Škotske i Islanda u 50 odsto vremena, snaga talasa je 3.9kW/m^2 ili veća.

Energija talasa se može iskoristiti putem površinskih i podvodnih uređaja, kao i pomoću rezervoara.

Površinski uređaji (plutajući sistemi) – ove uređaje talasi pomjeraju gore-dolje po površini okeana i na taj način im prenose energiju.



Oscilirajući vodeni stub (OWC – Oscillating Water Column) – Strukture koje koriste oscilacije vode u komorama kako bi stvorile pritisak koji pokreće turbine. Vazduh u komorama se potiskuje talasima i na taj način pokreće generator. Primjer: **Limpet** u Škotskoj.



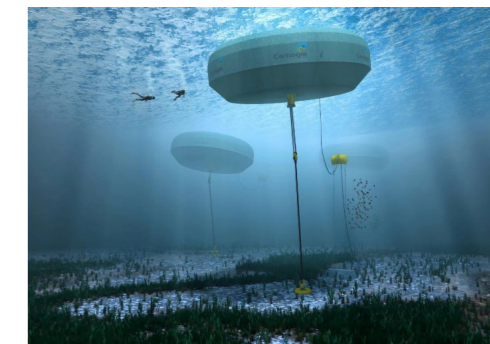
OWS sistem Islay LIMPET (Škotska)

Talasi zmijoliki uređaji (surface attenuators) – Duge plutajuće konstrukcije koje se savijaju pod dejstvom talasa i generišu električnu energiju. Ove tehnologije imitiraju način na koji se zmija kreće u vodi i koriste mehaničke spojeve za pretvaranje energije. Primer: tehnologija **Pelamis Wave Energy Converter (Pelamis WEC)**.



Pelamis WEC

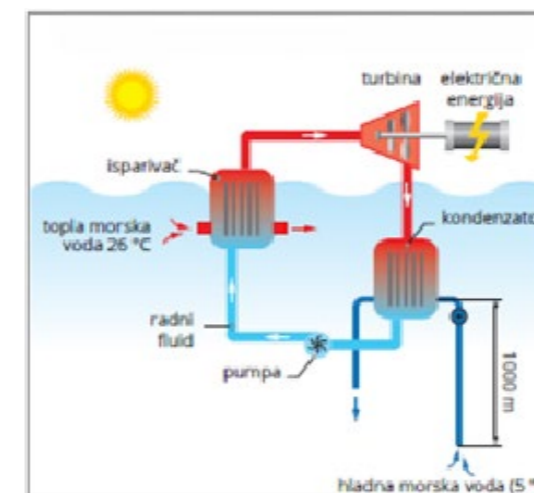
Podvodni uređaji – se kreću od balonskih predmeta pričvršćenih za dno okeana do dugih cijevi koje se protežu velikom dužinom. Kada talasi prouzrokuju njihovu oscilaciju oni pokreću turbinu i stvaraju električnu energiju.



Podvodni uređaji

Toplotna energija okeana (OTEC - Ocean Thermal Energy Conversion)

OTEC koristi temperaturnu razliku između toplih površinskih voda i hladnih dubokih voda tropskih okeana za proizvodnju električne energije. Veća temperaturna razlika omogućava efikasniju konverziju energije. U blizini ekvatora, razlika temperature između površinske i dubinske vode može dostići do $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, što ovaj izvor energije čini značajnim potencijalom. OTEC elektrane mogu raditi 24 sata dnevno tokom cijele godine, koristeći toplotnu energiju koju tropska mora neprestano akumuliraju.



Šematski prikaz OTEC sistema



Plutajuće OTEC postrojenje

Tri su osnovne tehnologije kod OTEC sistema:

- **Zatvoreni ciklus** – Koristi radni fluid s niskom tačkom ključanja, poput amonijaka. Topla morska voda prolazi kroz izmjenjivač toplote i prenosi energiju na radni fluid, koji isparava. Nastali gas pokreće turbinu povezanu s generatorom električne energije. Nakon toga, gas se hladi i kondenzuje uz pomoć hladne dubinske vode, vraćajući se u tečno stanje i zatvarajući ciklus.
- **Otvoreni ciklus** – Morska voda iz toplih površinskih slojeva uvodi se u komoru sa smanjenim pritiskom, gdje dio vode isparava zbog niskog pritiska. Nastala para pokreće turbinu, nakon čega se hladi kontaktom s hladnom dubinskom vodom i ponovo kondenzuje u tečnost.
- **Hibridni ciklus** – Kombinuje elemente zatvorenog i otvorenog ciklusa kako bi se povećala efikasnost. Topla voda isparava radni fluid kao u zatvorenom ciklusu, dok se istovremeno dio vode u otvorenom ciklusu direktno isparava pod niskim pritiskom

Geotermalna energija

Geotermalna energija je obnovljivi izvor energije koji potiče iz unutrašnjosti Zemlje i nastaje kao posljedica visoke temperature njenih dubokih slojeva, koja se kreće između 4000°C i 7000°C. Ova toplota je rezultat **prirodnog raspadanja radioaktivnih elemenata** poput uranijuma, torijuma i kalijuma, kao i ostataka termalne energije nastale prilikom formiranja planete.

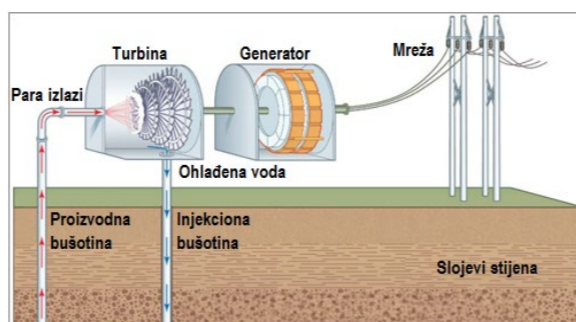
Temperatura Zemljine unutrašnjosti raste s dubinom – na **80 do 100 km**, temperatura stijena dostiže **600°C do 1200°C**. Ova toplota konstantno struji prema površini i može se iskoristiti za **proizvodnju električne energije, grijanje objekata i industrijske procese**.

Geotermalna energija ima široku primjenu, od direktnog grijanja prostora i industrijskih postrojenja do proizvodnje električne energije u geotermalnim elektranama. Geotermalne elektrane

Geotermalne elektrane koriste toplotnu energiju iz unutrašnjosti Zemlje za proizvodnju električne energije. Para ili vruća voda iz dubokih slojeva dovodi se do turbine koje pokreću generator, koji proizvodi električnu energiju. Nakon prolaska kroz turbinu, para se kondenzuje, a ohlađena voda vraća nazad u podzemni izvor kako bi se proces mogao ponavljati.

Postoje tri osnovne vrste geotermalnih elektrana:

- **Elektrane na suhu paru** – koriste najstariji način pretvaranja geotermalne energije u električnu. Para iz unutrašnjosti Zemlje direktno se dovodi do turbine, koja pokreće generator. Ovaj tip elektrane prvi put je primijenjen 1904. godine u Toskani, Italija. Danas se rijetko koriste zbog specifičnih geoloških uslova potrebnih za njihovo funkcionisanje.



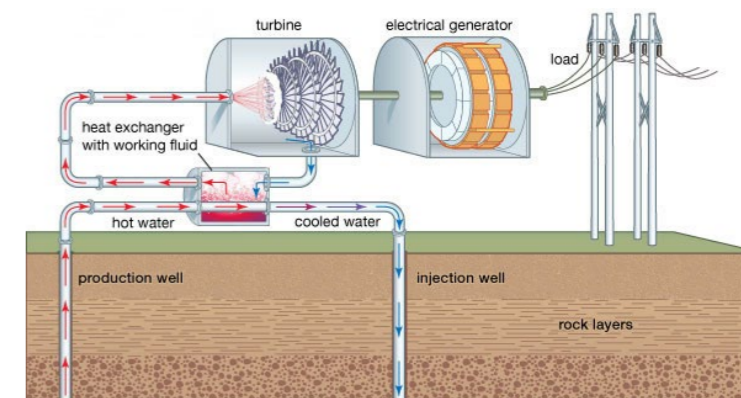
Šematski prikaz elektrane na suhu paru

Elektrane sa fleš-parom – koriste podzemnu vodu pod visokim pritiskom, koja dolaskom na površinu naglo prelazi u paru i pokreće turbinu.

Kod ovog tipa elektrane, vruća voda se pod velikim pritiskom dovodi do rezervoara sa niskim pritiskom gdje se pretvara u paru koja pokreće turbinu. U ovom procesu, para se hladi, kondenzuje natrag u vodu i ponovo se vraća u unutrašnjost zemlje kako bi se ponovo zagrijala i iskoristila. Većina geotermalnih elektrana su ovog tipa.

Elektrane sa binarnim ciklusom

– Kod elektrana sa binarnim ciklusom, vruća voda iz unutrašnjosti zemlje se koristi za zagrijavanje druge tečnosti do tačke ključanja kada se ona pretvara u paru i pokreće turbinu. Ove elektrane su posebno pogodne za područja sa umjerenim geotermalnim resursima, jer omogućavaju efikasno iskorišćavanje nižih temperatura. Takođe, imaju zatvoren sistem, što smanjuje emisije gasova i doprinosi energetskej održivosti.



Šematski prikaz elektrane sa binarnim ciklusom

Direktna primjena geotermalne energije

Pored proizvodnje električne energije, geotermalna energija se direktno koristi za grijanje i druge praktične primjene, omogućavajući efikasno i ekološki prihvatljivo korišćenje toplotne energije

- **Grijanje objekata** – Geotermalna voda se koristi za **daljinsko grijanje** naselja i gradova. Na Islandu, više od 90% domaćinstava koristi geotermalnu energiju za grijanje.
- **Poljoprivredu i akvakulturu** – Omogućava **zagrijavanje plastenika**, čime se produžava vegetacioni period, kao i kontrolisani uzgoj ribe i školjki u toplijim vodama.
- **Industrijsku primjenu** – Koristi se za **sušenje poljoprivrednih proizvoda, pasterizaciju mlijeka** i druge procese koji zahtijevaju toplotu.
- **Geotermalne toplotne pumpe** – Ova tehnologija koristi **plitke geotermalne izvore** za **grijanje i hlađenje zgrada**, povećavajući energetske efikasnost uz niske operative troškove.

Iako se geotermalna energija smatra praktično neiscrpim resursom, njena široka primjena zavisi od geoloških uslova, troškova istraživanja i bušenja, kao i od tehničkih izazova kao što su korozija cjevovoda i taloženje minerala u opremi.

Prednosti geotermalne energije

- Geotermalna energija je obnovljivi izvor energije ukoliko se sa rezervoar sa vrućom vodom pravilno upravlja tj. ukoliko brzina ekstrakcije energije nije veća od brzine prirodnog punjenja rezervoara

- Geotermalna energija je čista, zatvorenog je tipa i ne doprinosi stvaranju efekta staklene bašte.
- Ekonomski je isplativa. Direktno korišćenje geotermalne energije je mnogo jeftinije od energije dobijene korišćenjem fosilnih goriva.
- Generisanje energije je konstantno i ne zavisi od vremenskih uslova
- Geotermalne elektrane zahtijevaju manje površine nego li je to slučaj sa termoelektranama, solarnim elektranama ili vjetroelektranama.

Biomasa

Biomasa predstavlja gorivo koje se dobija od organskih materija, nastaje iz obnovljivih i održivih izvora energije i može se koristiti za stvaranje električne ili toplotne energije.

Neki primjeri materijala koji sačinjavaju biomasu su – otpadna građa, šumski ostaci, određeni usjevi, đubrivo i neke vrste otpada.

Uz konstantno snabdijevanje otpadom – od građevinskih radova i krčenja terena, preko drveta koje se ne koristi u proizvodnji papira, do čvrstog komunalnog otpada, proizvodnja zelene energije može se neograničeno nastavljati.

Biomasa je obnovljivi izvor goriva za proizvodnju energije jer će ostaci uvijek postojati – otpadno drvo, šumski resursi i mlinski ostaci.

Energija iz biomase proizvedena je iz obnovljivog organskog otpada koji se inače odlaže na deponije ili spaljuje.

Kada se sagorijeva, energija biomase se oslobađa u vidu toplote. Ako imate kamin, već učestvujete u upotrebi biomase, jer je drvo koje gori zapravo biomasa.

U elektranama na biomasu otpadno drvo ili drugi otpad sagorijeva kako bi se proizvela para koja pokreće turbinu za proizvodnju električne energije ili koja obezbjeđuje toplotu za potrebe industrije ili domaćinstava.

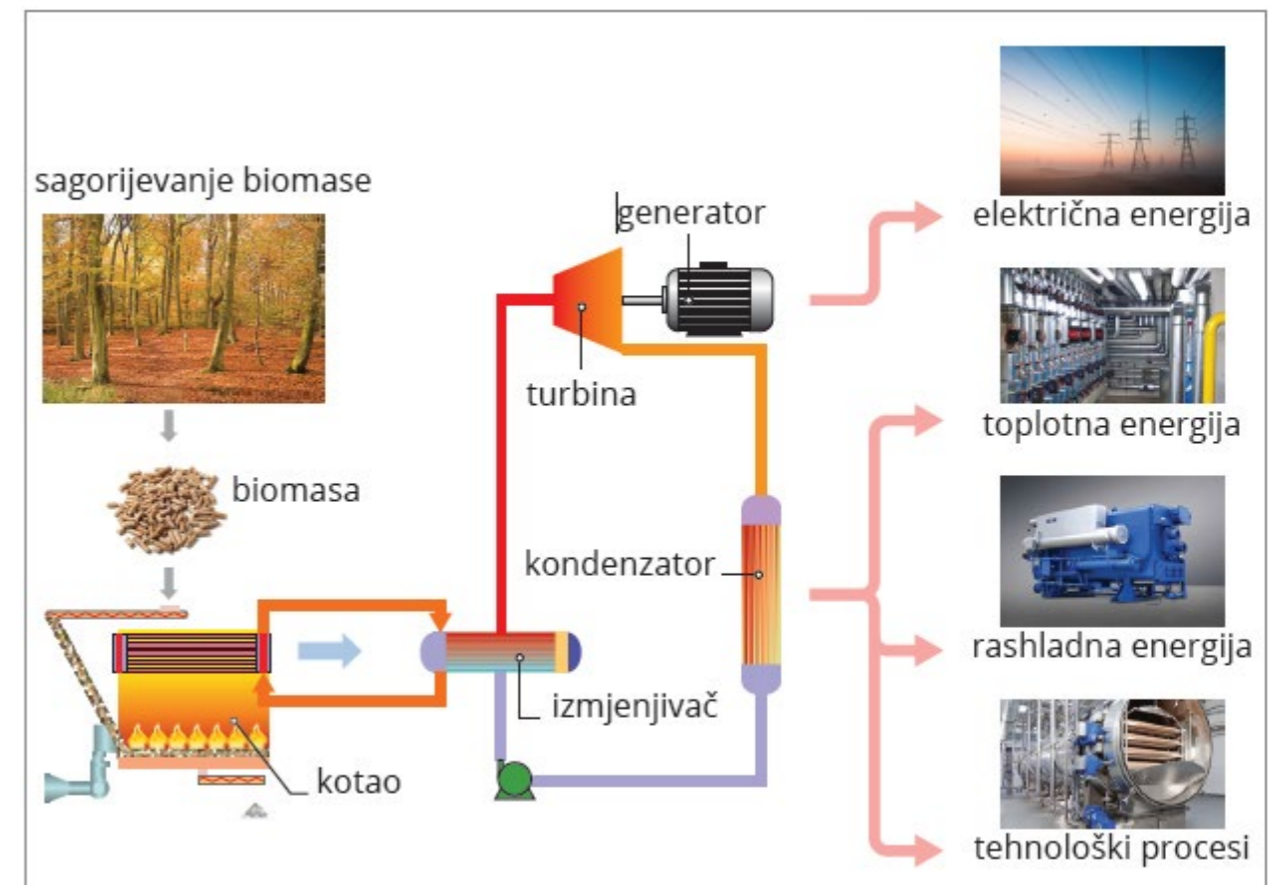
Biomasa je bogat resurs: organska materija nas okružuje, od šuma i obradivih površina do otpada i deponija. Sva biomasa prvobitno dobija energiju od Sunca – zahvaljujući fotosintezi, resursi biomase ponovo rastu u relativno kratkom vremenskom periodu u poređenju sa izvorima fosilnih goriva kojima su potrebne stotine miliona godina da se nadoknade. To znači da sigurno nećemo ostati bez biomase za proizvodnju energije.

Preusmjeravanje otpada na postrojenja za proizvodnju energije na biomasu umjesto na deponije ne samo da pomaže u smanjenju veličine deponija i ublažava ove rizike, već koristi i materijale koji bi inače bili neiskorišćeni.

- **Princip rada elektrana na biomasu** u osnovi se zasniva na termodinamičkom Rankinovom ciklusu, koji iskorištava toplotu nastalu sagorijevanjem biomase za proizvodnju pare ili zagrijavanje specijalnog radnog fluida. Para visoke temperature i pritiska pokreće turbinu povezanu s električnim generatorom, koji proizvodi električnu energiju. Nakon ekspanzije, para se hladi u kondenzatoru, prelazi u tečno stanje i

pomoću pumpe vraća se u kotao, čime se ciklus zatvara. Istovremeno, dio toplote može se iskoristiti za grijanje vode i različite tehnološke procese, što obezbjeđuje efikasnije iskorištavanje raspoložive energije.

- **Kogeneracijska postrojenja na biomasu** istovremeno proizvode električnu i toplotnu energiju. Toplota koja bi se u klasičnim elektranama gubila kroz kondenzatore, ovdje se koristi za grijanje prostora, pripremu tople vode ili industrijske procese. Na taj način, uz minimalne gubitke, znatno se povećava efikasnost postrojenja i optimizuje iskorištavanje biomase kao primarnog energetskog izvora.
- **Organski Rankinov ciklus (ORC)** je sve zastupljenija tehnologija u kogeneracijskim postrojenjima na biomasu. Specifičnost ove tehnologije ogleda se u korišćenju organskog fluida niže tačke isparavanja, što omogućava efikasniju konverziju toplote iz nižih temperaturnih izvora i često olakšava rad manjih, decentralizovanih sistema. Na taj način, u poređenju s klasičnim vodeno-parnim postrojenjima, ORC postiže bolju iskorišćenost energije iz biomase, posebno kada se radi o nižim temperaturama sagorijevanja ili ograničenim količinama toplote.



Šematski prikaz ORC sistema na biomasu

Osim početnih troškova za pokretanje postrojenja, postoje dodatni troškovi povezani sa vađenjem, transportom i skladištenjem biomase prije proizvodnje električne energije. Ovo je dodatni trošak koji druge obnovljive tehnologije ne moraju da uzimaju u obzir, budući da se za gorivo oslanjaju na besplatne resurse na licu mjesta poput plime, Sunce, vjetra.

Ukupni troškovi u velikoj mjeri zavise od vrste biomase i načina na koji se pretvara u električnu energiju. Međutim, iako je biomasa često skuplja od alternativnih obnovljivih izvora energije, najskuplje vrste bioenergije su i dalje jednake ili jeftinije od fosilnih goriva. Bioenergija ne zahtjeva bušenje u zemlji, što nosi veliko smanjenje novčanih troškova i povećanje čistoće ekstrakcije.

Vjetroelektrane

Vjetroelektrane su sistemi koji se sastoje od više vjetroagregata povezanih u jedinstvenu cjelinu. Mogu biti manje, sa nekoliko agregata za lokalnu potrošnju, ili velike, sa desetinama, pa i stotinama vjetroagregata smještenih na odgovarajućim lokacijama. Prema položaju, dijele se na:

- **Kopnene (onshore) vjetroelektrane** – postavljaju se na kopnu, na ravničarskim ili brdskim područjima s povoljnim vjetrovima. Karakteriše ih lakša izgradnja i održavanje, ali i niži prosječni intenzitet vjetra u odnosu na morske vjetroelektrane.
- **Morske (offshore) vjetroelektrane** – grade se na morima i okeanima, najčešće na plitkim priobalnim područjima, gdje su vjetrovi jači i stabilniji. Iako omogućavaju veću proizvodnju energije, njihova gradnja i održavanje su tehnički zahtjevniji i skuplji.
- **Vjetroelektrane na planinskim prevojima** – postavljaju se na povišenim terenima, gdje se vjetar uslijed orografskih efekata ubrzava, što omogućava efikasnije iskorišćenje energije.
- **Vjetroelektrane u pustinjama** – koriste stabilne, suve klimatske uslove s konstantnim vjetrovima, iako je problem pješčana erozija i specifična zaštita oprem

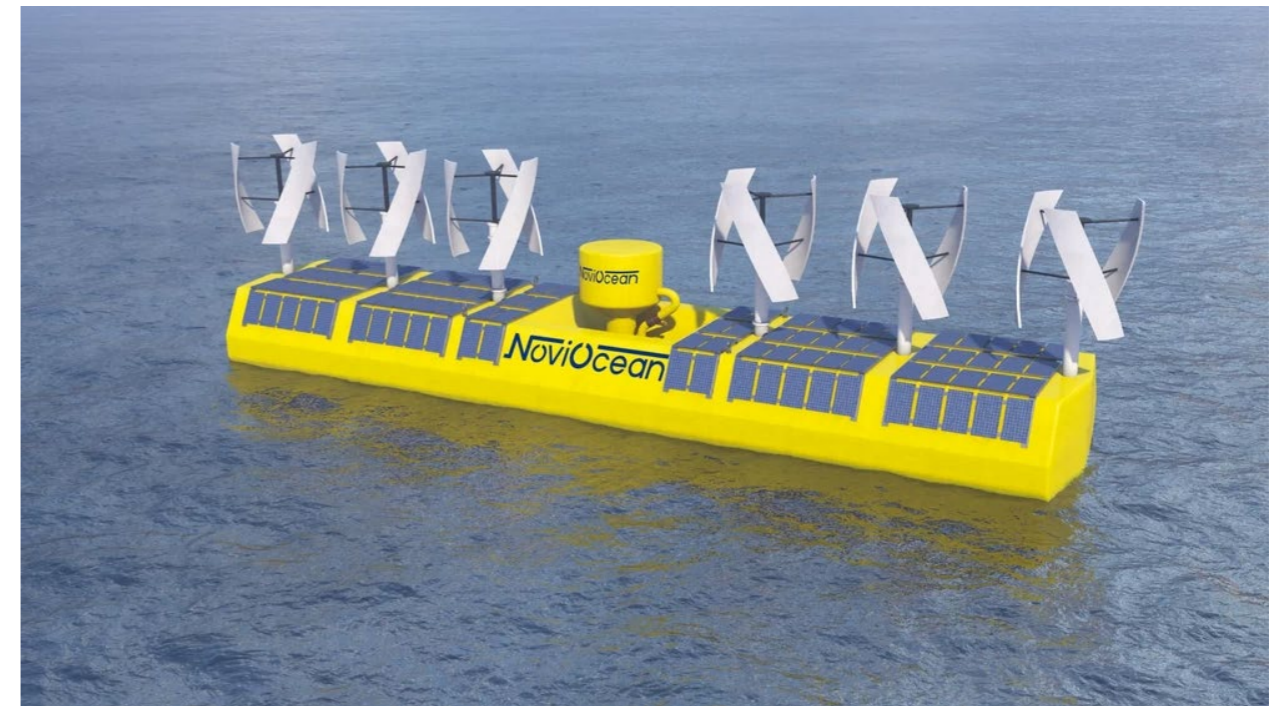


Primjeri različitih vrsta vjetroelektrana

Hibridne vjetroelektrane

Hibridne vjetroelektrane kombinuju energiju vjetra sa drugim izvorima energije, najčešće solarnom energijom, dizel-generatorima ili baterijskim sistemima. Ovi sistemi su posebno značajni na izolovanim lokacijama, kao što su ostrva, udaljena naselja i istraživačke stanice, gdje je neophodna stabilnost napajanja bez oslanjanja na centralizovanu mrežu. Hibridni sistemi se često koriste i na modernim jedrenjacima sa integrisanim pogonskim rješenjima, čime se povećava energetska efikasnost i smanjuje potrošnja goriva.

Razvoj vjetroenergetskih sistema značajno je unaprijedio iskorišćenje energije vjetra u različitim sektorima. Vjetroagregati, vjetroelektrane i vjetroturbine za specijalne namjene omogućavaju sve širu primjenu ovog obnovljivog izvora energije, čime se doprinosi energskoj stabilnosti i smanjenju negativnih uticaja na životnu sredinu.



Hibridna elektrana koja koristi energiju talasa, vjetra i Sunca. Takozvani Hybrid Energy Converter (HEC)

Iako se danas novi izvori energije koriste za proizvodnju samo malog dijela ukupne svijetu potrebne energije, zbog mnogobrojnih prednosti njihovog korišćenja ovaj udio bi trebalo znatno uvećati već u bliskoj budućnosti.

Neke od njihovih najbitnijih prednosti:

- Ovi izvori energije imaju vrlo važnu ulogu u smanjenju emisije ugljen-dioksida (CO₂) u atmosferu, što se veoma potencira u energetskej politici Evropske unije.
- Povećanje udjela obnovljivih izvora energije povećava energetskej održivost sistema jedne zemlje, kao i njenu ekonomsku i državnu nezavisnost. U isto vrijeme pomaže u poboljšanju sigurnosti dostave energije i tako smanjuje zavisnost od uvoza energetskej sirovina, goriva kao i električne energije.
- U dogledno vrijeme se očekuje da će većina obnovljivih izvora energije postati ekonomski konkurentna konvencionalnim izvorima energije.

Za veće korišćenje energije iz obnovljivih izvora veoma je važna razvijena ekološka svijest stanovništva, kao i politička volja za investiranje u postrojenja za proizvodnju tzv. čiste ili zelene energije.



VJEŽBA

Istraživački rad – Analiza energetske postrojenja u regionu:

Male hidroelektrane
Solarne fotonaponske elektrane
Elektrane na biomasu
Geotermalne



KVIZ

Kviz 1: Obnovljivi izvori energije

<https://forms.office.com/e/YZ1j2ZSCB0>

3. ZAŠTITA NA RADU I ZAŠTITA ŽIVOTNE SREDINE

3.1. Moguće opasnosti po zdravlje i sigurnost radnika pri radu na solarnim fotonaponskim sistemima

Rad u okruženju solarnih fotonaponskih sistema podrazumijeva izlaganje različitim faktorima radne sredine koji mogu negativno uticati na zdravlje i sigurnost radnika.

Faktori radne sredine: ekstremne temperature (visoke i niske), relativna vlažnost, vjetar, Sunčeva svjetlost, buka, vibracije, loša podloga, rad na visini, teški tereti, dugotrajan nepravilan položaj tijela, prisustvo opasnih napona, atmosferski prenaponi, zagađenost, prisustvo opasnih materija i hemikalija i dr.

Ekstremne temperature, kako visoke tako i niske, mogu izazvati ozbiljne zdravstvene probleme ako radnici nisu adekvatno zaštićeni. Visoke temperature, u kombinaciji s direktnom izloženosti Sunčevoj svjetlosti, mogu dovesti do toplotnog udara, dehidracije i opekotina, dok niske temperature povećavaju rizik od smrzotina i hipotermije.



Ekstremno visoke temperature



Podizanje teškog terete



Vremenske nepravilike

Relativna vlažnost vazduha dodatno utiče na osjećaj temperature i može otežati termoregulaciju organizma. Radnici na montaži i održavanju solarnih panela često su izloženi dugotrajnoj direktnoj Sunčevoj radijaciji, što može uzrokovati opekotine kože i povećan rizik od dugoročnih zdravstvenih problema poput oštećenja vida i kožnih oboljenja.

Pored fizičkih opasnosti, prisustvo električne energije u radnom okruženju predstavlja ozbiljan rizik.

Mogući izvori opasnosti od visokog napona: direktni dodir djelova pod naponom, približavanje djelovima uređaja pod visokim naponom, previsoki napon dodira i koraka, električni luk, indukovani napon, zaostali napon, statički elektricitet, uticaj električnog i magnetskog polja, atmosferski prenaponi i dr.

Direktni dodir sa djelovima pod naponom može izazvati teške povrede ili smrt, dok približavanje visokonaponskim instalacijama bez odgovarajuće zaštite nosi opasnost od indukovanog napona. Visoki napon dodira i koraka može uzrokovati ozbiljne opekotine i unutrašnje povrede tkiva, a električni luk može dovesti do termičkih oštećenja kože

i očiju. Propisima je utvrđena granična vrijednost napona dodira koja je opasna po život i zdravlje čovjeka i ona iznosi 50 V za naizmjeničnu (za 50 Hz) odnosno 120 V za jednosmjernu struju. Veće vrijednosti napona dodira povećavaju rizik od elektrošoka, fibrilacije srca i toplotnih oštećenja tkiva, zavisno od trajanja izloženosti i električne otpornosti tijela. Indukovani i zaostali naponi predstavljaju dodatne izvore opasnosti, naročito pri održavanju sistema koji su privremeno isključeni, dok statički elektricitet može izazvati nepredvidive elektroenergetske incidente. Uticaj električnog i magnetskog polja na ljudski organizam još uvijek je predmet istraživanja, ali se smatra da dugotrajna izloženost može izazvati zdravstvene tjegebe. Prisustvo atmosferskih prenapona, naročito tokom olujnog nevremena, dodatno povećava rizik od udara groma i oštećenja električne opreme.



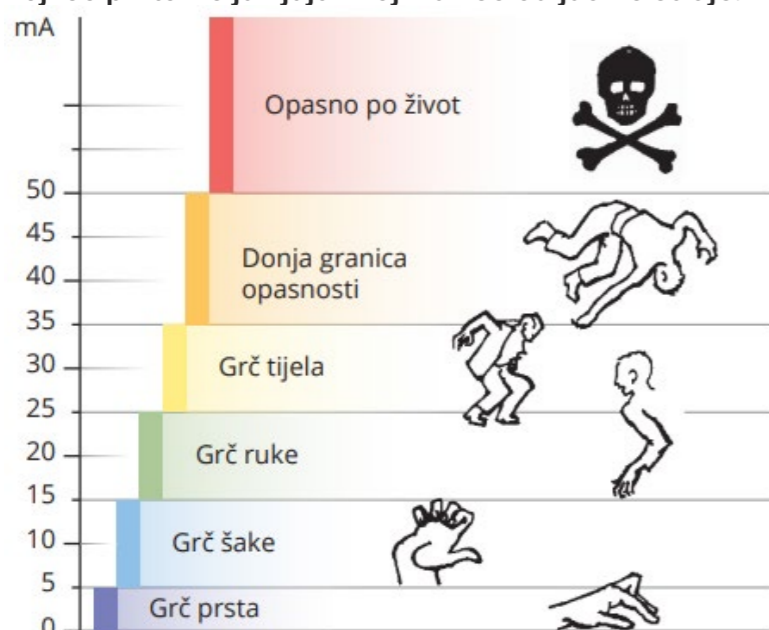
VIDEO

Napon koraka i dodira

<https://www.youtube.com/watch?v=8sPp8G8a48E>

Dejstva električne struje na ljudski organizam mogu biti toplotna, mehanička, elektrohemijaska i biološka. Toplotni efekti manifestuju se kroz opekotine i uništavanje tkiva uslijed visokih temperatura koje nastaju tokom električnog udara. Mehanički efekti uključuju grčenje mišića, što može dovesti do gubitka kontrole nad pokretima i ozbiljnih povreda. Elektrohemijaski efekti ogledaju se u promjenama sastava krvi i oštećenju nervnog sistema, dok biološki efekti uključuju poremećaje u radu srca, što može rezultirati srčanim zastojem.

Na slici je prikazano djelovanje električne struje na čovječje tijelo, gdje su dati i efekti koji se pri tome javljaju i koji zavise od jačine struje.



Djelovanje električne struje na čovječje tijelo

Pored električnih opasnosti, prisustvo opasnih materija i hemikalija u radnom okruženju može uzrokovati trovanja, iritacije kože i očiju, kao i respiratorne probleme. U pojedinim segmentima rada na solarnim fotonaponskim sistemima koriste se različiti hemijski preparati, poput sredstava za čišćenje solarnih panela, rashladnih fluida u inverterima i zaštitnih premaza za električne spojeve. Ukoliko nisu pravilno skladišteni i rukovani, ovi preparati mogu izazvati ozbiljne posljedice po zdravlje radnika, uključujući hemijske opekotine i dugotrajne respiratorne probleme.

Prisustvo zagađenosti u vazduhu, posebno u vidu prašine i sitnih čestica koje nastaju prilikom bušenja, rezanja i postavljanja nosača solarnih panela, može uzrokovati dugotrajna oštećenja pluća i povećati rizik od profesionalnih bolesti disajnih organa. Radnici su često izloženi neorganskoj prašini prilikom montaže na krovovima i drugim otvorenim prostorima, što može izazvati iritaciju disajnih puteva i alergijske reakcije. Još jedan važan aspekt jeste opasnost od požara.

Požari predstavljaju dodatnu prijetnju po sigurnost radnika, jer se u fotonaponskim sistemima mogu javiti uslijed kratkih spojeva, preopterećenja ili neispravnih električnih komponenti. Neadekvatno održavanje opreme, loše izvedeni električni spojevi, neispravne električne komponente, oštećenja kablova i neadekvatno održavanje opreme mogu povećati rizik od izbijanja požara.



Opasnost od požara

Takođe, neki solarni paneli sadrže zapaljive materijale u slojevima izolacije, što može povećati rizik od požara u slučaju električnog luka ili pregrijavanja sistema. Povećana temperatura komponenti može izazvati samozapaljenje, naročito ako sistemi hlađenja invertera ne funkcionišu pravilno. Akumulatorski sistemi koji se koriste za skladištenje energije takođe predstavljaju požarni rizik zbog mogućnosti pregrijavanja i nekontrolisanih hemijskih reakcija u baterijama.

U slučaju nesreće, brzo i pravilno pružanje prve pomoći može biti presudno za spašavanje života. Poznavanje osnovnih postupaka reanimacije, pružanja pomoći pri opekotinama, lomovima i strujnim udarima omogućava radnicima da adekvatno reaguju u hitnim situacijama. Evakuacioni planovi i obuke za vanredne situacije igraju ključnu ulogu u minimiziranju posljedica nesreća i zaštiti zdravlja zaposlenih. Na svim radnim i pomoćnim prostorijama, kao i na gradilištima sa električnim postrojenjima i uređajima, postoji stalna opasnost od strujnog udara. Posljedice mogu biti bezazlene ili kobne, zavisno od brojnih faktora. Strujni udar može izazvati lakša ili teža oštećenja zdravlja, u zavisnosti od okolnosti nesreće.

Postupak spašavanja unesrećenog zavisi od toga da li je riječ o niskom ili visokom naponu. Prvi korak je isključenje napona u dijelu postrojenja ili instalacije s kojim je

unesrećeni u kontaktu. Kod niskog napona, napon se isključuje pomoću prekidača, vađenjem utikača ili osigurača, a ako to nije moguće, unesrećeni se odvaja izolacionim predmetima poput kuka, motki ili kliješta prilagođenih tom naponu. Spasilac mora stajati na suvoj podlozi i izbjegavati dodir sa zidovima ili drugim osobama. Ni u kom slučaju unesrećeni ne smije biti dodirnut direktno.

Kod visokog napona, isključenje može izvršiti samo stručno osposobljena osoba. Prije isključenja, unesrećenom se ne smije približavati, niti ga dodirivati, čak ni izolovanim sredstvima. Nakon isključenja, isključeni djelovi moraju biti uzemljeni prije nego što se pruži pomoć.

Nakon spašavanja, potrebno je provjeriti stanje unesrećenog – disanje, puls i eventualno krvarenje. Ako krvari, prvo treba zaustaviti krvarenje. U slučaju prestanka disanja ili rada srca, odmah započeti:

- vještačko disanje,
- spoljašnju masažu srca,
- kombinovane metode oživljavanja u slučaju prividne smrti.



Pomoć ugroženom od strujnog udara

O svakoj nesreći odmah obavijestiti zdravstvenu ustanovu.

Sigurnost radnika u solarnim fotonaponskim sistemima zavisi od pravilne primjene propisanih mjera zaštite na radu, korišćenja odgovarajuće zaštitne opreme i kontinuirane obuke.

Svijest o potencijalnim opasnostima i poštovanje preventivnih mjera ključni su faktori u sprečavanju nesreća i osiguravanju bezbjednog radnog okruženja. Pravilna procjena rizika, korišćenje odgovarajuće lične i kolektivne zaštitne opreme, kao i pridržavanje propisanih procedura pri montaži, održavanju i radu sa električnim komponentama, od suštinskog su značaja za zaštitu radnika.

S obzirom na to da rad u solarnim fotonaponskim sistemima često uključuje izloženost Sunčevom zračenju, rad na visini i kontakt sa električnim instalacijama, neophodno je osigurati redovne obuke za radnike kako bi se smanjili rizici od povreda i nesreća. Primjena adekvatnih sigurnosnih mjera, kao što su pravilno korišćenje zaštitnih kaciga, rukavica, zaštitnih naočara i sigurnosnih pojaseva, značajno doprinosi bezbjednosti prilikom izvođenja svih radova.

3.2. Primjena mjera bezbjednosti i zaštite na radu prilikom izvođenja radova na solarnim fotonaponskim sistemima

Prilikom izvođenja radova na solarnim fotonaponskim sistemima, ključna je primjena mjera bezbjednosti i zaštite na radu kako bi se smanjili rizici od povreda i nesreća. Načini rada u odnosu na prisustvo napona dijele se na radove u beznaponskom stanju, radove u blizini napona i radove pod naponom.

Radovi u beznaponskom stanju podrazumijevaju potpuno isključenje napajanja fotonaponskog sistema uz sprovođenje propisanih mjera zaštite kako bi se spriječilo nenamjerno ponovno uključivanje.

Radovi u blizini napona zahtijevaju dodatne mjere opreza, uključujući upotrebu zaštitnih barijera, sigurnosnih odstojanja i odgovarajućih izolovanih alata kako bi se smanjio rizik od električnog udara.

Radovi pod naponom izvode se uz posebne tehničke i organizacione mjere, uključujući upotrebu specijalizovane opreme, izolacionih alata i pridržavanje strogih sigurnosnih procedura.

Zaštitna sredstva i oprema dijele se na lična i kolektivna.

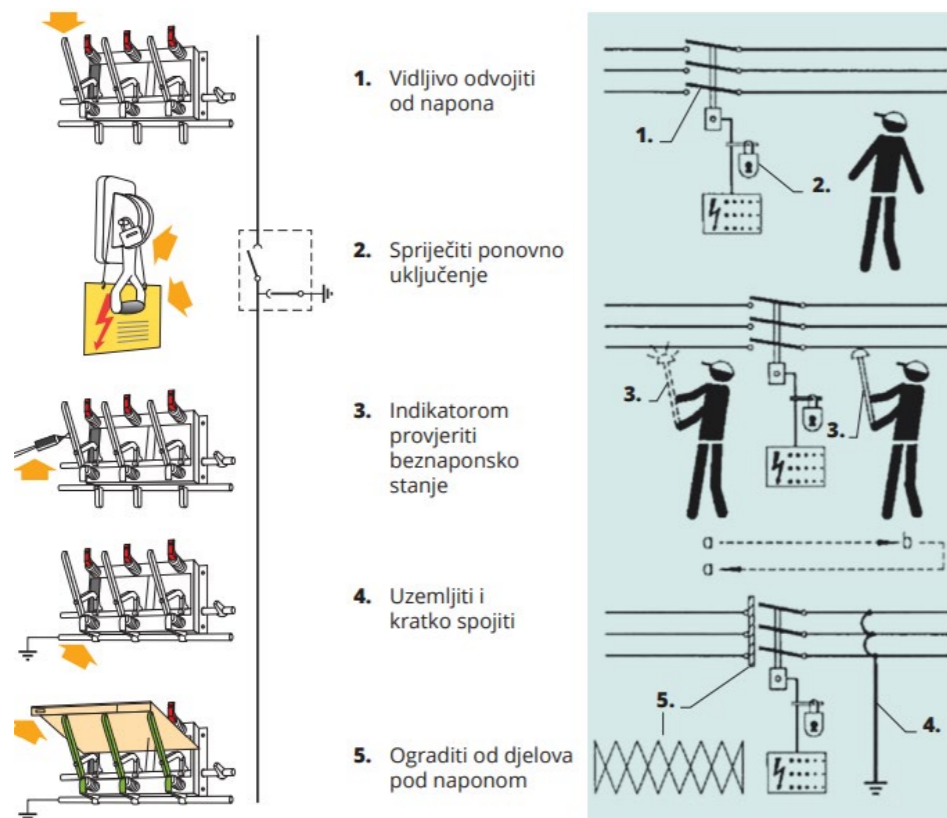
- Lična zaštitna sredstva uključuju kacige, zaštitne naočare, vizire, rukavice, zaštitnu odjeću i obuću, sigurnosne pojaseve i opremu za rad na visini.
- Kolektivna zaštitna sredstva obuhvataju izolacione barijere, zaštitne pregrade, upozoravajuće oznake i sredstva za obezbjeđenje radnog prostora.

Pravilan izbor i upotreba zaštitnih sredstava ključni su za minimizaciju rizika pri radu na solarnim sistemima.

Mjere bezbjednosti pri radu temelje se na primjeni "pet zlatnih pravila" sigurnosti, koja uključuju isključenje napona, osiguranje od ponovnog uključivanja, provjeru odsustva napona, uzemljenje i kratko spajanje te ograđivanje i označavanje radnog područja. Pored toga, važno je koristiti izolacione zaštitne pregrade, ploče i prekrivače kako bi se spriječilo nenamjerni kontakt sa djelovima pod naponom. Postavljanje ograda, traka i oznaka upozorenja dodatno doprinosi bezbjednosti radnog prostora.

Mjere bezbjednosti:

- "pet zlatnih pravila"
- postavljanje izolacionih zaštitnih pregrada, ploča, prekrivača
- postavljanje ograda i oznaka upozorenja, ograđivanje mjesta rada i dr.
- zabrana rada pod naponom i dr.



Pet zlatnih pravila

Prije početka radova neophodno je provjeriti ispravnost zaštitnih sredstava i opreme. Svaka zaštitna kaciga, rukavica, pojas ili drugi element mora biti tehnički ispravan i odgovarati propisanim standardima. Pored toga, obavezno je postavljanje sredstava za obilježavanje i obezbjeđivanje radnog prostora, uključujući zaštitne ograde, trake za obilježavanje radova i privremenu saobraćajnu signalizaciju.



Lična zaštitna sredstva

3.3. Sprovođenje mjera bezbjednosti i mjera lične zaštite pri radu na visini u solarnim fotonaponskim sistemima

Pri izvođenju radova na visini u solarnim fotonaponskim sistemima, radna mjesta obuhvataju različite lokacije, kao što su krovovi objekata, pristupne platforme, nosači panela i specijalno uređeni sistemi za montažu. Ove lokacije zahtijevaju posebnu pažnju zbog specifičnih opasnosti, budući da radnici često rade na velikim visinama, u nepovoljnim vremenskim uslovima i na površinama koje mogu biti klizave, strme ili neadekvatno pripremljene.

Lokacije radova na visini: krovovi objekata (kosi i ravni), fasade objekata, stubne konstrukcije, tornjevi, parking nadstrešnice i dr.



Oprema potrebna za rad na visini

Prilikom izvođenja radova na visini, neophodno je temeljno evidentirati faktore radne sredine. Na primjer, prilikom instalacije solarnih panela na krovu objekta, radnici trebaju obratiti pažnju na vremenske uslove – brzinu i smjer vjeta, temperaturu, mogućnost padavina i klizavost površine – kao i na stabilnost krova, sigurnost pristupnih platformi i eventualne prepreke koje mogu utjecati na sigurnost. Detaljno evidentiranje ovih faktora omogućava da se na vrijeme prepoznaju potencijalni rizici i poduzmu adekvatne mjere zaštite.

Sprovođenje mjera bezbjednosti za sigurno obavljanje radova na visini podrazumijeva implementaciju svih propisanih sigurnosnih procedura. To uključuje:

- Postavljanje zaštitnih ograda i barijera na radnim mjestima.
- Upotrebu sistema za zaštitu od pada, uključujući sigurnosne pojaseve, konopce i anker tačke.
- Osiguranje radnih mjesta korištenjem specijalizovane opreme za rad na visini.
- Redovne preglede i održavanje pristupnih sistema kako bi se osiguralo da su stabilni i sigurni.

Takođe, izuzetno je važno osigurati stalnu komunikaciju među radnicima putem radio-veza ili drugih sredstava komunikacije kako bi se omogućila koordinacija i hitna reakcija u slučaju nesreće. Evakuacione procedure moraju biti jasno definisane, a svi radnici obučeni za brzo i efikasno reagovanje u hitnim situacijama.

Korištenje ličnih zaštitnih sredstava pri radu na visini predstavlja ključnu mjeru zaštite. Radnici moraju biti opremljeni zaštitnim kacigama, sigurnosnim pojasevima, specijalizovanom opremom za rad na visini te ostalim ličnim zaštitnim sredstvima koja su neophodna za sprječavanje povreda.



KVIZ

KVIZ 2: Primjena mjera bezbjednosti i zaštite na radu prilikom izvođenja radova na izgradnji solarnih fotonaponskih sistema

<https://forms.office.com/e/J2vYyMiPED>



VIDEO

Rad na visini

<https://www.youtube.com/watch?v=FqEOVrBnE58>

Upotreba i karakteristike dijelova lične zaštitne opreme

<https://www.youtube.com/watch?v=nA9oC--tq50>



PRAKTIČNA VJEŽBA

Zadatak 1: Simulacija evakuacije

Materijal i alat:

- Sigurnosni pojas s kopčama
- Karabinerske kopče
- Anker tačke
- Komunikacijska oprema (radio ili mobilni uređaj)
- Simulaciona zaštitna oprema

Postupak:

1. Priprema sigurnosne opreme
 - Postaviti sigurnosni pojas i pravilno ga pričvrstiti prema uputstvu proizvođača.
 - Provjeriti da su svi pojasevi dobro podešeni i osigurani prije početka simulacije.
 - Pričvrstiti sigurnosni pojas za anker tačku koristeći odgovarajuću karabinersku kopču.
 - Osigurati da je anker tačka stabilna i da može podnijeti opterećenje.
2. Planiranje evakuacije
 - Komunicirati s članovima tima i uspostaviti plan evakuacije.
 - Odrediti uloge: jedna osoba zadužena za komunikaciju s bazom, druga za provjeru opreme.
3. Simulacija hitne situacije
 - Po instrukciji instruktora, simulirati hitnu situaciju (pad ili potrebu za evakuacijom).
 - Koordinisano slijediti evakuacioni plan:
 - Obavijestiti tim.
 - Osigurati mjesto evakuacije.
 - Sprovesti postupak spuštanja ili izvlačenja radnika.
4. Analiza simulacije
 - Nakon završetka vježbe, analizirati postupak evakuacije.
 - Identifikovati moguće greške ili oblasti za poboljšanje.
 - Diskutovati s instruktorom i timom kako bi se poboljšala brzina i efikasnost reakcije.



PRAKTIČNA VJEŽBA

Zadatak 2: Simulacija spašavanja sa visine

Materijal i alat:

- Sigurnosna mreža
- Sistem za spašavanje (užad, koloturnici, karabineri)
- Sigurnosni pojasevi
- Komunikacijska oprema
- Prva pomoć

Postupak:

1. Priprema sistema spašavanja
 - Pregledati sigurnosnu mrežu i sistem za spašavanje.
 - Provjeriti stanje mreže i pričvrtnih elemenata.
 - Osigurati da je mreža stabilno postavljena.
2. Simulacija hitne situacije
 - Simulirati pad radnika sa visine.
 - Demonstrirati ispravnu reakciju tima.
3. Izvođenje spašavanja
 - Komunicirati s timom i osigurati stabilnost svih radnih platformi i sigurnosne opreme.
 - Pomoću sistema za spuštanje ili podizanje, primijeniti odgovarajuću tehniku evakuacije unesrećenog radnika.
 - Pravilno pričvrstiti sigurnosne pojaseve spašenog radnika i osigurati ga dok ga tim ne spusti na sigurno mjesto.
4. Analiza postupka spašavanja
 - Diskutovati o svim izazovima tokom simulacije.
 - Evaluirati efikasnost reakcije i sigurnost svih uključenih članova tima.

3.4. Primjena mjera za smanjenje negativnog uticaja solarnih fotonaponskih sistema na životnu sredinu

Očuvanje životne sredine predstavlja jedan od ključnih aspekata pri izgradnji i eksploataciji solarnih fotonaponskih sistema. S obzirom na činjenicu da obnovljivi izvori energije igraju značajnu ulogu u smanjenju emisija gasova staklene bašte, istovremeno je važno prepoznati i kontrolisati moguće negativne uticaje ovih postrojenja na ekosistem. Održivo upravljanje prirodnim resursima, zaštita biodiverziteta i pravilno zbrinjavanje otpada predstavljaju osnovne principe odgovornog poslovanja u oblasti obnovljivih izvora energije.

Solarni fotonaponski sistemi mogu imati određene negativne uticaje na životnu sredinu. Prije svega, izgradnja solarnih farmi može dovesti do degradacije zemljišta, naročito kada se uklanjaju prirodna vegetacija i drveće radi postavljanja panela. Ova promjena pejzaža može uticati na biljni i životinjski svijet, posebno u ekološki osjetljivim područjima.

Procedura upravljanja otpadom: identifikacija otpada, razvrstavanje otpada, pakovanje otpada, označavanje otpada, transport otpada, skladištenje otpada, reciklaža i dr.

U Kaliforniji, solarni paneli se postavljaju na krovove zgrada i napuštene industrijske lokacije umjesto na poljoprivredna zemljišta, čime se smanjuje negativan uticaj na prirodne ekosisteme.

Takođe, reflektujuća površina solarnih panela može izazvati optičke smetnje i ometati ptice i druge životinjske vrste. Studije su pokazale da ptice mogu pogrešno percipirati solarne panele kao vodene površine, što može dovesti do neželjenih sudara.

Japanski naučnici su razvili premaz inspirisan očima moljaca, koji značajno smanjuje refleksiju solarnih panela, čime se smanjuju optičke smetnje i povećava njihova efikasnost.

Buka koja nastaje tokom instalacije i održavanja solarnih sistema, kao i elektromagnetne interferencije koje proizvode inverteri i druge električne komponente, mogu imati manji, ali mjerljiv uticaj na okolinu i komunikacione sisteme.

Kako bi se minimizirali negativni uticaji solarnih fotonaponskih sistema na životnu sredinu, potrebno je sprovesti niz mjera:

- Pravilno planiranje lokacija solarnih farmi kako bi se smanjio uticaj na staništa i ekološke koridore.
- Implementacija tehnologija za smanjenje refleksije solarnih panela kako bi se umanjile



Smanjenje refleksije solarnih panela

smetnje za ptice i druge životinjske vrste.

- Očuvanje prirodne vegetacije oko solarnih elektrana radi održavanja ekosistema i smanjenja degradacije zemljišta.
- Pravilno zbrinjavanje solarnih panela nakon isteka njihovog životnog vijeka i reciklaža materijala kako bi se smanjila količina otpada.

Evropska unija implementira obavezne programe reciklaže solarnih panela kroz WEEE direktivu (Waste Electrical and Electronic Equipment), koja zahtijeva da proizvođači budu odgovorni za zbrinjavanje panela nakon isteka životnog vijeka.

Reciklaža solarnih panela i druge opreme solarnih fotonaponskih sistema nakon isteka njihovog životnog vijeka

Reciklaža solarnih panela i druge opreme solarnih fotonaponskih sistema od suštinskog je značaja za smanjenje otpada i zaštitu prirodnih resursa. Implementacija kružne ekonomije u sektoru obnovljivih izvora energije doprinosi smanjenju ekološkog otiska i optimizaciji resursa.

Procjenjuje se da će do 2050. godine milioni tona solarnih panela završiti svoj životni vijek, što ih čini ključnim pitanjem upravljanja elektronskim otpadom. Iako se solarni paneli dizajniraju da traju 25–30 godina, veliki broj njih već dostiže kraj svog životnog ciklusa, što postavlja izazove u pogledu pravilnog odlaganja i reciklaže.

Većina solarnih panela sastoji se od aluminijumskog okvira, stakla, silicijumskih ćelija, bakarnih i srebrnih konektora, kao i polimernih zaštitnih slojeva. Preko 80% materijala iz solarnih panela može se reciklirati, uključujući staklo, aluminijum i silicijum. Ipak, uklanjanje i obrada slojeva plastike i tankih slojeva poluprovodnika predstavljaju tehnički izazov.

Trenutno se mnogi neispravni solarni paneli odlažu na deponije, što nije održivo. Pojedine zemlje već uvode regulative koje zahtijevaju obaveznu reciklažu panela kako bi se smanjio negativan uticaj na životnu sredinu.



Solarni paneli za reciklažu

Ključne metode reciklaže solarnih panela uključuju:

- **Mehaničko usitnjavanje** – Solarni paneli se usitnjavaju kako bi se odvojili staklo, metalni delovi i silicijum.
- **Toplotna obrada** – Proces zagrijavanja koji uklanja plastične slojeve, omogućavajući ponovnu upotrebu stakla i metala.
- **Hemijska obrada** – Korišćenje hemijskih rastvora za razlaganje i izdvajanje vrijednih materijala, uključujući srebro i silicijum.

Nove tehnologije razvijaju metode efikasnijeg razdvajanja slojeva solarnih panela i ponovnu upotrebu materijala u proizvodnji novih ćelija. Evropska unija već implementira obavezne programe reciklaže kroz direktive o elektronskom otpadu (WEEE), dok druge zemlje postepeno usvajaju slične propise.

Kompanija First Solar razvila je zatvoreni sistem reciklaže u kojem se 95% materijala iz tankoslojnih solarnih panela može ponovo koristiti u proizvodnji novih ćelija, čime se smanjuje potreba za eksploatacijom prirodnih resursa. Francuska kompanija Veolia otvorila je prvu evropsku fabriku specijalizovanu za reciklažu solarnih panela, koja može obraditi 4.000 tona panela godišnje, izdvajajući silicijum, staklo i metale za ponovnu upotrebu.

Potrebno je nastaviti sa razvojem rješenja koja će osigurati održivu budućnost solarne energije i smanjiti ekološki otisak industrije.



PRAKTIČNA VJEŽBA

Zadatak 1: Upravljanje otpadom kod solarnih fotonaponskih sistema

Materijal i alat:

- Spremnici za različite vrste otpada (plastika, metal, papir, elektronski otpad, opasni otpad)
- Oznake za kategorizaciju otpada
- Vreće za otpad i posude za hemikalije
- Propisi o ekološkom zbrinjavanju otpada
- Rukavice i zaštitna oprema

Postupak:

1. Identifikacija otpada
 - Pregledati prostor elektrane i identifikovati vrste otpada koji nastaje tokom rada i održavanja.
 - Kategorizovati otpad na opšti, elektronski, opasni i reciklabilni otpad.
2. Razvrstavanje otpada
 - Razvrstati otpad prema ekološkim standardima i propisima.
 - Obilježiti spremnike prema vrstama otpada (npr. papir, metal, plastika, električni i elektronski otpad, opasni otpad).
3. Pakovanje i označavanje otpada
 - Ispravno zapakovati otpad koristeći adekvatne vreće i spremnike.
 - Označiti svaki spremnik prema vrsti otpada i uputstvima za odlaganje.
4. Skladištenje i reciklaža
 - Pravilno skladištiti otpad do preuzimanja od strane ovlašćenih službi.
 - Odrediti mogućnosti za reciklažu i ponovnu upotrebu određenih materijala (metalni i električni otpad, plastika).

Završna provjera:

- Provjeriti da li je sav otpad ispravno razvrstan i označen.
- Pregledati prostor skladištenja i osigurati da su propisi o zaštiti životne sredine ispoštovani.
- Diskutovati o mogućnostima unapređenja procesa reciklaže i ponovne upotrebe materijala.



PRAKTIČNA VJEŽBA

Zadatak 2: Primjena zaštitne opreme pri sprovođenju mjera zaštite životne sredine

Materijal i alat:

- Lična zaštitna oprema (rukavice, maske, zaštitna odijela, obuća)
- Spremnici za opasni otpad
- Oznake za hemikalije i opasne materijale
- Standardne procedure za rukovanje otpadnim materijalima

Postupak:

1. Priprema zaštitne opreme
 - Odabrati odgovarajuću zaštitnu opremu prema vrsti otpada s kojim se rukuje.
 - Provjeriti ispravnost i funkcionalnost opreme prije upotrebe.
2. Pravilno rukovanje otpadom i hemikalijama
 - Identifikovati opasne materijale i hemikalije prema oznakama.
 - Koristiti zaštitne rukavice i maske pri rukovanju hemikalijama.
 - Pravilno zatvoriti i skladištiti spremnike sa hemikalijama kako bi se spriječilo curenje ili kontaminacija.
3. Pakovanje i transport opasnog otpada
 - Ispravno zapakovati i označiti opasni otpad prema propisanim standardima.
 - Koristiti odgovarajuće kontejnere i naljepnice za opasne materijale.
 - Transportovati otpad u skladu sa sigurnosnim procedurama i ekološkim standardima.

Završna provjera:

- Provjeriti ispravnost primjene zaštitne opreme tokom izvođenja zadataka.
- Osigurati da su otpadni materijali pravilno upakovani i označeni prije skladištenja ili transporta.
- Diskutovati o potencijalnim rizicima i načinima za poboljšanje ekoloških i sigurnosnih procedura u solarnim elektranama.

4. ENERGIJA SUNCA

Sunčeva energija je osnovni izvor energije na Zemlji i može se direktno koristiti za proizvodnju toplotne i električne energije putem solarnih tehnologija. Solarni sistemi se zasnivaju na korišćenju Sunčevog zračenja, koje je dostupno svuda i predstavlja neiscrpan i ekološki prihvatljiv energetska resurs. Snaga, raspoloživost i karakteristike Sunčevog zračenja zavise od više faktora, uključujući geografski položaj, atmosferske uslove, orijentaciju površina koje primaju zračenje i mjerenje njegovih parametara. Razumijevanje ovih faktora i precizno mjerenje parametara Sunčevog zračenja neophodni su za pravilno projektovanje i optimizaciju solarnih sistema.

Karakteristike i parametri Sunčevog zračenja

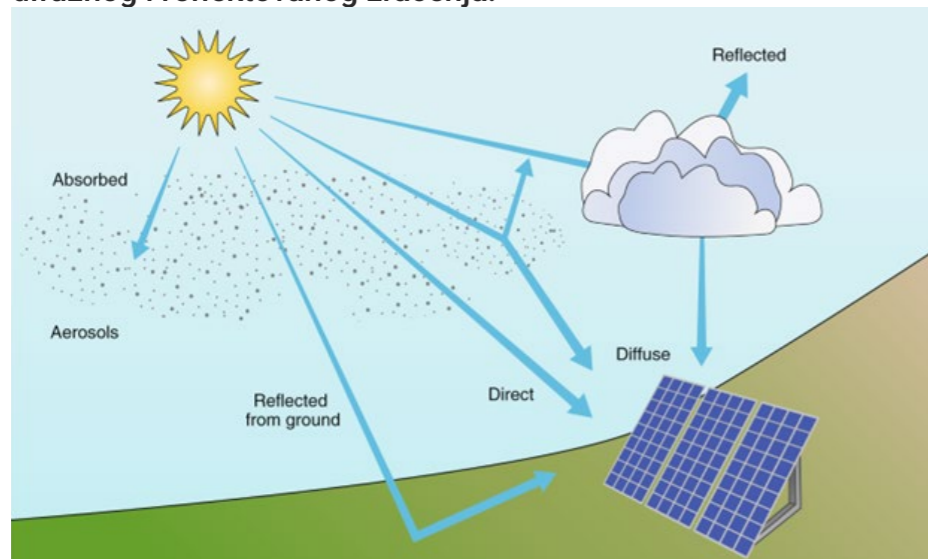
Sunčevo zračenje predstavlja elektromagnetnu energiju koju Sunce emituje u obliku svjetlosti i toplote. Ova energija dolazi do Zemlje i omogućava sve oblike života, dok istovremeno služi kao izvor obnovljive energije za solarne tehnologije.

Vrste Sunčevog zračenja

Sunčevo zračenje može se podijeliti na nekoliko tipova u zavisnosti od načina dolaska do površine Zemlje:

- **Direktno zračenje** – Sunčeva svjetlost koja dolazi direktno sa Sunca i može biti usmjerena na solarne uređaje bez refleksije ili rasipanja.
- **Difuzno zračenje** – Dio Sunčevog zračenja koji je rasut u atmosferi uslijed interakcije sa molekulima vazduha, česticama prašine i oblacima.
- **Reflektovano zračenje** – Dio zračenja koje se odbija od tla, zgrada, vegetacije i drugih površina.

Ukupno Sunčevo zračenje koje dopijeva na određenu površinu predstavlja zbir direktnog, difuznog i reflektovanog zračenja.



Vrste Sunčevog zračenja

Ključni parametri Sunčevog zračenja

Nekoliko parametara definiše intenzitet i kvalitet Sunčevog zračenja:

- **Sunčeva konstanta** – prosečna vrijednost energije koju Sunce emituje u obliku elektromagnetnog zračenja na spoljašnju stranu atmosfere (približno 1361 W/m^2).
- **Spektar Sunčevog zračenja** – uključuje ultraljubičasto (UV), vidljivo i infracrveno (IR) zračenje.
- **Intenzitet zračenja** – meri se u W/m^2 i zavisi od vremena dana, godišnjeg doba i lokacije na Zemlji.
- **Azimet i ugao elevacije Sunca** – parametri koji opisuju položaj Sunca u odnosu na horizontalnu površinu.
- **Albedo površine** – količina Sunčevog zračenja koje se reflektuje od tla.

Varijacije Sunčevog zračenja

Sunčevo zračenje varira u zavisnosti od nekoliko faktora:

- **Geografska širina** – oblasti bliže ekvatoru primaju više Sunčeve energije tokom godine.
- **Doba dana** – maksimalan intenzitet zračenja dostiže se u podne kada je Sunce na najvišoj tački.
- **Godišnje doba** – zbog nagiba Zemljine ose, zračenje varira između ljetnjih i zimskih mjeseci.
- **Meteorološki uslovi** – oblačnost, magla i atmosferske čestice smanjuju intenzitet zračenja.
- **Nadmorska visina** – na većim visinama smanjuje se apsorpcija i rasipanje zračenja.

Mapa solarnog zračenja po regijama

Za projektovanje fotonaponskih sistema koristi se mapa solarnog zračenja, koja prikazuje prosječne godišnje vrijednosti Sunčeve energije u različitim geografskim oblastima. Ovi podaci omogućavaju:

- **Dimenzionisanje fotonaponskih sistema** – Tačna procjena potrebnog broja solarnih panela i njihove površine.
- **Procjenu proizvodnje energije** – Realistična kalkulacija količine proizvedene električne energije na određenoj lokaciji.
- **Optimizaciju orijentacije i nagiba panela** – Postavljanje panela pod odgovarajućim uglom za maksimalnu efikasnost.
- **Analizu sezonskih varijacija** – Planiranje kapaciteta skladištenja energije u područjima sa izraženim zimskim padom osunčanja.

Korišćenjem preciznih podataka o Sunčevom zračenju, investitori i inženjeri mogu donijeti optimalne odluke koje povećavaju energetska efikasnost i ekonomsku isplativost solarnih elektrana. Jedan od sajtova koji se može koristiti u ove svrhe je

<https://globalsolaratlas.info/map>

Uticajni faktori Sunčevog zračenja

Nekoliko faktora utiče na iskorišćenje Sunčevog zračenja u solarnim sistemima:

- **Atmosferska apsorpcija** – vodena para, ugljen-dioksid i ozon apsorbuju dio Sunčevog zračenja.
- **Aerosoli i zagađenje** – smanjuju direktno Sunčevo zračenje i povećavaju difuznu komponentu.
- **Nagib i orijentacija solarnih panela** – pravilno podešeni paneli maksimiziraju prikupljanje Sunčeve energije.
- **Reflektivnost površine** – materijali sa visokom reflektivnošću povećavaju količinu reflektovanog zračenja.

Mjerenje parametara Sunčevog zračenja

Precizno mjerenje Sunčevog zračenja je ključno za projektovanje i optimizaciju solarnih energetskih sistema. Koriste se različite metode i instrumenti:

- **Piranometar** – mjeri globalno zračenje (direktno + difuzno) na horizontalnoj površini.



Piranometar

- **Piroheliometar** – mjeri samo direktno Sunčevo zračenje.



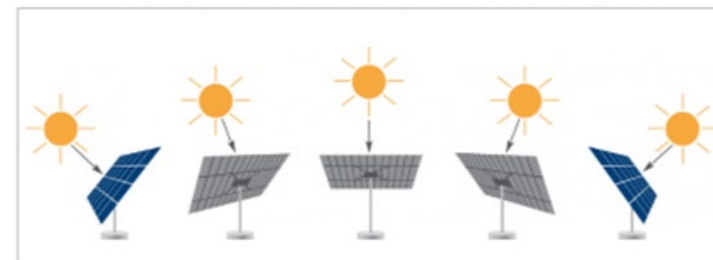
Piroheliometar

- **Aktinometar** - Koristi se za mjerenje ukupne količine Sunčevog zračenja na određenoj lokaciji



Aktinometar

- **Sun tracking sistemi** – omogućavaju precizno praćenje Sunčevog puta za povećanu efikasnost.



Sun tracking sistemi

- **Spektralni analizatori** – analiziraju spektar Sunčevog zračenja.
- **Mreže meteoroloških stanica** – omogućavaju kontinuirano praćenje solarnih parametara na različitim lokacijama.

Ova mjerenja omogućavaju optimizaciju solarnih energetskih sistema i njihovu prilagodbu specifičnim klimatskim uslovima.

Metode mjerenja Sunčevog zračenja

Mjerenje Sunčevog zračenja može biti direktno ili indirektno, u zavisnosti od tačnosti podataka.

Direktno mjerenje:

- Mjeri intenzitet Sunčevog zračenja na određenoj lokaciji.
- Pireliometri i piranometri mjere direktno (DNI) i globalno (GHI) zračenje u realnom vremenu.
- Ključno za projektovanje solarnih sistema, optimizaciju i validaciju podataka iz satelitskih modela.

Indirektno mjerenje:

- Koristi satelite i matematičke modele za procjenu zračenja.
- Sateliti prikupljaju atmosferske podatke koji se koriste u modelima za izračunavanje

zračenja na Zemlji.

- GIS (Geografski informacijski sistemi) sistemi pomažu u vizualizaciji solarnih resursa i planiranju solarnih projekata.



Geografski informacijski sistemi

Precizno mjerenje je važno za procjenu solarnog potencijala i optimizaciju solarnih sistema.

4.1. Solarni energetske sistemi i njihova primjena

Solarni energetske sistemi koriste Sunčevu energiju za proizvodnju električne i toplotne energije i mogu se podijeliti u tri osnovne kategorije:

- Solarni fotonaponski sistemi (SFNS)
- Solarni kolektorski sistemi (SKS)
- Koncentrovani solarni sistemi (CSP – Concentrated Solar Power)

Solarni fotonaponski sistemi (SFNS) pretvaraju Sunčevu svjetlost direktno u električnu energiju pomoću fotonaponskih ćelija. Ova tehnologija se zasniva na fotoelektričnom efektu, pri kojem fotoni Sunčeve svjetlosti oslobađaju elektrone u poluprovodničkom materijalu, stvarajući električnu struju.

Fotonaponski sistemi mogu imati različite kapacitete i namjene – od malih autonomnih sistema za napajanje pojedinačnih objekata do velikih solarnih parkova, koji proizvode električnu energiju za elektroenergetski sistem.

Solarni fotonaponski sistemi se detaljno obrađuju u narednim poglavljima, kao glavni predmet izučavanja u ovom priručniku.

4.2. Solarni kolektorski sistemi (SKS)

Solarni kolektorski sistemi (SKS) su tehnologije koje koriste energiju Sunca za zagrijavanje fluida, koji se zatim koristi za grijanje prostora, pripremu sanitarne tople vode ili industrijske procese. Ovi sistemi funkcioniraju na principu prikupljanja Sunčevog zračenja pomoću kolektora, koji prenose toplotu na radni fluid.

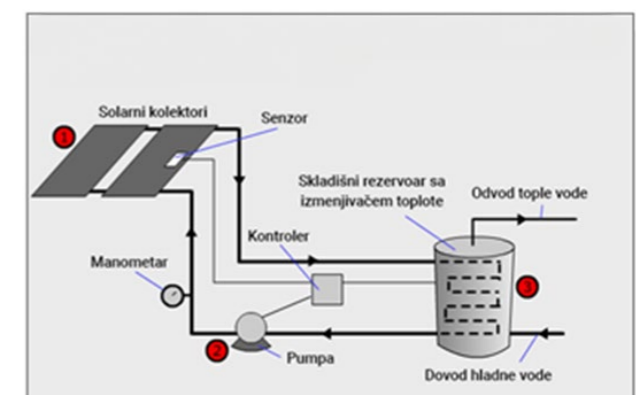
Solarni kolektorski sistemi su najrasprostranjenija primjena solarne termalne tehnologije, posebno u stambenim, komercijalnim i industrijskim objektima, gdje doprinose uštedi u potrošnji električne energije i smanjenju upotrebe fosilnih goriva. Za razliku od solarne fotonaponske tehnologije koja direktno pretvara Sunčevu svjetlost u električnu energiju i solarnih termoelektrana koje koriste koncentrisanu solarnu energiju za proizvodnju električne energije pomoću parne turbine, solarni kolektorski sistemi ne proizvode električnu energiju. Oni služe isključivo za zagrijavanje fluida i distribuciju toplote krajnjim korisnicima.

Princip rada i komponente solarnih kolektorskih sistema

Proces rada solarnih kolektorskih sistema odvija se kroz tri osnovne faze:

- **Apsorpcija Sunčevog zračenja** – Sunčeva svjetlost pada na površinu kolektora, gdje se apsorbira i pretvara u toplotu radnog fluida.
- **Prenos toplote na radni fluid** – Zagrijana apsorpciona ploča kolektora prenosi toplotu na radni fluid, koji cirkulira kroz sistem.
- **Distribucija ili skladištenje toplote** – Zagrijani fluid prenosi toplotu potrošačima ili se skladišti u akumulacionim rezervoarima za kasniju upotrebu.

U zatvorenim sistemima, radni fluid (antifriz ili termalno ulje) preuzima toplotu i prenosi je kroz izmjenjivač toplote do rezervoara. Cirkulacija fluida omogućena je pomoću pumpe, koja osigurava kontinuiran protok kroz sistem, ili prirodnim konvekcijskim strujanjem. Kontrolni sistemi automatski regulišu protok fluida i rad pumpe u zavisnosti od temperature fluida u kolektorima i skladišnom rezervoaru.



Zatvoreni kolektorski sistem

Komponente solarnih kolektorskih sistema

Solarni kolektorski sistemi sastoje se od više komponenti koje omogućavaju efikasan prijem, prijenos, skladištenje i distribuciju toplotne energije:

- **Solarni kolektori** – osnovni element sistema koji apsorbira Sunčevu energiju i pretvara je u toplotu.
- **Radni fluid** – prenosi toplotu iz kolektora do krajnjeg korisnika (bojler, grijanje,

industrijski procesi). Može biti voda, antifriz ili termalno ulje.

- **Cjevovod** – sistem cijevi kroz koje cirkuliše radni fluid, izrađen od materijala otpornog na visoke temperature i koroziju (bakar, nerđajući čelik, specijalne plastike).
- **Cirkulacione pumpe** – omogućavaju protok radnog fluida kroz sistem, osiguravajući kontinuiran prenos toplote.
- **Skladišni (akumulacioni) rezervoar** – omogućava čuvanje toplote za kasniju upotrebu.
- **Izmjenjivač toplote** – prenosi toplotu između radnog fluida i potrošačke vode.
- **Kontrolni sistem** – omogućava automatsku regulaciju rada sistema, čime se optimizuje efikasnost i smanjuju gubici energije.

Vrste solarnih kolektora

- **Ravni pločasti kolektori** – najčešće korišteni, jednostavni i pouzdani, ali sa većim toplotnim gubicima zbog izloženosti okolnom vazduhu.
- **Vakumski cijevni kolektori** – napredniji kolektori sa boljom izolacijom, čime se povećava efikasnost i smanjuju toplotni gubici.
- **Koncentracioni kolektori** – koriste ogledala ili sočiva za fokusiranje Sunčeve svjetlosti, omogućavajući postizanje visokih temperatura, pogodni za industrijsku upotrebu.



Ravni pločasti kolektori postavljeni na krovu stambenog objekta



Vakumski cijevni kolektori

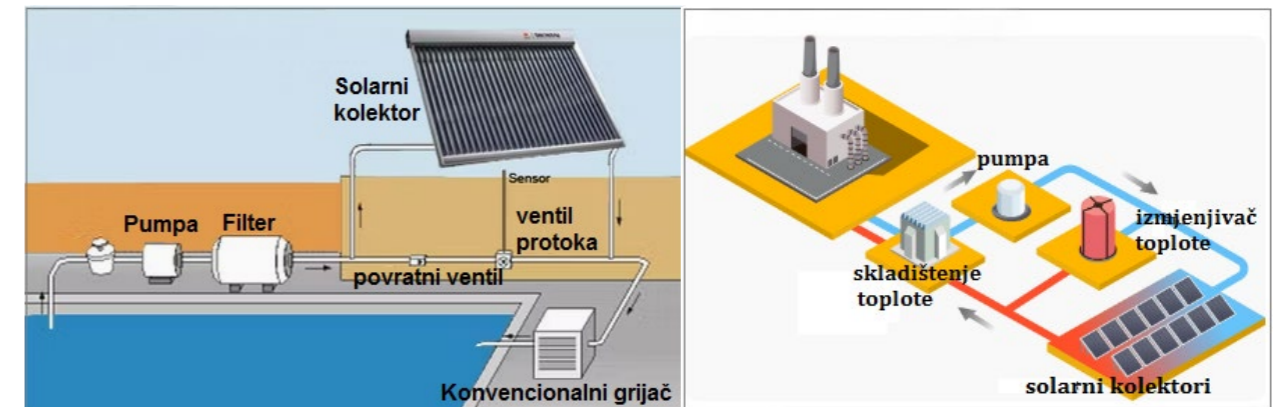
Svaka vrsta solarnih kolektora ima svoju specifičnu primjenu, zavisno od klimatskih uslova i potreba korisnika. Ravni pločasti kolektori su najpristupačniji i široko rasprostranjeni u domaćinstvima, dok su vakumski kolektori efikasniji u regijama sa nižim temperaturama. Koncentracioni kolektori primjenjuju se u velikim solarnim termoelektranama i industriji. Pravilan odabir kolektora ključan je za efikasnost i dugoročnu isplativost solarnih termalnih Sistema.

Primjena solarnih kolektorskih sistema

Solarni kolektorski sistemi imaju široku primjenu:

- U stambenim objektima – za pripremu sanitarne tople vode i podršku sistemima grijanja.
- U komercijalnim i javnim objektima – hoteli, bolnice, škole, sportski centri koriste SKS za smanjenje troškova energije.

- U industriji – koristi se za pasterizaciju, sterilizaciju, sušenje i druge procese.
- U daljinskom grijanju – integracija solarnih kolektorskih sistema sa centralizovanim sistemima grijanja u urbanim sredinama.
- U izolovanim područjima – za snabdijevanje toplom vodom i grijanje objekata u ruralnim i udaljenim regijama.



Šematski prikaz upotrebe kolektora za grijanje vode u bazenu

Šematski prikaz upotrebe kolektora u industriji

Prednosti i izazovi solarnih kolektorskih sistema

Prednosti:

- Besplatan i obnovljiv izvor energije.
- Smanjenje troškova grijanja vode i prostora.
- Ekološki prihvatljiv sistem sa smanjenom emisijom CO₂.
- Dug životni vijek od 20-30 godina.
- Mogućnost kombinovanja sa drugim energetske sistemima.

Izazovi:

- Visoki početni troškovi instalacije.
- Zavisano od količine Sunčevog zračenja.
- Potreban dodatni prostor za instalaciju.
- Neophodno održavanje za dugoročnu efikasnost.

Solarni kolektorski sistemi su jedna od najefikasnijih primjena solarne termalne energije za grijanje vode i prostora, kao i za podršku industrijskim procesima. Njihova jednostavnost, pouzdanost i dugoročna isplativost čine ih atraktivnim rješenjem u mnogim sektorima.

4.3. Koncentrovani solarni sistemi (solarne termoelektre)

Koncentrovani solarni sistemi (Concentrated Solar Power – CSP sistemi) su napredni termalni sistemi koji koriste Sunčevu energiju za generisanje toplote putem optičkih uređaja, kao što su parabolična ogledala, solarni tanjiri ili heliostati. Ova toplota može imati različite primjene – od industrijskih procesa do grijanja, ali se najčešće koristi za pokretanje termodinamičkih ciklusa u cilju proizvodnje električne energije.

Solarne termoelektre su osnovni tip koncentrovanog solarnog sistema namijenjen proizvodnji električne energije. One koriste koncentrovanu Sunčevu energiju za zagrijavanje radnog fluida, koji prenosi toplotu do generatora pare. Stvorena para pod pritiskom pokreće turbinu povezanu s generatorom, koji proizvodi električnu energiju.

Jedna od glavnih prednosti solarnih termoelektre je mogućnost skladištenja toplote, što omogućava kontinuiranu proizvodnju električne energije čak i kada nema Sunčevog zračenja, poput noći ili oblačnih dana. Tako, solarne termoelektre osiguravaju stabilno i pouzdano snabdijevanje električnom energijom, doprinoseći energetskej sigurnosti i smanjenju oslanjanja na fosilna goriva.

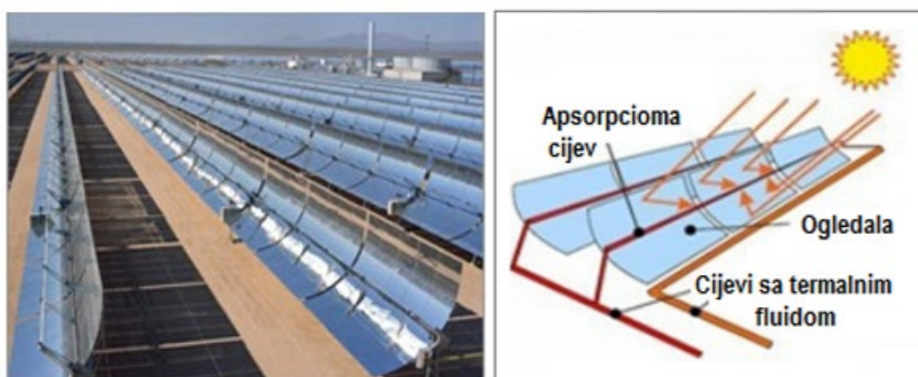
Tehnologije i principi rada solarnih termoelektre

Kod solarnih termoelektre, kao i kod koncentrovanog solarnog sistema uopšte, za konverziju Sunčeve energije u toplotu koriste se četiri osnovne tehnologije:

1. Parabolični kolektori (Parabolic Trough Collector)

Parabolični kolektori koriste duga parabolična ogledala koja precizno fokusiraju Sunčeve zrake na apsorpcionu cijev postavljenu u žiži paraboličnih ogledala. Ova konfiguracija omogućava ravnomjerno usmjeravanje energije duž cijevi, čime se povećava efikasnost apsorpcije toplote. Sistem koristi jednoosno praćenje Sunca kako bi se postigao maksimalan efekat.

Zagrijani radni fluid, najčešće termalno ulje ili rastopljena so, cirkuliše do izmjenjivača toplote, gdje prenosi toplotu vodi i pretvara je u zasićenu paru. Para zatim pokreće turbinu povezanu s generatorom koji proizvodi električnu energiju. Nakon što preda toplotu, radni fluid se hladi i vraća u kolektore, gdje se ponovo zagrijava i započinje novi ciklus.



Parabolični kolektori - stvarni izgled

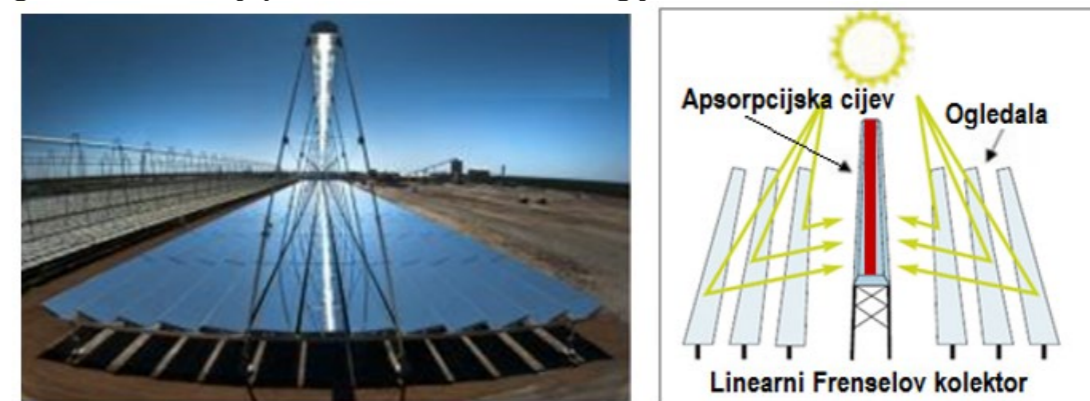
Parabolični kolektori - šematski prikaz

Ova tehnologija se najčešće koristi u velikim solarnim termoelektre, posebno u sunčanim i ravnim područjima, gdje mogu zauzeti velike površine i efikasno iskoristiti dostupno Sunčevo zračenje.

2. Linearni Fresnelovi kolektori (Linear Fresnel Reflectors)

Linearni Fresnelovi kolektori predstavljaju ekonomičniju verziju paraboličnih kolektora. Koriste niz ravnih ili blago zakrivljenih ogledala koja reflektuju Sunčeve zrake ka fiksnoj apsorpcijskoj cijevi postavljenoj iznad njih. Ovaj dizajn smanjuje potrebnu površinu i pojednostavljuje instalaciju.

Tehnologija funkcionira tako što ogledala usmjeravaju Sunčevo zračenje ka apsorpcijskoj cijevi kroz koju protiče radni fluid. Zagrijani fluid prenosi toplotu do izmjenjivača, gdje zagrijava vodu i pretvara je u paru. Ova para pokreće turbinu, koja je povezana sa generatorom koji proizvodi električnu energiju.



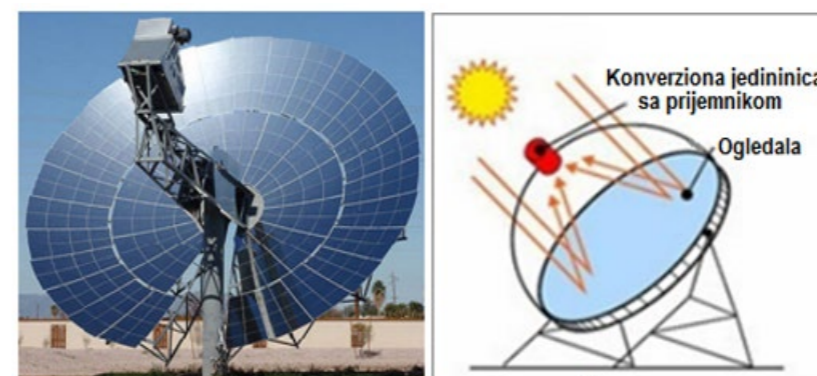
Linearni Fresnelovi kolektori kolektori - stvarni izgled

Linearni Fresnelovi kolektori kolektori - šematski prikaz

Linearni Fresnelovi kolektori su pogodni za manje solarne termoelektre i industrijske procese koji zahtijevaju visoke temperature, ali su manje efikasni u proizvodnji električne energije u odnosu na parabolične kolektore.

3. Solarni tanjiri (Dish-Stirling ili Dish Collector)

Solarni tanjiri koriste duboko zakrivljena tanjirasta ogledala koja fokusiraju Sunčeve zrake u jednu tačku gdje se nalazi energetska konverzijska jedinica. Ova jedinica se sastoji od apsorpcionog prijemnika, Stirlingovog motora i generatora.



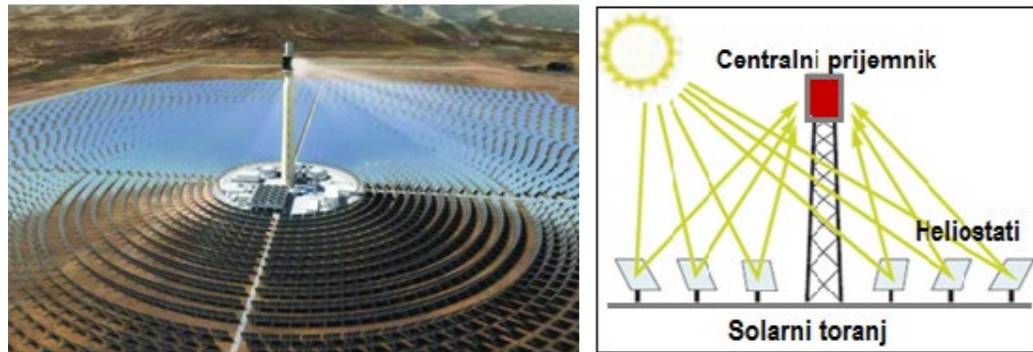
Solarni tanjir - stvarni izgled

Solarni tanjir - šematski prikaz

Tehnologija Solarnih tanjira omogućava najvišu efikasnost među koncentrovanim solarnim sistemima, ali je zbog visoke složenosti i troškova rijede korišćena za velike termoelektrane.

4. Solarni tornjevi (Power Tower System)

Solarni tornjevi koriste mrežu pokretnih ogledala (heliostata) koja reflektuju Sunčeve zrake ka prijemniku smještenom na vrhu tornja. Unutar prijemnika se nalazi radni fluid, obično rastopljeni so ili vazduh pod visokim pritiskom, koji apsorbira toplotu i zagrijava se na temperature između 500 i 1000 °C.



Stvarna izvedba solarnog tornja

Šematski prikaz solarnog tornja

Glavna prednost solarnog tornja je mogućnost skladištenja toplote, što omogućava kontinuiranu proizvodnju električne energije čak i nakon zalaska Sunca.

Prednosti i nedostaci koncentrovanih solarnih sistema

Prednosti:

- Mogućnost skladištenja toplote omogućava proizvodnju električne energije čak i tokom noći.
- Visoka efikasnost pretvaranja Sunčeve energije u električnu energiju.
- Smanjene emisije gasova staklene bašte.
- Dug radni vijek, često preko 30 godina.

Nedostaci:

- Visoki početni troškovi izgradnje i održavanja.
- Velika površina zemljišta potrebna za postavljanje ogledala.
- Zavisnost od direktnog Sunčevog zračenja.

Koncentrovani solarni sistemi predstavljaju naprednu tehnologiju za proizvodnju čiste energije sa velikim potencijalom, naročito u oblastima sa snažnim Sunčevim zračenjem. Dalji razvoj tehnologije i poboljšanje sistema skladištenja energije mogu ih učiniti još konkurentnijim u globalnoj energetskej tranziciji.



KVIZ

Kviz 3: SKS i CSP tehnologije i njihove primjene

<https://forms.office.com/e/K8RJQZTQPU>

Kviz 4: Solarni kolektorski sistemi (SKS) i koncentrovani solarni sistemi (CSP)

<https://forms.office.com/e/6KyGAFYrMc>

4.4. Osnovne komponente solarnih fotonaponskih sistema

Fotonaponske ćelije

Fotonaponske ćelije (fotonaponske ćelije ili FN ćelije - Photovoltaic cells) su osnovne jedinice fotonaponskih panela. One omogućavaju direktno pretvaranje energije Sunčevog zračenja (vidljive svjetlosti) u električnu energiju kroz fotonaponski efekat.



Fotonaponska ćelija

Struktura i princip rada fotonaponske ćelije

Strukturu fotonaponskih ćelija čine različiti slojevi materijala, od kojih svaki ima svoju specifičnu ulogu u pretvaranju Sunčeve svjetlosti u električnu energiju. Ti slojevi uključuju:

- **Zaštitno staklo** - Pruža mehaničku zaštitu ćeliji i omogućava prolaz svjetlosti.
- **Antireflekcijski sloj** - Smanjuje refleksiju Sunčeve svjetlosti i povećava apsorpciju energije.
- **Prednji kontakt (vodljivi metalni sloj)** - Prikuplja elektrone i omogućava provođenje električne struje. To je negativni priključak fotonaponske ćelije.
- **P-N spoj (poluprovodnički sloj)** - Ključni dio ćelije koji omogućava pretvaranje svjetlosne energije u električnu.
 - » **P-tip silicijuma** - Dopiran borom, sadrži višak pozitivnih nosilaca (šupljina).
 - » **N-tip silicijuma** - Dopiran fosforom, sadrži višak negativnih nosilaca (elektrona).
- **Zadnji kontakt** - Omogućava zatvaranje električnog kola i vraćanje elektrona u ćeliju.
- **Zaštitni sloj na zadnjoj strani** - Obezbeđuje dodatnu otpornost na vlagu i mehanička oštećenja.

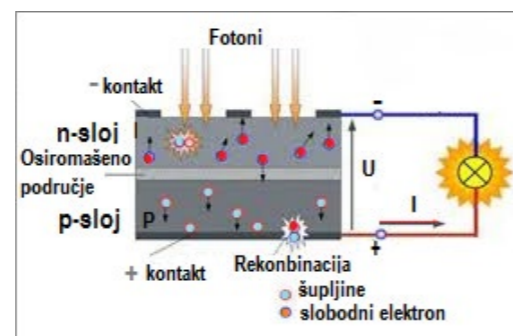


Struktura FN ćelije

Između kontakata (priljčaka fotonaponske ćelije) stvara se potencijalna razlika, odnosno generiše se napon fotonaponske ćelije.

Princip rada fotonaponske ćelije:

Kada Sunčevi fotoni pogode fotonaponsku ćeliju, oni prenose energiju elektronima, oslobađajući ih iz atomskih veza. Oslobodeni elektroni migriraju ka N-sloju, dok šupljine ostaju u P-sloju. Na P-N spoju se stvara električno polje koje sprječava spontano rekombinovanje elektrona i šupljina. Kada se ćelija priključi na spoljašnje električno kolo, elektroni teku kroz to kolo, stvarajući električnu struju.



Šematski prikaz FN ćelije

Vrste fotonaponskih ćelija

Postoji više vrsta fotonaponskih ćelija, koje se razlikuju po materijalima od kojih su napravljene, načinu proizvodnje i efikasnosti. Svaka vrsta ima svoje prednosti i nedostatke, a izbor zavisi od specifičnih potreba za proizvodnjom energije.

Glavne vrste fotonaponskih ćelija su:

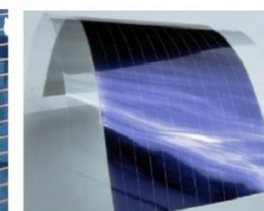
- **Monokristalne fotonaponske ćelije** – Visoka efikasnost (17-22%), dug vijek trajanja (preko 25 godina), visoki proizvodni troškovi.
- **Polikristalne fotonaponske ćelije** – Niža efikasnost (15-18%), ali povoljnija cijena proizvodnje.
- **Tankoslojne fotonaponske ćelije:** Ove ćelije nemaju kristalnu strukturu, što ih čini lakšim za proizvodnju. Pored niske cijene, prednost im je i fleksibilnost.
 - » Amorfni silicijum (a-Si) – Fleksibilne, ali sa niskom efikasnošću (~10%).
 - » Kadmijum-telurid (CdTe) – Relativno visoka efikasnost (~15%), ali ekološki izazovi (korišćenje materijala koji mogu biti toksični, kao što je kadmijum).
 - » CIGS ćelije (bakar-indijum-galijum-selenid) – Fleksibilne, efikasnost 16-20%. Nedostaci su viša cijena u poređenju sa amornim i polikristalnim ćelijama i ograničena dostupnost na tržištu.



Monokristalna ćelija



Polikristalna ćelija



Amorfna ćelija

Uporedna tabela fotonaponskih ćelija

Vrsta ćelije	Solarnu iradijacija (W/m ²)	Efikasnost (%)	Prosječni vijek trajanja (god)	Okvirna cijena (€/W)	Prednosti
Monokristalne	140	17 – 22	25	0,35	Najveća efikasnost, dug vijek trajanja
Polikristalne	130	15 – 17	20	0,3	Niža cijena, dobar balans performansi
Tankoslojne	50	10 – 13	15	0,25	Fleksibilnost, bolje u difuznoj svjetlosti

Pored navedenih vrsta ćelija, postoje i nove tehnologije sa povećanom efikasnošću i smanjenim troškovima proizvodnje koje su još u fazi razvoja:

- **Perovskitne ćelije** - izrađene su od kombinacije organskih i anorganskih materijala. Pokazuju visoku efikasnost, koja je u laboratorijskim uslovima dostigla vrijednost od 25%.

- **Bifacialne ćelije koje** - dizajnirane su da apsorbiraju svjetlost sa obje strane panela, što im omogućava da proizvedu do 30% više energije. Posebno su efikasne u područjima sa visokom refleksijom svjetlosti.

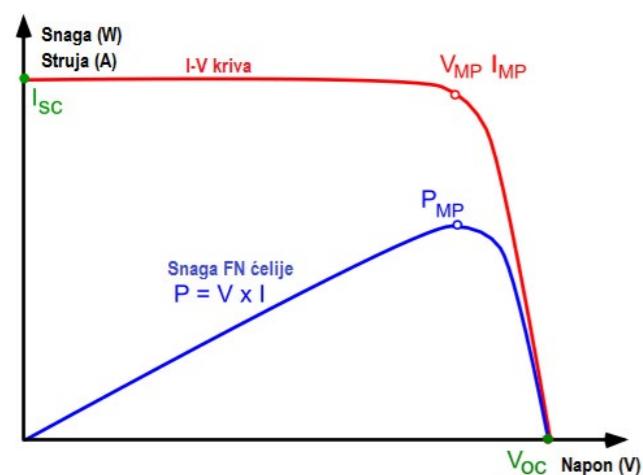
Napredne tehnologije, poput Galijum-arsenidnih i Kadmijum-teluridnih ćelija, nude visoku efikasnost, ali su skupe ili imaju ekološka ograničenja.

Izbor vrste fotonaponske ćelije zavisi od specifičnih potreba, kao što su efikasnost, cijena, raspoloživi prostor za instalaciju i očekivani životni vijek sistema. Pri izboru solarnih panela važnije je obratiti pažnju na proizvođača, garantni rok i kvalitet instalacije, nego samo na vrstu ćelija.

Električne karakteristike fotonaponskih ćelija

Električne karakteristike fotonaponskih ćelija definišu njihovu sposobnost da proizvedu električnu energiju iz Sunčeve svjetlosti. Poznavanje ovih karakteristika ključno je za pravilno dimenzionisanje i optimizaciju fotonaponskih sistema

- **Napon otvorenog kola (Voc)** – Maksimalni napon kada nema opterećenja. Voc kod monokristalne silicijumske ćelije iznosi od 0.5 V do 0.7 V.
- **Struja kratkog spoja (Isc)** – Maksimalna struja pri kratkom spoju (Isc standardne ćelije površine 0.1 m² iznosi oko 5 A pri zračenju od 1000 W/m²).
- **Maksimalna snaga (Pmax)** – Najveća izlazna snaga fotonaponske ćelije.
- **Efikasnost ćelije** – Odnos izlazne snage i Sunčeve energije. Pokazuje koliki procenat Sunčeve energije ćelija može pretvoriti u električnu energiju.
- **I-V karakteristika (strujno naponska karakteristika)** – Prikazuje odnos između struje i napona.
- **P-V karakteristika** – Pokazuje zavisnost snage od napona.



I-V i P-V karakteristike N ćelije

Razumijevanje strukture, vrsta i osnovnih električnih karakteristika fotonaponskih ćelija, ključno je za pravilno projektovanje, instalaciju i održavanje solarnih sistema, kao i za postizanje maksimalne efikasnosti u radu.

Fotonaponski paneli

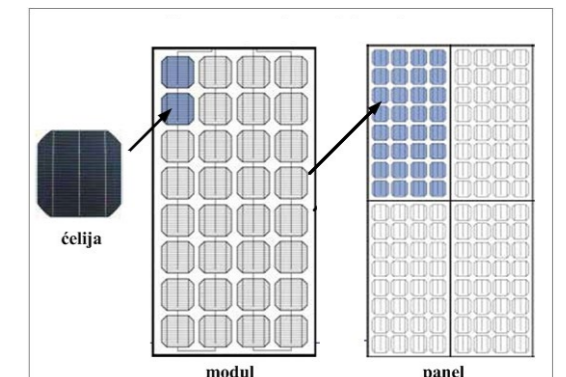
Fotonaponski paneli predstavljaju ključnu komponentu solarnih energetske sistema, jer omogućavaju direktno pretvaranje Sunčeve svjetlosti u električnu energiju. Sastoje se od više međusobno povezanih fotonaponskih ćelija koje, uz odgovarajuću konstrukciju i pravilno pozicioniranje, osiguravaju stabilnu i efikasnu proizvodnju energije.



Fotonaponski paneli

Formiranje fotonaponskih panela

Električne vrijednosti pojedinačnih fotonaponskih ćelija, kao što su napon, struja i snaga, imaju izuzetno male vrijednosti i nisu pogodne za praktičnu primjenu. Na primjer, jedna silicijumska ćelija proizvodi napon od oko 0.5 do 0.7 V i uz gustinu struje od oko nekoliko desetina mA/cm², zavisno od snage Sunčevog zračenja, ali i o spektru zračenja.

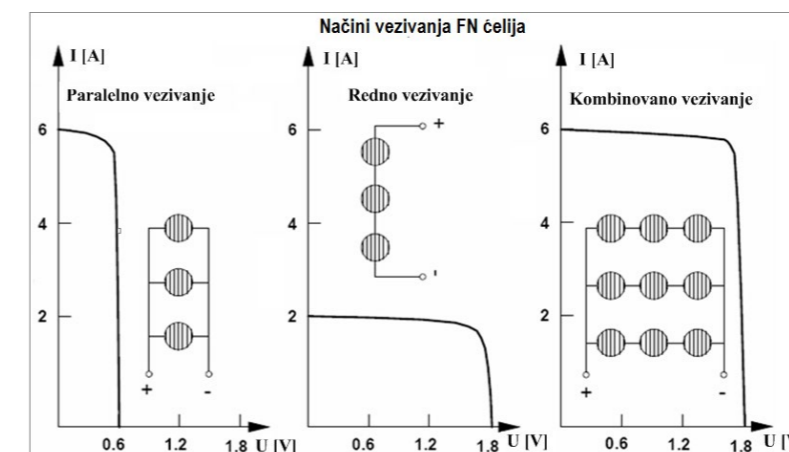


Povezivanje: ćelija-modul-panel

Stoga se za dobijanje električnih vrijednosti koje se mogu praktično koristiti, ćelije povezuju u module, a moduli u panele, koji su osnovna komponenta solarnih energetske sistema.

Proces formiranja fotonaponskih panela odvija se kroz nekoliko ključnih koraka:

- **Povezivanje fotonaponskih ćelija u module** – je osnovni korak u formiranju panela. Ćelije se povezuju redno, paralelno ili mješovito, zavisno od zahtjeva sistema a vrijednostima električnih karakteristika. Postoje tri načina vezivanja:
- **Serijski (redni) spoj** – Povećava napon, dok struja ostaje ista.
- **Paralelni spoj** – Povećava struju, dok napon ostaje isti.
- **Mješoviti spoj** – Kombinuje serijski i paralelni spoj radi optimizacije parametara.



Karakteristike i način vezivanja fotonaponskih ćelija



VIDEO

Struktura solarnog fotonaponskog panela

<https://www.youtube.com/watch?v=TZTUefOjNI8>

- Formiranje modula - realizuje se tako što se fotonaponske ćelije prvo povezuju u željenu konfiguraciju (serijski, paralelno ili mješovito). Nakon toga se postavljaju između zaštitnih slojeva koji ih štite od mehaničkih oštećenja, vlage i UV zračenja, te osiguravaju njihov dugotrajan i stabilan rad. Slojevi modula su:
 - » Gornji sloj (staklo) – štiti ćelije od oštećenja.
 - » Srednji sloj (enkapsulacijski materijal) – osigurava stabilnost ćelija.
 - » Zadnji sloj (backsheet) – štiti od vlage i mehaničkih uticaja.
 - » Aluminijski okvir – osigurava čvrstoću panela.
 - » Priključna kutija – sadrži bypass diode za zaštitu od sjenčenja. Kutija mora biti hermetički zatvorena radi zaštite električnih spojeva od vlage i nečistoća.
- Testiranje i kontrola kvaliteta - Po završetku sklapanja, paneli prolaze testiranje kako bi se provjerila njihova funkcionalnost i otpornost na spoljašnje uticaje. Testovi se izvode pod standardnim uslovima i obuhvataju provjeru maksimalne snage, otpornosti na vlagu, UV zračenje i mehanička opterećenja izazvana vjetrom, snijegom ili gradom.

Na kraju procesa formiranja, paneli su spremni za instalaciju u solarni energetska sistem, kao kompaktne, funkcionalne i pouzdane jedinice.



Fotonaponski paneli

Naznačene električne karakteristike fotonaponskih panela

Za fotonaponske panele se navodi niz električne karakteristike na tehničkoj pločici i u

tehničkoj dokumentaciji. Ove karakteristike su ključne za pravilan izbor, dimenzionisanje i povezivanje panela u solarne energetske sisteme.

Podaci se daju za standardne testne uslove (Standard Test Conditions – STC), koji podrazumijevaju:

- **Zračenje:** 1000 W/m²
- **Temperatura ćelija:** 25 °C
- **Spektralna raspodjela:** AM1.5 (Air Mass 1.5)

Na tehničkoj pločici panela navode se sljedeće električne karakteristike:

- **Nazivna snaga (P_{max})** – Maksimalna snaga pod standardnim uslovima. Predstavlja procjenu proizvodnje električne energije.
- **Napon otvorenog kola (V_{oc})** – Napon pri odsustvu opterećenja. Ova vrijednost je važna za određivanje maksimalnog napona Sistema.
- **Struja kratkog spoja (I_{sc})** – Struja pri kratkom spoju. Koristi se za dimenzionisanje kablova, zaštitnih uređaja i invertera.
- **Napon pri maksimalnoj snazi, V_{mp}** - Napon koji panel ostvaruje u tački maksimalne snage. Ova vrijednost je važna za podešavanje invertera i optimizaciju rada sistema.
- **Struja pri maksimalnoj snazi, I_{mp}** - Struja koju panel proizvodi u tački maksimalne snage. Koristi se za određivanje potrebnog kapaciteta kablova i drugih komponenti sistema.
- **Efikasnost panela** – Koliki procenat Sunčeve energije se konvertuje u električnu.
- **Temperaturni koeficijenti** – Pokazuju uticaj temperature na performanse panela.
- **Maksimalni sistemski napon** - Najveći napon pri kojem panel može bezbjedno raditi. Ova vrijednost je važna za određivanje maksimalnog broja panela koji se mogu povezati u seriju.
- **Maksimalna struja osigurača** - Najveća struja koju panel može podnijeti bez oštećenja. Koristi se prilikom određivanja vrijednosti zaštitnih uređaja u sistemu.

Pored navedenih električnih karakteristika, na tehničkoj pločici se daju i druge relevantne karakteristike panela, kao što su:

- **Tip panela**
- **Proizvođač i model panela** – ime proizvođača, naziv modela i serijski broj koji omogućava identifikaciju proizvoda.
- **Dimenzije i masa panela** – podaci o dužini, širini, debljini i težini panela, što je važno za planiranje montaže i mehaničku stabilnost konstrukcije.
- **Standardi i sertifikati** – oznake standarda prema kojima je panel testiran (npr. IEC 61215 za performanse, IEC 61730 za sigurnost) i eventualne specijalne sertifikacije (npr. za otpornost na vlagu, grad ili vatru).
- **Zaštitna klasa** – oznaka stepena zaštite od spoljašnjih uticaja, najčešće IP65 ili IP67 za priključnu kutiju panela.

Ove dodatne karakteristike omogućavaju korisnicima da lakše prepoznaju panel, provjere njegovu usklađenost sa tehničkim zahtjevima sistema i obezbijede pravilnu montažu i bezbjedan rad u različitim uslovima eksploatacije.

Električni podaci sa tehničke pločice za konkretni fotonaponski panel.

Naznačene električne karakteristike FN panela SunTech Mono 400W

Nazivna snaga (Pmax): 400 W
 Napon otvorenog kola (Voc): 40.5 V
 Struja kratkog spoja (Isc): 10.2 A
 Napon pri maksimalnoj snazi (Vmp): 33.6 V
 Struja pri maksimalnoj snazi (Imp): 9.5 A
 Efikasnost panela (η): 20.5%
 Temp. koef. napona (β): -0.3 %/°C
 Temp. koef. struje (α): +0.04 %/°C
 Temp. koef. snage (γ): -0.4 %/°C
 Maksimalni sistemski napon: 1000 V
 Maksimalna struja osigurača: 15 A

Tip: **monokristalni Si**

4.5. Karakteristike i vrste solarnih fotonaponskih sistema

Solarni fotonaponski sistemi (SFNS) su elektrane (Solarne fotonaponske elektrane - SFNE) sa veoma širokim spektrom primjene – od malih, kućnih sistema snage 1-10 kW, preko komercijalnih i industrijskih postrojenja od 100 kW do nekoliko MW, pa do velikih elektrana (solarni fotonaponski parkovi) snaga i više 100 MW. Ovi sistemi sve više postaju nezamjenjivi izvor električne energije u okvir savremenih pametnih elektroenergetskih i EES-a.

U kontekstu solarnih fotonaponskih sistema, poseban značaj u budućnosti imaće sistemi za skladištenje električne kao i razvoj pametnih elektroenergetskih mreža. Sistemi za skladištenje omogućavaju korišćenje proizvedene energije i u periodima kada Sunčevo zračenje nije dostupno. Pametne mreže integrišu solarne fotonaponske sisteme kao decentralizovane izvore energije, omogućavajući stabilnije napajanje, bolju kontrolu potrošnje i smanjenje opterećenja centralizovanih kapaciteta.

Primjena i razvoj solarnih fotonaponskih sistema doprinosi povećanju energetske sigurnosti, smanjenju emisije štetnih gasova i efikasnijem intenzivnijem korišćenju obnovljivih izvora energije.

Osnovne karakteristike solarnih fotonaponskih sistema

Performanse solarnih fotonaponskih sistema zavise od više faktora, uključujući tehnologiju fotonaponskih ćelija, lokaciju instalacije i meteorološke uslove. Ključne

karakteristike uključuju:

- **Instalisana snaga** – Odnosi se na ukupnu maksimalnu snagu koju elektrana može proizvesti pod optimalnim uslovima. Može varirati od nekoliko kilovata (kW) za male sisteme do više stotina megavata (MW) za velike solarne elektrane.
- **Efikasnost** – Predstavlja procenat Sunčeve energije koji se pretvara u električnu energiju. Efikasnost sistema zavisi od tipa fotonaponskih ćelija, pri čemu monokristalne ćelije imaju veću efikasnost (15-22%) u odnosu na polikristalne i tankoslojne ćelije.
- **Godišnja proizvodnja električne energije** – Odnosi se na količinu električne energije proizvedenu tokom jedne godine, zavisno od klimatskih uslova, geografske lokacije i nagiba panela.
- **Kapacitet skladištenja** – Ukoliko sistem uključuje baterije za skladištenje energije, kapacitet skladištenja određuje količinu energije koja se može pohraniti za kasniju upotrebu, što je posebno važno za off-grid i hibridne sisteme.
- **Trajnost i održavanje** – Očekivani vijek trajanja fotonaponskih panela iznosi 25-30 godina uz minimalno održavanje, dok druge komponente, poput invertera i baterija, imaju kraći radni vijek i zahtijevaju redovno servisiranje.
- **Uticaj na životnu sredinu** – Solarne elektrane ne emituju štetne gasove tokom rada, ali njihova proizvodnja i reciklaža mogu imati ekološki uticaj koji se nastoji minimizirati upotrebom održivih materijala i metoda reciklaže.

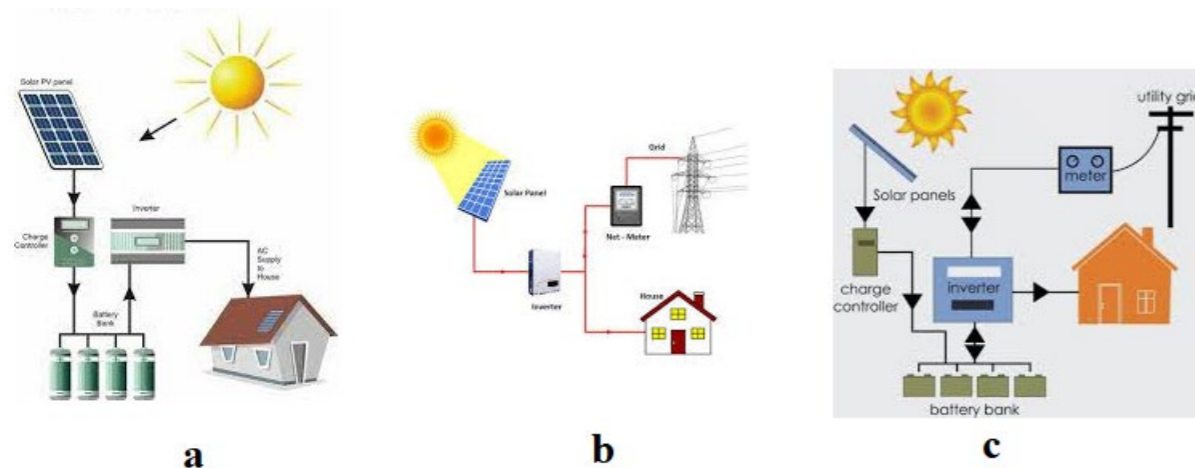
Razumijevanje karakteristika solarnih fotonaponskih sistema od suštinskog je značaja za efikasno projektovanje i pogon sistema.

4.5.1. Podjela solarnih fotonaponskih sistema prema različitim kriterijumima

Solarni fotonaponski sistemi mogu se klasifikovati prema različitim parametrima, uključujući način rada, lokaciju instalacije, veličinu sistema i vrstu korišćenih fotonaponskih ćelija.

Podjela prema autonomiji rada

- **Samostalne (off-grid) elektrane** – Funkcionišu nezavisno od elektroenergetske mreže i obično uključuju baterijske sisteme za skladištenje energije. Koriste se u udaljenim područjima, kampovima, planinskim kućama i drugim objektima bez pristupa mreži.
- **Mrežne (on-grid) elektrane** – Povezane su na elektroenergetsku mrežu i koriste invertorni sistem za konverziju proizvedene jednosmjerne (DC) struje u naizmjeničnu (AC). Višak energije može se isporučivati u mrežu putem sistema neto mjerenja.
- **Hibridne elektrane** – Kombinuju fotonaponske panele sa drugim izvorima energije, poput baterija, vjetroelektrana ili dizel-generatora, čime se obezbjeđuje pouzdano snabdijevanje električnom energijom i u periodima smanjenog Sunčevog zračenja.



Šematski prikaz autonomije rada elektrane: a) off grid; b) on grid; c) hibrid

Podjela prema lokaciji

- **Na građevinskim objektima (krovne elektrane)** – Postavljene na krovovima kuća, industrijskih i komercijalnih objekata. Optimizuju upotrebu dostupnog prostora i smanjuju potrebe za dodatnom infrastrukturom.
- **Na tlu (solarne farme)** – Velike solarne elektrane instalirane na prostranim površinama sa optimalnom orijentacijom prema Suncu, namijenjene proizvodnji električne energije za mrežni sistem.
- **Na vodenim površinama (plutajuće elektrane)** – Instalacije na jezerima, vještačkim akumulacijama ili morima, gdje se smanjuje zauzimanje kopnenog prostora i povećava efikasnost panela zbog hlađenja vodom.
- **Na pokretnim objektima** – Solarni sistemi integrisani na vozila, brodove i avione, omogućavajući napajanje električnih sistema i smanjenje potrošnje goriva.

Podjela prema veličini sistema

- **Mikro solarne elektrane** – Male elektrane do nekoliko kilovata, uglavnom za individualne potrebe domaćinstava ili manjih objekata.
- **Male solarne elektrane** – Kapaciteta do nekoliko desetina kilovata, često se koriste za komercijalne i industrijske objekte.
- **Srednje solarne elektrane** – Snage od nekoliko stotina kilovata do nekoliko megavata, služe kao značajan izvor energije za velike poslovne objekte i industrijska postrojenja.
- **Velike solarne elektrane** – Instalirani kapacitet u megavatima (MW), služe za napajanje elektroenergetske mreže i opskrbu električnom energijom velikog broja korisnika.

Podjela prema tehnologiji panela

- **Elektrane sa monokristalnim fotonaponskim panelima** – Koriste visokoefikasne monokristalne silicijumske ćelije sa efikasnošću od 18-22%.
- **Elektrane sa polikristalnim fotonaponskim panelima** – Imaju nešto nižu efikasnost (15-18%) i niže proizvodne troškove.

- **Elektrane sa tankoslojnim fotonaponskim panelima** – Fleksibilne i lagane, ali sa nižom efikasnošću, pogodne za specifične aplikacije.
- **Elektrane sa organskim fotonaponskim panelima (OPV)** – Laki, ekološki prihvatljivi paneli sa nižom efikasnošću, u fazi razvoja.
- **Elektrane sa perovskitnim fotonaponskim panelima** – Napredna tehnologija sa visokim potencijalom za budućnost zbog nižih troškova proizvodnje i veće efikasnosti.

4.5.1.1. Samostalne (Off-Grid) solarni fotonaponski sistemi

Samostalni (off-grid) solarni fotonaponski sistemi su energetske sistemi koji rade nezavisno od elektroenergetske mreže, omogućavajući korisnicima proizvodnju i korištenje električne energije u područjima gdje pristup mreži nije dostupan ili je nepouzdan. Ovi sistemi su idealni za ruralne i izolovane objekte, planinske kuće, kampove, brodove, vozila i istraživačke stanice.

Samostalni solarni fotonaponski sistemi se mogu klasifikovati prema strukturi, kapacitetu skladištenja energije i načinu upotrebe.

Off-grid Solarni fotonaponski sistemi bez skladištenja energije

Ovi sistemi direktno napajaju potrošače električnom energijom proizvedenom iz solarnih panela, bez mogućnosti skladištenja viška energije. Glavne karakteristike uključuju:

- **Prednosti:** Jednostavan dizajn, manji troškovi, minimalno održavanje.
- **Nedostaci:** Sistem funkcioniše samo dok postoji Sunčeva svjetlost; nema napajanja noću ili u oblačnim uslovima.
- **Primjena:** Sistem za direktno napajanje pumpi za vodu, ventilatora, rasvjete u staklenicima, jednostavnih električnih uređaja.

Off-grid Solarni fotonaponski sistemi sa baterijskim skladištenjem energije

Ovi sistemi sadrže baterije koje skladište višak energije proizveden tokom dana i omogućavaju napajanje potrošača tokom noći ili u periodima slabog Sunčevog zračenja. Glavne karakteristike su:

- **Prednosti:** Neprekidno snabdijevanje električnom energijom, stabilan rad sistema.
- **Nedostaci:** Viši troškovi zbog baterijskog sistema, potreba za održavanjem baterija.
- **Primjena:** Napajanje domaćinstava, udaljenih farmi, turističkih kampova, planinskih objekata, signalizacije i komunikacionih sistema.

Preosivi off-grid solarni fotonaponski sistemi

Preosive (mobilne) solarne elektrane su dizajnirane za lako premještanje i brzo postavljanje. Ovi sistemi su često integrisani u kompaktne module i koriste se u specijalnim aplikacijama.

- **Prednosti:** Mobilnost, jednostavno postavljanje i upotreba.
- **Nedostaci:** Ograničen kapacitet, zavisnost od vremenskih uslova.
- **Primjena:** Humanitarne misije, kampovanje, vanredne situacije i hitne službe, vojne i istraživačke ekspedicije.

Struktura i princip rada samostalnih (off-grid) solarnih fotonaponskih elektrana

Off-grid solarne elektrane sastoje se od više međusobno povezanih komponenti koje omogućavaju proizvodnju, regulaciju, skladištenje i distribuciju električne energije.

Fotonaponski paneli sa nosećom konstrukcijom

- **Fotonaponski paneli** – Generišu električnu energiju konverzijom Sunčeve svjetlosti u jednosmjernu (DC) struju.
- **Noseća konstrukcija** – Osigurava pravilno postavljanje panela pod optimalnim uglom radi maksimizacije Sunčevog zračenja.

DC komponente

- **DC kablovi** – Prenose proizvedenu struju iz fotonaponskih panela do regulatora punjenja.
- **Kontroler punjenja** – Regulacioni uređaj koji kontroliše punjenje baterija i sprečava njihovo prepunjavanje ili duboko pražnjenje.
- **Baterijski sistem** – Skladišti višak energije proizvedene tokom dana i omogućava korištenje električne energije kada nema Sunčeve svjetlosti.
- **DC razvodni ormar** – Sadrži zaštitnu i komutacionu opremu za regulaciju i zaštitu jednosmjernih strujnih krugova.

AC komponente

- **Inverter** – Pretvara jednosmjernu (DC) struju iz baterija u naizmjeničnu (AC) struju pogodnu za standardne potrošače.
- **AC kablovi** – Povezuju inverter sa električnim uređajima i omogućavaju distribuciju električne energije.
- **AC razvodni ormar** – Sadrži zaštitne sklopke, osigurače i mjernu opremu (opciono) za regulaciju napajanja.

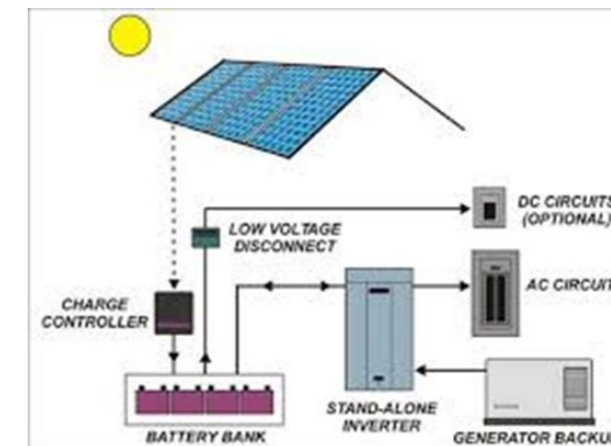
Potrošački priključak

- Povezuje sistem sa krajnjim potrošačima, uključujući električne uređaje, rasvjetu, sisteme grijanja i klimatizacije, pumpe, komunikacione sisteme itd.

Sistem uzemljenja i gromobranske zaštite

- Osigurava zaštitu sistema od udara groma i stabilizuje napon u sistemu, čime se povećava sigurnost i dugovječnost komponenti.

Principijelna šema off-grid solarnih fotonaponskih sistema: Ova šema prikazuje osnovne komponente sistema i njihove međusobne veze, uključujući fotonaponske panele, kontroler punjenja, baterije i inverter.



Principijelna šema off-grid solarnog fotonaponskog sistema

VIDEO

Princip rada off-grid solarnih fotonaponskih elektrana

https://www.youtube.com/watch?v=j_4rJS35GF4

4.5.1.2. Mrežne (On-grid) solarni fotonaponski sistemi

Mrežne (on-grid) solarnih fotonaponskih sistema su sistemi koji su direktno povezani sa javnom elektroenergetskom mrežom. Ovi sistemi omogućavaju korisnicima da proizvode električnu energiju za sopstvene potrebe, a eventualni višak proizvedene energije predaju u mrežu. Ovakav pristup doprinosi smanjenju računa za električnu energiju i omogućava efikasnije korišćenje obnovljivih izvora energije.

Vrste i karakteristike mrežnih (on-grid) solarnih fotonaponskih elektrana

Mrežne solarnih fotonaponskih sistema mogu se klasifikovati prema načinu priključenja na elektroenergetsku mrežu:

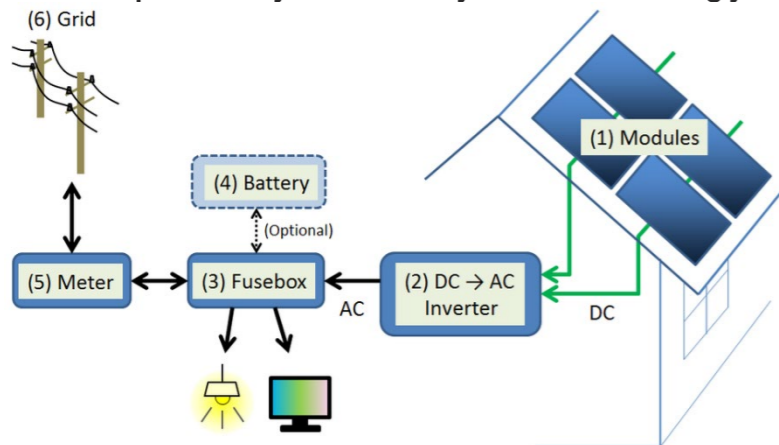
- **Solarni fotonaponski sistemi priključene na mrežu preko kućne instalacije:** Ovi sistemi su instalirani na stambenim ili poslovnim objektima i povezani su sa unutrašnjom električnom instalacijom objekta. Proizvedena energija se prvo koristi za potrebe objekta, dok se višak energije predaje u javnu mrežu.

- **Solarni fotonaponski sistemi direktno priključene na mrežu:** Ovi sistemi su obično veći i namenjeni su isključivo za proizvodnju električne energije koja se direktno isporučuje u elektroenergetsku mrežu, bez lokalne potrošnje.

Struktura i princip rada mrežnih (on-grid) solarnih fotonaponskih elektrana

Mrežne (on-grid) solarnih fotonaponskih sistema su sistemi koji omogućavaju direktnu konverziju Sunčeve energije u električnu, pri čemu su povezani sa javnom elektroenergetskom mrežom. Ovi sistemi omogućavaju korisnicima da proizvode električnu energiju za sopstvene potrebe, a eventualni višak energije predaju u mrežu. Time se smanjuju troškovi električne energije i doprinosi se održivom korišćenju obnovljivih izvora.

Struktura ovih sistema obuhvata nekoliko ključnih komponenti koje zajedno omogućavaju efikasnu proizvodnju i distribuciju električne energije:



Šematski strukturni prikaz on-grid sistema

1. Fotonaponski paneli sa nosećom konstrukcijom

Fotonaponski (FN) paneli su osnovni elementi sistema koji pretvaraju Sunčevu svetlost u jednosmernu (DC) električnu energiju. Ovi paneli se sastoje od više solarnih ćelija napravljenih od poluprovodničkih materijala, najčešće silicijuma. Noseća konstrukcija obezbeđuje stabilnost i optimalan položaj panela u odnosu na Sunce, što je ključno za maksimalnu efikasnost sistema.

DC komponente

- **DC kablovi:** Prenose jednosmernu struju proizvedenu u panelima do invertera. Kvalitetni kablovi su neophodni za minimizaciju gubitaka energije i obezbeđivanje dugotrajnosti sistema.
- **DC razvodni ormar sa zaštitnom i komutacionom opremom:** Ovaj ormar sadrži uređaje za zaštitu i prekidanje strujnog kola, kao što su osigurači i prekidači, koji štite sistem od prenapona, kratkih spojeva i drugih električnih anomalija.

AC komponente

- **Inverter:** Ključna komponenta koja pretvara jednosmernu struju iz panela u naizmeničnu

(AC) struju, kompatibilnu sa javnom mrežom i kućnim uređajima. Moderni inverteri takođe obezbeđuju praćenje performansi sistema i mogu imati ugrađene zaštitne mehanizme.

- **AC kablovi:** Prenose naizmeničnu struju od invertera do glavnog razvodnog ormara objekta ili direktno do mrežnog priključka.
- **AC razvodni ormar sa zaštitnom, komutacionom i mjernom opremom:** Ovaj ormar sadrži opremu za distribuciju električne energije, zaštitu od preopterećenja i kratkih spojeva, kao i mernu opremu za praćenje potrošnje i proizvodnje energije.

Mrežni priključak

Predstavlja tačku spajanja sistema sa javnom elektroenergetskom mrežom. Kroz ovaj priključak, višak proizvedene energije može se isporučiti u mrežu, a u periodima kada proizvodnja nije dovoljna, energija se može preuzeti iz mreže.

Sistem uzemljenja i gromobranske zaštite

Ovaj sistem obezbeđuje zaštitu od električnih udara i prenapona uzrokovanih gromovima ili drugim poremećajima. Pravilno uzemljenje i gromobranska zaštita su esencijalni za sigurnost korisnika i dugotrajnost opreme.

Sistem za nadzor i upravljanje

Moderni on-grid sistemi često su opremljeni softverskim rješenjima koja omogućavaju praćenje performansi sistema u realnom vremenu, detekciju potencijalnih problema i optimizaciju rada. Ovi sistemi mogu biti dostupni putem web platformi ili mobilnih aplikacija, pružajući korisnicima detaljan uvid u proizvodnju i potrošnju energije.

Integracija svih ovih komponenti omogućava efikasan rad mrežnih solarnih fotonaponskih elektrana, pružajući korisnicima pouzdan i održiv izvor električne energije.

Princip rada ovih sistema zasniva se na konverziji Sunčeve energije u električnu putem fotonaponskih panela. Proizvedena jednosmerna struja se preko DC kablova prenosi do invertera, koji je pretvara u naizmeničnu struju. Ova energija se zatim preko AC kablova i razvodnog ormara isporučuje u elektroenergetsku mrežu ili koristi za potrebe objekta.

Mrežni (on-grid) solarni sistemi su dizajnirani za proizvodnju električne energije iz Sunčeve svetlosti i njeno direktno povezivanje sa javnom elektroenergetskom mrežom. Ovi sistemi omogućavaju korisnicima da smanje svoje račune za struju i potencijalno ostvare prihod prodajom viška proizvedene energije nazad u mrežu.

Princip rada on-grid sistema:

- **Proizvodnja električne energije:** Fotonaponski (FN) paneli, postavljeni na krovove ili otvorene površine, apsorbiraju Sunčevu svetlost i pretvaraju je u jednosmernu (DC) električnu energiju. Ovaj proces se zasniva na fotonaponskom efektu, gdje fotoni iz Sunčeve svetlosti oslobađaju elektrone u poluprovodničkom materijalu panela, stvarajući električnu struju.

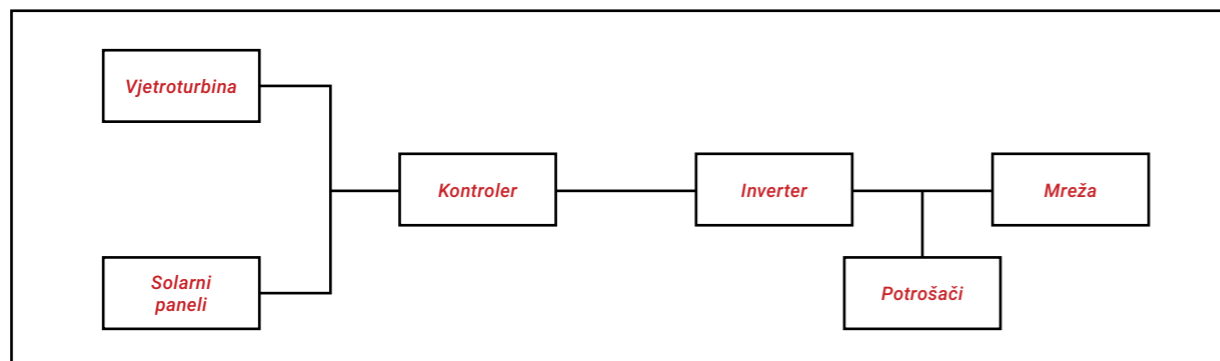
- **Konverzija DC u AC struju:** Proizvedena jednosmerna struja se prenosi do invertera, uređaja koji je pretvara u naizmjeničnu (AC) struju. Ova konverzija je neophodna jer većina kućnih aparata i elektroenergetska mreža koriste naizmjeničnu struju.
- **Distribucija energije:** Nakon konverzije, naizmjenična struja se distribuira kroz električnu instalaciju objekta za napajanje različitih uređaja. Ako sistem proizvodi više energije nego što je trenutno potrebno, višak se automatski šalje u javnu mrežu. U slučajevima kada je proizvodnja manja od potrošnje, nedostatak energije se nadoknađuje preuzimanjem iz mreže.
- **Mjerenje i obračun:** Posebni dvosmerna brojila prate količinu energije koja se isporučuje u mrežu i onu koja se iz nje preuzima. Na osnovu ovih podataka, korisnici mogu ostvariti uštede na računima za struju, a u nekim slučajevima i prihod od prodaje viška energije, u zavisnosti od lokalnih propisa i tarifa.

Važno je napomenuti da on-grid sistemi ne funkcionišu tokom nestanka struje, jer su dizajnirani da se automatski isključe radi bezbednosti radnika koji popravljaju mrežu. Za obezbeđivanje napajanja tokom takvih perioda, potrebno je razmotriti hibridne sisteme koji uključuju baterije za skladištenje energije.

Integracijom on-grid solarnih sistema, korisnici mogu efikasno koristiti obnovljive izvore energije, smanjiti svoje troškove za električnu energiju i doprineti smanjenju emisije štetnih gasova.

4.5.1.3. Hibridni solarni fotonaponski sistemi

Hibridne solarni fotonaponski sistemi kombinuju karakteristike mrežnih (on-grid) i autonomnih (off-grid) sistema, omogućavajući korisnicima da koriste energiju iz više izvora i obezbede kontinualno napajanje čak i u slučaju nestanka struje. Ovi sistemi integrišu različite izvore energije i skladištenje kako bi optimizovali proizvodnju i potrošnju električne energije.



Blok dijagram hibridnog sistema

Vrste hibridnih solarnih fotonaponskih elektrana

S baterijskim skladištenjem energije

Ovi sistemi koriste baterije za skladištenje viška energije proizvedene tokom dana. Pohranjena energija se koristi tokom noći ili u periodima smanjene Sunčeve aktivnosti,

obezbeđujući stabilno napajanje. Prednost ovog sistema je mogućnost korišćenja sopstvene energije i tokom nestanka struje iz mreže.

Sa generatorom (dizel, benzinski)

U ovom tipu hibridnog sistema, solarni paneli su kombinovani sa generatorom na fosilna goriva. Generator se automatski uključuje kada proizvodnja solarne energije i energija iz baterija nisu dovoljni da zadovolje potrošnju. Ovo obezbeđuje pouzdano napajanje čak i tokom dugotrajnih perioda bez Sunčeve svjetlosti.

Sa vjetroturbinom

Ovi sistemi kombinuju solarne panele sa vjetroturbinama, koristeći i Sunčevu i energiju vjetra za proizvodnju električne energije. Ova kombinacija omogućava veću fleksibilnost i stabilnost u proizvodnji energije, posebno u područjima gdje su i Sunčeva svetlost i vjetar dostupni tokom različitih perioda.

Sa malom hidroelektranom

U ovom slučaju, solarni paneli se integrišu sa malim hidroelektranama, koristeći energiju tekuće vode kao dodatni izvor. Ovakvi sistemi su pogodni za područja sa dostupnim vodenim tokovima, omogućavajući konstantnu proizvodnju energije nezavisno od vremenskih uslova.

Integracijom različitih izvora energije i skladištenja, hibridni solarni fotonaponski sistemi pružaju fleksibilnost i sigurnost u snabdevanju električnom energijom, smanjujući zavisnost od jednog izvora i obezbeđujući kontinualno napajanje čak i u slučaju prekida u javnoj mreži.



VJEŽBA

Istraživački rad/PPT prezentacija Uporedna analiza prednosti i izazova off-grid, on-grid i hibridnih solarnih elektrana.



KVIZ

Kviz 5: Podjela solarnih fotonaponskih elektrana na off-grid, on-grid i hibridne elektrane

<https://forms.office.com/e/77hGTtsPQV>

4.5.2. Elementi solarnih fotonaponskih sistema, funkcija i princip montaže

Solarni fotonaponski sistemi sastoje se od niza ključnih komponenti koje omogućavaju pretvaranje Sunčeve energije u električnu, njeno skladištenje i distribuciju do krajnjih korisnika. Svaka komponenta ima specifičnu funkciju i zahtijeva pravilnu instalaciju kako bi sistem bio efikasan, siguran i dugotrajan.

Noseće konstrukcije fotonaponskih panela

Noseće konstrukcije imaju ključnu ulogu u osiguravanju mehaničke stabilnosti fotonaponskih panela i njihovom optimalnom pozicioniranju prema Sunčevoj svjetlosti. Pravilan odabir konstrukcije zavisi od lokacije instalacije, klimatskih uslova i načina upotrebe sistema.

Vrste nosećih konstrukcija i postupak montaže

• Konstrukcije za montažu na tlu

Ove konstrukcije se koriste kada se fotonaponski paneli postavljaju na otvorenim površinama, kao što su solarne farme ili privatna zemljišta.

- » Fiksne konstrukcije podrazumijevaju postavljanje panela pod optimalnim uglom za region u kojem se nalaze. Montaža se vrši pričvršćivanjem panela na čvrste metalne ili aluminijumske nosače koji su prethodno ukopani u zemlju ili pričvršćeni na betonske temelje. Ovi nosači omogućavaju stabilnost sistema i otpornost na vjetrove i druge vremenske uslove.
- » Sistemi sa praćenjem položaja Sunca mogu biti jednoosni (pomjeraju panele u horizontalnoj ravni) ili dvoosni (prate Sunce i horizontalno i vertikalno). Ovi sistemi imaju elektromotore i senzore koji automatski prilagođavaju nagib panela tokom dana kako bi se maksimalno povećala proizvodnja energije. Montaža uključuje instalaciju nosive konstrukcije, ugradnju elektromotora i povezivanje sa sistemom upravljanja.

• Konstrukcije za montažu na objekte

Kada se fotonaponski paneli postavljaju na objekte, koriste se različiti sistemi za pričvršćivanje:

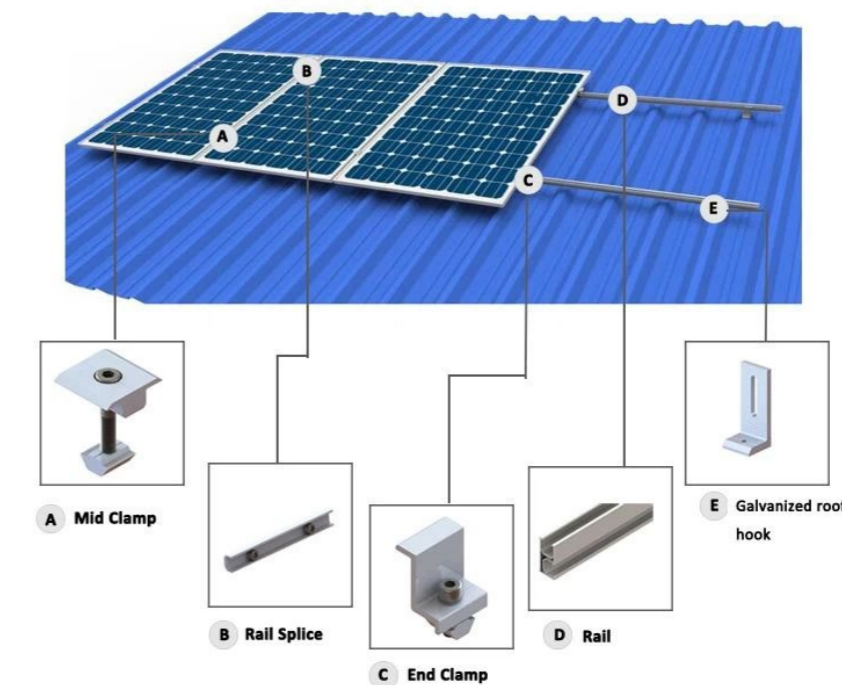
- » Integrisane krovne konstrukcije podrazumijevaju da paneli postaju sastavni dio krova. Ovaj sistem zahtijeva specijalizovane nosače i spojeve koji zamjenjuju klasične krovne pokrivače.
- » Montaža na fasade i ravne krovove uključuje korišćenje čeličnih ili aluminijumskih nosača pričvršćenih na fasadne zidove ili betonske ploče. Postupak podrazumijeva bušenje ankerisanje nosača, pričvršćivanje panela na šine i povezivanje sa razvodnim ormarom.
- » Solarne nadstrešnice i pergole su popularno rješenje koje kombinuje zaštitu od Sunca sa proizvodnjom električne energije. Montaža se vrši pričvršćivanjem panela na čelične ili aluminijumske okvire koji se postavljaju kao krov nadstrešnice.

Komponente nosećih konstrukcija

- Krovne kuke i sidra – Koriste se za pričvršćivanje panela na krovne grede.
- Nosači i vodilice – Horizontalni i vertikalni nosači omogućavaju stabilnost i prilagodljivost panela.
- Ramovi i podkonstrukcija – Osiguravaju otpornost na vremenske uslove i omogućavaju sigurno pričvršćivanje panela.
- Spojni materijal – Vijci, šrafovi i spojnice osiguravaju čvrstoću spojeva.
- Sistemi za praćenje Sunca – Motorizovani mehanizmi koji omogućavaju optimalno pozicioniranje panela tokom dana.



Razne vrste držača za PV panele



Elementi za montiranje PV panela na krovove sa profilisanim limom



Elementi za montiranje PV panela na krovove sa crepovima

Sistemi za skladištenje električne energije

Baterijski sistemi omogućavaju skladištenje viška proizvedene električne energije za kasniju upotrebu, što je posebno važno kod off-grid i hibridnih solarnih elektrana.

Karakteristike baterijskih sistema

- Kapacitet baterije (Ah ili kWh) – Definiše količinu energije koju baterija može uskladištiti.
- Nazivni napon (V) – Standardne vrijednosti su 12V, 24V i 48V.
- Dubina pražnjenja (DoD) – Mjeri koliko kapaciteta baterije može biti iskorišćeno bez oštećenja.
- Efikasnost skladištenja i ciklusni vijek – Utvrđuje dugotrajnost baterije.

Postupak montaže baterijskih sistema

- Postavljanje baterijskih ormara – Baterije se smještaju u specijalizovane ormare sa ventilacijom kako bi se spriječilo pregrijavanje.
- Povezivanje kablova – Kablovi se spajaju serijski ili paralelno, zavisno od potrebnog napona sistema.
- Povezivanje sa regulatorom punjenja i inverterom – Obezbeđuje pravilno upravljanje punjenjem i pražnjenjem baterija.

Regulatori punjenja

Regulator punjenja upravlja tokom električne energije iz panela u baterije i sprječava njihovo prepunjavanje ili prekomjerno pražnjenje.

Postupak montaže regulatora punjenja

- Montaža regulatora na zid ili unutar razvodnog ormara – Postavlja se na lako dostupno mjesto.
- Povezivanje sa panelima, baterijama i potrošačima – Osigurava optimalan protok energije.
- Konfiguracija sistema – Podešavanje režima punjenja u zavisnosti od tipa baterija.

Inverteri

Inverteri konvertuju jednosmjernu struju (DC) u naizmjeničnu struju (AC), omogućavajući upotrebu električne energije u standardnim kućnim i industrijskim sistemima.

Postupak montaže invertera

- Postavljanje invertera na zid ili u ormar – Omogućava ventilaciju i hlađenje uređaja.
- Povezivanje sa solarnim panelima i baterijama – Osigurava pretvaranje i distribuciju energije.
- Povezivanje sa elektroenergetskom mrežom (za on-grid sisteme) – Omogućava predaju viška energije u distributivni sistem.

Električne instalacije i zaštitni sistemi

Pravilno dizajnirane električne instalacije osiguravaju pouzdan i siguran rad solarnih fotonaponskih elektrana.

Postupak instalacije električnih komponenti

- Polaganje DC i AC kablova – Koriste se zaštitni kanali i kablovski nosači.
- Postavljanje razvodnih ormara – Montiraju se na zaštićenim lokacijama kako bi se osigurao nesmetan rad zaštitnih uređaja.
- Uzemljenje i zaštita od groma – Neophodno za smanjenje rizika od električnih udara.

Sistem nadzora i upravljanja

Sistemi nadzora omogućavaju daljinsko praćenje i optimizaciju rada solarnih fotonaponskih elektrana.

Elementi sistema nadzora

- Senzori i kontroleri – Prate ključne parametre sistema.
- Softver za praćenje rada – Omogućava daljinsko nadgledanje.
- Alarmi i sigurnosni uređaji – Upozoravaju na eventualne kvarove.



Montažni elementi za priključivanje PV panela



Solar Charger 5.5kW Power Inverter 12V Ac 220V Battery Charger 20A and Inverter 48V6000 W



KVIZ

Kviz 6: Elementi solarnih fotonaponskih sistema, funkcija i princip montaže

<https://forms.office.com/e/qNGbXtUMhy>

4.6. Tehnička dokumentacija i tehnička regulativa solarnih fotonaponskih sistema

Tehnička dokumentacija i regulativa igraju ključnu ulogu u projektovanju, instalaciji, eksploataciji i održavanju solarnih fotonaponskih elektrana. Ona obuhvata sve neophodne informacije o projektovanju sistema, karakteristikama opreme, bezbjednosnim zahtjevima i zakonodavnim okvirima koji regulišu rad solarnih postrojenja. Pravilan pristup tehničkoj dokumentaciji i regulativi osigurava efikasnost, sigurnost i usklađenost sa propisima.

Vrste tehničke dokumentacije i njihova namjena

Tehnička dokumentacija predstavlja skup projektnih, tehničkih i pravnih dokumenata koji se koriste u svim fazama životnog ciklusa solarne elektrane – od idejnog rješenja do realizacije i održavanja. Postoje različite vrste tehničke dokumentacije, a osnovne su:

- **Projektna dokumentacija** – Sadrži sve neophodne podatke za projektovanje i izvođenje solarnog fotonaponskog sistema. Obuhvata:
 - » **Projektni zadatak** – Definiše osnovne zahtjeve i ciljeve projekta.
 - » **Idejno rješenje** – Prikazuje koncept rada sistema i osnovne tehničke karakteristike.
 - » **Idejni projekat** – Detaljniji pregled tehničkih rješenja i procjene izvedivosti.
 - » **Glavni projekat** – Dokument sa preciznim tehničkim parametrima, šemama, situacionim podlogama iz geodetske uprave i proračunima potrebnim za izvođenje instalacije.
 - » **Projekat izvedenog stanja** – Sastavlja se nakon realizacije projekta i prikazuje stvarno izvedeno rješenje.
- **Dokumentacija proizvođača opreme** – Uključuje tehničke specifikacije, uputstva za upotrebu i održavanje, kao i ateste i ispitne protokole za opremu poput fotonaponskih panela, invertera i zaštitnih komponenti.
- **Elaborati i stručni nalazi** – Sadrže studije analize lokacije, procjenu uticaja na životnu sredinu i tehničko-ekonomske analize.
- **Ispitni protokoli i atesti** – Dokumentuju rezultate testiranja komponenti sistema, prikazuju funkcionalna ispitivanja, podešavanja zaštite i mjerenja otpornosti izolacije priključnog voda i otpornosti uzemljivača, verifikaciju performansi i usklađenost sa standardima.

Vrste tehničke regulative i njihova primjena

Tehnička regulativa obuhvata niz propisa, normi i smjernica koje osiguravaju bezbjednost, efikasnost i pouzdanost solarnih fotonaponskih sistema. Osnovne kategorije tehničke regulative uključuju:

- **Standardi** – Tehnički dokumenti koji definišu minimalne tehničke zahtjeve za projektovanje, instalaciju i održavanje solarnih fotonaponskih sistema (npr. IEC, ISO, EN standardi).
- **Tehnički propisi** – Nacionalni i međunarodni zakoni i uredbe koje regulišu izgradnju i rad solarnih fotonaponskih sistema.
- **Pravilnici** – Specifični dokumenti koji regulišu pojedine segmente sistema, kao što su priključak na elektrodistributivnu mrežu, sigurnosni standardi i mjere zaštite na radu.
- **Preporuke i uputstva** – Smjernice za projektovanje, optimizaciju i integraciju solarnih sistema u elektroenergetski sistem.

Tumačenje projektne dokumentacije solarnih fotonaponskih sistema

Projektna dokumentacija je ključni resurs za izvođače radova, investitore i nadzorne organe. Proučavanje i razumijevanje projektnih planova omogućava pravilnu realizaciju sistema, sprečavanje tehničkih problema i optimizaciju performansi.

Neki od najvažnijih elemenata projektne dokumentacije uključuju:

- **Principijelne šeme** – Prikazuju osnovni način funkcionisanja sistema i međusobne veze komponenti.
- **Blok dijagrami** – Ilustruju interakciju različitih djelova sistema (paneli, baterije, inverter, mreža).
- **Jednopolne šeme** – Precizni električni prikazi svih komponenti sistema i njihove međusobne veze.

Električni simboli elemenata solarnih fotonaponskih sistema

Solarni fotonaponski sistemi sadrže veliki broj električnih komponenti, od kojih svaka ima svoj tehnički simbol u električnim šemama. Poznavanje i pravilno tumačenje ovih simbola omogućava razumijevanje projektne dokumentacije i realizaciju ispravnih električnih priključaka.

Znakovi opasnosti i upozorenja u tehničkoj regulativi i dokumentaciji

Bezbjednost je ključni aspekt pri radu sa solarnim fotonaponskim sistemima. Tehnička dokumentacija i regulativa uključuju različite znakove upozorenja koji informišu o potencijalnim rizicima. Među njima su:

- **Oznake visokog napona** – Upozoravaju na prisustvo opasnog napona u sistemu.
- **Oznake opasnosti od strujnog udara** – Informišu o zonama sa povećanim rizikom od električnog udara.
- **Oznake zaštitne opreme** – Označavaju obaveznu upotrebu zaštitne opreme, kao što su izolovane rukavice, zaštitne naočare i obuća.

Tumačenje plana zaštite na radu u solarnom fotonaponskom sistemu

Plan zaštite na radu u solarnom fotonaponskom sistemu definiše sve neophodne mjere i postupke za bezbjedan rad sa solarnim sistemima. Ovaj plan uključuje:

- **Mjere zaštite od električnog udara** – Primjena adekvatnih izolacionih materijala, zaštitnih uređaja i sistema uzemljenja.
- **Postupci u slučaju hitnih situacija** – Protivpožarne mjere, evakuacioni putevi i postupci za gašenje požara izazvanih električnim instalacijama.
- **Zaštita od vremenskih uslova** – Uključuje mjere zaštite pri radu na visini, zaštitu od udara groma i otpornost opreme na ekstremne klimatske uslove.

4.7. Materijal, alat, oprema i uređaji za rad na izgradnji i održavanju solarnih fotonaponskih sistema

Za kvalitetnu i sigurnu izgradnju, montažu i održavanje solarnih fotonaponskih sistema, neophodno je korišćenje odgovarajućeg materijala, alata, opreme i uređaja. Svaka komponenta ovog sistema doprinosi efikasnosti i sigurnosti rada, omogućavajući pravilno izvođenje svih operacija.

Materijal: provodnici i kablovi za ožičenje, stezaljke, spojnice, razdjelnici, izolacione trake i drugi izolacioni materijal, PV cijevi i kutije, sredstva za podmazivanje, sredstva za uklanjanje rđe, sredstva za zaštitu od korozije (antikorozivne boje, premazi, mastici), materijali za zaptivanje, šrafovi i matice, materijal za obilježavanje i signalizaciju, građevinski materijal i dr.

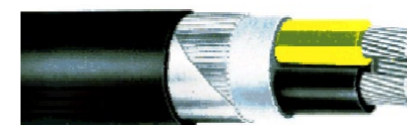
Primjeri energetskih kablova



PP00

PP40

Upotreba: Za razvod energije u gradskim mrežama, industrijskim postrojenjima. Polazu se u kablovske kanale, zatvorene prostorije i u zemlju uz primjenu dodatne zaštite.



PP 45-A

Upotreba: Za razvod energije u gradskim mrežama, industrijskim postrojenjima i na mjestima gdje se očekuju mehanička oštećenja. Polazu se u zemlju, kablovske kanale i otvorenom prostoru. Pogodan je za vertikalno i koso polaganje kao i na terenima podložnim klizanju.



Upravljački i signalni kablovi

Upotreba: Za povezivanje signalnih i komandnih uređaja u industriji, termo, hidroelektranama, vjetro i solarnim elektranama, saobraćaju i sl. Polazu se u kablovske kanale u zatvoreneprostorije i u zemlju uz primjenu dodatne zaštite.



MC-4 konektor najčešće zastupljen u praksi

Razne vrste kablovskih papučica



Razne vrste spojnih čaura

Instalacione PVC cijevi

Alat: izolaciona kliješta, kompresiona kliješta, sjekači provodnika, pile za metal, odvijači, ključevi, turpije, čekići, električni bravarski alat, ručna sredstva za podizanje tereta, makaze i noževi za sječenje izolacionog materijala, makaze za sječenje lima, testere, alat za spajanje lemljenjem, alat za savijanje lima, alat za savijanje profila, alat za probijanje, alat za prosijecanje, alat za odsijecanje, alat za izradu navoja, mjerni i kontrolni alat, alat i pribor za zavarivanje, libela i dr.



Alati za krimpovanje, skidanje izolacije, mjerni instrumenti

Oprema i uređaji: prenosni uzemljivač, izolaciona motka, prenosivi transformator, prenosivi generator, bušilica, brusilica, visokonaponski pokazivači napona, multimetri, instrument za snimanje UI karakteristike solarnog panela, uređaji za dijagnostiku i ispitivanja, megaohmmetar, privremene konstrukcije i objekti (skele, radne platforme, zakloni i dr.), podizne kuke, nosači, ankeri, dizalica sa izolacionom platformom i dr.



Mjerni instrumenti



Analizator kvaliteta električne energije

Solarni multimetar

Instalacioni multifunkcionalni tester

Specijalizovane mašine i vozila: Za izgradnju i održavanje solarnih fotonaponskih sistema često se koriste specijalizovane mašine i vozila prilagođena radu u teškim uslovima. To uključuje teleskopske dizalice velikog kapaciteta, terenska vozila za transport opreme i materijala po nepristupačnim terenima, samohodne skele i platforme za rad na visini, kao i specijalizovane bušilice. Ova vozila i mašine omogućavaju sigurno i efikasno izvođenje svih građevinskih i elektroinstalaterskih radova na solarnim fotonaponskim sistemima.



Specijalizovana vozila

Ovi materijali, alati, oprema i uređaji su od izuzetne važnosti za efikasan i siguran rad na izgradnji i održavanju solarnih fotonaponskih elektrana, omogućavajući kvalitetno izvođenje svih potrebnih operacija i zadataka.



PRAKTIČNA VJEŽBA

Zadatak 1. Prepoznavanje i analiza materijala za rad u solarnim fotonaponskim sistemima

Materijal i alat:

- Uzorci različitih vrsta materijala (bakarni i aluminijumski provodnici, izolacioni materijali, plastične i metalne cijevi, zaštitni omotači)
- Tehnička dokumentacija i katalozi proizvođača
- Mjerne alatke (mikrometar, kliješta za presovanje, nož za skidanje izolacije)
- Zaštitna oprema (rukavice, zaštitne naočare)

Postupak izvođenja:

1. Pregled dostupnih materijala
 - Razvrstaj uzorke provodnika i izolacionih materijala.
 - Identifikuj materijale na osnovu boje, fleksibilnosti, oznaka i standarda.
2. Poređenje svojstava materijala
 - Izmjeri debljinu provodnika i izolacije.
 - Uporedi mehaničku čvrstoću različitih materijala.
 - Analiziraj prednosti i mane upotrebe bakra u odnosu na aluminijum u elektroinstalacijama.
3. Diskusija o primjeni materijala
 - Identifikuj koji materijali se koriste za različite tipove instalacija
 - Procijeni koji materijal je najpogodniji za specifične uslove rada (vlaga, visoka temperatura, mehanički stres).
4. Grupni zadaci
 - Podijeli se u grupe i analiziraj tehničke specifikacije određenog materijala.
 - Prikaži zaključke o izboru materijala za konkretne aplikacije.

Završna provjera:

- Prezentuj analizu i zaključke o upotrebi materijala u specifičnim uslovima rada.
- Objasni razloge izbora određenog materijala na osnovu tehničkih podataka.
- Provjeri tačnost podataka u tehničkoj dokumentaciji.



PRAKTIČNA VJEŽBA

Zadatak 2: Korišćenje ručnih i električnih alata

Materijal i alat:

- Osnovni ručni alati (kliješta, odvijači, skalpeli, noževi za skidanje izolacije)
- Električni alati (bušilica, brusilica, lemilica, pištolj za vrući vazduh)
- Testeri i mjerni instrumenti (multimetar, ispitivač napona, ampermetar)
- Sigurnosna oprema (zaštitne rukavice, zaštitne naočare, radna odjeća)

Postupak izvođenja:

1. Demonstracija upotrebe alata
 - Upoznaj se s osnovnim funkcijama ručnih i električnih alata.
 - Pregledaj tehničke karakteristike alata i način korišćenja.
 - Pravilno podеси alat prije upotrebe.
2. Praktična primjena alata
 - Koristi kliješta i odvijače za obradu provodnika i spajanje električnih elemenata.
 - Isprobaj električne alate za bušenje, rezanje i oblikovanje materijala.
 - Primijeni tester za provjeru ispravnosti električnih instalacija.
3. Analiza efikasnosti i bezbjednosti rada
 - Provjeri ispravnost alata prije i poslije upotrebe.
 - Uporedi brzinu i preciznost ručnih i električnih alata u različitim zadacima.
 - Diskutuj o sigurnosnim pravilima pri radu s električnim alatima.

Završna provjera:

- Demonstriraj tačnu i sigurnu upotrebu svakog alata.
- Prezentuj ispravnu primjenu električnih alata kroz praktične zadatke.
- Identifikuj moguće greške u korišćenju alata i predloži poboljšanja.

5. IZGRADNJA SOLARNIH FOTONAPONSKIH SISTEMA

5.1. Pripremni radovi na izgradnji solarnih fotonaponskih elektrana

Izvođenje pripremnih radova na izgradnji solarnih fotonaponskih sistema predstavlja ključnu fazu u procesu implementacije sistema. Ova faza osigurava da su svi uslovi adekvatno ispunjeni za uspješnu instalaciju solarnih modula i pripadajuće opreme. Pripremni radovi obuhvataju tehničku analizu, procjenu lokacije, organizaciju materijala i alata, kao i primjenu odgovarajućih sigurnosnih mjera.

Tumačenje tehničke dokumentacije

Prije početka praktičnih radova, neophodno je detaljno proučiti tehničku dokumentaciju kako bi se stekao uvid u projektne specifikacije i uslove montaže. Tehnička dokumentacija obuhvata projektne nacрте, uputstva proizvođača i tehničke karakteristike komponenti sistema. Ključni elementi dokumentacije koje treba analizirati su:

- Oriјentacija i nagib solarnih panela radi maksimalne efikasnosti.
- Vrsta i dimenzije noseće konstrukcije.
- Električne specifikacije sistema, uključujući snagu invertera, tip kablova i način povezivanja.
- Bezbjednosni zahtjevi i standardi za instalaciju.

Dopremanje opreme, materijala i alata

Jedan od osnovnih pripremnih zadataka je pravilna organizacija opreme i materijala potrebnih za montažu. Solarni paneli, noseće konstrukcije, kablovi, inverteri i zaštitna oprema moraju biti dostavljeni i skladišteni na način koji sprečava njihovo oštećenje. Važno je osigurati da svi elementi budu dostupni na gradilištu u skladu s planom montaže kako bi se izbjegla kašnjenja u radu.

Prilikom organizacije alata, neophodno je pripremiti:

- Ručne i električne alate za montažu (bušilice, odvijače, ključeve, rezače kablova itd.).
- Zaštitnu opremu za rad na visini (pojaseve, kacige, rukavice, naočare).
- Mjerne instrumente (digitalni nivelir, multimetar, solarni analizator).

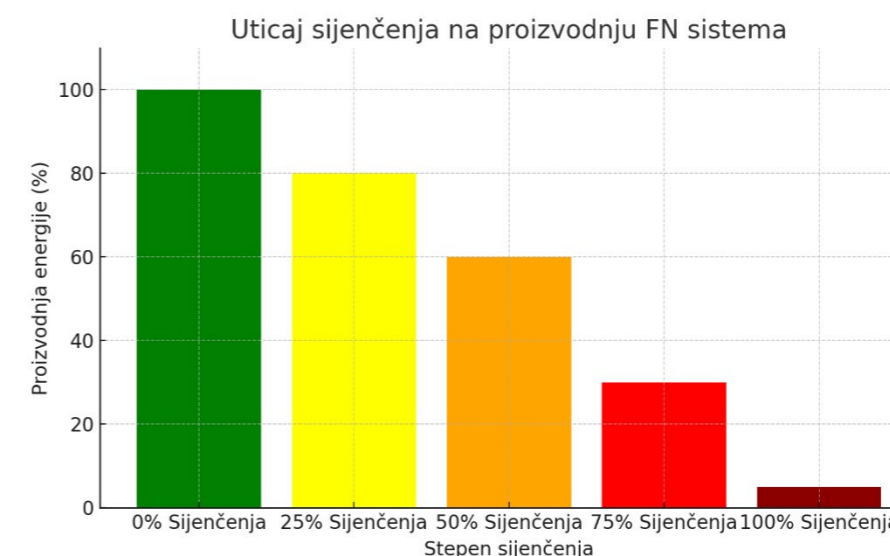
Provjera podloge za montažu

Kvalitet i stabilnost podloge na koju će biti postavljena solarna elektrana ključni su faktori za siguran i dugotrajan rad sistema. U zavisnosti od toga da li se montaža izvodi na krovu ili na tlu, pristup procjeni podloge se razlikuje:

- **Provjera krova:** Analiziraju se materijal i nosivost krova. Na primjer, kod montaže na limenim krovovima potrebno je osigurati dodatne nosače kako bi se smanjilo opterećenje. Kod betonskih krovova treba provjeriti mogućnosti bušenja i fiksiranja nosača.
- **Provjera tla:** Kod montaže solarnih panela na tlu, sprovodi se analiza nosivosti zemljišta. U slučaju slabog tla, mogu biti potrebni dodatni temelji ili betonske baze za stabilizaciju konstrukcije. Koristi se tabela sa check listom redoslijeda izvođenja radova.

Identifikacija i uklanjanje izvora sjenčenja

Sjenčenje je jedan od ključnih faktora koji mogu smanjiti efikasnost solarnih fotonaponskih sistema. Stoga je neophodno identifikovati izvore sjenčenja i preduzeti odgovarajuće mjere. Uobičajeni izvori sjenčenja uključuju drveće, visoke zgrade, dimnjake i druge objekte koji mogu blokirati Sunčevu svjetlost.



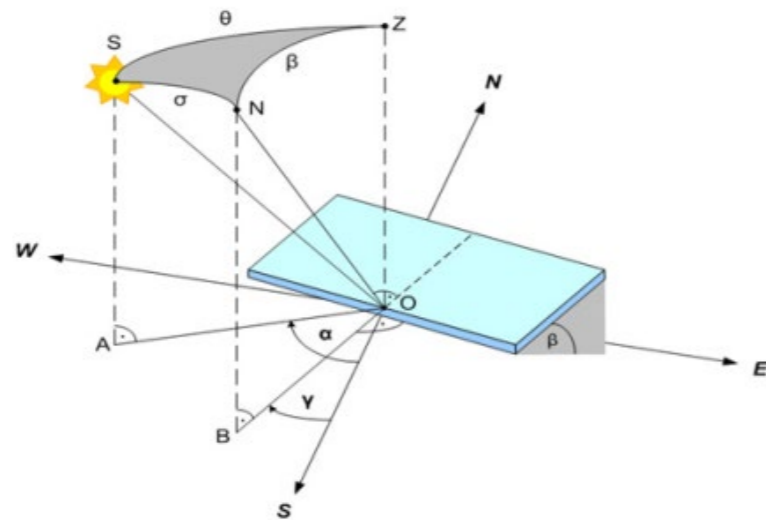
Uticaj sjenčenja na proizvodnju solarnih fotonaponskih sistema

Za analizu sjenčenja koriste se alati kao što su solarni analizatori i programski alati za simulaciju putanje Sunca. Ako sjenčenje predstavlja značajan problem, moguće je prilagoditi nagib i poziciju solarnih panela kako bi se smanjili gubici.

Provjera orijentacije i nagiba površine

Ispravna orijentacija i nagib solarnih panela su presudni za postizanje maksimalne proizvodnje električne energije. Generalno, za sjevernu hemisferu preporučena orijentacija je prema jugu, dok se za južnu hemisferu solarni paneli orijentišu prema sjeveru.

Optimalan nagib zavisi od geografske lokacije i ugaone visine Sunca tokom godine. Najčešće se koristi nagib koji odgovara geografskoj širini lokacije, ali se on može prilagoditi u zavisnosti od sezonske potrebe za energijom.



Pozicija fotonaponskih panela i položaj Sunca

Tip i položaj krova će defnisati nagibni ugao(β) i azimutni ugao (γ) fotonaponskih panela (slika gore), od čega će između ostalog zavisiti proizvodnja električne energije.

Čišćenje i priprema površine za montažu

Prije postavljanja nosača i solarnih panela, površina mora biti očišćena od prljavštine, lišća, snijega ili drugih prepreka koje mogu ometati instalaciju. Na krovovima je važno provjeriti stabilnost materijala i izvršiti neophodne popravke kako bi se osigurao siguran rad instalacije.

Obilježavanje i obezbjeđivanje radnog prostora

Za sigurno izvođenje radova potrebno je postaviti odgovarajuće sigurnosne oznake, barijere i osigurati pristup samo ovlaštenim osobama. Posebno je važno postaviti sigurnosnu opremu za rad na visini, kao što su konopci za osiguranje, sigurnosni pojasevi i zaštitne mreže.



PRAKTIČNA VJEŽBA

Zadatak 1: Procjena lokacije za solarnu elektranu

Pravilno izmjeriti nagib i orijentaciju krova/tla pomoću mjernih instrumenata, kako bi se osigurala optimalna efikasnost solarne elektrane.

Materijal i alat

- Tehnička dokumentacija
- Inclinometar
- Kompas
- Solarni analizator
- Radna zaštitna oprema (rukavice, zaštitne naočale)

Postupak

1. Priprema radnog prostora
 - Osigurati sigurno okruženje za izvođenje mjerenja.
 - Tumačenje tehničke dokumentacije
 - Pripremiti potrebne mjerne instrumente.
2. Izvođenje simulacije
 - Mjerenje nagiba krova ili tla pomoću inclinometra.
 - Analiziranje uticaja okolnih objekata (drveće, zgrade, dimnjaci) na efikasnost sistema
 - Koristiti kompas za utvrđivanje orijentacije prema jugu.
 - Uporediti dobijene podatke sa tehničkim smjernicama za optimalnu proizvodnju energije.

Završna provjera

- Uporediti izmjerene vrijednosti s preporučenim parametrima za solarnu instalaciju.
- Diskutovati o mogućim izazovima u mjerenju i prijedlozima za poboljšanje.



PRAKTIČNA VJEŽBA

Zadatak 2: Priprema montažne opreme i alata

Pravilno organizovanje potrebnog materijala i postavljanje sigurnosnih mjera prije montaže solarnih panela.

Materijal i alat

- Set alata za montažu (ključ, odvijač, bušilica)
- Zaštitna oprema (rukavice, kaciga, sigurnosni pojas)
- Signalizacija za obezbjeđenje radnog prostora
- Elementi montažne konstrukcije

Postupak

1. Priprema radnog prostora
 - Osigurati da su svi materijali i alati dostupni i organizovani.
 - Provjeriti sigurnosne mjere na radnoj lokaciji (zaštitna oprema, barijere, signalizacija).
2. Izvođenje simulacije
 - Rasporediti i organizovati materijale prema fazama montaže.
 - Provjeriti ispravnost montažne opreme i sigurnosnih sistema.
 - Postaviti privremene zaštitne mjere prije početka radova.

Završna provjera

- Provjeriti da li su oprema i alati pravilno pripremljeni.
- Diskutovati o mogućim poboljšanjima u organizaciji montažnih radova.

5.2. Montaža nosećih konstrukcija i fotonaponskih panela

Montaža nosećih konstrukcija i fotonaponskih panela predstavlja ključni korak u izgradnji solarnih fotonaponskih sistema. Ovaj proces uključuje odabir i pripremu lokacije, postavljanje stabilne i sigurne podloge za panele, njihovu preciznu orijentaciju i osiguravanje optimalnih performansi sistema. Pravilna instalacija konstrukcije i panela direktno utiče na dugotrajnost, sigurnost i efikasnost rada solarne elektrane.

Određivanje lokacije i priprema terena

Prije postavljanja solarnog fotonaponskog sistema, neophodno je izvršiti analizu lokacije i pripremiti teren za montažu. Ključni faktori pri odabiru lokacije uključuju insolaciju, topografiju, nagib i orijentaciju, sjenčenje te nosivost tla ili krova.

Insolacija se odnosi na količinu Sunčevog zračenja dostupnog na određenoj lokaciji tokom godine. Analizom insolacije može se procijeniti godišnja proizvodnja energije i donijeti odluka o optimalnom položaju panela.

Topografija terena igra važnu ulogu u određivanju metode postavljanja solarnih panela. Ravni tereni su poželjniji jer omogućavaju jednostavniju instalaciju i smanjuju potrebu za nivelacijom tla, dok neravni tereni zahtijevaju dodatnu obradu i prilagođavanje nosača.

Nagib i orijentacija direktno utiču na efikasnost solarne elektrane. Paneli se postavljaju tako da budu okrenuti prema jugu (na sjevernoj hemisferi) ili prema sjeveru (na južnoj hemisferi) kako bi primali maksimalno Sunčevo zračenje tokom dana. Nagib panela zavisi od geografske širine lokacije i podešava se u skladu s preporučenim vrijednostima za optimalnu proizvodnju električne energije.

Sjenčenje može značajno smanjiti efikasnost sistema. Potrebno je izbjeći prepreke koje mogu bacati sjenu na panele, poput zgrada, drveća, stubova i drugih objekata. Potrebno je i obratiti pažnju na postavljanje panela u cilju izbjegavanja međusobnog sjenčenja. Analiza sjenčenja vrši se pomoću specijalizovanog softvera ili fizičkim mjerenjima tokom različitih djelova dana i godine.

Nosivost tla ili krova mora biti procijenjena kako bi se osigurala stabilnost instalacije. Za montažu na tlu potrebno je analizirati strukturu zemljišta i odabrati odgovarajući tip temelja, dok se kod krovnih instalacija provodi procjena statike objekta kako bi se utvrdilo može li krov podnijeti dodatno opterećenje panela i nosača.

Nakon odabira lokacije, teren se priprema uklanjanjem vegetacije i nivelisanjem tla ako je potrebno. U slučaju postavljanja na krovu, provjerava se statika objekta i bira odgovarajuća konstrukcija za montažu panela. Ovi koraci osiguravaju dugotrajan, siguran i efikasan rad solarnih fotonaponskih sistema.

Nakon odabira lokacije, teren se priprema uklanjanjem vegetacije i nivelisanjem tla ako je potrebno. U slučaju postavljanja na krovu, provjerava se statika objekta i bira odgovarajuća konstrukcija za montažu panela.

Izrada temelja za noseću konstrukciju

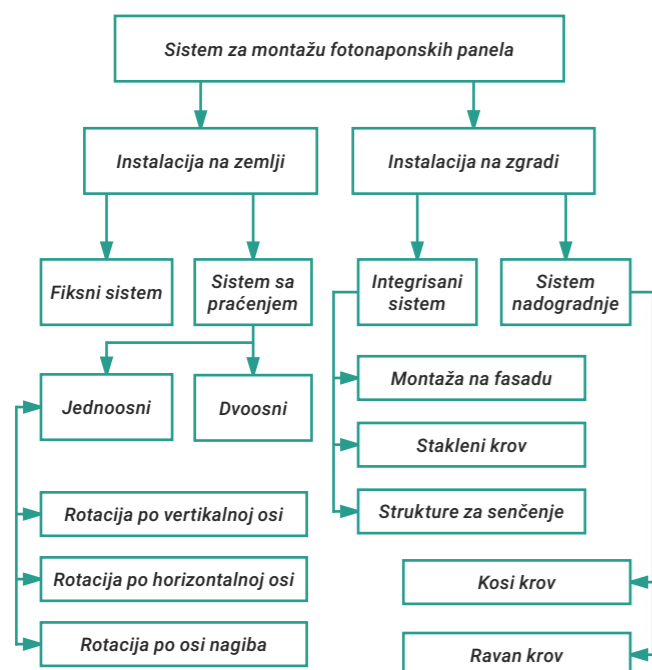
Postavljanje temelja za noseću konstrukciju zavisi od tipa terena i opterećenja koje konstrukcija treba podnijeti. Kod montaže na tlu, koriste se tri osnovna tipa temelja:

- **Betonski temelji** – najstabilnije rješenje, posebno za velike solarne elektrane. Iskopavaju se jame, u njih se postavlja armaturna mreža i izliva beton.
- **Vijčani temelji** – koriste se kod lakših konstrukcija i na područjima gdje nije poželjno raditi betonske radove.
- **Čelični stubovi utemeljeni direktno u zemlju** – postavljaju se pomoću specijalnih mašina koje omogućavaju brzo i čvrsto sidrenje.

Kod krovnih instalacija, umjesto temelja, koriste se specijalni nosači prilagođeni vrsti krova. Ravni krovovi zahtijevaju montažne konzole koje osiguravaju stabilnost i optimalan nagib panela.

Montaža noseće konstrukcije za fotonaponske panele

Noseća konstrukcija služi za fiksiranje fotonaponskih panela na krovovima ili tlu, omogućavajući optimalno pozicioniranje prema Sunčevom zračenju. Montaža se razlikuje u zavisnosti od lokacije postavljanja – na krovu ili na zemlji.



Vrste sistema za montažu fotonaponskih panela

Montiranje elemenata noseće konstrukcije za fotonaponske panele na krovu/na tlu

Montaža nosača i vodilica započinje fiksiranjem osnovne konstrukcije prema tehničkim specifikacijama projekta. Kod krovnih instalacija, prvo se postavljaju krovne kuke ili sidra, na koja se zatim pričvršćuju horizontalne i vertikalne vodilice. Vijci i stezaljke se koriste za sigurno učvršćivanje panela, uz posebnu pažnju na pravilno raspoređivanje

opterećenja kako bi se spriječila mehanička naprezanja.

Kod montaže na tlu, prvo se priprema teren i postavljaju temelji ili čelični stubovi, vrše pull out testovi, nakon čega se montiraju horizontalne i vertikalne vodilice. Paneli se pričvršćuju krajnjim i srednjim stezaljkama, dok se vijci i spojni materijal koriste za čvrsto povezivanje elemenata. Dodatno, u sistemima sa praćenjem Sunca, ugrađuju se aktuatori koji omogućavaju prilagođavanje nagiba panela tokom dana.

Nakon montaže, potrebno je provjeriti stabilnost konstrukcije, čvrstoću spojeva i otpornost na vremenske uslove prije nastavka sa postavljanjem fotonaponskih panela. Provjera stabilnosti uključuje ispitivanje čvrstoće pričvršćenja nosača i vodilica, osiguravanje da su svi vijci i spojni materijali pravilno postavljeni i zategnuti, kao i testiranje otpornosti na opterećenja poput jakih vjetrova i vibracija. Pored toga, potrebno je izvršiti završnu inspekciju konstrukcije kako bi se osiguralo da nema neželjenih pomjeranja ili deformacija koje bi mogle ugroziti dugotrajnost sistema.

Elementi noseće konstrukcije za fotonaponske panele na krovu:

- **Krovne kuke ili sidra** – pričvršćuju konstrukciju na krovnu površinu i osiguravaju stabilnost.
- **Nosači/vodilice (horizontalne i vertikalne)** – služe za postavljanje i pričvršćivanje panela na konstrukciju.
- **Krajnje stezaljke i međustezaljke** – drže panele na mjestu i osiguravaju njihovu čvrstoću.
- **Spojni materijal (vijci, šrafovi)** – koristi se za pričvršćivanje svih elemenata konstrukcije.
- **Krovni vijci za metalne krovove** – posebni vijci za sigurno pričvršćivanje nosača na metalnim krovovima.
- **Konzole za ravne krovove** – omogućavaju montažu panela pod odgovarajućim nagibom.
- **Podkonstrukcija** – dodatni elementi koji poboljšavaju stabilnost na specifičnim vrstama krovova.

Elementi noseće konstrukcije za fotonaponske panele na tlu:

- **Temelji i bazne ploče** – osiguravaju stabilnost konstrukcije na zemlji.
- **Nosači/vodilice (horizontalni i vertikalni)** – omogućavaju pričvršćivanje panela.
- **Krajnje stezaljke i srednje stezaljke** – učvršćuju panele na konstrukciju.
- **Spojni materijal (vijci, šrafovi)** – povezuje elemente konstrukcije.
- **Nagibne strukture** – podešavaju panel pod optimalnim uglom prema Suncu.
- **Sistemi za praćenje Sunca** – omogućavaju automatsko prilagođavanje panela kako bi maksimalno iskoristili Sunčevu energiju.

Orijentacija i nagib noseće konstrukcije fotonaponskih panela

Montaža noseće konstrukcije za fotonaponske panele razlikuje se u zavisnosti od lokacije – postavljanje na krovu ili na tlu zahtijeva različite pristupe i specifične metode osiguranja stabilnosti i efikasnosti sistema.

Kod montaže na krovu, konstrukcija se pričvršćuje direktno na nosivu podlogu krova pomoću krovnih kuka, sidara ili konzola. Ovi elementi omogućavaju sigurno fiksiranje panela uz minimalno narušavanje krovne konstrukcije. Na ravnim krovovima se koriste specijalni nosači sa balastom koji osiguravaju stabilnost bez potrebe za bušenjem krova. Dodatni izazovi kod krovnih instalacija uključuju nagib i statičku nosivost objekta, pa je prije postavljanja potrebno izvršiti analizu opterećenja.



Montaža na tlu ili na ravnim krovovima

Montaža panela na ravnom krovu

Kod montaže na tlu, konstrukcija se postavlja na temelje ili vijčane stubove koji omogućavaju stabilnost i dugotrajan rad sistema. Postavljanje na tlu omogućava veću fleksibilnost u pogledu orijentacije i nagiba panela, jer se nosači mogu precizno prilagoditi optimalnom uglu upada Sunčevih zraka. Dodatno, sistemi za praćenje Sunca često se integrišu sa ovakvim instalacijama kako bi se povećala proizvodnja energije.



Sistemi za postavljanje panela na vodi (plutajući sistemi)

Kod instalacija na zemlji, fotonaponski paneli mogu biti postavljeni na fiksnim sistemima, gdje su stalno pod određenim uglom, ili na sistemima sa praćenjem, koji prate kretanje Sunca radi bolje efikasnosti. Sistemi sa praćenjem mogu biti jednoosni (rotacija po vertikalnoj, horizontalnoj osi ili osi nagiba) ili dvoosni, gdje paneli prate Sunce u oba smjera, što omogućava maksimalnu proizvodnju energije.



Montaža solarnih panela na zemlji

Kod instalacija na zgradama, fotonaponski paneli mogu biti dio integrisanog sistema, gdje zamjenjuju građevinske elemente (fasade, staklene krovove), ili sistema nadogradnje, gdje se naknadno montiraju na postojeće strukture. Paneli se mogu postaviti na kose ili ravne krovove. Kod kosih krovova, paneli se pričvršćuju pomoću specijalnih nosača, koji omogućavaju sigurno postavljanje bez narušavanja krovne konstrukcije. Na ravnim krovovima, koriste se posebne konzole ili balastni nosači koji osiguravaju stabilnost bez potrebe za bušenjem krova. Paneli na ravnim krovovima mogu se postaviti pod fiksnim uglom ili sa podesivim nagibom, kako bi se optimizovala proizvodnja energije u zavisnosti od geografske lokacije.



Solarni paneli na krovovima stambenih objekata

Solarni panel montiran na ogradu balkona

Postavljanje fotonaponskih panela na ravnim krovovima i upotreba balasta

Montaža solarnih panela na ravnim krovovima sa pokrivačem od izolacionih membrana zahtijeva poseban pristup kako bi se osigurala mehanička stabilnost sistema, dugotrajnost krovne konstrukcije i optimalna proizvodnja energije. Ključni izazovi uključuju:

- **Očuvanje hidroizolacije krova** – probijanje krovne membrane može dovesti do curenja i oštećenja objekta.
- **Otpornost na vjetar i druge vremenske uticaje** – potrebno je osigurati da vjetrovi ne destabilizuju sistem.
- **Optimalni nagib panela** – kako bi se postigla maksimalna efikasnost u proizvodnji električne energije.

Upotreba balasta u montaži na ravnim krovovima

Zbog potrebe očuvanja hidroizolacije krova, montaža se vrši bez fiksnog ankerisanja, a umjesto toga koristi se balastna konstrukcija. To podrazumijeva:

- **Postavljanje betonskih kocki** kao opterećenja koje drži konstrukciju na mjestu.
- **Pravilno raspoređivanje balasta** kako bi se obezbijedila ravnomjerna nosivost i spriječilo pomjeranje panela uslijed vjetrova.
- **Upotreba montažnih sistema sa podesivim nagibom**, koji omogućavaju podešavanje panela pod optimalnim uglom za maksimizaciju proizvodnje energije.

Softverska analiza dimenzionisanja nosivosti

Prilikom projektovanja sistema koristi se softverska analiza, koja uzima u obzir sledeće parametre:

- Ruža vjetrova – analiza dominantnih pravaca i brzina vjetrova na lokaciji.
- Visina objekta – veće zgrade izložene su jačim vjetrovima i zahtijevaju dodatne mjere stabilizacije.
- Geografska lokacija – klimatski uslovi, snežne padavine i temperature utiču na izbor montažnog sistema.
- Mikroklima – specifični uslovi na krovu (vjetрови, sjenčenje, refleksija) analiziraju se kako bi se optimizovala instalacija.

Prednosti sistema sa balastom

- Minimalan uticaj na krov – ne narušava hidroizolacioni sloj.
- Fleksibilnost u instalaciji – lako se prilagođava različitim krovnim površinama.
- Brza montaža i demontaža – pogodna za privremene i dugoročne solarne instalacije.



Balastna solarna gradna konstrukcija za ravni krov

Bez obzira na lokaciju, ključni faktori koji utiču na efikasnost sistema su pravilna orijentacija i nagib konstrukcije. Orijentacija se određuje prema geografskom položaju i

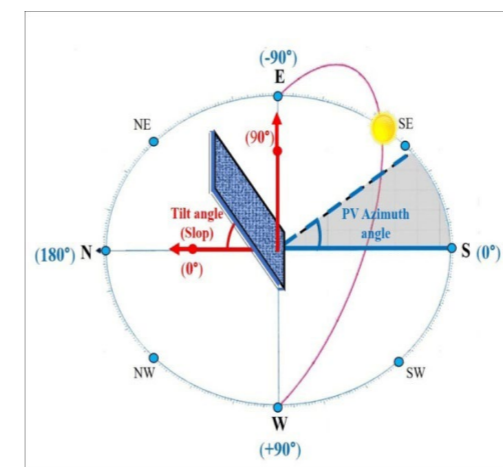
dostupnosti Sunčevog zračenja, dok se nagib prilagođava sezonskim promjenama kako bi se postigla maksimalna proizvodnja električne energije.

Za provjeru ispravnosti orijentacije i nagiba koriste se alati kao što su kompas, mjerac nagiba (inclinometar), laserski nivelir i GPS uređaj. Precizna podešavanja osiguravaju da solarni paneli rade sa maksimalnom efikasnošću i minimizuju gubitke energije uslijed nepravilne montaže.

Pravilna orijentacija i nagib solarnih panela su ključni faktori za optimizaciju njihovih performansi i maksimalno iskorišćenje Sunčeve energije. Paneli se obično postavljaju tako da budu usmjereni prema jugu (na sjevernoj hemisferi) ili prema sjeveru (na južnoj hemisferi) kako bi primali najveću količinu Sunčevog zračenja tokom dana. Nagib panela zavisi od geografske širine lokacije i optimalno se podešava kako bi se postigla maksimalna proizvodnja električne energije tokom godine.

Postupak provjere orijentacije i nagiba:

- **Određivanje pravca panela** – Koristi se kompas ili GPS uređaj kako bi se precizno odredio pravac u kojem su paneli okrenuti.
- **Mjerenje nagiba** – Nagib panela se podešava pomoću mjerača ugla, inclinometra ili nagibne libele, uz upotrebu laserskog nivelira za precizno nivelisanje konstrukcije.
- **Podešavanje nagiba** – Ako sistem omogućava promjenu ugla, nagib se može sezonski podešavati radi optimizacije proizvodnje energije u različitim periodima godine.
- **Verifikacija podešavanja** – Nakon što su paneli postavljeni, provodi se završna provjera njihove poravnatosti i stabilnosti, kako bi se osiguralo da neće doći do neželjenih pomjeranja uslijed vjetrova ili vibracija.



Idealan ugao za postavljanje solarnog panela

Ugao solarnog panela je ugao između površine panela i horizontalne ravni. Ovaj ugao utiče na količinu Sunčeve svjetlosti koju panel može da apsorbira i pretvori u električnu energiju.

Precizna podešavanja i provjera osiguravaju maksimalnu efikasnost rada sistema i minimizuju potencijalne gubitke energije uslijed nepravilne orijentacije ili nagiba.

Kako bi solarni paneli radili sa maksimalnom efikasnošću, potrebno je precizno postaviti njihovu orijentaciju i nagib. Za provjeru se koriste različiti alati:

- Kompas – određuje pravac u kojem su paneli okrenuti.
- Mjerač ugla i inclinometar – mjere tačan nagib panela.



Mjerač ugla i inclinometar

- Libela i nagibna libela – omogućavaju precizno nivelisanje panela.
- GPS uređaj – koristi se za precizno određivanje položaja.
- Laserski nivelir – osigurava tačno poravnanje nosača i panela.

Nakon postavljanja nosača, paneli se postavljaju na strukturu i pričvršćuju prema tehničkoj dokumentaciji. Potrebno je osigurati da su svi paneli pravilno poravnati kako bi se izbjeglo nepotrebno sjenčenje i gubitak energije. Ovim postupcima se osigurava pravilna montaža i stabilan rad solarnih fotonaponskih sistema, što omogućava dug vijek trajanja i visoku efikasnost.

Pravilno polaganje i provlačenje DC kablova prilikom povezivanja fotonaponskih panela

Pravilno polaganje i provlačenje DC (jednosmjernih) kablova ključno je za sigurnost, efikasnost i dugotrajnost solarnih fotonaponskih sistema. Ovaj proces osigurava stabilan prenos električne energije od solarnih panela do ostalih komponenti sistema, minimizuje gubitke i sprječava potencijalne kvarove ili opasnosti od požara.

Osnovna pravila pri polaganju i povezivanju DC kablova

• Odabir odgovarajućeg tipa kablova

DC kablovi koji povezuju fotonaponske panele moraju biti otporni na UV zračenje, vlagu, temperaturne promjene i mehanička opterećenja. Najčešće se koriste solarno sertifikovani kablovi (FN kablovi) koji imaju posebnu izolaciju otpornu na vanjske uticaje.



Primjeri fotonaponskih kablova

• Pravilno dimenzionisanje kablova

Kablovi moraju imati odgovarajući poprečni presjek kako bi se smanjili gubici snage i osigurala odgovarajuća nosivost struje. Veći presjek smanjuje otpor i zagrijavanje kablova, što je posebno važno kod dužih trasa kablova.

• Način polaganja kablova

- » Unutar solarne konstrukcije – kablovi se provlače kroz specijalne nosače, kablovske kanale ili zaštitne cijevi kako bi se izbjegla mehanička oštećenja.
- » Na krovu ili zemlji – kablovi se pričvršćuju specijalnim UV-otpornim vezicama ili se provlače kroz fleksibilne zaštitne cijevi kako bi se spriječilo habanje.
- » Ispod zemlje – kablovi se polažu u zaštićene cijevi koje osiguravaju zaštitu od vlage i mehaničkih oštećenja.

• Pravilno povezivanje kablova i konektora

- » Korištenje odgovarajućih MC4 konektora osigurava siguran i vodootporan spoj između panela i drugih komponenti.



Primjeri konektora za fotonaponske kablove

- » Prilikom povezivanja vodi se računa o polaritetu – pozitivni (+) i negativni (-) polovi moraju biti pravilno spojeni kako bi se izbjegli kratki spojevi ili smanjenje xefikasnosti sistema.
- » Konektori moraju biti čvrsto spojeni i izolovani kako bi se spriječila oksidacija kontakata.

• Minimizacija petlji i ukrštanja kablova

- » DC kablovi trebaju biti postavljeni tako da ne formiraju nepotrebne petlje koje mogu uzrokovati elektromagnetne smetnje ili indukovane napone.
- » Kablovi se ne smiju ukrštati sa AC kablovima kako bi se spriječile interferencije i potencijalne sigurnosne prijetnje.

• Zaštita kablova i konektora

- » Kablovi ne smiju biti izloženi direktnom kontaktu sa oštrim ivicama ili metalnim djelovima konstrukcije, jer može doći do oštećenja izolacije.
- » Kablove je potrebno pravilno pričvrstiti pomoću UV-otpornih vezica ili nosača, uz osiguranje da nisu previše stegnuti kako ne bi došlo do pucanja izolacije.

- Označavanje i testiranje kablova

- » Svi kablovi treba da budu jasno označeni prema tehničkoj dokumentaciji kako bi se olakšalo održavanje i dijagnostika sistema.
- » Nakon polaganja i povezivanja, potrebno je izvršiti mjerenje kontinuiteta i izolacije pomoću multimetra kako bi se osiguralo da nema prekida u vodovima i da su spojevi ispravni.

Pravilnim polaganjem i provlačenjem DC kablova osigurava se dugotrajan, siguran i efikasan rad solarnih fotonaponskih sistema, uz smanjenje rizika od kvarova i gubitaka energije.



VIDEO

Postupak krovne montaže noseće konstrukcije i solarnih panela

<https://www.youtube.com/watch?v=X51ZnslbWNY>



PRAKTIČNA VJEŽBA

Zadatak 1: Montiranje fotonaponskih panela na noseću konstrukciju, uz provjeru njihove poravnatosti i stabilnosti

Izvrši montažu fotonaponskih panela na pripremljenu noseću konstrukciju i provjeri njihovu poravnatost i stabilnost. Pravilno pričvrsti panele i koristi odgovarajuće alate za provjeru tačne pozicije i čvrstoće spojeva.

Materijal i alat:

- Fotonaponski paneli
- Noseća konstrukcija (vodilice, nosači, stezaljke, vijci)
- Krajnje i međustezaljke
- Spojni materijal (vijci, matice, podloške)
- Libela, mjerač nagiba
- Ključ za stezanje šarafa
- Zaštitna oprema (rukavice, zaštitne naočare)

Postupak:

1. Pripremi radno mjesto
 - Pregledaj tehničku dokumentaciju i plan montaže.
 - Osiguraj da je noseća konstrukcija stabilno postavljena i učvršćena.
 - Pripremi sav potreban alat i materijal.
2. Postavi fotonaponske panele
 - Postavi panele na vodilice noseće konstrukcije.
 - Koristi krajnje i međustezaljke kako bi fiksirao panele.
 - Pričvrsti stezaljke vijcima i provjeri da su svi spojevi čvrsti.
3. Provjeri orijentaciju i nagib panela
 - Koristi libelu i mjerač nagiba za provjeru tačne pozicije panela.
 - Po potrebi, prilagodi nagib panela kako bi bio u optimalnom položaju.
4. Osiguraj stabilnost panela
 - Pregledaj sve spojeve i učvršćenja.
 - Zategni sve pričvrstne elemente kako bi paneli bili otporni na vjetar i druge spoljašnje uticaje.

Završna provjera:

- Vizuelno pregledaj položaj i pričvršćenost panela.
- Provjeri sve spojeve i pričvršćenja kako bi bili sigurni i stabilni.
- Osiguraj da su paneli pravilno postavljeni i spremni za dalji rad.



PRAKTIČNA VJEŽBA

Zadatak 2: Povezivanje fotonaponskih panela, prema tehničkoj dokumentaciji, uz pravilno polaganje i provlačenje DC kablova

Izvrši povezivanje fotonaponskih panela u skladu s tehničkom dokumentacijom. Pravilno položi i provuci DC kablove, osiguraj sigurne električne spojeve i provjeri ispravnost sistema.

Materijal i alat:

- Fotonaponski paneli
- DC kablovi odgovarajuće dimenzije
- MC4 konektori
- Kablovski nosači i UV-otporne vezice
- Zaštitne cijevi za kablove
- Multimetar za mjerenje električnih parametara
- Alat za stezanje konektora
- Zaštitna oprema (rukavice, zaštitne naočare)

Postupak:

1. Planiraj povezivanje panela
 - Pregledaj tehničku dokumentaciju i shemu povezivanja.
 - Odredi tip veze – serijsku, paralelnu ili mješovitu.
 - Odaberi odgovarajuće kablove i konektore.
2. Pravilno položi i provuci kablove
 - Unutar solarne konstrukcije: provuci kablove kroz nosače i zaštitne cijevi.
 - Na krovu ili zemlji: pričvrsti kablove UV-otpornim vezicama.
 - Ispod zemlje: položi kablove u zaštitne cijevi radi zaštite od vlage i mehaničkih oštećenja.
3. Izvrši povezivanje panela
 - Poveži panele serijski ili paralelno prema tehničkoj dokumentaciji.
 - Koristi MC4 konektore za sigurno povezivanje.
 - Provjeri da su svi spojevi pravilno učvršćeni i izolovani.
4. Testiraj električne karakteristike sistema
 - Multimetrom izmjeri napon i struju kako bi se potvrdila ispravnost veze.
 - Provjeri kontinuitet spojeva i otkloni eventualne nepravilnosti.

Završna provjera:

- Pregledaj sve spojeve i kablove kako bi osigurao njihovu sigurnost i ispravnost.
- Provjeri tačnost mjerenja električnih parametara.
- Osiguraj da su svi paneli ispravno povezani i spremni za rad.

5.3. Montaža i povezivanje opreme solarnih fotonaponskih sistema

Montaža i povezivanje opreme solarnih fotonaponskih sistema ključni su koraci u procesu instalacije sistema. Ovaj segment obuhvata postavljanje noseće konstrukcije za opremu, organizaciju kablovskih instalacija te pravilnu montažu i povezivanje invertera i regulatora punjenja. Pravilna instalacija svih komponenti osigurava dugotrajan, siguran i efikasan rad sistema.

1. Montaža noseće konstrukcije za opremu

Noseće konstrukcije služe za pravilno postavljanje i fiksiranje električne opreme, omogućavajući njenu stabilnost, zaštitu i lakoću održavanja. Konstrukcije se biraju u zavisnosti od vrste opreme, dostupnog prostora i uslova instalacije. Postoje različite vrste nosača koji se koriste u solarnim fotonaponskim sistemima:

Zidni nosači

Zidni nosači se koriste za montažu invertera, regulatora punjenja i razvodnih ormara unutar objekata ili na spoljnim zidovima. Izrađeni su od čelika ili aluminijuma i dizajnirani tako da omogućavaju čvrsto i sigurno pričvršćivanje opreme.

Postupak montaže zidnih nosača uključuje:

- **Određivanje pozicije** – Mjesto montaže određuje se prema tehničkoj dokumentaciji i dostupnom prostoru.
- **Označavanje tačaka za bušenje** – Na zidu se označavaju tačke na kojima će se pričvrstiti nosači.
- **Bušenje rupa i postavljanje anker šarafa ili tipli** – Obezbeđuje se stabilnost nosača.
- **Fiksiranje nosača i provjera stabilnosti** – Nakon postavljanja nosača, provjerava se njihova čvrstoća prije montiranja opreme.

Podni nosači (samostojeće konstrukcije)

Podni nosači se koriste kada nije moguće montirati opremu na zid. Oni omogućavaju fleksibilno postavljanje uređaja i bolju organizaciju sistema.

Postavljanje podnih nosača uključuje:

- Odabir lokacije i priprema terena – Površina mora biti ravna i stabilna.
- Postavljanje metalnih nosača – Fiksiraju se pomoću anker šarafa ili betonskih temelja.
- Provjera stabilnosti – Nakon pričvršćivanja provjerava se stabilnost i otpornost na vibracije.

Šinska montaža

Šinska montaža podrazumijeva upotrebu aluminijumskih ili čeličnih šina koje omogućavaju modularno postavljanje više uređaja na istu konstrukciju.

Koraci montaže uključuju:

- Fiksiranje šina na zid ili podnu konstrukciju pomoću posebnih pričvršćivača.
- Postavljanje uređaja pomoću stezaljki – Omogućava lako pomjeranje i prilagođavanje rasporeda.
- Osiguravanje pravilnog razmaka i provjera stabilnosti – Šinska montaža olakšava organizaciju prostora i buduće održavanje sistema.

Ormari za opremu

Ormari za električnu opremu štite uređaje od prašine, vlage i mehaničkih oštećenja. Postavljaju se na zidne ili podne nosače, pri čemu je važno osigurati dobru ventilaciju.

Postupak uključuje:

- Priprema mjesta montaže i fiksiranje ormara.
- Provlačenje kablova kroz predviđene otvore radi urednosti instalacije.
- Postavljanje vrata i zaštitnih poklopaca radi zaštite opreme.

Kablovska konstrukcija

Kablovska konstrukcija osigurava pravilno polaganje i zaštitu kablova u sistemu. Koriste se različite vrste kablovskih nosača:

- Kablovske police i regali – Organizuju kablove unutar tehničkih prostorija, omogućavajući jasan pregled i lak pristup.
- Kablovski kanali i kanalice – Štite kablove u zatvorenim prostorima, smanjujući rizik od mehaničkih oštećenja.
- Kablovske cijevi – Pružaju dodatnu mehaničku zaštitu kablova, naročito kod podzemnih instalacija.
- Kablovski nosači – Omogućavaju sigurno pričvršćivanje kablova na konstrukciju, sprečavajući njihovo ispadanje ili oštećenje.
- Kablovski rovovi – Koriste se za zaštitu kablova ispod zemlje, posebno u industrijskim postrojenjima ili na većim solarnim elektranama.



Prikaz sistema regalnih razvoda

Način vođenja instalacionih kablova po ravnom krovu sa preprekama na pravcu trase

Montaža i povezivanje invertera i regulatora punjenja

Montaža invertera

Inverteri omogućavaju konverziju jednosmjerne struje (DC) u naizmjeničnu struju (AC), što je ključno za napajanje uređaja priključenih na elektrodistributivnu mrežu ili kućnu instalaciju. Pravilna instalacija osigurava njihovu efikasnost, dug vijek trajanja i sigurnost sistema. Inverteri se moraju postaviti na dobro provjetreno mjesto, zaštićeno od direktnog izlaganja Suncu i vlage, kako bi se spriječilo pregrijavanje. Nakon fiksiranja na zidni nosač ili podnu konstrukciju, pristupa se povezivanju sa DC kablovima iz solarnih panela i AC kablovima koji vode ka razvodnom ormaru. Važno je osigurati pravilnu polarizaciju i adekvatno uzemljenje kako bi se spriječili gubici energije i električni kvarovi. Na kraju, inverter se testira kako bi se osigurala ispravna konverzija i distribucija energije u sistemu.

Montaža regulatora punjenja

Regulator punjenja kontrolira proces punjenja baterija i sprječava prekomjerno punjenje ili pražnjenje. Pravilna montaža je ključna za efikasan i siguran rad sistema.

Postupak montaže uključuje:

- Odabir lokacije – Regulator punjenja treba postaviti blizu baterijskog sistema kako bi se smanjili gubici energije.
- Fiksiranje na nosač ili unutar ormara – Regulator se pričvršćuje pomoću montažnih šarafa ili šinskih sistema, zavisno od modela i tehničkih zahtjeva.
- Povezivanje sa solarnim panelima – DC kablovi iz solarnih panela se pravilno povezuju prema polaritetu kako bi se osigurao pravilan protok energije.
- Povezivanje sa baterijama – Priključivanje na baterijski sistem vrši se prema specifikacijama proizvođača kako bi se optimizovao proces punjenja i pražnjenja.
- Provjera spojeva i osiguranje zaštite kablova – Korištenjem izolacionih materijala i zaštitnih kanala osigurava se sigurno funkcionisanje sistema.

- Testiranje i provjera rada regulatora – Nakon završetka instalacije, regulator se testira kako bi se osiguralo ispravno funkcionisanje punjenja i zaštita baterija.

Povezivanje montirane opreme solarnih fotonaponskih sistema

Povezivanje montirane opreme solarnih fotonaponskih sistema zahtijeva upotrebu specijaliziranog materijala i alata kako bi se osigurao siguran i efikasan rad sistema. Pravilno povezivanje svih elemenata smanjuje gubitke energije, osigurava stabilnost sistema i doprinosi njegovom dugotrajnom radu.

Materijal i oprema za povezivanje sistema:

- DC i AC kablovi – Korišćeni za povezivanje solarnih panela, regulatora punjenja, baterijskog sistema i invertera.
- MC4 konektori – Specijalni konektori za sigurno spajanje solarnih panela i regulatora.
- Osigurači i zaštitni prekidači – Štite sistem od preopterećenja i kratkih spojeva.
- Uzemljivačke šipke i bakreni provodnici – Osiguravaju zaštitu od prenapona i električnih udara.
- Kablovski nosači i zaštitne cijevi – Služe za organizaciju i zaštitu kablova.
- Termovizijska kamera (opcionarno) – Koristi se za provjeru pregrijavanja spojeva.
- Izolacione rukavice i zaštitna oprema – Neophodne za siguran rad s električnim instalacijama.

Potreban alat:

- Multimetar – Za mjerenje napona i provjeru ispravnosti spojeva.
- Kliješta za MC4 konektore – Omogućavaju precizno povezivanje solarnih kablova.
- Kliješta za skidanje izolacije – Olakšavaju pripremu kablova za spajanje.
- Izolacioni odvijači i set nasadnih ključeva – Neophodni za pričvršćivanje konektora i osigurača.
- Mjerač otpora uzemljenja – Koristi se za provjeru ispravnosti uzemljivačkog sistema.

Nakon što su sve komponente solarnih fotonaponskih sistema pravilno montirane, pristupa se procesu povezivanja. Svaka veza mora biti izvedena precizno i u skladu sa tehničkom dokumentacijom kako bi se osigurala efikasnost, sigurnost i pouzdanost sistema. Povezivanje opreme zahtijeva pažljivo rukovanje električnim spojevima, upotrebu adekvatnog alata i pridržavanje propisanih sigurnosnih mjera.

Povezivanje solarnih panela sa inverterom

Prvi korak u povezivanju montirane opreme jeste uspostavljanje veze između solarnih panela i invertera. Solarni paneli generišu jednosmjernu (DC) struju koja se mora prenijeti do invertera radi konverzije u naizmjeničnu (AC) struju.

Postupak povezivanja uključuje:

- Provjeru polariteta kablova – DC kablovi se moraju ispravno povezati, pri čemu se crveni kabl (pozitivni pol) i crni kabl (negativni pol) pravilno usmjeravaju prema odgovarajućim priključcima na inverteru.
- Korištenje solarnih MC4 konektora – Kablovi se spajaju pomoću specijalizovanih MC4 konektora koji omogućavaju siguran i pouzdan spoj bez gubitaka energije.
- Zaštita kablova i organizacija ožičenja – DC kablovi se provlače kroz zaštitne cijevi kako bi se spriječilo mehaničko oštećenje, a zatim pričvršćuju vezicama duž konstrukcije.
- Mjerenje napona prije povezivanja – Upotrebom multimetra provjerava se napon DC spojeva kako bi se osigurala ispravnost prije spajanja sa inverterom.

Integracija baterijskog sistema sa regulatorom punjenja

Baterijski sistem omogućava skladištenje viška proizvedene energije, čime se osigurava napajanje u periodima kada nema Sunčevog zračenja. Regulator punjenja upravlja procesom punjenja i pražnjenja baterija, sprječavajući njihovo prekomjerno punjenje ili duboko pražnjenje.

Postupak povezivanja uključuje:

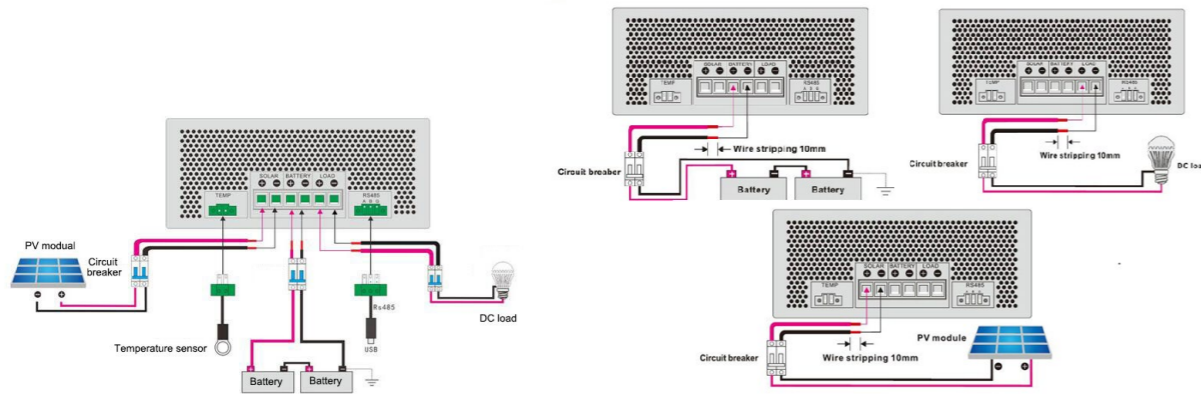
- Povezivanje baterijskog paketa sa regulatorom punjenja – DC kablovi se pravilno povezuju prema označenim priključcima na regulatoru, vodeći računa o polaritetu.
- Postavljanje osigurača između regulatora i baterije – Instalacija zaštitnog osigurača štiti baterijski sistem od preopterećenja i kratkog spoja.
- Uspostavljanje veze između regulatora punjenja i solarnih panela – Ova veza omogućava dopremu energije iz solarnih panela ka baterijama uz automatsku regulaciju napona.
- Mjerenje struje i napona baterija – Upotrebom multimetra provjerava se da li sistem funkcioniše u predviđenim granicama.

Povezivanje invertera sa razvodnim ormarom

Inverter konvertuje jednosmjernu struju (DC) u naizmjeničnu struju (AC), koja se zatim distribuira kroz sistem pomoću razvodnog ormara. Ovo povezivanje je ključno za integraciju fotonaponskog sistema sa potrošačima ili elektrodistributivnom mrežom.

Postupak povezivanja uključuje:

- Povezivanje AC kablova iz invertera u razvodni ormar – Naponski vodovi (L, N i PE) povezuju se prema označenim priključcima u skladu sa elektroinstalacionim standardima.
- Ugradnja zaštitnih prekidača i osigurača – U razvodni ormar se ugrađuju automatski osigurači koji štite sistem od preopterećenja i kratkih spojeva.
- Provjera veze sa potrošačima – Testira se ispravnost povezivanja kako bi se osigurao stabilan napon za priključene uređaje.



Spajanje invertera sa odgovarajućim komponentama



VIDEO

Povezivanje elemenata hibridnog solarnog sistema (korak po korak)

<https://www.youtube.com/watch?v=cCH4IEs1Vzc>

Postupak montaže i povezivanja solarnih fotonaponskih panela

<https://www.youtube.com/watch?v=oeFeP0JU28w>

Priključivanje uzemljenja i zaštitnih sistema

Sistem uzemljenja osigurava sigurnost solarnog fotonaponskog sistema smanjujući rizik od strujnog udara i atmosferskih pražnjenja. Sve komponente sistema moraju biti povezane sa tačkom uzemljenja kako bi se omogućio siguran rad.

Postupak priključivanja uključuje:

- Povezivanje uzemljenja solarnih panela, invertera i razvodnog ormara – Pomoću bakarnih kablova i uzemljivačkih šipki osigurava se odvođenje viška struje u zemlju.
- Ugradnja gromobranske zaštite – Na objektima gdje postoji veća opasnost od udara groma, instalira se gromobranski sistem sa odvodnim vodovima.
- Mjerenje otpora uzemljenja – Koristi se mjerni instrument za provjeru ispravnosti uzemljivačkog sistema.

Testiranje ispravnosti sistema

Nakon što su svi elementi sistema povezani, neophodno je izvršiti testiranje kako bi se osiguralo da solarna fotonaponska elektrana funkcioniše ispravno i sigurno.

Postupak testiranja uključuje:

- Mjerenje napona i struje u ključnim tačkama sistema – Multimetrom i ampermetrom provjeravaju se parametri sistema.
- Provjera rada invertera i baterijskog sistema – Simulacijom različitih opterećenja provjerava se ispravan rad pretvarača i baterija.
- Funkcionalno ispitivanje zaštitnih prekidača i osigurača – Testira se njihova reakcija na preopterećenje i kratke spojeve kao i ispitivanje podešenosti relejne zaštite (podnaponska, prenaponska, podfrekventna, nadfrekventna)

Povezivanje montirane opreme solarnih fotonaponskih sistema zahtijeva preciznost, sigurnosne mjere i tehničko poznavanje sistema. Svaki korak, od povezivanja solarnih panela do testiranja ispravnosti sistema, mora biti izveden u skladu sa tehničkim propisima kako bi se osigurao pouzdan i efikasan rad elektrane.



KVIZ

Kviz 7: Montaža i povezivanje opreme solarnih fotonaponskih sistema

<https://forms.office.com/e/g1CTChgFNp>



PRAKTIČNA VJEŽBA

Zadatak 1: Montiranje invertera na noseću konstrukciju i povezivanje sa solarnim panelima

Izvršiti pravilno postavljanje invertera na noseću konstrukciju i povezati ga sa solarnim panelima prema tehničkoj dokumentaciji.

Materijal i alat:

- Inverter
- Nosači za zidnu ili podnu montažu
- DC kablovi sa MC4 konektorima
- Kliješta za MC4 konektore
- Set izolovanih odvijača i ključeva
- Multimetar
- Zaštitna oprema

Postupak:

1. Odaberi odgovarajuću lokaciju za montažu invertera, vodeći računa o ventilaciji i zaštiti od vlage.
2. Označi i izbuši rupe za pričvršćivanje nosača na zidnu ili podnu površinu.
3. Pričvrsti inverter na nosače pomoću šarafa i osiguraj njegovu stabilnost.
4. Poveži DC kablove sa solarnim panelima, vodeći računa o ispravnoj polarizaciji.
5. Provjeri naponske vrijednosti pomoću multimetra prije konačnog povezivanja invertera.
6. Osiguraj pravilno uzemljenje invertera i provjeri da li je montaža izvedena prema sigurnosnim propisima.

Završna provjera:

- Vizuelno pregledaj sve spojeve.
- Testiraj funkcionalnost invertera.
- Dokumentuj izmjerene naponske vrijednosti i evidentiraj eventualne nepravilnosti.



PRAKTIČNA VJEŽBA

Zadatak 2: Montiranje regulatora punjenja i povezivanje sa baterijskim sistemom

Izvršiti montažu regulatora punjenja i povezati ga sa solarnim panelima i baterijskim sistemom, uz provjeru ispravnosti rada.

Materijal i alat:

- Regulator punjenja
- Zidni nosač
- DC kablovi
- Set odvijača i kliješta
- Multimetar
- Osigurači
- Zaštitna oprema

Postupak:

1. Odredi lokaciju za montažu regulatora punjenja, vodeći računa o zaštiti od vlage i temperaturi okoline.
2. Postavi regulator na zidni nosač i pričvrsti ga pomoću odgovarajućih šarafa.
3. Poveži solarne panele sa regulatorom punjenja koristeći odgovarajuće konektore.
4. Prikluči baterijski sistem na regulator punjenja, vodeći računa o ispravnoj polarizaciji.
5. Ugradi osigurače između regulatora i baterije radi zaštite od preopterećenja.
6. Izmjeri napon i struju sistema kako bi se provjerila pravilnost rada.

Završna provjera:

- Pregledaj sve spojeve i osigurače.
- Provjeri da li se baterije pravilno pune.
- Dokumentuj očitane vrijednosti napona i struje.

5.4. Odabir zaštitnih sredstava i opreme za radove na montiranju i demontiranju elemenata solarne elektrane

U prethodnim poglavljima priručnika obrađeni su alati, oprema i uređaji koji se koriste u izgradnji i održavanju solarnih elektrana, kao i osnovna zaštitna oprema za rad u elektroenergetskim postrojenjima. U ovom poglavlju fokus je na specifičnoj zaštitnoj opremi i mjerama koje se primjenjuju prilikom montiranja elemenata solarnih fotonaponskih elektrana.

Radovi na montiranju i demontiranju elemenata solarne elektrane spadaju u visokorizične zadatke koji zahtijevaju primjenu adekvatnih zaštitnih sredstava i opreme. Ovi radovi često uključuju rad na visini, rukovanje teškim komponentama, izlaganje elektroenergetskim instalacijama i nepovoljnim vremenskim uslovima, pa je neophodno da svi radnici koriste odgovarajuću ličnu i kolektivnu zaštitu.

Lična zaštitna oprema (LZO)

Lična zaštitna oprema štiti radnike od potencijalnih opasnosti i obavezna je za sve koji učestvuju u montaži i demontaži elemenata solarnih fotonaponskih elektrana. Oprema uključuje:

- **Zaštitnu kacigu** – Štiti glavu od udaraca, padajućih predmeta i električnih udara. Kaciga mora imati sigurnosni remen kako bi bila stabilna tokom rada na visini.
- **Sigurnosni pojas i užad za vezivanje (sistem za rad na visini)** – Svi radnici koji rade na krovu moraju koristiti sigurnosne pojaseve sa apsorberima energije, kao i užad za vezivanje pričvršćena za fiksne tačke.
- **Zaštitne rukavice** – Moraju biti otporne na habanje i mehaničke povrede, a za rad sa elektroenergetskim komponentama koriste se dielektrične rukavice koje sprečavaju strujni udar.
- **Zaštitna odjeća i obuća** – Radnici moraju nositi antistatičku i vatrootpornu odjeću otpornu na vremenske uslove. Obuća treba imati zaštitne kape na prstima i protivklizne đonove.
- **Zaštita sluha i vida** – U zavisnosti od radnog okruženja koriste se antifoni (zaštita od buke) i zaštitne naočale za sprečavanje prodora prašine, metalnih čestica i vjetra u oči.
- **Respiratorna zaštita** – Kada se radi sa hemijskim sredstvima, poput sredstava za zaštitu od korozije ili boja za metalne djelove, koriste se maske sa filterima protiv isparavanja.

OBAVEZNA ZAŠTITNA OPREMA							
Šlem	Radno odijelo	Zaštitna obuća	Zaštitne rukavice	Zaštitne naočare	Zaštitni antifon	Respirator	Plut. prsluk
							

Kolektivna zaštitna oprema

Osim lične zaštite, na gradilištu solarne elektrane postavljaju se i kolektivna zaštitna sredstva koja smanjuju rizike za sve radnike.

- **Sigurnosne barijere i zaštitne mreže** – Postavljaju se oko kritičnih zona kako bi se spriječili padovi alata i materijala sa visine.
- **Sistemi za zaštitu od udara groma** – Ugradnja solarnih panela uključuje rad sa metalnim komponentama na otvorenom prostoru, pa se posebna pažnja posvećuje zaštiti od udara groma kroz uzemljene strukture i odvodnike prenapona.
- **Signalizacija i označavanje radnih zona** – Obeležavanje opasnih područja reflektujućim trakama i sigurnosnim znakovima smanjuje rizik od nesreća i sudara sa teškom opremom.
- **Pomoćni sistemi za podizanje i manipulaciju teretima** – Uključuju dizalice, vitla, kranove i specijalizovane sisteme za transport teških komponenti, kako bi se smanjio fizički napor radnika i rizik od povreda.

Električna zaštitna oprema

S obzirom da solarne elektrane uključuju rad sa elektroenergetskim komponentama, posebna pažnja se posvećuje zaštiti od električnog udara i ispravnom rukovanju visokim naponima.

- **Dielektrične rukavice i obuća** – Osiguravaju zaštitu pri radu sa kablovima, razvodnim ormarima i elektroinstalacijama.
- **Ispravljači napona i izolacione podloge** – Koriste se prilikom testiranja i povezivanja električnih uređaja kako bi se spriječio direktni kontakt sa opasnim naponima.
- **Alati sa izolovanim drškama** – Svaki alat koji se koristi za spajanje i održavanje električnih instalacija mora biti izolovan i usklađen sa standardima zaštite od strujnog udara.
- **Tester napona i zaštitni prekidači** – Omogućavaju bezbjedno provjeravanje napona prije rada na električnim komponentama.

Procedura provjere i korišćenja zaštitne opreme

Prije početka bilo kakvih radova na montiranju ili demontiranju elemenata solarne elektrane, vrši se inspekcija zaštitne opreme i obavezna obuka radnika. Ključne procedure uključuju:

- **Provjeru lične zaštitne opreme** – Svi radnici moraju provjeriti ispravnost svojih kaciga, sigurnosnih pojaseva, rukavica i drugih sredstava prije ulaska u radnu zonu.
- **Provjeru električne zaštite** – Mjerenje izolacije kablova, ispitivanje uzemljenja i verifikacija sistema za zaštitu od prenapona obavljaju se prije radna elektroenergetskim instalacijama.
- **Testiranje sigurnosnih sistema za rad na visini** – Užad i sigurnosni sistemi se redovno testiraju na nosivost i otpornost kako bi se osiguralo da mogu izdržati dinamička

opterećenja tokom rada.

- **Uvođenje standardnih operativnih procedura (SOP)** – Radnici moraju slijediti definisane procedure za bezbjedno rukovanje opremom, uključujući pravila zaključavanja i označavanja (LOTO – Lockout/Tagout) kako bi se spriječili nenamjerni startovi sistema.

Hitne mjere i plan evakuacije

Pored standardne zaštitne opreme, svaki tim koji radi na montaži i demontaži solarne elektrane mora biti upoznat sa procedurama za hitne situacije.

- **Plan evakuacije iz gondole i tornja** – U slučaju požara, električnog kvara ili drugih incidenata, radnici moraju imati pristup evakuacionim putevima i sistemima za brzo spuštanje.
- **Komplet prve pomoći i AED uređaj** – Prva pomoć mora biti dostupna na licu mjesta, uključujući automatski eksterni defibrilator (AED) za hitne slučajeve srčanog zastoja.

Korišćenje adekvatne zaštitne opreme i sprovođenje sigurnosnih procedura ključno je za prevenciju nesreća i zaštitu života radnika koji rade na izgradnji, održavanju i demontaži solarnih elektrana. Implementacija ovih mjera doprinosi efikasnom i sigurnom izvođenju svih radova u okviru postrojenja.



KVIZ

KVIZ 8: Provjera znanja o zaštitnim sredstvima i opremi

<https://forms.office.com/e/Esgnr67zKf>



VJEŽBA

Lična ili kolektivna zaštitna oprema u solarnim elektranama

Zadatak: Napisati seminarski rad/PPT prezentacija o ličnoj ili kolektivnoj zaštitnoj opremi koja se koristi na gradilištima solarnih elektrana.

6. IZVOĐENJE ELEKTRIČNIH INSTALACIJA SOLARNIH FOTONAPONSKIH SISTEMA

Električne instalacije predstavljaju ključni segment solarnih fotonaponskih elektrana, omogućavajući prenos, distribuciju i sigurnost električne energije proizvedene u solarnim panelima. Pravilno projektovanje i izvođenje instalacija osigurava efikasan rad sistema, minimalne gubitke energije i zaštitu od električnih kvarova.

6.1. Elementi i način izvođenja električnih instalacija solarnih fotonaponskih sistema

Električne instalacije solarnih fotonaponskih sistema predstavljaju ključnu komponentu sistema, odgovornu za prijenos, konverziju i distribuciju električne energije. Njihova pravilna izvedba osigurava dugoročan i efikasan rad sistema, kao i sigurnost korisnika i opreme. Ova cjelina pruža osnovne informacije o vrstama električnih instalacija, kablovima, elektroinstalacionoj opremi, sistemima uzemljenja i zaštite od prenapona.

Vrste električnih instalacija solarnih fotonaponskih sistema

Električne instalacije u solarnim fotonaponskim sistemima mogu se podijeliti prema funkciji i vrsti prenosa energije:

- **DC (jednosmjerne) instalacije** – uključuju kablove, konektore, razvodne ormare i zaštitne uređaje koji omogućavaju prijenos električne energije iz solarnih panela do invertera.
- **AC (naizmjenične) instalacije** – obuhvataju opremu koja se koristi nakon pretvaranja jednosmjerne struje u naizmjeničnu i omogućava njenu distribuciju do potrošača ili elektrodistributivne mreže.
- **Instalacije uzemljenja i gromobranske zaštite** – osiguravaju sigurnost sistema, smanjujući rizik od električnih udara i štete uzrokovane prenaponima.
- **Instalacije za nadzor i upravljanje** – omogućavaju praćenje rada elektrane, evidentiranje podataka i optimizaciju performansi.

Noseće kablovske konstrukcije

Kablovske konstrukcije imaju ključnu ulogu u organizaciji i zaštiti kablova, omogućavajući efikasno polaganje i sprječavanje mehaničkih oštećenja:

- **Kablovske police** – omogućavaju organizovano vođenje kablova u tehničkim prostorijama.
- **Kablovski regali** – služe za postavljanje kablova na većim razdaljinama, omogućavajući provjetranje i lak pristup.
- **Kablovski kanali i kanalice** – pružaju dodatnu mehaničku zaštitu kablova u unutrašnjim prostorima.

- **Kablovske cijevi** – koriste se za zaštitu kablova u podzemnim instalacijama.
- **Kablovski nosači** – pričvršćuju kablove uz konstrukciju, smanjujući rizik od habanja.
- **Kablovski rovovi** – osiguravaju zaštitu kablova postavljenih u zemlji, naročito kod većih solarnih elektrana.

DC i AC kablovi u električnim instalacijama

Kablovi u solarnim fotonaponskim elektranama moraju biti otporni na visoke temperature, UV zračenje i mehanička opterećenja. Razlikuju se prema vrsti električne energije koju prenose:

- **DC kablovi** – koriste se za prenos jednosmjernu struje iz solarnih panela prema inverteru ili baterijama. Moraju imati dvostruku izolaciju i UV zaštitu.
- **AC kablovi** – koriste se za distribuciju naizmjenične struje iz invertera prema potrošačima ili elektrodistributivnoj mreži. Njihove karakteristike zavise od naponskog nivoa sistema.

Elektroinstalaciona oprema u električnim instalacijama

Elektroinstalaciona oprema koristi se za zaštitu, upravljanje i praćenje rada sistema:

- Zaštitni prekidači, 4p glavni prekidač sa motornim pogonom, rastavljači i kontaktori – omogućavaju isključenje strujnih vodova u slučaju opasnosti.
- Osigurači i prenaponske zaštite – štite sistem od kratkih spojeva i udara groma.
- Mjerni uređaji – uključuju voltmetre, ampermetre, vatmetre i brojila, koji omogućavaju nadzor rada sistema.
- Sabirnice, izolatori i priključne kleme – osiguravaju pouzdano povezivanje svih komponenti sistema.



čtetvoropolni prekidač sa motornim pogonom

Izgled različitih vrsta grebenastih sklopki

Topljivi umetci osigurača: a) osigurač tipa D, b) osigurač tipa B, c) osigurač tipa NV



Na slici prikazan je: a) Izgled automatskih instalacionih prekidača (osigurača);

b) Zaštitni uređaj diferencijalne struje (osigurača);

Izgled odvodnika prenapona: a) za kolo naizmjenične struje, b) za kolo jednosmerne struje

Elementi DC električnih instalacija

DC električne instalacije u solarnim fotonaponskim elektranama obuhvataju:

- **DC kablove i konektore** – obezbjeđuju kvalitetan prenos jednosmjerne struje iz panela.
- **DC razvodni ormar** – sadrži zaštitne sklopke, osigurače i prenaponsku zaštitu, osiguravajući sigurnost sistema.

Elementi AC električnih instalacija

AC električne instalacije uključuju:

- **AC energetske kablove** – povezuju inverter s razvodnim ormarom i elektrodistributivnom mrežom.
- **AC razvodni ormar** – obuhvata zaštitne sklopke, mjernu opremu i automatske prekidače.

Uzemljenje solarnih fotonaponskih elektrana

Sistem uzemljenja osigurava zaštitu korisnika i opreme, omogućavajući sigurno odvođenje viška struje u zemlju. Glavni elementi sistema uzemljenja su:

- **Uzemljivači** – metalne elektrode koje omogućavaju odvođenje struje u tlo.
- **Sabirnice i povezni vodovi** – osiguravaju povezivanje svih metalnih dijelova sistema sa uzemljenjem.

Gromobranska zaštita solarnih fotonaponskih elektrana

Zaštita od udara groma sprječava oštećenja sistema:

- **Hvataljke (gromobrani)** – postavljaju se na najviše tačke elektrane i preusmjeravaju elektricitet u zemlju.
- **Spustni vodovi** – povezuju hvataljke sa uzemljenjem, omogućavajući kontrolisano odvođenje elektriciteta.
- **Mjerni spojevi i spojni elementi** – koriste se za provjeru i održavanje sistema zaštite.



KVIZ

Kviz 9: Elementi i način izvođenja električnih instalacija solarnih fotonaponskih sistema

<https://forms.office.com/e/5CE9DnvvUd>

6.2. Izvođenje DC električne instalacije solarnih fotonaponskih sistema

Izvođenje DC (jednosmjerne) električne instalacije solarnih fotonaponskih sistema jedan je od ključnih koraka u implementaciji ovih sistema. DC instalacija omogućava efikasan prenos proizvedene električne energije od fotonaponskih panela do invertera i drugih potrošača. U ovom dijelu opisaćemo specifičnosti DC sistema, pravila izvođenja instalacije, izbor kablova, povezivanje komponenti i sigurnosne mjere koje se moraju poštovati.

Karakteristike DC instalacije u solarnim fotonaponskim sistemima

DC instalacija u fotonaponskim sistemima ima specifične zahtjeve zbog visokog napona i kontinuiranog protoka struje. Ključne karakteristike uključuju:

- **Visok napon (do 1000V DC u velikim sistemima)** – što zahtijeva posebnu pažnju pri izolaciji i zaštiti kablova.
- **Jednosmjerni tok struje** – koji može izazvati jače zagrijavanje i degradaciju kablova ako nisu pravilno dimenzionisani.
- **Povezivanje u seriju i paralelu** – kako bi se postigao optimalan balans između napona i struje.
- **Zaštita od obrnutih polariteta i povratne struje** – neophodno za očuvanje dugovječnosti komponenti i prevenciju kvarova.
- **Standardi i propisi** – izvođenje instalacija mora biti u skladu sa IEC 62548 standardom koji reguliše instalaciju solarnih fotonaponskih sistema.

Polaganje i zaštita DC kablova

Pravilno polaganje i zaštita DC kablova presudni su za dugotrajan i siguran rad sistema. Proces obuhvata:

- Planiranje rute kablova – od solarnih panela do razvodnog ormara i invertera, uz izbjegavanje mehaničkih oštećenja.
- Načini polaganja kablova:
 - » Unutar konstrukcije – kablovi se provlače kroz specijalne kablovske nosače ili zaštitne cijevi.
 - » Na krovu ili zemlji – pričvršćuju se UV otpornim vezicama i zaštićuju fleksibilnim cijevima.
 - » Ispod zemlje – kablovi se polažu u zaštićene cijevi kako bi se spriječila vlaga i mehanička oštećenja.



Solarni PV kabl od nerđajućeg čelika sa pletenicom protiv miševa i mrava



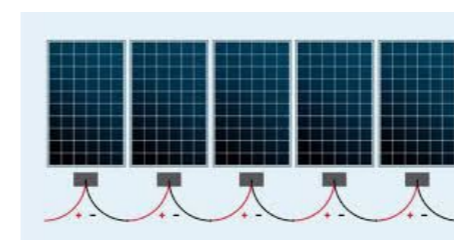
DC paralelni FN kabl

- **Upotreba solarnih MC4 konektora** – kako bi se osigurala sigurna i efikasna električna veza.
- **Zaštita od UV zračenja i mehaničkih oštećenja** – kablovi moraju biti otporni na atmosferske uticaje.

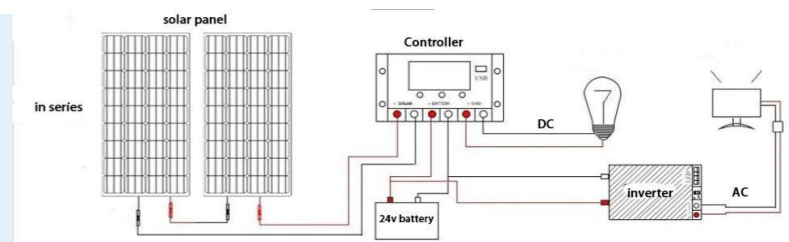
Povezivanje solarnih panela i formiranje fotonaponskih nizova

Povezivanje solarnih panela predstavlja ključni korak u izgradnji solarnih fotonaponskih sistema, jer određuje napon i struju sistema. Postoje dva osnovna načina povezivanja panela: redna (serijska) i paralelna veza, dok se u velikim sistemima često koristi kombinacija ovih metoda.

Kod serijske veze, solarni paneli se povezuju tako da se pozitivni priključak jednog panela spaja sa negativnim priključkom sljedećeg panela. Na ovaj način se povećava ukupan napon sistema, dok struja ostaje ista kao kod pojedinačnog panela. Ova metoda se najčešće koristi kako bi se postigao željeni radni napon sistema, posebno kod sistema koji napajaju mrežni inverter.

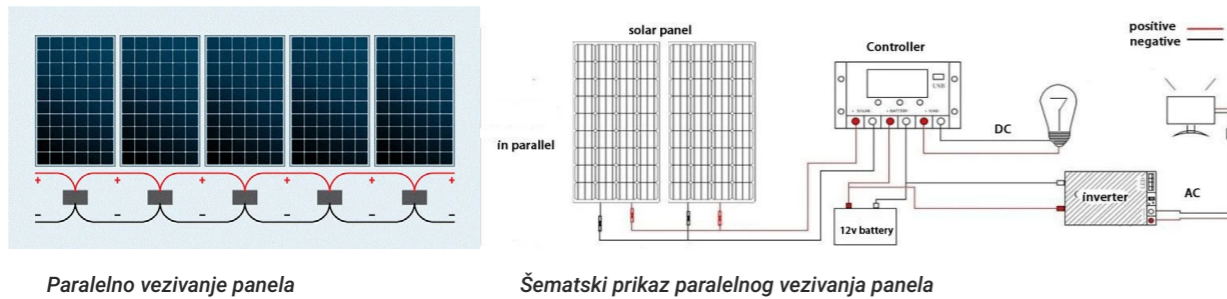


Serijsko vezivanje panela



Šematski prikaz serijskog vezivanja panela

Kod paralelne veze, svi pozitivni priključci solarnih panela povezuju se zajedno, dok se negativni priključci takođe međusobno povezuju. Ovim načinom povezivanja povećava se ukupna struja sistema, dok napon ostaje isti kao kod pojedinačnog panela. Paralelna veza se koristi kada je potrebno povećati snagu sistema uz održavanje stabilnog napona.



Za povezivanje panela neophodno je:

- Provjeriti polaritet kablova kako bi se izbjegli kratki spojevi i greške u sistemu.
- Upotrijebiti odgovarajuće kablove i MC4 konektore kako bi se osigurala kvalitetna električna veza.
- Osigurati da su svi spojevi pravilno zategnuti i zaštićeni od atmosferskih uticaja.
- Izvršiti mjerenja napona i struje prije priključivanja na razvodni ormar kako bi se osigurala ispravnost sistema.

Postupak povezivanja solarnih panela uključuje:

- **Pripremu i organizaciju kablova** – Prije povezivanja panela potrebno je osigurati da su kablovi pravilno raspoređeni i zaštićeni od oštećenja. Kablovi ne smiju biti previše zategnuti niti ostavljeni da vise, kako bi se spriječila mehanička oštećenja.
- **Upotrebu MC4 konektora** – Povezivanje solarnih panela vrši se korišćenjem specijalizovanih MC4 konektora koji omogućavaju sigurne, vodootporne i trajne spojeve. Ovi konektori omogućavaju jednostavno spajanje i razdvajanje panela bez dodatnog alata.
- **Osiguravanje vodootpornosti i otpornosti na UV zračenje** – Svi kablovi i konektori moraju biti UV otporni i postavljeni tako da budu zaštićeni od direktnog izlaganja Suncu i kiši. Korišćenje fleksibilnih zaštitnih cijevi dodatno povećava sigurnost sistema.
- **Testiranje ispravnosti veze** – Nakon što su paneli povezani u nizove, potrebno je izvršiti mjerenja napona i struje pomoću multimetra. Time se osigurava da je sistem ispravno povezan i da svi paneli funkcionišu u skladu sa tehničkim specifikacijama.

MPPT (Maximum Power Point Tracking) za optimizaciju proizvodnje energije

Maximum Power Point Tracking (MPPT) je tehnologija ugrađena u solarne invertere koja omogućava automatsko praćenje i održavanje tačke maksimalne snage solarnog fotonaponskog sistema. S obzirom na to da intenzitet Sunčevog zračenja i temperatura stalno variraju, MPPT sistem kontinuirano prilagođava napon i struju kako bi obezbijedio maksimalnu moguću efikasnost proizvodnje električne energije.

Kako funkcioniše MPPT?

MPPT kontroler prati IV karakteristiku fotonaponskih panela, odnosno odnos između struje (I) i napona (V), kako bi pronašao optimalnu radnu tačku na kojoj solarni paneli

isporučuju najveću moguću snagu. Ovaj proces uključuje:

- Kontinuirano prilagođavanje radnog napona panela u realnom vremenu,
- Praćenje promjena vremenskih uslova i automatsko optimizovanje izlazne snage,
- Sprečavanje gubitaka uslijed neslaganja napona između panela i opterećenja.

Prednosti MPPT tehnologije

- Veća efikasnost sistema – MPPT omogućava povećanje proizvodnje energije za 15-30% u odnosu na sisteme bez ove tehnologije.
- Prilagođavanje vremenskim uslovima – Automatska optimizacija u uslovima smanjenog osunčanja, promjene temperature ili sjenčenja.
- Manji gubici energije – Sprečava neefikasnosti u konverziji energije između panela i invertera.
- Mogućnost kombinovanja sa optimizatorima snage – Dodatna optimizacija u slučaju različitih nivoa osunčanja pojedinačnih panela.

MPPT u povezivanju invertera i regulaciji napona

Veličina i tip invertera

Prilikom izbora invertera, ključni faktori uključuju:

- Snagu invertera – mora biti usklađena sa ukupnom snagom solarnih panela,
- Tip invertera – string inverteri, mikroinverteri ili hibridni sistemi, u zavisnosti od veličine sistema i načina povezivanja,
- Broj MPPT ulaza – inverteri sa više MPPT ulaza omogućavaju veću fleksibilnost u povezivanju stringova različite orijentacije.

Uporedna analiza tipova invertera

TIP INVERTERA	PREDNOSTI	MANE
String Inverter	Niža cijena, efikasno za velike sisteme	Manja otpornost za sijenčenje, problemi kod nejednakog osunčanja
Mikro Inverter	Optimizacija na nivou svakog panela, otpornost za sijenčenje	Skuplji sistem, zahtijeva više uređaja
Hibridni Inverter	Mogućnost skladištenja energije, viša fleksibilnost	Skuplji sistem, zahtijeva baterije za optimalnu funkciju

Opseg MPPT invertera

MPPT opseg definira minimalni i maksimalni radni napon invertera pri kojem postiže maksimalnu efikasnost. Prilikom dimenzionisanja:

- Ukupan napon stringa mora se nalaziti unutar MPPT opsega invertera,
- Voditi računa o temperaturnim varijacijama koje mogu povećati ili smanjiti napon,
- Prekoračenje MPPT opsega može dovesti do gubitaka u proizvodnji ili čak oštećenja invertera.

Ventilacija i hlađenje invertera

Efikasnost invertera zavisi i od sistema hlađenja koji sprečava pregrevanje:

- Prirodna ventilacija – pasivno hlađenje putem dizajna kućišta,
- Prisilan protok vazduha – ugrađeni ventilatori koji smanjuju radnu temperaturu,
- Ugradnja u provetrenim prostorima – preporučuje se postavljanje invertera na lokacije sa dobrim protokom vazduha kako bi se izbjegla prekomjerna toplota i smanjio rizik od smanjenja efikasnosti. U solarnim sistemima, MPPT je ključna komponenta string invertera, mikroinvertera i solarnih regulatora punjenja. Povezivanje sa inverterom se vrši na način da omogućava:
- Optimalan DC napon na ulazu invertera za maksimalnu konverziju u AC struju,
- Sprečavanje preopterećenja i oštećenja fotonaponskih modula uslijed promjena uslova rada,
- Povećanje stabilnosti rada sistema, smanjenje fluktuacija napona i povećanje energetske efikasnosti.

Korišćenjem ove metode, solarni fotonaponski sistemi mogu značajno poboljšati svoju efikasnost, smanjiti energetske gubitke i omogućiti maksimalnu iskoristivost dostupne solarne energije. Integracija MPPT kontrolera sa inverterima osigurava stabilan i pouzdan rad sistema u svim vremenskim uslovima.

Dimenzionisanje stringova i MPPT u solarnim fotonaponskim sistemima

Analiza datasheeta panela i invertera

Prilikom projektovanja solarnih fotonaponskih sistema, potrebno je razumjeti tehničke specifikacije (datasheete) fotonaponskih panela i invertera. Svaki panel i inverter ima svoje radne karakteristike koje definišu:

- Nazivni napon (V_{mp}) i struju (I_{mp}) pri maksimalnoj snazi,
- Napon otvorenog kola (V_{oc}) i struju kratkog spoja (I_{sc}),
- Temperaturne koeficijente koji definišu promjene napona u zavisnosti od temperature okoline,
- Broj MPPT ulaza i maksimalni dozvoljeni napon i struja na DC ulazu invertera.

Napon na DC strani sistema i dimenzionisanje stringova

Solarni fotonaponski sistemi obično rade sa naponom na DC strani između 600-800V, a dimenzionisanje stringova vrši se na osnovu:

- Radnih karakteristika invertera – svaki inverter ima minimalni i maksimalni napon rada (npr. 200V - 1000V) i optimalni MPPT opseg.
- Uticaja temperature – pad temperature povećava napon panela, što može dovesti do prekoračenja maksimalnog napona invertera.
- Dužine kablova i padova napona – pravilno dimenzionisani kablovi smanjuju gubitke i održavaju stabilan rad sistema.
- Kritičnih vrijednosti na -10°C – Pri niskim temperaturama napon panela može dostići kritične vrijednosti, što može dovesti do oštećenja invertera ako se broj panela u stringu ne odredi pravilno.

MPPT i važnost pravilnog određivanja broja panela u stringu

Maksimalno praćenje tačke snage (MPPT) omogućava optimizaciju rada solarnih panela. Ključno je da se broj panela u stringu dimenzioniše tako da se njihov ukupni napon u svim vremenskim uslovima nalazi unutar MPPT opsega invertera.

- Ako je napon nizak, sistem neće raditi efikasno.
- Ako je napon previsok, može doći do oštećenja invertera.

Pravilo dimenzionisanja stringova:

- Proračunati napon otvorenog kola (V_{oc}) u najnižim temperaturama (npr. -10°C) koristeći temperaturne koeficijente iz datasheeta panela.
- Osigurati da ukupan napon stringa ne premašuje maksimalni dozvoljeni napon invertera.
- Voditi računa o MPPT opsegu kako bi se obezbijedila optimalna proizvodnja energije.

Instalacija i povezivanje DC razvodnog ormara

DC razvodni ormar predstavlja ključni element u sistemu solarnih fotonaponskih elektrana, jer služi kao centralna tačka za povezivanje solarnih panela sa inverterom, omogućavajući zaštitu sistema i efikasno upravljanje protokom električne energije. Njegova pravilna montaža i povezivanje su od suštinskog značaja za siguran i pouzdan rad instalacije.

Unutar DC razvodnog ormara nalaze se sledeće komponente:

- Osigurači – štite sistem od preopterećenja i kratkih spojeva, čime se sprečava oštećenje električnih komponenti.
- DC prekidači – omogućavaju bezbjedno isključivanje sistema radi servisiranja i održavanja.

- Prenaponska zaštita – štiti sistem od udara groma i drugih prenaponskih pojava, čime se produžava vijek trajanja opreme.

Postupak montaže DC razvodnog ormara:

Odabir i priprema lokacije za montažu

- Izabrati odgovarajuću lokaciju koja je zaštićena od vlage i direktne izloženosti Sunčevoj svjetlosti.
- Obezbijediti dovoljnu ventilaciju oko ormara kako bi se sprečilo pregrijavanje unutrašnjih komponenti.
- Očistiti i pripremiti površinu na koju će se montirati ormar.

Fiksiranje razvodnog ormara

- Pomoću bušilice izbušiti otvore za tiple ili anker vijke, u zavisnosti od vrste podloge.
- Postaviti DC razvodni ormar na predviđeno mjesto i pričvrstiti ga pomoću šarafa.
- Provjeriti stabilnost i nivelaciju kako bi se osiguralo pravilno postavljanje.

Povezivanje dolaznih kablova iz solarnih panela

- Identifikovati pozitivne i negativne priključke na panelima i pravilno rasporediti kablove.
- Koristiti odgovarajuće kablove otporne na UV zračenje i temperaturne varijacije.
- Provući kablove kroz predviđene ulaze u ormaru i osigurati ih pomoću kablovskih stezaljki.
- Povezati kablove na odgovarajuće priključke osigurača i prekidača, vodeći računa o ispravnoj polarizaciji.

Ugradnja zaštitnih elemenata

- Instalirati DC osigurače i prekidače prema tehničkoj dokumentaciji.
- Postaviti prenaponsku zaštitu kako bi se smanjio rizik od udara groma i prenapona.
- Osigurati pravilno povezivanje svih zaštitnih komponenti prema šemi instalacije.

Povezivanje izlaznih kablova ka inverteru

- Pravilno identifikovati i povezati izlazne kablove prema polaritetu invertera.
- Koristiti visokokvalitetne priključne terminale kako bi se smanjili gubici energije.
- Provjeriti sve spojeve i pričvršćivanje kablova kako bi se izbjegli labavi kontakti.

Finalna provjera i testiranje

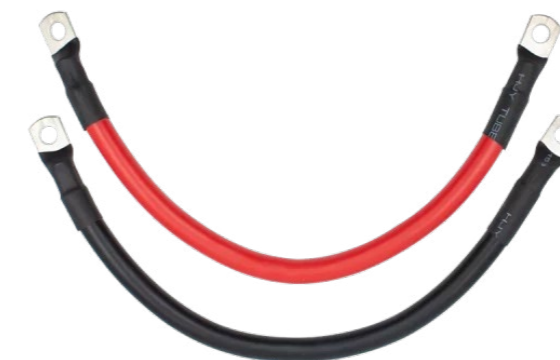
- Multimetrom provjeriti ispravnost spojeva i kontinuitet strujnog kola.
- Osigurati da su svi kablovi propisno izolovani i zaštićeni od vanjskih uticaja.
- Izvršiti probno puštanje sistema u rad i nadgledati eventualne nepravilnosti.

Pravilna montaža i povezivanje DC razvodnog ormara obezbjeđuje dugotrajan i bezbjedan rad solarnih fotonaponskih sistema, smanjujući rizik od kvarova i poboljšavajući efikasnost sistema.

Povezivanje DC instalacije sa inverterom

Povezivanje DC instalacije sa inverterom je ključan korak u integraciji solarnih fotonaponskih sistema, jer se na ovom mjestu konvertuje jednosmjerna (DC) struja proizvedena u solarnim panelima u naizmjeničnu (AC) struju pogodnu za upotrebu u mreži ili domaćinstvu. Ovaj proces zahtijeva preciznost i pažljivo pridržavanje tehničkih specifikacija kako bi se osigurala ispravnost i dugotrajnost sistema.

Prije početka povezivanja, potrebno je provjeriti tehničku dokumentaciju i osigurati da su svi spojevi pravilno dimenzionisani, a napon sistema odgovara specifikacijama invertera. Takođe, neophodno je koristiti odgovarajuće alate i zaštitnu opremu kako bi se spriječili električni udari ili kratki spojevi.



Inverterski kablovi 5AWG 16mm² komplet kablovskih terminala Bakrena solarna žica sa ušicama

Provjera tehničke dokumentacije i alata

Prije bilo kakvog povezivanja, potrebno je pregledati uputstva proizvođača invertera i tehničku dokumentaciju instalacije. Takođe, obavezno je pripremiti odgovarajući alat, uključujući:

- Multimetar za provjeru napona,
- Kliješta za sečenje i skidanje izolacije kablova,
- Ključeve i odvijače za pričvršćivanje priključaka,
- Izolacione rukavice i zaštitne naočare.

Provjera napona i polariteta kabla

Prije povezivanja kablova, koristi se multimetar za mjerenje napona dolaznih DC kablova iz razvodnog ormara. Polaritet se mora jasno označiti kako bi se spriječilo pogrešno spajanje, koje može dovesti do oštećenja invertera.

Povezivanje pozitivnog (+) i negativnog (-) kabla

- Crveni (pozitivni) kabl povezuje se na odgovarajući + priključak na inverteru.
- Crni (negativni) kabl povezuje se na - priključak invertera.
- Konektori moraju biti čvrsto pričvršćeni kako bi se spriječili gubici energije i zagrijavanje spojeva.



Solarni kabl fotonaponske žice 4mm² za PV priključke

Osiguravanje kablova i zaštita spojeva

- DC kablovi se provlače kroz odgovarajuće zaštitne cijevi ili pričvršćuju UV otpornim vezicama kako bi se spriječila mehanička oštećenja ili habanje.
- Spojevi se dodatno pričvršćuju pomoću stezaljki kako bi se spriječilo pomjeranje kablova uslijed vibracija ili vanjskih uticaja.

Provjera i testiranje sistema

- Prije puštanja u rad, još jednom se mjeri napon na priključcima invertera kako bi se osiguralo da vrijednosti odgovaraju projektovanim parametrima.
- Provjerava se da li su svi priključci pravilno zategnuti i zaštićeni.
- Nakon toga, inverter se uključuje i testira njegov rad u skladu sa procedurom proizvođača.

Dokumentovanje i finalna inspekcija

- Nakon uspješnog povezivanja, svi spojevi se dokumentuju i evidentiraju u tehničkoj dokumentaciji sistema.
- Izvodi se završni pregled cijelog DC sklopa kako bi se osiguralo da nema nepravilnosti koje bi mogle ugroziti rad ili sigurnost sistema.

Povezivanje DC instalacije sa inverterom mora biti izvedeno precizno i u skladu sa standardima kako bi se osigurala pouzdanost sistema i spriječili eventualni kvarovi. Kvalitetna instalacija i pravilno testiranje garantuju dugotrajan i efikasan rad solarnih fotonaponskih sistema.

Sigurnosni aspekti pri izvođenju DC instalacija

Prilikom izvođenja DC električne instalacije neophodno je pridržavati se sigurnosnih mjera:

- **Rad sa isključenim naponom** – DC kablovi uvijek treba da budu bez napona prije povezivanja.
- **Korišćenje zaštitne opreme** – gumene rukavice, zaštitne naočare i izolovani alati.
- **Sprječavanje pregrijavanja kablova** – pravilnim dimenzionisanjem i osiguranjem dobre ventilacije.
- **Upotreba odgovarajućih osigurača i prekidača** kako bi se izbjegle prenaponske i strujne anomalije.

Testiranje i provjera ispravnosti DC instalacije

Testiranje instalacije podrazumijeva:

- Mjerenje napona i struje pomoću multimetra.
- Provjeru ispravnosti zaštitnih elemenata kao što su osigurači i prekidači.
- Testiranje kontinuiteta spojeva kako bi se osigurao kvalitetan kontakt.
- Dokumentovanje svih mjerenja i evidentiranje eventualnih nepravilnosti.



PRAKTIČNA VJEŽBA

Zadatak 1: Povezivanje fotonaponskih panela u nizove

Poveži fotonaponske panele u serijske i paralelne nizove, uz provjeru polariteta i mjerenje napona kako bi se osigurala pravilna konfiguracija sistema.

Materijal i alat:

- Fotonaponski paneli
- DC kablovi sa MC4 konektorima
- Multimetar
- UV otporne vezice
- Izolacione rukavice

Postupak:

1. Organizuj panele prema projektnoj dokumentaciji.
2. Poveži panele u serijske nizove tako što ćeš spojiti pozitivni kraj jednog panela s negativnim krajem drugog.
3. Izvrši paralelno povezivanje tako što ćeš spojiti sve pozitivne krajeve zajedno, a zatim sve negativne.
4. Osiguraj kablove pomoću UV otpornih vezica i zaštitnih cijevi.
5. Provjeri polaritet i izmjeri napon niza koristeći multimetar.

Završna provjera:

- Provjeri čvrstoću konektora i zaštitu spojeva.
- Uporedi izmjerene vrijednosti s tehničkom dokumentacijom.



PRAKTIČNA VJEŽBA

Zadatak 2: Montaža i povezivanje DC razvodnog ormara

Montiraj i poveži DC razvodni ormar, uz pravilno postavljanje zaštitnih osigurača i prekidača prema tehničkoj dokumentaciji.

Materijal i alat:

- DC razvodni ormar
- DC kablovi
- Osigurači i prekidači
- Multimetar
- Set izolovanih ključeva
- Vijci i pričvrсни materijal

Postupak:

1. Pripremi mjesto za postavljanje razvodnog ormara i provjeri njegovu stabilnost.
2. Pričvrsti ormar na zidni nosač ili podnu konstrukciju pomoću odgovarajućih pričvrsnih elemenata.
3. Postavi i pričvrsti osigurače, DC prekidače i prenaponske zaštite.
4. Poveži dolazne kablove iz solarnih panela prema tehničkoj dokumentaciji.
5. Poveži izlazne kablove ka inverteru, vodeći računa o pravilnoj polarizaciji.

Završna provjera:

- Provjeri ispravnost svih veza i osiguraj da su konektori dobro pričvršćeni.
- Testiraj naponske vrijednosti pomoću multimetra.



PRAKTIČNA VJEŽBA

Zadatak 3: Povezivanje invertera sa DC instalacijom

Zadatak: Izvrši pravilno povezivanje invertera sa DC razvodnim ormarom, uz provjeru spojeva i mjerenje napona prije puštanja u rad.

Materijal i alat:

- Inverter
- DC kablovi
- Multimetar
- Kliješta za MC4 konektore
- Vijci i pričvrtni materijal

Postupak:

1. Pripremi inverter i odaberi odgovarajuće mjesto za njegovu montažu.
2. Pričvrsti inverter na nosač prema tehničkim specifikacijama.
3. Poveži pozitivni i negativni kabl iz DC razvodnog ormara na odgovarajuće priključke invertera.
4. Osiguraj kablove pričvršćivanjem na konstrukciju i zaštiti ih od mehaničkih oštećenja.
5. Izmjeri napon na ulaznim priključcima invertera prije puštanja u rad.

Završna provjera:

- Provjeri da li su svi spojevi ispravno izvedeni i dobro pričvršćeni.
- Potvrdi ispravnost napona na priključcima invertera prije puštanja sistema u rad.

6.3. Izvođenje AC električne instalacije solarnih fotonaponskih sistema

Izvođenje AC (naizmjenične) električne instalacije predstavlja ključni segment u instalaciji solarnih fotonaponskih sistema, jer omogućava konverziju proizvedene jednosmjerne struje (DC) u naizmjeničnu struju (AC) koja se može koristiti za napajanje potrošača ili distribuirati u elektrodistributivnu mrežu. Ovaj proces zahtijeva precizno planiranje, pravilno polaganje kablova, ugradnju zaštitnih sistema i testiranje funkcionalnosti sistema.

Namjena AC instalacije u solarnim fotonaponskim elektranama

Naizmjenična struja (AC), generisana putem invertera, mora biti efikasno prenesena i distribuirana kroz sistem do krajnjeg potrošača ili elektrodistributivne mreže. AC instalacija omogućava:

- Distribuciju energije – Prenos električne energije od invertera do priključne tačke na mrežu (PCC) ili lokalnih potrošača unutar objekta.
- Zaštitu sistema – Implementaciju sigurnosnih uređaja kao što su osigurači, prekidači i odvodnici prenapona.
- Praćenje i kontrolu – Mjerenje ključnih električnih parametara kao što su napon, struja i snaga.
- Integraciju sa mrežom – On-grid sistemi zahtijevaju pravilnu sinhronizaciju s elektrodistributivnom mrežom kako bi se omogućila stabilna isporuka električne energije.

AC instalacije moraju biti izvedene u skladu sa standardima za distribuciju naizmjenične struje, sa integriranim zaštitnim uređajima za preopterećenje, kratki spoj i druge abnormalnosti.

Elementi AC instalacija

AC instalacija se sastoji od nekoliko ključnih elemenata koji omogućavaju siguran i efikasan rad sistema:

AC kablovi i konektori

Kablovi i konektori služe za prenos električne energije od invertera do AC razvodnog ormara (AC RO) i dalje do mreže ili potrošača. Oni moraju biti pravilno dimenzionisani kako bi osigurali minimalne gubitke energije i dug vijek trajanja sistema.

Pri odabiru AC kablova važno je uzeti u obzir:

- Presjek provodnika u odnosu na snagu sistema,
- Otpornost na vanjske uticaje (UV zračenje, vlagu, mehanička oštećenja),
- Korišćenje izolovanih konektora kako bi se spriječili električni gubici i povećala sigurnost.

AC razvodni ormar (AC RO)

AC razvodni ormar služi kao centralna tačka za povezivanje invertera sa mrežom ili potrošačima. U njemu se nalaze:

- Sabirnice – Distribuiraju struju između različitih dijelova sistema.
- Osigurači – Štite sistem od preopterećenja i kratkih spojeva.
- Prekidači – Omogućavaju kontrolu i zaštitu strujnih tokova unutar sistema.
- Odvodnici prenapona – Štite sistem od oštećenja uslijed prenapona.
- Mjerni uređaji – Ampermetri, voltmetri i vatmetri za mjerenje struje, napona i snage unutar AC sistema.

Priključna tačka na mrežu (PCC)

U slučaju on-grid sistema, solarna elektrana se povezuje sa elektrodistributivnom mrežom putem priključne tačke na mrežu (PCC). Ovaj segment uključuje:

- Sinhronizaciju rada invertera sa mrežom,
- Postavljanje zaštitnih uređaja koji sprečavaju povratnu struju,
- Mjerenje parametara mreže prije priključenja kako bi se osigurala kompatibilnost sistema.

Proces izvođenja AC instalacije

Polaganje i povezivanje AC kablova

Pravilno polaganje AC kablova minimizira gubitke energije i povećava dugotrajnost sistema. Postupak obuhvata:

- Planiranje rute kablova kako bi se smanjili gubici i izbjegla preklapanja sa drugim instalacijama,
- Korišćenje odgovarajuće izolacije i zaštitnih cijevi kako bi se spriječila oštećenja,
- Fiksiranje kablova kablovskim nosačima kako bi se osigurala stabilnost instalacije.

Povezivanje invertera sa AC razvodnim ormarom

Povezivanje invertera sa AC razvodnim ormarom je ključan korak u integraciji solarne elektrane. Postupak uključuje:

- Povezivanje faznog, neutralnog i zaštitnog voda prema tehničkim specifikacijama,
- Postavljanje zaštitnih prekidača i osigurača kako bi se spriječila oštećenja sistema,
- Provjera ispravnosti priključaka prije puštanja u rad.

Instalacija i povezivanje AC razvodnog ormara

Postavljanje AC razvodnog ormara zahtijeva preciznu instalaciju kako bi se osigurala efikasna distribucija energije. Proces uključuje:

- Montažu ormara na predviđeno mjesto,
- Povezivanje svih dolaznih i odlaznih vodova,
- Testiranje ispravnosti električnih spojeva pomoću mjernih instrumenata.

Testiranje i puštanje u rad AC instalacije

Nakon završetka instalacije, neophodno je izvršiti detaljna testiranja:

- Mjerenje napona i struje na ključnim tačkama sistema,
- Simulacija rada sistema pod različitim opterećenjima,
- Provjera zaštitnih uređaja i njihove funkcionalnosti.

Sigurnosni aspekti pri izvođenju AC instalacija

Prilikom izvođenja AC električne instalacije neophodno je pridržavati se sigurnosnih mjera:

- Korišćenje zaštitne opreme – rukavice, zaštitne naočare i izolovani alati,
- Rad na isključenom sistemu – AC instalacija se povezuje dok sistem nije pod naponom,
- Provjera ispravnosti zaštitnih uređaja – svi osigurači, prekidači i odvodnici prenapona moraju biti testirani prije puštanja sistema u rad.



PRAKTIČNA VJEŽBA

Zadatak 1: Montaža i povezivanje AC razvodnog ormara

Izvrši montažu i povezivanje AC razvodnog ormara, uključujući instalaciju sabirnice, zaštitnih prekidača i mjernih uređaja, u skladu sa tehničkom dokumentacijom.

Materijal i alat:

- AC razvodni ormar
- Sabirnice
- Zaštitni prekidači (osigurači, automatski prekidači, diferencijalni prekidači)
- Mjerni uređaji (voltmetar, ampermetar, vatmetar)
- Električni kablovi
- Kliješta za kablove i čelični nosači
- Izolacioni alat
- Zaštitna oprema (rukavice, naočare)

Postupak:

1. Pripremi radno mjesto
 - Pregledaj tehničku dokumentaciju i plan montaže.
 - Osiguraj da je radna površina čista i sigurna za rad.
2. Postavi i fiksiraj AC razvodni ormar
 - Odredi tačnu poziciju montaže ormara prema tehničkom planu.
 - Pričvrsti ormar pomoću tipli i šarafa na odgovarajuću površinu.
3. Instaliraj sabirnice
 - Postavi sabirnice unutar ormara prema specifikacijama.
 - Provjeri ispravnost spojeva i osiguraj sigurno pričvršćivanje.
4. Postavi i poveži zaštitne prekidače
 - Instaliraj osigurače i automatske prekidače na predviđena mjesta.
 - Poveži ih sa sabirnicama prema tehničkoj dokumentaciji.
5. Ugradi mjerne uređaje
 - Postavi voltmetre, ampermetre i vatmetre na predviđene pozicije.
 - Poveži ih sa odgovarajućim kablovima i sabirnicama.
6. Izvrši vizuelnu i funkcionalnu provjeru
 - Provjeri sve priključke i osiguraj da su čvrsto povezani.
 - Pregledaj da li je sistem ispravno instaliran prije testiranja.

Završna provjera:

- Provjeri fizičku stabilnost ormara i komponenti.
- Pregledaj sve priključke i provjeri da li su dobro izolovani.
- Provjeri tehničku dokumentaciju i potvrdi da su sve komponente ispravno povezane



PRAKTIČNA VJEŽBA

Zadatak 2: Povezivanje invertera sa AC sistemom

Izvrši povezivanje invertera sa AC sistemom, uključujući spajanje AC kablova prema tehničkoj dokumentaciji i provjeru napona prije puštanja u rad.

Materijal i alat:

- Inverter
- AC kablovi
- Kliješta za kablove
- Multimetar za mjerenje napona
- Izolacioni alat
- Električne stezaljke
- Zaštitna oprema (rukavice, naočare)

Postupak:

1. Pripremi radno mjesto
 - Pregledaj tehničku dokumentaciju i plan povezivanja.
 - Osiguraj da su svi potrebni materijali i alati dostupni.
2. Provjeri ispravnost invertera i AC sistema
 - Osiguraj da je inverter isključen iz napajanja.
 - Provjeri napon AC instalacije koristeći multimetar.
3. Poveži AC kablove iz invertera
 - Pronađi odgovarajuće priključke za fazu (L), nulu (N) i uzemljenje (PE).
 - Poveži AC kablove prema tehničkoj dokumentaciji i osiguraj ih stezaljkama.

4. Izvrši zaštitu i organizaciju kablova

- Postavi kablove u zaštitne cijevi ili kanale kako bi se spriječila oštećenja.
- Osiguraj da su svi spojevi dobro izolovani.

5. Provjeri spoj i testiraj sistem

- Multimetrom izmjeri napon na izlazu invertera prije uključivanja.
- Simuliraj rad sistema i provjeri da li se inverter ispravno povezoao sa mrežom ili lokalnim potrošačima.

Završna provjera:

- Pregledaj sve priključke i potvrdi da su čvrsto spojeni.
- Provjeri napon i struju na priključnim tačkama invertera.
- Osiguraj da su svi kablovi pravilno postavljeni i zaštićeni od mehaničkih oštećenja.

**PRAKTIČNA VJEŽBA****Zadatak 3: Ispitivanje električne instalacije solarnih fotonaponskih sistema prema IEC 60364-6**

Testiranje električne instalacije solarnog fotonaponskog sistema u skladu sa zahtjevima standarda IEC 60364-6. Testiranje će obuhvatiti neprekidnost provodnika, polaritet, otpor izolacije, funkcionalne testove i druge ključne parametre, kako bi se osigurao ispravan rad solarnog fotonaponskog sistema.

Materijal i alat

- Multifunkcionalni tester za ispitivanje električnih instalacija (npr. Fluke 1664 FC, Megger MFT)
- Digitalni multimeter
- Kliješta za mjerenje struje
- Tester izolacije (megger)
- Šema solarnog fotonaponskog sistema sa tačkama ispitivanja
- Zaštitna oprema (rukavice, zaštitne naočale, tester napona)

Postupak

1. Ispitivanje neprekidnosti provodnika za uzemljenje i izjednačavanje potencijala
 - Provjeriti kontinuitet provodnika uzemljenja pomoću testera kontinuiteta.

- Spojiti jednu sondu testera na glavni uzemljivač, a drugu na zaštitni provodnik.
- Očitati rezultat i uporediti sa standardnim vrijednostima prema IEC 60364-6.

2. Test polariteta

- Pomoću digitalnog multimetra provjeriti da li je fazni provodnik pravilno povezan.
- Prisloniti jednu sondu na fazni provodnik, a drugu na zaštitni provodnik i provjeriti očitane vrijednosti napona.
- Ako se napon ne podudara s očekivanim, provjeriti i ispraviti povezivanje.

3. Test kombinovane kutije (string kombiner kutije)

- Provjeriti osigurače, zaštitne sklopke i priključke u kombiner kutiji.
- Izvršiti ispitivanje napona na ulaznim i izlaznim terminalima.
- Provjeriti rad zaštitnih uređaja ispitivanjem prekidača uzemljenja.

4. Ispitivanje napona otvorenog kola (Voc) ili HSA

- Odspojiti fotonaponski string od invertera.
- Pomoću multimetra mjeriti napon otvorenog kola između pozitivnog i negativnog terminala fotonaponskog stringa.
- Uporediti izmjerene vrijednosti sa očekivanim prema tehničkoj dokumentaciji panela.

5. Ispitivanje kratkog spoja (Isc) ili radne struje

- Spojiti ampermetar u strujni krug fotonaponskog stringa.
- Kratko spojiti pozitivni i negativni terminal i očitati struju kratkog spoja.
- Uporediti izmjerene vrijednosti sa podacima proizvođača.

6. Funkcionalni testovi

- Povezati fotonaponski sistem na inverter i mrežu.
- Provjeriti rad invertera pri različitim nivoima osunčanja.
- Testirati rad zaštitnih uređaja isključenjem fotonaponskog stringa.
- Provjeriti da li inverter ispravno prati MPPT tačku.

7. Ispitivanje otpora izolacije DC kola

- Isključiti inverter i fotonaponske stringove.
- Spojiti tester izolacije (megger) na DC kablove i provesti ispitivanje pri naponu od 500V ili 1000V.
- Provjeriti da li izmjerene vrijednosti zadovoljavaju minimalne zahtjeve standarda.

Završna provjera

- Uporediti sve izmjerene vrijednosti sa specifikacijama proizvođača i IEC 60364-6 standardom.
- Identifikovati eventualne greške u instalaciji.
- Dokumentovati rezultate ispitivanja u kontrolni list.

6.4. Izvođenje instalacije uzemljenja i gromobranske instalacije solarnih fotonaponskih sistema

Instalacija uzemljenja i gromobranske zaštite ključna je komponenta sigurnosnog sistema solarnih fotonaponskih sistema. Ove instalacije osiguravaju zaštitu ljudi i opreme od električnih udara i atmosferskih pražnjenja, minimizirajući rizike od kvarova i požara.

Instalacija uzemljenja

Uzemljenje u solarnim fotonaponskim sistemima ima ključnu ulogu u sigurnosti sistema. Osigurava zaštitu metalnih dijelova opreme, sprječava pojavu opasnih naponskih razlika i omogućava sigurno odvođenje struje u zemlju u slučaju kvara.

Elementi instalacije uzemljenja

Uzemljenje se sastoji od nekoliko osnovnih komponenti:

- Uzemljivači – metalne šipke, trake ili ploče zakopane u zemlju koje osiguravaju dobar kontakt sa tlom.
- Uzemljeni provodnici – kablovi koji povezuju opremu sa uzemljivačima.
- Sabirnice za uzemljenje – uređaji koji povezuju više uzemljenih provodnika radi osiguravanja jedinstvenog uzemljenja sistema.

Pripremni radovi za instalaciju uzemljenja

Prije izvođenja instalacije uzemljenja, neophodno je izvršiti niz pripremnih aktivnosti:

- Analiza tehničke dokumentacije – pregled projektne dokumentacije radi utvrđivanja zahtjeva za uzemljenje.
- Doprerna opreme i alata – osiguravanje potrebnih materijala i alata.
- Čišćenje i nivelisanje terena – uklanjanje prepreka i priprema tla.
- Obilježavanje položaja za uzemljivače – određivanje tačnih lokacija za postavljanje uzemljivača.
- Iskopavanje rovova – prilagođeno specifičnostima terena i dubini potrebnoj za uzemljivače.

- Provjera kvaliteta tla – ispitivanje provodljivosti tla kako bi se osigurala efikasnost uzemljenja.

Montaža i povezivanje sistema uzemljenja

Pravilna montaža i povezivanje sistema uzemljenja ključni su koraci u osiguranju sigurnosti solarnih fotonaponskih elektrana. Sistem uzemljenja omogućava sigurno odvođenje viška električne energije u zemlju, štiteći opremu i osoblje od mogućih strujnih udara i prenapona.

Postupak montaže uzemljenja uključuje sljedeće korake:

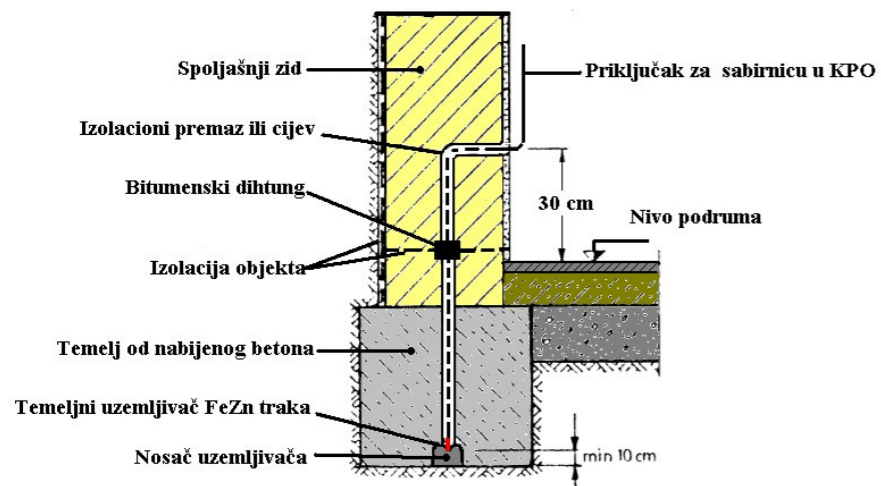
Postavljanje uzemljivača – Metalne šipke ili trake se postavljaju u tlo u skladu sa tehničkim zahtjevima i standardima. Prije postavljanja vrši se analiza tla kako bi se odredila najpovoljnija lokacija za uzemljivače. Uzemljivači se mogu postavljati vertikalno (pobijanjem u tlo) ili horizontalno (polaganjem u iskopane rovove). Nakon postavljanja, provjerava se njihov stabilan kontakt sa zemljom.

Povezivanje sabirnica i vodova – Uzemljeni provodnici povezuju se sa sabirnicama pomoću stezaljki, spojnih elemenata i bakrenih traka. Spojevi moraju biti mehanički čvrsti i električno provodljivi kako bi se obezbijedio neprekinut protok struje u slučaju atmosferskog pražnjenja ili kvara na sistemu. Upotreba zavarenih spojeva ili posebno dizajniranih stezaljki poboljšava dugotrajnost i otpornost na koroziju.

Uspostavljanje spojeva sa elektroenergetskim sistemom – Nakon postavljanja uzemljivača i povezivanja sabirnica, sistem uzemljenja se spaja na metalne dijelove elektroenergetskih instalacija solarnog fotonaponskog sistema. Ovaj korak uključuje povezivanje uzemljenja sa metalnim kućištima invertera, razvodnim ormarima i konstrukcijom panela. Povezivanje se vrši pomoću specijalnih vodova sa niskim otporom, čime se osigurava efikasno provođenje električne energije u tlo.

Provjera kontinuiteta spojeva – Nakon montaže i povezivanja svih elemenata sistema uzemljenja, neophodno je izvršiti testiranje kako bi se osiguralo ispravno funkcionisanje. Mjerenje otpora uzemljenja vrši se pomoću specijalizovanih mjernih instrumenata (npr. mjerača otpora uzemljenja). Cilj je da izmjereni otpor bude unutar dozvoljenih granica prema standardima, kako bi se obezbijedila sigurna disipacija struje u slučaju udara groma ili kvara na sistemu.

Sistem uzemljenja solarnih fotonaponskih sistema mora biti izveden prema važećim propisima i tehničkim normama kako bi se osigurala dugoročna funkcionalnost i bezbjednost cijelog sistema.



Izvođenje temeljnog uzemljivača

Instalacija gromobranske zaštite

Gromobranska zaštita štiti solarnih fotonaponskih sistema od atmosferskih pražnjenja preusmjeravanjem energije udara groma u zemlju. Time se smanjuje mogućnost oštećenja električne i mehaničke opreme, ali i potencijalnih požara.

Elementi instalacije gromobranske zaštite

- Gromobranske šipke (hvataljke) – postavljene na najvišim tačkama objekta privlače gromove i usmjeravaju energiju ka uzemljenju.
- Provodnici za prenos munje – metalni provodnici povezuju gromobranske šipke sa uzemljivačem.
- Uzemljivači – metalne šipke zakopane u zemlju preusmjeravaju energiju groma na siguran način.

Pripremni radovi za gromobransku instalaciju

- Analiza projektne dokumentacije – pregled tehničkih zahtjeva.
- Doprema materijala i alata – osiguravanje potrebnih komponenti za instalaciju.
- Čišćenje i priprema radnog prostora – uklanjanje prepreka za siguran rad.
- Postavljanje zaštitne opreme – osiguravanje zaštite radnika.
- Obilježavanje lokacija za montažu gromobrana – određivanje pozicija elemenata sistema.

Montaža i povezivanje sistema gromobranske zaštite

Montaža i povezivanje sistema gromobranske zaštite ključni su koraci u osiguravanju zaštite solarnih fotonaponskih sistema od atmosferskih pražnjenja. Ovaj proces obuhvata instalaciju svih neophodnih komponenti, njihovo povezivanje i testiranje kako bi se osigurala njihova funkcionalnost i dugoročna pouzdanost.

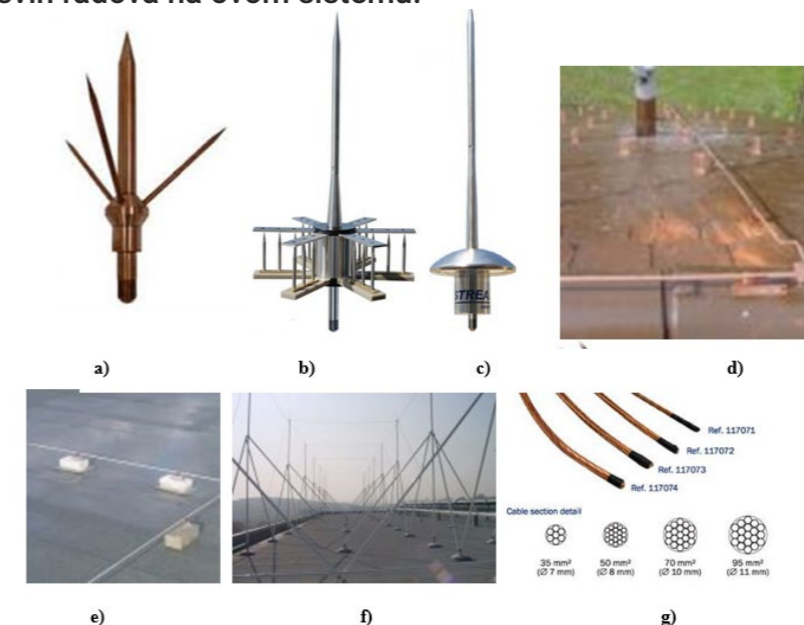
Prvi korak u procesu jeste montaža gromobranskih šipki, koje se postavljaju na strateške tačke objekta ili solarnih panela. Njihova uloga je da privuku atmosfersko pražnjenje i usmjere ga ka sigurnom odvođištu. Prilikom postavljanja, neophodno je obezbijediti čvrsto pričvršćivanje šipki pomoću odgovarajućih nosača i sidrenih elemenata, čime se osigurava otpornost na vremenske uslove i mehaničke sile. Pozicija hvataljki mora biti usklađena sa tehničkom dokumentacijom, kako bi se osiguralo optimalno pokrivanje zaštićenog područja.

Nakon postavljanja šipki, pristupa se povezivanju provodnika za odvod munje, koji preusmjeravaju elektricitet iz atmosferskog pražnjenja prema zemlji. Ovi provodnici izrađeni su od visoko provodljivih materijala, kao što su bakar i aluminijum, i moraju biti pravilno povezani sa gromobranskim hvataljkama. Prilikom povezivanja važno je koristiti odgovarajuće spojne elemente, poput stezaljki, šarafa i specijalnih spojeva, koji osiguravaju pouzdan i dugotrajan kontakt.

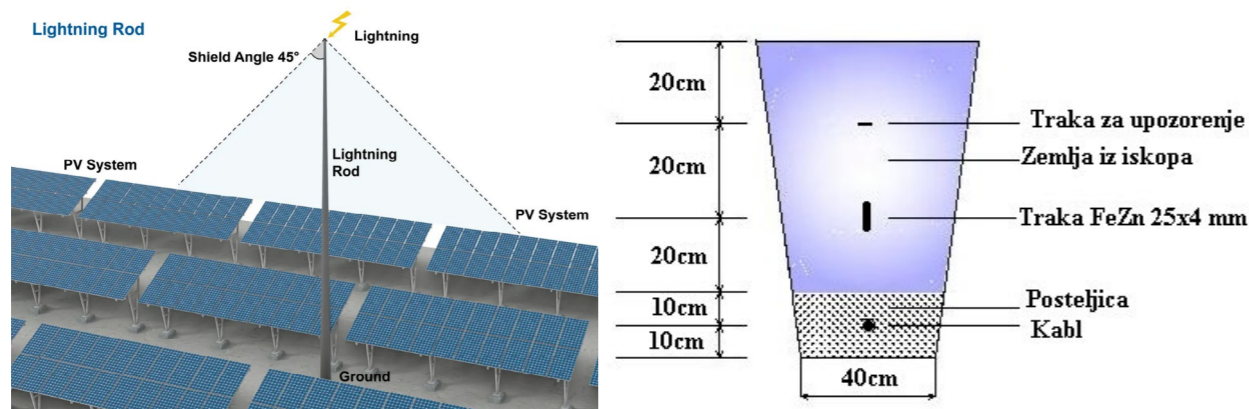
Zatim slijedi postavljanje i povezivanje uzemljivača, koji predstavljaju završni element u odvajanju viška elektriciteta u tlo. Ovi uzemljivači mogu biti izvedeni u obliku metalnih šipki zabijenih u tlo ili metalnih traka ukopanih u zemlju, a njihova pozicija i broj zavise od specifičnih zahtjeva sistema. Povezivanje uzemljivača sa gromobranskim provodnicima vrši se pomoću visokokvalitetnih spojeva, koji obezbjeđuju minimalne gubitke energije i dugotrajnu otpornost na koroziju.

Posljednji korak u procesu jeste mjerenje otpora gromobranske zaštite, kako bi se osigurala njena funkcionalnost. Ova provjera se vrši pomoću posebnih mjernih instrumenata koji omogućavaju precizno određivanje efikasnosti sistema. Ako izmjerene vrijednosti otpora ne zadovoljavaju tehničke standarde, potrebno je preduzeti dodatne mjere, kao što su povećanje broja uzemljivača ili poboljšanje spojeva između komponenti.

Pravilno izvedena gromobranska zaštita ključna je za sigurnost solarnih fotonaponskih elektrana, jer minimizira rizik od požara i oštećenja električnih komponenti uslijed udara groma. Zbog toga je važno pridržavati se tehničkih propisa i standarda prilikom izvođenja svih radova na ovom sistemu.



Prihvatni sistemi: a) gromobranski razuđeni šiljak; b) gromobranski šiljak; c) gromobranski šiljak sa pojačanim elektronskim dejstvom (ESE Early Streamer Emission); d) pocinčane trake na ravnom krovu (Faradejev kavez); e) izolovani sistem hvataljki; f) Sistem sa razapetim žicama; g) presjeci bakarnih žica za gromobransku instalaciju



Gromobran postavljen više od solarnih panela kako bi se osigurao zaštitni konus

Zaštita od atmosferskih pražnjenja podzemnog kabla pomoću FeZn 25x4mm trake

Testiranje i verifikacija instalacija uzemljenja i gromobranske zaštite

Nakon instalacije, potrebno je izvršiti testiranje funkcionalnosti sistema:

- Mjerenje otpora uzemljenja – kako bi se osigurala efikasnost odvoda struje u zemlju.
- Testiranje kontinuiteta provodnika – provjera kvaliteta svih spojeva.
- Inspekcija mehaničke stabilnosti – provjera svih komponenti na otpornost na vremenske uslove.
- Provjera spojeva i električnih kontakata – kako bi se osigurao dugoročan rad bez prekida.



Testiranje gromobranske instalacije



PRAKTIČNA VJEŽBA

Zadatak 1: Montaža i povezivanje sistema uzemljenja

Izvrši montažu i povezivanje sistema uzemljenja solarnog fotonaponskog sistema, uključujući postavljanje uzemljivača, povezivanje provodnika i mjerenje otpora uzemljenja.

Materijal i alat:

- Uzemljivačke šipke ili ploče
- Bakarni ili pocinčani provodnici
- Stezaljke, papučice i spojni elementi
- Iskopna oprema (ašov, pijuk)
- Mjerač otpora uzemljenja
- Klijesta i odvijači
- Zaštitna oprema (rukavice, zaštitne naočare)

Postupak:

1. Pripremi teren tako što ćeš obilježiti lokacije za uzemljivače i očistiti prostor od prepreka.
2. Postavi uzemljivače tako što ćeš zabiti metalne šipke u tlo ili postaviti trake u iskopane rovove.
3. Poveži uzemljivače sa sabirnicama pomoću odgovarajućih provodnika i pričvrsti ih stezaljkama ili zavarenim spojevima.
4. Izvrši povezivanje sistema uzemljenja sa metalnim djelovima solarne instalacije koristeći bakarne ili pocinčane kablove.
5. Izmjeri otpor uzemljenja pomoću mjernog instrumenta i provjeri da li zadovoljava propisane standarde.

Završna provjera:

- Pregledaj sve spojeve i pričvršćene provodnike.
- Verifikuj otpor uzemljenja i uporedi sa referentnim vrijednostima.
- Dokumentuj postupak i evidentiraj eventualne nepravilnosti.



KVIZ

Kviz 10: Uzemljenje i gromobranska zaštita solarnih fotonaponskih elektrana

<https://forms.office.com/e/d8mq2j23jd>



PRAKTIČNA VJEŽBA

Zadatak 2: Montaža i povezivanje gromobranske instalacije

Postavi i poveži elemente gromobranske zaštite solarnog fotonaponskog sistema, uključujući gromobrane, provodnike i uzemljivače.

Materijal i alat:

- Gromobranske šipke (hvataljke)
- Bakarni ili aluminijumski provodnici
- Uzemljivačke šipke
- Spojni elementi (stezaljke, šrafovi, spojne trake)
- Bušilica, kliješta, odvijači
- Izolaciona zaštitna oprema

Postupak:

1. Odredi tačke postavljanja gromobrana prema tehničkoj dokumentaciji i označi montažne lokacije.
2. Postavi gromobranske šipke na predviđena mjesta i učvrsti ih pomoću nosača.
3. Poveži hvataljke sa provodnicima za odvod munje pomoću odgovarajućih spojnih elemenata i osiguraj čvrste spojeve.
4. Instaliraj uzemljivače za gromobranski sistem i poveži ih sa provodnicima prema tehničkoj dokumentaciji.
5. Provjeri električnu provodljivost sistema pomoću mjernog uređaja.

Završna provjera:

- Vizuelno pregledaj sve spojne tačke i montažne elemente.
- Verifikuj električnu provodljivost i osiguraj da svi spojevi zadovoljavaju standarde zaštite.
- Dokumentuj postupak i eventualne korekcije.



PRAKTIČNA VJEŽBA

Zadatak 3: Testiranje uzemljenja i gromobranske zaštite

Izvrši testiranje sistema uzemljenja i gromobranske zaštite pomoću odgovarajućih mjerenja i provjere spojeva.

Materijal i alat:

- Mjerač otpora uzemljenja
- Testni instrument za gromobransku zaštitu
- Kliješta i odvijači
- Zaštitna oprema (rukavice, naočare)

Postupak:

1. Izmjeri otpor uzemljenja pomoću mjernog instrumenta i zabilježi vrijednosti.
2. Provjeri integritet svih spojeva unutar uzemljenja i gromobranske instalacije.
3. Testiraj provodljivost provodnika gromobranskog sistema kako bi se osigurala funkcionalnost zaštite od udara munje.
4. Analiziraj rezultate mjerenja i uporedi ih sa standardima.
5. Ukloni eventualne nepravilnosti i ponovi testiranje nakon korekcija.

Završna provjera:

- Osiguraj da svi izmjereni parametri zadovoljavaju propisane standarde.
- Dokumentuj sva mjerenja i eventualne korekcije.
- Pripremi izvještaj o verifikaciji ispravnosti sistema.

6.5. Najčešće greške prilikom instalacije solarnog fotonaponskog sistema

Instalacija solarnog fotonaponskog sistema zahtijeva precizno planiranje i izvođenje kako bi se obezbedila optimalna efikasnost i dugotrajnost sistema. Najčešće greške koje se dešavaju u praksi uključuju:

Pogrešno dimenzionisanje sistema

- Nepravilno izračunata snaga sistema – Ako je sistem premali, neće moći pokriti potrebe potrošnje; ako je prevelik, ulaganje neće biti isplativo.
- Neusklađenost invertera i panela – Ako inverter nije pravilno dimenzionisan, može doći do smanjenja efikasnosti konverzije energije.
- Nedovoljno uzeta u obzir lokalna potrošnja energije – Planiranje sistema bez analize energetske potrebe objekta može dovesti do neefikasnosti.

Loše postavljena orijentacija i nagib panela

- Paneli nisu orijentisani prema optimalnoj strani (jug u severnoj hemisferi, sever u južnoj hemisferi).
- Nepravilno podešen nagib panela – Fiksni paneli bi trebalo da budu pod uglom koji odgovara geografskoj širini kako bi maksimalizovali proizvodnju tokom cele godine.
- Neusklađenost sa sezonskim varijacijama – U nekim sistemima je bolje koristiti prilagodljive nosače koji menjaju nagib sezonski.

Nepravilna montaža nosača i strukture

- Neadekvatno pričvršćivanje na krov – Može dovesti do oštećenja krova ili nestabilnosti sistema pri jakim vjetrovima.
- Korišćenje neodgovarajućih materijala – Podložnost koroziji i degradaciji može značajno smanjiti trajnost konstrukcije.
- Loša primena balastnih sistema na ravnim krovovima – Ako se ne izračuna tačna težina balasta, vjetar može pomeriti ili oštetiti panele.

Greške u električnim instalacijama

- Loše dimenzionisani kablovi – Preveliki gubici energije usled nedovoljno debelih kablova.
- Neodgovarajuće povezivanje DC strane sistema – Ako se paneli ne povežu pravilno u stringove, može doći do neravnomerne raspodele opterećenja i gubitaka snage.
- Pogrešna zaštita od prenapona i loše uzemljenje – Nedostatak adekvatne zaštite može dovesti do oštećenja invertera i panela tokom udara groma.
- Loša veza između invertera i mreže – Može izazvati oscilacije napona i probleme sa stabilnošću mreže.

Sjenčenje i pogrešno raspoređeni paneli

- Nisu uzeti u obzir objekti koji prave senku – Drveće, dimnjaci, stubovi i okolne zgrade mogu značajno smanjiti proizvodnju.
- Nepravilno korišćenje optimizatora i MPPT ulaza – Ako optimizatori nisu pravilno postavljeni, može doći do neravnomerne proizvodnje unutar istog stringa panela.
- Loše pozicioniranje panela na različitim krovnim površinama – Ako su stringovi postavljeni pod različitim uglovima bez optimizacije, sistem neće raditi efikasno.

Zanemarivanje termičkih efekata

- Loša ventilacija panela – Ako nema prostora između panela i krova, može doći do pregrevanja i smanjenja efikasnosti.
- Nedovoljna otpornost komponenti na visoke temperature – Nepravilno izabrani kablovi i konektori mogu se pregrevati i izazvati kvarove.

Nedostatak zaštite i sigurnosnih mjera

- Nepostojanje zaštite od požara – solarni fotonaponski sistemi mogu izazvati požar ako nisu pravilno osigurani termičkim i električnim zaštitama.
- Loše uzemljenje i neadekvatni osigurači – Može dovesti do povećane opasnosti od strujnog udara i kratkog spoja.
- Neusklađenost sa lokalnim propisima i standardima – Nepravilna instalacija može dovesti do pravnih i tehničkih problema.

Nedostatak sistema za monitoring i održavanje

- Neinstaliran sistem za nadzor (datalogeri, optimizatori, analizatori) – Bez praćenja rada sistema, teško je otkriti kvarove ili gubitke energije.
- Zanemarivanje održavanja (čišćenje panela, provera kablova i konektora) – Vremenom se može smanjiti efikasnost sistema zbog nakupljanja prašine i neispravnih spojeva.

Kako izbjeći ove greške?

- Pažljivo planiranje i dimenzionisanje sistema pre instalacije.
- Korišćenje softvera za simulaciju solarnog fotonaponskog sistema proizvodnje (PVGIS, PVSyst, SAM) kako bi se procijenila optimalna konfiguracija.
- Pridržavanje tehničkih standarda i propisa pri instalaciji.
- Redovno održavanje i monitoring kako bi se sprečili kvarovi i degradacija sistema.

7. POGON I ODRŽAVANJE SOLARNIH FOTONAPONSKIH SISTEMA

7.1. Pripremni radovi i početno testiranje solarnih fotonaponskih sistema

Prije puštanja solarnih fotonaponskih sistema u rad, neophodno je sprovesti niz pripremnih aktivnosti i testiranja kako bi se osigurala ispravnost i sigurnost sistema. Ova faza uključuje pregled tehničke dokumentacije, pripremu alata i opreme, planiranje intervencija i testiranje funkcionalnosti svih ključnih komponenti.

Pregled tehničke dokumentacije i ključnih parametara sistema

Svaki solarni sistem ima specifične tehničke karakteristike koje treba analizirati prije pokretanja. Pregled tehničke dokumentacije obuhvata:

- Električne šeme sistema – Prikazuju način povezivanja fotonaponskih panela, invertera, razvodnih ormara, zaštitnih uređaja i potrošača.
- Podatke o sistemu – Napon, struja, snaga i efikasnost sistema.
- Specifikacije ključnih komponenti – Podaci o panelima, inverterima, baterijama (ako postoje), zaštitnim sklopovima i uzemljenju.
- Sigurnosne smjernice – Propisi za zaštitu od električnog udara, pravila za rad na visini i preporučene procedure za testiranje sistema.
- Garancije i uputstva proizvođača – Pravilno korišćenje i održavanje opreme u skladu s uputstvima.

Priprema alata, opreme i zaštitnih sredstava

Za pravilno testiranje sistema potrebno je koristiti odgovarajuće alate i zaštitnu opremu:

- **Mjerni instrumenti:**
 - » Multimetar – za mjerenje napona i struje u DC i AC dijelu sistema.
 - » Kliješta ampermetar(amper kliješta) – za provjeru struje opterećenja.
 - » Termovizijska kamera – za otkrivanje pregrijavanja komponenti.
 - » Ispitivač uzemljenja – za provjeru kontinuiteta uzemljenja.
- **Ostala oprema:**
 - » Izolovani odvijači i ključevi – za siguran rad sa električnim komponentama.
 - » Kablovske vezice – za osiguranje kablova i konektora.
 - » Laptop sa softverom za monitoring sistema – za provjeru daljinske komunikacije i parametara rada.
- **Zaštitna oprema:**
 - » Izolacione rukavice i zaštitne naočare.

- » Sigurnosni pojasevi za rad na visini.
- » Antistatička obuća za sprečavanje električnog pražnjenja.

Planiranje aktivnosti i raspored intervencija

Kako bi se izbjegle greške i osigurao efikasan proces, potrebno je unaprijed isplanirati sve aktivnosti:

- **Izrada rasporeda testiranja** – Definisane redosleda provjere sistema (vizuelna inspekcija, električna mjerenja, test opterećenja).
- **Dodjela zadataka** – Tehničari i električari se raspoređuju prema kompetencijama (testiranje invertera, provjera elektroinstalacija, provjera uzemljenja itd.).
- **Procjena vremenskih uslova** – Planiranje radova u optimalnim vremenskim uslovima kako bi se izbjegli problemi poput kondenzacije na panelima.
- **Koordinacija s mrežnim operaterom** – Ako se sistem povezuje na elektrodistributivnu mrežu, potrebno je dogovoriti termin za zvanično priključenje.

Provjera sistema prije pokretanja i testiranje komponenti

Prije zvaničnog puštanja sistema u rad, vrši se niz provjera kako bi se osiguralo da svi djelovi funkcionišu ispravno:

- **Vizuelna inspekcija:**
 - » Pregled spojeva i konektora – Provjera da li su svi spojevi pravilno povezani i čvrsto pričvršćeni.
 - » Provjera kablovske instalacije – Osiguravanje da su kablovi pravilno organizovani, bez mehaničkih oštećenja.
 - » Inspekcija zaštitnih uređaja – Pregled DC i AC osigurača, prekidača i odvodnika prenapona.
- **Mjerenje napona i struje:**
 - » Testiranje DC napona između solarnih panela i invertera.
 - » Provjera AC izlaznog napona iz invertera.
 - » Mjerenje struje opterećenja pri radu sistema pod različitim uslovima.
- **Testiranje uzemljenja:**
 - » Mjerenje otpora uzemljenja pomoću ispitivača uzemljenja.
 - » Provjera kontinuiranosti uzemljenja od panela do glavne sabirnice.
 - » Ispitivanje zaštitnih uzemljivačkih sklopova i provjera ispravnosti gromobranske zaštite.

Aktivacija invertera i solarnih panela uz kontrolu rada

Nakon što su obavljene sve provjere, može se pristupiti aktivaciji sistema:

- **Uključivanje invertera** – Postepeno uključivanje invertera i provjera rada zaštitnih sklopova.
- **Postavljanje inicijalnih parametara** – Unos vrijednosti maksimalne snage, napona i frekvencije sistema.
- **Praćenje inicijalnih podataka** – Posmatranje prvih mjerenja izlazne snage i radnih parametara kako bi se uočile eventualne nepravilnosti.
- **Simulacija opterećenja** – Testiranje rada sistema pod manjim i većim opterećenjem kako bi se provjerila stabilnost rada.

Verifikacija komunikacionih sistema i zaštitnih uređaja

Moderni solarni sistemi često uključuju nadzorne sisteme i zaštitne uređaje koji moraju biti ispravno konfigurirani:

- **Provjera komunikacije sa softverom za praćenje** – Povezivanje invertera sa monitoring sistemom i provjera prenosa podataka.
- **Testiranje zaštitnih uređaja** – Simulacija kvarova (preopterećenje, kratki spoj) radi provjere reakcije zaštitnih uređaja.
- **Verifikacija podešavanja automatskog isključivanja** – Osiguravanje da se sistem automatski isključuje u slučaju opasnosti.
- **Završno dokumentovanje** – Bilježenje svih mjerenja i rezultata testiranja u tehničku dokumentaciju.

Pravilno izvođenje pripremnih radova i početnog testiranja sistema od ključnog je značaja za siguran i efikasan rad solarnih fotonaponskih sistema. Ova faza omogućava identifikaciju mogućih problema prije nego što sistem zvanično uđe u pogon. Nakon uspješnog testiranja, solarna elektrana je spremna za kontinuiran rad i nadzor.



PRAKTIČNA VJEŽBA

Zadatak: Početno testiranje solarnog fotonaponskog sistema

Izvrši vizuelnu inspekciju, električna mjerenja i aktivaciju solarnog fotonaponskog sistema, prateći tehničku dokumentaciju i sigurnosne smjernice.

Materijal i alat:

- Multimetar (za mjerenje napona i struje)
- Kliješta ampermetar
- Termovizijska kamera
- Ispitivač uzemljenja
- Laptop sa softverom za monitoring sistema
- Izolovani odvijači i ključevi
- Zaštitna oprema (rukavice, naočare, antistatička obuća)

Postupak:

1. Pregled tehničke dokumentacije
 - Analiziraj električne šeme sistema i provjeri specifikacije ključnih komponenti.
 - Identifikuj lokacije fotonaponskih panela, invertera, razvodnih ormara i zaštitnih uređaja.
2. Priprema alata i zaštitne opreme
 - Osiguraj da svi potrebni alati i mjerni instrumenti budu spremni za upotrebu.
 - Pravilno koristi zaštitnu opremu kako bi se osigurao siguran rad.
3. Vizuelna inspekcija sistema
 - Pregledaj spojeve i konektore, osiguraj da nema labavih priključaka.
 - Provjeri organizaciju i integritet kablovske instalacije.
 - Inspekcijom provjeri uzemljenje i zaštitne uređaje.
4. Mjerenje napona i struje
 - Pomoću multimetra izmjeri DC napon između solarnih panela i invertera.
 - Provjeri AC izlazni napon invertera i izmjeri struju opterećenja pod različitim uslovima rada.
5. Testiranje uzemljenja
 - Koristi ispitivač uzemljenja za provjeru kontinuiteta spojeva i mjerenje otpora uzemljenja.

6. Aktivacija sistema i početno testiranje

- Uključi inverter i prati inicijalne parametre rada (napon, struja, snaga).
- Provjeri komunikaciju sa softverskim sistemom za monitoring.
- Simuliraj različite radne uslove i testiraj zaštitne uređaje.

7. Verifikacija rezultata i dokumentovanje

- Zabilježi sva mjerenja i rezultate u tehničku dokumentaciju.
- Identifikuj i prijavi eventualne nepravilnosti.

Završna provjera:

- Potvrdi ispravnost svih priključaka i sistema zaštite.
- Dokumentuj postupak i evidentiraj rezultate mjerenja.
- Osiguraj da sistem funkcioniše u skladu sa zadatim parametrima prije zvaničnog puštanja u rad.

7.2. Praćenje radnih parametara sistema

Kontinuirano praćenje radnih parametara solarnih fotonaponskih elektrana od suštinskog je značaja za optimizaciju rada, detekciju nepravilnosti i produženje radnog vijeka sistema. Parametri poput napona, struje, snage, temperature i intenziteta Sunčevog zračenja omogućavaju analizu performansi sistema i brzo reagovanje na potencijalne kvarove.

Kontinuirano praćenje napona, struje i snage

Prije početnog testiranja i pokretanja solarnih fotonaponskih sistema, neophodno je definisati ključne radne parametre sistema koji omogućavaju efikasan i siguran rad. Kontinuirano praćenje ovih parametara omogućava pravovremenu detekciju odstupanja, prevenciju kvarova i optimizaciju rada elektrane.

Ključni radni parametri koji se prate u solarnim fotonaponskim elektranama su:

- **Napon (V)** – Ključno je pratiti napon solarnih panela, napon na DC sabirnicama i izlazni napon invertera. Pad napona može ukazivati na probleme sa panelima, loše konektorske spojeve ili degradaciju kablova.
- **Struja (A)** – Struja se mjeri kako bi se provjerila ravnomjernost opterećenja u solarnom sistemu. Nagla odstupanja u vrijednostima mogu signalizirati probleme sa ožičenjem ili neispravne fotonaponske module.
- **Snaga (W, kW, MW)** – Analiza trenutne snage i ukupne proizvedene energije omogućava predikciju performansi sistema i poređenje sa projektovanim.
- **Energija (Wh, kWh, MWh)** – ukupna proizvedena energija u određenom vremenskom periodu.
- **Temperatura panela (°C)** – temperatura površine fotonaponskih modula, jer visoke

temperature mogu smanjiti njihovu efikasnost.

- **Intenzitet Sunčevog zračenja (W/m²)** – količina Sunčeve energije koja pada na površinu panela, što direktno utiče na proizvodnju električne energije.
- **Frekvencija mreže (Hz)** – u mrežnim sistemima potrebno je održavati stabilnost frekvencije.
- **Efikasnost sistema (%)** – procjena koliko efektivno sistem pretvara Sunčevu energiju u električnu energiju.

Mjerenje solarne iradijacije u realnom vremenu - Iradiacionometri

Iradiacionometri su specijalizovani senzori koji mjere solarnu iradijaciju (W/m²) u realnom vremenu, omogućavajući precizno praćenje dostupne Sunčeve energije na lokaciji sistema. Postavljaju se tako da prate nagib panela, čime omogućavaju:

- Praćenje očekivane proizvodnje energije,
- Očitavanje ključnih električnih parametara (napon, struja, snaga),
- Verifikaciju rada fotonaponskog sistema i prepoznavanje anomalija.

Prednosti korišćenja iradiacionometara su precizno praćenje Sunčevog zračenja što omogućava optimizaciju proizvodnje, dijagnostika problema odnosno prepoznavanje gubitaka zbog neispravnih komponenti, prilagođavanje rada prema realnim uslovima i dugoročna analiza performansi solarnog fotonaponskog sistema.

Njihova upotreba omogućava tačne analize rada sistema, otkrivanje problema i optimizaciju proizvodnje energije. Njihova integracija sa sistemima za daljinsko upravljanje značajno poboljšava efikasnost i dugoročnu stabilnost solarnog sistema.

Značaj praćenja radnih parametara

Praćenje radnih parametara ključno je za osiguravanje pouzdanog i efikasnog rada solarnih fotonaponskih elektrana. Precizni podaci omogućavaju detekciju potencijalnih problema u ranoj fazi – na primjer, nagli pad napona ili snage može ukazivati na neispravan panel ili problem u povezivanju, zatim analizu performansi sistema odnosno poređenje očekivane i stvarne proizvodnje energije. Praćenjem temperature i intenziteta zračenja može se poboljšati efikasnost, na primjer, čišćenjem panela ili podešavanjem nagiba, dok kontrola prenapona, preopterećenja i temperatura smanjuje rizik od kvarova i požara.

Radni parametri se prate putem različitih metoda, uključujući ručna mjerenja multimetrom, analizatore snage, termalne kamere za nadzor temperature, kao i napredne softverske sisteme za daljinsko praćenje koji omogućavaju automatsku analizu i generisanje izvještaja.

Metode praćenja:

- Korišćenje multimetara i analizatora električnih parametara za lokalna mjerenja.

- Implementacija digitalnih senzora i mjernih stanica za stalni nadzor.
- Korišćenje invertera sa integrisanim praćenjem električnih parametara.

Nadzor temperature panela i intenziteta Sunčevog zračenja

Efikasnost solarnih panela značajno zavisi od njihove temperature i količine primljenog Sunčevog zračenja. Visoke temperature mogu smanjiti efikasnost panela, dok neujednačeno osvjetljenje može izazvati probleme sa sjenčenjem i smanjenje proizvodnje energije.

• Mjerenje temperature panela:

- » Koriste se termalni senzori i infracrvene kamere za detekciju pregrijavanja.
- » Normalne operativne temperature solarnih panela kreću se od 25°C do 60°C, ali mogu dostići i više vrijednosti tokom ljetnih mjeseci.
- » Neravnomjerno zagrijavanje može ukazivati na probleme sa pojedinačnim ćelijama u panelima (tzv. "hot-spot" efekat).

• Mjerenje intenziteta Sunčevog zračenja:

- » Koriste se piranometri i solarni senzori kako bi se izmjerila količina Sunčeve energije (W/m²) koja dolazi do panela.
- » Očekivani intenzitet Sunčevog zračenja varira u zavisnosti od geografske lokacije, doba dana i godišnjeg doba.
- » Povezanost temperature panela i intenziteta zračenja može pomoći u procjeni gubitaka i optimizaciji performansi.

Sistemi za nadzor i optimizaciju rada fotonaponskih elektrana

Sistemi za nadzor solarnih fotonaponskih elektrana omogućavaju kontinuirano praćenje performansi, dijagnostiku kvarova i optimizaciju proizvodnje energije. Ovi sistemi pružaju korisnicima podatke u realnom vremenu i omogućavaju bolju kontrolu nad radom solarnih panela i invertera.

Komponente sistema za praćenje

Solarni fotonaponski sistemi koriste razne uređaje za prikupljanje i analizu podataka:

- **Senzori** – mjere Sunčevo zračenje, temperaturu, vlažnost i električne parametre fotonaponskih sistema.
- **Inverteri sa nadzornim funkcijama** – konvertuju jednosmjernu (DC) u naizmjeničnu (AC) struju i beleže podatke o proizvodnji energije.
- **Registratori podataka (datalogeri)** – snimaju i arhiviraju ključne podatke o radu fotonaponskih sistema.
- **Korisnički interfejsi** – omogućavaju vizualizaciju podataka putem mobilnih aplikacija, web portala ili centralnih upravljačkih panela.

Tehnologije za optimizaciju i sigurnost

Napredne tehnologije omogućavaju ne samo nadzor, već i automatizaciju i povećanje efikasnosti fotonaponskih elektrana. Ključni uređaji uključuju:

- Kontroleri za nadzor fotonaponskih sistema
 - » Povezani sa inverterima i sensorima za praćenje napona, struje i temperature.
 - » Optimizuju rad sistema u zavisnosti od vremenskih uslova.
 - » Detektuju kvarove i šalju alarmne signale operaterima.
- Mrežni analizatori
 - » Prate kvalitet isporučene energije i stabilnost mrežnog napajanja.
 - » Detektuju harmonijske distorzije, oscilacije napona i prenapone.
 - » Pomažu u optimizaciji integracije solarnog fotonaponskog sistema u distributivnu mrežu.
- Datalogeri i dugoročna analiza podataka
 - » Beleže istorijske podatke o radu fotonaponskih sistema.
 - » Pomažu u identifikaciji trendova degradacije panela.
 - » Omogućavaju napredne analize performansi putem softverskih alata.
- Optimizatori za praćenje rada panela i sprečavanje požara
 - » Optički optimizatori – analiziraju osunčanje, refleksiju i sjenčenje panela.
 - » Elektronski optimizatori – mjere napon, struju i temperaturu panela, identifikujući potencijalne probleme.
 - » Sprečavaju požare detekcijom pregrevanja i loših električnih spojeva.
 - » Automatski isključuju problematične module kako bi zaštitili sistem.



Nadzor i optimizaciju rada solarnog fotonaponskog sistema

Proces prikupljanja i analize podataka

- Prikupljanje podataka – senzori i inverteri mjere električne i ekološke parametre.
- Prenos podataka – podaci se šalju putem Wi-Fi, Zigbee, Bluetooth ili žičanih veza.
- Pohrana podataka – datalogeri čuvaju informacije za kasniju analizu.
- Analiza podataka – softver obrađuje podatke, detektuje anomalije i daje preporuke.
- Vizualizacija rezultata – korisnici putem aplikacija prate stanje sistema i dobijaju upozorenja.

Tipovi sistema za nadzor fotonaponskih elektrana

- Sistemi za praćenje u realnom vremenu – omogućavaju trenutni uvid u stanje solarnog fotonaponskog sistema.
- Offline sistemi – čuvaju podatke lokalno za kasniju analizu.
- Inteligentni sistemi sa automatizacijom – koriste mašinsko učenje i naprednu analitiku za prediktivno održavanje.

Praktični primjeri primjene

Kontroleri za nadzor sistema – Na velikoj solarnoj farmi od 1 MW, kontroler prati rad invertera i detektuje pad snage u jednom stringu zbog senčenja, šaljući alarm operaterima.

Mrežni analizatori – U industrijskom solarnom fotonaponskom sistemu, analizator detektuje oscilacije napona, omogućavajući podešavanje invertera kako bi se stabilizovala isporučena energija.

Datalogeri – Na rezidencijalnoj solarnoj elektrani od 10 kW, dugoročna analiza pokazuje postepeni pad efikasnosti od 5% godišnje, što ukazuje na potrebu za čišćenjem panela.

Optimizatori za zaštitu sistema – Na krovu poslovnog objekta, optimizator detektuje pregrevanje jednog panela i automatski isključuje modul, sprečavajući kvar ili požar.

Isplativost i ekonomske prednosti

Investicija u sisteme za nadzor i optimizaciju fotonaponskih elektrana donosi dugoročne finansijske benefite:

- Povećana energetska efikasnost – optimizacija rada smanjuje gubitke energije.
- Ušteda na računima za struju – bolje planiranje potrošnje omogućava maksimalno iskorišćenje proizvedene solarne energije.
- Dugoročna održivost sistema – preventivno održavanje smanjuje troškove popravki i produžava vijek trajanja opreme.

Integracija naprednih sistema za nadzor i optimizaciju fotonaponskih elektrana omogućava:

- Povećanu efikasnost i stabilnost rada.
- Smanjenje kvarova kroz ranu detekciju problema.
- Daljinsko upravljanje i automatsku optimizaciju sistema.

Kombinacija kontrolera, mrežnih analizatora, datalogera i optimizatora ključna je za dugoročnu pouzdanost i sigurnost fotonaponskih sistema.

Korišćenje softverskih sistema za daljinsko praćenje

Moderni solarni sistemi koriste napredne softverske platforme za daljinsko praćenje i analizu performansi elektrane. Ovi sistemi omogućavaju stalni nadzor, pravovremene alarme u slučaju odstupanja i generisanje izvještaja o radu sistema.

- Osnovne funkcije softverskih sistema:
 - » Automatsko prikupljanje podataka sa senzora i invertera.
 - » Detekcija odstupanja i generisanje upozorenja.
 - » Praćenje istorijskih podataka i analiza performansi.
 - » Integracija sa meteorološkim podacima za predviđanje proizvodnje energije.
- Primjeri softverskih rješenja:
 - » SCADA sistemi za industrijski nadzor velikih solarnih elektrana.
 - » Web i mobilne aplikacije proizvođača invertera (SMA, Huawei, Fronius, SolarEdge).
 - » Open-source platforme poput PVsyst-a za modeliranje i analizu podataka.

Prednosti daljinskog praćenja:

- Smanjuje potrebu za fizičkim inspekcijama i optimizuje troškove održavanja.
- Omogućava ranu detekciju problema i sprječava gubitke u proizvodnji.
- Pruža detaljan uvid u rad sistema i pomaže u donošenju odluka o unapređenjima.

Primjena savremenih softverskih sistema dodatno olakšava nadzor i smanjuje troškove održavanja, čineći solarne fotonaponske sisteme održivim i pouzdanim izvorom energije.



PRAKTIČNA VJEŽBA

Zadatak 1: Korišćenje online softvera za predikciju proizvodnje fotonaponskih sistema od 10 kW

Zadatak

Učenici će koristiti online softver za predikciju proizvodnje električne energije kako bi analizirali očekivanu godišnju i mjesečnu proizvodnju solarnog fotonaponskog sistema snage 10 kW na određenoj lokaciji. Takođe, simuliraće uticaj različitih faktora (nagib, orijentacija, lokacija) na proizvodnju energije i optimizovati sistem.

Materijal i alat

- Računari ili tableti sa internet pristupom.
- Online softveri za predikciju (npr. PVGIS, PVsyst, SAM, HOMER Energy).
- Specifikacije solarnog fotonaponskog sistema od 10 kW:
 - » 25 panela snage 400 W svaki,
 - » Inverter snage 10 kW,
 - » Standardna fiksna konstrukcija.
- Mapa solarnog zračenja za izabrane regije.

Postupak

1. Unos lokacije – Učenici unose geografske koordinate (grad/država) u softver.
2. Definisane parametara solarnog fotonaponskog sistema:
 - » Ukupna snaga: 10 kW.
 - » Nagib panela: 30° (standardna optimizacija za srednje geografske širine).
 - » Orijehtacija: Južno (180°).
 - » Koeficijent gubitaka: 15% (kablovi, prljavština, temperatura).
3. Pokretanje simulacije – Softver izračunava očekivanu mjesečnu i godišnju proizvodnju energije.
4. Analiza rezultata:
 - » Uporediti proizvodnju u različitim mjesecima.
 - » Procijeniti kako godišnje doba utiče na proizvodnju.
 - » Porediti rezultate za različite lokacije (npr. priobalna regija vs. planinska regija).

5. Optimizacija sistema:

- » Simulirati promjenu nagiba panela (15°, 45°) i analizirati uticaj.
- » Promijeniti orijentaciju (jugoistok, jugozapad) i uporediti rezultate.
- » Analizirati kako sijenčenje ili prljavština smanjuju proizvodnju.

Evaluacija i diskusija:

- » Koja konfiguracija daje najbolju proizvodnju?
- » Kako geografski položaj i klima utiču na efikasnost solarnog fotonaponskog sistema?
- » Kako softver pomaže u realnom planiranju solarnih elektrana?

Završna provjera

- Učenici upoređuju dobijene rezultate sa teoretskim očekivanjima.
- Diskutuju kako različiti faktori mogu uticati na performanse solarnog fotonaponskog sistema.
- Izvode zaključke o optimalnim parametrima za određenu lokaciju.

7.3. Preventivno održavanje i dijagnostika

Preventivno održavanje solarnih fotonaponskih sistema ključno je za očuvanje njihove efikasnosti, produženje vijeka trajanja sistema i sprječavanje neplaniranih kvarova. Redovna inspekcija i dijagnostika omogućavaju rano otkrivanje problema i optimizaciju rada svih komponenti. Ovaj proces obuhvata vizuelni pregled sistema, čišćenje solarnih panela i drugih komponenti, kao i ispitivanje ključnih električnih spojeva i zaštitnih uređaja.

Vizuelni pregled elemenata solarnog fotonaponskog sistema

Vizuelna inspekcija je prvi i osnovni korak u preventivnom održavanju. Njome se provjerava stanje svih ključnih komponenti sistema, a posebna pažnja posvećuje se sljedećim elementima:

- **Noseća konstrukcija** – Provjerava se stabilnost i integritet konstrukcije, prisustvo korozije, oštećenja ili labavih spojeva. Ukoliko se primijete labavi vijci ili deformacije, vrši se dodatno učvršćivanje i podešavanje.
- **Fotonaponski paneli** – Pregledava se fizičko stanje panela, uključujući pojavu pukotina, ogrebotina, delaminacije ili zamucenja zaštitnog sloja. Takođe se provjerava prisustvo prljavštine, lišća, ptica i insekata koje mogu smanjiti efikasnost.
- **Kablovi i konektori** – Pregledava se izolacija kablova, stanje MC4 konektora i zaštitnih cijevi. Oštećeni kablovi ili labavi spojevi mogu dovesti do gubitaka energije i predstavljaju sigurnosni rizik.
- **Regulator punjenja i baterijski sistem** – Provjerava se da li su baterije pravilno povezane i da li postoje znakovi curenja elektrolita, korozije ili pregrijavanja. Takođe se provjeravaju indikatorske lampice i funkcionalnost zaštitnih sklopova.

- **Inverter** – Pregledava se fizičko stanje invertera, prisustvo neobičnih zvukova, pregrijavanje, kao i ispravnost ventilacionih otvora.
- **Električne instalacije** – Pregledavaju se svi spojevi, osigurači i prekidači kako bi se osiguralo da nema znakova pregrijavanja, oksidacije ili labavih spojeva.
- **Instalacija uzemljenja** – Provjerava se da li su uzemljivači i uzemljivački vodovi u dobrom stanju, te da nema oštećenja na spojevima.
- **Gromobranska instalacija** – Pregledava se ispravnost gromobrana, spojnih vodova i stezaljki kako bi se osiguralo da sistem pruža adekvatnu zaštitu od udara groma.

Pranje i čišćenje solarnih panela i drugih komponenti

Prljavština i naslage prašine mogu značajno smanjiti proizvodnju električne energije fotonaponskih panela. Redovno čišćenje panela i ostalih dijelova sistema osigurava optimalne performanse.

Čišćenje solarnih panela:

- Koristi se čista voda ili posebna sredstva za čišćenje panela koja ne sadrže abrazivne sastojke.
- Mekane četke i suđeri koriste se za uklanjanje tvrdokorne prljavštine, dok se visokopritisni uređaji izbjegavaju kako bi se spriječila oštećenja površine.
- Čišćenje se vrši ujutro ili uveče kada su paneli hladni, kako bi se izbjeglo termalno šokiranje i pucanje staklenih površina.



VIDEO

Postupak čišćenja fotonaponskih panela

<https://www.instagram.com/smarthome.co.me/reel/C4fjybxlrch/>

Postupak čišćenja fotonaponskih panela

https://www.youtube.com/watch?v=Q6_bFdkuhOk

Čišćenje ostalih komponenti:

- **Noseća konstrukcija** – Uklanja se prašina, lišće i ostaci insekata koji mogu narušiti stabilnost ili uzrokovati koroziju.
- **Konektori i spojevi** – Provjerava se čistoća konektora i spojeva kako bi se spriječila oksidacija i osigurao dobar kontakt.
- **Kablovi** – Provjerava se da li su kablovi prekriveni prašinom, blatom ili insektima koji mogu ugroziti izolaciju.

- **Ventilacioni otvori invertera** – Čiste se kako bi se spriječilo pregrijavanje i osigurao nesmetan rad.
- **Kućište baterijskog sistema** – Uklanja se prašina i nečistoće kako bi se spriječilo pregrijavanje i produžio vijek trajanja baterija.
- **Kontakti uzemljenja i gromobranski vodovi** – Provjerava se da li su spojevi čisti i u dobrom kontaktu kako bi osigurali funkcionalnost.

Ostali preventivni radovi na komponentama solarnih fotonaponskih sistema

Osim vizuelne inspekcije i čišćenja, preventivno održavanje uključuje niz intervencija koje pomažu u očuvanju stabilnosti i efikasnosti sistema.

- **Podešavanje pozicija solarnih panela** – Ako sistem koristi mehaničke nosače sa promjenljivim uglom nagiba, periodično podešavanje optimizuje proizvodnju energije tokom godine.
- **Zamjena rashodovanih ili istrošenih dijelova** – Ukoliko se otkriju istrošene stezaljke, korodirani vijci ili dotrajali konektori, neophodno je izvršiti njihovu zamjenu.
- **Kalibracija senzora i mjernih uređaja** – Senzori koji mjere intenzitet Sunčevog zračenja, temperaturu panela ili električne parametre moraju biti precizno podešeni kako bi pružali tačne podatke.
- **Kontrola stabilnosti i zatezanje spojeva noseće konstrukcije** – Vremenom, zbog vremenskih uslova i vibracija, spojevi konstrukcije mogu popustiti, pa je neophodno periodično provjeriti i učvrstiti spojeve.
- **Zamjena oštećenih konektora i kablova** – Bilo kakva mehanička oštećenja kablova ili konektora mogu dovesti do prekida rada sistema ili električnih problema.
- **Mjerenje otpora uzemljenja** – Korištenjem mjernih instrumenata provjerava se efikasnost uzemljenja i po potrebi se vrše korekcije.
- **Testiranje funkcionalnosti zaštitnih prekidača i osigurača** – Ispravnost zaštitnih uređaja ključna je za sprječavanje kvarova i sigurnost sistema.
- **Testiranje uzemljenja i zaštitnih uređaja** – Testiranje uzemljenja obuhvata mjerenje otpora uzemljenja pomoću specijalizovane mjerne opreme. Ovo osigurava efikasnu zaštitu od električnih udara i prenapona.
- **Provjera elektroinstalacija i priključnih tačaka** – Pored pregleda vidljivih elemenata sistema, neophodno je redovno provjeravati ispravnost elektroinstalacija. Ova provjera uključuje provjeru priključnih tačaka na solarne panele, razvodne ormare i invertere.

Jedan od ključnih koraka u preventivnom održavanju je ispitivanje sistema pod opterećenjem. To uključuje simulaciju različitih nivoa potrošnje električne energije kako bi se provjerila stabilnost napona i reakcija sistema na povećane zahtjeve. Ovi testovi pomažu u identifikaciji potencijalnih slabih tačaka u sistemu.

Analiza podataka o radu sistema omogućava predviđanje potencijalnih kvarova i problema prije nego što se oni zaista dogode. Softverski alati omogućavaju praćenje performansi sistema, poređenje sa istorijskim podacima i detekciju neobičnih oscilacija u proizvodnji energije. Ovi podaci su ključni za dugoročnu optimizaciju rada solarnih

fotonaponskih elektrana.

Redovni vizuelni pregledi, čišćenje i zamjena oštećenih elemenata smanjuju mogućnost kvarova i optimizuju rad solarnog fotonaponskog sistema. Korištenjem modernih alata za dijagnostiku i kontrolu sistema, moguće je preduprijeti potencijalne probleme i produžiti vijek trajanja ključnih komponenti.



PRAKTIČNA VJEŽBA

Zadatak 1: Vizuelna inspekcija i čišćenje solarnih panela i komponenata sistema

Izvrši vizuelnu inspekciju i čišćenje solarnih panela, kablova, konektora i drugih komponenti solarnog fotonaponskog sistema. Kroz ovaj zadatak naučićeš kako prepoznati potencijalne probleme, ocijeniti stanje sistema i pravilno očistiti panele i druge elemente kako bi se osigurala njihova dugotrajnost i optimalna efikasnost.

Materijal i alat:

- Zaštitne rukavice i naočare
- Mekana četka ili sunđer
- Destilovana voda i blagi deterdžent
- Krpe od mikrofibera
- Prskalica za vodu ili sistem za ispiranje
- Inspekcijsko ogledalo
- Infracrmena kamera (opciono)
- Ručni multimetar za osnovnu provjeru spojeva

Postupak:

1. Izvrši vizuelni pregled solarnih panela
 - Pregledaj površinu panela na pukotine, ogrebotine i znakove oštećenja.
 - Provjeri da li ima naslaga prljavštine, lišća, ptičjeg izmeta ili drugih nečistoća.
2. Pregledaj mehaničke i električne spojeve
 - Provjeri pričvrstne elemente nosača panela i osigurače na spojevima.
 - Pregledaj kablove i konektore na znakove pregrijavanja, oksidacije ili labavih spojeva.
3. Očisti solarne panele i nosače
 - Koristi meku četku i blagi deterdžent sa destilovanom vodom kako bi uklonio nečistoće.

- Paneli se peru kružnim pokretima, bez prejakog pritiska, kako bi se spriječilo oštećenje površine.
- Nakon čišćenja, isperi ih vodom i ostavi da se prirodno osuše.

4. Očisti konektore, kablove i električne komponente

- Obriši prašinu sa kablova i konektora suvom krpom.
- Provjeri konektore na znakove korozije i, ako je potrebno, očisti ih specijalnim sredstvom za kontaktne spojeve.

5. Testiraj sistem nakon čišćenja

- Ponovo izvrši vizuelni pregled kako bi provjerio da su svi spojevi na mjestu.
- Koristi multimetar da izmjeri napon i struju sistema prije i poslije čišćenja i uporedi rezultate.

Završna provjera:

- Provjeri da li su svi paneli čisti i da nema zaostalih nečistoća.
- Dokumentuj eventualne nepravilnosti i oštećenja kako bi se preduzele odgovarajuće mjere.
- Uporedi radne parametre prije i poslije čišćenja i evidentiraj eventualne promjene u efikasnosti sistema.



PRAKTIČNA VJEŽBA

Zadatak 2: Testiranje uzemljenja i zaštitnih uređaja

Izvrši provjeru sistema uzemljenja i testiranje zaštitnih uređaja solarnog fotonaponskog sistema. Kroz ovaj zadatak naučićeš kako koristiti odgovarajuće instrumente za mjerenje otpora uzemljenja, provjeru zaštitnih osigurača i prekidača te osiguranje ispravnog rada zaštitnih mehanizama sistema.

Materijal i alat:

- Mjerač otpora uzemljenja
- Multimetar
- Izolovane klešta i šrafciiger
- Stezaljke i spojni elementi
- Zaštitna oprema (rukavice, naočare)

Postupak:

1. Pregledaj sistem uzemljenja
 - Vizuelno provjeri uzemljivače i povezane kablove.
 - Provjeri stezaljke i spojeve kako bi se osiguralo da su čvrsto pričvršćeni.
2. Izmjeri otpor uzemljenja
 - Prikluči mjerač otpora uzemljenja na tačke sistema.
 - Usporedi izmjerene vrijednosti sa standardnim granicama (obično ispod 10 Ω).
 - Ako je otpor previsok, identifikuj uzrok i preduzmi korektivne mjere (npr. dodatni uzemljivači ili zamjena oštećenih spojeva).
3. Testiraj zaštitne prekidače i osigurače
 - Provjeri da li zaštitni prekidači funkcionišu ispravno simulacijom kratkog spoja.
 - Provjeri automatske osigurače i njihove reakcije na preopterećenje.
 - Evidentiraj sve neispravnosti i predloži rješenja.
4. Ponovno povezivanje i završna testiranja
 - Nakon svih provjera, osiguraj da su svi spojevi čvrsto pričvršćeni.
 - Izvrši završno testiranje sistema i uporedi rezultate sa prethodnim mjerenjima.

Završna provjera:

- Osiguraj da su svi djelovi sistema uzemljenja u ispravnom stanju.
- Provjeri da li su zaštitni prekidači i osigurači pravilno funkcionisali tokom testiranja.
- Dokumentuj rezultate i uporedi ih sa referentnim vrijednostima kako bi se osigurala bezbjednost sistema.

7.4. Intervencije i sanacija kvarova

Korektivno održavanje solarnih fotonaponskih sistema podrazumijeva otkrivanje, dijagnostiku i sanaciju kvarova kako bi se osigurao kontinualan i siguran rad sistema. Pravovremena intervencija i zamjena oštećenih komponenti ključni su faktori za minimiziranje zastoja u radu i očuvanje efikasnosti sistema. U ovom segmentu obuhvatićemo proces identifikacije kvarova, potrebne radnje za sanaciju, sigurnosne mjere i postupke nakon popravke.

Utvrđivanje mjesta i vrste kvara solarnih fotonaponskih sistema

Prvi korak u korektivnom održavanju jeste tačna identifikacija problema. Kvarovi se mogu manifestovati kroz pad performansi sistema, prekide u radu, neispravne signale zaštitnih uređaja ili anomalije u električnim parametrima.

Najčešći kvarovi uključuju:

- Probleme sa fotonaponskim panelima – lom stakla, delaminacija, hot-spot efekti.
- Oštećenja kablova i konektora – pregoreli ili istopljeni konektori, prekidi u vodovima.
- Neispravnost invertera – pregrijavanje, greške u pretvaranju struje.
- Probleme sa zaštitnim uređajima – kvar osigurača, automatskih prekidača ili uzemljenja.
- Nedostatak komunikacije sa sistemom za nadzor – greške u softverskom praćenju parametara.

Utvrđivanje mjesta i vrste kvara podrazumijeva:

- **Praćenje alarmnih signala i radnih parametara** – mnogi moderni solarni sistemi imaju ugrađene softverske alarme koji signaliziraju neispravnosti u radu (pad napona, nestabilan rad invertera, ispadanje zaštitnih sklopova i sl.).
- **Vizuelna inspekcija** – provjerava se fizičko stanje panela, kablova, konektora i ostalih komponenata, tražeći znakove oštećenja, korozije, pregrijavanja ili neispravnih spojeva.
- **Termografsko ispitivanje** – korištenje termalnih kamera za otkrivanje toplih tačaka na solarnim panelima i konektorima, što može ukazivati na loše spojeve ili oštećene ćelije.
- **Mjerenje električnih parametara** – korišćenjem multimetra i kleštastog ampermetra

provjerava se napon, struja i otpor u različitim tačkama sistema kako bi se otkrili eventualni problemi s priključnim tačkama ili neispravnim komponentama.

- **Provjera zaštitnih i sigurnosnih sklopova** – osigurači i prekidači se testiraju kako bi se utvrdilo da li su ispravno reagovali u slučaju kratkog spoja ili preopterećenja.

Doprema potrebnih djelova, opreme, materijala i alata za izvođenje radova korektivnog održavanja

Nakon dijagnostike, potrebno je pripremiti odgovarajuće komponente i alat kako bi se kvar što brže otklonio. Priprema uključuje:

- **Identifikaciju potrebnih zamjenskih djelova** – npr. novi solarni paneli, kablovi, inverteri, osigurači.
- **Odabir odgovarajućeg alata** – izolovani alati za električne radove, kliješta, odvijači, tester za napone.
- **Osiguravanje zaštitne opreme** – električarske rukavice, zaštitne naočare, sigurnosne pojaseve (za rad na visini).
- **Dopremu materijala na lokaciju** – organizacija transporta kako bi se radovi izveli u što kraćem roku.

Primjena sigurnosnih mjera i zaštitnih sredstava i opreme za obavljanje radova korektivnog održavanja

Prije bilo kakve intervencije neophodno je obezbijediti sigurno radno okruženje. Primjena odgovarajućih sigurnosnih mjera minimizira rizik od električnih udara, mehaničkih povreda i požara.

Osnovne sigurnosne mjere uključuju:

- **Isključivanje sistema prije intervencije** – potpuno isključivanje AC i DC napona iz sistema.
- **Provjera napona prije početka rada** – mjerenje napona na ključnim tačkama pomoću multimetra.
- **Korišćenje izolovanog alata** – svi alati moraju imati zaštitu od visokog napona.
- **Zaštita od strujnog udara** – korišćenje zaštitnih rukavica, suve obuće i stajanje na izolacionim podlogama.
- **Osiguravanje stabilnosti radne platforme** – kod radova na krovu obavezna je upotreba sigurnosnih pojaseva.
- **Zaštita od požara** – osiguravanje dostupnosti protivpožarne opreme (protivpožarni aparat CO₂).

Specifične sigurnosne mjere kod sanacije različitih kvarova:

- Kod popravke invertera – osigurati da je isključen iz mreže i provjeriti kondenzatore.

- Kod zamjene panela – koristiti ispravne metode za rukovanje staklenim površinama.
- Kod zamjene kablova – osigurati ispravno povezivanje prema tehničkim standardima.

Proces demontaže elemenata u kvaru i montaže novog elementa

Nakon sprovođenja sigurnosnih mjera, pristupa se fizičkom uklanjanju neispravne komponente i instalaciji nove. Proces varira u zavisnosti od tipa kvara i komponente koja se zamjenjuje.

Postupak zamjene oštećenih solarnih panela:

- Isključiti fotonaponski niz sa sistema i osigurati da nema protoka struje.
- Ukloniti pričvrstne elemente i pažljivo demontirati neispravan panel.
- Postaviti novi panel i pričvrstiti ga odgovarajućim vijcima.
- Povezati panel pomoću MC4 konektora i provjeriti polaritet.
- Testirati napon panela prije vraćanja u sistem.

Postupak popravke kablovskih vodova i konektora:

- Identifikovati prekinuti ili oštećeni kabl pomoću testera kontinuiteta.
- Isključiti napajanje i izvršiti izolaciju dijela kabla koji se popravljaju.
- Ukloniti oštećeni segment kabla i pripremiti nove krajeve pomoću kliješta.
- Povezati novi kabl pomoću odgovarajućih konektora i izolovati spojeve.
- Testirati napon i kontinuitet prije ponovnog puštanja u rad.

Postupak zamjene invertera:

- Isključiti inverter i provjeriti da nema zaostalog napona.
- Otpustiti AC i DC priključke, a zatim pažljivo ukloniti uređaj sa nosača.
- Postaviti novi inverter i pričvrstiti ga na noseću konstrukciju.
- Povezati AC i DC kablove prema tehničkim specifikacijama.
- Pokrenuti testni rad i provjeriti izlazne parametre.

Puštanje u rad zamijenjenog ili popavljenog elementa nakon korektivnog održavanja

Nakon sanacije kvara i instalacije novih komponenti, sistem se postepeno vraća u rad uz niz kontrolnih testova.

Koraci puštanja u rad uključuju:

- Provjeru ispravnosti svih spojeva – fizička inspekcija priključnih tačaka.
- Mjerenje napona i struje – osiguravanje da su električni parametri u dozvoljenim granicama.

- Testiranje invertera – provjera pretvaranja DC u AC struju bez grešaka.
- Provjera zaštitnih uređaja – osiguravanje da su svi osigurači i prekidači funkcionalni.
- Praćenje sistema u prvih nekoliko sati rada – očitavanje podataka pomoću softverskih alata.

Izrada protokola o izvršenim korektivnim radovima

Svaka intervencija na solarnoj fotonaponskoj elektrani mora biti evidentirana. Dokumentacija korektivnog održavanja služi kao osnov za buduće analize i unapređenje sistema. Dokumentovanje intervencija obuhvata:

- **Evidentiranje izvršenih popravki** – unos podataka o zamijenjenim djelovima, utvrđenim problemima i primijenjenim metodama sanacije.
- **Analiza uzroka kvara** – sagledavanje faktora koji su doveli do problema kako bi se preduzele mjere za prevenciju u budućnosti (npr. loša kvaliteta komponenti, nepovoljni vremenski uslovi, preopterećenje sistema i sl.).
- **Predlaganje preventivnih mjera** – ukoliko se otkrije da je kvar posljedica lošeg održavanja ili pogrešne instalacije, neophodno je predložiti izmjene i korektivne mjere kako bi se spriječilo ponovno javljanje istog problema.

Elektronski zapisi o intervencijama mogu se koristiti za praćenje dugoročnih performansi sistema i optimizaciju održavanja.



PRAKTIČNA VJEŽBA

Zadatak 1: Dijagnostika i sanacija kvarova u solarnim fotonaponskim sistemima

Identifikuj i saniraj kvarove u solarnom fotonaponskom sistemu koristeći dostupne dijagnostičke alate. Kroz ovu vježbu steći ćeš vještine vizuelnog pregleda, mjerenja ključnih parametara i zamjene oštećenih komponenti.

Materijal i alat:

- Multimetar i kleštasti ampermetar
- Termografska kamera
- Tester kontinuiteta
- Set izolovanog alata (odvijači, kliješta, ključ za MC4 konektore)
- Zamjenski i (osigurači, kablovi, konektori)
- Zaštitna oprema (rukavice, naočare, sigurnosni pojas)

Postupak:

1. Vizuelni pregled sistema

- Pregledaj fotonaponske panele i uočiti eventualna fizička oštećenja (naprsline, delaminacija).
- Provjeri stanje kablova i konektora – uočiti znakove pregrijavanja, istopljenih spojeva ili korozije.
- Pregledaj inverter, baterijski sistem i zaštitne uređaje na prisustvo grešaka ili neispravnih indikatora.

2. Mjerenje električnih parametara

- Upotrijebi multimetar za mjerenje napona na izlazu solarnih panela.
- Koristi kleštasti ampermetar za mjerenje struje u sistemu i provjeri da li je u očekivanim granicama.
- Termografski pregledom identifikuj eventualne "hot spot" tačke na panelima ili loše kontakte.

3. Sanacija kvara

- Ako je otkriven neispravan kabl ili konektor, isključi napajanje i zamijeni oštećeni dio.
- U slučaju neispravnog osigurača, zamijeni ga odgovarajućim prema specifikaciji sistema.
- Provjeri sve priključne tačke i učvrsti labave spojeve.

4. Testiranje nakon popravke

- Ponovo izvrši mjerenja i provjeri da li sistem radi u normalnim parametrima.
- Prati rad sistema nekoliko minuta kako bi se uvjerio da nema novih nepravilnosti.

Završna provjera:

- Uporedi izmjerene vrijednosti prije i nakon sanacije.
- Provjeri da li je kvar u potpunosti otklonjen i evidentiraj intervenciju.
- Izradi kratki izvještaj o obavljenoj dijagnostici i sanaciji.



PRAKTIČNA VJEŽBA

Zadatak 2: Zamjena neispravnog fotonaponskog panela

Izvrši demontažu i zamjenu neispravnog solarnog panela u sistemu, uz pravilno povezivanje i testiranje funkcionalnosti.

Materijal i alat:

- Novi solarni panel odgovarajućih specifikacija
- Ključ za MC4 konektore
- Set izolovanog alata (odvijači, kliješta)
- Multimetar za provjeru napona
- Zaštitna oprema (rukavice, naočare, sigurnosni pojas)

Postupak:

1. Priprema za zamjenu
 - Isključi sistem i osiguraj da nema napona u krugu koji ćeš servisirati.
 - Provjeri tehničku dokumentaciju kako bi utvrdio specifikacije zamjenskog panela.
2. Demontaža neispravnog panela
 - Isključi panel iz serijske/paralelne veze pomoću MC4 konektora.
 - Pažljivo ukloni pričvršne elemente nosača i oslobodi panel.
 - Pregledaj kontakte i provjeri da li su ispravni za ponovnu upotrebu.
3. Montaža novog panela
 - Postavi novi panel na nosač i osiguraj ga odgovarajućim vijcima.
 - Poveži ga sa ostalim panelima koristeći MC4 konektore, vodeći računa o polaritetu.
 - Provjeri sve spojeve kako bi osigurao siguran i stabilan kontakt.
4. Testiranje sistema
 - Multimetrom izmjeri izlazni napon i uporedi ga sa očekivanim vrijednostima.
 - Uključi sistem i prati rad nekoliko minuta kako bi osigurao stabilnost.

Završna provjera:

- Provjeri fizičku stabilnost montiranog panela i osiguraj da je pravilno pričvršćen.
- Testiraj da li sistem funkcioniše u skladu sa predviđenim parametrima.
- Dokumentuj izvršenu intervenciju sa podacima o zamijenjenoj komponenti i rezultatu testa.

7.5. Sezonske i dugoročne pripreme sistema

Sezonske i dugoročne pripreme solarnih fotonaponskih elektrana ključne su za održavanje efikasnosti i pouzdanosti sistema. Redovne provjere i optimizacija komponenti omogućavaju stabilan rad, smanjuju kvarove i produžavaju vijek trajanja sistema.

Priprema za sezonske promjene

Solarne elektrane izložene su različitim vremenskim uslovima, što zahtijeva prilagođavanje sistema:

- Zimski uslovi – Provjera stabilnosti konstrukcije, osiguranje adekvatnog nagiba panela za uklanjanje snijega i kontrola kapaciteta baterija.
- Ljetni uslovi – Osiguravanje ventilacije invertera i redovno čišćenje panela od prašine i polena.
- Olujni periodi – Provjera ispravnosti gromobranske zaštite i osiguranje pričvršćivača na konstrukciji.

Revizija i optimizacija sistema

- Pregled panela i nosača – Identifikacija oštećenja i pojava poput hot-spot efekata.
- Provjera elektroinstalacija – Pregled kablova, konektora, uzemljenja i zaštitnih uređaja.
- Kalibracija senzora i mjernih uređaja – Osiguravanje tačnosti podataka za pravovremenu dijagnostiku.
- Testiranje zaštitnih sistema – Simulacija opterećenja za provjeru ispravnosti osigurača i prekidača.

Dugoročno održavanje i modernizacija

- Zamjena kritičnih komponenti – Pravovremena zamjena baterija, invertera i osigurača kako bi se izbjegli kvarovi.
- Modernizacija sistema – Postepena zamjena starijih komponenti efikasnijim tehnologijama.
- Optimizacija softverskih rješenja – Ažuriranje sistema za daljinsko praćenje i automatsku dijagnostiku kvarova.

Pravilno vođenje tehničke dokumentacije omogućava praćenje performansi i planiranje budućih intervencija. Kroz redovne inspekcije, testiranja, optimizaciju i modernizaciju, osigurava se stabilan rad sistema u svim vremenskim uslovima. Pravilno planiranje i praćenje performansi omogućava pravovremenu sanaciju problema, čime se smanjuju troškovi održavanja i povećava ukupna efikasnost solarne elektrane. Na osnovu evidentiranih podataka, stručnjaci za održavanje predlažu poboljšanja u radu sistema, optimizaciju potrošnje i mogućnosti unapređenja sistema kroz nove tehnologije i poboljšane metode održavanja.

**KVIZ**

Kviz 11: Pogon i održavanje solarnih fotonaponskih elektrana

<https://forms.office.com/e/Y4DvWyr6Gg>**7.6. Finansijski aspekt solarnog fotonaponskog sistema**

Investicija u fotonaponski sistem donosi dugoročne finansijske koristi, ali zahtijeva pažljivu analizu troškova i povrata ulaganja. Razmatranje operativnih troškova, perioda povrata investicije i potencijalnih prihoda ključno je za donošenje ispravne odluke o ulaganju.

Operativni troškovi

Operativni troškovi solarnih fotonaponskih sistema uključuju:

- **Troškove održavanja i popravke** – Redovno čišćenje panela, zamjena invertera nakon 10-15 godina, kontrola kablova i konektora.
- **Troškove praćenja i upravljanja sistemom** – Softverski alati za nadzor sistema, daljinsko praćenje performansi, periodična inspekcija.
- **Osiguranje i troškovi licenciranja** – Osiguranje od oštećenja i prirodnih nepogoda, dozvole za priključenje na mrežu.

Povrat ulaganja (ROI) i period povrata investicije

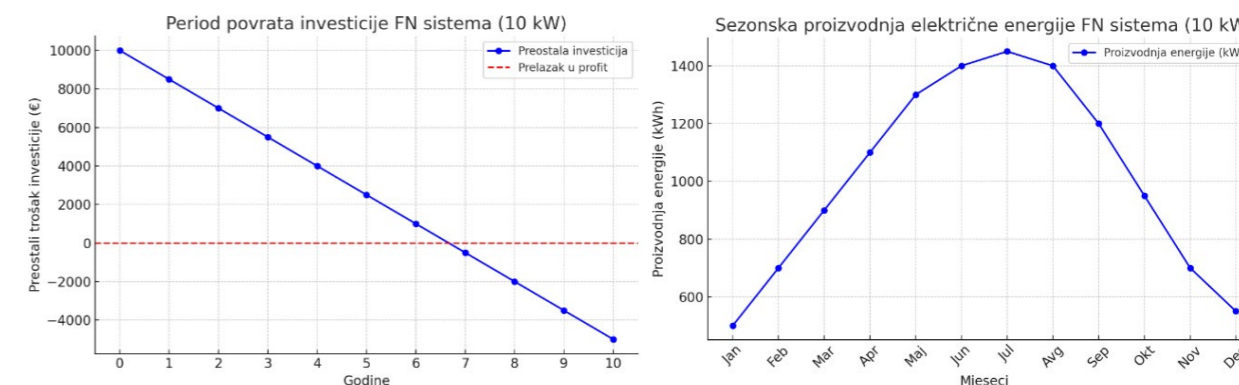
Primjer detaljnog proračun troškova kućnog solarnog fotonaponskog sistema instalacije 10 kW (cijene mogu varirati u zavisnosti od kompanije koja izvodi radove)

Početa investicija:

- Solarni paneli (25 panela x 400 W) – 4.500 €
- Inverter (10 kW, hibridni) – 2.000 €
- Montaža i konstrukcija – 1.500 €
- Električna instalacija (kablovi, konektori, osigurači, uzemljenje) – 1.000 €
- Projektna dokumentacija i dozvole – 500 €
- Ukupni trošak investicije: 10.000 €

Godišnje uštede i prihodi:

- Godišnja proizvodnja energije: ~11.000 kWh
- Godišnja ušteda na računima za struju: 1.500 - 2.000 €
- Prodaja viška energije mreži (ako je omogućena): 200 - 500 €/godišnje

Očekivani period povrata investicije: 5 - 7 godina

Period povrata investicije solarnog fotonaponskog sistema

Grafikon sezonske proizvodnje energije iz fotonaponskog sistema

Half-Cut ćelije pružaju bolju efikasnost i veću otpornost na sijenčenje, što ih čini isplativijim za instalacije u urbanim područjima ili na lokacijama sa mogućim djelimičnim sijenčenjem. Međutim, njihova početna cijena je nešto viša, pa je ekonomski izbor zavisian od budžeta investitora i lokacije sistema.

Nakon perioda povrata, solarni fotonaponski sistem nastavlja generisati uštede i prihod, dok operativni troškovi ostaju niski (prosječno 100 - 200 € godišnje za održavanje i osiguranje).

- Povrat ulaganja (ROI) se računa kao odnos ostvarenih prihoda i ušteda u odnosu na početne investicione troškove.
- Proračun perioda povrata investicije uključuje analizu troškova instalacije, očekivanih godišnjih ušteda i dodatnih prihoda.
- Tipični period povrata se kreće između 5 i 10 godina, zavisno od subvencija, cijene električne energije i lokacije elektrane.

Finansijske koristi

- Uštede na računima za struju – solarni fotonaponski sistemi značajno smanjuju troškove električne energije, posebno kod potrošača sa velikom dnevnom potrošnjom.
- Dobit od prodaje viška energije mreži – U zavisnosti od sistema obračuna (net metering, feed-in tarifa), višak proizvedene energije može se prodavati distributeru.

Novčani tok i analiza životnog ciklusa solarnog fotonaponskog sistema

- Analiza životnog toka novca uključuje predviđanje prihoda i rashoda tokom 25-30 godina rada sistema.
- Godišnja prognoza prihoda i rashoda uključuje operativne troškove, amortizaciju i očekivane prihode.

Finansijska isplativost solarnog fotonaponskog sistema zavisi od operativnih troškova, povrata ulaganja i mogućnosti uštede. Dugoročna analiza novčanog toka pokazuje da solarni fotonaponski sistemi omogućavaju stabilne prihode i značajne uštede tokom svog životnog vijeka.

8. ZAKLJUČAK I PREPORUKE

Instalacija i održavanje solarnih fotonaponskih sistema predstavljaju ključni segment u razvoju održivih energetske sistema i tranzicije ka obnovljivim izvorima energije. Ovaj priručnik pruža neophodna teorijska i praktična znanja koja su od suštinskog značaja za sigurno i efikasno izvođenje radova u solarnim fotonaponskim sistemima.

Kroz detaljno razrađene tematske cjeline, korisnici su upoznati sa osnovnim principima rada solarnih fotonaponskih sistema, komponentama sistema, izvođenjem električnih instalacija, zaštitnim mjerama, kao i procesima puštanja u rad, nadzora i održavanja. Poseban naglasak stavljen je na praktične vježbe koje omogućavaju polaznicima da stečena teorijska znanja primijene u stvarnim uslovima rada.

Pouzdanost i dugovječnost solarnih fotonaponskih sistema direktno zavise od kvaliteta instalacije, pravilnog održavanja i pravovremenog reagovanja na eventualne kvarove. Zato su u priručniku obrađene ključne metode preventivnog i korektivnog održavanja, uz smjernice za otkrivanje i sanaciju kvarova. Takođe, posebno je naglašena važnost zaštite na radu, ispravnog rukovanja opremom i primjene standarda sigurnosti u svakodnevnom radu.

Globalni trend rasta solarne energije i sve veća potreba za kvalifikovanom radnom snagom u ovom sektoru pružaju odlične prilike za profesionalni razvoj i zapošljavanje. Sve veći broj zemalja investira u solarne elektrane, kako za decentralizovanu proizvodnju energije, tako i za velike mrežne sisteme, što otvara mogućnosti za rad u dinamičnom i perspektivnom sektoru obnovljivih izvora energije.

Kvalitetna edukacija i kontinuirano stručno usavršavanje neophodni su za unapređenje solarne industrije i poboljšanje energetske efikasnosti sistema. Stoga, preporučuje se dalja nadogradnja znanja kroz specijalizovane kurseve, praćenje inovacija u oblasti fotonaponskih tehnologija i usvajanje novih tehnoloških rješenja koja mogu optimizovati rad solarnih fotonaponskih sistema.

Ovaj priručnik ne samo da pruža osnovu za razumijevanje i praktičnu primjenu solarnih fotonaponskih sistema, već podstiče korisnike na dalja istraživanja, razvoj profesionalnih vještina i aktivno učešće u razvoju održivih energetske sistema. Njegova primjena će doprinijeti sigurnijem, efikasnijem i ekološki prihvatljivijem korišćenju solarne energije, čime se osigurava energetska stabilnost i zaštita životne sredine.

Nadamo se da će ovaj materijal poslužiti kao temelj za uspješnu primjenu stečenih znanja i vještina te doprinjeti daljem razvoju obnovljivih izvora energije u budućnosti.

Literatura i korišćeni izvori

- Quaschnig, V. (2016). Understanding Renewable Energy Systems. Earthscan.
- Messenger, R. A., & Ventre, J. (2010). Photovoltaic Systems Engineering. CRC Press.
- Markvart, T. (2000). Solar Electricity. John Wiley & Sons.
- Sauer, D. U. (2003). Solar Photovoltaic Basics. Springer.
- Archer, M. D., & Green, M. A. (2003). Clean Electricity from Photovoltaics. Imperial College Press.
- Kalogirou, S. (2009). Solar Energy Engineering: Processes and Systems. Academic Press.
- IEC 61215:2016. Crystalline silicon terrestrial photovoltaic (PV) modules – Design qualification and type approval. International Electrotechnical Commission (IEC).
- IEC 61730:2016. Photovoltaic (PV) module safety qualification. International Electrotechnical Commission (IEC).
- IEEE 1547-2018. Standard for Interconnection and Interoperability of Distributed Energy Resources with Associated Electric Power Systems Interfaces. IEEE Standards Association.
- Norton, B. (2006). Solar Energy Thermal Technology. Springer.
- Lovins, A. B. (2011). Reinventing Fire: Bold Business Solutions for the New Energy Era. Chelsea Green Publishing.
- Čalasan, M., Čalasan B. (2013). Električne instalacije i osvetljenja. Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Podgorica.
- Škuletić, S., Sekulić, Z. (2019). Proizvodnja električne energije. Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Podgorica.
- Stevanović, V. (2021). Solarne elektrane – projektovanje i implementacija. Akademski knjiga, Novi Sad.
- Janković, S. (2019). Elektroenergetski sistemi i obnovljivi izvori. Univerzitet u Beogradu.
- Lekić, M. (2017). Obnovljivi izvori energije. Univerzitet Crne Gore.
- Milovanović, Z. (2021). Tehnička regulativa u elektroenergetici. Građevinski fakultet, Beograd.
- Barac, K., Radić, L. (2006). Bezbednost i zdravlje pri radu na elektroenergetskim objektima sa osvrtom na evropske norme. EDB, Beograd.
- International Energy Agency (IEA). World Energy Outlook Special Report on Renewables, Paris, France, 2021.
- Occupational Safety and Health Administration (OSHA). (2019). Guidelines for Solar Energy Workers - Safety and Best Practices.

Organizacije i standardizacijski izvori

- Međunarodna agencija za obnovljive izvore energije (IRENA) – www.irena.org
- International Electrotechnical Commission (IEC) – www.iec.ch
- IEEE Power & Energy Society – www.ieee-pes.org
- European Photovoltaic Industry Association (EPIA) – www.solarpowereurope.org
- National Renewable Energy Laboratory (NREL) – www.nrel.gov
- International Energy Agency Photovoltaic Power Systems Programme (IEA PVPS) – www.iea-pvps.org
- <https://solarstore.hr/hibridni-fotonaponski-sustavi/>
- <https://ba.pv-mounting.com/ground-mounting-system/pile-ground-mounting-system/solar-panel-bracket-ground-mounting-pile.html>
- <https://srla.solar-panel-mounting.com/roof-mounting-system/fold-tri-bracket-solar-panel-mounting.html>
- <https://azimut.rs/optimalan-ugao-za-postavljanje-solarnih-panela/>
- World Bank - Renewable Energy Project Database – www.worldbank.org

Sajtovi sa kojih su preuzete slike

- Wikimedia Commons – www.commons.wikimedia.org
- Pexels – www.pexels.com
- Unsplash – www.unsplash.com
- Renewable Energy World – www.renewableenergyworld.com
- European Solar Energy Association – www.eurosolar.org
- Energy.gov – www.energy.gov
- <https://ba.pv-mounting.com/ground-mounting-system/pile-ground-mounting-system/solar-panel-bracket-ground-mounting-pile.html>
- <https://srla.solar-panel-mounting.com/roof-mounting-system/fold-tri-bracket-solar-panel-mounting.html>
- <https://www.leader-solar.com/>

Linkovi za korišćeni video materijal

- <https://www.youtube.com/watch?v=8sPp8G8a48E>
- <https://www.youtube.com/watch?v=nA9oC--tq50>
- https://www.youtube.com/watch?v=qSWm_nprfqE
- <https://www.youtube.com/watch?v=HqCVGrbPOcg>
- https://www.youtube.com/watch?v=fl6BMVw_B-Y
- <https://www.youtube.com/watch?v=vjqdJ8OSmRA>
- <https://www.youtube.com/watch?v=bNBQKIht6rg>
- <https://www.extrica.com/article/20178>
- <https://www.windsystemsmag.com/maintaining-a-maintenance-plan/>
- <https://www.youtube.com/watch?v=nA9oC--tq50>
- <https://www.instagram.com/smarthome.co.me/reel/C4fjybxlrch/>
- <https://www.google.me/>
- [search?scaesv=96ee89d9f9e65c74&sxsrf=AHTn8zomu22UrhTFCKBuwKTOxQHgOaKcyQ:1740002101282&](https://www.youtube.com/watch?v=96ee89d9f9e65c74&sxsrf=AHTn8zomu22UrhTFCKBuwKTOxQHgOaKcyQ:1740002101282&)
- <https://www.youtube.com/watch?v=X51ZnslbWNY>
- <https://www.youtube.com/watch?v=oeFeP0JU28w>
- https://www.youtube.com/watch?v=Q6_bFdkuhOk
- <https://solarstore.hr/hibridni-fotonaponski-sustavi/>
- <https://ba.pv-mounting.com/ground-mounting-system/pile-ground-mounting-system/solar-panel-bracket-ground-mounting-pile.html>
- <https://srla.solar-panel-mounting.com/roof-mounting-system/fold-tri-bracket-solar-panel-mounting.html>
- <https://ba.dnsolar.com/info/ballasted-solar-mounting-structure-for-flat-ro-47056322.html>
- <https://azimut.rs/optimalan-ugao-za-postavljanje-solarnih-panela/>
- <https://www.solarpowereurope.org/login>



