



Прирачник

за инсталација и одржување на
соларни фотонапонски системи

Издавач

Иницијатива за реформи во образованието во Југоисточна Европа - ERI SEE

Дечанска 8а, Белград, Србија

www.erisee.org, office@erisee.org

Автори

Меланија Каласан Марина Бралетиќ

За издавачот

Тина Шариќ

Издание

Белград, 2025

ISBN-978-86-82886-12-9



Содржина

1. ВОВЕД	5
1.1. Цел на прирачникот	5
1.2. Важност и примена на соларните фотонапонски системи	6
1.3. Структура на прирачникот	9
2. ОБНОВЛИВИ ИЗВОРИ НА ЕНЕРГИЈА	10
2.1 Сончева енергија	14
2.2 Водна енергија (хидроенергија)	17
2.3 Морска и океанска енергија	19
2.4 Енергија на океанските струи	21
2.5 Енергија на барановите	21
2.6 Конверзија на океанска топлинска енергија (ОТЕС)	23
2.7 Геотермална енергија	24
2.8 Биомаса	26
2.9 Ветерни електрани	28
2.10 Хибридни ветерни електрани	28
3. БЕЗБЕДНОСТ ПРИ РАБОТА И ЗАШТИТА НА ЖИВОТНАТА СРЕДИНА	31
3.1. Можни опасности по безбедноста и здравјето на работниците при работа на соларни фотонапонски системи	31
3.2. Примена на безбедносни и заштитни мерки при работа за време на изведуваче на работи на соларни фотонапонски системи	36
3.3. Имплементација на безбедносни мерки и мерки за лична заштита при работа на висина во соларни фотонапонски системи	38
3.4. Имплементација на мерки за намалување на негативното влијание на соларните фотонапонски системи врз животната средина	42
4. СОЛЧЕВА ЕНЕРГИЈА	47
4.1. Системи за сончева енергија и нивна примена	52
4.2. Соларни колекторски системи (СКС)	52
4.3. Концентрирани соларни системи (соларни термоелектрани)	55
4.4. Основни компоненти на соларните фотонапонски системи	59
4.5. Карактеристики и видови на соларни фотонапонски системи	66
4.6. Техничка документација и техничка регулатива за соларни фотонапонски системи	80
4.7. Материјал, алатки, опрема и уреди за работа на изградба и одржување на соларни фотонапонски системи	82
5. ИЗГРАДБА НА СОЛАРНИ ФОТОНАПОНСКИ СИСТЕМИ	87
5.1. Подготвителни работи за изградба на соларни фотонапонски електрани	87
5.2. Инсталација на носечки конструкции и фотонапонски панели	92
5.3. Инсталација и поврзување на опрема од соларни фотонапонски системи	104
5.4. Избор на заштитни средства и опрема за работа на монтажа и демонтажа на елементи на соларна електрана	113

6. ИЗВЕДБА НА ЕЛЕКТРИЧНИ ИНСТАЛАЦИИ НА СОЛАРНИ ФОТОНАПОНСКИ СИСТЕМИ	116
6.1. Елементи и метод на изведување на електрични инсталации на соларни фотонапонски системи	116
6.2. Изведба на електрична инсталација на еднонасочна струја на соларни фотонапонски системи	119
6.3. Изведување на електрична инсталација на АС на соларни фотонапонски системи	131
6.4. Изведба на инсталација за заземјување и инсталација на громобранска заштита на соларни фотонапонски системи	138
6.5. Најчести грешки при инсталирање на соларен фотонапонски систем.....	146
7. РАБОТА И ОДРЖУВАЊЕ НА СОЛАРНИ ФОТОНАПОНСКИ СИСТЕМИ	148
7.1. Подготвителна работа и почетно тестирање на соларни фотонапонски системи	148
7.2. Мониторинг на оперативните параметри на системот.....	153
7.3. Превентивно одржување и дијагностика.....	160
7.4. Интервенции и решавање проблеми	166
7.5. Сезонски и долгорочни системски подготовки	171
7.6. Финансиски аспект на соларниот фотонапонски систем	172
8. ЗАКЛУЧОК И ПРЕПОРАКИ.....	174
Литература и користени извори	175

1. ВОВЕД

1.1. Цел на прирачникот

Овој прирачник е изработен како дел од проектот RESET за услуги за обновлива енергија во образованието и обуката, кој го спроведува Секретаријатот на Иницијативата за реформи во образованието во Југоисточна Европа (ERI SEE) во соработка со Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ), а е финансиран од Германското сојузно министерство за економска соработка и развој (BMZ). Прирачникот е изработен како практичен водич за учениците/студентите за стекнување на потребните знаења и вештини за инсталација, употреба и одржување на соларни фотонапонски системи. По пат на јасно објаснети теоретски основи, корисниците ќе може да ги разберат клучните принципи на работење на соларните фотонапонски системи, нивните компоненти и начинот на кој тие функционираат, што претставува основа за практична примена.

Прирачникот е првенствено наменет за средношколци и учесници во програми за образование на возрасни и наставници од областа на обновливите извори на енергија.

Прирачникот може да го користат надлежните министерства и образовни агенции, компании вклучени во практична настава, центри за обука, приватни установи кои работат во областа на обновливите извори на енергија, инструктори за практична настава и други заинтересирани страни. Материјалот е усогласен меѓу експерти од областа на обновливите извори на електрична енергија и образование од шест економии: Албанија, Босна и Херцеговина, Црна Гора, Косово*¹, Северна Македонија и Србија, вклучени во имплементацијата на проектот.

Глобалната енергетска транзиција кон одржливи извори на енергија доведе до брз развој на соларните фотонапонски системи (SFNS), кои стануваат доминантен извор на обновлива електрична енергија. Благодарение на континуираното намалување на технолошките трошоци, подобрувањата на ефикасноста и растечката побарувачка за енергетска независност, соларните фотонапонски системи денес се едни од најекономичните решенија за производство на електрична енергија.

Со преминот кон обновливи извори на енергија како глобален приоритет, квалификациите во областа на соларната енергија, особено во секторот за фотонапонски системи, стануваат исклучително барани и ценети. Оваа индустрија е во континуиран подем, а побарувачката за експерти постојано се зголемува. Според Меѓународната агенција за обновлива енергија (IRENA), глобалната индустрија за сончева енергија вработува повеќе од 10 милиони луѓе, при што се проценува дека тој број ќе надмине 14 милиони до 2030 година и 24 милиони до 2050 година. Од нив, секторот за соларни фотонапонски системи го сочинува најголемиот и најбрзо растечкиот дел од пазарот на труд во индустријата за сончева енергија.

¹*Оваа ознака е без предрасуди кон статусот и е во согласност со Резолуцијата 1244/1999 на Советот за безбедност на Обединетите нации и Мислењето на Меѓународниот суд на правдата за Декларацијата за независност на Косово.

Целта на овој прирачник е да ги обучи корисниците за работа со фотонапонски системи и да им овозможи да:

- да ги разбираат клучните принципи на работење на соларните фотонапонски системи, вклучувајќи го начинот на функционирање, компонентите и поврзувањето на системот,
- инсталирање на соларни фотонапонски системи во согласност со техничките и безбедносните стандарди, со што ќе се обезбеди безбедно и сигурно работење,
- одржување и оптимизирање на работењето на соларните фотонапонски системи, продолжувајќи го нивниот работен век и зголемувајќи ја ефикасноста,
- препознавање и отстранување на можни дефекти со цел да се обезбеди долгорочно и непречено функционирање на системот.

Прирачникот комбинира теоретско знаење и практични упатства, обезбедувајќи им на корисниците сигурност и доверба во работењето со соларни технологии. Јасно структурираниот материјал овозможува стекнување на професионални компетенции неопходни за инсталација, одржување и подобрување на соларните фотонапонски системи.



Приказ на соларен фотонапонски систем

На самиот крај, прирачникот претставува основа за стекнување на квалификации кои се високо ценети на пазарот на трудот. Со оглед на постојаниот пораст на секторот за сончева енергија, стекнатите вештини овозможуваат професионален развој, отворајќи можности за вработување и понатамошно усовршување во една од најперспективните индустрии денес.

1.2. Важност и примена на соларните фотонапонски системи

Соларните фотонапонски системи играат клучна улога во глобалната транзиција кон одржливи извори на енергија. Зголемената побарувачка за електрична енергија, нестабилноста на цените на фосилните горива, како и потребата од намалување на емисиите на штетни гасови ги прават соларните фотонапонски системи едно од најперспективните решенија за иднината. Нивната примена придонесува за намалување на емисиите на јаглерод диоксид во енергетскиот сектор, зголемување на енергетската независност и стабилизирање на цените на електричната енергија.

Според податоците од Меѓународната агенција за обновливи извори на енергија (IRENA), на крајот од 2023 година, глобалниот инсталиран капацитет на соларни фотонапонски системи достигна импресивни 1.419 GW, со годишен пораст од 32,2% во текот на истата година. Растечкиот тренд за периодот 2014 - 2023 година е прикажан на графиконот. Континуируаниот пораст на инсталираниот капацитет на соларните фотонапонски системи е јасно видлив, со забрзан раст во последните години.



До 2030 година, се очекува соларните фотонапонски системи да станат доминантен извор на електрична енергија во многу земји, благодарение на намалувањето на технолошките трошоци, подобрената ефикасност и растечката свест за еколошките и економски придобивки од овој облик на производство на електрична енергија.

Главните предности на фотонапонските системи се:

- **неисцрпен потенцијал** - сончевата енергија е неограничен ресурс, а нејзиниот дневен капацитет ги надминува глобалните енергетски потреби многукратно,
- **еколошка одржливост** - соларните фотонапонски системи произведуваат електрична енергија без емисија на CO₂ и други загадувачи, што директно придонесува за заштита на животната средина и борба против климатските промени,
- **децентрализација на производството на енергија** - соларните фотонапонски системи овозможуваат производство на електрична енергија на местото на потрошувачка, намалувајќи ја зависноста од централизираните енергетски системи и зголемувајќи ја енергетската безбедност,
- **економска профитабилност** - благодарение на намалувањето на трошоците за инсталација и достапноста на финансиски стимулации, соларните фотонапонски системи претставуваат едно од најекономичните решенија за производство на електрична енергија,
- **Долг работен век и ниски трошоци за одржување** – фотонапонските панели имаат работен век кој надминува 25 години, а со правилно одржување нивната ефикасност останува висока подолг временски период.

Соларните фотонапонски системи се широко користени во различни сектори, од мали домашни системи па сè до големи соларни фотонапонски електрани. Клучните области на примена се:

- **Домаќинства и станбени згради** - соларните фотонапонски системи се користат во индивидуални куќи и колективни станбени згради со цел намалување на трошоците за енергија, зголемување на енергетската независност и можноста за поврзување со мрежата со испорака на вишок електрична енергија.
- **Комерцијални, јавни и административни објекти** - соларните фотонапонски системи се користат во деловни и комерцијални згради, образовни и здравствени установи, спортски објекти, јавни административни згради и административни центри. Овие системи овозможуваат оптимизација на потрошувачката на енергија, намалување на оперативните трошоци и зголемување на енергетската ефикасност, а воедно придонесуваат за сигурно снабдување со електрична енергија.
- **Индустриски и земјоделски сектор** - соларните фотонапонски системи овозможуваат енергетски ефикасно напојување на производствени погони, магацини и системи за ладење во индустријата, додека пак во земјоделството се користат за напојување на системи за наводнување, фарми и други процеси за кои е неопходна енергија. Со користење на сончевата енергија, трошоците за електрична енергија се намалуваат и се обезбедува постабилно снабдување со електрична енергија во области со ограничен пристап до мрежата.
- **Туристички и угостителски објекти** - хотелите, одморалиштата, камповите и велнес центрите сè повеќе користат соларни системи за намалување на оперативните трошоци, зголемување на одржливоста на бизнисот и обезбедување сигурно снабдување со електрична енергија во туристичките објекти, особено во оддалечените и сезонски дестинации.
- **Сообраќај и инфраструктура** - соларните фотонапонски системи се користат за напојување на станици за полнење на електрични возила, осветлување на паркинг места и настрешници, аеродроми, железнички и автобуски станици, мостови и тунели.

Интегрирањето на соларните системи во транспортната инфраструктура придонесува за намалување на потрошувачката на енергија од конвенционални извори и овозможува поголема енергетска автономија.

- **Телекомуникации и оддалечени локации** - соларните фотонапонски системи овозможуваат сигурно напојување на базните станици, репетиторите и останати телекомуникациски објекти, особено во руралните и тешко достапни области каде што не е достапна стабилна електрична мрежа. Овие системи овозможуваат непречено функционирање на телекомуникациските системи, а воедно ги намалуваат трошоците за работа и одржување.
- **Големи соларни електрани** - Фотонапонските паркови стануваат сè поважен дел од енергетските системи, овозможувајќи производство на електрична енергија во големи количини и нејзина дистрибуција до потрошувачите. Развојот на големи соларни електрани придонесува за зголемување на капацитетот на обновливите извори на енергија во електричните мрежи и намалување на зависноста од фосилни горива.
- **Паметни мрежи и складирање на енергија** - соларните фотонапонски системи играат клучна улога во развојот на паметните енергетски мрежи, овозможувајќи децентрализирано производство на енергија и интеграција на обновливи извори во мрежниот систем. Преку напредни системи за управување и дигитални технологии, соларните фотонапонски системи овозможуваат динамичко прилагодување на потрошувачката и производството во реално време, подобрување на ефикасноста на мрежата и намалување на оптоварувањето на традиционалните извори на енергија. При интегрирање со батериски системи, паметните мрежи користат соларни фотонапонски системи за балансирање на оптоварувањата и зголемување на стабилноста на системот, со што се намалуваат загубите на енергија и се оптимизира снабдувањето со електрична енергија.

Со постојан технолошки напредок и сè пониски трошоци, соларните фотонапонски системи стануваат клучен елемент во глобалната енергетска транзиција. Нивната широка примена и економските предности ги прават еден од најперспективните извори на електрична енергија во иднина. Се очекува дека понатамошниот развој на пазарот и новите технологии дополнително ќе ја зголемат ефикасноста и достапноста на фотонапонските системи, овозможувајќи нивна уште поширока примена во сите сектори на економијата и општеството.

1.3. Структура на прирачникот

Прирачникот за изградба и одржување на соларни фотонапонски системи е дизајниран како сеопфатен водич што ги опфаќа сите клучни аспекти на инсталацијата, работењето и одржувањето. Изнесениот материјал им овозможува на корисниците да стекнат основни теоретски и практични знаења, оспособувајќи ги за квалитетно вклучување во работниот процес. Прирачникот е првенствено наменет за практична настава, како дополнително на потребните теоретски основи за примена на стекнатото знаење во пракса.

Прирачникот се состои од вовед и шест поглавја посветени на разработка на прашањата што се предмет на прирачникот. На крајот се дадени заклучоци и препораки, ознаки и кратенки, како и литература и корисни извори.

Во воведот се изнесени целта и задачите на прирачникот и е дадена структурата на прирачникот, која го прикажува распоредот и содржината на опфатените поглавја. На крајот е образложена важноста на соларните фотонапонски системи, со наведување на нивната најразновидна примена.

Поглавјето 2, Обновливи извори на енергија, дава основни информации за различните видови на обновливи извори на енергија.

Поглавјето 3, Безбедност при работа и заштита на животната средина, се однесува на клучните безбедносни мерки и стандарди коишто мора да се почитуваат при инсталирањето и одржувањето на соларни фотонапонски системи во насока на заштита на работниците и заштита на животната средина.

Поглавјето 4, Сончева енергија, ги опфаќа видовите соларни фотонапонски системи, нивниот режим на работа и елементи.

Поглавјето 5, Изградба на соларни фотонапонски системи, е клучно поглавје од прирачникот кое детално ги разработува процедурите и методите за практична имплементација на изградбата на соларни фотонапонски системи.

Поглавјето 6, Изведување електрични инсталации на соларни фотонапонски системи, ги опфаќа практичните аспекти на сите видови инсталации во рамките на соларните фотонапонски системи, како и инсталацијата и одржувањето на соларните фотонапонски системи.

Поглавјето 7, Работење и одржување на соларни фотонапонски системи, ги опишува активностите за време на работењето, како и сите видови одржување на соларни фотонапонски системи.

Во делот **Заклучоци и препораки**, се сублимирани клучните заклучоци врз основа на претходни информации и се дадени насоки за понатамошно работење во оваа област.

На крајот од Прирачникот, следува преглед на литература и корисни извори со список на користени извори и дополнителни материјали коишто можат да се значајни за продлабочено разбирање на тематските области на соларните фотонапонски системи.

2. ОБНОВЛИВИ ИЗВОРИ НА ЕНЕРГИЈА

Енергијата е насекаде околу нас. Таа ги движи сите живи суштества. Сè во околината се заснова на употребата на енергија. Во суштина енергијата претставува способност за извршување на одредена работа. Енергијата зависи од условите во кои се наоѓа. Таа ги одредува сите состојби во природата: движење и мирување, термички состојби, хемиски процеси, електромагнетни процеси, ширење на светлината, врски во атомите, итн.

Општата дефиниција за енергија е: енергијата е способност за извршување на работа. Познато е дека енергијата не може да се изгуби, туку може само да се пренесе од еден облик во друг (хемиски во топлински, топлински во механички...).

Денес, енергијата е клучен елемент во развојот на општеството. Развојот на економијата е директно условен од употребата на различни облици на енергија.

Интензивното користење на постојните и пронаоѓањето нови извори на енергија има одлучувачко влијание врз брзината на развој и растот на економијата.

Основните карактеристики на енергијата се:

- не може да се создаде од ништо
- таа е неуништлива
- способност за преминување од еден облик во друг или премин од едно тело во друго

Во природата, енергијата се јавува во различни облици:

- **Потенцијална енергија** – енергија складирана поради положбата на телото во однос на други објекти (на пример, вода во резервоар, извор под напон).
- **Кинетичка енергија** – енергија на движење на телото. Сè што се движи има кинетичка енергија (на пример, ветер, автомобил во движење).
- **Хемиска енергија** – енергија складирана во хемиски врски меѓу атомите (на пример, енергија од храна, гориво, батерии).
- **Електрична енергија** – енергија што произлегува од движењето или дистрибуцијата на електрични полнежи.
- **Топлинска енергија** – енергија што ја поседува телото поради неговата температура, односно случајното движење и судир на неговите честички (на пример, загреан метал, врела вода, воздух загреан од сончево зрачење).
- **Нуклеарна енергија** – енергија ослободена од промени во атомските јадра, или со фисија на тешки јадра или со фузија на лесни јадра (на пример, енергија од нуклеарни централи, реакции на сонцето).
- **Електромагнетна енергија** – енергија на зрачење што вклучува светлина, радио бранови и други облици на електромагнетно зрачење.

Низ историјата, преовладувале судири околу пристапот до одредени извори на енергија. Фактот дека индустриските револуции се разликувале во откривањето и примената на новите извори на енергија укажува на важноста на енергијата. Моментално се случува револуција која става акцент на обновливите извори и развојот на енергетски штедливи, „зелени“ технологии.

Невозможно е да се замисли современата цивилизација без електрична енергија. Електричната енергија се користи за осветлување, греење, стартување на разни машини, напојување на комуникациски уреди. Практично, не постои сегмент од човековата дејност каде што не се користи електрична енергија.

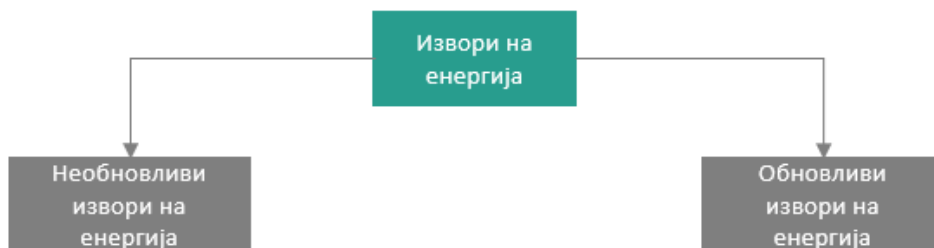
Употребата на електрична енергија има големи предности во однос на останатите видови енергија:

- Изворите на електрична енергија може да се далеку од местото на користење на електричната енергија;
- Електричната енергија се пренесува со релативно мали загуби;
- Со користење на системот за пренос на електрична енергија, таа е достапна за голем број корисници;
- Електричната енергија едноставно преминува во други облици на енергија (топлинска, светлосна, механичка...).

Во стручната литература постојат и други поделби на енергијата кои зависат од бројни критериуми за поделба. Различните облици на енергија се делат, односно групираат на неколку начини. Најчестите поделби со критериуми за поделба се прикажани во табелата која следува.

ПОДЕЛБА	КРИТЕРИУМИ ЗА ПОДЕЛБА
Акумулирана и преодна	Состојба и времетраење на постоењето
Примарна, трансформирана и корисна	Манифестиран облик, форма, т.е. можност за употреба
Конвенционална и неконвенционална	Ниво на употреба, т.е. техничка и економска профитабилност
Обновлива и необновлива	Природна обновлива енергија

Имајќи ја предвид природната обновливост (временската можност за нејзино исцрпување), примарната енергија може да се подели на обновлива енергија и необновлива енергија.



Терминот необновливи извори на енергија вклучува: фосилни горива, јаглен, нафта и нафтени деривати, природен гас, минерални наоѓалишта како што се нафтени шкрилци, како и фисиони (нуклеарни) горива.

Проблемот со необновливите извори на енергија се нивните ограничени количини и ограничена дистрибуција. Резервите на фосилни горива се ограничени и брзо се исцрпуваат.

Друг проблем е загадувањето на човековата средина. Согоорувањето на фосилни горива, особено оние базирани на нафта и јаглен, е најверојатната причина за глобалното затоплување. Климатските промени се една од најсериозните закани за еко-системот на планетата Земја.

Примената на нуклеарната енергија претставува условно чиста технологија, но во случај на хаварија, може да се доведе до појава на екстремно големо загадување со огромни последици за луѓето и животната средина. Воедно, отстранувањето на радиоактивниот отпад е голем проблем.

Обновливите извори на енергија се ресурси кои се обновуваат природно и не се исцрпуваат со нивната употреба. Името „обновливи извори на енергија“ произлегува од фактот дека нивните резерви континуирано или циклично се обновуваат по природен пат, а количината на енергија што се користи не ја надминува стапката на нејзино природно обновување.

Главните облици на обновливи извори на енергија се:

- **Сончевото зрачење** - примарен извор на енергија за речиси сите процеси на Земјата. Сончевата енергија се јавува во вид на електромагнетно зрачење, од кое дел стигнува до површината на планетата, додека остатокот се апсорбира или рефлектира во атмосферата. Интензитетот на сончевото зрачење зависи од географската локација, годишното време и атмосферските услови.
- **Енергијата на ветерот** - настанува како резултат на нерамномерното загревање на површината на Земјата и ротацијата на планетата, што доведува до разлики во притисокот и движење на воздушните маси. Брзината и насоката на ветерот зависат од географските карактеристики и климатските услови.
- **Водна енергија (хидроенергија)** – енергија на водата што произлегува од хидролошкиот циклус, каде што сончевото зрачење предизвикува испарување, кондензација и врнежи, а со тоа овозможувајќи континуиран тек на реките и обновување на водните ресурси. Јачината на водните текови зависи од надморската височина, нагибот на теренот и количината на врнежи.
- **Биомаса** – органска материја од растително и животинско потекло, која ја складира сончевата енергија по пат на фотосинтеза. Опфаќа широк спектар на материјали, вклучувајќи дрво, земјоделски остатоци, органски отпад и специјално одгледувани енергетски растенија.
- **Геотермална енергија** – енергија создадена со распаѓање на радиоактивни елементи во внатрешноста на Земјата и преостанатата топлина од периодот на нејзиното формирање. Топлината се пренесува низ земјината кора до површината, со извори најизразени во вулкански и тектонски активни области.
- **Морска и океанска енергија** - Вклучува плима и осека, енергија од морските бранови и температурни разлики во океаните. Плимата и осеката се создаваат под влијание на гравитационската сила на Месечината и Сонцето, додека морските бранови се создаваат под дејството на ветерот на површината на водата. Топлинската енергија на морето произлегува од температурните разлики помеѓу површинските и длабоките слоеви на океанот.

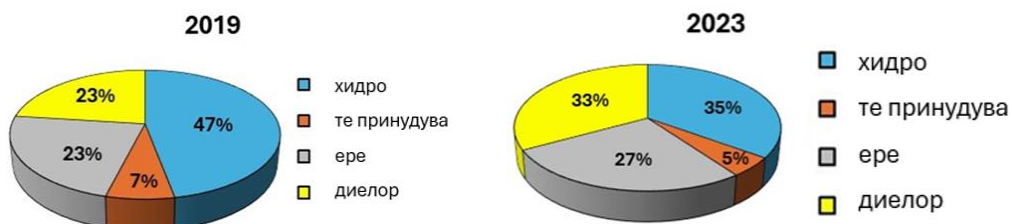
Една од главните причини за забрзаниот развој на обновливите извори на енергија е нивното значително помало негативно влијание врз животната средина во споредба со конвенционалните извори.



Обновливи извори на енергија

Обновливите извори бележат забрзан пораст во енергетскиот сектор. Според податоците од Меѓународната агенција за обновлива енергија (IRENA), глобалниот капацитет за обновлива енергија достигна приближно 3.064 GW до крајот на 2023 година.

Во 2024 година, инвестициите во чиста енергија беа речиси двојно поголеми од оние во фосилните горива. Вкупните инвестиции во енергија надминаа три трилиони долари, од кои околу два трилиони беа насочени кон чисти технологии како што се обновливи извори на енергија, електрични возила и нуклеарна енергија.



Распределба на инсталирани капацитети на обновливи извори на енергија

Во продолжение, накратко ќе се осврнеме на обновливите извори на енергија, додека детална анализа на ветерот како клучен извор на енергија за технологијата на претворање на кинетичката енергија на ветерот во електрична енергија ќе биде опфатена во следните поглавја од овој прирачник.

2.1 Сончева енергија

Соларните електрани ја претвораат сончевата енергија во електрична енергија.

Во текот на една година, сончевата енергија што стигнува до Земјата е 20.000 пати поголема од енергијата потребна за задоволување на потребите на севкупното население на Земјата.

За само три дена, сончевата енергија еквивалентна на енергијата произведена од сите фосилни извори и резерви на Земјата достигнува до површината на Земјата.

При поминување низ атмосферата, дел од енергијата се троши во сложени процеси, а дел се рефлектира и повторно се емитува во вселената. Тој дел изнесува околу 1/3 од енергијата што стигнала до работ на атмосферата, па затоа протокот на енергија кон површината на Земјата е во просек 920 W/m^2 .

Постојат два вида на соларни електрани, имено:

- термо соларни електрани
- фотонапонски соларни електрани

Во термо соларните електрани, огледалните системи ги насочуваат сончевите зраци кон резервоарот што ја содржи течноста што се загрева. Загреаната течност оди во топлинскиот разменуваач, пренесувајќи ја топлината на водата или пареата. Понатамошниот процес е идентичен со оној кај класичните термоелектрани.

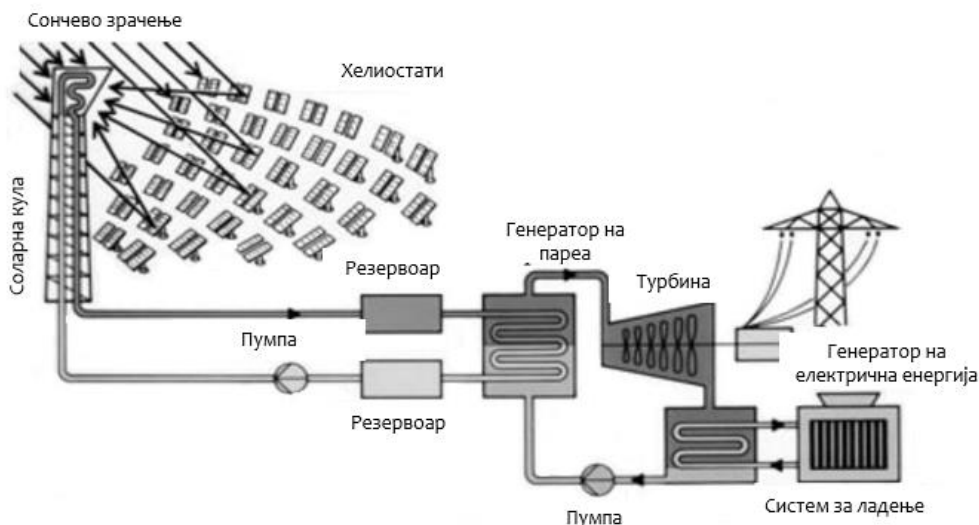


Соларна електрана PS10 во Шпанија

Способноста за складирање на топлина со употреба на термички медиуми (како што се растопените соли) е клучна предност на овие системи бидејќи овозможува континуирано производство на електрична енергија дури и во периоди кога директното сончево зрачење не е достапно.

Соларните термоелектрани со сончева кула користат хелиостатско поле.

Хелиостат е уред кој има обично огледало кое ротира така што во текот на денот ја рефлектира сончевата светлина кон одредена целна кула (helios од грчкиот збор за сонце и stat од англискиот збор stationary-non-moving (стационарно-неподвижно)).



Принцип на работење на соларна термоцентрала со хелиостати

Колекторите на сончева енергија (параболични колектори) се состојат од параболични огледала кои ја примаат топлинската енергија на Сонцето и ја пренасочуваат кон цевка која се наоѓа во фокусната точка на параболата. Во цевката има течност, на пример синтетичко масло како топлински медиум со работна температура од 400°C . Загреаната течност циркулира до топлинскиот разменуваач, каде што ја пренесува топлината на водата и се претвора во заситена пара. Потоа пареата доведува до придвижување на турбина поврзана со генератор кој произведува електрична енергија.



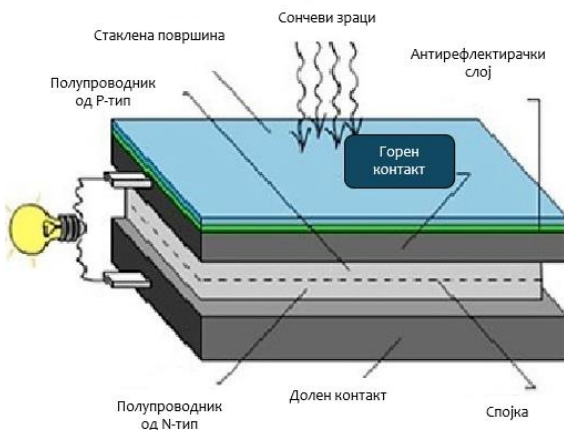
Параболични колектори

Друг вид на соларна електрана ја претвора сончевата енергија директно во електрична енергија со користење на полупроводни фотонапонски ќелии. Ефикасноста на овие полупроводни конвертори е релативно мала, па затоа се потребни големи површини на соларни панели за да се добие одредена количина електрична енергија. Предноста на оваа електрана е долгиот работен век и едноставното ракување, со минимални барања за одржување со оглед на фактот што електраната нема подвижни делови.

Недостатокот на сите соларни електрани е што нема континуитет во производството на енергија бидејќи ноќе, кога нема сонце, нема производство на електрична енергија.

Кога честичите од светлината (фотони) паѓаат врз силициумски атом, електроните се исфрлаат од кристалната решетка. Поради ова, на едната страна од полупроводната врска се создава вишок негативен полнеж, а на другата страна од позитивниот полнеж доаѓа до проток на струја.

Соларните ќелии исто така имаат две метални мрежи, т.е. два електрични контакти. Едниот е под полупроводниот материјал, а другиот е над него. Горната мрежа или контакт собира електрони од полупроводникот и ги води кон надворешниот потрошувач. Електричното коло е затворено со долниот контактен слој.



Фотонапонски систем на ќелии

2.2 Водна енергија (хидроенергија)

Видовите на искористлив хидроенергетски потенцијал се акумулации, водотеци на реки и потоци, плима и осека, морски бранови, подводни струи и слично, а основните параметри на хидроенергијата се проток, висина на пад, густина на вода, итн. Инструменти за мерење на хидроенергетски параметри се мерач на проток, висинометри или ласерски висинометри за висина на пад и хидрометри или дензитометри за густина на вода.

Хидроелектраните (ХЕ) спаѓаат во категоријата објекти што ја користат водата како обновлив извор на енергија. Тие одиграа доминантна улога во почетната фаза од развојот на електрификацијата во многу земји.

Секоја хидроелектрана има различна изведба во зависност од:

- количината на вода;
- метеоролошките услови во поширокото подрачје на сливот;
- висината на водопадот;
- спецификите на теренот (геолошки услови што преовладуваат на водотекот); како и
- специфични барања (пловност на реката, наводнување, биолошки барања за водотекот...).

Според начинот на кој се користи водата, постојат следниве видови на хидроелектрани:

- Проточни хидроелектрани во кои водата се користи како што достигнува;
- Акумулациони хидроелектрани во кои се акумулира дел од водата за да може да се користи кога ќе се појави потреба за тоа.

Посебни видови хидроелектрани се:

- Пумпно акумулациски или реверзибилни хидроцентрали и
- Хидроелектрани кои ја користат енергијата на морето (плима и осека, енергија од бранови, морски струи...).

При изведбата на хидроелектрана, треба да се земе предвид не само потрошувачката на енергија од вода, туку и земјоделските побарувања (наводнување, одводнување), водоснабдување, можности за пловење...

Изборот на тип на ХЕ зависи од голем број фактори кои влијаат на рационалната и економична изградба на електраната, па затоа е невозможно да се наведат строги правила за избор на типот на електрана.

Принципот на работење на хидроцентрала:

- Водата од река или езеро доаѓа преку систем од канали или цевки до водните турбини;
- Водните турбини се вртат под дејство на вода, а бидејќи роторите на турбината и генераторот се механички поврзани, роторот на генераторот се врти и се произведува електрична енергија;
- Произведената електрична енергија се испорачува до потрошувачите преку систем од трансформатори и далноводи.

Малите хидроелектрани (МХЕ) се хидроенергетски системи со помала моќност, најчесто изградени на помали водотеци, односно на помали реки, потоци, разни канали, па дури и системи за наводнување.

Во нив, енергијата на овие водни потоци се претвора во корисна енергија, со што се обезбедува релативно чисто и сигурно производство на електрична енергија.

Малите хидроелектрани се претежно електрани на воден тек и затоа не бараат значителни земјени и градежни работи и инвестиции коишто обично се потребни за изградба на големи брани и акумулации. Главната разлика помеѓу големите и малите хидроелектрани е во инсталираната моќност, при што ограничувањето на моќноста што ги дели овие хидроелектрани е различно од земја до земја. Без оглед на големите отстапувања во одредени земји, од гледна точка на горната граница на инсталираната моќност (МНР од 1,5 MW до 30 MW), во последно време, вредноста на вкупниот инсталиран капацитет до 10 MW (прифатена во ЕУ - ESHA) најчесто се прифаќа како стандард.

Малата хидроцентрала не е само намалена верзија на голема хидроцентрала. За да се задоволат основните барања што ѝ се поставуваат, потребна е специфична опрема и уреди за нејзина изградба, пред сè во однос на едноставноста, износот на инвестициите и трошоците за работење и одржување, режимот на работа, максималната сигурност и безбедност, како и едноставната употреба и одржување од страна на лица кои не се специјализирани за тоа. Принципната шема на мала хидроцентрала е прикажана на сликата.



Најчестиот распоред на основните елементи на мала хидроцентрала

2.3 Морска и океанска енергија

Морската и океанска енергија е обновлив извор на енергија при кој се користат природни појави во морињата и океаните, како што се плимата и осеката, брановите, морските струи и температурните разлики помеѓу површинските и подлабоките слоеви на водата. Овие појави може да се користат за производство на електрична енергија со користење на различни технологии.

Системите за искористување на енергијата од морето и океанот не испуштаат јаглерод диоксид за време на работењето, што придонесува за намалување на загадувањето и ублажување на климатските промени. Исто така, тие можат да придонесат за енергетска стабилност бидејќи користат природни процеси кои се постојани и предвидливи, намалувајќи ја зависноста од фосилни горива. Сепак, нивната широка примена зависи од понатамошниот развој на технологиите, намалувањето на трошоците за изградба и одржување и почитувањето на прописите за заштита на животната средина.

Морињата и океаните содржат огромни количини на енергија што може да се користи за производство на електрична енергија. Главните извори на оваа енергија се: енергијата на плимата и осеката, енергијата на брановите, океанската топлинска енергија (ОТЕС) и енергијата на океанските струи.

Овие извори се разликуваат во однос на механизмот на нивното формирање и технологиите што се користат за нивна експлоатација.

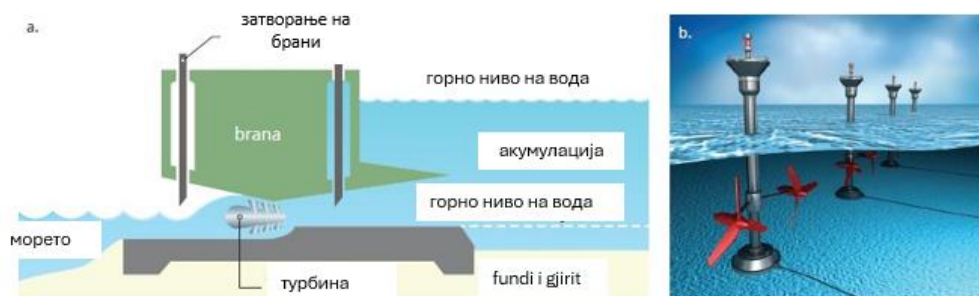
Електраните што користат плима и осека (обновлив извор на енергија) за погон на турбини се посебен вид на хидроелектрани за складирање. Плимата и осеката (морските плими и осеки) се јавуваат под влијание на Сонцето и Месечината врз водата во морињата и океаните. Морските плими и осеки се периодично издигнување (плими) и спуштање (слаби плими) на површината на морето и океанот и движење на големи водни маси предизвикани од гравитациската сила на Месечината и Сонцето врз водните маси, во комбинација со ротацијата на Земјата.

Бидејќи промените во плимата и осеката предизвикуваат движење на флуиди, т.е. на водна маса (кинетичка енергија), можно е таа енергија да се претвори во електрична енергија со помош на специјални електрани. Овие видови на електрани не се вообичаени бидејќи нивната изградба, одржување и профитабилност во моментот нанојат значителни финансиски средства. Денес, единствено високо развиените и богати земји имаат развиено неколку вакви електрани, иако многу земји имаат природен потенцијал за нивна употреба.

Технологијата што се користи за конверзија е многу слична на технологијата што се користи кај конвенционалните хидроелектрани. Сепак, електраните со плима и осека никогаш не можат да работат континуирано, туку само додека не се случи следната плима.

Денес, постојат главно две можности за користење на енергијата на плимата и осеката:

- со помош на плимни брани (слика а) или
- со користење на плимни струи (слика б).

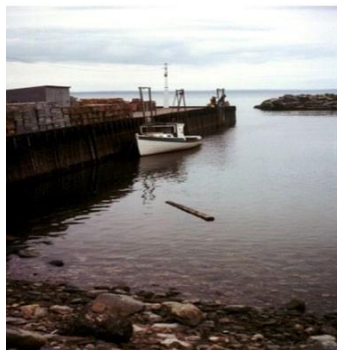


а) Плимна брана б) Плимни струи

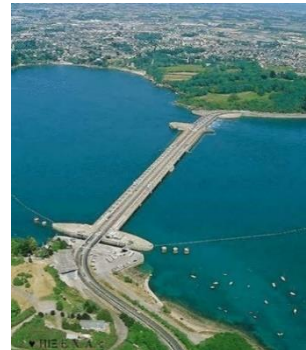
Кај плимните брани, браната служи за спречување на навлегувањето на вода во базенот/резервоарот и за собирање и постепено ослободување на водата кога плимата ќе почне да се повлекува. Електричната енергија се произведува со отворање на затворањот/бравата и постепено дозволување на водата да тече низ отворот на турбината. Енергијата може да се произведе во една или во двете насоки.

Плимните струи се големи количини на вода што течат низ океаните поради промени во положбата на водата - движењето на плимата и осеката. Овој ефект најчесто се забележува во плитки области каде што има природни стеснувања каде што брзината на водата значително се зголемува. Технологијата за користење на оваа енергија е слична на технологијата за претворање на енергијата на ветерот, со некои важни разлики. За жал, оваа технологија е сè уште во зародиш, доста е скапа и е достапна само за развиените земји.

Областите на источниот брег на Канада, како и западниот брег на Франција и Велика Британија, се области со изразени плими и осеки. Најголемата измерена разлика помеѓу високите и ниските плими од 16 метри е измерена во Канада.



Пример за висинска разлика помеѓу висока и ниска плима



Електраната Ла Ранс

Најпознатата и воедно најголемата ваква електрана е изградена во 1966 година во Франција. Се наоѓа на сливот на реката Ла Ранс во морето. Во тоа подрачје, просечната плима е 8 метри, а максималната е 13,5 метри. Моќноста на електраната е 240 MW.

2.4 Енергија на океанските струи

Електраната генерира електрична енергија со користење на морските струи - работи како еден вид на подводна ветерница. Ваква тест-централа веќе е инсталирана покрај југозападниот брег на Англија. За да може да се користат струите во двата правци, лопатките на роторот можат да се ротираат за 180°.

Електраната се состои од три главни компоненти: кула висока 50 метри што служи како столб на кој е монтирана електраната, односно „погонската просторија“ во која се наоѓа контролниот систем за поврзување со мрежата за пренос на електрична енергија, хидрауличниот систем за подигнување и спуштање на електраната, како и роторот кој е прикачен на кулата и кој го формира срцето на електраната.



Електраната Лоу Стренфорд

2.5 Енергија на брановите

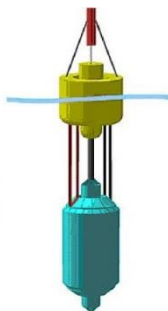
Морските електрани се оние што ја користат енергијата на брановите (обновлив извор на енергија) за производство на електрична енергија. Главната причина за генерирање на енергијата на брановите е дејството на ветерот (последича на дејството на сонцето) на површината на морето и океанот. Со оглед на фактот што моќноста на брановите се разликува од дневните плими и постојаните кружни океански струи, мора да се избере повољна локација за нејзина употреба каде што брановите се доволно чести и со доволна јачина.

Моќноста на брановите се дефинира по единица површина нормална на насоката на движење на брановите. Може да биде и до 10 kW/m^2 , но може да биде и околу нула. На пример, за Северноатлантската област, на отворено море помеѓу Шкотска и Исланд, во 50 проценти од времето, моќноста на брановите е $3,9 \text{ kW/m}^2$ или поголема.

Енергијата на брановите може да се искористи преку површински и подводни уреди, како и резервоари.

Површински уреди (лебдечки системи) – Овие уреди се движат нагоре-надолу од брановите на површината на океанот, со што се пренесува енергија на нив.

Лебдечки пловец
Спојувачки шипки
Потопен цилиндар
Пренос на моќност



Осцилирачки воден столб (ОВО) – Структури што користат осцилации на водата во коморите за да создадат притисок што ги движи турбините. Воздухот во коморите е притискан од брановите и на тој начин се придвижува генераторот. Пример: Лимпет во Шкотска.



Лимпет (Шкотска)

Брановидни серпентин уреди (површински атенуатори) – Долги лебдечки структури кои се виткаат под влијание на брановите и генерираат електрична енергија. Овие технологии го имитираат начинот на кој змијата се движи во вода и користат механички спојки за претворање на енергијата. Пример: Технологија Pelamis Wave Energy Converter (Pelamis WEC).



Пеламис ВЕЦ

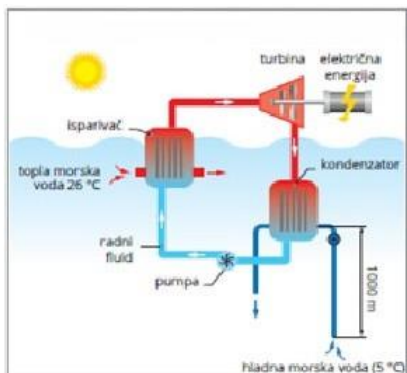
Подводни уреди – Тие се движат од објекти слични на балони прикачени на дното на океанот до долги цевки што се протегаат на голема должина. Кога брановите предизвикуваат нивно осцилирање, тие ја придвижуваат турбината и генерираат електрична енергија.



Подводни уреди

2.6 Конверзија на океанска топлинска енергија (ОТЕС)

ОТЕС ја користи температурната разлика помеѓу топлиите површински води и ладните длабоки води на тропските океани за производство на електрична енергија. Поголемата температурна разлика овозможува поефикасна конверзија на енергија. Во близина на екваторот, температурната разлика помеѓу површинските и длабоките води може да достигне до 25°C, што го прави овој извор на енергија значаен потенцијал. Електраните на ОТЕС можат да работат 24 часа на ден во текот на целата година, користејќи ја топлинската енергија што тропските мориња постојано ја акумулираат.



Шематски приказ на ОТЕС системот



Пловечка ОТЕС централа

Постојат три основни технологии во ОТЕС системот:

- Затворен циклус – Користи работен флуид со ниска точка на вриење, како што е амонијакот. Топлата морска вода поминува низ разменувач на топлина и ја пренесува енергијата на работниот флуид, кој испарува. Добиениот гас ја придвижува турбината којашто е поврзана со генератор на електрична енергија. Потоа, гасот се лади и кондензира со помош на ладна длабока вода, враќајќи се во течна состојба и затворајќи го циклусот.
- Отворен циклус - Морската вода од топлиите површински слоеви се внесува во комора со намален притисок, каде што дел од водата испарува поради нискиот притисок. Добиената пареа ја придвижува турбината, по што се лади при контакт со ладна длабока вода и повторно кондензира во течност.
- Хибриден циклус - Ги комбинира елементите од затворен и отворен циклус со цел зголемување на ефикасноста. Топлата вода доведува до испарување на работниот флуид во затворен циклус, а истовремено, дел од водата во отворениот циклус испарува директно под низок притисок.

2.7 Геотермална енергија

Геотермалната енергија е обновлив извор на енергија што произлегува од внатрешноста на Земјата и се создава како резултат на високата температура на нејзините длабоки слоеви, која се движи помеѓу 4000°C и 7000°C. Оваа топлина е резултат на природното распаѓање на радиоактивните елементи како што се ураниумот, ториумот и калиумот, како и остатоците од топлинската енергија генерирана за време на формирањето на планетата.

Температурата во внатрешноста на Земјата се зголемува со длабочината - на 80 до 100 км, температурата на карпите достигнува од 600°C до 1200°C. Оваа топлина постојано струи кон површината и може да се користи за производство на електрична енергија, греење на згради и индустриски процеси.

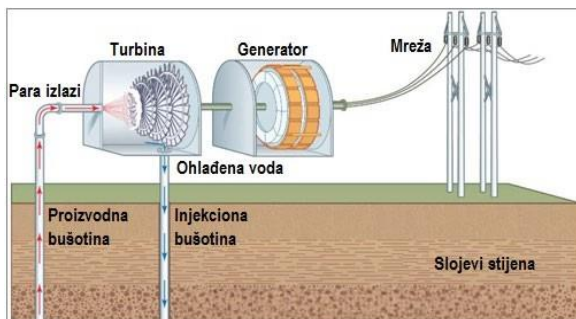
Геотермалната енергија има широк спектар на примена, од директно загревање на простор и индустриски постројки до производство на електрична енергија во геотермални електрани.

Геотермални електрани

Геотермалните електрани користат топлинска енергија од внатрешноста на Земјата за производство на електрична енергија. Пареата или топлата вода од длабоките слоеви се внесува во турбините што ги напојуваат генераторите, кои произведуваат електрична енергија. По минување низ турбината, пареата кондензира и изладената вода се враќа во подземниот извор за да може процесот да се повтори.

Постојат три основни типа на геотермални електрани:

Електрани на сува пареа - го користат најстариот начин за претворање на геотермалната енергија во електрична енергија. Пареата од внатрешноста на Земјата се внесува директно во турбината, која го движи генераторот. Овој тип на електрана првпат е користен во 1904 година во Тоскана, Италија. Денес, тие ретко се користат поради специфичните геолошки услови неопходни за нивното функционирање.

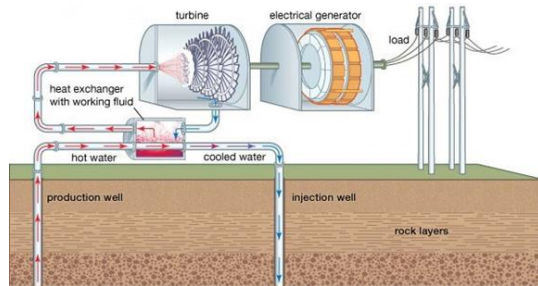


Шематски приказ на електрана на сува пареа

Електрани со флеш пареа - користат подземна вода под висок притисок, која, по достигнувањето на површината, одеднаш се претвора во пареа и ја движи турбината.

Во овој тип на електрана, топлата вода се пумпа под висок притисок во резервоар со низок притисок каде што се претвора во пареа што ја придвижува турбината. Во овој процес, пареата се лади, кондензира назад во вода и се враќа во внатрешноста на Земјата за повторно да се загрее и да се користи. Повеќето геотермални електрани се од овој тип.

Бинарно-циклусни електрани – Во бинарно-циклусните електрани, топлата вода од внатрешноста на Земјата се користи за загревање на друга течност до нејзината точка на вриење, кога таа се претвора во пареа и ја придвижува турбината. Овие електрани се особено погодни за области со умерени геотермални ресурси бидејќи тие овозможуваат ефикасно користење на пониски температури. Воедно, тие имаат затворен систем, што ги намалува емисиите на гасови и придонесува за енергетска одржливост.



Шематски приказ на електрана со бинарен циклус

Директна примена на геотермалната енергија

Покрај производството на електрична енергија, геотермалната енергија се користи директно за греење и други практични примени, овозможувајќи ефикасно и еколошки прифатливо користење на топлинската енергија за:

- Греење на објекти - Геотермалната вода се користи за централно греење на населби и градови. Во Исланд, повеќе од 90% од домаќинствата користат геотермална енергија за греење.
- Земјоделство и аквакултура - Овозможува загревање на оранжерии, со што се продолжува сезоната на растење, како и контролирано одгледување на риби и школки во потоплите води.
- Индустриска примена - Се користи за сушење на земјоделски производи, пастеризирање на млеко и други процеси за кои е неопходна топлина.
- Геотермални топлински пумпи – Оваа технологија користи плитки геотермални извори за греење и ладење на објекти, зголемувајќи ја енергетската ефикасност со ниски оперативни трошоци.

Иако геотермалната енергија се смета за практично неисцрпен ресурс, нејзината широка примена зависи од геолошките услови, трошоците за истражување и дупчење, како и од техничките предизвици како што се корозијата на цевководите и таложењето на минерали во опремата.

Предности на геотермалната енергија:

- Геотермалната енергија е обновлив извор на енергија ако резервоарот со топла вода е правилно управуван, т.е. ако брзината на екстракција на енергија не е поголема од брзината на природно полнење на резервоарот.
- Геотермалната енергија е чиста, од затворен тип и не придонесува за создавање на ефектот на стаклена градина.
- Економски е поисплатлива. Директната употреба на геотермалната енергија е многу поевтина од енергијата добиена со користење на фосилни горива.
- Производството на енергија е постојано и не зависи од временските услови.
- Геотермалните електрани бараат помалку простор од термоелектраните, соларните електрани или ветерните електрани.

2.8 Биомаса

Биомасата е гориво кое се добива од органска материја, се создава од обновливи и одржливи извори на енергија и може да се користи за производство на електрична или топлинска енергија.

Некои примери на материјали што ја сочинуваат биомасата се - отпадно дрво, шумски остатоци, одредени култури, ѓубрива и некои видови отпад.

Со постојано снабдување со отпад - од градежни работи и расчистување на земјиште, до дрво што не се користи во производството на хартија, до цврст комунален отпад, производството на зелена енергија може да продолжи на неопределено време.

Биомасата е обновлив извор на гориво за производство на енергија бидејќи остатоците секогаш ќе постојат - отпадно дрво, шумски ресурси и остатоци од мелници.

Енергијата од биомаса се произведува од обновлив органски отпад кој инаку се одложува на депонии или се согорува.

При согорување, енергијата од биомасата се ослободува во вид на топлина. Доколку имате камин, вие веќе учествувате во користењето на биомасата, бидејќи дрвото што гори е всушност биомаса.

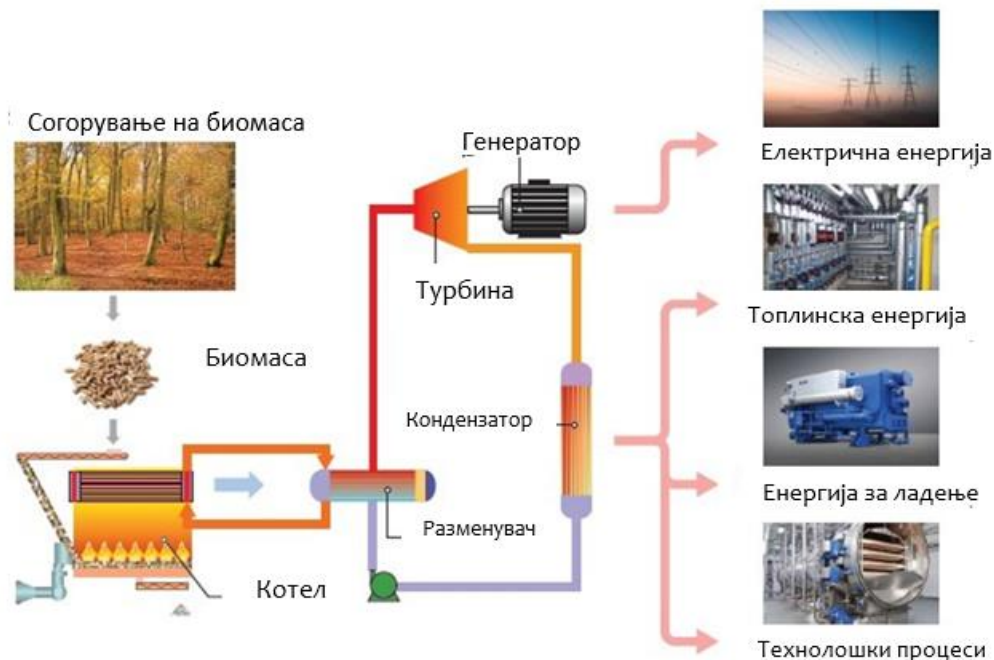
Во електраните на биомаса, отпадното дрво или друг отпад се согорува за да се произведе пареа што ја придвижува турбината за производство на електрична енергија или што обезбедува топлина за индустријата или домаќинствата.

Биомасата е богат ресурс: органската материја нè опкружува, од шумите и обработливото земјиште па сè до отпадот и депониите. Сета биомаса првично добива енергија од Сонцето преку фотосинтеза. Ресурсите на биомаса се регенерираат за релативно краток временски период во споредба со ресурсите на фосилни горива на кои им се потребни стотици милиони години за да се обноват. Ова значи дека со сигурност нема да ни снеса биомаса за производство на енергија.

Пренасочувањето на отпадот кон електрани на биомаса наместо кон депониите не само што помага да се намали големината на депониите и да се ублажат овие ризици, туку и доведува до користење на материјали што инаку би биле неискористени.

- Во основа, принципот на работење на електраните на биомаса се темели на термодинамичкиот Ранкинов циклус, при што се користи топлината генерирана со согорување на биомасата за производство на пареа или за загревање на специјален работен флуид. Пареата при висока температура и притисок ја придвижува турбината поврзана со електричен генератор, кој произведува електрична енергија. По експанзијата, пареата се лади во кондензаторот, преминува во течна состојба и се враќа во котелот со помош на пумпа, која го затвора циклусот. Истовремено, дел од топлината може да се користи за загревање на вода и разни технолошки процеси, со што се обезбедува поефикасно користење на достапната енергија.
- Когенеративните постројки на биомаса истовремено произведуваат електрична и топлинска енергија. Топлината што би се изгубила преку кондензаторите во класичните електрани се користи тука за греење на просторот, подготовка на топла вода или индустриски процеси. На овој начин, со минимални загуби, ефикасноста на постројката значително се зголемува и искористувањето на биомасата како примарен извор на енергија е оптимизирано.
- Органскиот Ранкинов циклус (ORC) е сè почеста технологија во постројките за когенерација на биомаса. Специфичноста на оваа технологија се рефлектира во употребата на органска течност со пониска точка на испарување, што овозможува поефикасна конверзија на топлина од извори со пониска температура и често го олеснува работењето на помали, децентрализирани системи. На овој начин, во споредба со класичните постројки со водена

параа, ORC постигнува подобро искористување на енергијата од биомасата, особено кога се работи за пониски температури на согорување или ограничени количини на топлина.



Шематски приказ на ORC системот на биомаса

Покрај почетните трошоци за стартување на постројката, постојат дополнителни трошоци поврзани со екстракција, транспорт и складирање на биомасата пред производство на електрична енергија. Ова е дополнителен трошок што другите обновливи технологии не мора да го земат предвид бидејќи имаат бесплатни ресурси на самото место како што се плимата, сонцето, итн.

Вкупните трошоци во голема мера зависат од видот на биомасата и како таа се претвора во електрична енергија. Сепак, иако биомасата е честопати поскапа од алтернативните обновливи извори на енергија, најскапите видови на биоенергија се сепак еднакви или поевтини од фосилните горива. Биоенергијата не бара дупчење во Земјата, што доведува до големо намалување на финансиските трошоци и зголемување на чистотата на екстракцијата.

2.9 Ветерни електрани

Ветерните електрани се системи што се состојат од неколку ветерни турбини поврзани во една единица. Тие можат да бидат помали, со неколку генератори за локална потрошувачка, или големи, со десетици, па дури и стотици ветерни генератори поставени на соодветни локации. Според позицијата, тие се поделени на:

- Ветерни електрани на копно - тие се инсталираат на копно, на рамнини или ридски подрачја со поволни ветрови. Тие се карактеризираат со полесна изградба и одржување, но и помал просечен интензитет на ветерот во споредба со ветерните електрани на море.
- Морски ветерни електрани - тие се градат на мориња и океани, најчесто на плитки крајбрежни области, каде што ветровите се посилни и постабилни. Иако овозможуваат поголемо производство на енергија, нивната изградба и одржување се технички потешки и поскапи.
- Ветерници на планински превои - се поставуваат на издигнат терен, каде што ветерот се забрзува поради орографски ефекти, со што се овозможува поефикасно искористување на енергијата.
- Ветерни електрани во пустини – се користат предностите на стабилните, суви климатски услови со постојани ветрови, иако ерозијата на песок и специфичната заштитна опрема претставуваат проблем.



Примери за различни видови ветерни електрани

2.10 Хибридни ветерни електрани

Хибридните ветерни електрани ја комбинираат енергијата на ветерот со други извори на енергија, најчесто сончевата енергија, дизел генератори или батериски системи. Овие системи се особено важни на изолирани локации, како што се острови, оддалечени населби и истражувачки станици, каде што стабилноста на енергијата е од суштинско значење без зависност од централизирана мрежа. Хибридните системи честопати се користат на модерни едрилици со интегрирани погонски решенија, со што се зголемува енергетската ефикасност и се намалува потрошувачката на гориво.

Развојот на системите за ветерна енергија значително го подобри искористувањето на енергијата на ветерот во различни сектори. Ветерните агрегати, ветерните електрани и ветерните турбини за посебни намени овозможуваат поширока примена на овој обновлив извор на енергија, со што се придонесува за енергетска стабилност и намалување на негативните влијанија врз животната средина.



Хибридна електрана што користи бранови, ветер и сончева енергија - таканаречениот хибриден енергетски конвертор (НЕС)

Иако денес новите извори на енергија се користат за производство на само мал дел од вкупната енергија која му е потребна на светот, поради бројните предности од нивната употреба, овој удел треба значително да се зголеми во блиска иднина.

Некои од нивните најважни предности:

- Овие извори на енергија играат многу важна улога во намалувањето на емисијата на јаглерод диоксид (CO₂) во атмосферата, што е силно нагласено во енергетската политика на Европската Унија.
- Зголемувањето на уделот на обновливи извори на енергија ја зголемува енергетската одржливост на системот на една држава, како и нејзината економска и државна независност. Истовремено, помага во подобрувањето на безбедноста на снабдувањето со енергија, а со тоа се намалува зависноста од увоз на енергетски сировини, гориво и електрична енергија.
- Со текот на времето, се очекува повеќето обновливи извори на енергија да станат економски конкурентни во однос на конвенционалните извори на енергија.

За поголемо искористување на енергијата од обновливи извори, многу е важна развиената еколошка свест кај населението, како и политичката волја за инвестирање во постројки за производство на таканаречената чиста или зелена енергија.



ВЕЖБА

Истражувачка работа - Анализа на енергетските постројки во регионот:

Мали хидроелектрани

Соларни фотонапонски електрани Електрани на биомаса

Геотермални електрани



КВИЗ

Квиз 1: Обновливи извори на енергија:

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

3. БЕЗБЕДНОСТ ПРИ РАБОТА И ЗАШТИТА НА ЖИВОТНАТА СРЕДИНА

3.1. Можни опасности по безбедноста и здравјето на работниците при работа на соларни фотонапонски системи

Работата во средина на соларни фотонапонски системи подразбира изложеност на различни фактори од работната средина кои можат негативно да влијаат врз безбедноста и здравјето на работниците.

Фактори на работната средина: екстремни температури (високи и ниски), релативна влажност, ветер, сончева светлина, бучава, вибрации, лоша површина, работа на висина, тешки товари, долготрајна неправилна положба на телото, присуство на опасни напони, атмосферски пренапони, загадување, присуство на опасни супстанции и хемикалии, итн.

Екстремните температури, како високите, така и ниските, можат да предизвикаат сериозни здравствени проблеми доколку работниците не се соодветно заштитени. Високите температури, во комбинација со директна изложеност на сончева светлина, можат да доведат до тоplotен удар, дехидратација и изгореници, додека ниските температури го зголемуваат ризикот од смрзнатини и хипотермија.



Екстремно високи температури



Кревање тешки предмети



Екстремно високи температури

Релативната влажност на воздухот дополнително влијае на чувството за температура и може да ја отежни терморегулацијата на телото. Работниците кои инсталираат и одржуваат соларни панели честопати се изложени на долготрајно директно сончево зрачење, што може да предизвика изгореници на кожата и зголемен ризик од долгорочни здравствени проблеми како што се оштетување на видот и кожни заболувања.

Покрај физичките опасности, присуството на електрична енергија во работната средина претставува сериозен ризик.

Можни извори на опасност од висок напон: директен контакт со делови под напон, приближување кон делови од високонапонски уреди, превисок контактен и чекорен напон, електричен лак, индуциран напон, преостанат напон, статички електрицитет, влијание на електрични и магнетни полиња, атмосферски пренапони, итн.

Директниот контакт со делови под напон може да предизвика сериозни повреди или смрт, додека приближувањето кон високонапонски инсталации без соодветна заштита носи ризик од индуциран напон. Високите контактни и чекорни напони можат да предизвикаат сериозни изгореници и повреди на внатрешните ткива, а електричните лакови можат да предизвикаат термичко оштетување на кожата и очите. Со прописите се пропишува граничната вредност на контактниот напон што е опасен по животот и здравјето на луѓето, а тој е 50 V за наизменична струја (за 50 Hz) или 120 V за еднонасочна струја. Повисоките вредности на контактниот напон го зголемуваат ризикот од електричен удар, срцева фибрилација и термичко оштетување на ткивата, во зависност од времетраењето на изложеноста и електричниот отпор на телото. Индуцираните и преостанатите напони претставуваат дополнителни извори на опасност, особено за време на одржувањето на системите што се привремено исклучени, додека статичкиот електрицитет може да предизвика непредвидливи инциденти со напојување. Ефектот на електричните и магнетните полиња врз човечкото тело сè уште е предмет на истражување, но се верува дека долготрајната изложеност може да предизвика здравствени проблеми. Присуството на атмосферски бранови, особено за време на бури, дополнително го зголемува ризикот од удари од гром и оштетување на електричната опрема.



ВИДЕО

Контактен и чекорен напон:

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

Ефектите од електричната струја врз човечкото тело можат да бидат термички, механички, електрохемиски и биолошки. Термичките ефекти се манифестираат преку изгореници и уништување на ткивата поради високите температури што се јавуваат за време на електричен удар. Механичките ефекти вклучуваат мускулен спазам, што може да доведе до губење на контролата врз движењето и сериозни повреди. Електрохемиските ефекти се одразуваат во промени во составот на крвта и оштетување на нервниот систем, додека биолошките ефекти вклучуваат нарушувања во работата на срцето, што може да резултира со срцев застој.

На сликата е прикажано дејството на електричната струја врз човечкото тело, каде што се дадени ефектите што се јавуваат и зависат од јачината на струјата.



Ефектот на електричната струја врз човечкото тело

Покрај електричните опасности, присуството на опасни супстанции и хемикалии во работната средина може да предизвика труење, иритација на кожата и очите и респираторни проблеми. Во одредени сегменти од работењето на соларните фотонапонски системи, се користат различни хемиски препарати, како што се средства за чистење на соларни панели, течности за ладење во инвертери и заштитни премази за електрични приклучоци. Доколку не се складираат и не се ракуваат правилно, овие препарати можат да предизвикаат сериозни здравствени ефекти кај работниците, вклучувајќи хемиски изгореници и долгорочни респираторни проблеми.

Присуството на загадување во воздухот, особено во форма на прашина и мали честички произведени за време на дупчењето, сечењето и инсталирањето на носачи на соларни панели, може да предизвика долготрајно оштетување на белите дробови и да го зголеми ризикот од професионални респираторни заболувања. Работниците честопати се изложени на неорганска прашина за време на монтажата на покриви и други отворени простори, што може да предизвика респираторна иритација и алергиски реакции.

Друг важен аспект е ризикот од пожар. Пожарите претставуваат дополнителна закана за безбедноста на работниците, бидејќи во фотонапонските системи можат да се појават поради кратки споеви, преоптоварувања или неисправни електрични компоненти. Несоодветното одржување на опремата, лошо изведените електрични приклучоци, неисправните електрични компоненти, оштетувањето на каблите и несоодветното одржување на опремата можат да го зголемат ризикот од појава на пожар.



Опасност од пожар

Исто така, некои соларни панели содржат запаливи материјали во изолациските слоеви, што може да го зголеми ризикот од пожар во случај на електричен лак или прегревање на системот. Зголемената температура на компонентите може да предизвика самозапалување, особено доколку системите за ладење на инверторот не функционираат правилно. Батериските системи што се користат за складирање на енергија, исто така, претставуваат ризик од пожар поради потенцијалот за прегревање и неконтролирани хемиски реакции во батериите.

Во случај на несреќа, брзата и правилна прва помош може да биде клучна за спасување животи. Познавањето на основните процедури за реанимација, пружање помош во случај на изгореници, скршеници и електрични удари им овозможува на работниците соодветно да реагираат во итни ситуации. Плановите за евакуација и обуката за итни ситуации играат клучна улога во минимизирање на последиците од несреќите и заштитата на здравјето на вработените. Постои постојан ризик од електричен удар во сите работни и помошни простории, како и на градилиштата со електрични инсталации и уреди. Последиците можат да бидат безопасни или фатални, во зависност од голем број фактори. Електричниот удар може да предизвика благи или тешки здравствени оштетувања, во зависност од околностите на несреќата.

Постапката за спасување на жртвата зависи од тоа дали станува збор за низок или висок напон. Првиот чекор е да се исклучи напонот во делот од постројката или инсталацијата со кој жртвата е во контакт. Во случај на низок напон, напонот се исклучува со прекинувач, со отстранување на приклучокот или осигурувачот, а доколку тоа не е можно, жртвата се одделува со изолациски предмети како што се куки, столбови или клешти прилагодени на тој напон. Спасувачот мора да стои на сува површина и да избегнува контакт со сидови или други лица. Во никој случај жртвата не треба да се допира директно.

Во случај на висок напон, исклучувањето може да го изврши само професионално квалификувано лице. Пред исклучувањето, не смее да се пристапува до или да се допира жртвата, дури ни со изолирани средства. По исклучувањето, исклучените делови мора да се заземјат пред да се пружи помош.

По спасувањето, потребно е да се провери состојбата на жртвата - дишењето, пулсот и евентуалното крвавење. Доколку има крвавење, прво треба да се сопне крвавењето. Во случај на застој на дишењето или отчукувања на срцето, веднаш започнете:

- вештачко дишење,
- надворешна масажа на срцето,
- комбинирани методи на реанимација во случај на очигледна смрт.



Веднаш известете ја здравствената установа за каква било несреќа.

Безбедноста на работниците во соларните фотонапонски системи зависи од правилната примена на пропишаните безбедносни мерки при работа, употребата на соодветна заштитна опрема и континуираната обука.

Свеста за потенцијалните опасности и почитувањето на превентивните мерки се клучни фактори за спречување на несреќи и обезбедување безбедна работна средина. Правилната проценка на ризикот, употребата на соодветна лична и колективна заштитна опрема, како и почитувањето на пропишаните процедури за време на монтажата, одржувањето и работата со електрични компоненти, се од суштинско значење за заштитата на работниците.

Со оглед на тоа што работата во соларните фотонапонски системи честопати вклучува изложеност на сончево зрачење, работа на висина и контакт со електрични инсталации, потребно е да се обезбеди редовна обука за работниците за намалување на ризиците од повреди и несреќи. Примената на соодветни безбедносни мерки, како што се правилна употреба на заштитни шлемови, ракавици, заштитни очила и заштитни појаси, значително придонесува за безбедноста при извршување на сите работи.

3.2. Примена на безбедносни и заштитни мерки при работа за време на изведување на работи на соларни фотонапонски системи

При изведување на работи на соларни фотонапонски системи, од клучно значење е да се применат мерки за безбедност и заштита при работа за да се намалат ризиците од повреди и несреќи. Методите на работа во однос на присуството на напон се поделени на работи во безнапонска состојба, работи во близина на напон и работи под напон.

Работата во безнапонска состојба подразбира целосно исклучување на напојувањето на фотонапонскиот систем со спроведување на пропишани заштитни мерки за спречување на ненамерно повторно активирање.

Работата во близина на напон наложува дополнителни мерки на претпазливост, вклучувајќи употреба на заштитни бариери, безбедносни растојанија и соодветни изолирани алатки за да се намали ризикот од електричен удар.

Работата под напон се изведува со посебни технички и организациски мерки, вклучувајќи употреба на специјализирана опрема, алатки за изолација и почитување на строги безбедносни процедури.

Заштитните средства и опрема се поделени на лични и колективни.

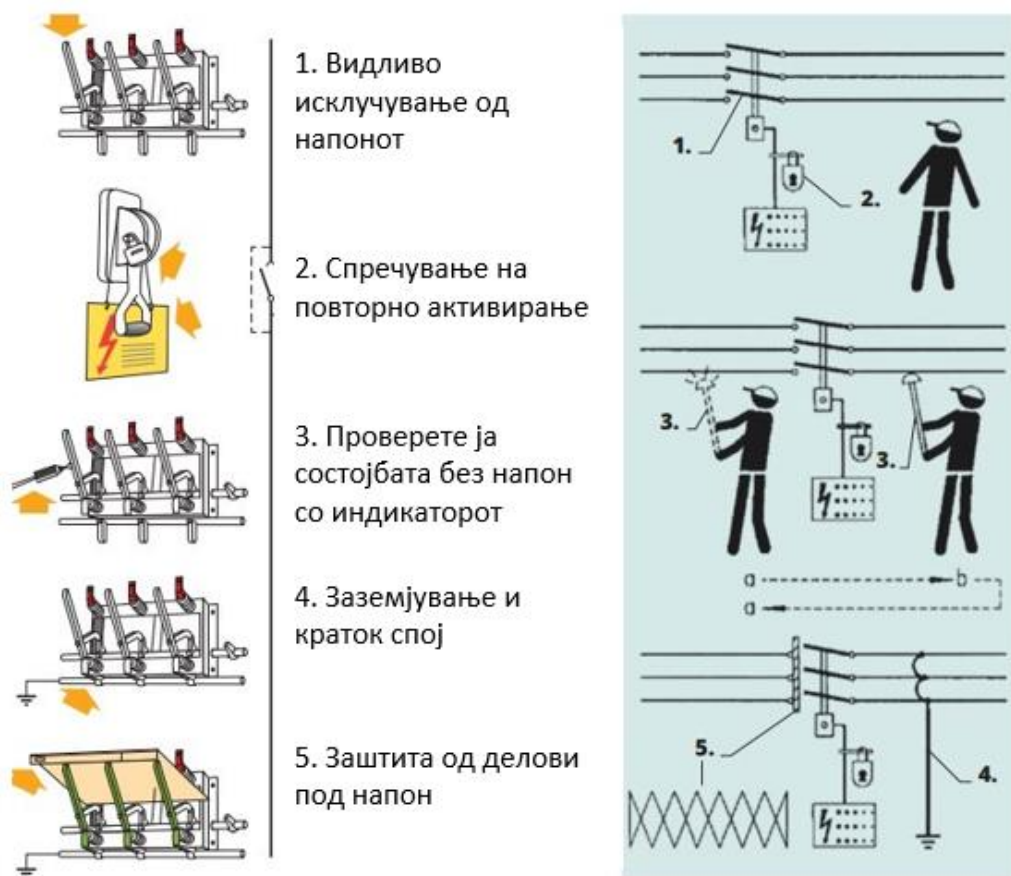
- Личната заштитна опрема вклучува шлемови, очила, визири, ракавици, заштитна облека и обувки, безбедносни појаси и опрема за работа на висина.
- Колективните заштитни средства вклучуваат изолациски бариери, заштитни прегради, предупредувачки знаци и средства за обезбедување на работниот простор.

Правилниот избор и употреба на заштитна опрема се клучни за минимизирање на ризиците при работа на соларни системи.

Безбедносните мерки при работа се засноваат на примена на „петте златни правила“ за безбедност, кои вклучуваат исклучување на напонот, осигурување од повторно поврзување, проверка на отсуство на напон, заземјување и краток спој, како и оградување и обележување на работниот простор. Покрај тоа, важно е да се користат изолациски прегради, плочи и капацити за да се спречи случаен контакт со делови под напон. Поставувањето огради, ленти и предупредувачки знаци дополнително придонесува за безбедноста на работниот простор.

Безбедносни мерки:

- „Петте златни правила“;
- инсталација на изолациски заштитни прегради, плочи, капацити;
- поставување огради и предупредувачки знаци, оградување на работни места итн.;
- забрана за работа под напон, итн.



Петте златни правила

Пред да се започне со работата, потребно е да се провери исправноста на заштитните средства и опрема. Секој заштитен шлем, ракавица, појас или друг елемент мора да биде технички исправен и да ги исполнува пропишаните стандарди. Покрај тоа, задолжително е да се постават средства за обележување и обезбедување на работниот простор, вклучувајќи заштитни огради, ленти за обележување и привремена сообраќајна сигнализација.



Лична заштитна опрема

3.3. Имплементација на безбедносни мерки и мерки за лична заштита при работа на висина во соларни фотонапонски системи

При извршување на работа на висина во соларни фотонапонски системи, работните места вклучуваат различни локации, како што се покриви на згради, пристапни платформи, носачи на панели и специјално дизајнирани системи за монтирање. Овие локации бараат посебно внимание поради специфични опасности, бидејќи работниците често работат на големи височини, во неповолни временски услови и на површини кои може да бидат лизгави, стрмни или несоодветно подготвени.

Локации на работа на висина: покриви на згради (коси и рамни), фасади на згради, столбни конструкции, кули, настрешници за паркирање, итн.



Потребна опрема за работа на висина

При извршување на работа на висина, потребно е темелно да се евидентираат факторите на работната средина. На пример, при инсталирање на соларни панели на покривот на даден објект, работниците треба да обрнат внимание на временските услови - брзината и насоката на ветерот, температурата, можноста за врнежи и лизгава површина - како и на стабилноста на покривот, безбедноста на пристапните платформи и сите пречки што можат да влијаат на безбедноста. Деталното евидентирање на овие фактори овозможува навремено препознавање на потенцијалните ризици и преземање соодветни мерки за заштита.

Спроведувањето на безбедносните мерки за безбедно извршување на работата на висина подразбира спроведување на сите пропишани безбедносни процедури. Ова вклучува:

- Поставување на заштитни огради и бариери на работните места.
- Употреба на системи за заштита од пад, вклучувајќи безбедносни појаси, јажиња и точки за прицврстување.
- Обезбедување на работни места со употреба на специјализирана опрема за работа на висина.
- Редовни прегледи и одржување на системите за пристап за да се осигури дека се стабилни и безбедни.

Исто така, исклучително е важно да се обезбеди постојана комуникација меѓу работниците преку радио врски или други средства за комуникација со цел да се овозможи координација и итен одговор во случај на несреќа. Постапките за евакуација мора да се јасно дефинирани, а сите работници обучени за брз и ефикасен одговор во итни ситуации.

Употребата на лична заштитна опрема при работа на висина е клучна мерка за заштита. Работниците мора да бидат опремени со заштитни шлемови, безбедносни појаси, специјализирана опрема за работа на висина и друга лична заштитна опрема потребна за спречување на повреди.



КВИЗ

КВИЗ 2: Примена на безбедносни и заштитни мерки при работа за време на изградба на соларни фотонапонски системи:

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



ВИДЕО

Работа на висина: <https://www.youtube.com/watch?v=FqEOVrBnE58>. Употреба и карактеристики на делови од лична заштитна опрема:

<https://www.youtube.com/watch?v=nA9oC--tg50>.



ПРАКТИЧНА ВЕЖБА

Задача 1: Симулација на евакуација

Материјал и алатки:

- Безбедносен појас со копчиња;
- Карабинер штипки;
- Анкери;
- Комуникациска опрема (радио или мобилен уред);
- Симулациска заштитна опрема.

Постапка:

1. Подготовка на безбедносната опрема

- Наместете го безбедносниот појас и прицврстете го правилно во согласност со упатствата на производителот.
- Проверете дали сите безбедносни појаси се правилно подесени и прицврстени пред да започнете со симулацијата.
- Прицврстете го безбедносниот појас на точката на прицврстување (анкерисување) користејќи ја соодветната карабинерска штипка.
- Осигурајте се дека точката на прицврстување (анкерисување) е стабилна и може да го издржи товарот.

2. Планирање на евакуација

- Комуницирајте со членовите на тимот и утврдете план за евакуација.
- Определете ги улогите: едно лице задолжено за комуникација со базата, друго за проверка на опремата.

3. Симулација на итни случаи

- Според упатствата на инструкторот, симулирајте итна ситуација (пад или потреба од евакуација).
 - Следете го планот за евакуација на координиран начин:
 - Известете го тимот.
 - Обезбедете го местото за евакуација.
 - Спроведете ја постапката за спуштање или извлекување на работници.

4. Анализа на симулацијата

- По завршувањето на вежбата, анализирајте ја постапката за евакуација.
- Идентификувајте ги можните грешки или областите за подобрување.
- Разговарајте со инструкторот и тимот за да ја подобрите брзината и ефикасноста на реакцијата.



ПРАКТИЧНА ВЕЖБА

Задача 2: Симулација на спасување од висина

Материјал и алатки:

- Безбедносна мрежа;
- Систем за спасување (јажиња, макари, карабинери);
- Безбедносни појаси;
- Комуникациска опрема;
- Прва помош.

Постапка:

1. Подготовка на системот за спасување

- Прегледајте ја безбедносната мрежа и системот за спасување.
- Проверете ја состојбата на мрежата и елементите за прицврстување.
- Осигурајте се дека мрежата е поставена стабилно.

2. Симулација на итни случаи

- Симулирајте пад на работник од висина.
- Демонстрирајте го точниот одговор на тимот.

3. Изведуваче на спасување

- Комуницирајте со тимот и обезбедете ја стабилноста на сите работни платформи и безбедносната опрема.
- Користејќи го системот за спуштање или кревање, применете ја соодветната техника за евакуација на повредениот работник.
- Правилно врзете го безбедносниот појас на спасениот работник и прицврстете го сè додека тимот не го спушти на безбедно место.

4. Анализа на постапката за спасување

- Дискутирајте за сите предизвици за време на симулацијата.
- Оценете ја ефикасноста на одговорот и безбедноста на сите вклучени припадници на тимот.

3.4. Имплементација на мерки за намалување на негативното влијание на соларните фотонапонски системи врз животната средина

Зачувувањето на животната средина е еден од клучните аспекти во изградбата и искористувањето на соларните фотонапонски системи. Со оглед на фактот дека обновливите извори на енергија играат значајна улога во намалувањето на емисиите на стакленички гасови, важно е да се препознаат и контролираат можните негативни влијанија на овие постројки врз екосистемот. Одржливото управување со природните ресурси, заштитата на биолошката разновидност и правилното отстранување на отпадот претставуваат основни принципи на одговорно работење во областа на обновливите извори на енергија.

Соларните фотонапонски системи можат да имаат одредени негативни влијанија врз животната средина. Првенствено, изградбата на соларни фарми може да доведе до деградација на земјиштето, особено кога се отстранува природната вегетација и дрвјата за да се инсталираат панелите. Оваа промена во опкружувањето може да влијае на растителниот и животинскиот свет, особено во еколошки чувствителните подрачја.

Постапка за управување со отпад: идентификација на отпад, класификација на отпад, пакување на отпад, означување на отпад, транспорт на отпад, складирање на отпад, рециклирање, итн.

Во Калифорнија, соларни панели се инсталираат на покривите на зградите и на напуштените индустриски локации наместо на земјоделско земјиште, со што се намалува негативното влијание врз природните екосистеми.

Исто така, рефлектирачката површина на соларните панели може да предизвика оптички пречки и да ги вознемири птиците и останатите животински видови. Студиите покажаа дека птиците можат погрешно да ги перцепираат соларните панели како водни површини, што може да доведе до несакани судири.

Јапонските научници развија премаз инспириран од очите на молците, кој значително ја намалува рефлексијата на соларните панели, со што се намалуваат оптичките пречки и се зголемува нивната ефикасност.



Намалување на рефлексијата од соларните панели

Бучавата генерирана за време на инсталацијата и одржувањето на соларните системи, како и електромагнетните пречки произведени од инверторите и другите електрични компоненти, може да имаат мало, но мерливо влијание врз животната средина и комуникациските системи.

За да се минимизираат негативните влијанија од соларните фотонапонски системи врз животната средина, потребно е да се спроведат низа мерки:

- Правилно планирање на локациите на соларни фарми за да се сведе на минимум влијанието врз биотопите и еколошките коридори.
- Имплементација на технологии за намалување на рефлексијата од соларните панели со цел да се намали вознемирувањето на птиците и останатите животински видови.
- Зачувување на природната вегетација околу соларните електрани со цел одржување на екосистемите и намалување на деградацијата на почвата.
- Правилно отстранување на соларните панели на крајот од нивниот животен век и рециклирање на материјалите за намалување на количината на отпад.

Европската Унија спроведува задолжителни програми за рециклирање на соларни панели преку Директивата за WEEE (Отпад од електрична и електронска опрема), која им наложува на производителите да бидат одговорни за отстранување на панелите на крајот од нивниот животен век.

Рециклирање на соларни панели и друга опрема од соларни фотонапонски системи по истекот на нивниот работен век

Рециклирањето на соларните панели и другата опрема од соларните фотонапонски системи е од суштинско значење за намалување на отпадот и заштита на природните ресурси. Имплементацијата на циркуларната економија во секторот на обновливи извори на енергија придонесува за намалување на еколошкиот отпечаток и оптимизирање на ресурсите.

Се проценува дека до 2050 година, милиони тони соларни панели ќе го достигнат крајот на својот животен век, а тоа е клучен проблем за управувањето со е-отпадот. Иако соларните панели се дизајнирани да траат 25-30 години, многу од нив веќе го достигнуваат крајот на својот животен циклус, што претставува предизвик за правилно отстранување и рециклирање.

Повеќето соларни панели се состојат од алуминиумска рамка, стакло, силиконски ќелии, бакарни и сребрени конектори и полимерни заштитни слоеви. Над 80% од материјалите на соларните панели може да се рециклираат, вклучувајќи ги стаклото, алуминиумот и силициумот. Сепак, отстранувањето и преработката на пластични слоеви и тенките полупроводнички слоеви претставува технички предизвик.

Во моментот, многу неисправни соларни панели се фрлаат на депонии, што не е одржливо. Некои земји веќе воведуваат регулативи што наложуваат задолжително рециклирање на панелите со цел да се намали негативното влијание врз животната средина.



Соларни панели за рециклирање

Клучните методи за рециклирање на соларни панели вклучуваат:

- **Механичко сечење** – Соларните панели се сечат за да се одвојат стаклото, металните делови и силиконот.
- **Термичка обработка** – Процес на загревање со кој се отстрануваат пластичните слоеви, со што се овозможува повторна употреба на стаклото и металот.
- **Хемиска обработка** - Користење на хемиски раствори за разградување и екстракција на вредни материјали, вклучувајќи сребро и силициум.

Со новите технологии се развиваат методи за поефикасно одвојување на слоевите на соларните панели и повторна употреба на материјалите во производството на нови ќелии. Европската Унија веќе спроведува задолжителни програми за рециклирање преку Директивите за електронски отпад (WEEE), додека останатите држави постепено усвојуваат слични регулативи.

„Фрст Солар“ разви затворен систем за рециклирање во кој 95% од материјалот од тенкофилмните соларни панели може повторно да се користи во производството на нови ќелии, со што се намалува потребата од искористување на природните ресурси. Француската компанија „Веолија“ ја отвори првата фабрика во Европа специјализирана за рециклирање на соларни панели, која може да преработува 4.000 тони панели годишно, извлекувајќи силициум, стакло и метали за повторна употреба.

Потребно е да се продолжи со развивање на решенија што ќе обезбедат одржлива иднина за сончевата енергија и ќе го намалат еколошкиот отпечаток на индустријата.



ПРАКТИЧНА ВЕЖБА

Задача 1: Управување со отпад во соларни фотонапонски системи

Материјал и алатки:

- Контејнери за различни видови отпад (пластика, метал, хартија, електронски отпад, опасен отпад);
- Ознаки за категоризирање на отпадот;
- Ќеси за отпадоци и контејнери за хемикалии;
- Правилник за отстранување на еколошки отпад;
- Ракавици и заштитна опрема.

Постапка:

1. Идентификација на отпад

- Проверете ја областа на електраната и идентификувајте ги видовите отпад што се создаваат за време на работата и одржувањето.
- Категоризирајте го отпадот на општ, електронски, опасен и рециклиран отпад.

2. Сортирање на отпад

- Сортирајте го отпадот според еколошките стандарди и прописи.
- Означете ги контејнерите според видот на отпад (на пр. хартија, метал, пластика, електричен и електронски отпад, опасен отпад).

3. Пакување и означување на отпад

- Правилно спакувајте го отпадот користејќи соодветни ќеси и контејнери.
- Означете го секој контејнер според видот на отпад и упатствата за отстранување.

4. Складирање и рециклирање

- Правилно складирајте го отпадот сè додека не го преземат овластени служби.
- Утврдете ги можностите за рециклирање и повторна употреба на одредени материјали (метален и електричен отпад, пластика).

Конечна проверка:

- Проверете дали целиот отпад е правилно сортиран и обележан.
- Проверете го просторот за складирање и осигурајте се дека се почитуваат еколошките прописи.
- Дискутирајте ги можностите за подобрување на процесот на рециклирање и повторна употреба на материјали.



ПРАКТИЧНА ВЕЖБА

Задача 2: Примена на заштитна опрема за време на спроведување на мерки за заштита на животната средина

Материјал и алатки:

- Лична заштитна опрема (ракавици, маски, заштитни одела, обувки);
- Контејнери за опасен отпад;
- Етикети за хемикалии и опасни материјали;
- Стандардни процедури за ракување со отпадни материјали.

Постапка:

1. Подготовка на заштитна опрема

- Изберете соодветна заштитна опрема според видот на отпад што се ракува.
- Проверете ја исправноста и функционалноста на опремата пред употреба.

2. Правилно ракување со отпад и хемикалии

- Идентификувајте ги опасните материјали и хемикалии според етикетите.
- Користете заштитни ракавици и маски кога ракувате со хемикалии.
- Правилно затворете ги и чувајте ги контејнерите со хемикалии за да спречите истекување или контаминација.

3. Пакување и транспорт на опасен отпад

- Правилно пакувајте го и етиктирајте го опасниот отпад според пропишаните стандарди.
- Користете соодветни садови и етикети за опасни материјали.
- Транспортирајте го отпадот во согласност со безбедносните процедури и еколошките стандарди.

Конечна проверка:

- Проверете ја правилната употреба на заштитната опрема за време на извршувањето на задачите.
- Осигурајте се дека отпадните материјали се правилно спакувани и обележани пред складирањето или транспортот.
- Дискусирајте за потенцијалните ризици и начини за подобрување на еколошките и безбедносните процедури во соларните електрани.

4. СОНЧЕВА ЕНЕРГИЈА

Сончевата енергија е примарен извор на енергија на Земјата и може директно да се користи за производство на топлина и електрична енергија преку соларни технологии. Соларните системи се базираат на користење на сончево зрачење, кое е достапно насекаде и претставува неисцрпен и еколошки енергетски ресурс. Јачината, достапноста и карактеристиките на сончевото зрачење зависат од неколку фактори, вклучувајќи географска локација, атмосферски услови, ориентација на површините што примаат зрачење и мерење на неговите параметри. Разбирањето на овие фактори и прецизното мерење на параметрите на сончевото зрачење се неопходни за правилно дизајнирање и оптимизација на соларните системи.

Карактеристики и параметри на сончевото зрачење

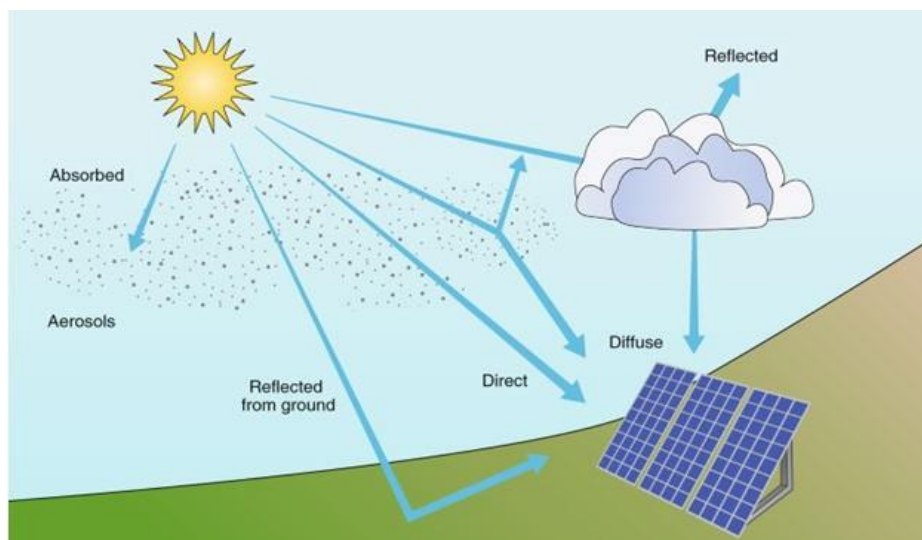
Сончевото зрачење е електромагнетна енергија што ја емитува Сонцето во вид на светлина и топлина. Оваа енергија стигнува до Земјата и ги овозможува сите форми на живот, а истовремено служи како извор на обновлива енергија за соларни технологии.

Видови на сончево зрачење

Сончевото зрачење може да се подели на неколку видови во зависност од тоа како стигнува до површината на Земјата:

- **Директно зрачење** - сончева светлина што доаѓа директно од Сонцето и може да биде насочена кон соларните уреди без одбивање или расејување.
- **Дифузно зрачење** - дел од сончевото зрачење што се расфрла во атмосферата поради интеракција со молекули на воздух, честички прашина и облаци.
- **Рефлектирано зрачење** – дел од зрачењето што се рефлектира од Земјата, зградите, вегетацијата и другите површини.

Вкупното сончево зрачење што достигнува одредена површина е збир од директно, дифузно и одбиено зрачење.



Видови на сончево зрачење

Клучни параметри на сончевото зрачење

Неколку параметри го дефинираат интензитетот и квалитетот на сончевото зрачење:

- **Сончевата константа** - просечната вредност на енергијата што Сонцето ја емитува во форма на електромагнетно зрачење кон надворешната страна на атмосферата (приближно 1361 W/m^2).
- **Спектарот на сончевото зрачење** - вклучува ултравиолетово (UV), видливо и инфрацрвено (IR) зрачење.
- **Интензитетот на зрачење** - мерен во W/m^2 и зависи од времето од денот, годишното време и локацијата на Земјата.
- **Азимут и аголот на елевација на Сонцето** - параметри што ја опишуваат положбата на Сонцето во однос на хоризонталната површина.
- **Површинското алbedo** - количината на сончево зрачење што се рефлектира од Земјата.

Варијации на сончевото зрачење

Сончевото зрачење варира во зависност од неколку фактори:

- **Географската ширина** – областите поблиску до екваторот добиваат повеќе сончева енергија во текот на целата година.
- **Времето од денот** – максималниот интензитет на зрачење се достигнува напладне кога Сонцето е на својата највисока точка.
- **Годишно време** - поради наклонот на Земјината оска, зрачењето варира помеѓу летните и зимските месеци.
- **Метеоролошки услови** - облачноста, маглата и атмосферските честички го намалуваат интензитетот на зрачењето.
- **Надморска височина** - на поголеми надморски височини, апсорпцијата и расејувањето на зрачењето се намалуваат.

Мапа на сончевото зрачење по регион

За дизајнирање на фотонапонски системи се користи мапа на сончево зрачење, која ги прикажува просечните годишни вредности на сончевата енергија во различни географски области. Овие податоци овозможуваат:

- **Димензионирање на фотонапонски системи** - Точна проценка на потребниот број на соларни панели и нивната површина.
- **Проценка на производството на енергија** - Реална пресметка на количината на електрична енергија произведена на одредена локација.
- **Оптимизирање на ориентацијата и наклонот на панелите** - Поставување на панелите под соодветен агол за максимална ефикасност.
- **Анализа на сезонските варијации** - Планирање на капацитетот за складирање на енергија во области со изразено зимско намалување на инсолацијата.

Со користење на точни податоци за сончевото зрачење, инвеститорите и инженерите можат да донесат оптимални одлуки со што се зголемува енергетската ефикасност и економската профитабилност на соларните електрани. Една од локациите што може да се користи за оваа намена е <https://globalsolaratlas.info/map>.

Влијателни фактори на сончевото зрачење

Неколку фактори влијаат на употребата на сончевото зрачење во соларните системи:

- **Атмосферската апсорпција** - водената пареа, јаглерод диоксидот и озонот апсорбираат дел од сончевото зрачење.
- **Аеросолите и загадувањето** - го намалуваат директното сончево зрачење и ја зголемуваат дифузната компонента.
- **Наклонот и ориентацијата на соларните панели** - правилно прилагодените панели го максимизираат прибирањето на сончевата енергија.
- **Површинската рефлективност** - материјалите со висока рефлективност ја зголемуваат количината на рефлектирано зрачење.

Мерење на параметрите на сончевото зрачење

Точното мерење на сончевото зрачење е клучно за дизајнирање и оптимизирање на системите за сончева енергија. Се користат различни методи и инструменти:

Пиранометар – мери глобално зрачење (директно + дифузно) на хоризонтална површина.



Пирохелиометар - мери само директно сончево зрачење.



Актинометар - Се користи за мерење на вкупната количина на сончево зрачење на одредена локација.



Системи за следење на сонцето - овозможуваат прецизно следење на патеката на Сонцето за зголемена ефикасност.



- Спектрални анализатори – го анализираат спектарот на сончевото зрачење.
- Мрежи на метеоролошки станици - овозможуваат континуирано следење на соларните параметри на различни локации.

Овие мерења овозможуваат оптимизација на системите за сончева енергија и нивно прилагодување на специфични климатски услови.

Методи за мерење на сончевото зрачење

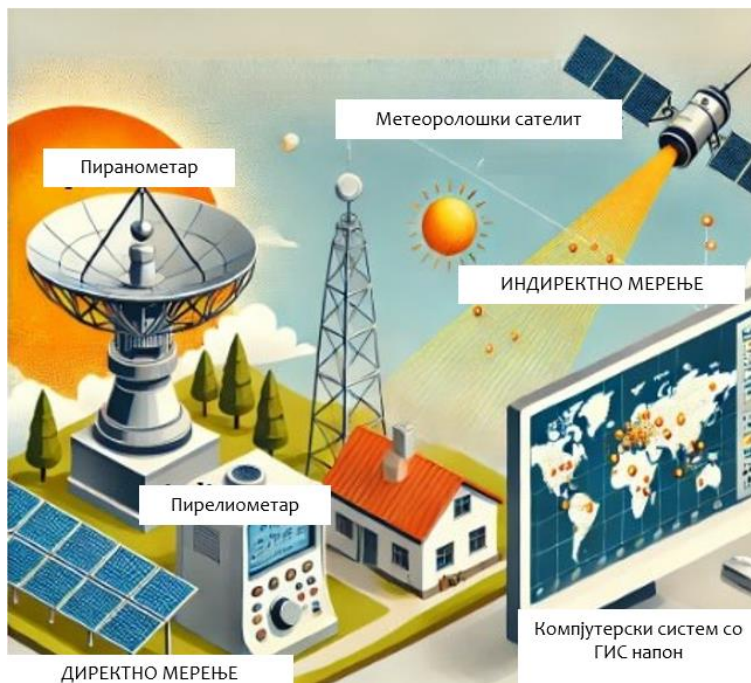
Мерењето на сончевото зрачење може да биде директно или индиректно, во зависност од точноста на податоците.

Директно мерење:

- Го мери интензитетот на сончевото зрачење на одредена локација.
- Пирелиометрите и пиранометрите мерат директно (DNI) и глобално (GHI) зрачење во реално време.
- Од клучна важност за дизајнирање на соларни системи, оптимизирање и валидација на податоци од сателитски модели.

Индиректно мерење:

- Користи сателити и математички модели за да ја процени радијацијата.
- Сателитите прибираат атмосферски податоци што се користат во модели за пресметување на зрачењето на Земјата.
- ГИС (Географски информациски системи) системите помагаат при визуелизацијата на соларните ресурси и планирањето на соларни проекти.



Географски информациски системи

Точното мерење е важно за проценка на соларниот потенцијал и оптимизирање на соларните системи.

4.1. Системи за сончева енергија и нивна примена

Системите за сончева енергија ја користат сончевата енергија за производство на електрична енергија и топлина и можат да се поделат во три основни категории:

- Соларни фотонапонски системи (SFNS),
- Соларни колекторски системи (SKS),
- Концентрирани соларни системи (CSP - Концентрирана сончева енергија).

Соларните фотонапонски системи (SFNS) ја претвораат сончевата светлина директно во електрична енергија користејќи фотонапонски ќелии. Оваа технологија се базира на фотоелектричниот ефект, во кој фотоните на сончевата светлина ослободуваат електрони во полупроводнички материјал и создаваат електрична енергија.

Фотонапонските системи можат да имаат различни капацитети и намени - од мали автономни системи за напојување на поединечни згради до големи соларни паркови, кои произведуваат електрична енергија за електроенергетскиот систем.

Соларните фотонапонски системи се детално опфатени во следните поглавја, како главна тема на проучување во овој прирачник.

4.2. Соларни колекторски системи (СКС)

Соларните колекторски системи (СКС) се технологии кои ја користат енергијата на Сонцето за загревање на флуид, кој потоа се користи за загревање на простор, подготовка на санитарна топла вода или индустриски процеси. Овие системи работат на принципот на собирање на сончево зрачење со помош на колектори, кои ја пренесуваат топлината на работниот флуид.

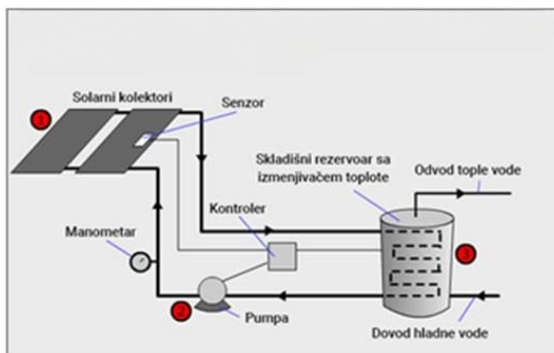
Соларните колекторски системи се најраспространетата примена на сончевата термална технологија, особено во станбени, комерцијални и индустриски објекти, каде што придонесуваат за заштеда на потрошувачката на електрична енергија и намалување на употребата на фосилни горива. За разлика од сончевата фотонапонска технологија, која директно ја претвора сончевата светлина во електрична енергија, и соларните термални електрани, кои користат концентрирана сончева енергија за производство на електрична енергија со помош на парна турбина, соларните колекторски системи не произведуваат електрична енергија. Тие се користат исклучиво за загревање на течности и дистрибуција на топлина до крајните корисници.

Принцип на работа и компоненти на соларните колекторски системи

Процесот на работа на соларните колекторски системи се одвива низ три основни фази:

- **Апсорпција на сончевото зрачење** – Сончевата светлина паѓа на површината на колекторот, каде што се апсорбира и се претвора во топлина на работниот флуид.
- **Пренос на топлината до работниот флуид** – Загреаната апсорпциона плоча на колекторот пренесува топлина до работниот флуид, кој циркулира низ системот.
- **Распределба или складирање на топлината** – Загреаниот флуид пренесува топлина до потрошувачите или се складира во резервоари за подоцнежна употреба.

Во затворени системи, работниот флуид (антифриз или термичко масло) ја зема топлината и ја пренесува преку разменувачот на топлина до резервоарот. Циркулацијата на течноста е овозможена со помош на пумпа, која обезбедува континуиран проток низ системот или преку природен конвекциски проток. Контролните системи автоматски го регулираат протокот на течноста и работата на пумпата во зависност од температурата на течноста во колекторите и резервоарот за складирање.



Компоненти на системите на соларни колектори

Системите на соларни колектори се состојат од неколку компоненти кои овозможуваат ефикасен прием, пренос, складирање и дистрибуција на топлинска енергија.

- **Соларни колектори** - основен елемент на системот што ја апсорбира сончевата енергија и ја претвора во топлина.
- **Работен флуид** – ја пренесува топлината од колекторот до крајниот корисник (котел, греење, индустриски процеси). Може да биде вода, антифриз или термичко масло.
- **Цевковод** – систем на цевки низ кои циркулира работната течност, изработен од материјали отпорни на високи температури и корозија (бакар, не'рѓосувачки челик, специјална пластика).
- **Циркулациони пумпи** - овозможуваат проток на работната течност низ системот, обезбедувајќи континуиран пренос на топлина.
- **Резервоар за складирање (акумулација)** - овозможува складирање на топлина за подоцнежна употреба.
- **Разменувач на топлина** – ја пренесува топлината помеѓу работниот флуид и водата на потрошувачите.
- **Контролен систем** - овозможува автоматска регулација на работата на системот, со што се оптимизира ефикасноста и се намалуваат загубите на енергија.

Видови на соларни колектори

- **Рамни плочести колектори** - најчесто користени, едноставни и сигурни, но со поголеми топлински загуби поради изложеност на околниот воздух.
- **Колекторите со вакуумски цевки** се понапредни колектори со подобра изолација, со што се зголемува ефикасноста и се намалуваат загубите на топлина.
- **Концентрирачки колектори** - користат огледала или леќи за фокусирање на сончевата светлина, овозможувајќи постигнување на високи температури и се погодни за индустриска употреба.



Рамни колектори инсталирани на покривот на станбена зграда



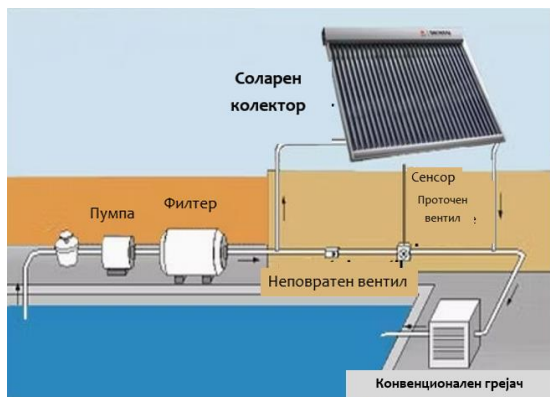
Колекторите со вакуумски цевки

Секој тип на сончев колектор има своја специфична примена, во зависност од климатските услови и потребите на корисникот. Рамните плочести колектори се најпристапни и најраспространети во домаќинствата, додека вакуумските колектори се поефикасни во области со пониски температури. Концентрационите колектори се користат во големи соларни електрани и во индустријата. Правилниот избор на колектори е клучен за ефикасноста и долгорочната профитабилност на соларните термални системи.

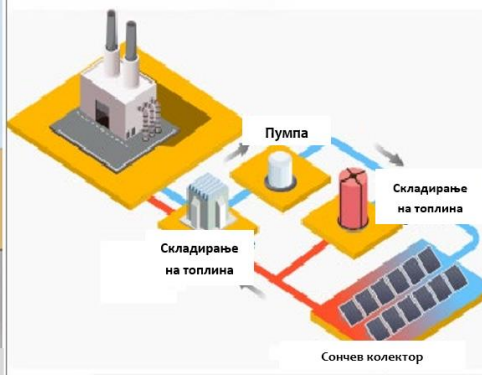
Примена на системи со соларни колектори

Системите со соларни колектори (ССК) имаат широк спектар на примена:

- **Во станбени згради** - за подготовка на санитарна топла вода и поддршка на системи за греење.
- **Во комерцијални и јавни објекти** - хотели, болници, училишта, спортски центри користат ССК за намалување на трошоците за енергија.
- **Во индустријата** - се користи за пастеризација, стерилизација, сушење и други процеси.
- **Во централното греење** - интеграција на системи на соларни колектори со централизираните системи за греење во урбаните средини.
- **Во изолирани области** – за снабдување со топла вода и греење на објекти во рурални и оддалечени региони.



Шематски приказ на употребата на колектори за загревање на вода во базенот



Шематски приказ на употребата на колектори во индустријата

Предности и предизвици на системите за соларни колектори

Предности:

- Бесплатен и обновлив извор на енергија.
- Намалување на трошоците за вода и греење на просторот.
- Еколошки систем со намалени емисии на CO₂.
- Долг животен век од 20 до 30 години.
- Можност за комбинирање со други енергетски системи.

Предизвици:

- Високи трошоци за почетна инсталација.
- Зависи од количината на сончево зрачење.
- Потребен е дополнителен простор за инсталација.
- Потребно одржување за долгорочна ефикасност.

Соларните колекторски системи се една од најефикасните примени на сончевата топлинска енергија за греење на вода и простор, како и за поддршка на индустриските процеси. Нивната едноставност, сигурност и долгорочна профитабилност ги прават привлечно решение во многу сектори.

4.3. Концентрирани соларни системи (соларни термоелектрани)

Концентрираните системи за сончева енергија (Concentrated Solar Power - CSP systems) се напредни термални системи кои користат сончева енергија за генерирање топлина преку оптички уреди, како што се параболични огледала, соларни плочи или хелиостати. Оваа топлина може да има различни примени - од индустриски процеси до греење, но најчесто се користи за започнување на термодинамички циклуси со цел производство на електрична енергија.

Соларните термоелектрани се основен тип на концентриран сончев систем наменет за производство на електрична енергија. Тие користат концентрирана сончева енергија за загревање на работниот флуид, кој ја пренесува топлината до генераторот на пареа. Пареата создадена под притисок ја придвижува турбината поврзана со генератор, кој произведува електрична енергија.

Една од главните предности на соларните термоелектрани е можноста за складирање на топлина, што овозможува континуирано производство на електрична енергија дури и кога нема сончево зрачење, како на пример ноќе или во облачни денови. На овој начин, соларните термоелектрани обезбедуваат стабилно и сигурно снабдување со електрична енергија, придонесувајќи за енергетската безбедност и намалувајќи ја зависноста од фосилни горива.

Технологии и принципи на работа на соларни термоелектрани

Во соларните термоелектрани, како и во концентрираните соларни системи воопшто, се користат четири основни технологии за претворање на сончевата енергија во топлинска енергија:

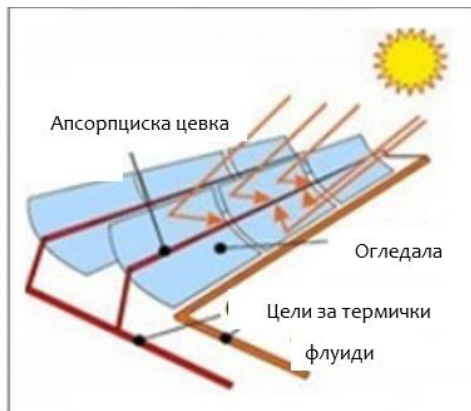
1. Параболични колектори

Параболичните колектори користат долги параболични огледала кои прецизно ги фокусираат соларните зраци врз апсорпциона цевка поставена во средината на параболичните огледала. Оваа конфигурација овозможува енергијата да се насочува рамномерно по должината на цевката, со што се зголемува ефикасноста на апсорпцијата на топлина. Системот користи едноосно следење на сонцето за да се постигне максимален ефект.

Загреаната работна течност, обично термичко масло или растопена сол, циркулира до разменувачот на топлина, каде што ја пренесува топлината на водата и ја претвора во заситена пареа. Потоа пареата ја придвижува турбината поврзана со генератор кој произведува електрична енергија. По предавањето на топлината, работната течност се лади и се враќа во колекторите, каде што повторно се загрева и започнува нов циклус.



Параболични колектори - вистински изглед



Параболични колектори - шематски приказ

Оваа технологија најчесто се користи во големи соларни термоелектрани, особено во сончеви и рамни области, каде што можат да зафаќаат големи површини и ефикасно да го користат достапното сончево зрачење.

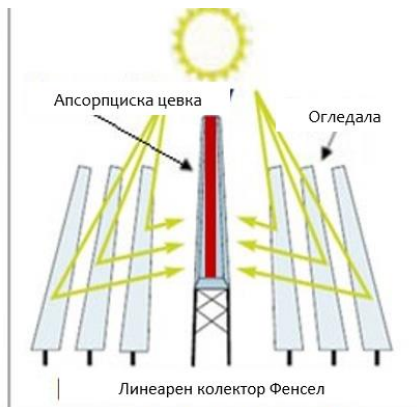
2. Линеарни Френелови колектори

Линеарните Френелови колектори се поекономична верзија на параболичните колектори. Тие користат серија рамни или малку закривени огледала кои ги рефлектираат сончевите зраци кон фиксна апсорпциона цевка поставена над нив. Овој дизајн ја намалува потребната површина и ја поедноставува инсталацијата.

Технологијата функционира така што огледалата го насочуваат сончевото зрачење кон апсорпционата цевка низ која тече работниот флуид. Загреаниот флуид ја пренесува топлината до разменувачот, каде што ја загрева водата и ја претвора во пареа. Оваа пареа придвижува турбина, која е поврзана со генератор кој произведува електрична енергија.



Линеарни Френелови колектори - вистински изглед



Линеарни Френелови колектори - шематски приказ

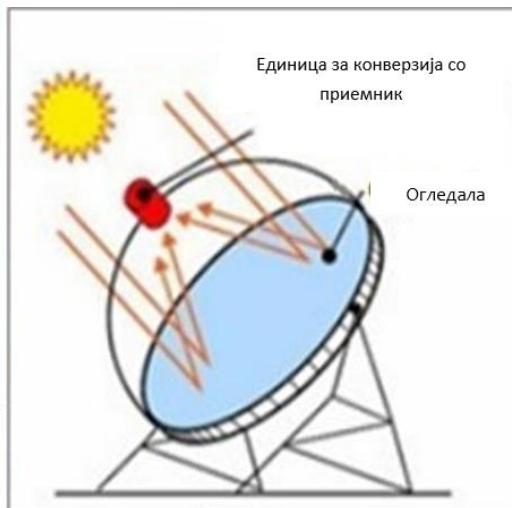
Линеарните Френелови колектори се погодни за помали соларни термоелектрани и индустриски процеси кои бараат високи температури, но се помалку ефикасни во производството на електрична енергија во споредба со параболичните колектори.

3. Соларни плочи (*Dish sterling* или *Dish collector*)

Соларните плочи користат длабоко закривени огледала во облик на сад/чинија кои ги фокусираат соларните зраци кон една точка каде што се наоѓа единицата за конверзија на енергија. Оваа единица се состои од апсорпционен приемник, Стирлингов мотор и генератор.



Соларна плоча – вистински изглед



Соларна плоча - шематски приказ

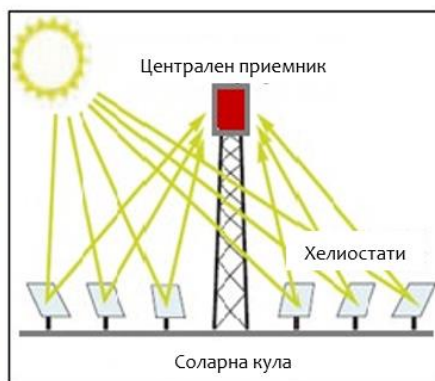
Технологијата на соларни плочи обезбедува највисока ефикасност меѓу концентрираните соларни системи, но поради високата сложеност и трошоци, ретко се користи за големи термоелектрани.

4. Соларни кули (*Power Tower System*)

Соларните кули користат мрежа од подвижни огледала (хелиостати) кои ги одбиваат сончевите зраци кон приемник сместен на врвот од кулата. Внатре во приемникот се наоѓа работна течност, обично растопена сол или воздух под висок притисок, која апсорбира топлина и се загрева до температура помеѓу 500 и 1000°C.



Вистинска примена на сончевата кула



Шематски приказ на сончевата кула

Главната предност на сончевата кула е можноста за складирање на топлина, што овозможува континуирано производство на електрична енергија дури и по зајдувањето на сонцето.

Предности и недостатоци на концентрираните соларни системи

Предности:

- Способноста за складирање на топлина овозможува производство на електрична енергија дури и во текот на ноќта.
- Висока ефикасност на претворање на сончевата енергија во електрична енергија.
- Намалени емисии на стакленички гасови.
- Долг работен век, честопати над 30 години.

Недостатоци:

- Високи почетни трошоци за изградба и одржување.
- За инсталирање на огледалото е потребна голема површина на земјиште.
- Зависност од директното сончево зрачење.

Концентрираните соларни системи претставуваат напредна технологија за производство на чиста енергија со голем потенцијал, особено во области со силно сончево зрачење. Понатамошниот развој на технологијата и подобрувањето на системите за складирање на енергија можат да ги направат уште поконкурентни во глобалната енергетска транзиција.



КВИЗ

Квиз 3: ССК и КСС технологии и нивните примени:

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

Квиз 4: Системи со соларни колектори (СКК) и концентрирани соларни системи (CSP):

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

4.4. Основни компоненти на соларните фотонапонски системи

Фотонапонски ќелии

Фотонапонските ќелии (фотонапонски ќелии или FN ќелии) се основна единица на фотонапонските панели. Тие овозможуваат директно претворање на енергијата на сончевото зрачење (видлива светлина) во електрична енергија преку фотонапонскиот ефект.

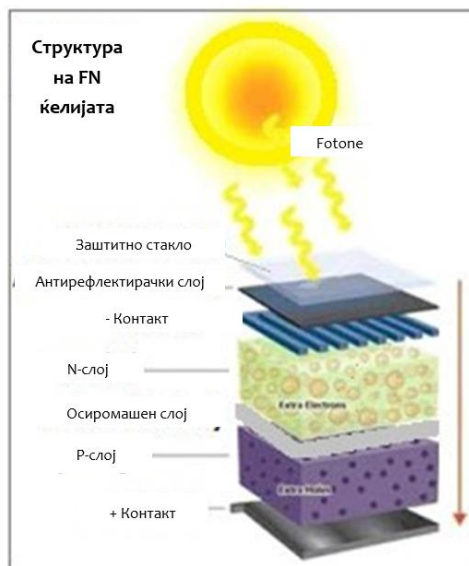


Фотонапонска ќелија

Структура и принцип на работа на фотонапонска ќелија

Структурата на фотонапонските ќелии се состои од различни слоеви на материјали, од кои секој има своја специфична улога во претворањето на сончевата светлина во електрична енергија. Тие слоеви вклучуваат:

- **Заштитно стакло** - Обезбедува механичка заштита на ќелијата и дозволува светлината да поминува низ неа.
- **Антирефлексен слој** - го намалува одбивањето на сончевата светлина и ја зголемува апсорпцијата на енергија.
- **Преден контакт (спроводлив метален слој)** - Собира електрони и овозможува спроведување на електрична струја. Тоа е негативниот терминал на фотонапонската ќелија.
- **PN спој (полупроводнички слој)** - Клучниот дел од ќелијата што овозможува претворање на светлосната енергија во електрична енергија:
- **P-тип силициум** - во контакт со бор, содржи вишок на позитивни носители (шуплина).
- **N-тип силициум** - во контакт со фосфор, содржи вишок на негативни носители (електрони).
- **Заден контакт** - Овозможува затворање на електричното коло и враќање на електроните во ќелијата.
- **Заштитен слој на задната страна** - Обезбедува дополнителна отпорност на влага и механичко оштетување.

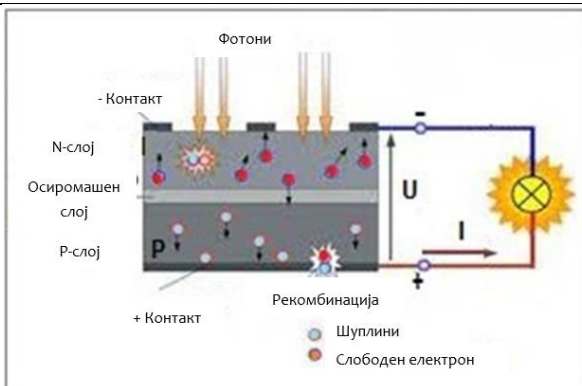


Структура на FN ќелијата

Помеѓу контактите (приклучоци на фотонапонски ќелии) се создава потенцијална разлика, т.е. се генерира напонот на фотонапонската ќелија.

Принципот на работење на фотонапонска ќелија:

Кога фотоните на Сонцето ќе удат во фотонапонска ќелија, тие ја пренесуваат енергијата на електроните, ослободувајќи ги од нивните атомски врски. Ослободените електрони мигрираат кон N-слојот, додека шуплините остануваат во P-слојот. На PN спојот се создава електрично поле, кое ја спречува спонтаната рекомбинација на електрони и дупки. Кога ќелијата е поврзана со надворешно електрично коло, електроните течат низ тоа коло, создавајќи електрична струја.



Шематски приказ на PN ќелија

Видови фотонапонски ќелии

Постојат неколку видови фотонапонски ќелии, кои се разликуваат по материјалите од кои се направени, начинот на производство и ефикасноста. Секој вид има свои предности и недостатоци, а изборот зависи од специфичните потреби за производство на енергија.

Главните видови на фотонапонски ќелии се:

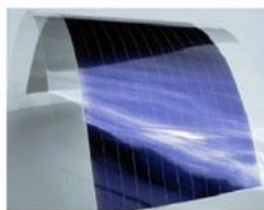
- **Монокристални фотонапонски ќелии** - Висока ефикасност (17-22%), долг век на траење (над 25 години), високи трошоци за производство.
- **Поликристални фотонапонски ќелии** – Пониска ефикасност (15-18%), но поповолни трошоци за производство.
- **Тенкофилмни фотонапонски ќелии:** Овие ќелии немаат кристална структура, што ги прави полесни за производство. Покрај ниската цена, нивната предност е флексибилноста.
 - **Аморфен силициум (a-Si)** – флексибилен, но со ниска ефикасност (~10%).
 - **Кадмиум телурид (CdTe)** – Релативно висока ефикасност (~15%), но еколошки предизвици (употреба на потенцијално токсични материјали како што е кадмиумот).
 - **CIGS ќелии (бакар-индиум-галиум-селенид)** – Флексибилни, ефикасност 16-20%. Недостатоците се во однос на повисоката цена во споредба со аморфните и поликристалните ќелии и ограничената достапност на пазарот.



Монокристална ќелија



Поликристална ќелија



Аморфна ќелија

Табела за споредба на фотонапонски ќелии

Тип на ќелија	Сончево зрачење (W/m^2)	Ефикасност (%)	Просечен животен век (години)	Приближна цена ($€/W$)	Предности
Монокристална	140	17-22	25	0,35	Највисока ефикасност, долг работен век
Поликристална	130	15-17	20	0,3	Пониска цена, добар баланс на перформанси
Тенкофилмна	50	10-13	15	0,25	Флексибилност, подобра во дифузна светлина

Покрај споменатите типови на ќелии, постојат и нови технологии со зголемена ефикасност и намалени трошоци за производство кои сè уште се во фаза на развој:

- **Перовскитни ќелии** – изработени се од комбинација на органски и неоргански материјали. Тие покажуваат висока ефикасност, која во лабораториски услови достигна вредност од 25%.
- **Бифацијални ќелии** - дизајнирани да апсорбираат светлина од двете страни на панелот, што им овозможува да произведат до 30% повеќе енергија. Тие се особено ефикасни во области со голема рефлексија на светлината.

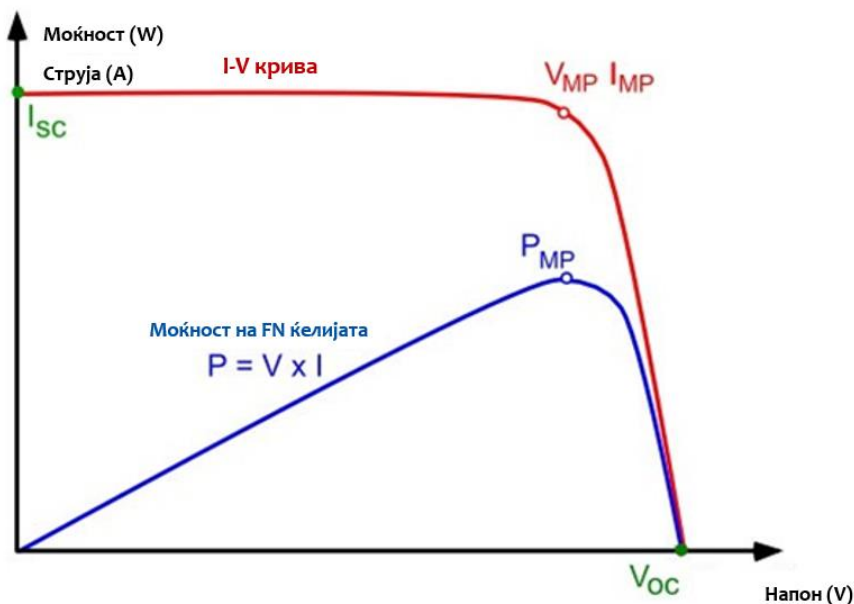
Напредните технологии, како што се ќелиите со галиум арсенид и кадмиум телурид, нудат висока ефикасност, но се скапи или имаат еколошки ограничувања.

Изборот на типот на фотонапонска ќелија зависи од специфичните потреби, како што се ефикасноста, цената, достапниот простор за инсталација и очекуваниот век на траење на системот. При изборот на соларни панели, поважно е да се обрне внимание на производителот, гарантниот рок и квалитетот на инсталацијата, отколку само на типот на ќелиите.

Електрични карактеристики на фотонапонските ќелии

Електричните карактеристики на фотонапонските ќелии ја дефинираат нивната способност за производство на електрична енергија од сончева светлина. Познавањето на овие карактеристики е клучно за правилно димензионирање и оптимизација на фотонапонските системи.

- **Напон на отворено коло (V_{oc})** – Максималниот напон кога нема оптоварување. V_{oc} за монокристална силициумска ќелија е од 0,5 V до 0,7 V.
- **Струја на куса врска (I_{sc})** – Максимална струја на куса врска (I_{sc} на стандардна ќелија со површина од 0,1 m^2 е околу 5 A при зрачење од 1000 W/m^2).
- **Максимална моќност (P_{max})** – Најголемата излезна моќност на фотонапонска ќелија.
- **Ефикасност на ќелијата** - Однос на излезната моќност наспроти сончевата енергија. Покажува колкав процент од сончевата енергија ќелијата може да ја претвори во електрична енергија.
- **IV карактеристика (карактеристика на струја-напон)** – Ја покажува врската помеѓу струјата и напонот.
- **PV карактеристика** – Ја покажува зависноста на моќноста од напонот.



IV и PV карактеристики на N ќелијата

Разбирањето на структурата, видовите и основните електрични карактеристики на фотонапонските ќелии е клучно за правилно проектирање, инсталација и одржување на соларните системи, како и за постигнување максимална оперативна ефикасност.

Фотонапонски панели

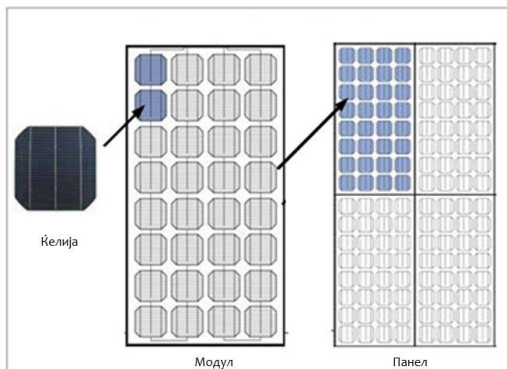
Фотонапонските панели се клучна компонента на системите за сончева енергија бидејќи овозможуваат директно претворање на сончевата светлина во електрична енергија. Тие се состојат од неколку меѓусебно поврзани фотонапонски ќелии кои, со правилна конструкција и правилно позиционирање, обезбедуваат стабилно и ефикасно производство на енергија.



Фотонапонски панели

Формирање на фотонапонски панели

Електричните вредности на поединечните фотонапонски ќелии, како што се напонот, струјата и можноста, имаат екстремно мали вредности и не се погодни за практична примена. На пример, една силиконска ќелија произведува напон од околу 0,5 до 0,7 V и со густина на струја од околу неколку десетици mA/cm², во зависност од јачината на сончевото зрачење, но и од спектарот на зрачење.

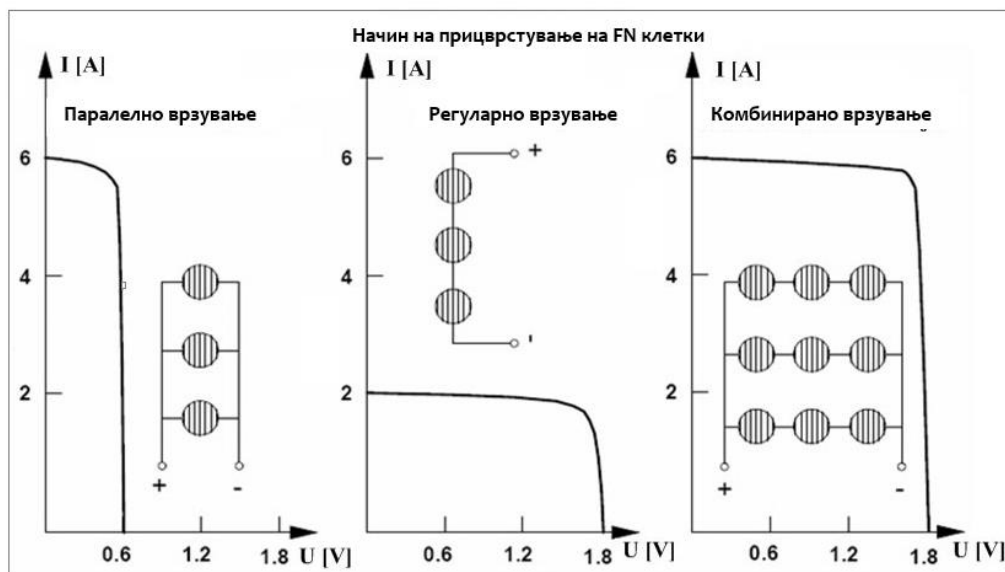


Врска: ќелија-модул-панел

Затоа, за да се добијат електрични вредности што можат практично да се користат, ќелиите се поврзуваат во модули, а модулите во панели, кои се основна компонента на системите за сончева енергија.

Процесот на формирање на фотонапонски панели се одвива низ неколку клучни чекори:

- Поврзувањето на фотонапонските ќелии во модули е основен чекор во формирањето на панелите. Ќелиите се поврзани сериски, паралелно или мешано, во зависност од системските барања и вредностите на електричните карактеристики. Постојат три начини на поврзување:
- Сериско поврзување – Го зголемува напонот додека струјата останува иста.
- Паралелно поврзување – Ја зголемува струјата додека напонот останува ист.
- Мешано поврзување – Комбинира сериско и паралелно поврзување за оптимизирање на параметрите.



Карактеристики и метод на поврзување на фотонапонски ќелии



ВИДЕО

Структура на соларен фотонапонски панел:

<https://www.youtube.com/watch?v=TZTUefOjNl8>.

- Формирање на модули - се реализира со првично поврзување на фотонапонските ќелии во посакуваната конфигурација (сериско, паралелно или мешано). Потоа, тие се поставуваат помеѓу заштитни слоеви кои ги штитат од механички оштетувања, влага и UV зрачење и обезбедуваат нивно долгорочно и стабилно работење. Словите на модулите се:
 - Горен слој (стакло) – Ги штити ќелиите од оштетување.
 - Среден слој (материјал за капсулирање) – Обезбедува стабилност на ќелијата.
 - Задна плоча – штити од влага и механички влијанија.
 - Алуминиумска рамка – ја обезбедува цврстината на панелот.
 - Разводна кутија – Содржи бајпас диоди за заштита од засенчување. Кутијата мора да биде херметички затворена за да ги заштити електричните приклучоци од влага и нечистотија.
- Тестирање и контрола на квалитет - По завршувањето на склопувањето, панелите се тестираат за да се потврди нивната функционалност и отпорност на надворешни влијанија. Тестовите се изведуваат под стандардни услови и вклучуваат проверка на максималната цврстина, отпорност на влага, UV зрачење и механички оптоварувања предизвикани од ветер, снег или град.

На крајот од процесот на формирање, панелите се подготвени за инсталација во системот за сончева енергија, како компактни, функционални и сигурни единици.



Фотонапонски панели

Индицирани електрични карактеристики на фотонапонски панели

За фотонапонските панели, голем број електрични карактеристики се наведени на техничката плочка и во техничката документација. Овие карактеристики се клучни за правилен избор, димензионирање и поврзување на панелите во системите за соларна енергија. Обезбедени се податоци за стандардни услови за тестирање (Стандардни услови за тестирање - STC), кои вклучуваат:

- **Зрачење:** 1000 W/m^2 ;
- **Температура на ќелијата:** 25°C ;
- **Спектрална распределба:** AM1.5 (Воздушна маса 1.5).

На техничката плочка на панелот се наведени следните електрични карактеристики:

- **Номинална моќност (P_{max})** – Максимална моќност под стандардни услови. Претставува проценка на производството на електрична енергија.
- **Напон на отворено коло (V_{oc})** – напон без оптоварување. Оваа вредност е важна за одредување на максималниот системски напон.
- **Струја на куса врска (I_{sc})** – Струја на куса врска. Се користи за димензионирање на кабли, заштитни уреди и инвертори.

- **Напон при максимална моќност, V_{mp}** - Напон што панелот го постигнува во точката на максимална моќност. Оваа вредност е важна за поставување на инверторот и оптимизирање на перформансите на системот.
- **Струја при максимална моќност, I_{mp}** - Струја произведена од панелот во точката на максимална моќност. Се користи за одредување на потребниот капацитет на каблите и останатите системски компоненти.
- **Ефикасност на панелот** - Колкав процент од соларната енергија се претвора во електрична енергија.
- **Коефициенти на температура** - Покажете го ефектот на температурата врз перформансите на панелот.
- **Максимален системски напон** - Највисокиот напон на кој панелот може безбедно да работи. Оваа вредност е важна за да се одреди максималниот број на панели што можат сериски да се поврзат.
- **Максимална струја на осигурувачот** - Највисоката струја што панелот може да ја издржи без оштетување. Се користи при одредување на вредноста на заштитните уреди во системот.

Покрај споменатите електрични карактеристики, на техничката плочка се дадени и други релевантни карактеристики на панелот, како што се:

- Тип на панел;
- Производител и модел на панелот - име на производителот, име на моделот и сериски број што овозможува идентификација на производот;
- Димензии и маса на панелот - податоци за должината, ширината, дебелината и тежината на панелот, што е важно за планирање на монтажата и за механичката стабилност на конструкцијата;
- Стандарди и сертификати – ознаки на стандардите според кои панелот е тестиран (на пр. IEC 61215 за перформанси, IEC 61730 за безбедност) и можни посебни сертификати (на пр. за отпорност на влага, град или пожар);
- Класа на заштита – ознака на степенот на заштита од надворешни влијанија, обично IP65 или IP67 за кутии за поврзување на панели.

Овие дополнителни функции им овозможуваат на корисниците полесно да го препознаат панелот, да ја проверат неговата усогласеност со техничките барања на системот и да обезбедат правилна инсталација и безбедно работење во различни услови на експлоатација.

Електрични податоци од техничката плочка за специфичниот фотонапонски панел

Наведените електрични карактеристики на SunTech Mono 400W FN панелот

Номинална моќност (P_{max}): 400 W
 Напон на отворено коло (V_{oc}): 40,5 V
 Струја на краток спој (I_{sc}): 10,2 A
 Напон при максимална моќност (V_{mp}): 33,6 V
 Струја при максимална моќност (I_{mp}): 9,5 A
 Ефикасност на панелот (η): 20,5%
 Температурен коефициент на напон (β): -0,3 %/°C
 Температурен коефициент на струја (α): +0,04 %/°C
 Температурен коефициент на јачина (γ): -0,4 %/°C
 Максимален системски напон: 1000 V
 Максимална струја на осигурувачот: 15 A
 Тип: монокристален Si

4.5. Карактеристики и видови на соларни фотонапонски системи

Соларните фотонапонски системи (SFNS) се електрани (Соларни фотонапонски електрани - SFNE) со многу широк спектар на примена - од мали, домашни системи со моќност од 1-10 kW, преку комерцијални и индустриски електрани од 100 kW до неколку MW, па сè до големи електрани (соларни фотонапонски паркови) со моќност од повеќе од 100 MW. Овие системи сè повеќе стануваат незаменлив извор на електрична енергија во рамките на современите паметни енергетски системи и EES.

Во контекст на соларните фотонапонски системи, системите за складирање на електрична енергија и развојот на паметни енергетски мрежи ќе бидат од особено значење во иднина. Системите за складирање овозможуваат користење на произведената енергија дури и во периоди кога сончевото зрачење не е достапно. Паметните мрежи ги интегрираат соларните фотонапонски системи како децентрализирани извори на енергија, овозможувајќи постабилно снабдување со електрична енергија, подобра контрола на потрошувачката и намалување на оптоварувањето на централизираните капацитети.

Примената и развојот на соларните фотонапонски системи придонесува за зголемување на енергетската безбедност, намалување на емисијата на штетни гасови и поефикасно и интензивно користење на обновливите извори на енергија.

Основни карактеристики на соларните фотонапонски системи

Перформансите на соларните фотонапонски системи зависат од голем број фактори, вклучувајќи ја технологијата на фотонапонските ќелии, локацијата на инсталацијата и метеоролошките услови. Клучните карактеристики вклучуваат:

- **Инсталирана моќност** - Се однесува на вкупната максимална моќност што една електрана може да ја произведе под оптимални услови. Може да варира од неколку киловати (kW) за мали системи до стотици мегавати (MW) за големи соларни електрани.
- **Ефикасност** - Претставува процент на сончева енергија што се претвора во електрична енергија. Ефикасноста на системот зависи од типот на фотонапонски ќелии, при што монокристалните ќелии имаат поголема ефикасност (15-22%) во споредба со поликристалните и тенокфилмските ќелии.
- **Годишно производство на електрична енергија** - Се однесува на количината на електрична енергија произведена во текот на една година, во зависност од климатските услови, географската локација и наклонот на панелите.
- **Капацитет за складирање** – Доколку системот вклучува батерии за складирање на енергија, капацитетот за складирање ја одредува количината на енергија што може да се складира за подоцнежна употреба, што е особено важно за системи надвор од мрежата и за хибридни системи.
- **Изддржливост и одржување** - Очекуваниот век на траење на фотонапонските панели е 25-30 години со минимално одржување, додека останатите компоненти, како што се инвертерите и батериите, имаат пократок век на траење и бараат редовно сервисирање.
- **Влијание врз животната средина** - Соларните електрани не испуштаат штетни гасови за време на работата, но нивното производство и рециклирање можат да имаат влијание врз животната средина. Се вложуваат напори за нивно сведување на минимум со користење на одржливи материјали и методи на рециклирање.

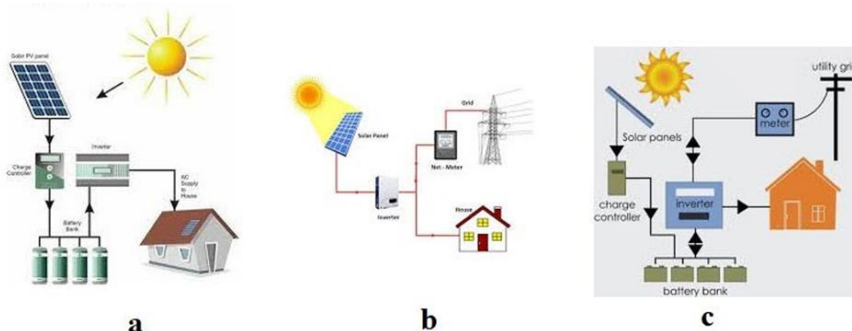
Разбирањето на карактеристиките на соларните фотонапонски системи е од суштинско значење за ефикасен дизајн и работа на системот.

4.5.1. Поделба на соларните фотонапонски системи според различни критериуми

Соларните фотонапонски системи можат да се класифицираат според различни параметри, вклучувајќи го начинот на работење, локацијата на инсталацијата, големината на системот и видот на фотонапонски ќелии што се користат.

Поделба според автономија на работење

- Независни (надвор од мрежата) електрани - Тие функционираат независно од електричната мрежа и обично вклучуваат системи на батерии за складирање на енергија. Тие се користат во оддалечени области, кампови, планински куќи и други објекти без пристап до мрежата.
- Електрани на мрежата - Тие се поврзани на електричната мрежа и користат инвертерски систем за да ја претворат произведената еднонасочна струја (DC) во наизменична струја (AC). Вишокот енергија може да се испорача во мрежата преку систем за нето мерење.
- Хибридни електрани – Комбинација на фотонапонски панели со други извори на енергија, како што се батерии, ветерни фарми или дизел генератори, со што се обезбедува сигурно снабдување со електрична енергија дури и во периоди на намалено сончево зрачење.



Шематски приказ на автономијата на електраната: а) исклучена од мрежата; б) поврзана на мрежата; в) хибридна

Поделба по локација

- На градежни објекти (електрани на покриви) – Инсталирани на покривите на куќи, индустриски и комерцијални згради. Тие го оптимизираат користењето на расположливиот простор и ја намалуваат потребата од дополнителна инфраструктура.
- На земја (соларни фарми) – Големи соларни електрани инсталирани на големи површини со оптимална ориентација кон Сонцето, наменети за производство на електрична енергија за мрежниот систем.
- На водни површини (пловечки електрани) - Инсталации на езера, вештачки акумулации или мориња, каде што зафаќањето на копнениот простор е намалено, а ефикасноста на панелите е зголемена поради ладење со вода.
- На мобилни објекти – Соларни системи интегрирани на возила, бродови и авиони, што овозможува напојување на електричните системи и намалување на потрошувачката на гориво.

Поделба според големината на системот

- Микро соларни електрани - Мали електрани до неколку киловати, главно за индивидуални потреби на домаќинствата или помали згради.
- Мали соларни електрани - Со капацитет до неколку десетици киловати, тие често се користат за комерцијални и индустриски објекти.
- Средни соларни електрани - Моќност од неколку стотици киловати до неколку мегавати, служат како значаен извор на енергија за големи деловни објекти и индустриски постројки.
- Големи соларни електрани - Инсталирана моќност во мегавати (MW), служат за напојување на електричната мрежа и снабдување со електрична енергија на голем број корисници.

Поделба според технологијата на панелот

- Монокристални фотонапонски панелни електрани – Користат високоефикасни монокристални силиконски ќелии со ефикасност од 18-22%.
- Електрани со поликристални фотонапонски панели - Тие имаат малку помала ефикасност (15-18%) и пониски трошоци за производство.
- Електрани со тенкофилмни фотонапонски панели - Флексибилни и лесни, но со помала ефикасност, погодни за специфични намени.
- Органски фотонапонски (OPV) електрани - Лесни, еколошки панели со помала ефикасност, во фаза на развој.
- Електрани со перовскитни фотонапонски панели - Напредна технологија со висок потенцијал за во иднина поради пониските трошоци за производство и поголемата ефикасност.

4.5.1.1. Независени (надвор од мрежата) соларни фотонапонски системи

Соларните фотонапонски системи надвор од електричната мрежа се енергетски системи кои работат независно од електричната мрежа, овозможувајќи им на корисниците да произведуваат и користат електрична енергија во области каде што пристапот до мрежата е недостапен или несигурен. Овие системи се идеални за рурални и изолирани објекти, планински куќи, кампови, бродови, возила и истражувачки станици.

Независните соларни фотонапонски системи можат да се класифицираат според структурата, капацитетот за складирање на енергија и начинот на употреба.

Соларни фотонапонски системи надвор од мрежата без складирање на енергија

Овие системи директно ги снабдуваат потрошувачите со електрична енергија произведена од соларни панели, без можност за складирање на вишокот енергија. Главните карактеристики вклучуваат:

- Предности: едноставен дизајн, пониски трошоци, минимално одржување.
- Недостатоци: Системот работи само кога има сончева светлина; нема струја ноќе или во облачни услови.
- Примена: Систем за директно напојување со електрична енергија на водни пумпи, вентилатори, осветлување во оранжерии, едноставни електрични уреди.

Соларни фотонапонски системи надвор од мрежата со складирање на енергија во батерии

Овие системи содржат батерии кои ја складираат вишокот енергија произведена во текот на денот и овозможуваат напојување на потрошувачите во текот на ноќта или во периоди на ниско сончево зрачење. Главните карактеристики се:

- Предности: Непрекинато снабдување со електрична енергија, стабилно работење на системот.

- Недостатоци: Повисоки трошоци поради системот на батерии, потреба од одржување на батеријата.
- Примена: Напојување на домаќинства, оддалечени фарми, туристички кампови, планински објекти, сигнални и комуникациски системи.

Преносливи соларни фотонапонски системи надвор од мрежата

Преносните (мобилни) соларни електрани се дизајнирани за лесно преместување и брза инсталација. Овие системи често се интегрирани во компактни модули и се користат во специјални апликации.

- Предности: мобилност, лесна инсталација и употреба.
- Недостатоци: ограничен капацитет, зависност од временските услови.
- Примена: Хуманитарни мисии, кампување, вонредни состојби и служби за итни случаи, воени и истражувачки експедиции.

Структура и принцип на работа на независни (надвор од мрежата) соларни фотонапонски електрани

Офлајн соларните електрани се состојат од неколку меѓусебно поврзани компоненти кои овозможуваат производство, регулирање, складирање и дистрибуција на електрична енергија.

Фотонапонски панели со носечка конструкција

- Фотонапонски панели – Создаваат електрична енергија со претворање на сончевата светлина во еднонасочна струја (DC).
- Носечка конструкција - Обезбедува правилно поставување на панелите под оптимален агол за максимизирање на сончевото зрачење.

Компоненти на еднонасочна струја

- Кабли за напојување со еднонасочна струја – Ја пренесуваат генерираната струја од фотонапонските панели до контролерот за полнење.
- Контролер за полнење – Регулаторен уред што го контролира полнењето на батериите и спречува нивно преполнување или длабоко празнење.
- Систем на батерии – Ја складира вишок енергијата произведена во текот на денот и овозможува користење на електрична енергија кога нема сончева светлина.
- Разводен ормар за еднонасочна струја - Содржи заштитна и прекинувачка опрема за регулација и заштита на кола со еднонасочна струја.

Компоненти за климатизација

- Инвертер – Ја претвора еднонасочната струја (DC) од батериите во наизменична струја (AC) погодна за стандардни потрошувачи.
- Кабли за напојување со наизменична струја – Го поврзуваат инверторот со електричните уреди и овозможуваат дистрибуција на електрична енергија.
- Разводен ормар за наизменична струја - Содржи прекинувачи, осигурувачи и мерна опрема (опционално) за регулирање на напојувањето.

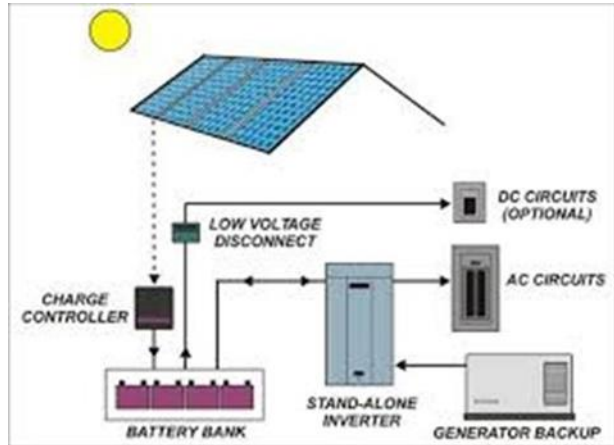
Поврзување со потрошувачите

- Го поврзува системот со крајните потрошувачи, вклучувајќи електрични апарати, осветлување, системи за греење и климатизација, пумпи, комуникациски системи, итн.

Систем за заземјување и заштита од гром

- Обезбедува заштита на системот од удари од гром и го стабилизира напонот во системот, со што се зголемува безбедноста и долготрајноста на компонентите.

Шематски дијаграм на соларни фотонапонски системи надвор од мрежата: Овој дијаграм ги прикажува основните компоненти на системот и нивните меѓусебни врски, вклучувајќи ги фотонапонските панели, контролерот за полнење, батериите и инверторот.



Шематски дијаграм на соларен фотонапонски систем надвор од мрежата



ВИДЕО

Принцип на работење на фотонапонски електрани надвор од мрежата:

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

4.5.1.2. Мрежни соларни фотонапонски системи

Соларните фотонапонски системи поврзани со мрежата се системи кои се директно поврзани со јавната електрична мрежа. Овие системи им овозможуваат на корисниците да произведуваат електрична енергија за свои потреби, а секој вишок произведена енергија се пренесува во мрежата. Овој пристап придонесува за намалување на сметките за електрична енергија и овозможува поефикасно користење на обновливите извори на енергија.

Видови и карактеристики на мрежните соларни фотонапонски електрани

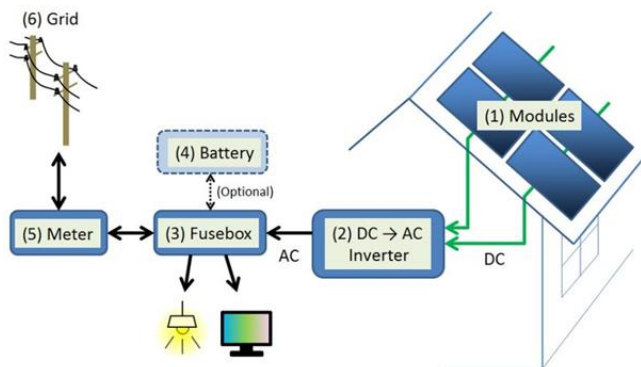
Мрежните соларни фотонапонски системи можат да се класифицираат според методот на поврзување со електричната мрежа:

- Соларни фотонапонски системи поврзани на мрежата преку домашната инсталација: Овие системи се инсталираат на станбени или комерцијални објекти и се поврзани со внатрешната електрична инсталација на објектот. Произведената енергија првенствено се користи за потребите на објектот, додека вишокот енергија се пренесува на јавната мрежа.
- Соларни фотонапонски системи директно поврзани со електричната мрежа: Овие системи се обично поголеми и се наменети исклучиво за производство на електрична енергија што се дистрибуира директно до електричната мрежа, без локална потрошувачка.

Структура и принцип на работење на мрежните соларни фотонапонски електрани

Мрежните соларни фотонапонски системи се системи што овозможуваат директно претворање на сончевата енергија во електрична енергија, каде што се поврзани на јавната електрична мрежа. Овие системи им овозможуваат на корисниците да произведуваат електрична енергија за свои потреби, а секој вишок енергија се пренесува во мрежата. Ова ги намалува трошоците за електрична енергија и придонесува за одржливо користење на обновливите извори.

Структурата на овие системи вклучува неколку клучни компоненти кои заедно овозможуваат ефикасно производство и дистрибуција на електрична енергија:



Шематски структурен приказ на мрежниот систем

1. Фотонапонски панели со носечка конструкција

Фотонапонските (FN) панели се основните елементи на систем што ја претвора сончевата светлина во електрична енергија со еднонасочна струја (DC). Овие панели се состојат од повеќе соларни ќелии направени од полупроводнички материјали, најчесто силициум. Носечката конструкција обезбедува стабилност и оптимална положба на панелите во однос на сонцето, што е клучно за максимална ефикасност на системот.

Компоненти на еднонасочна струја

- Кабли за напојување со еднонасочна струја: Тие ја пренесуваат еднонасочната струја произведена во панелите до инверторот. Квалитетните кабли се неопходни за да се минимизираат загубите на енергија и да се обезбеди долговечност на системот.
- Разводен ормар за еднонасочна струја со заштита и опрема за прекинување: Овој ормар содржи уреди за заштита и исклучување на струјното коло, како што се осигурувачи и прекинувачи, кои го штитат системот од пренапони, кратки споеви и други електрични аномалии.

Компоненти за наизменична струја

- Инвертер: Клучна компонента што ја претвора еднонасочната струја од панелот во наизменична струја (AC), компатибилна со јавната мрежа и домашните апарати. Современите инвертори, исто така обезбедуваат следење на перформансите на системот и може да имаат вградени механизми за заштита.
- Кабли за напојување со наизменична струја: Ја пренесуваат наизменична струја од инверторот до главниот разводен ормар на објектот или директно до приклучокот за електрична мрежа.
- Разводен ормар за наизменична струја со заштита, прекинувачка и мерна опрема: Овој ормар содржи опрема за дистрибуција на електрична енергија, заштита од преоптоварување и кратки споеви, како и мерна опрема за следење на потрошувачката и производството на енергија.

Мрежна врска

Таа претставува точка на поврзување на системот со јавната електрична мрежа. Преку оваа врска, вишокот произведена енергија може да се дистрибуира во мрежата, а во периоди кога производството е недоволно, енергијата може да се земе од мрежата.

Систем за заземјување и заштита од гром

Овој систем обезбедува заштита од електрични удари и пренапони предизвикани од гром или други пречки. Соодветното заземјување и заштитата од гром се од суштинско значење за безбедноста на корисникот и долготрајноста на опремата.

Систем за следење и управување

Современите системи поврзани со електричната мрежа честопати се опремени со софтверски решенија што овозможуваат следење на перформансите на системот во реално време, откривање на потенцијални проблеми и оптимизација на работењето. До овие системи може да се пристапи преку веб-платформи или мобилни апликации, обезбедувајќи им на корисниците детален увид во производството и потрошувачката на енергија.

Интеграцијата на сите овие компоненти овозможува ефикасно работење на мрежните соларни фотонапонски електрани, обезбедувајќи им на корисниците сигурен и одржлив извор на електрична енергија.

Принципот на работење на овие системи се базира на претворање на сончевата енергија во електрична енергија преку фотонапонски панели. Произведената еднонасочна струја се пренесува преку еднонасочни кабли до инверторот, кој ја претвора во наизменична струја. Оваа енергија потоа се испорачува преку наизменични кабли и разводни ормари до електричната мрежа или се користи за потребите на објектот.

Соларните системи поврзани со мрежата се дизајнирани да произведуваат електрична енергија од сончева светлина и да ја поврзуваат директно со јавната електрична мрежа. Овие системи им овозможуваат на корисниците да ги намалат сметките за електрична енергија и потенцијално да генерираат приход со продажба на вишокот произведена енергија назад во мрежата.

Принцип на работа на системот на мрежата:

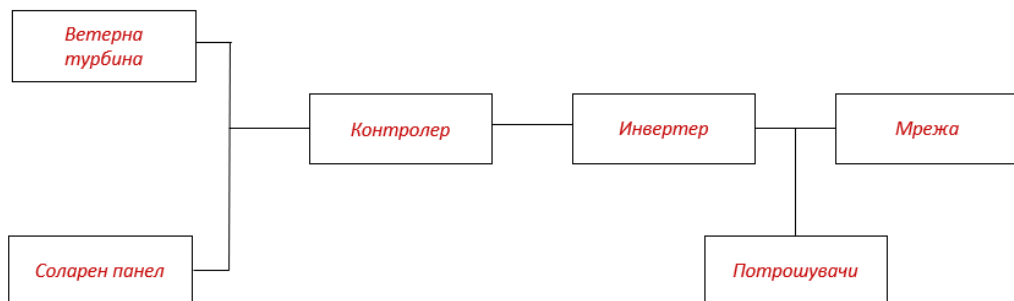
- Производство на електрична енергија: Фотонапонските (FN) панели, монтирани на покриви или отворени површини, ја апсорбираат сончевата светлина и ја претвораат во електрична енергија со еднонасочна струја (DC). Овој процес се базира на фотонапонскиот ефект, каде што фотоните од сончевата светлина ослободуваат електрони во полупроводничкиот материјал на панелот, создавајќи електрична струја.
- Конверзија од еднонасочна струја во наизменична струја: Произведената еднонасочна струја се пренесува на инвертер, уред кој ја претвора во наизменична струја (AC). Оваа конверзија е неопходна бидејќи повеќето домашни апарати и електричната мрежа користат наизменична струја.
- Дистрибуција на енергија: По конверзијата, наизменичната струја се дистрибуира низ електричната инсталација на објектот за напојување на различни уреди. Доколку системот произведе повеќе енергија отколку што е моментално потребно, вишокот автоматски се испраќа до јавната мрежа. Во случаи кога производството е помало од потрошувачката, недостатокот на енергија се компензира со нејзино земање од мрежата.
- Мерење и пресметка: Специјални двонасочни броила ја следат количината на енергија што се испорачува во мрежата и онаа што се зема од неа. Врз основа на овие податоци, корисниците можат да остварат заштеди на сметките за електрична енергија, а во некои случаи и приход од продажба на вишок енергија, во зависност од локалните прописи и тарифи.

Важно е да се напомене дека системите поврзани со мрежата не функционираат за време на прекин на електричната енергија, бидејќи се дизајнирани автоматски да се исклучат заради безбедноста на работниците што ја поправаат мрежата. За да се обезбеди енергија во такви периоди, треба да се земат предвид хибридни системи што вклучуваат батерии за складирање на енергија.

Со интегрирање на соларни системи поврзани со мрежата, корисниците можат ефикасно да користат обновливи извори на енергија, да ги намалат трошоците за електрична енергија и да придонесат за намалување на емисиите на штетни гасови.

4.5.1.3. Хибридни соларни фотонапонски системи

Хибридните соларни фотонапонски системи ги комбинираат карактеристиките на мрежните (поврзани на мрежата) и независните (надвор од мрежата) системи, овозможувајќи им на корисниците да користат енергија од повеќе извори и да обезбедат континуирано напојување дури и во случај на прекин на електричната енергија. Овие системи интегрираат различни извори на енергија и складирање за да го оптимизираат производството и потрошувачката на електрична енергија.



Блок-дијаграм на хибриден систем

Видови хибридни соларни фотонапонски електрани со складирање на енергија во батерии

Овие системи користат батерии за складирање на вишокот енергија произведена во текот на денот. Складираната енергија се користи во текот на ноќта или во периоди на намалена сончева активност, обезбедувајќи стабилно снабдување со електрична енергија. Предноста на овој систем е можноста за користење на сопствената енергија дури и за време на прекин на електричната енергија од мрежата.

Со генератор (дизел, бензин)

Во овој тип на хибриден систем, соларните панели се комбинираат со генератор на фосилни горива. Генераторот автоматски се вклучува кога производството на сончева енергија и енергијата од батериите не се доволни за да ја задоволат потрошувачката. Ова обезбедува сигурно напојување дури и во долги периоди без сончева светлина.

Со ветерна турбина

Овие системи комбинираат соларни панели со ветерни турбини, користејќи и сончева и ветерна енергија за производство на електрична енергија. Оваа комбинација овозможува поголема флексибилност и стабилност во производството на енергија, особено во области каде што и сончевата светлина и ветерот се достапни во различни периоди.

Со мала хидроцентрала

Во овој случај, соларните панели се интегрирани со мали хидроелектрани, користејќи ја енергијата на течната вода како дополнителен извор. Ваквите системи се погодни за области со достапни водни текови, овозможувајќи постојано производство на енергија без оглед на временските услови.

Со интегрирање на различни извори на енергија и складирање, хибридните соларни фотонапонски системи обезбедуваат флексибилност и безбедност во снабдувањето со електрична енергија, намалувајќи ја зависноста од еден извор и обезбедувајќи континуирано напојување дури и во случај на прекин во јавната мрежа.



ВЕЖБА

Истражувачки труд/PPT презентација „Компаративна анализа на предностите и предизвиците на соларните електрани надвор од мрежата, на мрежата и хибридни“.



КВИЗ

Квиз 5: Поделба на соларните фотонапонски електрани на надвор од мрежата, на мрежата и хибридни електрани

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

4.5.2. Елементи на соларни фотонапонски системи, функција и принцип на монтажа

Соларните фотонапонски системи се состојат од голем број клучни компоненти кои овозможуваат претворање на сончевата енергија во електрична енергија, нејзино складирање и дистрибуција до крајните корисници. Секоја компонента има специфична функција и бара соодветна инсталација за да го направи системот ефикасен, безбеден и долготраен.

Носечки структури на фотонапонски панели

Носечките структури играат клучна улога во обезбедувањето на механичка стабилност на фотонапонските панели и нивното оптимално позиционирање според сончевата светлина. Правилниот избор на структурата зависи од локацијата на инсталацијата, климатските услови и начинот на кој се користи системот.

Видови носечки конструкции и постапка за монтажа

- Конструкции за монтирање на земја
- Овие конструкции се користат кога фотонапонските панели се инсталираат на отворени површини, како што се соларни фарми или приватно земјиште.
 - Фиксните конструкции подразбираат поставување на панелите под оптимален агол за областа во која се наоѓаат. Монтажата се врши со прицврстување на панелите на цврсти метални или алуминиумски носачи кои претходно се закопани во земјата или се прицврстени на бетонски темели. Овие носачи обезбедуваат стабилност на системот и отпорност на ветрови и други временски услови.
 - Системите со следење на положбата на Сонцето можат да бидат едноосни (ги движат панелите во хоризонтална рамнина) или биаксијални (го следат Сонцето и хоризонтално и вертикално). Овие системи имаат електрични мотори и сензори кои автоматски го прилагодуваат наклонот на панелите во текот на денот за да го максимизираат производството на енергија. Монтажата вклучува инсталација на носечката конструкција, инсталација на електричниот мотор и поврзување со контролниот систем.
- Конструкции за инсталација на објекти
- Кога се инсталираат фотонапонски панели на објекти, се користат различни системи за прицврстување:
 - Интегрираните кровни конструкции подразбираат дека панелите стануваат составен дел од покривот. Овој систем бара специјализирани потпори и споеви кои ги заменуваат традиционалните кровни покриви.

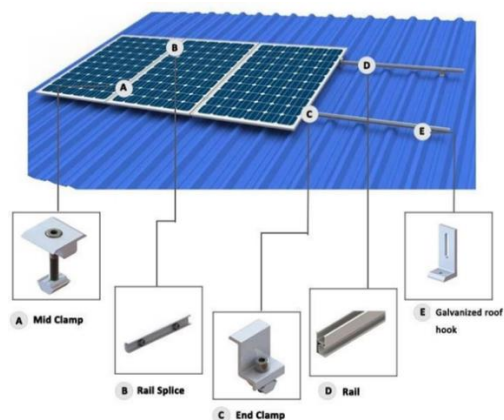
- Инсталацијата на фасади и рамни покриви вклучува употреба на фиксни челични или алуминиумски држачи на фасадни ѕидови или бетонски плочи. Постапката вклучува дупчење, прицврстување на потпорите, прицврстување на панелите на шините и нивно поврзување со разводниот ормар.
- Соларните настрешници и перголите се популарно решение кое комбинира заштита од сонце со производство на електрична енергија. Монтажата се врши со прицврстување на панелите на челични или алуминиумски рамки кои се инсталирани како настрешница.

Компоненти на носечки конструкции

- **Куки и анкери за покривот** – Се користат за прицврстување панели на греди на покривот.
- **Носачи и водилки** - Хоризонталните и вертикалните носачи овозможуваат стабилност и прилагодливост на панелот.
- **Рамки и потконструкција** – Обезбедуваат отпорност на временски услови и овозможуваат безбедно прицврстување на панелите.
- **Сврзувачки елементи** - Завртките, шрафовите и сврзувачките елементи ја обезбедуваат цврстината на споевите.
- **Системи за следење на сончевата енергија** - Моторизирани механизми кои овозможуваат оптимално позиционирање на панелите во текот на денот.



Различни видови држачи за фотонапонски панели



Елементи за монтажа на фотонапонски панели на покриви со профилирани лимови



Елементи за монтирање на фотонапонски панели на ќерамидни покриви

Системи за складирање на електрична енергија

Батериските системи овозможуваат складирање на вишокот произведена електрична енергија за подоцнежна употреба, што е особено важно за соларни електрани надвор од мрежата и хибридни соларни електрани.

Карактеристики на батериските системи

- Капацитет на батеријата (Ah или kWh) – Ја дефинира количината на енергија што батеријата може да ја складира.
- Номинален напон (V) – Стандардните вредности се 12V, 24V и 48V.
- Длабочина на празнење (DoD) – Мери колку капацитет на батеријата може да се искористи без оштетување.
- Ефикасност на складирање и век на траење - Ја одредува долговечноста на батеријата.

Постапка за монтирање на батериски системи

- Поставување на ормари за батерии - Батериите се поставуваат во специјализирани ормари со вентилација за да се спречи прегревање.
- Кабелска врска – Каблите се поврзани сериски или паралелно, во зависност од потребниот системски напон.
- Поврзување со контролер за полнење и инвертер - Обезбедува правилно управување со полнењето и празнењето на батеријата.

Контролери за полнење

Контролерот за полнење го контролира протокот на електрична енергија од панелите до батериите и спречува нивно преполнување или препразнење.

Постапка за монтирање на регулаторот за полнење

- Монтирање на регулаторот на сидот или во внатрешноста на разводниот ормар - Се поставува на лесно достапно место.
- Поврзување со панели, батерии и потрошувачи - Обезбедува оптимален проток на енергија.
- Конфигурација на системот – Поставување на режимот на полнење во зависност од типот на батерии.

Инвертори

Инвертерите ја претвораат еднонасочната струја (DC) во наизменична струја (AC), овозможувајќи користење на електрична енергија во стандардни домашни и индустриски системи.

- Постапка за инсталација на инвертер
- Поставување на инверторот на сид или во ормар - Овозможува вентилација и ладење на уредот.
- Поврзување со соларни панели и батерии - Обезбедува конверзија и дистрибуција на енергија.
- Поврзување со електричната мрежа (за системи поврзани со мрежа) - Овозможува испорака на вишок енергија до дистрибутивниот систем.

Електрични инсталации и заштитни системи

Правилно проектираните електрични инсталации обезбедуваат сигурно и безбедно работење на соларните фотонапонски електрани.

Постапка за инсталација на електрични компоненти

- Поставување на еднонасочни и наизменични кабли – Се користат заштитни канали и потпори за кабли.
- Инсталација на разводни ормари - Тие се монтираат на заштитени места за да се обезбеди непречено функционирање на заштитните уреди.
- Заземјување и заштита од гром - Неопходни за намалување на ризикот од електричен удар.

Систем за следење и управување

Системите за надзор овозможуваат далечинско следење и оптимизација на работата на соларните фотонапонски електрани.

Елементи на системот за надзор

- Сензори и контролери – Следете ги клучните системски параметри.
- Софтвер за следење на работата - Овозможува далечинско следење.
- Аларми и безбедносни уреди - Предупредуваат за можни дефекти.



Монтажни елементи за поврзување на фотонапонски панели



Соларен полнач 5,5 kW, инвертер 12 V AC 220 V, полнач за батерии 20 A и инвертер 48 V 6000 W



КВИЗ

Квиз 6: Елементи на соларни фотонапонски системи, функција и принцип на монтажа:

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

4.6. Техничка документација и техничка регулатива за соларни фотонапонски системи

Техничката документација и прописите играат клучна улога во дизајнирањето, инсталацијата, работењето и одржувањето на соларните фотонапонски електрани. Таа ги вклучува сите потребни информации за изведбата на системот, карактеристиките на опремата, безбедносните барања и законските рамки што го регулираат работењето на соларните електрани. Соодветниот пристап до техничката документација и прописите обезбедува ефикасност, безбедност и усогласеност со прописите.

Видови техничка документација и нивната намена

Техничката документација претставува збир на проектни, технички и правни документи што се користат во сите фази од животниот циклус на соларната електрана - од концептуална изведба па сè до имплементација и одржување. Постојат различни видови на техничка документација, а основните се:

- Проектна документација - Ги содржи сите потребни податоци за изведба и имплементација на соларниот фотонапонски систем. Вклучува:
 - Услови за работа на проектот – Ги дефинира основните барања и цели на проектот.
 - Концептуално решение - Го прикажува концептот на работа на системот и основните технички карактеристики.
 - Концептуален проект - Детален преглед на техничките решенија и проценка на изводливоста.
 - Главен проект – Документ со прецизни технички параметри, шеми, ситуациона позадина од геодетската администрација и потребни пресметки за изведување на инсталацијата.
 - Проект на изведена состојба - Се изработува по имплементацијата на проектот и го прикажува реално изведеното решение.
- Документација на производителот на опремата - Вклучува технички спецификации, упатства за употреба и одржување, како и сертификати и протоколи за тестирање за опрема како што се фотонапонски панели, инвертори и заштитни компоненти.
- Елаборати и експертски наоди - Тие содржат студии за анализа на локацијата, оценка на влијанието врз животната средина и техничко-економски анализи.
- Тест протоколи и сертификати - Документирајте ги резултатите од тестирањето на системските компоненти, покажете ги функционалните тестови, поставките за заштита и мерењата на отпорот на изолација на приклучната линија и отпорот на заземјување, верификација на перформансите и усогласеноста со стандардите.

Видови технички регулативи и нивна примена

Техничките регулативи вклучуваат низа прописи, норми и упатства што ја обезбедуваат безбедноста, ефикасноста и сигурноста на соларните фотонапонски системи. Основните категории на техничка регулатива вклучуваат:

- Стандарди - Технички документи што ги дефинираат минималните технички барања за проектирање, инсталација и одржување на соларни фотонапонски системи (на пр. IEC, ISO, EN стандарди).
- Технички прописи – Национални и меѓународни закони и прописи што ја регулираат изградбата и работењето на соларните фотонапонски системи.

- Прописи - Специфични документи што регулираат одредени сегменти од системот, како што се поврзување со електричната дистрибутивна мрежа, безбедносни стандарди и мерки за безбедност при работа.
- Препораки и упатства - Насоки за дизајнирање, оптимизирање и интегрирање на соларни системи во електроенергетскиот систем.

Толкување на проектна документација за соларни фотонапонски системи

Проектната документација е клучен ресурс за изведувачите, инвеститорите и регулаторните органи. Проучувањето и разбирањето на проектните планови овозможува правилна имплементација на системот, спречување на технички проблеми и оптимизација на перформансите.

Некои од најважните елементи на проектната документација вклучуваат:

- Шематски дијаграми - Го прикажуваат основниот начин на функционирање на системот и меѓусебните врски на компонентите.
- Блок дијаграми - Илустрирајте ја интеракцијата на различните делови од системот (панели, батерии, инвертер, мрежа).
- Еднополни шеми - Прецизни електрични прикази на сите компоненти на системот и нивните меѓусебни врски.

Електрични симболи на елементи на соларни фотонапонски системи

Соларните фотонапонски системи содржат голем број електрични компоненти, од кои секоја има свој технички симбол во електричните шеми. Познавањето и правилното толкување на овие симболи овозможува разбирање на проектната документација и изведба на правилни електрични поврзувања.

Знаци за опасност и предупредувања во техничките прописи и документација

Безбедноста е клучен аспект при работа со соларни фотонапонски системи. Техничката документација и регулативите вклучуваат разни предупредувачки знаци кои информираат за потенцијални ризици. Меѓу нив се:

- Знаци за висок напон - Предупредуваат за присуство на опасен напон во системот.
- Знаци на опасност од електричен удар - Информирајте се за зони со зголемен ризик од електричен удар.
- Ознаки за заштитна опрема - Означува задолжителна употреба на заштитна опрема, како што се изолирани ракавици, заштитни очила и обувки.

Толкување на планот за безбедност при работа во соларниот фотонапонски систем

Планот за безбедност при работа во соларниот фотонапонски систем ги дефинира сите потребни мерки и процедури за безбедна работа со соларни системи. Овој план вклучува:

- Мерки за заштита од електричен удар - Примена на соодветни изолациски материјали, заштитни уреди и системи за заземјување.
- Постапки во случај на вонредни ситуации - Мерки за спречување на пожари, патеки за евакуација и постапки за гаснење на пожари предизвикани од електрични инсталации.
- Заштита од временски услови - Вклучува мерки за заштита од работа на висина, заштита од гром и отпорност на опрема на екстремни временски услови.

4.7. Материјал, алатки, опрема и уреди за работа на изградба и одржување на соларни фотонапонски системи

За висококвалитетна и безбедна изградба, монтажа и одржување на соларни фотонапонски системи, потребно е да се користат соодветни материјали, алатки, опрема и уреди. Секоја компонента од овој систем придонесува за ефикасноста и безбедноста на работењето, овозможувајќи правилно извршување на сите операции.

Материјал: жици за проводници и кабли, стеги, конектори, разделувачи, изолациски ленти и друг изолационен материјал, фотонапонски цевки и кутии, мазива, средства за отстранување на корозија, средства за заштита од корозија (антикорозивни бои, премази, масти), материјали за заптивање, завртки и навртки, материјал за означување и сигнализација, градежен материјал, итн.

Примери за енергетски кабли



ПП00



ПП40

Употреба: За дистрибуција на енергија во градски мрежи, индустриски постројки. Се поставуваат во кабелски канали, затворени простории и во земја со примена на дополнителна заштита.



ПП 45-А

Употреба: За дистрибуција на енергија во градски мрежи, индустриски постројки и на места каде што се очекуваат механички оштетувања. Се поставуваат во земја, во кабелски канали и на отворен простор. Погоден е за вертикално и косо поставување, како и на лизгави површини.



Контролни и сигнални кабли

Употреба: За поврзување на сигнални и контролни уреди во индустријата, термо, хидроенергетски, ветерни и соларни електрани, сообраќај, итн. Се поставуваат во кабелски канали во затворени простории и во земја со примена на дополнителна заштита.



Конекторот MC-4 е најчест во пракса.

Различни видови на кабелски приклучоци



Различни видови на спојни ракавци



ПВЦ цевки за инсталација

Алатки: изолациски клешти, компресиони клешти, секачи за жици, метални пили, шрафцигери, клучеви, турпии, чекани, електрични браварски алатки, рачна опрема за кревање, ножици и ножеви за сечење изолациски материјал, ножици за лим, пили, алатки за лемење, алатки за виткање на лим, алатки за виткање на профили, алатки за дупчење, алатки за сечење, алатки за навојување, алатки за мерење и контрола, алатки и додатоци за заварување, либела, итн.



Алатки за стегање, отстранување на изолација, мерни инструменти

Опрема и уреди: преносен заземјувачки уред, изолационен столб, преносен трансформатор, преносен генератор, дупчалка, брусилка, индикатори за висок напон, мултиметри, инструмент за снимање на UI карактеристики на соларни панели, дијагностички и тест уреди, мегаомметар, привремени конструкции и објекти (скелиња, работни платформи, засолништа, итн.), куки за кревање, држачи, анкери, кран со изолациона платформа, итн.



Мерни инструменти



Анализатор на квалитет на Соларен мултиметар енергија

Мултифункционален тестер за инсталација

Специјализирани машини и возила: За изградба и одржување на соларни фотонапонски системи, често се користат специјализирани машини и возила прилагодени за работа во тешки услови. Тука спаѓаат телескопски кранови со голем капацитет, теренски возила за транспорт на опрема и материјали по непристапен терен, самоодни скелиња и платформи за работа на висина, како и специјализирани дупчалки. Овие возила и машини овозможуваат безбедно и ефикасно извршување на сите градежни и електрични работи на соларни фотонапонски системи.



Специјализирани возила

Овие материјали, алатки, опрема и уреди се исклучително важни за ефикасна и безбедна работа на изградбата и одржувањето на соларните фотонапонски електрани, овозможувајќи квалитетно извршување на сите потребни операции и задачи.



ПРАКТИЧНА ВЕЖБА

Задача 1. Идентификација и анализа на материјали за работа во соларни фотонапонски системи

Материјал и алатки:

- Примери од различни видови материјали (бакарни и алуминиумски спроводници, изолациски материјали, пластични и метални цевки, заштитни обвивки);
- Техничка документација и каталози на производителот;
- Алатки за мерење (микрометар, клешти за стегање, нож за отстранување на изолација);
- Заштитна опрема (ракавици, заштитни очила).

Постапка за извршување:

1. Преглед на достапните материјали

- Сортирајте примероци од спроводници и изолациски материјали.
- Идентификувајте материјали врз основа на боја, флексибилност, ознаки и стандарди.

2. Споредба на својствата на материјалите

- Измерете ја дебелината на проводникот и изолацијата.
- Споредете ја механичката јачина на различни материјали.
- Анализирајте ги предностите и недостатоците од употребата на бакар во однос на алуминиумот во електричните инсталации.

3. Дискусија за примената на материјалот

- Идентификувајте кои материјали се користат за различни видови инсталации.
- Проценете кој материјал е најсоодветен за специфични работни услови (влажност, висока температура, механичко напрегање).

4. Групни задачи

- Поделете се во групи и анализирајте ги техничките спецификации на одреден материјал.
- Изнесете заклучоци за изборот на материјали за специфични апликации.

Конечна проверка:

- Презентирајте ја анализата и заклучоците за употребата на материјалите во специфични работни услови.
- Објаснете ги причините за избор на одреден материјал врз основа на технички податоци.
- Проверете ја точноста на податоците во техничката документација.



ПРАКТИЧНА ВЕЖБА

Задача 2: Користење рачни и електрични алатки

Материјал и алатки:

- Основни рачни алатки (кешти, шрафцигери, скалпели, ножеви за отстранување на изолација);
- Електрични алатки (дупчалка, мелница, рачка за лемење, пиштол за топол воздух);
- Тестери и мерни инструменти (мултиметар, тестер на напон, амперметар);
- Заштитна опрема (заштитни ракавици, заштитни очила, работна облека)

Постапка за извршување:

1. Демонстрација за употреба на алатки

- Запознајте се со основните функции на рачните и електричните алатки.
- Разгледајте ги техничките карактеристики на алатките и како да ги користите.
- Правилно прилагодете ги алатките пред употреба.

2. Практична примена на алатки

- Користете клешти и шрафцигери за обработка на проводници и поврзување на електрични елементи.
- Испробајте електрични алати за дупчење, сечење и обликување на материјали.
- Користете тестер за да ја проверите исправноста на електричните инсталации.

3. Анализа на ефикасноста и безбедноста при работа

- Проверете ја исправноста на алатките пред и по употреба.
- Споредете ја брзината и точноста на рачните и електричните алатки во различни задачи.
- Разговарајте за безбедносните правила при работа со електрични алати.

Конечна проверка:

- Демонстрирајте ја правилната и безбедна употреба на секоја алатка.
- Презентирајте ја правилната употреба на електричните алатки преку практични задачи.
- Идентификувајте ги можните грешки при користењето на алатката и предложете подобрувања.

5. ИЗГРАДБА НА СОЛАРНИ ФОТОНАПОНСКИ СИСТЕМИ

5.1. Подготвителни работи за изградба на соларни фотонапонски електрани

Вршењето подготвителни работи за изградба на соларни фотонапонски системи е клучна фаза во процесот на имплементација на системот. Оваа фаза обезбедува соодветно исполнување на сите услови за успешна инсталација на соларни модули и придружна опрема. Подготвителните работи вклучуваат техничка анализа, проценка на локацијата, организација на материјалите и алатките, како и примена на соодветни безбедносни мерки.

Толкување на техничка документација

Пред да се започне со практичните работи, потребно е детално да се проучи техничката документација за да се добие увид во спецификациите на проектот и условите за инсталација. Техничката документација вклучува цртежи за дизајн, упатства од производителот и технички карактеристики на компонентите на системот. Клучните елементи на документацијата што треба да се анализираат се:

- Ориентацијата и наклонот на соларните панели за максимална ефикасност.
- Видот и димензиите на потпорната конструкција.
- Електричните спецификации на системот, вклучувајќи напојување на инверторот, типот на кабел и методот на поврзување.
- Безбедносни барања и стандарди за инсталација.

Испорака на опрема, материјали и алатки

Една од основните подготвителни задачи е правилната организација на опремата и материјалите потребни за монтажа. Соларните панели, носечките конструкции, каблите, инвертерите и заштитната опрема мора да бидат испорачани и складирани на начин што ќе спречи нивно оштетување. Важно е да се осигура дека сите елементи се достапни на градилиштето во согласност со планот за монтажа, а со цел да се избегнат доцнења во работењето.

При организирање на алатки, потребно е да се подготви следново:

- Рачни и електрични алатки за монтажа (дупчалки, шрафцигери, клучеви, секачи за кабли, итн.).
- Заштитна опрема за работа на висина (ремени, шлемови, ракавици, очила).
- Мерни инструменти (дигитална либела, мултиметар, соларен анализатор).

Проверка на површината за монтирање

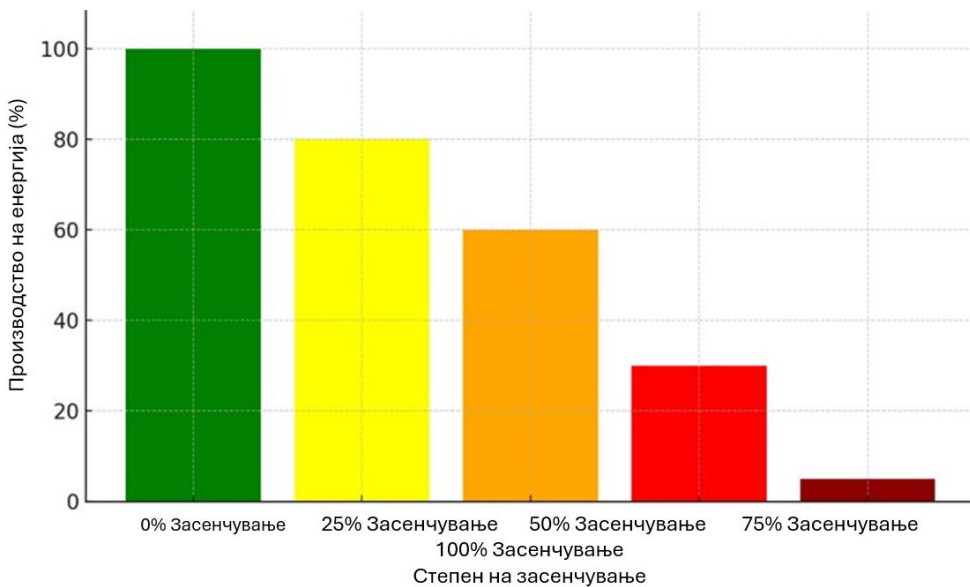
Квалитетот и стабилноста на основата на која ќе биде поставена сончевата електрана се клучни фактори за безбедно и долгорочно работење на системот. Во зависност од тоа дали инсталацијата се изведува на покривот или на земја, пристапот кон евалуацијата на подлогата се разликува:

- Проверка на покривот: Се анализира материјалот и носивоста на покривот. На пример, при монтирање на лимени покриви, потребно е да се обезбедат дополнителни држачи за да се намали оптоварувањето. Кај бетонските покриви, треба да се проверат можностите за дупчење и фиксирање на потпорите.

- Проверка на земјата: При инсталирање на соларни панели на земја, се врши анализа на носивоста на почвата. Во случај на слаба почва, може да бидат потребни дополнителни темели или бетонски основи за стабилизирање на конструкцијата. Се користи табела со листа за проверка на редоследот на работите.

Идентификација и отстранување на извори на засенчување

Засенчувањето е еден од клучните фактори што можат да ја намалат ефикасноста на соларните фотонапонски системи. Затоа, потребно е да се идентификуваат изворите на засенчување и да се преземат соодветни мерки. Вообичаени извори на засенчување се дрвја, високи згради, оџаци и други предмети што можат да ја блокираат сончевата светлина.



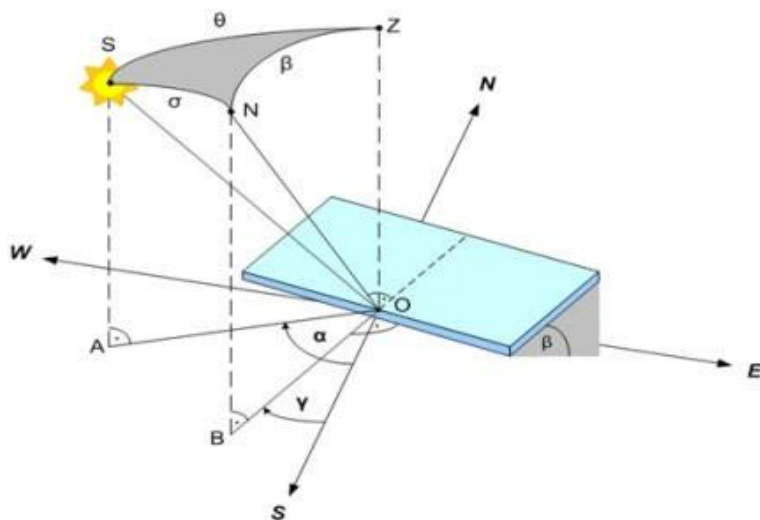
Влијанието на засенчувањето врз производството на соларните фотонапонски системи

При анализата на засенчување се користат алатки како што се соларни анализатори и софтверски алатки за симулирање на патеката на Сонцето. Доколку засенчувањето е значаен проблем, можно е да се прилагоди наклонот и положбата на соларните панели за да се намалат загубите.

Проверка на ориентацијата и наклонот на површината

Правилната ориентација и наклон на соларните панели се клучни за постигнување на максимално производство на електрична енергија. Општо земено, за северната хемисфера, препорачаната ориентација е кон југ, додека за јужната хемисфера, соларните панели се ориентираны кон север.

Оптималниот наклон зависи од географската локација и аголната висина на Сонцето во текот на годината. Најчесто се користи наклонот што одговара на географската ширина на локацијата, но може да се прилагоди во зависност од сезонската побарувачка на енергија.



Позицијата на фотонапонските панели и позицијата на Сонцето

Видот и положбата на покривот ќе го дефинираат аголот на наклон (β) и азимутниот агол (γ) на фотонапонските панели (слика погоре), што, меѓу другото, ќе зависи од производството на електрична енергија.

Чистење и подготовка на површината за монтирање

Пред да ги инсталирате држачите и соларните панели, површината мора да се исчисти од нечистотија, лисја, снег или други пречки што можат да го попречат инсталирањето. На покривите, важно е да се провери стабилноста на материјалите и да се извршат потребните поправки за да се обезбеди безбедно работење на инсталацијата.

Означување и обезбедување на работен простор

За безбедно извршување на работите, потребно е да се постават соодветни безбедносни знаци, бариери и да се обезбеди пристап само за овластени лица. Особено е важно да се инсталира безбедносна опрема за работа на висина, како што се безбедносни јажиња, безбедносни појаси и безбедносни мрежи.



ПРАКТИЧНА ВЕЖБА

Задача 1: Проценка на локација за соларна електрана

Правилно измерете го наклонот и ориентацијата на покривот/земјата со помош на мерни инструменти заради обезбедување на оптимална ефикасност на соларната електрана.

Материјали и алатки

- Техничка документација
- Инклинометар
- Компас
- Соларен анализатор
- Заштитна опрема за работа (ракавици, заштитни очила)

Постапка:

- Подготовка на работниот простор
- Обезбедете безбедна средина за извршување на мерења.
- Толкување на техничката документација
- Подгответе ги потребните мерни инструменти.

2. Извршување на симулација

- Мерење на наклонот на покривот или земјата со помош на инклинометар.
- Анализирање на влијанието на околните објекти (дрвја, згради, оџаци) врз ефикасноста на системот.
- Користете компас за да ја одредите ориентацијата кон југ.
- Споредете ги добиените податоци со техничките упатства за оптимално производство на енергија.

Конечна проверка

- Споредете ги измерените вредности со препорачаните параметри за соларната инсталација.
- Дискутирајте за можните предизвици во мерењето и предлози за подобрување.



ПРАКТИЧНА ВЕЖБА

Задача 2: Подготовка на опрема и алатки за монтажа

Правилна организација на потребниот материјал и воспоставување на безбедносни мерки пред инсталацијата на соларни панели.

Материјали и алатки

- Комплет алатки за монтажа (клуч, шрафцигер, дупчалка);
- Заштитна опрема (ракавици, шлем, безбедносен појас);
- Сигнализација за обезбедување на работниот простор;
- Елементи од монтажната конструкција.

Постапка

1. Подготовка на работниот простор

- Осигурајте се дека сите материјали и алатки се достапни и организирани.
- Проверете ги безбедносните мерки на работното место (заштитна опрема, бариери, сигнализација).

2. Изведување на симулација

- Подредете ги и организирајте ги материјалите според фазите на монтажа.
- Проверете ја исправноста на опремата за монтажа и безбедносните системи.
- Инсталирајте привремени заштитни мерки пред да започнете со работа.

Конечна проверка

- Проверете дали опремата и алатите се правилно подготвени.
- Дискутирајте за можни подобрувања во организацијата на монтажните работи.

5.2. Инсталација на носечки конструкции и фотонапонски панели

Инсталацијата на носечки конструкции и фотонапонски панели е клучен чекор во изградбата на соларни фотонапонски системи. Овој процес вклучува избор и подготовка на локацијата, поставување стабилна и безбедна основа за панелите, нивна прецизна ориентација и обезбедување оптимални перформанси на системот. Правилната инсталација на конструкцијата и панелите директно влијае на издржливоста, безбедноста и ефикасноста на работењето на соларната електрана.

Одредување на локацијата и подготовка на теренот

Пред да се инсталира соларниот фотонапонски систем, потребно е да се изврши анализа на локацијата и да се подготви теренот за инсталација. Клучните фактори при изборот на локација вклучуваат инсолација, топографија, наклон и ориентација, засенчување и носивост на почвата или покривот.

Инсолацијата се однесува на количината на сончево зрачење достапно на одредена локација во текот на годината. Со анализа на инсолацијата, може да се процени годишното производство на енергија и да се донесе одлука за оптималната положба на панелите.

Топографијата на теренот игра важна улога во одредувањето на методот на инсталација на соларните панели. Се претпочитаат рамни терени бидејќи овозможуваат полесна инсталација и ја намалуваат потребата од нивелирање на земјата, додека нерамните терени бараат дополнителна обработка и прилагодување на потпорите.

Наклонот и ориентацијата директно влијаат врз ефикасноста на соларната електрана. Панелите се поставуваат свртени кон југ (на северната хемисфера) или север (на јужната хемисфера) за да примат максимално сончево зрачење во текот на денот. Наклонот на панелот зависи од географската ширина на локацијата и се прилагодува според препорачаните вредности за оптимално производство на електрична енергија.

Засенчувањето може значително да ја намали ефикасноста на системот. Мора да се избегнуваат пречки што можат да фрлат сенка врз панелите, како што се згради, дрвја, столбови и други предмети. Исто така, потребно е да се обрне внимание на поставувањето на панелите за да се избегне меѓусебно засенчување. Анализата на засенчувањето се врши со помош на специјализиран софтвер или физички мерења во различни делови од денот и годината.

Мора да се процени носивоста на земјата или покривот за да се обезбеди стабилност на инсталацијата. За инсталација на земја, потребно е да се анализира структурата на почвата и да се избере соодветниот тип на темел, додека за инсталации на покриви, се врши проценка на статиката на објектот со цел да се утврди дали покривот може да го издржи дополнителното оптоварување на панелите и потпорите.

Откако ќе се избере локацијата, теренот се подготвува со отстранување на вегетацијата и израмнување на земјата, доколку тоа е неопходно. Во случај на инсталација на покрив, се проверува статиката на објектот и се избира соодветна структура за монтирање на панелите. Овие чекори обезбедуваат долгорочно, безбедно и ефикасно работење на соларните фотонапонски системи.

Создавање на основата за носечката конструкција

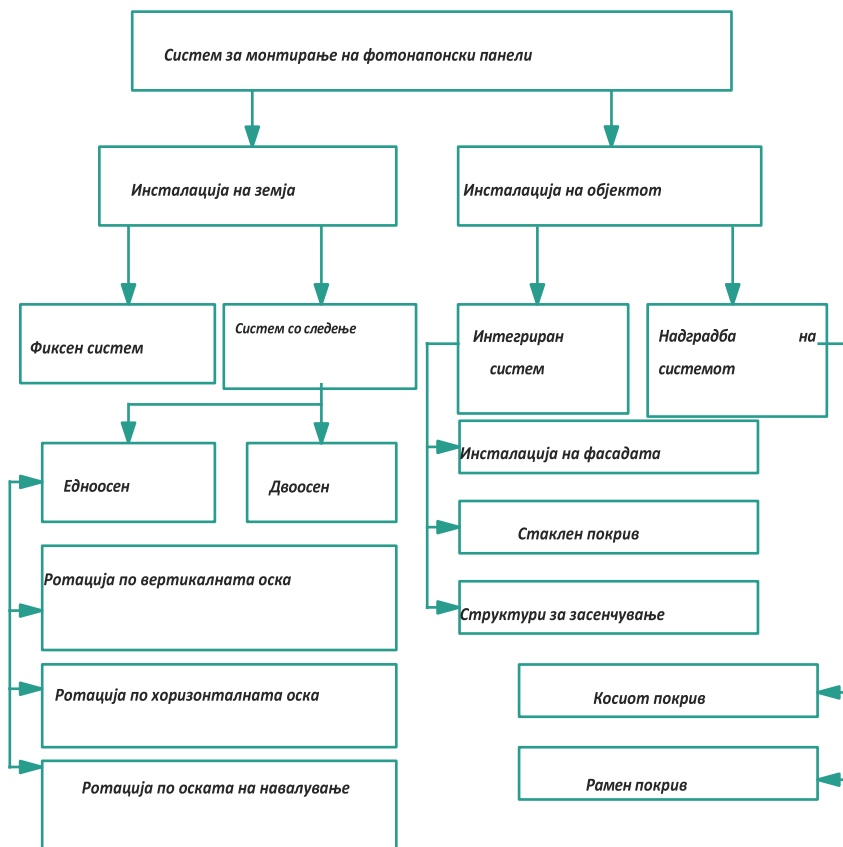
Поставувањето на темелите за носечката конструкција зависи од видот на теренот и оптоварувањето што треба да го поднесе конструкцијата. При монтажа на земја, се користат три основни типа на темели:

- **Бетонски темели** – најстабилното решение, особено за големи соларни електрани. Се копаат јами, во нив се поставува армирана мрежа и се истура бетон.
- **Шрафовидни темели** - се користат за полесни конструкции и во области каде што не е пожелно да се изведуваат бетонски работи.
- **Челични столбови заземјени директно во земјата** - тие се поставуваат со помош на специјални машини кои овозможуваат брзо и цврсто прицврстување.

Во случај на кровни инсталации, наместо темели, се користат специјални потпори прилагодени на типот на покривот. Рамните покриви бараат монтажни држачи кои обезбедуваат стабилност и оптимален наклон на панелите.

Инсталација на носечката конструкција за фотонапонски панели

Носечката конструкција служи за фиксирање на фотонапонските панели на покривите или на земјата, овозможувајќи оптимално позиционирање според сончевото зрачење. Инсталацијата се разликува во зависност од локацијата на инсталација - на покривот или на земјата.



Видови системи за монтирање на фотонапонски панели

Монтажа на елементи на потпорната конструкција за фотонапонски панели на покривот/на земја

Монтирањето на потпорите/носачите и водилките започнува со фиксирање на основната конструкција според техничките спецификации на проектот. Кај кровните инсталации, прво се инсталираат кровни куки или анкери, на кои потоа се прицврстуваат хоризонтални и вертикални водилки. За сигурно прицврстување на панелите се користат завртки и стеги, обрнувајќи посебно внимание на правилната распределба на оптоварувањето за да се спречи механичко напрегање.

При монтажа на земја, прво се подготвува теренот и се поставуваат темели или челични столбови, се вршат тестови за извлекување, по што се монтираат хоризонтални и вертикални водилки. Панелите се прицврстуваат со крајни и средни стеги, додека завртки и сврзувачки материјал се користат за цврсто поврзување на елементите. Дополнително, во системи со следење на сонцето, се инсталираат актуатори кои овозможуваат прилагодување на наклонот на панелите во текот на денот.

По монтажата, потребно е да се провери стабилноста на конструкцијата, цврстината на споевите и отпорноста на временските услови пред да се продолжи со инсталацијата на фотонапонските панели. Проверката на стабилноста вклучува тестирање на цврстината на држачите и водилките, осигурување дека сите завртки и сврзувачки елементи се правилно позиционирани и затегнати, како и тестирање на отпорноста на оптоварувања како што се силни ветрови и вибрации. Дополнително, треба да се изврши финална проверка на конструкцијата за да се осигура дека нема несакани движења или деформации што би можеле да ја нарушат долговечноста на системот.

Елементи на потпорната конструкција за фотонапонски панели на покривот:

- Кровни куки или анкери - прицврстете ја структурата на површината на покривот и обезбедете стабилност.
- Носачи/водичи (хоризонтални и вертикални) - служат за поставување и прицврстување на панели на структурата.
- Крајни стеги и средни стеги – ги држат панелите на место и обезбедуваат нивна цврстина.
- Материјал за прицврстување (завртки, шрафови) – се користи за прицврстување на сите структурни елементи.
- Кровни завртки за метални покриви – специјални завртки за сигурно прицврстување на потпори на метални покриви.
- Носачи за рамни покриви - овозможуваат инсталација на панели на соодветен наклон.
- Потконструкција – дополнителни елементи што ја подобруваат стабилноста на специфични типови покриви.

Елементи на потпорната конструкција за фотонапонски панели на Земја:

- Темели и основни плочи - обезбедуваат стабилност на конструкцијата на Земја.
- Носачи/водичи (хоризонтални и вертикални) - овозможуваат фиксирање на панели.
- Крајни стеги и средни стеги – прицврстете ги панелите на структурата.
- Спојувачки материјал (завртки, шрафови) - ги поврзува структурните елементи.
- Накосени структури - прилагодете го панелот под оптимален агол кон сонцето.
- Системи за следење на сончевата енергија - овозможуваат автоматско прилагодување на панелите за максимизирање на користењето на сончевата енергија.

Ориентација и наклон на потпорната конструкција на фотонапонските панели

Монтирањето на потпорната конструкција за фотонапонските панели се разликува во зависност од локацијата, бидејќи инсталацијата на покривот или на земја бара различни пристапи и специфични методи за обезбедување на стабилност и ефикасност на системот.

Во случај на монтажа на кров, конструкцијата се прицврстува директно на носечката површина на кровот со помош на кровни куки, анкери или држачи. Овие елементи овозможуваат сигурно фиксирање на панелите со минимално оштетување на кровната конструкција. На рамните кровови се користат специјални потпори со баласт, кои обезбедуваат стабилност без потреба од дупчење дупки во кровот. Дополнителни предизвици со инсталациите на кровот вклучуваат наклон и статички капацитет на оптоварување на зградата, па затоа пред инсталацијата е потребно да се изврши анализа на оптоварувањето.



Инсталација на земја или на рамни покриви



Инсталација на панели на рамен покрив

При монтирање на земја, структурата се поставува на темели или навртки што овозможуваат стабилност и долгорочно работење на системот. Поставувањето на земја овозможува поголема флексибилност во однос на ориентацијата и наклонот на панелите бидејќи потпорите можат прецизно да се прилагодат на оптималниот агол на инциденца на соларните зраци. Дополнително, системите за следење на сончевата енергија често се интегрираат со вакви инсталации за да се зголеми производството на енергија.



Системи за инсталирање панели на вода (лебдечки системи)

За инсталации на земја, фотонапонските панели можат да се инсталираат на фиксни системи, каде што постојано се под одреден агол или на системи за следење, кои го следат движењето на сонцето за подобра ефикасност. Системите со следење можат да бидат едноосни (ротација по вертикална, хоризонтална или наклонета оска) или двоосни, каде што панелите го следат сонцето во двата правци, што овозможува максимално производство на енергија.



Инсталација на соларни панели на Земја

При инсталации на згради, фотонапонските панели можат да бидат дел од интегриран систем, каде што ги заменуваат градежните елементи (фасади, стаклени покриви) или систем за надградба, каде што последователно се монтираат на постоечки конструкции. Панелите можат да се инсталираат на коси или рамни покриви. Во случај на коси покриви, панелите се прицврстуваат со помош на специјални потпори, кои овозможуваат безбедна инсталација без нарушување на структурата на покривот. На рамни покриви се користат специјални држачи или држачи за баласт за да се обезбеди стабилност без потреба од дупчење на покривот. Панелите на рамни покриви можат да се инсталираат под фиксен агол или со прилагодлив наклон, за да се оптимизира производството на енергија во зависност од географската локација.



Соларни панели на покриви на станбени згради

Соларен панел монтиран на оградата на балконот

Инсталација на фотонапонски панели на рамни покриви и употреба на баласт

Инсталацијата на соларни панели на рамни покриви покриени со изолациски мембрани бара посебен пристап со цел да се обезбеди механичка стабилност на системот, издржливост на кровната конструкција и оптимално производство на енергија. Клучните предизвици вклучуваат:

- Зачувување на хидроизолацијата на покривот - пробивањето на кровната мембрана може да доведе до протекување и оштетување на зградата.
- Отпорност на ветер и други временски влијанија - потребно е да се осигура дека ветровите не го дестабилизираат системот.
- Оптимален наклон на панелите - со цел да се постигне максимална ефикасност во производството на електрична енергија.

Употреба на баласт при инсталација на рамни покриви

Поради потребата од зачувување на хидроизолацијата на покривот, инсталацијата се изведува без фиксно прицврстување, туку се користи баластна конструкција. Ова значи:

- Поставување на бетонски блокови како товар што ја држи структурата на место.
- Правилно поставување на баластот за да се обезбеди рамномерна носивост и да се спречи поместување на панелите поради ветер.
- Употреба на системи за монтирање со прилагодлив наклон, кои овозможуваат панелите да се постават под оптимален агол за да се максимизира производството на енергија.

Софтверска анализа на димензионирање на носивоста

При дизајнирање на системот, се користи анализа на софтвер, која ги зема предвид следните параметри:

- Ветровита роза - анализа на доминантните насоки и брзини на ветерот на локацијата.
- Висина на зградата – поголемите згради се изложени на посилни ветрови и бараат дополнителни мерки за стабилизација.
- Географска локација - климатските услови, снежните врнежи и температурите влијаат на изборот на систем за монтирање.
- Микроклима – специфичните услови на покривот (ветрови, засенчување, рефлексција) се анализираат за да се оптимизира инсталацијата.

Предности на баластните системи

- Минимално влијание врз покривот - не го оштетува водоотпорниот слој.
- Флексибилност при инсталација - лесно се прилагодува на различни површини на покривот.
- Брзо монтирање и демонтирање - погодно за привремени и долгорочни соларни инсталации.



Дополнителна конструкција за баласт сончева енергија за рамен покрив

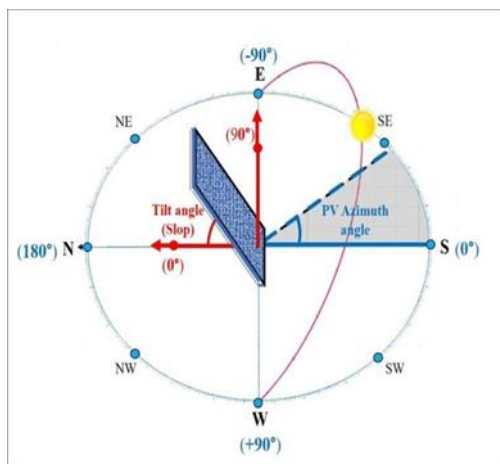
Без оглед на локацијата, клучните фактори што влијаат на ефикасноста на системот се правилната ориентација и наклонот на структурата. Ориентацијата се одредува според географската положба и достапноста на сончевото зрачење, додека наклонот се прилагодува на сезонските промени со цел да се постигне максимално производство на електрична енергија.

За проверка на точноста на ориентацијата и наклонот се користат алатки како што се компас, инклинометар, ласерско ниво и GPS уред. Прецизните прилагодувања обезбедуваат соларните панели да работат со максимална ефикасност и да ги минимизираат загубите на енергија поради неправилна монтажа.

Правилната ориентација и наклон на соларните панели се клучни фактори за оптимизирање на нивните перформанси и максимизирање на користењето на сончевата енергија. Панелите обично се поставуваат свртени кон југ (на северната хемисфера) или север (на јужната хемисфера) за да примат најголема количина на сончево зрачење во текот на денот. Наклонот на панелите зависи од географската ширина на локацијата и е оптимално прилагоден за да се постигне максимално производство на електрична енергија во текот на целата година.

Постапка за проверка на ориентацијата и навалувањето:

- Одредување на насоката на панелите - Компас или GPS уред се користи за прецизно одредување на насоката во која се насочени панелите.
- Мерење на наклон – Наклонот на панелот се прилагодува со помош на агломер, инклинометар или нивела на наклон, со употреба на ласерско ниво за прецизно нивелирање на конструкцијата.
- Прилагодување на наклонот – Ако системот дозволува промена на аголот, наклонот може да се прилагоди сезонски за да се оптимизира производството на енергија во различни периоди од годината.
- Верификација на усогласувањето – Откако ќе се инсталираат панелите, се врши последна проверка на нивното усогласување и стабилност за да се осигура дека нема да има несакано движење поради ветер или вибрации.

**Идеален агол за инсталирање на соларниот панел**

Аголот на соларниот панел е аголот помеѓу површината на панелот и хоризонталната рамнина. Овој агол влијае на количината на сончева светлина што панелот може да ја апсорбира и претвори во електрична енергија.

Прецизните поставки и проверки обезбедуваат максимална ефикасност на системот и ги минимизираат потенцијалните загуби на енергија поради неправилна ориентација или навалување.

За да можат соларните панели да работат со максимална ефикасност, потребно е прецизно да се постави нивната ориентација и наклон. За проверка се користат различни алатки:

- Компас – ја одредува насоката во која се свртени панелите.
- Аголен мерач и инклинометар - го мери точниот наклон на панелот.



Аголен мерач и инклинометар

- Либела и наклонета либела - овозможуваат прецизно нивелирање на панелите.
- GPS уред - се користи за прецизно одредување на локацијата.
- Ласерски нивелатор - обезбедува прецизно порамнување на потпорите и панелите.

По инсталирањето на потпорите, панелите се поставуваат на конструкцијата и се прицврстуваат според техничката документација. Потребно е да се осигура дека сите панели се правилно порамнети за да се избегне непотребно засенчување и губење на енергија. Овие процедури обезбедуваат правилно склопување и стабилно работење на соларните фотонапонски системи, што овозможува долг работен век и висока ефикасност.

Правилно поставување и насочување на DC кабли при поврзување на фотонапонски панели

Правилното поставување и насочување на каблите за еднонасочна струја (DC) е клучно за безбедноста, ефикасноста и долговечноста на соларните фотонапонски системи. Овој процес обезбедува стабилен пренос на електрична енергија од соларните панели до другите компоненти на системот, ги минимизира загубите и спречува потенцијални дефекти или опасности од пожар.

Основни правила за поставување и поврзување на DC кабли

- Избор на вистинскиот тип на кабли

DC каблите што ги поврзуваат фотонапонските панели мора да бидат отпорни на UV зрачење, влага, температурни промени и механички оптоварувања. Најчесто се користат соларни сертифицирани кабли (FN кабли), кои имаат посебна изолација отпорна на надворешни влијанија.



Примери за фотонапонски кабли

- Соодветна големина на кабелот

Каблите мора да имаат соодветен пресек за да се намалат загубите на енергија и да се обезбеди соодветен капацитет за пренос на струја. Поголемиот пресек го намалува отпорот и загревањето на каблите, што е особено важно за подолги кабли.

- Метод на поставување кабли
 - Внатре во соларната структура - каблите се пропуштаат низ специјални потпори, кабелски канали или заштитни цевки за да се избегне механичко оштетување.
 - На покривот или на земјата - каблите се прицврстени со специјални врвки отпорни на УВ зрачење или се протегаат низ флексибилни заштитни цевки за да се спречи абеење.
 - Под земја - каблите се поставуваат во заштитни цевки кои обезбедуваат заштита од влага и механичко оштетување.
- Правилно поврзување на кабли и конектори
 - Користењето на соодветните MC4 конектори обезбедува безбедна и водоотпорна врска помеѓу панелот и останатите компоненти.



Примери за конектори за фотонапонски кабли

- При поврзување, обрнете внимание на поларитетот - позитивните (+) и негативните (-) полови мора да бидат правилно поврзани за да се избегнат кратки споеви или намалување на ефикасноста на системот.
- Конекторите мора да бидат цврсто поврзани и изолирани за да се спречи оксидација на контактите.
- Минимизирање на јамки и вкрстување на кабли
 - Каблите за еднонасочна струја треба да се постават така што нема да формираат непотребни јамки што можат да предизвикаат електромагнетни пречки или индуцирани напони.
 - Каблите не смеат да се вкрстуваат со АС кабли за да се спречат пречки и потенцијални безбедносни опасности.
- Заштита на кабелот и конекторот
 - Каблите не смеат да бидат изложени на директен контакт со остри рабови или метални делови од конструкцијата, бидејќи тоа може да ја оштети изолацијата.
 - Каблите треба правилно да се прицврстат со врвки или држачи отпорни на УВ зрачење, осигурувајќи се дека не се премногу затегнати за да се спречи пукање на изолацијата.
- Означување и тестирање на кабли
 - Сите кабли треба да бидат јасно означени според техничката документација за да се олесни одржувањето и дијагностиката на системот.
 - По поставувањето и поврзувањето, потребно е да се измери континуитетот и изолацијата со мултиметар за да се осигура дека нема прекини во линиите и дека врските се точни.

Правилното поставување и насочување на еднонасочните кабли обезбедува долгорочно, безбедно и ефикасно работење на соларните фотонапонски системи, а воедно го намалува ризикот од дефекти и загуби на енергија.



ВИДЕО

Постапка за монтажа на кровот на потпорната конструкција и соларните панели:

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



ПРАКТИЧНА ВЕЖБА

Задача 1: Монтирање на фотонапонските панели на потпорната конструкција, со проверка на нивното порамнување и стабилноста

Монтирајте ги фотонапонските панели на подготвената потпорна конструкција и проверете ја нивната порамнетост и стабилност. Правилно прицврстете ги панелите и користете ги соодветните алатки за да ја проверите точната положба и затегнатоста на споевите.

Материјал и алатки:

- Фотонапонски панели;
- Носечка структура (водичи, потпори, стеги, завртки);
- Крајни и средни стеги;
- Материјал за поврзување (завртки, навртки, подлошки);
- Ниво, инклинометар;
- Клуч со завртка;
- Заштитна опрема (ракавици, заштитни очила).

Постапка:

1. Подгответе го работното место

- Прегледајте ја техничката документација и планот за монтажа.
- Осигурајте се дека потпорната конструкција е стабилно поставена и фиксирана.
- Подгответе ги сите потребни алатки и материјали.

2. Инсталирајте фотонапонски панели

- Поставете ги панелите на водилките на потпорната конструкција.
- Користете крајни и средни стеги за фиксирање на панелите.
- Прицврстете ги стегите со завртки и проверете дали сите врски се затegnати.

3. Проверете ја ориентацијата и наклонот на панелот

- Користете либела и мерач на наклон за да ја проверите точната положба на панелот.
- Доколку е потребно, прилагодете го наклонот на панелот така што ќе биде во оптимална положба.

4. Обезбедете стабилност на панелот

- Проверете ги сите спојки и сврзувачки елементи.
- Затегнете ги сите елементи за прицврстување така што панелите ќе бидат отпорни на ветер и други надворешни влијанија.

Конечна проверка:

- Визуелно проверете ја положбата и прицврстувањето на панелот.
- Проверете ги сите спојки и сврзувачки елементи за да се осигурате дека се безбедни и стабилни.
- Осигурајте се дека панелите се правилно инсталирани и подготвени за понатамошна работа.



ПРАКТИЧНА ВЕЖБА

Задача 2: Поврзување на фотонапонските панели според техничката документација, со правилно поставување и насочување на каблите за напојување на еднонасочна струја

Поврзете ги фотонапонските панели во согласност со техничката документација. Правилно поставете ги и насочете ги каблите за напојување со еднонасочна струја, обезбедете безбедни електрични врски и проверете ја исправноста на системот.

Материјал и алатки:

- Фотонапонски панели;
- Еднонасочни кабли со соодветни димензии;
- MC4 конектори;
- Носачи за кабли и врвки отпорни на УВ зрачење;
- Заштитни цевки за кабли;
- Мултиметар за мерење на електрични параметри;
- Алатка за стегање на конектори;
- Заштитна опрема (ракавици, заштитни очила)

Постапка:

1. Испланирајте поврзување на панелите

- Погледнете ја техничката документација и шемата за поврзување.
- Одредете го типот на поврзување - сериски, паралелен или мешан.
- Изберете ги соодветните кабли и конектори.

2. Правилно поставете ги и насочете ги каблите

- Внатре во соларната структура: протнете ги каблите низ потпорите и заштитните цевки.
- На покривот или на земја: прицврстете ги каблите со врвки отпорни на УВ зрачење.
- Под земја: поставете ги каблите во заштитни цевки за да ги заштитите од влага и механичко оштетување.

3. Поврзете ги панелите

- Поврзете ги панелите сериски или паралелно според техничката документација.
- Користете MC4 конектори за безбедна врска.
- Проверете дали сите приклучоци се правилно прицврстени и изолирани.

4. Тестирајте ги електричните карактеристики на системот

- Измерете го напонот и струјата со мултиметар за да ја потврдите правилната врска.
- Проверете ја континуитетот на врските и отстранете ги сите неправилности.

Конечна проверка:

- Проверете ги сите приклучоци и кабли за да се осигурате дека се безбедни и исправни.
- Проверете ја точноста на мерењето на електричните параметри.
- Осигурајте се дека сите панели се правилно поврзани и подготвени за употреба.

5.3. Инсталација и поврзување на опрема од соларни фотонапонски системи

Монтирањето и поврзувањето на опремата на соларниот фотонапонски систем се клучни чекори во процесот на инсталација на системот. Овој сегмент вклучува инсталација на носечката конструкција за опремата, организација на кабелските инсталации и правилна инсталација и поврзување на инверторот и контролерот за полнење. Правилната инсталација на сите компоненти обезбедува долгорочно, безбедно и ефикасно работење на системот.

1. Монтирање на носечката конструкција за опремата

Носечките конструкции се користат за правилно поставување и фиксирање на електричната опрема, овозможувајќи нејзина стабилност, заштита и лесно одржување. Конструкциите се избираат во зависност од видот на опремата, расположливиот простор и условите за инсталација. Постојат различни видови на држачи што се користат во соларните фотонапонски системи:

Сидни држачи

Сидните држачи се користат за монтирање на инвертори, контролери за полнење и разводни ормари во објекти или на надворешни сидови. Тие се изработени од челик или алуминиум и се дизајнирани да овозможат цврсто и безбедно прицврстување на опремата.

Постапката за инсталација на сидни потпори вклучува:

- **Одредување на позицијата** - Местото за монтирање се одредува според техничката документација и достапниот простор.
- **Означување на точките за дупчење** - Означете ги точките на сидот каде што ќе се прицврстат потпорите.
- **Дупчење дупки и поставување на анкерни завртки или штипки** - Обезбедена е стабилност на потпората.
- **Фиксирање на држачите и проверка на стабилноста** – Откако ќе се инсталираат држачите, нивната цврстина се проверува пред монтирањето на опремата.

Подни потпори (самостојни конструкции)

Подните потпори се користат кога не е можно да се монтира опремата на сид. Тие овозможуваат флексибилно поставување на уредите и подобра организација на системот.

Инсталацијата на подни потпори вклучува:

- **Избор на локација и подготовка на терен** – Површината мора да биде рамна и стабилна.
- **Инсталација на метални потпори** - Тие се фиксираат со помош на анкерни завртки или бетонски темели.
- **Проверка на стабилноста** – По прицврстувањето, се проверува стабилноста и отпорноста на вибрации.

Монтирање на шини

Монтирањето на шини вклучува употреба на алуминиумски или челични шини кои овозможуваат модуларна инсталација на неколку уреди на истата конструкција.

Чекорите за монтажа вклучуваат:

- Фиксирање на шините на сидната или подната конструкција со помош на специјални сврзувачки елементи.
- Поставување на уредот со помош на стеги - Овозможува лесно движење и прилагодување на распоредот.
- Обезбедување на соодветно растојание и проверка на стабилноста – Монтирањето на шината го олеснува организирањето на просторот и идното одржување на системот.

Ормари за опрема

Ормарите за електрична опрема ги штитат уредите од прашина, влага и механички оштетувања. Тие се поставуваат на сидни или подни потпори, каде што е важно да се обезбеди добра вентилација.

Постапката вклучува:

- Подготовка на местото за инсталација и фиксирање на ормарите.
- Поминување на каблите низ предвидените отвори за уредна инсталација.
- Инсталација на врати и заштитни капацы за заштита на опремата.

Кабловски конструкции

Кабловската конструкција обезбедува правилно поставување и заштита на каблите во системот. Се користат различни видови носачи на кабли:

- **Кабловски полица и регали** – Организирајте ги каблите во техничките простории, овозможувајќи јасен преглед и лесен пристап.
- **Кабелски канали и цевки** – Заштитете ги каблите во затворен простор, намалувајќи го ризикот од механичко оштетување.
- **Кабелски цевки** - Обезбедуваат дополнителна механичка заштита на каблите, особено за подземни инсталации.
- **Држачи за кабли** - Овозможува каблите безбедно да се прицврстат на конструкцијата, спречувајќи нивен пад или оштетување.
- **Кабелски ровови** – Се користат за заштита на каблите под земја, особено во индустриски постројки или поголеми соларни електрани.



Приказ на системот за дистрибуција на решетки



Начин на поставување на инсталационски кабли на рамен покрив со препреки во насока на трасата

Монтажа и поврзување на инверторот и регулаторот за полнење

Монтажа на инвертер

Инвертерите овозможуваат конверзија на еднонасочна струја (DC) во наизменична струја (AC), што е од суштинско значење за напојување на уреди поврзани со електричната дистрибутивна мрежа или домашната инсталација. Со правилната монтажа се осигурува нивната ефикасност, подолг век на траење и безбедноста на системот. Инвертерите мора да бидат поставени на добро проветрено место, заштитено од директно изложување на сонце и влага, со цел да се спречи прегревање. Откако ќе се прицврстат на сидниот држач или на подната конструкција, се поврзуваат со каблите за напојување со еднонасочна струја од соларните панели и каблите за напојување со наизменична струја што водат до разводниот ормар. Важно е да се обезбеди правилна поларизација и соодветно заземјување за да се спречат загуби на енергија и електрични прекини. Конечно, инверторот се тестира за да се обезбеди правилна конверзија и дистрибуција на енергија во системот.

Инсталација на контролер за полнење

Контролерот за полнење го контролира процесот на полнење на батериите и спречува преполнување или празнење. Правилната инсталација е од суштинско значење за ефикасно и безбедно работење на системот.

Процесот на монтажа вклучува:

- **Избор на локација** – Контролерот за полнење треба да биде поставен блиску до системот на батерии за да се минимизираат загубите на енергија.
- **Прицврстување на потпората или во внатрешноста на ормарот** - Регулаторот се фиксира со помош на монтажни завртки или шински системи, во зависност од моделот и техничките барања.
- **Поврзување со соларни панели** – Каблите за напојување со еднонасочна струја од соларните панели се правилно поврзани според поларитетот за да се обезбеди правилен проток на енергија.
- **Поврзување со батерии** - Поврзувањето со системот на батерии се врши според спецификациите на производителот со цел да се оптимизира процесот на полнење и празнење.
- **Проверка на приклучоците и обезбедување заштита на каблите** - Употребата на изолациски материјали и заштитни канали обезбедува безбедно функционирање на системот
- **Тестирање и проверка на работата на регулаторот** - Откако ќе заврши инсталацијата, регулаторот се тестира за да се обезбеди правилно функционирање на полнењето и заштита на батериите.

Поврзување на монтираната опрема на соларните фотонапонски системи

Поврзувањето на монтираната опрема на соларните фотонапонски системи бара употреба на специјализирани материјали и алатки за да се обезбеди безбедно и ефикасно работење на системот. Правилното поврзување на сите елементи ги намалува загубите на енергија, обезбедува стабилност на системот и придонесува за негово долгорочно работење.

Материјал и опрема за поврзување на системот:

- Кабли за напојување со еднонасочна и наизменична струја – Се користат за поврзување на соларни панели, контролери за полнење, батериски системи и инвертори.
- МС4 конектори - Специјални конектори за безбедно поврзување на соларни панели и регулатори.
- Осигурувачи и прекинувачи – Заштитете го системот од преоптоварување и кратки споеви.
- Заземјувачки шипки и бакарни проводници – Обезбедуваат заштита од пренапони и електрични удари.
- Носачи за кабли и заштитни цевки - Тие служат за организирање и заштита на каблите.
- Термовизиска камера (изборно) – Се користи за проверка на прегревање на споевите.
- Изолациски ракавици и заштитна опрема - неопходни за безбедна работа со електрични инсталации.

Потребни алатки:

- **Мултиметар** - За мерење на напон и проверка на исправноста на врските.
- **Клешти за МС4 конектори** - Овозможува прецизно поврзување на соларни кабли.
- **Клешти за оголување** - Ја олеснува подготовката на каблите за поврзување.
- **Комплет шрафцигери за изолација и насаден клуч** – неопходни за прицврстување на конектори и осигурувачи.
- **Мерач на отпор на заземјување** - Се користи за проверка на исправноста на системот за заземјување.

Откако сите компоненти на соларните фотонапонски системи правилно ќе се монтираат, се пристапува кон процесот на поврзување. Секое поврзување мора да биде прецизно и во согласност со техничката документација за да се обезбеди ефикасност, безбедност и сигурност на системот. Поврзувањето на опремата бара внимателно ракување со електричните приклучоци, употреба на соодветни алатки и почитување на пропишаните безбедносни мерки.

Поврзување на соларните панели со инверторот

Првиот чекор во поврзувањето на монтираната опрема е воспоставување на врската помеѓу соларните панели и инверторот. Соларните панели генерираат еднонасочна струја (DC) која мора да се пренесе на инвертер за конверзија во наизменична струја (AC).

Процесот на поврзување вклучува:

- Проверка на поларитетот на кабелот – Каблите за напојување со еднонасочна струја мора да се правилно поврзани, при што црвениот кабел (позитивен пол) и црниот кабел (негативен пол) мора да се правилно насочени до соодветните терминали на инверторот.
- Употреба на соларни МС4 конектори - Каблите се поврзани со помош на специјализирани МС4 конектори кои овозможуваат безбедна и сигурна врска без загуби на енергија.
- Заштита на каблите и организација на ожичувањето – Каблите за напојување со еднонасочна струја се спроведуваат низ заштитни цевки за да се спречи механичко оштетување, а потоа се прицврстуваат со кабелски стеги по должината на конструкцијата.
- Мерење на напон пред поврзување - Користејќи мултиметар, проверете го напонот на DC приклучоците за да се осигурате дека е исправен пред да го поврзете со инверторот.

Интеграција на системот на батерии со контролерот за полнење

Системот на батерии овозможува складирање на вишокот произведена енергија, што обезбедува напојување во периоди кога нема сончево зрачење. Контролерот за полнење го управува процесот на полнење и празнење на батериите, спречувајќи нивно преполнување или длабоко празнење.

Процесот на поврзување вклучува:

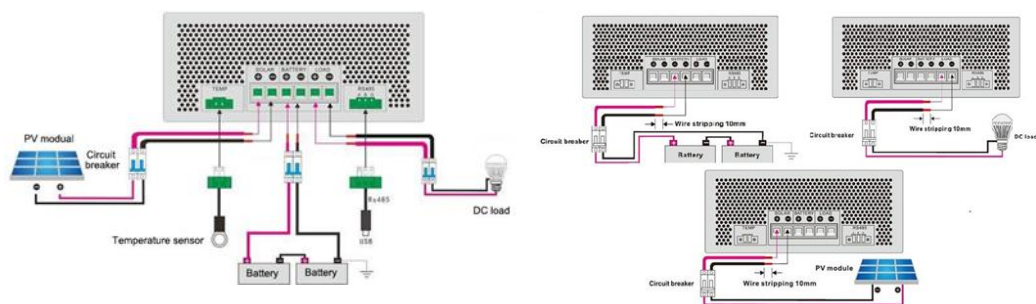
- **Поврзување на батеријата со контролерот за полнење** – Каблите за напојување со еднонасочна струја се правилно поврзани според означените врски на контролерот, внимавајќи на поларитетот.
- **Инсталирање на осигурувач помеѓу регулаторот и батеријата** - Инсталирањето на заштитен осигурувач го штити системот на батеријата од преоптоварување и краток спој.
- **Воспоставување врска помеѓу контролерот за полнење и соларните панели** - Оваа врска овозможува испорака на енергија од соларните панели до батериите со автоматска регулација на напонот.
- **Мерење на струјата и напонот на батериите** - Со помош на мултиметар се проверува дали системот функционира во предвидените граници.

Поврзување на инверторот со разводниот ормар

Инверторот ја претвора еднонасочната струја (DC) во наизменична струја (AC), која потоа се распределува низ целиот систем со помош на разводен ормар. Оваа врска е клучна за интеграција на фотонапонскиот систем со потрошувачите или електричната дистрибутивна мрежа.

Процесот на поврзување вклучува:

- Поврзување на каблите за напојување со наизменична струја од инверторот до разводниот ормар - Напонските водови (L, N и PE) се поврзани според означените конектори во согласност со стандардите за електрична инсталација.
- Инсталација на заштитни прекинувачи и осигурувачи - Во разводниот ормар се инсталираат автоматски осигурувачи за да се заштити системот од преоптоварување и кратки споеви.
- Проверка на поврзувањето со потрошувачите - Се тестира исправноста на поврзувањето за да се обезбеди стабилен напон за поврзаните уреди.



Поврзување на инверторот со соодветните компоненти



ВИДЕО

Поврзување на елементите на хибриден соларен систем (чекор по чекор):

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

Постапка за монтирање и поврзување на соларни фотонапонски панели:

<https://www.youtube.com/watch?v=oeFePQJU28w>.

Поврзување на заземјувачки и заштитни системи

Системот за заземјување ја обезбедува безбедноста на соларниот фотонапонски систем со намалување на ризикот од електричен удар и атмосферски празнења. Сите компоненти на системот мора да бидат поврзани со точка на заземјување за да се овозможи безбедно работење.

Процесот на поврзување вклучува:

- Поврзување на заземјувањето на соларните панели, инверторите и разводниот ормар - Со помош на бакарни кабли и заземјувачки шипки, се обезбедува пренасочување на вишокот струја кон земјата.
- Инсталација на громобранска заштита - На објекти каде што има поголем ризик од удари од гром, се инсталира систем за громобранска заштита со дренажни цевки.
- Мерење на отпорот на заземјување - Се користи мерен инструмент за проверка на исправноста на системот за заземјување.

Тестирање на исправноста на системот

Откако ќе се поврзат сите елементи на системот, потребно е да се изврши тестирање за да се осигура дека соларната фотонапонска електрана работи правилно и безбедно.

Постапката за тестирање вклучува:

- Мерење на напон и струја во клучните точки на системот - Системските параметри се проверуваат со мултиметар и амперметар.
- Проверка на работата на инверторот и батерискиот систем - Со симулирање на различни оптоварувања, се проверува правилното работење на инверторот и батериите.
- Функционално тестирање на заштитни прекинувачи и осигурувачи – се тестира нивниот одговор на преоптоварување и кратки споеви, како и тестирање на поставките за релејна заштита (поднапон, пренапон, подфреквенција, префреквенција).

Поврзувањето на монтираната опрема на соларните фотонапонски системи бара прецизност, безбедносни мерки и техничко познавање на системот. Секој чекор, од поврзувањето на соларните панели до тестирањето на исправноста на системот, мора да се изврши во согласност со техничките прописи за да се обезбеди сигурно и ефикасно работење на електраната.



КВИЗ

Квиз 7: Монтажа и опрема за поврзување на соларни фотонапонски системи:

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



ПРАКТИЧНА ВЕЖБА

Задача 1: Монтирање на инверторот на носечката конструкција и поврзување со соларните панели

Изведете правилното поставување на инверторот на носечката конструкција и поврзете го со соларните панели според техничката документација.

Материјали и алатки:

- Инвертер;
- Држачи за монтирање на сид или под;
- Кабли за напојување на еднонасочна струја со MC4 конектори;
- Клешти за MC4 конектори;
- Комплет изолирани шрафцигери и клучеви;
- Мултиметар;
- Заштитна опрема.

Постапка:

1. Изберете соодветна локација за монтирање на инверторот, водејќи сметка за вентилација и заштита од влага.
2. Означете и дупчете дупки за прицврстување на држачот на сидот или подот.
3. Прикачете го инверторот на држачите со помош на завртки и обезбедете ја неговата стабилност.
4. Поврзете ги каблите за напојување со еднонасочна струја со соларните панели, водејќи сметка за правилниот поларитет.
5. Проверете ги вредностите на напонот со мултиметар пред конечно да го поврзете инверторот.
6. Обезбедете правилно заземјување на инверторот и проверете дали инсталацијата е изведена согласно безбедносните прописи.

Конечна проверка:

- Визуелно проверете ги сите споеви.
- Тестирајте ја функционалноста на инверторот.
- Документирајте ги измерените вредности на напонот и евидентирајте ги сите неправилности.



ПРАКТИЧНА ВЕЖБА

Задача 2: Монтирање на регулаторот за полнење и негово поврзување со батерискиот систем

Инсталирајте го регулаторот за полнење и поврзете го со соларните панели и системот на батерии, проверувајќи ја правилната работа.

Материјали и алатки:

- Контролер за полнење;
- Држач за сид;
- Еднонасочни кабли;
- Комплет шрафцигери и клешти;
- Мултиметар;
- Осигурувачи;
- Заштитна опрема.

Постапка:

1. Определете ја локацијата за монтирање на регулаторот за полнење, земајќи ја предвид заштитата од влага и температурата на околината.
2. Поставете го регулаторот на сидниот држач и прицврстете го со соодветните завртки.
3. Поврзете ги соларните панели со контролерот за полнење користејќи ги соодветните конектори.
4. Поврзете го батерискиот систем со контролерот за полнење, внимавајќи на точниот поларитет.
5. Инсталирајте осигурувачи помеѓу регулаторот и батеријата за да ги заштитите од преоптоварување.
6. Измерете го напонот и струјата на системот за да потврдите дека работи правилно.

Конечна проверка:

- Проверете ги сите приклучоци и осигурувачи.
- Проверете дали батериите се полнат правилно.
- Документирајте ги отчитувањата на напонот и струјата.

5.4. Избор на заштитни средства и опрема за работа на монтажа и демонтажа на елементи на соларна електрана

Во претходните поглавја од прирачникот беа опфатени алатките, опремата и уредите што се користат при изградба и одржување на соларни електрани, како и основната заштитна опрема за работа во електрани. Во ова поглавје, фокусот е на специфичната заштитна опрема и мерки што се применуваат при монтирање на елементи на соларни фотонапонски електрани.

Работата на монтажа и демонтажа на елементите на сончевата електрана е задача со висок ризик што бара употреба на соодветни заштитни средства и опрема. Овие работи често вклучуваат работа на висина, ракување со тешки компоненти, изложеност на електрични инсталации и неповолни временски услови, па затоа е важно сите работници да користат соодветна лична и колективна заштита.

Лична заштитна опрема (ЛЗО)

Личната заштитна опрема ги штити работниците од потенцијални опасности и е задолжителна за секој што учествува во монтажа и демонтажа на елементи од соларни фотонапонски електрани. Опремата вклучува:

- Заштитен шлем - Ја штити главата од удари, пад на предмети и електрични удари. Шлемот мора да има безбедносен ремен за да го одржува стабилен при работа на висина.
- Безбедносен појас и јажиња (систем за работа на висина) – Сите работници што работат на покривот мора да користат безбедносни појаси со апсорбери на енергија, како и јажиња прикачени на фиксни точки.
- Заштитни ракавици - Тие мора да бидат отпорни на абење и механичко оштетување, а за работа со електрични компоненти се користат диелектрични ракавици кои спречуваат електричен удар.
- Заштитна облека и обувки - Работниците мора да носат антистатичка и огноотпорна водоотпорна облека. Обувките треба да имаат штитници за прсти и ѓонови што не се лизгаат.
- Заштита на слухот и видот - Во зависност од работната средина, се користат антифони (заштита од бучава) и заштитни очила за да се спречи навлегување на прашина, метални честички и ветер во очите.
- Респираторна заштита - При работа со хемиски агенси, како што се антикорозивни средства или бои за метални делови, се користат маски со филтри против испарување.

ЗАДОЛЖИТЕЛНА ЗАШТИТНА ОПРЕМА							
Шлем	Работна облека	Заштитни обувки	Заштитни ракавици	Заштитни очила	Антифони	Респиратор	Заштитен елек
							

Колективна заштитна опрема

Покрај личната заштита, на градилиштето на соларната електрана се поставува и колективна заштитна опрема, што ги намалува ризиците за сите работници.

- Безбедносни бариери и заштитни мрежи – Поставени околу критичните области за да се спречи паѓање на алатки и материјали од висина.
- Системи за громобранска заштита - Инсталирањето на соларни панели вклучува работа со метални компоненти на отворен простор, па затоа посебно внимание се посветува на громобранската заштита преку заземјени конструкции и одводници на пренапон.
- Сигнализација и обележување на работните зони - Обележувањето на опасните области со рефлектирачки ленти и безбедносни знаци го намалува ризикот од несреќи и судири со тешка опрема.
- Помошни системи за кревање и ракување со товари - Вклучува дигалки, витла, кранови и специјализирани системи за транспорт на тешки компоненти, за да се намали физичкото напрегање на работниците и ризикот од повреди.

Електрична заштитна опрема

Бидејќи соларните електрани вклучуваат работа со енергетски компоненти, посебно внимание се посветува на заштитата од електричен удар и правилното ракување со високи напони.

- Диелектрични ракавици и обувки - Обезбедуваат заштита при работа со кабли, разводни ормари и електрични инсталации.
- Исправувачи на напон и изолациски подлоги - Се користат при тестирање и поврзување на електрични уреди за да се спречи директен контакт со опасни напони.
- Алатки со изолирани рачки - Секоја алатка што се користи за поврзување и одржување на електрични инсталации мора да биде изолирана и да ги исполнува стандардите за заштита од електричен удар.
- Тестери за напон и прекинувачи - Овозможуваат безбедни проверки на напонот пред да работат на електрични компоненти.

Постапка за проверка и употреба на заштитна опрема

Пред да се започне со каква било работа на монтажа или демонтажа на елементи од соларната електрана, се врши проверка на заштитната опрема и задолжителна обука на работниците. Клучните процедури вклучуваат:

- Проверка на личната заштитна опрема - Сите работници мора да ја проверат исправноста на нивните шлемови, безбедносни појаси, ракавици и друга опрема пред да влезат во работната зона.
- Проверка на електричната заштита - Мерењето на изолацијата на кабелот, тестот за заземјување и верификацијата на системот за заштита од пренапон се вршат пред да се работи на енергетските инсталации.
- Тестирање на безбедносни системи за работа на висина - Јажињата и безбедносните системи редовно се тестираат за носивост и отпорност за да се осигури дека можат да издржат динамички оптоварувања за време на работата.
- Имплементација на стандардни оперативни процедури (СОП) - Работниците мора да ги следат дефинираните процедури за безбедно ракување со опремата, вклучувајќи ги правилата за исклучување, забравување и означување на електрични уреди (LOTO) за да се спречат ненамерни стартувања на системот.

Мерки за вонредни ситуации и план за евакуација

Покрај стандардната заштитна опрема, секој тим што работи на инсталација и демонтажа на соларна електрана мора да биде запознаен со процедурите за вонредни ситуации.

- План за евакуација од гондолата и кулата – Во случај на пожар, електричен дефект или други инциденти, работниците мора да имаат пристап до патеки за евакуација и системи за брзо спуштање.
- Комплет за прва помош и дефибрилатор - Првата помош мора да биде достапна на лице место, вклучувајќи дефибрилатор за итни случаи на срцев удар.

Употребата на соодветна заштитна опрема и спроведувањето на безбедносните процедури се клучни за спречување на несреќи и заштита на животите на работниците кои работат на изградба, одржување и демонтажа на соларни електрани. Спроведувањето на овие мерки придонесува за ефикасно и безбедно извршување на сите работи во рамките на електраната.



КВИЗ

КВИЗ 8: Проверка на знаењето за заштитна опрема и опрема:

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



ВЕЖБА

Лична или колективна заштитна опрема во соларни електрани

Задача: Изработете семинарска работа/PPT презентација за лична или колективна заштитна опрема што се користи на градилиштата за соларни електрани.

6. ИЗВЕДБА НА ЕЛЕКТРИЧНИ ИНСТАЛАЦИИ НА СОЛАРНИ ФОТОНАПОНСКИ СИСТЕМИ

Електричните инсталации претставуваат клучен сегмент од соларните фотонапонски електрани, овозможувајќи пренос, дистрибуција и безбедност на електричната енергија произведена од соларни панели. Правилниот дизајн и изведба на инсталациите обезбедуваат ефикасно работење на системот, минимални загуби на енергија и заштита од електрични дефекти.

6.1. Елементи и метод на изведување на електрични инсталации на соларни фотонапонски системи

Електричните инсталации на соларните фотонапонски системи претставуваат клучна компонента на системот, одговорна за пренос, конверзија и дистрибуција на електрична енергија. Нивното правилно работење обезбедува долгорочно и ефикасно работење на системот, како и безбедност на корисниците и опремата. Оваа целина дава основни информации за видовите електрични инсталации, кабли, опрема за ожичување, заземјување и системи за заштита од пренапон.

Видови електрични инсталации на соларни фотонапонски системи

Електричните инсталации во соларните фотонапонски системи можат да се поделат според функцијата и видот на пренос на енергија:

- **Инсталации на еднонасочна струја (DC)** - вклучуваат кабли, конектори, разводни ормари и заштитни уреди што овозможуваат пренос на електрична енергија од соларните панели до инверторот.
- **Инсталации на наизменична струја (AC)** - вклучуваат опрема што се користи по претворање на еднонасочната струја во наизменична струја и овозможува нејзина дистрибуција до потрошувачите или до електричната дистрибутивна мрежа.
- **Инсталации за заземјување и громобранска заштита** - ја обезбедуваат безбедноста на системот, намалувајќи го ризикот од електрични удари и оштетувања предизвикани од пренапони.
- **Инсталации за мониторинг и управување** - овозможуваат мониторинг на работата на електраната, евидентирање на податоци и оптимизација на перформансите.

Носечки кабелски конструкции

Кабелските конструкции играат клучна улога во организацијата и заштитата на каблите, овозможувајќи ефикасно поставување и спречување на механички оштетувања:

- **Кабловски полици** - овозможуваат организирано насочување на кабли во технички простории.
- **Кабловски држачи/регали** - се користат за поставување кабли на поголеми растојанија, овозможувајќи вентилација и лесен пристап.
- **Кабелски канали** - обезбедуваат дополнителна механичка заштита на каблите во внатрешните простори.
- **Кабелски цевки** - се користат за заштита на кабли во подземни инсталации.
- **Држачи за кабли** - ги прицврстуваат каблите за структурата, намалувајќи го ризикот од абеење.
- **Кабелски ровови** - обезбедуваат заштита на каблите поставени во земјата, особено за поголемите соларни електрани.

DC и AC кабли во електрични инсталации

Каблите во соларните фотонапонски електрани мора да бидат отпорни на високи температури, УВ зрачење и механички оптоварувања. Тие се разликуваат според видот на електрична енергија што ја пренесуваат:

- Кабли за напојување со еднонасочна струја - се користат за пренос на еднонасочната струја од соларните панели до инверторот или батериите. Тие мора да имаат двојна изолација и UV заштита.
- Кабли за напојување со наизменична струја - се користат за дистрибуција на наизменичната струја од инверторот до потрошувачите или електричната дистрибутивна мрежа. Нивните карактеристики зависат од нивото на напонот на системот.

Електроинсталациска опрема во електрични инсталации

Електроинсталациската опрема се користи за заштита, управување и следење на работата на системот:

- Заштитни прекинувачи, 4р главен прекинувач со моторен погон, раставувачи и контактори - овозможуваат исклучување на електричните водови во случај на вонредна состојба.
- Осигурувачи и заштитници од пренапон – го штитат системот од кратки споеви и удари од гром.
- Мерни уреди - вклучуваат волтметри, амперметри, ватметри и бројачи, кои овозможуваат следење на работата на системот.
- Собирници, изолатори и приклучни терминали/клеми - обезбедуваат сигурно поврзување на сите компоненти на системот.



Четириполен прекинувач со моторен погон

прекинувач

со

Изглед на различни видови гребенести спојки

видови

Топливи елементи на осигурувачи:
а) осигурувач тип D, осигурувач тип B, c) осигурувач тип NV



На сликата е прикажано: а) Распоред на прекинувачи за автоматска инсталација (осигурувачи),

б) Уред за заштита од диференцијална струја

од

Распоред на одводникот на пренапон: а) за коло со наизменична струја, б) за коло со еднонасочна струја

Елементи на инсталации со еднонасочна струја

Еднонасочна електрична инсталација во соларните фотонапонски електрани вклучува:

- DC кабли и конектори - обезбедуваат квалитетен пренос на еднонасочна струја од панелот.
- Разводен ормар за еднонасочна струја - содржи прекинувачи, осигурувачи и заштита од пренапон, со што се обезбедува безбедноста на системот.

Елементи на електрични инсталации со наизменична струја

Инсталациите за наизменична струја вклучуваат:

- Кабли за наизменична струја – Го поврзуваат инверторот со разводниот ормар и електричната дистрибутивна мрежа.
- Разводен ормар за наизменична струја - вклучува заштитни прекинувачи, мерна опрема и автоматски прекинувачи.

Заземјување на соларни фотонапонски електрани

Системот за заземјување ја обезбедува заштитата на корисникот и опремата, овозможувајќи безбедно празнење на вишокот струја во земјата. Главните елементи на системот за заземјување се:

- Уреди за заземјување - метални електроди кои овозможуваат струјата да се спроведе во земјата.
- Собирници и поврзувачки линии/водови - осигурете се дека сите метални делови од системот се поврзани со земјата.

Громобранска заштита кај соларни фотонапонски електрани

Громобранската заштита спречува оштетување на системот:

- Громобрани (одводници) - се поставуваат на највисоките точки на електраната и ја пренасочуваат електричната енергија кон земјата.
- Одводни/спустни водови – Ги поврзуваат држачите со земјата, овозможувајќи контролирано празнење на електрична енергија.
- Мерење на споеви и поврзувачки елементи - се користат за проверка и одржување на системот за заштита.



КВИЗ

Квиз 9: Елементи и начин на изведување на електрични инсталации на соларни фотонапонски електрани:

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

6.2. Изведба на електрична инсталација на еднонасочна струја на соларни фотонапонски системи

Изведувачето на електричната инсталација на еднонасочна струја (еднонасочна струја) на соларните фотонапонски системи е еден од клучните чекори во имплементацијата на овие системи. Инсталацијата на еднонасочна струја овозможува ефикасен пренос на произведената електрична енергија од фотонапонските панели до инверторите и останатите потрошувачи. Во овој дел ќе ги опишеме спецификите на еднонасочниот систем, правилата за инсталација, изборот на кабли, поврзувањето на компонентите и безбедносните мерки што мора да се почитуваат.

Карактеристики на инсталацијата на еднонасочна струја во соларни фотонапонски системи

Инсталацијата на еднонасочна струја во фотонапонските системи има специфични барања поради високиот напон и континуираниот проток на струја. Клучните карактеристики вклучуваат:

- **Висок напон (до 1000V DC во големи системи)** – што бара посебно внимание при изолација и заштита на каблите.
- **Проток на еднонасочна струја** - што може да предизвика поголемо загревање и деградација на каблите ако не се правилно димензионирани.
- **Сериско и паралелно поврзување** - за да се постигне оптимална рамнотежа помеѓу напонот и струјата.
- **Заштита од обратни поларитети и обратна струја** - неопходна за зачувување на долготрајноста на компонентите и спречување на дефекти.
- **Стандарди и прописи** - изведбата на инсталациите мора да биде во согласност со стандардот IEC 62548 кој ја регулира инсталацијата на соларни фотонапонски системи.

Поставување и заштита на DC кабли

Правилното поставување и заштита на еднонасочните кабли се од клучно значење за долгорочно и безбедно работење на системот. Процесот вклучува:

- Планирање на трасата на кабелот – од соларните панели до разводниот ормар и инверторот, притоа избегнувајќи механички оштетувања.
- Методи за поставување кабли:
 - Внатре во конструкцијата - каблите се пренесуваат низ специјални кабловски носачи или заштитни цевки.
 - На покривот или на земја - тие се прицврстени со стеги отпорни на УВ зрачење и се заштитени со флексибилни цевки.
 - Под земја - каблите се поставуваат во заштитени цевки за да се спречи влага и механичко оштетување.



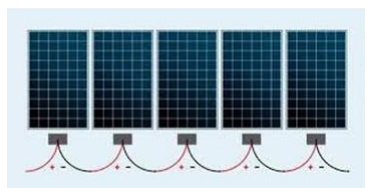
Соларен PV кабел изработен од не'рѓосувачки челик, со заштитна плетка против глумци и мравки **Паралелен FN кабел со еднонасочна струја**

- Употреба на соларни MC4 конектори - за да се обезбеди безбедна и ефикасна електрична врска.
- Заштита од УВ зрачење и механичко оштетување - каблите мора да бидат отпорни на атмосферски влијанија.

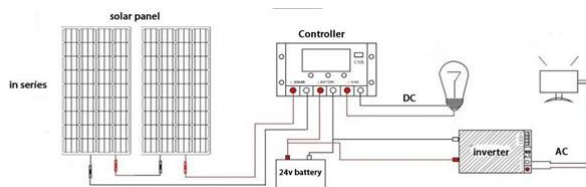
Поврзување на соларни панели и формирање на фотонапонски низи

Поврзувањето на соларните панели е клучен чекор во изградбата на соларни фотонапонски системи бидејќи го одредува напонот и струјата на системот. Постојат два основни начини за поврзување на панелите: сериско и паралелно поврзување, додека во големите системи често се користи комбинација од овие методи.

Кај сериското поврзување, соларните панели се поврзани така што позитивниот терминал на едниот панел е поврзан со негативниот терминал на следниот панел. На овој начин, вкупниот напон на системот се зголемува, додека струјата останува иста како и кај поединечниот панел. Овој метод најчесто се користи за да се постигне посакуваниот работен напон на системот, особено во системи напојувани од мрежен инвертер.

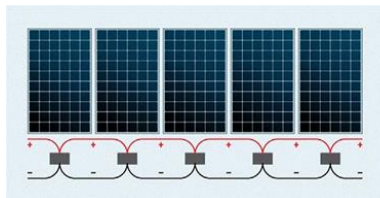


Сериско поврзување на панели

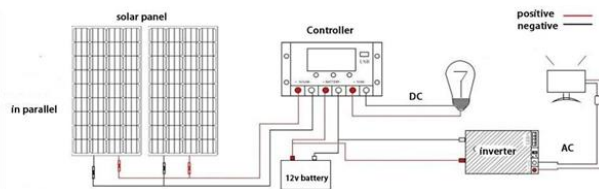


Шематски приказ на сериско поврзување на панели

Кај паралелното поврзување, сите позитивни терминали на соларните панели се поврзани заедно, додека негативните терминали се исто така поврзани едни со други. Овој метод на поврзување ја зголемува вкупната струја на системот, додека напонот останува ист како кај поединечниот панел. Паралелното поврзување се користи кога е потребно да се зголеми моќноста на системот, а воедно да се одржи стабилен напон.



Паралелно поврзување на панели



Шематски приказ на паралелно поврзување на панели

За да ги поврзете панелите:

- Проверете го поларитетот на каблите за да избегнете кратки споеви и системски грешки.
- Користете соодветни кабли и MC4 конектори за да обезбедите квалитетно електрично поврзување.
- Осигурајте се дека сите споеви се правилно затегнати и заштитени од атмосферски влијанија.
- Извршете мерења на напонот и струјата пред да го поврзете со разводниот ормар за да се осигурате дека системот е исправен.

Постапката за поврзување на соларни панели вклучува:

- **Подготовка и организација на каблите** - Пред да ги поврзете панелите, потребно е да се осигурате дека каблите се правилно распоредени и заштитени од оштетување. Каблите не смеат премногу да се затегнуваат или да се оставаат да висат за да се спречи механичко оштетување.
- **Употреба на MC4 конектори** - Соларните панели се поврзуваат со помош на специјализирани MC4 конектори кои овозможуваат безбедни, водоотпорни и трајни спојки. Овие конектори овозможуваат лесно спојување и одвојување на панелите без дополнителни алатки.
- **Обезбедување водоотпорност и отпорност на UV зрачење** – Сите кабли и конектори мора да бидат отпорни на UV зрачење и позиционирани така што ќе бидат заштитени од директно изложување на сонце и дожд. Употребата на флексибилни заштитни цевки дополнително ја зголемува безбедноста на системот.
- **Тестирање на поврзување** – Откако панелите ќе се поврзат сериски, мерењата на напонот и струјата треба да се направат со мултиметар. Со ова осигурува дека системот е правилно поврзан и дека сите панели функционираат според техничките спецификации.

MPPT (Maximum Power Point Tracking) за оптимизирање на производството на енергија

Maximum Power Point Tracking (MPPT) е технологија вградена во соларните инвертори што овозможува автоматско следење и одржување на максималната точка на моќност на соларниот фотонапонски систем. Со оглед на тоа што интензитетот на сончевото зрачење и температурата постојано варираат, MPPT системот континуирано го прилагодува напонот и струјата за да се обезбеди максимална можна ефикасност на производството на електрична енергија.

Како функционира МРРТ?

МРРТ контролерот ја следи IV карактеристиката на фотонапонските панели, т.е. односот помеѓу струјата (I) и напонот (V) со цел да се пронајде оптималната работна точка во која соларните панели ја испорачуваат максималната можна моќност. Овој процес вклучува:

- Континуирано прилагодување на работниот напон на панелот во реално време,
- Следење на промените во временските услови и автоматска оптимизација на излезната моќност,
- Спречување на загуби поради несовапаѓање на напонот помеѓу панелот и оптоварувањето.

Предности на МРРТ технологијата

- **Поголема ефикасност на системот** - МРРТ овозможува зголемување на производството на енергија за 15-30% во споредба со системите без оваа технологија.
- **Прилагодување на временските услови** - Автоматска оптимизација во услови на намалена сончева светлина, температурни промени или засенчување.
- **Помали загуби на енергија** – Спречува неефикасност во конверзијата на енергија помеѓу панелите и инвертерите.
- **Можност за комбинирање со оптимизатори на моќност** - Дополнителна оптимизација во случај на различни нивоа на инсолација на поединечни панели.

МРРТ во инвертерската конекција и регулација на напонот

Големина и тип на инвертер

При изборот на инвертер, главните фактори се однесуваат на:

- **Моќноста на инверторот** - мора да се совпадне со вкупната моќност на соларните панели,
- **Типот на инвертер** - низа инвертори, микроинвертори или хибридни системи, во зависност од големината на системот и методот на поврзување,
- **Бројот на МРРТ влезови** – инвертерите со повеќе МРРТ влезови овозможуваат поголема флексибилност при поврзување на низи со различни ориентации.

Компаративна анализа на типовите на инвертори

ТИП НА ИНВЕРТЕР	ПРЕДНОСТИ	НЕДОСТАТОЦИ
Жичен инвертер	Пониска цена, ефикасност за големи системи	Помала отпорност на засенчување, проблеми со нерамномерно изложување на сонце
Микро инвертер	Оптимизација на ниво на секој панел, отпорност на засенчување	Поскап систем, бара повеќе уреди
Хибриден инвертер	Можност за складирање на енергија, поголема флексибилност	Поскап систем, потребни се батерии за оптимално функционирање

Опсег на MPPT инвертори

Опсегот на MPPT го дефинира минималниот и максималниот работен напон на инверторот при кој се постигнува максимална ефикасност. При димензионирање:

- Вкупниот напон на низата мора да биде во рамките на MPPT опсегот на инверторот,
- Имајте ги предвид температурните варијации што можат да го зголемат или намалат напонот,
- Надминувањето на опсегот на MPPT може да доведе до загуби во производството или дури и оштетување на инверторот.

Вентилација и ладење на инвертери

Ефикасноста на инверторот зависи и од системот за ладење со што се спречува прегревање:

- Природна вентилација – пасивно ладење преку дизајн на куќиштето,
- Принуден проток на воздух - вградени вентилатори кои ја намалуваат работната температура,
- Инсталација во проветрени простории - се препорачува инверторот да се инсталира на места со добар проток на воздух за да се избегне прекумерна топлина и да се намали ризикот од намалена ефикасност. Во соларните системи, MPPT е клучна компонента на жичените инвертори, микроинверторите и контролерите на соларни полнења. Поврзувањето со инверторот се прави на начин што овозможува:
- Оптимален еднонасочен напон на влезот на инверторот за максимална конверзија во наизменична струја,
- Спречување на преоптоварување и оштетување на фотонапонските модули поради промени во работните услови,
- Зголемување на стабилноста на работата на системот, намалување на флукуациите на напонот и зголемување на енергетската ефикасност.

Со користење на овој метод, соларните фотонапонски системи можат значително да ја подобрат својата ефикасност, да ги намалат загубите на енергија и да овозможат максимално искористување на достапната сончева енергија. Интеграцијата на MPPT контролери со инвертори обезбедува стабилно и сигурно работење на системот во сите временски услови.

Димензионирање на низи (стрингови) и MPPT во соларни фотонапонски системи

Анализа на техничката спецификација (лист со податоци) на панели и инвертори

При дизајнирање на соларни фотонапонски системи, потребно е да се разберат техничките спецификации (лист со податоци) на фотонапонските панели и инвертори. Секој панел и инвертер има свои работни карактеристики кои го дефинираат:

- Номиналниот напон (V_{mp}) и струја (I_{mp}) при максимална моќност,
- Напонот на отворено коло (V_{oc}) и струјата на краток спој (I_{sc}),
- Температурните коефициенти кои ги дефинираат промените на напонот во зависност од амбиентачната температура,
- Бројот на MPPT влезови и максималниот дозволен напон и струја на DC влезот на инверторот.

Напон на еднонасочната страна од системот и димензионирање на низите

Соларните фотонапонски системи обично работат со напон на еднонасочна струја помеѓу 600-800V, а големината на низата се базира на:

- Работните карактеристики на инверторот - секој инвертер има минимален и максимален работен напон (на пр. 200V - 1000V) и оптимален опсег на MPPT.
- Влијанието на температурата - падот на температурата го зголемува напонот на панелот, што може да доведе до надминување на максималниот напон на инверторот.
- Должината на каблите и падовите на напон – правилно димензионираните кабли ги намалуваат загубите и овозможуваат стабилно работење на системот.
- Критичните вредности на -10°C – При ниски температури, напонот на панелот може да достигне критични вредности, што може да го оштети инверторот доколку бројот на панели во низата не е правилно определен.

MPPT и важноста на правилното одредување на бројот на панели во низа

Следењето на максималната точка на моќност (MPPT) овозможува оптимизација на работата на соларните панели. Клучот е да се димензионира бројот на панели во низата така што нивниот вкупен напон во сите временски услови е во рамките на MPPT опсегот на инверторот.

- Ако напонот е низок, системот нема да работи ефикасно.
- Ако напонот е previsok, инверторот може да се оштети.

Правило за одредување на големината на низата:

- Пресметајте го напонот на отворено коло (V_{oc}) при најниски температури (на пр. -10°C) користејќи ги температурните коефициенти од панелот со податоци.
- Уверете се дека вкупниот напон на низата не го надминува максимално дозволеениот напон на инверторот.
- Водете сметка за MPPT опсегот за да обезбедите оптимално производство на енергија.

Инсталација и поврзување на разводниот ормар на еднонасочна струја

Разводниот ормар за еднонасочна струја е клучен елемент во системот на соларни фотонапонски електрани бидејќи служи како централна точка за поврзување на соларните панели со инверторот, овозможувајќи заштита на системот и ефикасно управување со протокот на електрична енергија. Неговата правилна монтажа и поврзување се од суштинско значење за безбедно и сигурно работење на инсталацијата.

Во внатрешноста на разводниот ормар на еднонасочна струја се наоѓаат следните компоненти:

- Осигурувачи - го штитат системот од преоптоварување и кратки споеви, со што се спречува оштетување на електричните компоненти.
- Прекинувачи на еднонасочна струја - овозможуваат безбедно исклучување на системот заради сервисирање и одржување
- Заштита од пренапон – го штити системот од удари од гром и други појави на пренапон, со што се продолжува животниот век на опремата.

Постапка за монтажа на разводниот ормар на еднонасочна струја:

Избор и подготовка на локацијата за инсталација

- Изберете соодветно место кое е заштитено од влага и директна сончева светлина.
- Обезбедете доволно вентилација околу ормарот за да спречите прегревање на внатрешните компоненти.
- Исчистете ја и подгответе ја површината на која ќе се монтира ормарот.

Фиксирање на разводниот ормар

- Со користење на дупчалка, издупчете дупки за типли или анкерни завртки, во зависност од видот на подлогата.
- Поставете го разводниот ормар на еднонасочна струја на предвиденото место и прицврстете го со завртки.
- Проверете ја стабилноста и нивелирањето за да се обезбеди правилно поставување.

Поврзување на дојдовни кабли од соларните панели

- Идентификувајте ги позитивните и негативните приклучоци на панелите и правилно распоредете ги каблите.
- Користете соодветни кабли отпорни на УВ зрачење и температурни варијации.
- Протнете ги каблите низ предвидените влезови во ормарот и прицврстете ги со стеги за кабли.
- Поврзете ги каблите со соодветните приклучоци на осигурувачот и прекинувачот, водејќи сметка за точниот поларитет.

Инсталација на заштитни елементи

- Инсталирајте ги осигурувачите и прекинувачите на еднонасочна струја во согласност со техничката документација.
- Инсталирајте заштита од пренапон за да го намалите ризикот од удари од гром и пренапон.
- Обезбедете правилно поврзување на сите заштитни компоненти согласно шемата за инсталација.

Поврзување на излезните кабли со инверторот

- Правилно идентификувајте ги и поврзете ги излезните кабли согласно поларитетот на инверторот.
- Користете висококвалитетни терминали за поврзување за да ги намалите загубите на енергија.
- Проверете ги сите приклучоци и прицврстувања на каблите за да избегнете лабави контакти.

Конечна проверка и тестирање

- Проверете ја исправноста на спојките и континуитетот на колото со мултиметар.
- Уверете се дека сите кабли се правилно изолирани и заштитени од надворешни влијанија.
- Извршете пробно пуштање во работа на системот и следете ги сите неправилности.

Правилната инсталација и поврзување на разводниот ормар на еднонасочна струја обезбедува долгорочно и безбедно работење на соларните фотонапонски системи, намалувајќи го ризикот од дефекти и подобрувајќи ја ефикасноста на системот.

Поврзување на DC инсталацијата со инверторот

Поврзувањето на DC инсталацијата со инверторот е клучен чекор во интеграцијата на соларните фотонапонски системи бидејќи тука еднонасочната струја (DC) произведена од соларните панели се претвора во наизменична струја (AC) погодна за употреба во мрежата или во домаќинството. Овој процес бара прецизност и внимателно почитување на техничките спецификации за да се обезбеди исправност и долготрајност на системот.

Пред да започнете со поврзувањето, потребно е да ја проверите техничката документација и да се осигурате дека сите приклучоци се правилно димензионирани и дека напонот на системот одговара на спецификациите на инверторот. Исто така, потребно е да се користат соодветни алатки и заштитна опрема за да се спречат електрични удари или кратки споеви.



Инвертерски кабли 5AWG 16mm² - комплект со кабелски терминали. Бакарна соларна жица со ушки.

Проверка на техничка документација и алатки

Пред какво било поврзување, потребно е да се разгледаат упатствата на производителот на инверторот и техничката документација за инсталацијата. Исто така, потребно е да се подготват соодветните алатки, вклучувајќи:

- Мултиметар за проверка на напон,
- Клешти за сечење и отстранување на изолација на кабел,
- Клучеви и шрафцигери за фиксирање на спојки,
- Изолациски ракавици и заштитни очила.

Проверка на напонот и поларитетот на кабелот

Пред поврзувањето на каблите, се користи мултиметар за мерење на напонот на дојдовните DC кабли од разводниот ормар. Поларитетот мора јасно да се означи за да се спречи неправилно поврзување, кое може да го оштети инверторот.

Поврзување на позитивните (+) и негативните (-) кабли

- Црвениот (позитивен) кабел се поврзува со соодветниот + терминал на инверторот.
- Црниот (негативен) кабел се поврзува со - терминалот на инверторот.
- Конекторите мора да бидат цврсто прицврстени за да се спречат загуби на енергија и загревање на споевите.



Фотонапонски жичен соларен кабел 4mm² за фотонапонски приклучоци

Обезбедување на кабли и заштита на спојки

- DC каблите се спроведуваат низ соодветни заштитни цевки или се прицврстуваат со врвки за кабел отпорни на UV зрачење за да се спречи механичко оштетување или абење.
- Приклучоците се дополнително фиксирани со стеги за да се спречи поместување на каблите поради вибрации или надворешни влијанија.

Верификација и тестирање на системот

- Пред пуштањето во работа, напонот на терминалите на инверторот се мери уште еднаш за да се осигури дека вредностите одговараат на проектираните параметри.
- Се проверува дали сите приклучоци се правилно затегнати и заштитени.
- Потоа, инверторот се вклучува и неговата работа се тестира согласно процедурите на производителот.

Документација и конечна инспекција

- По успешното поврзување, сите спојки се документаат и евидентираат во техничката документација на системот.
- Се врши финална проверка на целото DC коло за да се постигне уверување дека нема неправилности што би можеле да го загорзат работењето или безбедноста на системот.

Поврзувањето на DC инсталацијата со инверторот мора да се изврши прецизно и во согласност со стандардите за да се обезбеди сигурност на системот и да се спречат евентуални дефекти. Квалитетната инсталација и правилното тестирање гарантираат долгорочно и ефикасно работење на соларните фотонапонски системи.

Безбедносни аспекти при изведување на инсталации на еднонасочна струја

При изведување на електрична инсталација на еднонасочна струја, потребно е да се почитуваат безбедносните мерки:

- Работа без напон - DC каблите секогаш треба да се исклучат од напон пред поврзување.
- Употреба на заштитна опрема - гумени ракавици, заштитни очила и изолирани алатки.
- Спречување на прегревање на каблите - со правилно димензионирање и обезбедување добра вентилација.
- Употреба на соодветни осигурувачи и прекинувачи за да се избегнат пренапонски и струјни аномалии.

Тестирање и проверка на исправноста на инсталацијата на DC

Тестирањето на инсталацијата вклучува:

- Мерење на напон и струја со помош на мултиметар.
- Проверка на исправноста на заштитните елементи како што се осигурувачи и прекинувачи.
- Тестирање на континуитет на споеви за да се обезбеди квалитетен контакт.
- Документирање на сите мерења и евидентирање на сите неправилности.



ПРАКТИЧНА ВЕЖБА

Задача 1: Поврзување на фотонапонски панели во низи

Поврзете ги фотонапонските панели во сериски и паралелни низи, проверувајќи го поларитетот и мерејќи го напонот за да се обезбеди правилна конфигурација на системот.

Материјали и алатки:

- Фотонапонски панели;
- DC кабли со MC4 конектори;
- Мултиметар;
- Врвки/стеги отпорни на УВ зрачење;
- Изолациски ракавици.

Постапка:

1. Организирајте ги панелите во согласност со проектната документација.
2. Поврзете ги панелите сериски со поврзување на позитивниот крај на едниот панел со негативниот крај на другиот.
3. Направете паралелна врска со поврзување на сите позитивни краеве заедно, а потоа и на сите негативни краеве.
4. Обезбедете ги каблите со врвки за кабел отпорни на УВ зрачење и заштитни цевки.
5. Проверете го поларитетот и измерете го напонот на низата со мултиметар.

Конечна проверка:

- Проверете ја цврстината на конекторот и заштитата на споевите.
- Споредете ги измерените вредности со техничката документација.



ПРАКТИЧНА ВЕЖБА

Задача 2: Монтирање и поврзување на разводниот ормар на еднонасочна струја

Монтирајте и поврзете го разводниот ормар за еднонасочна струја, со правилно поставување на заштитните осигурувачи и прекинувачи во согласност со техничката документација.

Материјал и алатки:

- Разводен ормар за еднонасочна струја;
- Еднонасочни кабли;
- Осигурувачи и прекинувачи;
- Мултиметар;
- Комплет изолирани клучеви;
- Завртки и сврзувачки елементи.

Постапка:

1. Подгответе го местото за инсталирање на разводниот ормар и проверете ја неговата стабилност.
2. Прицврстете го ормарот на сидниот држач или на подната конструкција користејќи ги соодветните елементи за прицврстување.
3. Инсталирајте и прицврстете ги осигурувачите, прекинувачите за еднонасочна струја и заштитата од пренапон.
4. Поврзете ги дојдовните кабли од соларните панели во согласност со техничката документација.
5. Поврзете ги излезните кабли со инверторот, внимавајќи на точниот поларитет.

Конечна проверка:

- Проверете ја исправноста на сите врски и уверете се дека конекторите се безбедно прицврстени.
- Тестирајте ги вредностите на напонот со мултиметар.



ПРАКТИЧНА ВЕЖБА

Задача 3: Поврзување на инверторот со DC инсталацијата

Задача: Изведете правилно поврзување на инверторот со разводниот ормар на еднонасочна струја, со проверка на поврзувањето и мерење на напонот пред пуштање во работа.

Материјали и алатки:

- Инвертер;
- Еднонасочни кабли;
- Мултиметар;
- Клешти за MC4 конектори;
- Завртки и сврзувачки елементи.

Постапка:

1. Подгответе го инверторот и изберете соодветно место за негова инсталација.
2. Прикачете го инверторот на држачот во согласност со техничките спецификации.
3. Поврзете ги позитивните и негативните кабли од разводниот ормар на еднонасочна струја со соодветните терминали на инверторот.
4. Обезбедете ги каблите со прицврстување на конструкцијата и заштитете ги од механичко оштетување.
5. Измерете го напонот на влезните терминали на инверторот пред пуштањето во работа.

Конечна проверка:

- Проверете дали сите врски се правилно изведени и безбедно прицврстени.
- Потврдете го точниот напон на приклучоците на инверторот пред да го пуштите системот во работа.

6.3. Изведување на електрична инсталација на АС на соларни фотонапонски системи

Изведувањето на електрична инсталација на АС (наизменична струја) е клучен сегмент во инсталацијата на соларни фотонапонски системи бидејќи овозможува претворање на произведената еднонасочна струја (DC) во наизменична струја (AC) што може да се користи за напојување на потрошувачите или да се дистрибуира до електричната дистрибутивна мрежа. Овој процес бара прецизно планирање, правилно каблирање, инсталација на заштитни системи и тестирање на функционалноста на системот.

Намена на инсталацијата на АС во соларни фотонапонски електрани

Наизменичната струја (AC), генерирана од инверторот, мора ефикасно да се пренесува и дистрибуира низ системот до крајниот потрошувач или до дистрибутивната мрежа за електрична енергија. Инсталацијата на наизменична струја овозможува:

- **Дистрибуција на енергија** – Пренос на електрична енергија од инверторот до точката за поврзување со мрежата (PCC) или локалните потрошувачи во објектот.
- **Заштита на системот** – Имплементација на безбедносни уреди како што се осигурувачи, прекинувачи и одводници на пренапон.
- **Мониторинг и контрола** – Мерење на клучни електрични параметри како што се напон, струја и моќност.
- **Интеграција со мрежата** - Системите поврзани со мрежата бараат соодветна синхронизација со електричната дистрибутивна мрежа за да се овозможи стабилна испорака на електрична енергија.

Инсталациите на наизменична струја мора да бидат направени во согласност со стандардите за дистрибуција на наизменична струја, со интегрирани заштитни уреди од преоптоварување, краток спој и други абнормалности.

Елементи на АС инсталации

АС инсталацијата се состои од неколку клучни елементи кои овозможуваат безбедно и ефикасно работење на системот:

АС кабли и конектори

Каблите и конекторите се користат за пренос на електрична енергија од инверторот до разводниот ормар за наизменична струја (AC RO) и понатаму до мрежата или потрошувачот. Тие мора да бидат правилно димензионирани за да се обезбедат минимални загуби на енергија и долг век на траење на системот.

При избор на АС кабли, важно е да се земат предвид:

- Пресекот на проводникот во однос на моќноста на системот,
- Отпорноста на надворешни влијанија (УВ зрачење, влага, механичко оштетување),
- Користење на изолирани конектори за да се спречат електрични загуби и да се зголеми безбедноста.

Разводен ормар за наизменична струја (АС)

Разводниот ормар за наизменична струја служи како централна точка за поврзување на инверторот со мрежата или потрошувачите. Содржи:

- **Собирници** – Ја дистрибуираат струјата помеѓу различните делови од системот.
- **Осигурувачи** – Го заштитува системот од преоптоварување и кратки споеви.
- **Прекинувачи** - Овозможуваат контрола и заштита на струјните текови во системот.
- **Одводници на пренапон** – Го заштитуваат системот од оштетување предизвикано од пренапони.
- **Мерни уреди** – амперметри, волтметри и ватметри за мерење на струја, напон и моќност во рамките на систем на наизменична струја.

Точка за приклучување на мрежата (РСС)

Во случај на систем поврзан со мрежа, сончевата електрана е поврзана со дистрибутивната мрежа за електрична енергија преку точка за приклучување на мрежата (РСС). Овој сегмент вклучува:

- Синхронизација на работата на инверторот со мрежата,
- Инсталација на заштитни уреди што спречуваат обратна струја,
- Мерење на мрежните параметри пред поврзување за да се обезбеди компатибилност на системот.

Процес на АС инсталација - Поставување и поврзување на кабли за наизменична струја

Правилното поставување на каблите за наизменична струја ги минимизира загубите на енергија и го зголемува векот на траење на системот. Постапката вклучува:

- Планирање на трасата на кабелот за да се намалат загубите и да се избегне преклопување со други инсталации,
- Користење на соодветна изолација и заштитни цевки за да се спречи оштетување,
- Фиксирање на каблите со носачи за кабли за да се обезбеди стабилност на инсталацијата.

Поврзување на инверторот со разводниот ормар за наизменична струја

Поврзувањето на инверторот со разводниот ормар за наизменична струја е клучен чекор во интеграцијата на соларната електрана. Постапката вклучува:

- Поврзување на фаза, неутрална и заштитна линија во согласност со техничките спецификации,
- Инсталација на заштитни прекинувачи и осигурувачи за да се спречи оштетување на системот,
- Проверка на исправноста на приклучоците пред пуштањето во работа.

Инсталација и поврзување на разводниот ормар за наизменична струја

Поставувањето на разводен ормар за наизменична струја бара прецизна инсталација за да се обезбеди ефикасна дистрибуција на електрична енергија. Процесот вклучува:

- Инсталација на ормари на предвиденото место,
- Поврзување на сите влезни и излезни линии,
- Тестирање на исправноста на електричните споеви со помош на мерни инструменти.

Тестирање и пуштање во работа на АС инсталации

По завршувањето на инсталацијата, потребно е да се извршат детални тестови:

- Мерење на напон и струја во клучните точки на системот,
- Симулација на работата на системот под различни оптоварувања,
- Проверка на заштитните уреди и нивната функционалност.

Безбедносни аспекти при изведување на АС инсталации

При изведување на електрична инсталација на наизменична струја, потребно е да се почитуваат следниве безбедносни мерки:

- Употреба на заштитна опрема - ракавици, заштитни очила и изолирани алатки,
- Работа на исклучен систем – АС инсталацијата се поврзува додека системот е деактивиран,
- Проверка на исправноста на заштитните уреди - сите осигурувачи, прекинувачи и одводници на пренапон мора да се тестираат пред да се пушти системот во работа.



ПРАКТИЧНА ВЕЖБА

Задача 1: Монтажа и поврзување на разводниот ормар за наизменична струја

Извршете монтажа и поврзување на разводниот ормар за наизменична струја, вклучувајќи ја и инсталацијата на собирници, заштитни прекинувачи и мерни уреди во согласност со техничката документација.

Материјали и алатки:

- Разводен ормар за наизменична струја;
- Собирници;
- Заштитни прекинувачи (осигурувачи, автоматски прекинувачи, диференцијални прекинувачи);
- Мерни уреди (волтметар, амперметар, ватметар);
- Електрични кабли;
- Клешти за кабли и челични носачи;
- Алатка за изолација;
- Заштитна опрема (ракавици, очила).

Постапка:

1. Подгответе го работното место
 - Прегледајте ја техничката документација и планот за монтажа.
 - Уверете се дека работната површина е чиста и безбедна за работа.
2. Инсталирајте и фиксирајте го АС разводниот ормар
 - Определете ја точната позиција за монтажа на ормарот во согласност со техничкиот план.
 - Прицврстете го ормарот со типли и завртки на соодветна површина.
3. Инсталирајте ги собирниците
 - Поставете ги собирниците во ормарот според спецификациите.
 - Проверете ја исправноста на споевите и уверете се дека се цврсто прицврстени.
4. Инсталирајте и поврзете ги прекинувачите
 - Инсталирајте осигурувачи и прекинувачи на означените места.
 - Поврзете ги со собирниците во согласност со техничката документација.
5. Инсталирајте мерни уреди
 - Поставете ги волтметрите, амперметрите и ватметрите на означените позиции.
 - Поврзете ги со соодветните кабли и собирници.
6. Извршете визуелна и функционална проверка
 - Проверете ги сите приклучоци и проверете дали се цврсто поврзани.
 - Проверете дали системот е правилно инсталиран пред тестирањето.

Конечна проверка:

- Проверете ја физичката стабилност на ормарот и компонентите.
- Проверете ги сите приклучоци и проверете дали се добро изолирани.
- Проверете ја техничката документација и потврдете дека сите компоненти се правилно поврзани.



ПРАКТИЧНА ВЕЖБА

Задача 2: Поврзување на инверторот со АС системот

Поврзете го инверторот со АС системот, вклучувајќи поврзување на АС каблите во согласност со техничката документација и проверка на напонот пред пуштање во работа.

Материјали и алатки:

- Инвертер;
- АС кабли;
- Клешти за кабли;
- Мултиметар за мерење на напон;
- Алатка за изолација;
- Електрични стеги;
- Заштитна опрема (ракавици, очила).

Постапка:

1. Подгответе го работното место
 - Погледнете ја техничката документација и планот за поврзување.
 - Осигурајте се дека сите потребни материјали и алатки се достапни.
2. Проверете ја исправноста на инверторот и АС системот
 - Осигурајте се дека инверторот е исклучен од напојувањето.
 - Проверете го напонот на инсталацијата на наизменична струја со помош на мултиметар.
3. Поврзете ги АС каблите од инверторот
 - Пронајдете ги соодветните приклучоци за фаза (L), неутрална (N) и заземјување (PE).
 - Поврзете ги АС каблите во согласност со техничката документација и прицврстете ги со стеги.
4. Извршете заштита и организација на каблите
 - Поставете ги каблите во заштитни цевки или канали за да спречите оштетување.
 - Осигурајте се дека сите приклучоци се добро изолирани.
5. Проверете го спојот и тестирајте го системот
 - Измерете го напонот на излезот од инверторот со мултиметар пред да го вклучите.
 - Симулирајте ја работата на системот и проверете дали инверторот е правилно поврзан со мрежата или локалните потрошувачи.

Конечна проверка:

- Проверете ги сите конекции и потврдете дека се безбедно поврзани.
- Проверете го напонот и струјата на точките за поврзување на инверторот.
- Осигурајте се дека сите кабли се правилно инсталирани и заштитени од механички оштетувања.



ПРАКТИЧНА ВЕЖБА

Задача 3: Тестирање на електричната инсталација на соларни фотонапонски системи според IEC 60364-6

Тестирање на електричната инсталација на соларниот фотонапонски систем во согласност со барањата на стандардот IEC 60364-6. Тестирањето вклучува континуитет на проводникот, поларитет, отпор на изолација, функционални тестови и други клучни параметри за да се обезбеди правилно функционирање на соларниот фотонапонски систем.

Материјали и алатки

- Мултифункционален тестер за тестирање на електрични инсталации (на пр. Fluke 1664 FC, Megger MFT);
- Дигитален мултиметар;
- Клешти за мерење на струја;
- Тестер за изолација (мегер);
- Шема на соларен фотонапонски систем со тест точки;
- Заштитна опрема (ракавици, заштитни очила, тестер на напон).

Постапка

1. Тестирање на континуитет на заземјувачки и изедначувачки проводници
 - Проверете го континуитетот на заземјувачкиот проводник со помош на тестер за континуитет.
 - Поврзете ја едната сонда од тестерот со главното заземјување, а другата со заштитниот проводник.
 - Прочитајте го резултатот и споредете го со стандардните вредности според IEC 60364-6.
2. Тест за поларитет
 - Користејќи дигитален мултиметар, проверете дали фазниот проводник е правилно поврзан.
 - Поставете една сонда на фазниот проводник, а другата на заштитниот проводник и проверете ги отчитувањата на напонот.
 - Ако напонот не се совпаѓа со очекуваното, проверете и коригирајте го поврзувањето.
3. Тест на комбинирани кутии (низа од комбинирани кутии)
 - Проверете ги осигурувачите, заштитните прекинувачи и приклучоците во кутијата на комбинирачот.
 - Извршете тест за напон на влезните и излезните терминали.
 - Проверете ја работата на заштитните уреди со тестирање на заземјувачкиот прекинувач.



ПРАКТИЧНА ВЕЖБА

4. Тест на напон на отворено коло (Voc) или HSA

- Исклучете ја фотонапонската низа од инверторот.
- Користејќи мултиметар, измерете го напонот на отворено коло помеѓу позитивните и негативните терминали на фотонапонската низа.
- Споредете ги измерените вредности со очекуваните, според техничката документација на панелот.

5. Тест за краток спој (Isc) или оперативна струја

- Поврзете го амперметарот со струјното коло на фотонапонската низа.
- Кратко спојте ги позитивните и негативните терминали и прочитајте ја струјата на краток спој.
- Споредете ги измерените вредности со податоците на производителот.

6. Функционални тестови

- Поврзете го фотонапонскиот систем со инверторот и мрежата.
- Проверете ја работата на инверторот на различни нивоа на инсолација.
- Проверете ја работата на заштитните уреди со исклучување на фотонапонската низа.
- Проверете дали инверторот правилно ја следи MPPT точката.

7. Тест на отпорност на изолација на еднонасочно коло

- Исклучете ги инверторот и фотонапонските низи.
- Поврзете го тестерот за изолација (мегер) со DC каблите и извршете го тестот на напон од 500V или 1000V.
- Проверете дали измерените вредности ги исполнуваат минималните барања на стандардот.

Конечна проверка

- Споредете ги сите измерени вредности со спецификациите на производителот и стандардот IEC 60364-6.
- Идентификувајте ги можните грешки при инсталацијата.
- Документирајте ги резултатите од тестот во контролен лист.

6.4. Изведба на инсталација за заземјување и инсталација на громобранска заштита на соларни фотонапонски системи

Инсталацијата за заземјување и громобранска заштита е клучна компонента на безбедносниот систем на соларните фотонапонски системи. Овие инсталации обезбедуваат заштита на луѓето и опремата од електрични удари и атмосферски празнења, минимизирајќи ги ризиците од дефекти и пожари.

Инсталација за заземјување

Заземјувањето во соларните фотонапонски системи игра клучна улога во безбедноста на системот. Тоа обезбедува заштита на металните делови од опремата, спречува појава на опасни напонски разлики и овозможува безбедно празнење на електричната енергија кон земјата, во случај на дефект.

Елементи на инсталацијата за заземјување

Заземјувањето се состои од неколку основни компоненти:

- **Заземјувачки шипки** - метални шипки, ленти или плочи закопани во Земјата што обезбедуваат добар контакт со Земјата.
- **Заземјени проводници** – кабли што ја поврзуваат опремата со уредите за заземјување.
- **Заземјувачки собирници** - уреди што поврзуваат повеќе заземјувачки проводници за да обезбедат единствен систем за заземјување.

Подготвителна работа за инсталација за заземјување

Пред да се изведе инсталацијата за заземјување, потребно е да се извршат низа подготвителни активности:

- **Анализа на техничка документација** - преглед на проектната документација за да се утврдат барањата за заземјување.
- **Испорака на опрема и алати** - обезбедување на потребни материјали и алати.
- **Чистење и израмнување на теренот** - отстранување на пречките и подготовка на почвата.
- **Означување на положбата на заземјувачите** - одредување на точните локации за поставување на заземјувачите.
- **Ископ на ровови** - прилагодено на спецификите на теренот и длабочината потребна за заземјувачки уреди.
- **Проверка на квалитетот на почвата** - тестирање на спроводливоста на почвата за да се обезбеди ефикасност на заземјувањето.

Монтажа и поврзување на системот за заземјување

Правилната монтажа и поврзувањето на системот за заземјување се клучни чекори за безбедноста на соларните фотонапонски центри. Системот за заземјување овозможува безбедно испуштање на вишокот електрична енергија во земјата, заштитувајќи ја опремата и персоналот од можни електрични удари и пренапони.

Процесот на монтажа на заземјување ги вклучува следните чекори:

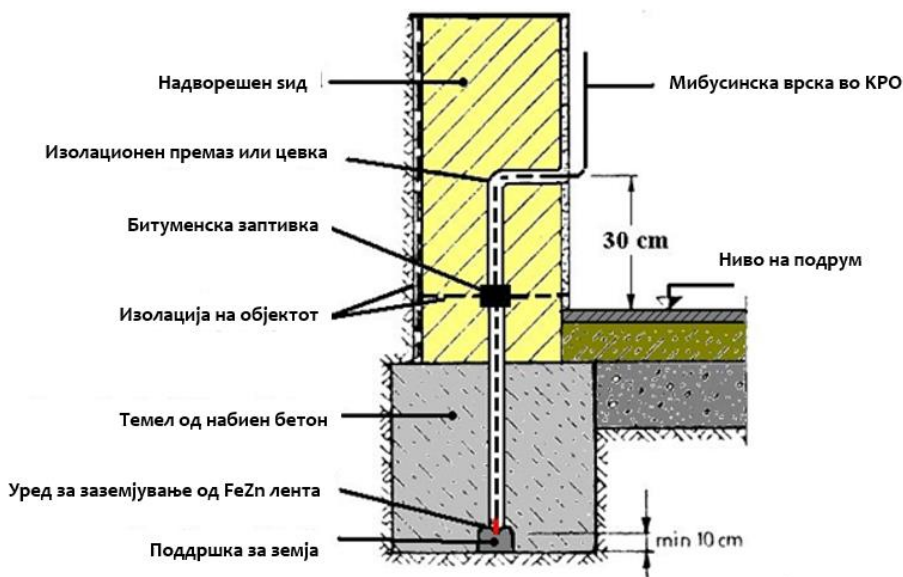
Поставување на заземјувачки уреди - Металните шипки или ленти се поставуваат во земјата во согласност со техничките барања и стандарди. Пред инсталацијата, се врши анализа на почвата со цел да се утврди најповолната локација за заземјувачките уреди. Заземјувачките уреди можат да се постават вертикално (со нивно забивање во земјата) или хоризонтално (со нивно поставување во ископани ровови). По инсталацијата, се проверува нивниот стабилен контакт со земјата.

Поврзување на собирници и водови - Заземјените проводници се поврзани со собирници со помош на стеги, конектори и бакарни ленти. Приклучоците мора да бидат механички исправни и електрично спроводливи за да се обезбеди непрекинат проток на струја во случај на атмосферско празнење или дефект на системот. Употребата на заварени споеви или специјално дизајнирани стеги ја подобрува издржливоста и отпорноста на корозија.

Воспоставување споеви со електричниот систем - По инсталирањето на уредот за заземјување и поврзувањето на собирниците, системот за заземјување се поврзува со металните делови од електричните инсталации на соларниот фотонапонски систем. Овој чекор вклучува поврзување на заземјувањето со металните куќишта на инверторот, прекинувачите и конструкцијата на панелот. Поврзувањето се врши со помош на специјални водови со низок отпор, што обезбедува ефикасно спроведување на електричната енергија во земјата.

Проверка на континуитет на приклучоците - По монтирањето и поврзувањето на сите елементи од системот за заземјување, потребно е да се изврши тестирање за да се обезбеди правилно функционирање. Отпорот на заземјување се мери со помош на специјализирани мерни инструменти (на пр. мерач на отпор на заземјување). Целта е измерениот отпор да биде во рамките на дозволените граници според стандардите, со цел да се обезбеди безбедно распрснување на струјата во случај на удар од гром или дефект на системот.

Системот за заземјување на соларните фотонапонски системи мора да се изведува според важечките прописи и технички стандарди со цел да се обезбеди долгорочна функционалност и безбедност на целиот систем.



Извршување на уредот за заземјување

Инсталација на громобранска заштита

Громобранската заштита ги штити соларните фотонапонски системи од атмосферски празнења со пренасочување на енергијата од ударот на гром кон земјата. Ова ја намалува можноста за оштетување на електричната и механичката опрема, како и потенцијални пожари.

Елементи на инсталација на громобранска заштита

- Громобрани (одводници) - поставени на највисоките точки од објектите привлекуваат молњи и ја насочуваат енергијата кон земјата.
- Громобрани - метални спроводници кои ги поврзуваат громобранските шипки со заземјувачот
- Заземјувачки шипки - метални шипки закопани во земјата кои ја пренасочуваат енергијата на молњата на безбеден начин.

Подготвителни работи за инсталација на громобран

- Анализа на проектната документација - преглед на техничките барања.
- Испорака на материјали и алатки - обезбедување на потребни компоненти за инсталација.
- Чистење и подготовка на работната површина - отстранување на пречките за безбедна работа.
- Инсталација на заштитна опрема - обезбедување на заштита на работниците.
- Означување на локацијата за монтирање на громобранот - одредување на позициите на системските елементи.

Инсталација и поврзување на системот за заштита од гром

Инсталацијата и поврзувањето на системот за заштита од гром се клучни чекори во обезбедувањето заштита на соларните фотонапонски системи од атмосферски празнења. Овој процес вклучува инсталација на сите потребни компоненти, нивно поврзување и тестирање за да се обезбеди нивната функционалност и долгорочна сигурност.

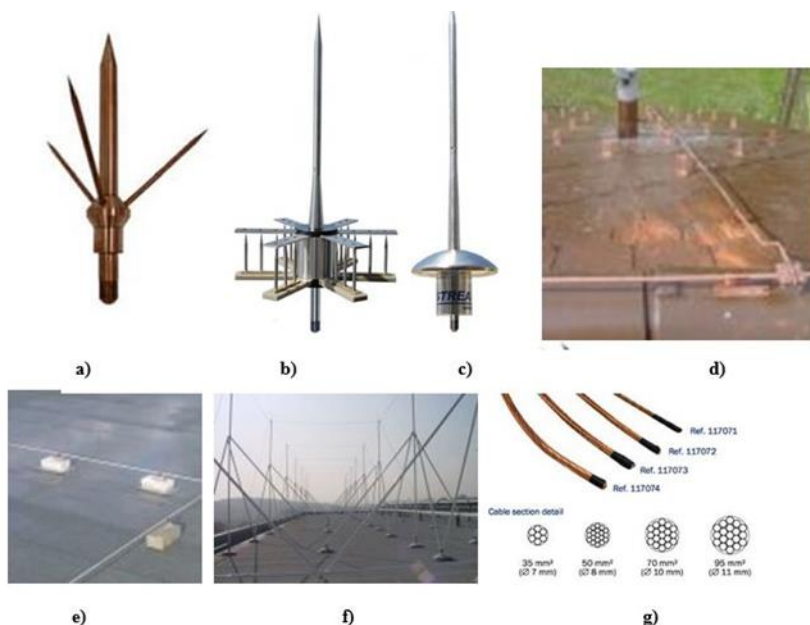
Првиот чекор во процесот е инсталирање на громобрански шипки, кои се поставуваат на стратешки точки од зградата или соларни панели. Нивната улога е да привлечат атмосферско празнење и да го насочат кон безбеден одвод. За време на инсталацијата, потребно е цврсто да се обезбедат шипките со помош на соодветни потпори и анкерни елементи, со што се обезбедува отпорност на временските услови и механичките сили. Позицијата на држачите мора да биде координирана со техничката документација, со цел да се обезбеди оптимално покривање на заштитеното подрачје.

По поставувањето на шипките, можно е да се поврзат спроводниците за громобранското празнење, кои ја пренасочуваат електричната енергија од атмосферското празнење кон земјата. Овие спроводници се изработени од високоспроводливи материјали, како што се бакар и алуминиум, и мора правилно да се поврзат со громобранските шипки. При поврзување, важно е да се користат соодветни елементи за поврзување, како што се стеги, завртки и специјални споеви, кои обезбедуваат сигурен и долготраен контакт.

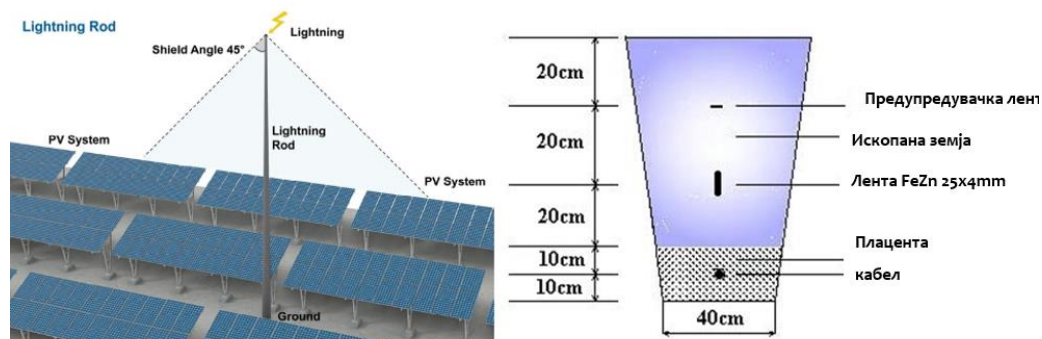
Потоа следува инсталација и поврзување на заземјувачките уреди, кои претставуваат последен елемент во одведувањето на вишокот електрична енергија во земјата. Овие заземјувачки уреди можат да бидат изработени во форма на метални шипки забиени во земјата или метални ленти закопани во земјата, а нивната положба и број зависат од специфичните барања на системот. Поврзувањето на заземјувачките проводници со громобранските проводници се врши со помош на висококвалитетни споеви, кои обезбедуваат минимални загуби на енергија и долгорочна отпорност на корозија.

Последниот чекор во процесот е мерење на отпорот на громобранската заштита, со цел да се обезбеди нејзината функционалност. Оваа проверка се врши со помош на специјални мерни инструменти кои овозможуваат прецизно одредување на ефикасноста на системот. Доколку измерените вредности на отпорот не ги исполнуваат техничките стандарди, треба да се преземат дополнителни мерки, како што се зголемување на бројот на уреди за заземјување или подобрување на врските меѓу компонентите.

Правилно изведената заштита од гром е клучна за безбедноста на соларните фотонапонски електрани бидејќи го минимизира ризикот од пожар и оштетување на електричните компоненти поради удари од гром. Затоа, важно е да се почитуваат техничките прописи и стандарди при извршување на сите работи на овој систем.



Системи за прифаќање: а) громобрански шилец со распространување; б) громобрански шилец; в) громобрански шилец со подобрен електронски ефект (ESE Early Streamer Emission); д) поцинкувани ленти на рамен покрив (Фарадеев кафе); е) изолиран систем за фаќање; ф) систем со растегнати жици; г) делови од бакарни жици за инсталација на громобранска заштита



Громобран поставен над соларните панели за да обезбеди заштитен конус

Заштита од атмосферски празнења на подземниот кабел со употреба на лента FeZn 25x4mm

Тестирање и верификација на инсталации за заземјување и громобранска заштита

По инсталацијата, потребно е да се тестира функционалноста на системот:

- Мерење на отпорот на заземјување - за да се обезбеди ефикасност на одводот на струјата во земјата.
- Тестирање на континуитет на проводникот - проверка на квалитетот на сите споеви.
- Инспекција на механичка стабилност - проверка на сите компоненти за отпорност на временски услови.
- Проверка на приклучоците и електричните контакти - за да се обезбеди долгорочно непречено работење.



Тестирање на инсталација за громобранска заштита



КВИЗ

Квиз 10: Заземјување и громобранска заштита на соларни фотонапонски електрани:

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



ПРАКТИЧНА ВЕЖБА

Задача 1: Инсталација и поврзување на системот за заземјување

Изведете ја инсталацијата и поврзувањето на системот за заземјување на соларниот фотонапонски систем, вклучувајќи ја инсталацијата на заземјувачките шипки, поврзувањето на проводниците и мерењето на отпорот на заземјувањето.

Материјали и алатки:

- Заземјени шипки или плочи;
- Бакарни или поцинкувани проводници;
- Стеги, навртки и елементи за поврзување;
- Опрема за ископ (ашов, казма);
- Мерач на отпор на заземјување;
- Клешти и шрафцигери;
- Заштитна опрема (ракавици, заштитни очила).

Постапка:

1. Подгответе го теренот со означување на локациите за заземјувачите и расчистување на областа од пречки.
2. Инсталирајте заземјувачки шипки со забивање метални шипки во земјата или со поставување ленти во ископани ровови.
3. Поврзете ги заземјувачките шипки со собирниците користејќи соодветни проводници и прицврстете ги со стеги или заварени споеви.
4. Поврзете го системот за заземјување со металните делови од соларната инсталација користејќи бакарни или поцинкувани кабли.
5. Измерете го отпорот на заземјувањето со помош на мерен инструмент и проверете дали ги исполнува пропишаните стандарди.

Конечна проверка:

- Проверете ги сите врски и приклучените проводници.
- Проверете го отпорот на заземјувањето и споредете го со референтните вредности.
- Документирајте ја постапката и евидентирајте ги сите неправилности.



ПРАКТИЧНА ВЕЖБА

Задача 2: Монтажа и поврзување на инсталација за громобранска заштита

Инсталирајте и поврзете ги елементите за громобранска заштита на соларниот фотонапонски систем, вклучувајќи громобрански шипки, спроводници и уреди за заземјување.

Материјали и алатки:

- Громобрани (стеги);
- Бакарни или алуминиумски проводници;
- Заземјувачки шипки;
- Поврзувачки елементи (стеги, завртки, поврзувачки ленти);
- Дупчалка, клешти, шрафцигери;
- Заштитна изолациска опрема.

Постапка:

1. Определете ги точките за инсталација на громобранот според техничката документација и означете ги местата за инсталација.
2. Поставете ги громобранските шипки на означените места и прицврстете ги со држачи.
3. Поврзете ги одводниците со громобранските проводници користејќи соодветни конектори и обезбедете цврсти врски.
4. Инсталирајте ги заземјувачките уреди за системот за заштита од гром и поврзете ги со проводниците според техничката документација.
5. Проверете ја електричната спроводливост на системот со помош на мерен уред.

Конечна проверка:

- Визуелно проверете ги сите точки на поврзување и елементите за монтирање.
- Проверете ја електричната спроводливост и уверете се дека сите споеви ги исполнуваат стандардите за заштита.
- Документирајте ја постапката и сите корекции.



ПРАКТИЧНА ВЕЖБА

Задача 3: Тестирање на заземјување и громобранска заштита

Извршете тестирање на системот за заземјување и громобранска заштита користејќи соодветни мерења и проверете ги споевите.

Материјали и алатки:

- Мерач на отпор на заземјување;
- Тест инструмент за заштита од гром;
- Клешти и шрафцигери;
- Заштитна опрема (ракавици, очила).

Постапка:

1. Измерете го отпорот на заземјување со мерен инструмент и запишете ги вредностите.
2. Проверете го интегритетот на сите споеви во инсталацијата за заземјување и громобранската заштита.
3. Тестирајте ја спроводливоста на спроводниците на системот за заштита од гром за да се осигурате дека е функционална заштитата од удар на гром.
4. Анализирајте ги резултатите од мерењата и споредете ги со стандардите.
5. Отстранете ги евентуалните неправилности и повторете го тестот по корекциите.

Конечна проверка:

- Осигурајте се дека сите измерени параметри ги исполнуваат пропишаните стандарди.
- Документирајте ги сите мерења и можни корекции.
- Подгответе извештај за проверка на исправноста на системот.

6.5. Најчести грешки при инсталирање на соларен фотонапонски систем

Инсталацијата на соларен фотонапонски систем бара прецизно планирање и извршување за да се обезбеди оптимална ефикасност и долговечност на системот. Најчестите грешки што се случуваат во пракса вклучуваат:

Неправилно димензионирање на системот

- Неправилно пресметана моќност на системот – Ако системот е премал, нема да може да ги покрие потребите за потрошувачка; ако е преголем, инвестицијата нема да биде профитабилна.
- Несовпаѓање на инверторот и панелот – Ако инверторот не е правилно димензиониран, ефикасноста на конверзијата на енергија може да се намали.
- Недоволно земање предвид на локалната потрошувачка на енергија – Планирањето на систем без анализа на енергетските потреби на објектот може да доведе до неефикасност.

Лошо позиционирана ориентација и наклон на панелот

- Панелите не се ориентирани кон оптималната страна (јужна на северната хемисфера, северна на јужната хемисфера).
- Неправилно прилагоден наклон на панелот – Фиксните панели треба да бидат под агол за да одговараат на географската ширина, а со цел да се максимизира производството преку целата година.
- Неусогласеност со сезонски варијации - Во некои системи е подобро да се користат прилагодливи држачи кои го менуваат наклонот сезонски.

Неправилна инсталација на потпори и структури

- Несоодветно прицврстување на покривот – Може да доведе до оштетување на покривот или нестабилност на системот при силни ветрови.
- Употреба на несоодветни материјали – Подложноста на корозија и деградација може значително да ја намали издржливоста на конструкцијата.
- Лоша примена на баласт системи на рамни покриви – Доколку не се пресмета точната тежина на баластот, ветерот може да ги помести или оштети панелите.

Грешки во електричните инсталации

- Лошо димензионирани кабли – Прекумерни загуби на енергија поради недоволно дебели кабли.
- Неправилно поврзување на DC страната на системот - Ако панелите не се правилно поврзани во низи, може да се појави нееднаква распределба на оптоварувањето и загуби на моќност.
- Несоодветна заштита од пренапон и лошо заземјување – Недостатокот на соодветна заштита може да доведе до оштетување на инверторот и панелите за време на удар од гром.
- Лоша врска помеѓу инверторот и мрежата – Може да предизвика осцилации на напонот и проблеми со стабилноста на мрежата.

Засенчување и погрешно поставени панели

- Предметите што фрлаат сенки не се земаат предвид - Дрвјата, оџаците, столбовите и околните објекти можат значително да го намалат производството.
- Неправилна употреба на оптимизатори и MPPT влезови - Ако оптимизаторите не се правилно поставени, може да се појави нееднаков излез во рамките на истата низа панели.
- Лошо позиционирање на панелите на различни површини на покривот – Ако жиците се поставени под различни агли без оптимизација, системот нема да работи ефикасно.

Игнорирање на термичките ефекти

- Лоша вентилација на панелите – Доколку нема простор помеѓу панелите и покривот, може да дојде до прегревање и намалена ефикасност.
- Недоволна отпорност на компонентите на високи температури – Неправилно избраните кабли и конектори можат да се прегреат и да предизвикаат дефекти.

Недостаток на мерки за заштита и безбедност

- Недостаток на противпожарна заштита - соларните фотонапонски системи можат да предизвикаат пожар ако не се правилно обезбедени со термичка и електрична заштита.
- Лошо заземјување и несоодветни осигурувачи – Може да доведат до зголемен ризик од електричен удар и краток спој.
- Непочитување на локалните прописи и стандарди – Неправилната инсталација може да доведе до правни и технички проблеми.

Недостаток на системи за следење и одржување

- Не е инсталиран систем за следење (снимачи на податоци, оптимизатори, анализатори) – Без следење на перформансите на системот, тешко е да се откријат дефекти или загуби на енергија.
- Занемарување на одржувањето (чистење на панели, проверка на кабли и конектори) – Со текот на времето, ефикасноста на системот може да се намали поради насобирање прашина и неисправни споеви.

Како да ги избегнете овие грешки?

- Внимателно планирање и димензионирање на системот пред инсталација.
- Користење на софтвер за симулација на систем за производство на соларна фотонапонска енергија (PVGIS, PVSyst, SAM) за проценка на оптималната конфигурација.
- Почитување на техничките стандарди и прописи за време на инсталацијата.
- Редовно одржување и мониторинг за да се спречат дефекти и деградација на системот.

7. РАБОТА И ОДРЖУВАЊЕ НА СОЛАРНИ ФОТОНАПОНСКИ СИСТЕМИ

7.1. Подготвителна работа и почетно тестирање на соларни фотонапонски системи

Пред да се пуштат во употреба соларните фотонапонски системи, потребно е да се спроведат низа подготвителни активности и тестови со цел да се обезбеди исправност и безбедност на системот. Оваа фаза вклучува преглед на техничката документација, подготовка на алатки и опрема, планирање на интервенција и функционално тестирање на сите клучни компоненти.

Преглед на техничката документација и клучните системски параметри

Секој соларен систем има специфични технички карактеристики кои треба да се анализираат пред да се стартува. Прегледот на техничката документација вклучува:

- Шеми на електрични системи – Демонстрирајте поврзување на фотонапонски панели, инвертори, прекинувачи, заштитни уреди и потрошувачи.
- Системски податоци - Напон, струја, моќност и ефикасност на системот.
- Спецификации на клучните компоненти - Детали за панели, инвертори, батерии (доколку е применливо), заштитни кола и заземјување.
- Безбедносни упатства - Прописи за заштита од електричен удар, правила за работа на висина и препорачани процедури за тестирање на системот.
- Гаранции и упатства од производителот - Правилна употреба и одржување на опремата во согласност со упатствата.

Подготовка на алатки, опрема и заштитна опрема

За правилно тестирање на системот, потребно е да се користат соодветни алатки и заштитна опрема:

- Мерни инструменти:
 - Мултиметар - за мерење на напон и струја во DC и AC делот од системот.
 - Амперметар клешта – за проверка на струјата на оптоварувањето.
 - Термовизиска камера – за откривање на прегревање на компонентите.
 - Тестер за заземјување - за проверка на континуитетот на заземјувањето.
- Друга опрема:
 - Изолирани шрафцигери и клучеви - за безбедна работа со електрични компоненти.
 - Кабелски врвки – за прицврстување на кабли и конектори.
 - Лаптоп со софтвер за системско следење - за проверка на далечинска комуникација и оперативни параметри.
- Заштитна опрема:
 - Изолациски ракавици и заштитни очила.
 - Безбедносни појаси за работа на висина.
 - Антистатички обувки за спречување на електрично празнење.

Планирање на активности и распоред на интервенции

За да се избегнат грешки и да се обезбеди ефикасен процес, потребно е однапред да се испланираат сите активности:

- Изработка на распоред за тестирање - Дефинирање на редоследот на системските проверки (визуелна инспекција, електрични мерења, тест на оптоварување).
- Распределба на задачи – Техничарите и електричарите се распределуваат според нивната компетентност (тестирање на инвертер, проверка на жици, проверка на заземјувањето, итн.).
- Проценка на временските услови - Планирање на работата во оптимални временски услови за да се избегнат проблеми како што е кондензација на панелите.
- Координација со операторот на мрежата - Доколку системот е поврзан со електричната дистрибутивна мрежа, потребно е да се договори термин за официјално поврзување.

Проверка на системот пред официјално пуштање во употреба и тестирање на компоненти

Пред системот официјално да се пушти во употреба, се спроведуваат низа проверки за да се осигури дека сите делови работат правилно:

- Визуелна инспекција:
 - Инспекција на споеви и конектори - Проверка дали сите споеви се правилно поврзани и безбедно прицврстени.
 - Проверка на инсталацијата на каблите - Обезбедување дека каблите се правилно организирани, без механички оштетувања.
 - Инспекција на заштитни уреди - Инспекција на осигурувачи за еднонасочна и наизменична струја, прекинувачи и одводници на пренапон.
- Мерење на напон и струја:
 - Тестирање на еднонасочен напон помеѓу соларните панели и инверторот.
 - Проверка на излезниот напон на наизменична струја од инверторот.
 - Мерење на струјата на оптоварувањето за време на работата на системот под различни услови.
- Тестирање на заземјување:
 - Мерење на отпорот на заземјување со помош на заземјувачки тестер.
 - Проверка на континуитетот на заземјувањето од панелот до главната собирница.
 - Испитување на заштитни заземјувачки склопови и проверка на исправноста на громобранската заштита.

Активирање на инвертори и соларни панели со контрола на работењето

Откако ќе завршат сите проверки, може да се започне со активирање на системот:

- Вклучување на инверторот - Постепено вклучување на инверторот и проверка на работата на заштитните кола.
- Поставување на почетните параметри - Внесување на вредностите на максималната моќност, напон и фреквенција на системот.
- Мониторинг на почетните податоци - Набљудување на првите мерења на излезната моќност и работните параметри со цел откривање на евентуални неправилности.
- Симулација на оптоварување – Тестирање на работата на системот под помали и поголеми оптоварувања со цел да се провери стабилноста на работата.

Верификација на комуникациски системи и заштитни уреди

Современите соларни системи честопати вклучуваат системи за следење и заштитни уреди кои мора да бидат правилно конфигурирани:

- Проверка на комуникацијата со софтверот за мониторинг - Поврзување на инверторот со системот за мониторинг и проверка на преносот на податоци.
- Тестирање на заштитни уреди – Симулација на грешки (преоптоварување, краток спој) за проверка на реакцијата на заштитните уреди.
- Верификација на поставките за автоматско исклучување - Осигурување дека системот автоматски се исклучува во случај на вонредна состојба.
- Конечна документација - Евидентирање на сите мерења и резултати од тестовите во техничката документација.

Правилното изведување на подготвителните работи и почетното тестирање на системот се од клучно значење за безбедното и ефикасно работење на соларните фотонапонски системи. Оваа фаза овозможува идентификување на можни проблеми пред системот официјално да се пушти во употреба. По успешното тестирање, соларната електрана е подготвена за континуирана работа и следење.



ПРАКТИЧНА ВЕЖБА

Задача: Почетно тестирање на соларниот фотонапонски систем

Извршете визуелна инспекција, електрични мерења и активирање на соларниот фотонапонски систем, следејќи ја техничката документација и безбедносните упатства.

Материјал и алатки:

- Мултиметар (за мерење на напон и струја);
- Амперметар клешта;
- Термовизиска камера;
- Тестер за заземјување;
- Лаптоп со софтвер за системско следење;
- Изолирани шрафцигери и клучеви;
- Заштитна опрема (ракавици, очила, антистатички чевли).

Постапка:

1. Преглед на техничка документација
 - Анализирајте ги дијаграмите за поврзување на системот и проверете ги спецификациите на клучните компоненти.
 - Идентификувајте ги локациите на фотонапонските панели, инверторите, разводните ормари и заштитните уреди.
2. Подготовка на алатки и заштитна опрема
 - Осигурајте се дека сите потребни алатки и мерни инструменти се подготвени за употреба.
 - Правилно користење на заштитна опрема во насока на безбедно работење.
3. Визуелна инспекција на системот
 - Проверете ги спојките и конекторите, проверете дали има лабави врски.
 - Проверете ја организацијата и интегритетот на инсталацијата на кабелот.
 - Проверете ги заземјувањето и заштитните уреди по пат на инспекција.
4. Мерење на напон и струја
 - Користејќи мултиметар, измерете го еднонасочниот напон помеѓу соларните панели и инверторот.
 - Проверете го излезниот напон на наизменичната струја на инверторот и измерете ја струјата на оптоварувањето во различни работни услови.
5. Тестирање на заземјување
 - Користете тестер за заземјување за да се провери континуитетот на врските и да се измери отпорот на заземјувањето.



ПРАКТИЧНА ВЕЖБА

6. Активирање на системот и почетно тестирање

- Вклучете го инверторот и следете ги почетните работни параметри (напон, струја, моќност).
- Проверете ја комуникацијата со софтверскиот систем за следење.
- Симулирајте различни работни услови и тестирајте заштитни уреди.

7. Верификација на резултатите и документацијата

- Заведете ги сите мерења и резултати во техничката документација.
- Идентификувајте и пријавете можни неправилности.

Конечна проверка:

- Потврдете ја исправноста на сите врски и заштитни системи.
- Документирајте ја постапката и запишете ги резултатите од мерењето.
- Пред официјалното пуштање во употреба, проверете дали системот функционира во согласност со пропишаните параметри.

7.2. Мониторинг на оперативните параметри на системот

Континуираното следење на работните параметри на соларните фотонапонски електрани е од суштинско значење за оптимизација на работата, откривање на неправилности и продолжување на работниот век на системот. Параметри како што се напон, струја, моќност, температура и интензитет на сончевото зрачење овозможуваат анализа на перформансите на системот и брз одговор на потенцијални дефекти.

Континуирано следење на напонот, струјата и моќноста

Пред почетното тестирање и стартување на соларните фотонапонски системи, потребно е да се дефинираат клучните работни параметри на системот што овозможуваат ефикасно и безбедно работење. Континуираното следење на овие параметри овозможува навремено откривање на отстапувања, спречување на дефекти и оптимизација на работата на електраната.

Клучните работни параметри што се следат во соларните фотонапонски електрани се:

- **Напон (V)** – Клучно е да се следи напонот на соларните панели, напонот на DC собирниците и излезниот напон на инверторот. Падот на напонот може да укажува на проблеми со панелите, лоши конекции на конектори или деградација на кабелот.
- **Струја (A)** – Струјата се мери за да се провери рамномерноста на оптоварувањето во соларниот систем. Ненадејните отстапувања во вредностите може да сигнализираат проблеми со ожичувањето или неисправни фотонапонски модули.
- **Моќност (W, kW, MWh)** - Анализата на моменталната моќност и вкупната произведена енергија овозможува предвидување на перформансите на системот и споредба со изведбата.
- **Енергија (Wh, kWh, MWh)** – вкупна енергија произведена во одреден временски период.
- **Температура на панелот (°C)** – температурата на површината на фотонапонските модули бидејќи високите температури можат да ја намалат нивната ефикасност.
- **Интензитет на сончевото зрачење (W/m^2)** – количината на сончева енергија што паѓа на површината на панелот, со што директно влијае на производството на електрична енергија.
- **Мрежна фреквенција (Hz)** - во мрежните системи е потребно да се одржи стабилноста на фреквенцијата.
- **Ефикасност на системот (%)** – проценка на тоа колку ефикасно системот ја претвора сончевата енергија во електрична енергија.

Мерење на сончевото зрачење во реално време - Ирадиометри

Ирадиометрите се специјализирани сензори кои го мерат сончевото зрачење (W/m^2) во реално време, овозможувајќи прецизно следење на достапната сончева енергија на локацијата на системот. Тие се позиционирани да го следат наклонот на панелот, со што се овозможува:

- Мониторинг на очекуваното производство на енергија,
- Отчитување на клучни електрични параметри (напон, струја, моќност),
- Верификација на работата на фотонапонскиот систем и препознавање на аномалии.

Предностите од користењето на ирадиометри се прецизно следење на сончевото зрачење, што овозможува оптимизација на производството, дијагностицирање на проблеми, т.е. препознавање на загуби поради неисправни компоненти, прилагодување на работата според реалните услови и долгорочна анализа на перформансите на соларниот фотонапонски систем.

Нивната употреба овозможува прецизна анализа на работењето на системот, откривање на проблеми и оптимизација на производството на енергија. Нивната интеграција со системи за

далечинско управување значително ја подобрува ефикасноста и долгорочната стабилност на соларниот систем.

Важноста на следењето на работните параметри

Следењето на работните параметри е клучно за обезбедување сигурно и ефикасно работење на соларните фотонапонски електрани. Точните податоци овозможуваат откривање на потенцијални проблеми во рана фаза - на пример, ненадејниот пад на напонот или моќноста може да укаже на неисправен панел или проблем со поврзувањето, а потоа анализа на перформансите на системот, односно споредба на очекуваното и реалното производство на енергија. Со следење на температурата и интензитетот на зрачењето, ефикасноста може да се подобри, на пример со чистење на панелите или прилагодување на наклонот, додека контролата на пренапоните, преоптоварувањата и температурите го намалува ризикот од дефекти и пожари.

Работните параметри се следат преку различни методи, вклучувајќи рачни мерења со мултиметар, анализатори на моќност, термички камери за следење на температурата, како и напредни софтверски системи за далечинско следење кои овозможуваат автоматска анализа и генерирање извештаи.

Методи за следење:

- Користење на мултиметри и анализатори на електрични параметри за локални мерења.
- Имплементација на дигитални сензори и мерни станици за постојано следење.
- Користење на инвертори со интегрирано следење на електричните параметри.

Мониторинг на температурата на панелот и интензитетот на сончевото зрачење

Ефикасноста на соларните панели значително зависи од нивната температура и количината на примено сончево зрачење. Високите температури можат да ја намалат ефикасноста на панелите, додека нерамномерното осветлување може да предизвика проблеми со засенчување и намалено производство на енергија.

- Мерење на температурата на панелот:
 - За откривање на прегревање се користат термички сензори и инфрацрвени камери.
 - Нормалните работни температури на соларните панели се движат од 25°C до 60°C, но можат да достигнат повисоки вредности во текот на летните месеци.
 - Нерамномерното загревање може да укаже на проблеми со поединечните ќелии во панелите (т.н. ефект на „жариште“).
- Мерење на интензитетот на сончевото зрачење:
 - Пиранометрите и соларните сензори се користат за мерење на количината на сончева енергија (W/m^2) што стигнува до панелите.
 - Очекуваниот интензитет на сончевото зрачење варира во зависност од географската локација, времето од денот и сезоната.
 - Односот помеѓу температурата на панелот и интензитетот на зрачењето може да помогне во проценката на загубите и оптимизирање на перформансите.

Системи за следење и оптимизирање на работата на фотонапонските електрани

Системите за следење на соларните фотонапонски електрани овозможуваат континуирано следење на перформансите, дијагностицирање на грешки и оптимизација на производството на енергија. Овие системи им обезбедуваат на корисниците податоци во реално време и овозможуваат подобра контрола врз работата на соларните панели и инверторите.

Компоненти на системот за следење

Соларните фотонапонски системи користат различни уреди за собирање и анализа на податоци:

- Сензори - мерат сончево зрачење, температура, влажност и електрични параметри на фотонапонски системи.
- Инвертори со функции за следење - конвертираат еднонасочна струја (DC) во наизменична струја (AC) и снимаат податоци за производство на енергија.
- Снимачи на податоци (data loggers) - снимаат и архивираат клучни податоци за работата на фотонапонските системи.
- Кориснички интерфејси - овозможуваат визуелизација на податоци преку мобилни апликации, веб-портали или централни контролни панели.

Технологии за оптимизација и безбедност

Напредните технологии овозможуваат не само мониторинг, туку и автоматизација и зголемување на ефикасноста на фотонапонските електрани. Клучните уреди вклучуваат:

- Контролери за следење на фотонапонски системи
 - Тие се поврзани со инвертори и сензори за следење на напонот, струјата и температурата.
 - Тие го оптимизираат работењето на системот во зависност од временските услови.
 - Тие откриваат дефекти и испраќаат алармни сигнали до операторите.
- Мрежни анализатори
 - Тие го следат квалитетот на испорачаната енергија и стабилноста на напојувањето со електричната мрежа.
 - Тие детектираат хармониски дисторзии, осцилации на напонот и пренапони.
 - Тие помагаат во оптимизирање на интеграцијата на соларниот фотонапонски систем во дистрибутивната мрежа.
- Снимачи на податоци и долгорочна анализа на податоци
 - Тие евидентираат историски податоци за работењето на фотонапонските системи.
 - Тие помагаат да се идентификуваат трендовите во деградацијата на панелите.
 - Тие овозможуваат напредна анализа на перформансите преку софтверски алатки.
 - Оптимизатори за мониторинг на панели и спречување на пожари
 - Оптички оптимизатори – анализираат инсолација, рефлексија и засенчување на панелите.
 - Електронски оптимизатори – мерат напон, струја и температура на панелот, идентификувајќи потенцијални проблеми.
 - Тие спречуваат пожари со откривање на прегревање и лоши електрични врски.
 - Тие автоматски ги исклучуваат проблематичните модули за да го заштитат системот.



Надзор и оптимизација на работата на соларните фотонапонски системи

Процес на прибирање и анализа на податоци

- Прибирање податоци – сензорите и инверторите мерат електрични и еколошки параметри.
- Пренос на податоци - податоците се испраќаат преку Wi-Fi, Zigbee, Bluetooth или жични врски.
- Складирање на податоци – снимачите на податоци складираат информации за подоцнежна анализа.
- Анализа на податоци – софтверот ги обработува податоците, открива аномалии и дава препораки.
- Визуелизација на резултатите - корисниците ја следат состојбата на системот и добиваат известувања преку апликации.

Видови системи за следење на фотонапонски електрани

- Системи за следење во реално време - овозможуваат моментален увид во состојбата на соларниот фотонапонски систем.
- Офлајн системи – локално зачувување на податоци за подоцнежна анализа.
- Интелигентни системи со автоматизација – користат машинско учење и напредна аналитика за предвидливо одржување.

Практични примери за примена

Контролери за следење на системот – На голема соларна фарма од 1MW, контролерот ја следи работата на инверторот и детектира пад на моќноста во една низа поради засенчување, испраќајќи аларм до операторите.

Мрежни анализатори - Во индустриски соларен фотонапонски систем, анализаторот детектира осцилации на напонот, овозможувајќи инверторот да се прилагоди за стабилизирање на испорачаната моќност.

Снимачи на податоци - На соларна електрана за домаќинства од 10 kW, долгорочната анализа покажува постепено намалување на ефикасноста од 5% годишно, што укажува на потребата од чистење на панелите.

Оптимизатори за заштита на системот – На покривот на комерцијална зграда, оптимизаторот го детектира прегревањето на еден панел и автоматски го исклучува модулот, спречувајќи дефект или пожар.

Економичност и економски придобивки

Инвестирањето во системи за следење и оптимизација на фотонапонски електрани носи долгорочни финансиски придобивки:

- Зголемена енергетска ефикасност - оптимизацијата на работата ги намалува загубите на енергија.
- Заштеда на сметките за електрична енергија - подобреното планирање на потрошувачката овозможува максимално искористување на произведената сончева енергија.
- Долгорочна одржливост на системот - превентивното одржување ги намалува трошоците за поправка и го продолжува животниот век на опремата.

Интеграцијата на напредни системи за следење и оптимизирање на фотонапонски електрани овозможува:

- Зголемена ефикасност и стабилност на работата.
- Намалување на дефектите преку рано откривање на проблемите.
- Далечинско управување и автоматска оптимизација на системот.

Комбинацијата од контролери, мрежни анализатори, снимачи на податоци и оптимизатори е клучна за долгорочната сигурност и безбедност на фотонапонските системи.

Употреба на софтверски системи за далечинско следење

Современите соларни системи користат напредни софтверски платформи за далечинско следење и анализа на перформансите на постројките. Овие системи овозможуваат постојано следење, навремени аларми во случај на отстапувања и генерирање извештаи за работата на системот.

- Основни функции на софтверските системи:
 - Автоматско собирање податоци од сензори и инвертори.
 - Детекција на отстапувања и генерирање на предупредувања.
 - Следење на историски податоци и анализа на перформансите.
 - Интеграција со метеоролошки податоци за предвидување на производството на енергија.
- Примери за софтверски решенија:
 - SCADA системи за индустриско следење на големи соларни електрани.
 - Веб и мобилни апликации од производители на инвертори (SMA, Huawei, Fronius, SolarEdge).
 - Платформи со отворен код како PVsyst за моделирање и анализа на податоци.

Предности на далечинското следење:

- Ја намалува потребата од физички инспекции и ги оптимизира трошоците за одржување.
- Овозможува рано откривање на проблеми и спречува загуби во производството.
- Овозможува детален увид во перформансите на системот и помага при донесување одлуки за подобрувања.

Примената на современи софтверски системи дополнително го олеснува следењето и ги намалува трошоците за одржување, правејќи ги соларните фотонапонски системи одржлив и сигурен извор на енергија.



ПРАКТИЧНА ВЕЖБА

Задача 1: Користење на онлајн софтвер за предвидување на производството на фотонапонски системи од 10 kW

Задача

Учениците ќе користат онлајн софтвер за предвидување на производство на енергија за да ја анализираат очекуваната годишна и месечна моќност на соларен фотонапонски систем од 10 kW на одредена локација. Исто така, ќе се симулира влијанието на различни фактори (наклон, ориентација, локација) врз производството на енергија и ќе се оптимизира системот.

Материјал и алатки

- Компјутери или таблети со пристап до интернет.
- Софтвер за онлајн предвидување (на пр. PVGIS, PVSyst, SAM, HOMER Energy).
- Спецификации на соларниот фотонапонски систем од 10 kW:
 - 25 панели, по 400 W секој,
 - Моќност на инвертер 10 kW,
 - Стандардна фиксна конструкција.
- Мапа на сончевото зрачење за избрани региони.

Постапка

1. Внесување локација – Учениците внесуваат географски координати (град/држава) во софтверот.
2. Дефинирање на параметрите на соларниот фотонапонски систем:
 - Вкупна моќност: 10 kW.
 - Наклон на панелот: 30° (стандардна оптимизација за средни географски широчини).
 - Ориентација: Југ (180°).
 - Коефициент на загуба: 15% (кабли, нечистотија, температура).
3. Спроведување на симулацијата – Софтверот го пресметува очекуваното месечно и годишно производство на енергија.
4. Анализа на резултатите:
 - Споредете го производството во различни месеци.
 - Проценете како годишното време влијае на производството.
 - Споредете ги резултатите за различни локации (на пр. крајбрежен регион наспроти планински регион).



ПРАКТИЧНА ВЕЖБА

5. Оптимизација на системот:

- Симулирајте промена на наклонот на панелот (15° , 45°) и анализирајте го ударот.
- Променете ја ориентацијата (југоисток, југозапад) и споредете ги резултатите.
- Анализирајте како засенчувањето или нечистотијата го намалуваат производството.

Евалуација и дискусија:

- Која конфигурација дава најдобро производство?
- Како географската локација и климата влијаат врз ефикасноста на соларниот фотонапонски систем?
- Како софтверот помага во реалното планирање на соларните електрани?

Конечна проверка

- Студентите ги споредуваат добиените резултати со теоретските очекувања.
- Тие дискутираат како различни фактори можат да влијаат врз перформансите на еден сончев фотонапонски систем.
- Тие извлекуваат заклучоци за оптималните параметри за одредена локација.

7.3. Превентивно одржување и дијагностика

Превентивното одржување на соларните фотонапонски системи е клучно за зачувување на нивната ефикасност, продолжување на животниот век на системот и спречување на непланирани дефекти. Редовната инспекција и дијагностика овозможуваат рано откривање на проблеми и оптимизација на работата на сите компоненти. Овој процес вклучува визуелна инспекција на системот, чистење на соларните панели и другите компоненти и тестирање на клучните електрични споеви и заштитни уреди.

Визуелен преглед на елементите на соларен фотонапонски систем

Визуелната инспекција е првиот и основен чекор во превентивното одржување. Со неа се проверува состојбата на сите клучни компоненти на системот, а посебно внимание се посветува на седечките елементи:

- Носечка конструкција - Проверете ја стабилноста и интегритетот на конструкцијата, присуството на корозија, оштетувања или лабави споеви. Доколку се забележат лабави завртки или деформации, се врши дополнително затегнување и прилагодување.
- Фотонапонски панели - Се испитува физичката состојба на панелите, вклучувајќи ја појавата на пукнатини, гребнатини, раслојување или заматување на заштитниот слој. Исто така, се проверува присуството на нечистотија, лисја, птици и инсекти што можат да ја намалат ефикасноста.
- Кабли и конектори – Се проверува изолацијата на кабелот, состојбата на MC4 конекторите и заштитните цевки. Оштетените кабли или лабавите спојки може да доведат до загуби на енергија и претставуваат ризик за безбедноста.
- Контролер за полнење и систем на батерии – Проверува дали батериите се правилно поврзани и дали нема знаци на истекување на електролит, корозија или прегревање. Исто така, се проверуваат индикаторските светла и функционалноста на заштитните кола.
- Инвертер - Се проверува физичката состојба на инвертерот, присуството на необични звуци, прегревањето, како и исправноста на отворите за вентилација.
- Електрични инсталации - Сите приклучоци, осигурувачи и прекинувачи се проверуваат за да се осигура дека нема знаци на прегревање, оксидација или лабави приклучоци.
- Инсталација на заземјување - Се проверува дали уредите за заземјување и водовите за заземјување се во добра состојба и дали има оштетувања на приклучоците.
- Инсталација на громобрански одводници - Проверка на интегритетот на громобранските одводници, поврзувачките водови и терминалите за да се осигури дека системот обезбедува соодветна заштита од удари од гром.

Миење и чистење на соларни панели и други компоненти

Слоевите нечистотија и прашина можат значително да го намалат производството на електрична енергија од фотонапонските панели. Редовното чистење на панелот и останатите делови од системот обезбедува оптимални перформанси.

Чистење на соларни панели:

- Користете чиста вода или специјални средства за чистење на панели кои не содржат абразивни состојки.
- За отстранување на тврдокорната нечистотија се користат меки четки и сунѓери, а притоа треба да се избегнуваат уреди со висок притисок за да се спречи оштетување на површината.
- Чистењето се врши наутро или навечер кога панелите се ладни, со цел да се избегне термички шок и пукање на стаклените површини.

**ВИДЕО**

Постапка за чистење на фотонапонски

панели: <https://www.instagram.com/smarthome.co.me/reel/C4fjybxlrch/>

Постапка за чистење на фотонапонски

панели: https://www.youtube.com/watch?v=Q6_bFdkuhOk

Чистење на други компоненти:

- Носечка конструкција – Отстранување на прашина, лисја и остатоци од инсекти што можат да ја нарушат стабилноста или да предизвикаат корозија.
- Конектори и споеви – Се проверува чистотата на конекторите и споевите за да се спречи оксидација и да се обезбеди добар контакт.
- Кабли - Се проверува дали каблите се покриени со прашина, кал или инсекти што можат да ја нарушат изолацијата.
- Отвори за вентилација на инверторот – Треба да се исчистени за да се спречи прегревање и да се обезбеди непречено работење.
- Куќиште на батерискиот систем - Отстранување на прашината и остатоците за да се спречи прегревање и да се продолжи животниот век на батеријата.
- Заземјувачки контакти и громобрански проводници – Проверете дали поврзувањата се чисти и во добар контакт за да се осигурате дека функционираат.

Други превентивни работи на компоненти на соларните фотонапонски системи

Покрај визуелната инспекција и чистењето, превентивното одржување вклучува низа интервенции кои помагаат да се зачува стабилноста и ефикасноста на системот.

- Прилагодување на позициите на соларните панели - Доколку системот користи механички носачи со променлив агол на наклон, периодичното прилагодување го оптимизира производството на енергија во текот на целата година.
- Замена на амортизирани или истрошени делови - Доколку се пронајдат истрошени стеги, кородирани завртки или истрошени конектори, потребно е да се заменат.
- Калибрација на сензори и мерни уреди – Сензорите што го мерат интензитетот на сончевото зрачење, температурата на панелите или електричните параметри мора прецизно да се прилагодат за да обезбедат точни податоци.

- Контрола на стабилноста и затегнувањето на споевите на носечката конструкција - Со текот на времето, поради временските услови и вибрациите, споевите на конструкцијата можат да се олабават, па затоа е потребно периодично да се проверуваат и затегнуваат споевите.
- Заменете ги оштетените конектори и кабли – Секое механичко оштетување на каблите или конекторите може да предизвика прекин на системот или електрични проблеми.
- Мерење на отпорот на заземјувањето - Со помош на мерни инструменти се проверува ефикасноста на заземјувањето и се прават корекции доколку е потребно.
- Тестирање на функционалноста на заштитните прекинувачи и осигурувачи - Исправноста на заштитните уреди е клучна за спречување на дефекти и обезбедување на безбедност на системот.
- Тестирање на заземјување и заштитни уреди – Тестирањето на заземјувањето вклучува мерење на отпорот на земјата со помош на специјализирана мерна опрема. Ова обезбедува ефикасна заштита од електрични удари и пренапони.
- Проверка на електрични инсталации и точки на поврзување - Покрај проверката на видливите елементи на системот, потребно е редовно да се проверува исправноста на електричните инсталации. Оваа проверка вклучува проверка на точките на поврзување со соларните панели, разводните ормари и инверторите.

Еден од клучните чекори во превентивното одржување е тестирање на системот под оптоварување. Ова вклучува симулирање на различни нивоа на потрошувачка на електрична енергија за да се провери стабилноста на напонот и одговорот на системот на зголемените барања. Овие тестови помагаат да се идентификуваат потенцијалните слаби точки во системот.

Анализирањето на податоците за перформансите на системот овозможува предвидување на потенцијални дефекти и проблеми пред тие всушност да се појават. Софтверските алатки овозможуваат следење на перформансите на системот, споредба со историските податоци и откривање на невообичаени осцилации во производството на енергија. Овие податоци се клучни за долгорочна оптимизација на работата на соларните фотонапонски електрани.

Редовните визуелни инспекции, чистењето и замената на оштетените елементи ја намалуваат можноста за дефекти и го оптимизираат работењето на соларниот фотонапонски систем. Со користење на современи алатки за дијагностика и контрола на системот, можно е да се спречат потенцијални проблеми и да се продолжи животниот век на клучните компоненти.



ПРАКТИЧНА ВЕЖБА

Задача 1: Визуелна инспекција и чистење на соларните панели и компонентите на системот

Извршете визуелна инспекција и чистење на соларните панели, кабли, конектори и други компоненти на соларниот фотонапонски систем. Преку оваа задача, ќе научите како да ги препознавате потенцијалните проблеми, да ја проценувате состојбата на системот и правилно да ги чистите панелите и останатите елементи за да обезбедите нивна долготрајност и оптимална ефикасност.

Материјал и алатки:

- Заштитни ракавици и очила;
- Мека четка или сунѓер;
- Дестилирана вода и благ детергент;
- Крпи од микрофибер;
- Систем за прскање вода или испирање;
- Инспекциско огледало;
- Инфрацрвена камера (опционално);
- Рачен мултиметар за основна проверка на поврзување

Постапка:

1. Извршете визуелна инспекција на соларните панели
 - Проверете ја површината на панелот за пукнатини, гребнатини и знаци на оштетување.
 - Проверете дали има наслаги од нечистотија, лисја, птичји измет или други нечистотии.
2. Проверете ги механичките и електричните врски
 - Проверете ги елементите за прицврстување на потпорите на панелот и осигурувачите на спојките.
 - Проверете ги каблите и конекторите за знаци на прегревавање, оксидација или лабави врски.
3. Чистење на соларни панели и држачи
 - Користете мека четка и благ детергент со дестилирана вода за да ги отстраните нечистотиите.
 - Панелите се мијат со кружни движења, без преголем притисок со цел да се спречи оштетување на површината.
 - По чистењето, исплакнете ги со вода и оставете ги да се исушат природно.
4. Исчистете ги конекторите, каблите и електричните компоненти
 - Избришете ја прашината на каблите и конекторите со сува крпа.
 - Проверете ги конекторите за знаци на корозија и доколку е потребно, исчистете ги со специјално средство за контактни споеви.



ПРАКТИЧНА ВЕЖБА

5. Тестирајте го системот по чистењето

- Повторно извршете визуелна инспекција за да потврдите дека сите врски се на место.
- Користете мултиметар за да го измерите напонот и струјата на системот пред и по чистењето и споредете ги резултатите.

Конечна проверка:

- Проверете дали сите панели се чисти и дали нема преостанати нечистотии.
- Документирајте ги сите неправилности и штети за да можат да се преземат соодветни мерки.
- Споредете ги работните параметри пред и по чистењето и евидентирајте ги сите промени во ефикасноста на системот.



ПРАКТИЧНА ВЕЖБА

Задача 2: Тестирање на заземјување и заштитни уреди

Проверете го системот за заземјување и тестирајте ги заштитните уреди на соларниот фотонапонски систем. Преку оваа задача, ќе научите како да користите соодветни инструменти за мерење на отпорот на заземјувањето, проверка на заштитните осигурувачи и прекинувачи и обезбедување на правилно функционирање на заштитните механизми на системот.

Материјал и алатки:

- Мерач на отпор на заземјување;
- Мултиметар;
- Изолирани клешти и шрафцигер;
- Стеги и елементи за поврзување;
- Заштитна опрема (ракавици, очила).

Постапка:

1. Проверете го системот за заземјување

- Визуелно проверете го заземјувањето и поврзаните кабли.
- Проверете ги стегите и врските за да бидете сигурни дека се цврсто затегнати.

2. Измерете го отпорот на Земјата.

- Поврзете го мерачот на отпор на заземјување со системските точки.
- Споредете ги измерените вредности со стандардните граници (обично под 10 Ω).
- Доколку отпорот е превисок, идентификувајте ја причината и преземете корективни мерки (на пр. дополнителни заземјувачки уреди или замена на оштетените споеви).

3. Тестирање на прекинувачи и осигурувачи

- Проверете дали прекинувачите работат правилно со симулирање на краток спој.
- Проверете ги автоматските осигурувачи и нивните реакции на преоптоварување.
- Запишете ги сите дефекти и предложете решенија.

4. Повторно поврзување и конечно тестирање

- По сите проверки, проверете дали сите врски се цврсто затегнати.
- Извршете конечно тестирање на системот и споредете ги резултатите со претходните мерења.

Конечна проверка:

- Осигурајте се дека сите делови од системот за заземјување се во добра состојба.
- Проверете дали прекинувачите и осигурувачите работеле правилно за време на тестот.
- Документирајте ги резултатите и споредете ги со реперни вредности за да се обезбеди безбедноста на системот.

7.4. Интервенции и решавање проблеми

Корективното одржување на соларните фотонапонски системи вклучува откривање, дијагностицирање и поправка на дефекти со цел да се обезбеди континуирано и безбедно работење на системот. Навремената интервенција и замена на оштетените компоненти се клучни фактори за минимизирање на застојот и зачувување на ефикасноста на системот. Во овој сегмент, ќе го опфатиме процесот на идентификација на дефекти, потребните корективни мерки, безбедносните мерки и процедурите по поправката.

Одредување на местото и видот на дефект на соларните фотонапонски системи

Првиот чекор во корективното одржување е правилно да се идентификува проблемот. Дефектите може да се манифестираат преку пад на перформансите на системот, прекини во работењето, неисправни сигнали од заштитните уреди или аномалии во електричните параметри.

Најчестите дефекти вклучуваат:

- Проблеми со фотонапонски панели - кршење на стакло, раслојување, ефекти на жаришта.
- Оштетување на каблите и конекторите - изгорени или стопени конектори, прекини на водовите.
- Дефект на инверторот - прегревање, грешки во тековната конверзија.
- Проблеми со заштитните уреди - откажување на осигурувачи, прекинувачи или заземјување.
- Недостаток на комуникација со системот за следење - грешки во софтверското следење на параметрите.

Одредувањето на локацијата и видот на дефектот вклучува:

- Мониторинг на алармните сигнали и работните параметри - многу модерни соларни системи имаат вградени софтверски аларми кои сигнализираат за оперативни дефекти (пад на напон, нестабилно работење на инверторот, откажување на заштитните кола, итн.).
- Визуелна инспекција - се проверува физичката состојба на панелите, каблите, конекторите и другите компоненти, барајќи знаци на оштетување, корозија, прегревање или неисправни врски.
- Термографско тестирање – користење на термални камери за откривање на жаришта на соларните панели и конекторите, што може да укаже на лоши споеви или оштетени ќелии.
- Мерење на електрични параметри - со помош на мултиметар и амперметар со клешта.
- Напонот, струјата и отпорот се проверуваат на различни точки во системот за да се откријат можни проблеми со точките на поврзување или неисправни компоненти.
- Проверка на заштитните и безбедносните кола - осигурувачите и прекинувачите се тестираат за да се утврди дали реагирале правилно во случај на краток спој или преоптоварување.

Испорака на потребни делови, опрема, материјали и алатки за извршување на корективни работи за одржување

По дијагнозата, потребно е да се подготват соодветните компоненти и алатки за да се отстрани дефектот што е можно побрзо. Подготовката вклучува:

- Идентификација на потребни резервни делови - на пр. нови соларни панели, кабли, инвертори, осигурувачи.
- Избор на вистински алатки - изолирани алатки за електрични работи, клешти, шрафцигери, тестер на напон.
- Обезбедување на заштитна опрема – заштитни ракавици, заштитни очила, заштитни појаси (за работа на висина).

- Достава на материјали до локацијата - организација на транспорт со цел извршување на работите во најкраток можен рок.

Примена на безбедносни мерки и заштитни средства и опрема за извршување на корективни работи за одржување

Пред каква било интервенција, потребно е да се обезбеди безбедна работна средина. Примената на соодветни безбедносни мерки го минимизира ризикот од електричен удар, механички повреди и пожар.

Основните безбедносни мерки вклучуваат:

- Исклучување на системот пред интервенција - целосно исклучување на АС и DC напонот од системот.
- Проверка на напонот пред да започнете со работа - мерење на напонот на клучните точки со мултиметар.
- Употреба на изолирани алатки - сите алатки мора да имаат заштита од висок напон.
- Заштита од електричен удар - употреба на заштитни ракавици, суви обувки и стоење на изолациски површини.
- Обезбедување на стабилност на работната платформа - при работа на покривот, употребата на безбедносни појаси е задолжителна.
- Противпожарна заштита - обезбедување достапност на противпожарна опрема (CO2 апарат за гасење пожар).

Специфични безбедносни мерки при поправка на разни дефекти:

- При поправка на инверторот - проверете дали е исклучен од мрежата и проверете ги кондензаторите.
- При замена на панели - користете ги точните методи за ракување со стаклени површини.
- При замена на кабли - обезбедете правилно поврзување во согласност со техничките стандарди.

Процес на расклопување на неисправни елементи и склопување на нов елемент

По спроведувањето на безбедносните мерки, се презема физичко отстранување на неисправната компонента и инсталирање на нова. Процесот варира во зависност од видот на дефектот и компонентата што се заменува.

Постапка за замена на оштетените соларни панели:

- Исклучете го фотонапонскиот систем од системот и осигурајте се дека не тече струја.
- Отстранете ги елементите за прицврстување и внимателно расклопете го неисправниот панел.
- Поставете го новиот панел и прицврстете го со соодветните завртки.
- Поврзете го панелот користејќи го MC4 конекторот и проверете го поларитетот.
- Тестирајте го напонот на панелот пред да го вратите во системот.

Постапка за поправка на кабелски линии и конектори:

- Идентификувајте скршен или оштетен кабел со помош на тестер за континуитет.
- Исклучете го напојувањето и изолирајте го делот од кабелот што се поправа.
- Отстранете го оштетениот сегмент од кабелот и подгответе ги новите краеви со клешти.
- Поврзете го новиот кабел користејќи ги соодветните конектори и изолирајте ги спојките.
- Пред повторно вклучување, проверете го напонот и континуитетот.

Постапка за замена на инверторот:

- Исклучете го инверторот и проверете дали нема преостанат напон.
- Ослободете ги AC и DC конекторите, а потоа внимателно извадете го уредот од држачот.
- Инсталирајте го новиот инвертер и прицврстете го на потпорната конструкција.
- Поврзете ги AC и DC каблите според техничките спецификации.
- Извршете го тестот и проверете ги излезните параметри.

Пуштање во употреба на заменет или поправен елемент по корективно одржување

По санирањето на дефектот и инсталирањето на нови компоненти, системот постепено се враќа во функција со серија контролни тестови.

Чекорите за пуштање во употреба вклучуваат:

- Проверка на исправноста на сите врски - физичка инспекција на точките за поврзување.
- Мерење на напон и струја – проверка дали електричните параметри се во рамките на прифатливите граници.
- Тестирање на инвертер - проверка на конверзијата на еднонасочна струја во наизменична струја без грешки.
- Проверка на заштитните уреди - осигурување дека сите осигурувачи и прекинувачи се функционални.
- Мониторинг на системот во првите неколку часа од работењето - читање на податоци со користење на софтверски алатки.

Изготвување на протоколи за завршени корективни работи

Секоја интервенција на соларна фотонапонска електрана мора да се евидентира. Документацијата за корективно одржување служи како основа за идна анализа и подобрување на системот. Документацијата на интервенциите вклучува:

- Евидентирање на извршени поправки - внесување податоци за заменети делови, идентификувани проблеми и применети методи за поправка.
- Анализа на причината за дефектот - разгледување на факторите што доведоа до проблемот со цел преземање превентивни мерки во иднина (на пр. лош квалитет на компонентите, неповолни временски услови, преоптоварување на системот, итн.).
- Предлагање превентивни мерки - доколку се утврди дека дефектот е резултат на лошо одржување или неправилна инсталација, потребно е да се предложат промени и корективни мерки за да се спречи повторна појава на истиот проблем.

Електронските записи за интервенциите може да се користат за долгорочно следење на перформансите на системот и оптимизирање на одржувањето.



ПРАКТИЧНА ВЕЖБА

Задача 1: Дијагностика и поправка на дефекти во соларните фотонапонски системи

Идентификувајте ги и поправете ги дефектите во соларниот фотонапонски систем користејќи ги достапните дијагностички алатки. Преку оваа вежба, ќе ги стекнете вештините за визуелна инспекција, мерење на клучните параметри и замена на оштетените компоненти.

Материјал и алатки:

- Мултиметар и амперметар со клешта;
- Термографска камера;
- Тестер за континуитет;
- Комплет изолирани алатки (шрафцигери, клешти, клуч за MC4 конектори);
- Замена и (осигурувачи, кабли, конектори);
- Заштитна опрема (ракавици, очила, безбедносен појас).

Постапка:

1. Визуелна инспекција на системот

- Проверете ги фотонапонските панели и забележете ги сите физички оштетувања (пукнатини, раслојување).
- Проверете ја состојбата на каблите и конекторите - побарајте знаци на прегревање, степени споеви или корозија.
- Проверете го инверторот, системот на батерии и заштитните уреди за дефекти или индикатори за неисправност.

2. Мерење на електрични параметри

- Користете мултиметар за да го измерите напонот на излезот на соларните панели.
- Користете амперметар со стегач за да ја измерите струјата во системот и да потврдите дека е во рамките на очекуваните граници.
- Идентификувајте ги можните „жаришта“ на панелите или лошите контакти со термографска инспекција.

3. Поправка на дефектот

- Ако се открие неисправен кабел или конектор, исклучете го напојувањето и заменете го оштетениот дел.
- Во случај на неисправен осигурувач, заменете го со соодветен според спецификацијата на системот.
- Проверете ги сите точки на поврзување и затегнете ги лабавите споеви.

4. Тестирање по поправка

- Повторно измерете и потврдете дека системот работи во рамките на нормалните параметри.
- Следете го работењето на системот неколку минути за да се уверите дека нема нови неправилности.

Конечна проверка:

- Споредете ги измерените вредности пред и по рехабилитацијата.
- Проверете дали дефектот е целосно отстранет и заведете ја интервенцијата.
- Направете краток извештај за извршената дијагностика и санација.



ПРАКТИЧНА ВЕЖБА

Задача 2: Замена на неисправен фотонапонски панел

Демонтирајте го и заменете го неисправниот соларен панел во системот, со правилно поврзување и тестирање на функционалноста.

Материјал и алатки:

- Нов соларен панел со соодветни спецификации,
- Клуч за MC4 конектори,
- Комплет изолирани алатки (шрафцигери, клешти),
- Мултиметар за проверка на напон,
- Заштитна опрема (ракавици, очила, безбедносен појас).

Постапка:

1. Подготовка за замена

- Исклучете го системот и осигурајте се дека нема напон во струјното коло што ќе го сервисирате.
- Проверете ја техничката документација за да ги утврдите спецификациите на заменската табла.

2. Демонтирање на неисправниот панел

- Исклучете го панелот од сериската/паралелната врска користејќи го MC4 конекторот.
- Внимателно отстранете ги прицврстувачите на држачот и ослободете го панелот.
- Проверете ги контактите и проверете дали се соодветни за повторна употреба.

3. Инсталација на нов панел

- Поставете го новиот панел на држачот и прицврстете го со соодветните завртки.
- Поврзете го со другите панели користејќи MC4 конектори, обрнувајќи внимание на поларитетот.
- Проверете ги сите врски за да обезбедите безбеден и стабилен контакт.

4. Тестирање на системот

- Измерете го излезниот напон со мултиметар и споредете го со очекуваните вредности.
- Вклучете го системот и следете ја работата неколку минути за да обезбедите стабилност.

Конечна проверка:

- Проверете ја физичката стабилност на монтираниот панел и осигурајте се дека е правилно прицврстен.
- Проверете дали системот функционира според предвидените параметри.
- Документирајте ја извршената интервенција со податоци за заменетата компонента и резултатот од тестот.

7.5. Сезонски и долгорочни системски подготовки

Сезонските и долгорочните подготовки на соларните фотонапонски електрани се клучни за одржување на ефикасноста и сигурноста на системот. Редовните проверки и оптимизацијата на компонентите овозможуваат стабилно работење, ги намалуваат дефектите и го продолжуваат животниот век на системот.

- Подготовка за сезонски промени

Соларните електрани се изложени на различни временски услови, што бара адаптација на системот:

- Зимски услови - Проверка на стабилноста на конструкцијата, обезбедување соодветен наклон на панелите за чистење снег и проверка на капацитетот на батеријата.
- Летни услови - Обезбедување вентилација на инверторот и редовно чистење на панелот од прашина и полен.
- Невреме - Проверка на исправноста на громобранската заштита и обезбедување на сврзувачките елементи на конструкцијата.

Ревизија и оптимизација на системот

- Инспекција на панели и потпори - Идентификација на оштетувања и појави како што се ефекти на жаришта.
- Проверка на електрични инсталации - Проверка на кабли, конектори, заземјување и заштитни уреди.
- Калибрација на сензори и мерни уреди - Обезбедување на точност на податоците за навремена дијагностика.
- Тестирање на заштитни системи - Симулација на оптоварување за проверка на исправноста на осигурувачите и прекинувачите.

Долгорочно одржување и модернизација

- Замена на критични компоненти – Навремена замена на батерии, инвертори и осигурувачи за да се избегнат дефекти.
- Модернизација на системот – постепена замена на постарите компоненти со поефикасни технологии.
- Оптимизација на софтверски решенија - Ажурирање на системот за далечинско следење и автоматско дијагностицирање на грешки.

Соодветното одржување на техничката документација овозможува следење на перформансите и планирање на идните интервенции. Преку редовни инспекции, тестирање, оптимизација и модернизација, се обезбедува стабилно работење на системот во сите временски услови. Соодветното планирање и следење на перформансите овозможува навремено санирање на проблемите, со што се намалуваат трошоците за одржување и се зголемува целокупната ефикасност на сончевата електрана. Врз основа на евидентирани податоци, експертите за одржување предлагаат подобрувања во работењето на системот, оптимизација на потрошувачката и можности за подобрување на системот преку нови технологии и подобрени методи на одржување.



КВИЗ

Квиз 11: Погон и одржување на инсталација на соларни фотонапонски електрани:

<https://forms.office.com/e/Y4DvWyr6Gg>.

7.6. Финансиски аспект на соларниот фотонапонски систем

Инвестирањето во фотонапонски систем носи долгорочни финансиски придобивки, но бара внимателна анализа на трошоците и повратот на инвестицијата. Разгледувањето на оперативните трошоци, периодот на поврат на инвестицијата и потенцијалниот приход се клучни за донесување правилна инвестициска одлука.

Оперативни трошоци

Оперативните трошоци на соларните фотонапонски системи вклучуваат:

- Трошоци за одржување и поправка – Редовно чистење на панелите, замена на инверторот по 10-15 години, проверка на каблите и конекторите.
- Трошоци за следење и управување со системот – софтверски алатки за следење на системот, далечинско следење на перформансите, периодична инспекција.
- Трошоци за осигурување и лиценцирање – Осигурување од штети и природни катастрофи, дозволи за поврзување со мрежата.

Поврат на инвестицијата (ROI) и период на враќање на инвестицијата

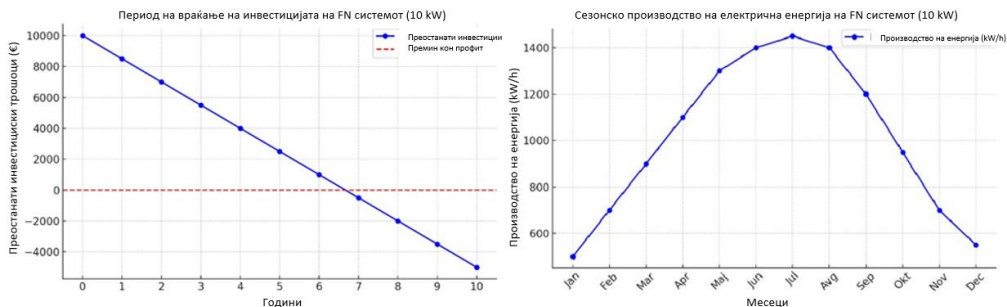
Пример за детална пресметка на трошоците за инсталација на домашен соларен фотонапонски систем од 10 kW (цените може да варираат во зависност од компанијата што ја извршува работата)

Почетна инвестиција:

- Соларни панели (25 панели x 400 W) – 4.500 евра;
- Инвертер (10 kW, хибриден) – 2.000 евра;
- Монтажа и изградба – 1.500 евра;
- Електрична инсталација (кабли, конектори, осигурувачи, заземјување) – 1.000 евра;
- Проектна документација и дозволи – 500 евра;
- Вкупна инвестиција: 10.000 евра.

Годишни заштеди и приход:

- Годишно производство на енергија: ~11.000 kWh,
- Годишни заштеди на сметки за струја: 1.500 - 2.000 евра,
- Продажба на вишок енергија на мрежата (доколку е овозможено): 200 - 500 евра годишно.



Период на поврат на инвестицијата во соларен фотонапонски систем

Графикон на сезонско производство на енергија од фотонапонскиот систем

Таканаречените *half-cut* ќелии обезбедуваат подобра ефикасност и поголема отпорност на засенчување, што ги прави поекономични за инсталации во урбани средини или локации со можно делумно засенчување. Сепак, нивната почетна цена е нешто повисока, па економскиот избор зависи од буџетот на инвеститорот и локацијата на системот.

По периодот на поврат на инвестицијата, соларниот фотонапонски систем продолжува да генерира заштеди и приходи, додека оперативните трошоци остануваат ниски (во просек 100-200 евра годишно за одржување и осигурување).

- Повратот на инвестицијата (ROI) се пресметува како однос на остварениот приход и заштедите во однос на почетните инвестициски трошоци.
- Пресметката на периодот на поврат на инвестицијата вклучува анализа на трошоците за инсталација, очекуваните годишни заштеди и дополнителниот приход.
- Типичниот период на отплата се движи помеѓу 5 и 10 години, во зависност од субвенциите, цената на електричната енергија и локацијата на електраната.

Финансиски придобивки

- Заштеда на сметките за електрична енергија - соларните фотонапонски системи значително ги намалуваат трошоците за електрична енергија, особено за потрошувачите со голема дневна потрошувачка.
- Профит од продажба на вишок енергија на мрежата - Во зависност од системот за фактурирање (нето мерење, повластена тарифа), произведената вишок енергија може да се продаде на дистрибутерот.

Анализа на паричниот тек и животниот циклус на соларен фотонапонски систем

- Анализата на паричниот тек во животниот циклус вклучува предвидување на приходите и расходите во текот на 25-30 години од работењето на системот.
- Годишната прогноза за приходите и расходите ги вклучува оперативните трошоци, амортизацијата и очекуваниот приход.

Финансиската одржливост на соларниот фотонапонски систем зависи од оперативните трошоци, повратот на инвестицијата и потенцијалните заштеди. Долгорочната анализа на паричниот тек покажува дека соларните фотонапонски системи обезбедуваат стабилен приход и значителни заштеди во текот на нивниот животен век.

8. ЗАКЛУЧОК И ПРЕПОРАКИ

Инсталацијата и одржувањето на соларни фотонапонски системи претставуваат клучен сегмент во развојот на одржливи енергетски системи и преминот кон обновливи извори на енергија. Овој прирачник ги обезбедува потребните теоретски и практични знаења што се неопходни за безбедно и ефикасно извршување на работата во соларните фотонапонски системи.

Преку детални тематски единици, корисниците се запознаваат со основните принципи на работа на соларните фотонапонски системи, компонентите на системот, изведбата на електричните инсталации, заштитните мерки, како и процесите на пуштање во работа, следење и одржување. Посебен акцент се става на практичните вежби што им овозможуваат на учесниците да ги применат стекнатите теоретски знаења во реални работни услови.

Сигурноста и долговечноста на соларните фотонапонски системи директно зависат од квалитетот на инсталацијата, правилното одржување и навременото реагирање на евентуални дефекти. Затоа, прирачникот ги опфаќа клучните методи на превентивно и корективно одржување, заедно со упатства за откривање и поправка на дефекти. Исто така, особено беше нагласена важноста на безбедноста при работа, правилното ракување со опремата и примената на безбедносните стандарди во секојдневната работа.

Глобалниот тренд на пораст на соларната енергија и зголемената потреба од квалификувана работна сила во овој сектор нудат одлични можности за професионален развој и вработување. Сè поголем број земји инвестираат во соларни електрани, како за децентрализирано производство на енергија, така и за големи мрежни системи, што отвора можности за работа во динамичниот и ветувачки сектор на обновливи извори на енергија.

Квалитетно образование и континуирана професионална обука се неопходни за унапредување на соларната индустрија и подобрување на енергетската ефикасност на системот. Оттаму, се препорачува понатамошно надградување на знаењето преку специјализирани курсеви, следење на иновациите во областа на фотонапонските технологии и усвојување нови технолошки решенија што можат да го оптимизираат работењето на соларните фотонапонски системи.

Овој прирачник не само што дава основа за разбирање и практична примена на соларните фотонапонски системи, туку ги охрабрува и корисниците да продолжат со истражување, да развиваат професионални вештини и активно да учествуваат во развојот на одржливи енергетски системи. Неговата примена ќе придонесе за побезбедно, поефикасно и еколошки прифатливо користење на сончевата енергија, со што ќе се обезбеди енергетска стабилност и заштита на животната средина.

Се надеваме дека овој материјал ќе послужи како основа за успешна примена на стекнатите знаења и вештини и ќе придонесе за понатамошен развој на обновливите извори на енергија во иднина.

Литература и користени извори

- Archer, M. D., & Green, M. A. (2003). Clean Electricity from Photovoltaics. Imperial College Press.
- Barac, K., Radić, L. (2006). Bezbednost i zdravlje pri radu na elektroenergetskim objektima sa osvrtom na evropske norme. EDB, Beograd.
- Čalasan, M., Čalasan B. (2013). Električne instalacije i osvetljenja. Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Podgorica.
- 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.
- International Energy Agency (IEA). World Energy Outlook Special Report on Renewables, Paris, France, 2021.
- Janković, S. (2019). Elektroenergetski sistemi i obnovljivi izvori. Univerzitet u Beogradu.
- Kalogirou, S. (2009). Solar Energy Engineering: Processes and Systems. Academic Press.
- Lekić, M. (2017). Obnovljivi izvori energije. Univerzitet Crne Gore.
- Lovins, A. B. (2011). Reinventing Fire: Bold Business Solutions for the New Energy Era. Chelsea Green Publishing.
- Markvart, T. (2000). Solar Electricity. John Wiley & Sons.
- Messenger, R. A., & Ventre, J. (2010). Photovoltaic Systems Engineering. CRC Press.
- Milovanović, Z. (2021). Tehnička regulativa u elektroenergetici. Građevinski fakultet, Beograd.
- Norton, B. (2006). Solar Energy Thermal Technology. Springer.
- Occupational Safety and Health Administration (OSHA). (2019). Guidelines for Solar Energy Workers - Safety and Best Practices.
- Quaschnig, V. (2016). Understanding Renewable Energy Systems. Earthscan.
- Sauer, D. U. (2003). Solar Photovoltaic Basics. Springer.
- Stevanović, V. (2021). Solarne elektrane – projektovanje i implementacija. Akademska knjiga, Novi Sad.
- Škuletić, S., Sekulić, Z. (2019). Proizvodnja električne energije. Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Podgorica.

Организации и извори за стандардизација

Меѓународна агенција за обновливи извори на енергија (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

Сајтови од кои се преземени сликите

Wikimedia Commons – www.commonswikimedia.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/>

Линкови за користени видео материјали

<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=HqCVgRbPQcg>

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=AHn8zomu](https://www.google.com/search?scaesv=96ee89d9f9e65c74&sxsrf=AHn8zomu)

[22UrhTFCKBuwKTOxQHgOaKcyQ:1740002101282&](https://www.google.com/search?q=22UrhTFCKBuwKTOxQHgOaKcyQ: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>



