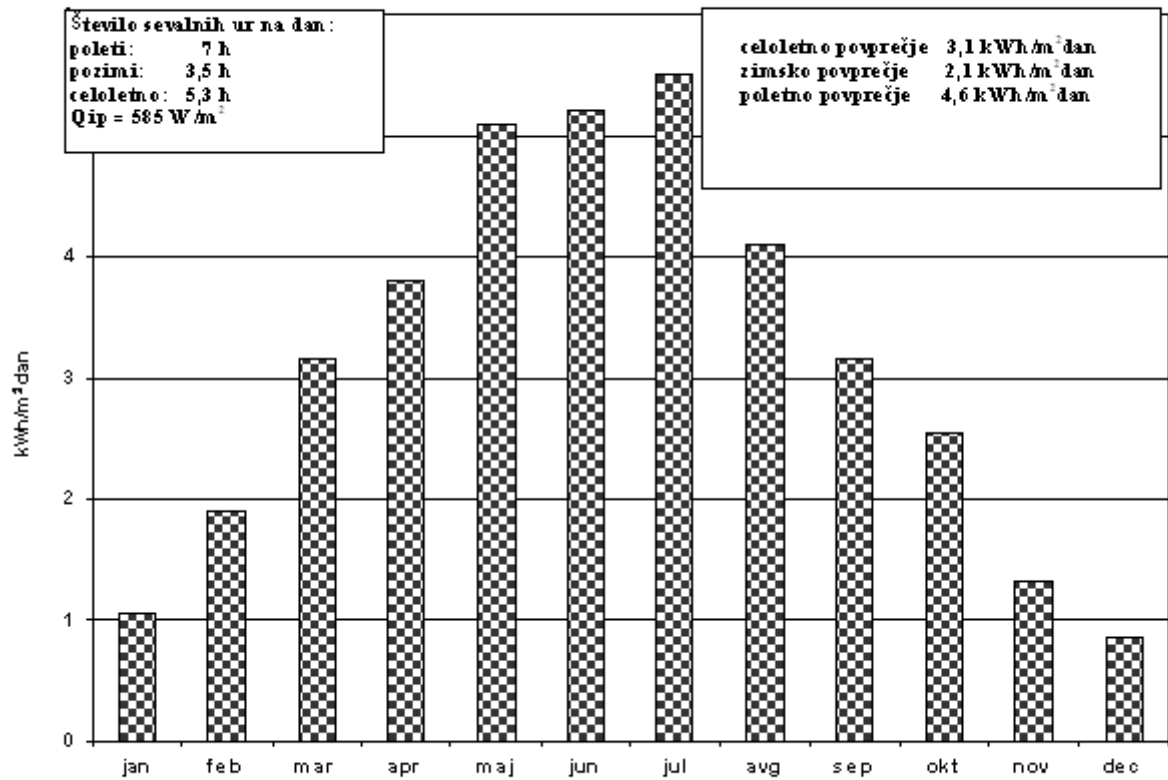
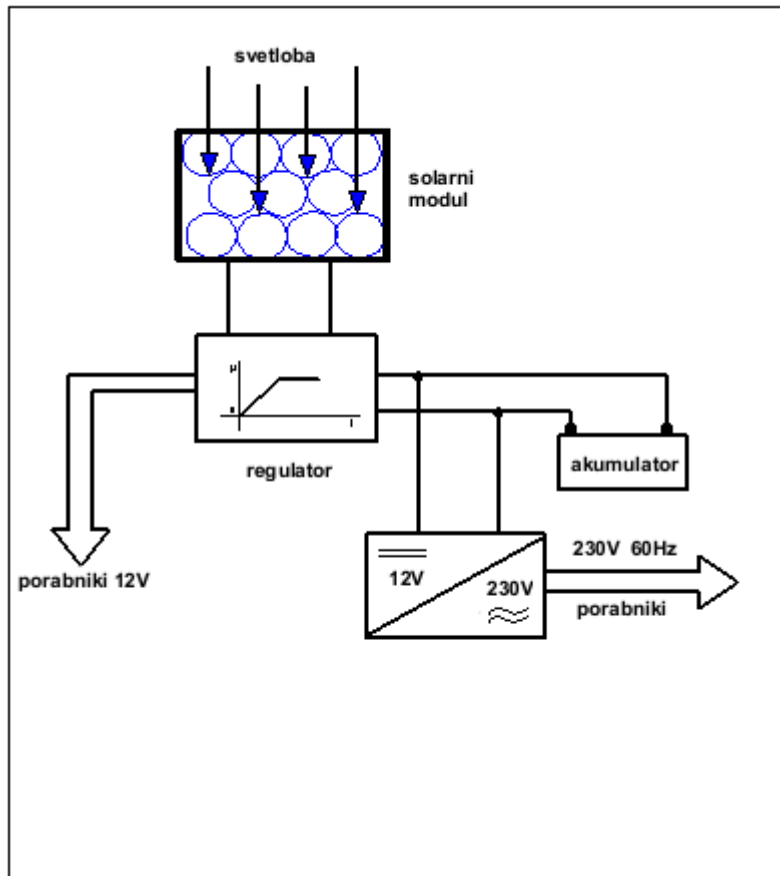


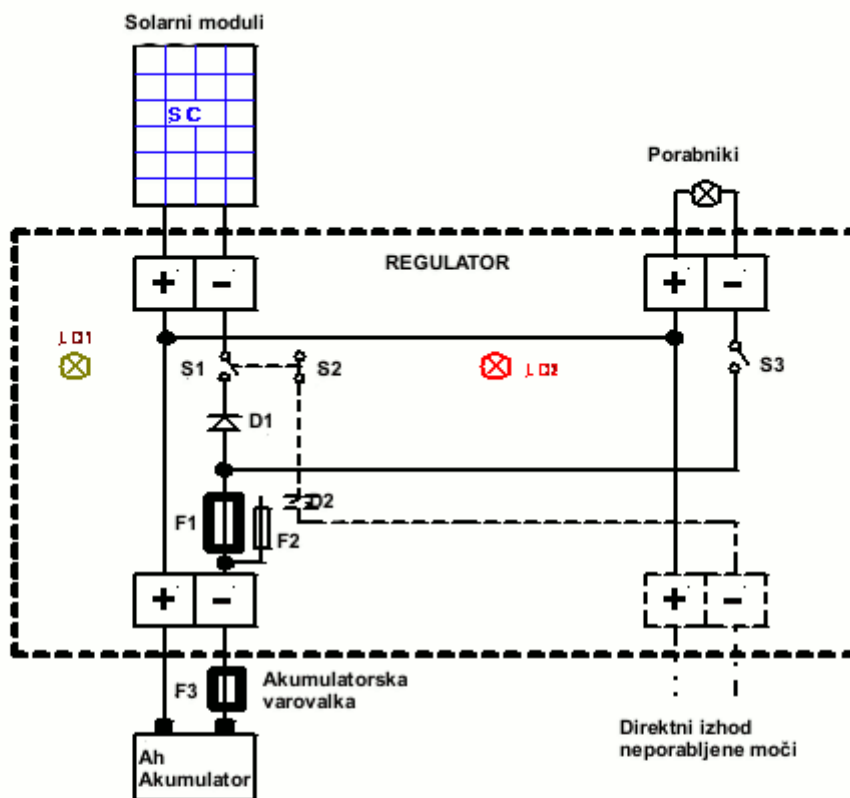
Fotovoltaični solarni sistemi

Manjšo rabo energije lahko dosežemo z učinkovito rabo in izkoriščanjem obnovljivih virov. Sončna energija je namreč energija, ki je na razpolago brezplačno in obenem tudi ne onesnažuje okolja.

Sončno dnevno globalno sevanje na horizontalno ploskev
(kWh/m² dan)

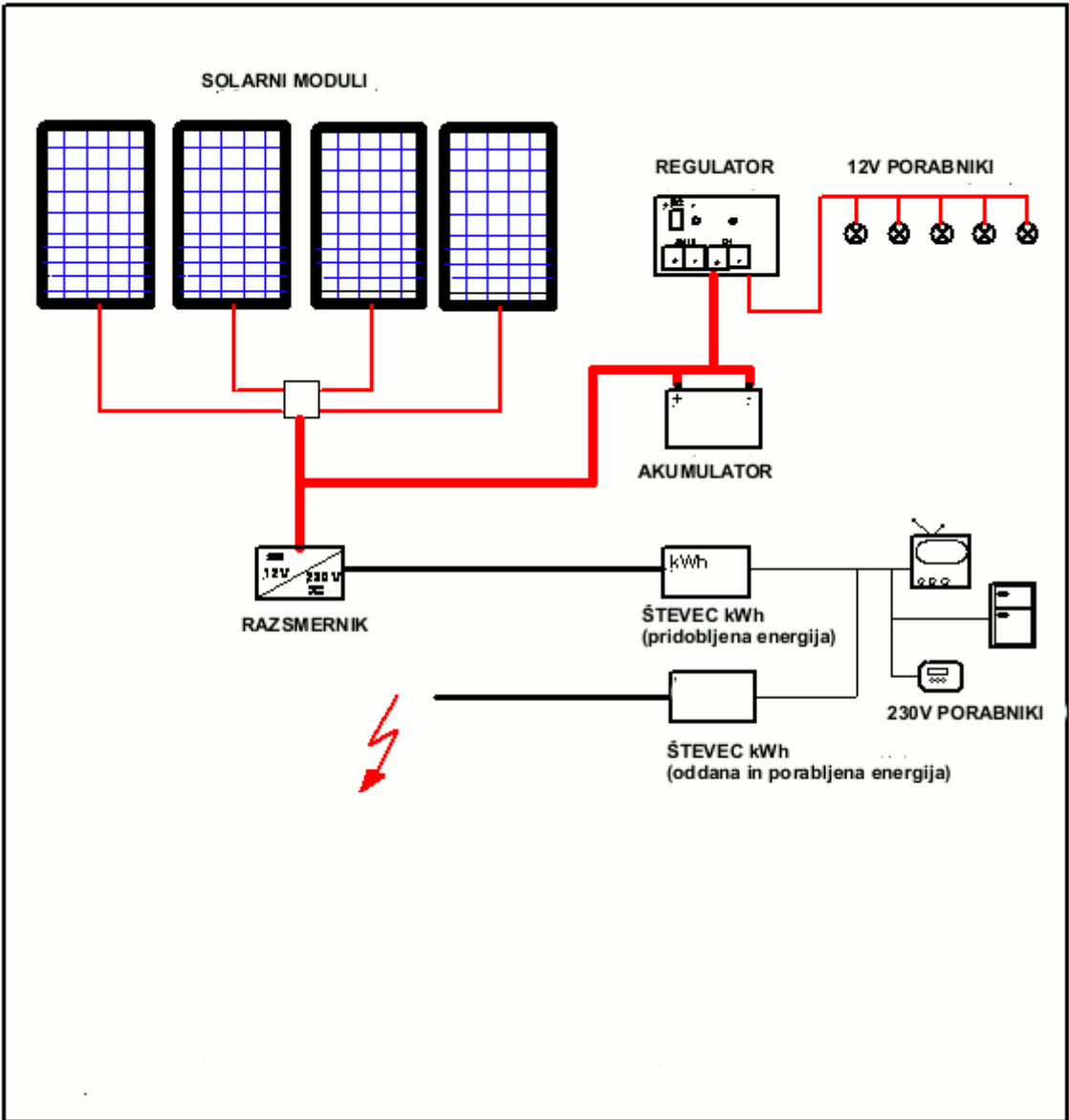


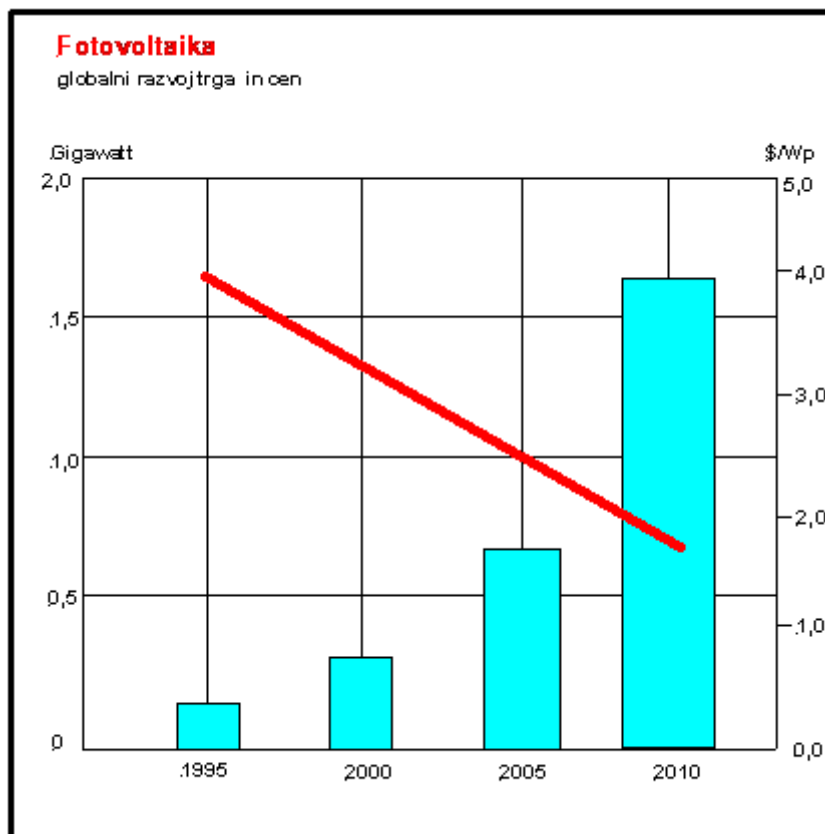




LEGENDA

- SC sončne celice
- D1, D2 zaporna dioda
- S1 vklop/izklop polnjenja akumulatorja
- S2 vklop/izklop direktnega izhoda
- S3 vklop/izklop bremena
- F1, F2, F3 varovalka
- LD 1 svetleča dioda
- LD 2 svetleča dioda (poln akumulator)





Sonce lahko v stavbah izkoriščamo na več načinov, najpogostejša je pasivna raba sončne energije, kjer sonce neposredno greje prostore skozi prozorne ali prosojne površine, kot so okna, stekleniki, fasade s prosojni izolacijo in podobno. Za pripravo vode, je v široki najbolj uveljavljeno neposredno ali aktivno izkoriščanje sončne energije, pri katerem uporabljamo sprejemnike sončne energije. Najbolj ekonomična izraba sonca je pridobivanje električne energije s pomočjo solarnih modulov, ki pretvarjajo sončno svetlobo neposredno v enosmerni električni tok. V primeru, da na streho postavimo solarne module lahko letno pridobimo do nekaj 100 kWh električne energije.

Sončno sevanje

[Slika 1: Sončno dnevno globalno sevanje na horizontalno ploščo](#)

Sončno sevanje, pod katerega razumemo izhajajoči energijski tok, ki pade na zunanji rob zemeljske atmosfere znaša 1367 W/m^2 (tako imenovana sončna konstanta). Sončno sevanje delimo v direktno oziroma neposredno in difuzno, kar skupaj predstavlja globalno sončno sevanje. Direktno sevanje prihaja v obliki žarkov direktno iz sonca, difuzno pa iz celotnega nebesnega svoda. Pri prehodu sončnih žarkov skozi atmosfero se del teh v plasteh ozona, ogljikovega dioksida, vodne pare, prahu absorbira in odbije nazaj vesolje, tako da dospe na površino zemlje maksimalno približno 1000 W/m^2 . Molekule teh plinov in prašni delci sevajo v vseh smereh energijski tok, ki ga imenujemo difuzno sončno sevanje, ter se večja z naraščajočo oblačnostjo. Z naraščajo oblačnostjo se večja delež difuznega sončnega sevanja v celotnem sevanju in doseže pri popolni oblačnosti lahko 100 %. razpolago v našem kraju. Na našem širšem področju RS sije sonce od 1600 do 2650 ur na leto, ter vpadle na 1 m^2 površine med 1000 in 1400 kWh letno sončne energije. Večina te energije je na razpolago v času od aprila in oktobra, ko ogrevanje prostorov ni potrebno, le približno 200 do 250 kWh pa je na voljo v zimskem času. Primer dnevni vrednosti vpadlega sončnega sevanja je razvidno iz diagrama na sliki št. 1.

Dnevne količine vpadle sončne energije se gibajo od nekaj desetink kWh/m^2 pozimi v oblačnem vremenu, do več kot 5 kWh/m^2 v sončnem poletnem dnevu.

Prvi začetki in opis sistema

Fotoelektrični pojav je odkril francoski fizik Becquerel leta 1839. Leta 1954 so v ZDA v Bellovih laboratorijih predstavili silicijevo sončno celico z izkoristkom 4 %. Prva uporaba sončnih celic je bila v vesoljski tehniki, leta 1958 so v ZDA izstrelili prvi satelit (Vanguard I), ki je kot izvor električne energije uporabljal sončne celice. Prvi sistemi z močjo več kot 100 kW so bili nameščeni v začetku osemdesetih, danes največji delujoči sistemi pa imajo moči nekaj MW.

Solarni moduli, (sestavljani iz serijsko vezanih sončnih celic), pretvarjajo sončno energijo neposredno v enosmerni električni tok. Sončni žarki padajo na površino sončnih celic. Na takšen način se sevalna primarna energija sonca pretvarja v sekundarno visoko kvalitetno električno energijo. Preobrazba je direktna, brez vmesne preobrazbe v toplotno in mehansko energijo. Zaradi delovanja sončnih žarkov na kristalno mrežo izbrane snovi se sprosti električni naboj. Pri sevanju zadevajo svetlobni kvanti - fotoni čelno ploščo polprevodnika, se pri tem absorbirajo. Zaradi tega se sprostijo elektronski pari, ki pa ostanejo zaradi notranjega električnega polja ločeni in s tem povzročajo električno napetost.

Število uporabljenih solarnih modulov je odvisno od energetskega zahtev uporabnika in od razpoložljive sončne energije (svetlobe). Akumulator shranjuje energijo, ko so jo proizvedli solarni moduli za čas, ko sončno sevanje ne zadošča za potrebe delovanja sistema. Porabniki so električne naprave, ki delujejo v solarnem sistemu in se uporabljajo v povezavi z razsmernikom (pretvornikom), ki pretvarja enosmerno napetost akumulatorja v izmenično. Z njegovo pomočjo lahko uporabljamo običajne električne naprave, ki delujejo na omrežno napetost.

Regulator povezuje solarne module, akumulator pa porabnike, kot je prikazano na sliki št.2, obenem pa tudi ščiti akumulator pred prenapolnjenjem in prevelikim izpraznjenjem. Zaradi nizkih napetostih tečejo v solarnih sistemih veliko večji tokovi kot v običajnih 220 V instalacijah.

[Slika 2: Shema solarnega sistema](#)

Glavne komponente fotovoltaičnega solarnega sistema

Solarni moduli

Solarni modul je sestavljen iz sončnih celic, kjer s serijsko vezavo posameznih celic v dobimo višje napetosti (vsaka silicijeva celica proizvede pri dobri osvetlitvi 0,4 V enosmerne napetosti).

Znanih je več vrst sončnih celic. Celice, kjer je čelna in osnovna plošča iz istega polprevodniškega materiala npr. silicija, so homogene sončne celice. Poznane so še heterogene sončne celice in kovinske sončne celice, kjer je čelna plošča iz tanke kovine npr. Si/Al.

Glede na kristalno strukturo solarne celice delimo na:

- monokristalne,
- polikristalne,
- amorfne.

V praksi se najpogosteje uporabljajo celice iz monokristalnega silicija (črne monokristalne), ki so precej drage glede izdelave, izkoristek znaša 15 do 18 %.

Polikristalne modre celice iz silicija so cenejše in imajo izkoristek med 12 in 14 %. Amorfne silicijeve celice so najcenejše, imajo izkoristek 5 do 8 %. Amorfni silicij zelo dobro absorbira sončno sevanje, debelina plasti na steklu je le nekaj milimetrov, kar tanko plastne celice temno rjave barve zelo poceni. Na električne karakteristike solarnega modula vpliva število solarnih celic v modulu. Vsaka celica pri dobri osvetlitvi proizvede približno 0,4 V enosmerne napetosti. Tako potrebujemo za sistem z 12 V svinčnim akumulatorjem napetost polnjenja 13 V. Če se akumulator popolnoma sprazni, je potrebna napetost polnjenja približno 16 V, ker moramo še kompenzirati padce napetosti v instalaciji.

Akumulator napolnimo z najmanj 33 zaporedno vezanimi solarnimi celicami, če uporabimo monokristalne celice. V primeru uporabe amorfni solarnih celic potrebujemo za napolnitev 12 V akumulatorja najmanj 25 celic.

Električne karakteristike solarnega modula zavisijo od:

- površine solarnih celic, saj je električni tok odvisen od velikosti površine celic.
- tehnologije izdelave celic (monokristalne proizvajajo večji tok kot polikristalne, amorfne pa polovico manj kot monokristalne),
- toplotne moči sončnega sevanja (z večanjem intenzitete sončnega sevanja se večja tudi izhodni električni tok).
- temperature modula (da ohranimo solarne celice hladne, moramo pri montaži zagotoviti cirkulacijo zraka okoli modulov, zato proizvajalci podajajo karakteristike modulov pri temperaturi 25 °C ali tudi 28 °C,
- valovne dolžine sončnega sevanja (pri siliciju znaša 1,15mm). Sevanje z večjo valovno dolžino od mejne povzroča le segrevanje solarne celice, pri manjših valovnih dolžinah od mejne pa se pojavlja višek fotonov, ki prav tako povzroča segrevanje celice, ne pa proizvodnje električnega toka. Zgornja meja pretvorbe sončnega sevanja s silicijevimi celicami je približno 23 %. Z uporabo več slojnih celic je možno doseči izkoristek pretvorbe že preko 30 %, kar pa je zaenkrat doseženo le v raziskovalnih laboratorijih,
- oblike celic, ki naj bo takšna, da je vpliv delnega zasenčenja majhen.

V primeru, da imamo vgrajene takšne module, da lahko spreminjamo naklonski kot modula in ga obračamo proti soncu, je takšna izvedba zelo draga. Če pa dodatno uporabljamo zrcala in zbiralne leče, ki povečujejo intenziteta sončnega sevanja preko 1000 W/m^2 , je slabost takšnega načina, da lahko pride do pregrevanja celic in tako je potrebno dodatno hlajenje, kar tudi podraži izvedbo. Odlike dobrih modulov so tudi te, da so odporni na vremenske vplive (mraz, vročina, toča, slana, morski zrak) in imajo "počasno staranje", kar pomeni, da znaša garantirana moč po petih letih še vedno 90 % začetne moči.

Regulatorji

Solarni polnilni regulator je osrednji del električne solarne naprave in ima nalogo regulirati polnjenje akumulatorjev iz solarnih celic, preprečuje povratni tok, signalizira stanje akumulatorja. Stroški vloženi v nakup akumulatorja so smiselni, če akumulatorju zagotovimo polno življenjsko dobo, zato je primerno, da izvedemo ustrezno zaščito pred prenapolnjenjem in prevelikim izpraznjenjem.

Zaščita akumulatorja je izvedena na način, da regulator polnjenja odklopi sončne celice od akumulatorja, ko je dosežena maksimalna dopustna napetost in se s tem prepreči škodljiva prenapolnitev. V primeru, ko se akumulator prazni in napetost akumulatorja pade pod dovoljeno spodnjo mejo, regulator izključi vse porabnike in s tem zaščiti akumulator. Nekateri porabniki, kot halogenska žarnica, hladilnik, elektromotor, itd, zahtevajo ob vklopu kratkotrajni tokovni sunek, ki za trenutek zniža napetost akumulatorja. Da v tem primeru ne pride do nepotrebnega izklopa, je delovanje zaščite zakasnjeno. Ko napetost po razbremenitvi in ponovnem napolnjenju naraste, se porabniki spet vključijo.

Glede na izvedbo regulatorje delimo linearne in stikalne. Linearni ali enostopenjski regulatorji pa so lahko:

- serijski - izklopijo polnjenje, ko je dosežena končna polnilna napetost,
- paralelni - uporabljamo jih pri majhnih solarnih sistemih, kjer so polnilni tokovi iz modulov manjši kot 20 A. Regulacijski del je sestavljen iz močnostnega tranzistorja, ki je vzporedno vezan z akumulatorjem. Pri slabši osvetljenosti (ponoči) zaporna dioda prepreči povratni tok iz akumulatorja v modul. Sam način regulacije povzroča veliko oddajanje toplote, zato je potrebno poskrbeti za hlajenje in odvajanje toplote.

Stikalni regulatorji delujejo na principu, da izklopijo določeno vejo polja solarnih modulov, ko polnilni tok naraste čez določeno vrednost. Uporabljajo se v večjih sistemih, moduli so izključeni toliko časa, dokler polnilni tok zopet ne pade.

Novejši polnilni regulatorji imajo vgrajena že integrirana vezja, izdelana posebej za solarno tehniko. Regulatorje je možno priključiti na računalnik, delovanje in možne napake pa spremljati na prikazovalniku. Regulatorji imajo vgrajeno tudi zaščito pred velikimi tokovi, napetostmi in temperaturami, napačno polariteto, kratkim stikom in dinamično zaščito pred prenapolnjenjem in izpraznjenjem. S vgrajenim programom lahko regulatorji stalno spremljajo napetosti pri polnjenju akumulatorjev in s tem tudi ohranjamo življenjsko dobo akumulatorjev. Možna je tudi avtomatska prilagoditev napetosti z 12 do 24 V.

Na sliki št.3 je prikazana vezava regulatorja oziroma regulacija polnjenja v enojnem solarnem sistemu.

[Slika 3: Regulacija polnjenja akumulatorja za enojni solarni sistem](#)

Akumulatorji

V fotovoltaičnih sistemih uporabljamo akumulatorje za shranjevanje med dnevom pridobljene električne energije za kasnejšo rabo. Akumulator deluje v dveh režimih in sicer:

- plitva praznjenja v sončnih dneh,
- globoka praznjenja med obdobji slabšega vremena in pozimi.

Pri še tako dobro načrtovanem solarnem sistemu so vedno njegov najšibkejši del akumulatorji, ki imajo tudi najkrajšo življenjsko dobo v celotnem sistemu. Zato je toliko bolj pomembno, da se odločimo za tehnologijo, ki nam bo zagotovila čim daljše in zanesljivo obratovanje sistema. Iz tega razloga so najprimernejše solarne baterije izvedene v »dryfit« tehnologiji. Te baterije zelo primerne za občutljivejše naprave, ki delujejo v ekstremnih razmerah, na primer pogosti izpadi električne energije za več kot deset minut, kjer se klasične »standby« baterije lahko tako poškodujejo, da se zmanjša njihova življenjska doba na 10 % normalne življenjske dobe..

Prednost teh baterij je tudi, da nam ni treba skrbeti za polnjenje, saj je izredno nizko, tako da lahko baterije postavimo v bivalne prostore. Poleg tega jih lahko shranjujemo pri temperaturi 20° C, do 24 mesecev brez dodatnega polnjenja, saj imajo izredno nizko stopnjo samopraznjenja. in dolgo življenjsko dobo. Solarne baterije delimo v tri skupine:

- za majhne solarne sisteme, v katerih opravijo baterije 400 ciklov polnjenja in praznjenja po standardu IEC 896 T2. To so sistemi za počitniške hiše z nekaj lučmi, za signalizacijsko opremo, itd. Kapaciteta znaša od 6,6 Ah do 230 Ah.
- za srednje solarne sisteme, v katerih opravijo baterije 1200 ciklov polnjenja in praznjenja po standardu IEC 896 T2. To so sistemi za večje počitniške hiše (TV, radio), za jadrnice, merilne postaje itd . Kapacitete znaša od 60 Ah do 240 Ah.
- za velike solarne sisteme, v katerih opravijo baterije 1600 ciklov polnjenja in praznjenja po standardu IEC 896 T2. To so sistemi za solarne postaje, radio in telekomunikacije, vetrne in solarne elektrarne. Kapaciteta znaša od 240 Ah do 3500 Ah.

Kapaciteta se pri vseh treh tipih solarnih baterij izraža pri 100 h praznjenja (C100).

Solarnim baterijam dodajajo v nasprotju z drugimi baterijami v dryfit tehnologiji fosforno kislino (odstotek je v odvisnosti od debeline plošč), ki omogoča bateriji praznjenje in polnjenje pri nizkih tokovih in ohranja dolgo življenjsko dobo baterij. Solarne baterije za male in srednje sisteme so sestavljene iz mrežastih plošč in izdelane v obliki 12 V blokov, medtem ko so solarne baterije za večje sisteme sestavljajo plošče, izdelane pa so v obliki 2 V celic, ki jih potem glede na željeno napetost sestavimo v zaključeno enoto.

Električna instalacija v fotovoltaičnih solarnih sistemih

Zaradi nizkih napetosti (12 do 14 V) tečejo v sistemih veliko večji tokovi, zato je so potrebni za solarne sisteme večji preseki električnih vodnikov, kot to velja za enako moč pri napetosti 220 V. Prav tako je pomembna polariteta priključkov. V praksi se uporabljajo kabli z več izoliranimi vodniki in izolirane žice, položene v cev.

Dopustna izguba napetosti v 12 V sistemih je lahko med solarnimi moduli in regulatorjem do 3 %, med regulatorjem in akumulatorjem do 1 % in med regulatorjem in porabniki do 7 %.

Tabela 1

Presek vodnika	Žice, položene v cevi	Kabli
Življenjska doba pri 5% praznjenju	23 let	58 let
1,5 mm ²	16 A	20 A
2,5 mm ²	21 A	27 A
4 mm ²	27 A	36 A
6 mm ²	35 A	47 A
10 mm ²	48 A	65 A
16 mm ²	65 A	87 A

Preseke (debeline žic) določimo tako da:

- se preveč ne segrevajo in ne pride do vžiga,
- ne povzročijo prevelike izgube napetosti,
- nimajo prevelike upornosti, kajti običajna instalacijska varovalka mora ob kratkem stiku hitro pregoreti (pri izračunanem toku mora pregoreti najkasneje v 1 sekund).

Nizka napetost nas ne sme premotiti, zato ne smemo o pozabiti na varnost. K dobri varnosti prispevajo:

- dobro izolirani vodniki,
- brezhibni spoji žic,
- zadostni preseki vodnikov,
- varovanje z varovalkami ali odklopniki, prilagojenimi preseki vodnikov,
- varovalka na priključku akumulatorja,
- pravilna namestitvev akumulatorja (temperatura od 0 do 30 °C, zračnost, prepreden dostop otrokom),
- vtičnice in vtiči morajo biti takšne izvedbe, da jih ne moremo zamenjati z vtičnicami za 220 V napetost,
- ozemljitev ali povezava s strelovodno napeljavo.

Merilni sistemi v fotovoltaičnih solarnih sistemih

Da dobimo podatke o delovanju solarnega sistema, med regulator in akumulator vežemo ampermeter in voltmeter. Ampermeter podnevi kaže tok, ki teče iz solarnih modulov v akumulator, zvečer pa kaže

tok porabnikov (v primeru istočasnega polnjenja in porabe pa kaže razliko toka, ki teče v akumulator in iz njega). Iz prikazane napetosti, ki jo kaže voltmeter, lahko ocenimo napolnjenost akumulatorja.

Možnost uporabe fotovoltaičnih sistemov

Kjer iz kakršnih razlogov nimamo možnosti za oskrbo z električno energijo iz javnega električnega omrežja, bodisi da gre za objekte ali vozila (navtika, cestne avto hiše) lahko postavimo manjše fotovoltaične sisteme. Pri nas najdemo takšne sisteme najpogosteje v planinskih postojankah, prometni signalizaciji. S temi sistemi pa lahko z elektriko oskrbujemo tudi druge zahtevnejše porabnike, kot so telekomunikacije, alarmne in signalizacijske naprave na letališčih in pristaniščih ter podobno. Z enostavnimi sistemi pa lahko poskrbimo na primer za razsvetljavo vikendov, vrtnih lop ter kot dodaten vir električne energije na osamljenih objektih v hribih oziroma na odročni lokacijah.

Za potrebe gospodinjstva so najzanimivejši manjši sistemi, (svetilke, črpalke za črpanje vode ali centralno kurjavo, hladilnik, TV). Porabnike je možno priključiti direktno (preko regulatorja), če gre za izvedbe z 12 V napajanjem, ali pa preko razsmernika (pretvornika), če gre za porabnike, ki so priključeni na izmenično omrežno napetost. Večji sistemi so lahko povezani tudi z električnim omrežjem, kamor bi lahko oddali višek električne energije. Shema sistema povezanega z električnim omrežjem je prikazana na sliki št.4.

[Slika 4: Shema sistema povezanega z javnim električnim omrežjem](#)

Na regulator lahko priključimo porabnike, ki so deklarirani za nazivno napetost 12 ali 24 V.

Zaradi visokih cen razsmernikov (pretvornikov) je pri manjših sistemih ceneje uporabljati porabnike za enosmerni tok (kjer je to seveda možno), kot pa razsmernike, ki so najpogosteje najdražji del sistema.

V primeru, ko se odločamo za fotovoltaične solarne module, je pomembno, da izberemo primerno lokacijo (streha, zid, tla) ter da je solarni modul čimbolj izpostavljen sončnim žarkom.

Pred nakupom fotovoltaičnega sistema moramo tudi vedeti, kakšni porabniki bodo nanj priključeni, zato moramo izračunati potrebno priključno moč porabnikov, določiti režim porabe (celodnevno, samo zvečer, ob vikendih).

Za praktični primer pogledjmo vikend, ki ga obiskujemo od marca do oktobra, solarni moduli so nagnjeni za 40 stopinj proti vodoravni površini.

Prihodnost fotovoltaičnih sistemov

V prihodnosti se pričakuje, da bodo fotovoltaični sistemi postali eni od stebrov obnovljivih virov energije, čeprav bomo še nekaj časa odvisni od zemeljskega plina, olja, premoga in jedrske energije. Pri vključitvi v velika omrežja je fotovoltaika še daleč od gospodarnosti. Drugače je pri malih naseljih, ki se razvijajo v mesta. Več kot dve milijardi ljudi ni priključeno na električna omrežja. V prihodnosti se zato predvideva, da oskrbo z električno energijo, lahko tem ljudem omogočijo le obnovljivi viri, ki bodo znatno cenejši kot priključitev na že instalirana omrežja. Leta 2002 je celotna industrija fotovoltaike proizvedla približno 560 MW_p fotovoltaičnih modulov (W_p - maksimalna moč solarnega modula ob standardnem sončnem obsevanju 1000 W/m²).

Zadnje raziskave uglednih institucij kažejo, da bo po letu 2010 letno povpraševanje po fotovoltaičnih sistemih med 1500 in 2000 MW. Računa se, da bo letni tržni delež okoli 22 %, kar je razvidni iz slike 5.

[Slika 5: Globalni tržni volumen in razvoj cen do 2010](#)

Tudi Evropa noče zaostajati, saj je Evropska skupnost v Beli knjigi zapisala še višje stopnje rasti. Do leta 2010 se načrtuje instaliran učinek 3000 MW, kar znaša 30 % letno rast. Da bo to možno doseči, so bodo morali stroški izdelave sončni celic znatno zmanjšati, zato veliko podjetij že aktivno sodeluje pri razvoju in optimiranju silicijeve celice, na razvoju tanko plastne celice ter pri razvoju pigmentne celice, na bazi rutenija (tako imenovane "nano" solarne celice). Veliko sodelujočih podjetij je že doseglo visoko avtomatizacije proizvodnje celic z letno kapaciteto 15 do 25 MW.

Nobenega dvoma torej ni, da prihodnost pripada obnovljivim virom energije, ki naj bi do sredine tega stoletja že pokrivali okoli 50 % svetovne potrebe po energiji.