

Fleksibilni fotonapetostni moduli na folijskem substratu

Avtor: Denis Lenardič

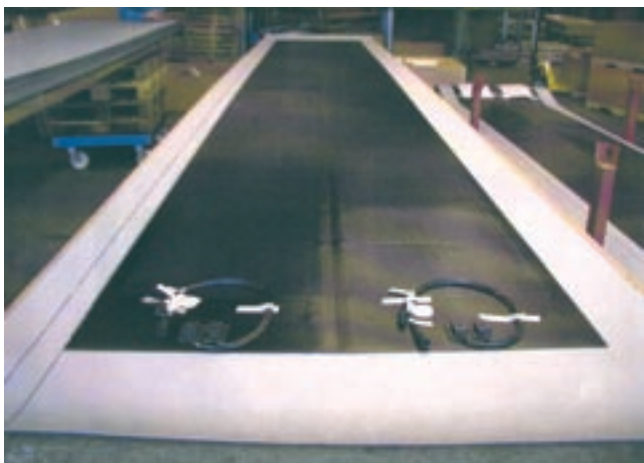
Ena izmed možnosti, ki se ponuja pri izdelavi sončnih modulov, je izdelava modula na vodonepropustnem, vremensko odpornem in fleksibilnem osnovnem materialu, kar daje končnemu izdelku, gradniku sončne elektrarne, zanimive in uporabne lastnosti, ki jih lahko s pridom izkoristimo pri novogradnjah ali sanacijah objektov. Zaradi svojih lastnosti so fleksibilni moduli zelo primerni za namestitev na ravne strehe. Velika prednost tovrstnih modulov je majhna teža, tako da tudi namestitev na strehe z majhno nosilnostjo ne predstavlja težav. Masa modula je približno 6 kg/m^2 . Zaradi majhne teže in fleksibilnosti tovrstne module lahko nameščamo tudi načasne objekte, kot so na primer prireditveni šotori in podobno.

Fleksibilni moduli Biosol so dobavljivi pod komercialnim imenom *Sintofoil Biosol TF membrana*, izdelani pa so na fleksibilnem materialu (foliji) z imenom Sintofoil. Folija Sintofoil ne vsebuje PVC, je okolju prijazna, združuje pa dobre lastnosti materialov iz družin EPDM¹ in PVC. Odlikujejo jo dobre mehanske lastnosti, odpornost na vremenske vplive in UV svetlobo, podobno kot PVC pa jo je mogoče tudi spajati z varjenjem. Folija se proizvaja s postopkom ekstrudiranja etilen-propilena in dodatnih materialov. Za Sintofoil ali njej podobne folije, pogosto uporabljamo oznako TPO/FPA² folija. Folijo je mogoče reciklirati, kot veliko prednost pa velja omeniti tudi to, da se folija z bitumnom »dobro razume«, kar je pri polaganju na ravne strehe pogosto odločilnega pomena. Folija mora biti na strehi položena tako, da se na njej ne nabirata voda in umazanija in da na njej posledično ne more rasti mah. Minimalen zahtevan naklon, da voda nemoteno odteka je 3°.



Osnova fleksibilnih modulov Biosol so trislojne amorfne sončne celice, ki so izdelane tako, da je njihova spektralna občutljivost kar se da velika, saj je vsak izmed slojev občutljiv na določeno območje valovnih dolžin svetlobe, kar posledično zagotavlja dober izkoristek. Sončne celice iz amorfnega silicija imajo dobre lastnosti tudi v pogojih slabše osvetljenosti. Tovrstni moduli v primerjavi z moduli iz kristalnih celic boljše izkoriščajo tudi difuzno sevanje, zaradi specifične zgradbe modula pa so tudi manj občutljivi na pojave delnega osenčenja. Sam modul je na prednji strani zaščiten s folijo TEFZEL^{®3} proizvajalca DuPont[™], kar daje modulu na prednji strani potrebno mehansko zaščito. Folijo TEFZEL[®], ki je sicer zelo pogost material za laminiranje tankoplastnih modulov, odlikujejo kemična inertnost, odpornost na visoke temperature, material je trajno obstojen do 150 °C in ima dobre mehanske lastnosti.

Posebnost vseh novih silicijevih amorfnih modulov je upadanje učinkovitosti (in posledično moči)⁴ v prvih tednih, nakar se učinkovitost (moč) modula ustali pri vrednosti 6 % do 8 %, odvisno od vrste modula. Nazivno moč takšnega modula proizvajalci navajajo kot moč v ustaljenih razmerah, to je moč po končanju upadanja učinkovitosti/moči v prvih tednih delovanja. Novi moduli imajo zaradi tega pojava nekoliko večji izkoristek (in večjo izhodno moč), kot pa je navedeno v tehničnih specifikacijah, kar je treba upoštevati pri načrtovanju systemske tehnike oziroma razsmernikov. V tehnični specifikaciji modula morajo biti navedeni tudi parametri na začetku delovanja le-tega. Če teh podatkov v tehnični specifikaciji modula ni na voljo, se je pred načrtovanjem elektrarne potrebno posvetovati s proizvajalcem. V tehnični specifikaciji **Sintofoil Biosol TF membrane** tako na primer najdemo podatke, da moč v točki maksimalne moči na začetku delovanja presega specificirano za 15 %, napetost odprtih sponk za 11 % in tok kratkega stika za 4 %, vrednosti električnih parametrov pa se ustalijo po šestih do osmih tednih.



Fleksibilni moduli Biosol so na voljo kot približno 1 m široki in nekaj več kot pet metrov dolgi trakovi, ki se na robovih spajajo z varjenjem. Moduli se vklapljujejo v različne strehe, tj. ravne, rahlo nagnjene ali tudi v strehe zahtevnejših oblik. Folijo je treba mehansko pričvrstiti (z robnimi elementi), način pritrdjevanja je odvisen od vremenskih pogojev (veter ...) in ga določita proizvajalec in statik v postopku načrtovanja.

Najpomembnejši električni parametri modulov⁵ Biosol pri standardnih preskusnih pogojih⁶ (STC) so:

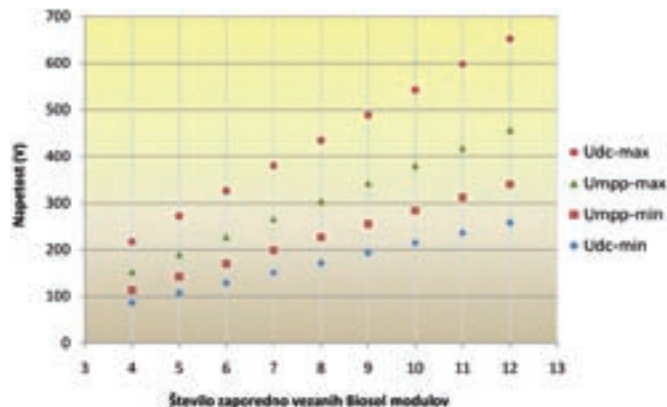
Moč v točki maksimalne moči P_{MPP}	2 x 136 W
Napetost odprtih spolk U_{oc}	46,2 V
Tok kratkega stika I_{sc}	5,1 A
Napetost v točki maksimalne moči U_{MPP}	33 V
Tok v točki maksimalne moči I_{MPP}	4,1 A
Temperaturni koeficient napetosti odprtih spolk β	-176 mV/K
Maksimalna dopustna sistemska napetost	1000 V

Maksimalne napetosti in zahtevano območje MPP delovanja razsmernika je za posamezno število zaporedno vezanih modulov Biosol navedeno v preglednici⁷, prikazano pa je tudi grafično. Za posamezno število zaporedno vezanih modulov je potrebno izbrati razsmernik z MPP območjem v mejah med $U_{MPP-max}$ in $U_{MPP-min}$, minimalna vhodna napetost razsmernika mora biti enaka ali nižja kot U_{DC-min} , maksimalna dopustna enosmerna vhodna napetost razsmernika pa mora biti enaka ali višja kot napetost U_{DC-max} .

Število zaporedno vezanih modulov	Zahtevano območje vhodnih napetosti razsmernika			
	MPP območje razsmernika			
	U_{DC-min}	$U_{MPP-min}$	$U_{MPP-max}$	U_{DC-max}
4	86	114	152	217
5	108	142	190	272
6	129	170	228	326
7	151	199	266	380
8	172	227	304	435
9	194	255	342	489
10	215	284	380	543
11	237	312	418	598
12	258	341	456	652

Zahtevano območje delovanja MPP razsmernika in maksimalne vrednosti napetosti za različno število zaporedno vezanih modulov Biosol.

Opozorilo: membrana **Sintofoil BIOSOL TF** dimenzij 1090 x 5900 mm vsebuje **dva** modula!



Kot najbolj primerna se izkaže zaporedna vezava 8 do 12 modulov (za osem modulov tako na primer potrebujemo štiri membrane Sintofoil BIOSOL TF) v en niz. Število zaporedno vezanih modulov je seveda odvisno od zasnove sistema, načrtovanega razsmernika ... Maksimalna dopustna enosmerna napetost nekaterih vrst razsmernikov je 500 V, kar je pri načrtovanju treba upoštevati. To velja predvsem za nekatere vrste razsmernikov s transformatorji, pri razsmernikih brez transformatorjev so maksimalne napetosti okoli 700 V. Če je maksimalna dovoljena napetost razsmernika 700 V, lahko v polje vežemo 12 modulov Sintofoil, če pa je na primer 500 V, pa le devet. Seveda pa mora MPP območje razsmernika ustrezati območju, navedenem v preglednici, da bo učinkovitost delovanja kar največja.

Lahko seveda izberemo razsmernik s širšim MPP območjem od zahtevanega, ne pa takšnega, ki ima ožje MPP območje delovanja. Razsmernik, oziroma fotonapetostni sistem kot celota bo sicer tudi v tem primeru deloval (če le ne prekoračimo maksimalnih dopustnih vrednosti razsmernika), vendar z nižjo učinkovitostjo, kar seveda ni cilj načrtovanja fotonapetostnega sistema. MPP območje je samo eden izmed parametrov v postopku dimenzioniranja razsmernika. Pri načrtovanju je treba upoštevati tudi druge parametre, predvsem maksimalne dopustne napetosti in toke ter maksimalno dopustno moč na enosmerni strani razsmernika.

Preglednica in grafični prikaz temeljita na objavljenih podatkih v trenutno veljavnih tehničnih specifikacijah membran Sintofoil BIOSOL TF in sta namenjena samo okvirni oceni dimenzioniranja razsmernikov oziroma delovanja elektrarne z Sintofoil BIOSOL TF moduli in nista nadomestilo za natančno načrtovanje elektrarne, ki je v primeru gradnje takšnega sistema vsekakor potrebno.

- 1 Kratica EPDM izhaja iz angleškega izraza ethylene propylene diene M-class rubber. Gre za elastomerni material s širokim področjem uporabe E = etilen, P = propilen, D = dien, oznaka M pa se nanaša na klasifikacijo po ASTM standardih.
- 2 TPO = Thermo-Plastic Polyolefin, FPA = Flexible Polypropylene Alloy.
- 3 Tefzel® je material iz družine fluoropolimerov.
- 4 "Staebler-Wronski" pojav (Staebler-Wronski effect —SWE).
- 5 Povzeto po trenutno veljavnih tehničnih podatkih, kot jih podaja proizvajalec.
- 6 $G = 1000 \text{ W/m}^2$, $AM = 1,5$, $T = 25^\circ\text{C}$.
- 7 Izračun parametrov temelji na: Häberlin, H.: Optimum DC Operating Voltage for grid-connected PV Plants; 20th European Photovoltaic Solar Energy Conference, Barcelona 2005.