

Simulazione del rendimento di un pannello fotovoltaico

Duccio Gasparri Matteo Pirazzini

October 2019

1 Introduction

L'inquinamento globale e in particolare l'aumento delle temperature sono una delle tematiche più calde negli ultimi anni perchè colpisce direttamente il nostro pianeta e noi stessi. Proprio per questo motivo sempre più paesi nel mondo stanno puntando molto sulle energie rinnovabili al fine di diminuire le emissioni di CO_2 e per calare la produzione di energia elettrica dovuta ai combustibili fossili quali il petrolio e il carbone che oltre ad essere una risorsa limitata, sono anche altamente inquinanti. Possiamo perciò dire che le energie rinnovabili che sfruttano eventi e fenomeni naturali senza creazione diretta di anidride carbonica sono il futuro della creazione di energia elettrica. Nel nostro progetto ci concentreremo sul fotovoltaico, una tecnologia ormai molto diffusa che sfrutta l'energia solare per generare elettricità. Il progresso degli studi fotovoltaici ha portato a ideare nuove geometrie che seguissero figure non planari al fine di essere maggiormente integrati all'interno delle architetture degli edifici stessi. Lo scopo di questo progetto è appunto quello di capire come la diversa geometria

del pannello influisca sul rendimento del sistema fotovoltaico.

I	corrente	in	uscita	della	cella
V	voltaggio	in	uscita	della	cella
I_{ph}	fotocorrente				
I_0, I_{01}, I_{02}	corrente	inversa	di	saturazione	
V_d	voltaggio			del	
I_d	corrente			del	
I_0	corrente	inversa	di	saturazione	
a, a_1, a_2	fattore		ideale		del
k	costante			di	
T	temperatura		della		giunz
q	carica				
K_i	coefficiente	della	corrente	di	cortocircuito
K_v	coefficiente	della	corrente	a	circuito aperi
G	radiazione			solare	
G_B	radiazione	solare	del	fascio	su una superf
G_{Bt}	radiazione	solare	del	fascio	su una superf
G_R	radiazione		diffusa	del	
θ	angolo			di	
θ_r	angolo			di	
$\theta_{e,D}$	angolo	della	radiazione	solare	diff
$\theta_{e,G}$	angolo	della	radiazione	solare	riflessa
K	coefficiente	di	estinzione	del	sistema fotovoltaico
K_θ	rapporto tra la radiazione assorbita dalla cella all'angolo di incidenza θ	diviso dalla radiazione			
S	radiazione			solare	
M	modificatore		della		mass
m	massa	d'aria	di	riferimento	al
L	latitudine				
h	angolo				
δ	declinazione	(angolo	fra	piano	equatoriale e
β	inclinazione	del	pannello	in	gradi
Φ	angolo	dello	zenith	solare	rispetto alla p
z	angolo	di	di	Azimuth	rispetto al
Z_S	angolo di inclinazione	del	pannello	fra il sud e la	perpendicolare de
α	angolo	di	altitudine	solare	(complementare
G_{STV}	radiazione		solare		nominale
ΔT	differenza	fra	la	temperatura	effettiva e
$I_{ph,STC}$	fotocorrente			nominale	
N_s	numero	di		celle	connesse
N_{ss}	numero	di		moduli	connessi
N_{pp}	numero	di		moduli	connessi
V_{oc}	voltaggio		di		circuito
I_{sc}	corrente			di	
N	giorno				
L_T	spessore			del	
min	minuti		dal	mezzogiorno	
MPP	punto		di	massima	

indice di rifrazione vetro = 1.526 (CAP 2) Scelto N giorno dell'anno calcolo δ declinazione

Eq 1:

$$\delta = 23.45 \sin \left[\frac{360}{365} (284 + N) \right] \quad (1)$$

dato min minuti (per semplicità di calcolo prendiamo come mezzogiorno solare sempre 12) calcoliamo h angolo orario

Eq 2:

$$h = \pm 0.25(min) \quad (2)$$

data L latitudine (positiva per i valori a nord dell'equatore e negativa per i valori a sud dell'equatore) calcoliamo gli angoli di zenith solare α e Φ

Eq 3 pag517 calcolo dell'angolo di zenith:

$$\sin(\alpha) = \cos(\Phi) = \sin(L)\sin(\delta) + \cos(L)\cos(\delta)\cos(h) \quad (3)$$

(pag 60 per calcolare z)

calcolo z angolo di Azimuth

Eq 4:

$$\sin(z) = \frac{\cos(\delta)\sin(h)}{\cos(\alpha)} \quad (4)$$

dati β inclinazione del pannello in gradi rispetto al terreno e Z_S angolo di inclinazione del pannello fra il sud e la perpendicolare del pannello (verso ovest è positivo) calcolo θ angolo di incidenza

Eq 4:

$$\begin{aligned} \cos(\theta) = & \sin(L)\sin(\delta)\cos(\beta) - \cos(L)\sin(\delta)\sin(\beta)\cos(Z_S) \\ & + \cos(L)\cos(\delta)\cos(h)\cos(\beta) + \sin(L)\cos(\delta)\cos(h)\sin(\beta)\cos(Z_S) \\ & + \cos(\delta)\sin(h)\sin(\beta)\sin(Z_S) \end{aligned} \quad (5)$$

(CAP 9)

dato $G_{Bt} = \cos(\theta)$ e $G_B = \cos(\Phi)$ (GUARDA PAG 101) calcolo R_B

Eq 5:

$$R_B = \frac{\cos(\theta)}{\cos(\Phi)} \quad (6)$$

calcolo m

Eq 6 pag517:

$$m = \frac{1}{\cos(\Phi)} \quad (7)$$

dati gli alpha parametri della regressione dipendenti dal tipo di pannello calcolo M

Eq 7, gli alpha sono a pag514 :

$$M = \alpha_0 + \alpha_1 m + \alpha_2 m^2 + \alpha_3 m^3 + \alpha_4 m^4 \quad (8)$$

calcolo l'angolo di rifrazione θ_r

Eq 8:

$$\sin(\theta_r) = \frac{\sin(\theta)}{1.526} \quad (9)$$

dato L_T spessore del pannello e K coefficiente di estizione del sistema foto-voltaico calcolo $\tau\alpha_B$

Eq 9 (pag 516):

$$(\tau\alpha)_B = \exp^{-[KL_T/\cos(\theta_r)]} \left\{ 1 - \frac{1}{2} \left[\frac{\sin^2(\theta_r - \theta)}{\sin^2(\theta_r + \theta)} + \frac{\tan^2(\theta_r - \theta)}{\tan^2(\theta_r + \theta)} \right] \right\} \quad (10)$$

calcolo $\tau\alpha_n$

Eq 10 (pag516):

$$(\tau\alpha)_n = e^{-KL_T} \left[1 - \left(\frac{n-1}{n+1} \right)^2 \right] \quad (11)$$

calcolo $K_{\theta,B}$

Eq 11 (pag516):

$$K_{\theta,B} = \frac{(\tau\alpha)_B}{(\tau\alpha)_n} \quad (12)$$

calcolo calocolo S

Eq 12 (pag514):

$$S = (\tau\alpha)_n M \{G_B R_B K_{\theta,B}\} \quad (13)$$

dato G_R calcolo G_D

Eq 13:

$$G_D = 2G_R \quad (14)$$

calcolo G

Eq 14:

$$G = G_B + G_D \quad (15)$$

dato $I_{ph,STC}$ K_i e ΔT e G_{STC} calcolo I_{ph} fotocorrente

Eq 15:

$$I_{ph} = (I_{ph,STC} + K_i \Delta T) \frac{G}{G_{STC}} \quad (16)$$

dato N_S numero di celle connesse in serie T temperatura della giunzione p-n K_V ?????????????????????????????????????? calcolo V_T

Eq 16:

$$V_T = \frac{N_S K T}{q} \quad (17)$$

calcolo I_0 corrente di saturazione

Eq 17:

$$I_0 = \frac{I_{ph,STC} + K_i \Delta T}{\exp[(V_{oc,STC} + K_V \Delta T)/aV_T] - 1} \quad (18)$$

dato k costante di Boltzmann, T temperatura assoluta della giunzione, q carica elettrica ($1.602 * 10^{-19}$ J/V), V voltaggio attorno alla cella, a fattore ideale del diodo calcolo I corrente di uscita del pannello

Eq 18 (modello ideale):

$$I = I_{ph} - I_0 \left(\exp \left(\frac{qV_d}{akT} \right) - 1 \right) \quad (19)$$

Eq 18-bis: (modello boh)

$$I = I_{ph} - I_0 \left(\exp \left(\frac{V + IR_s}{aV_T} \right) - 1 \right) - \frac{V + IR_s}{R_p} \quad (20)$$

modelli a diodo doppio Eq i:

$$I = I_{ph} + I_{01} \left[\exp \left(\frac{V + IR_s}{a_1 V_{T1}} \right) - 1 \right] - I_{02} \left[\exp \left(\frac{V + IR_s}{a_2 V_{T2}} \right) - 1 \right] - \frac{V + IR_s}{R_p} \quad (21)$$

Eq ii:

$$I_{01} = I_{02} = I_0 = \frac{I_{ph,STC} + K_j \Delta T}{\exp[(V_{oc,STC} + K_V \Delta T)/[(a_1 + a_2)/p]V_T] - 1} \quad (22)$$

Eq iii:

$$V_{T1} = V_{T2} = \frac{N_S K T}{q} \quad (23)$$