

MODELIRANJE PASIVNOG HLAĐENJA KROVNIH PV MODULA PRIMENOM MODIFIKOVANIH KORELACIJA ZA KOEFIČIJENTE RAZMENE TOPLOTE PUTEM KONVEKCIJE PROUZROKOVANE VETROM

Dardan Klimenta

Dragan Četenović

Bojan Perović

Jelena Klimenta

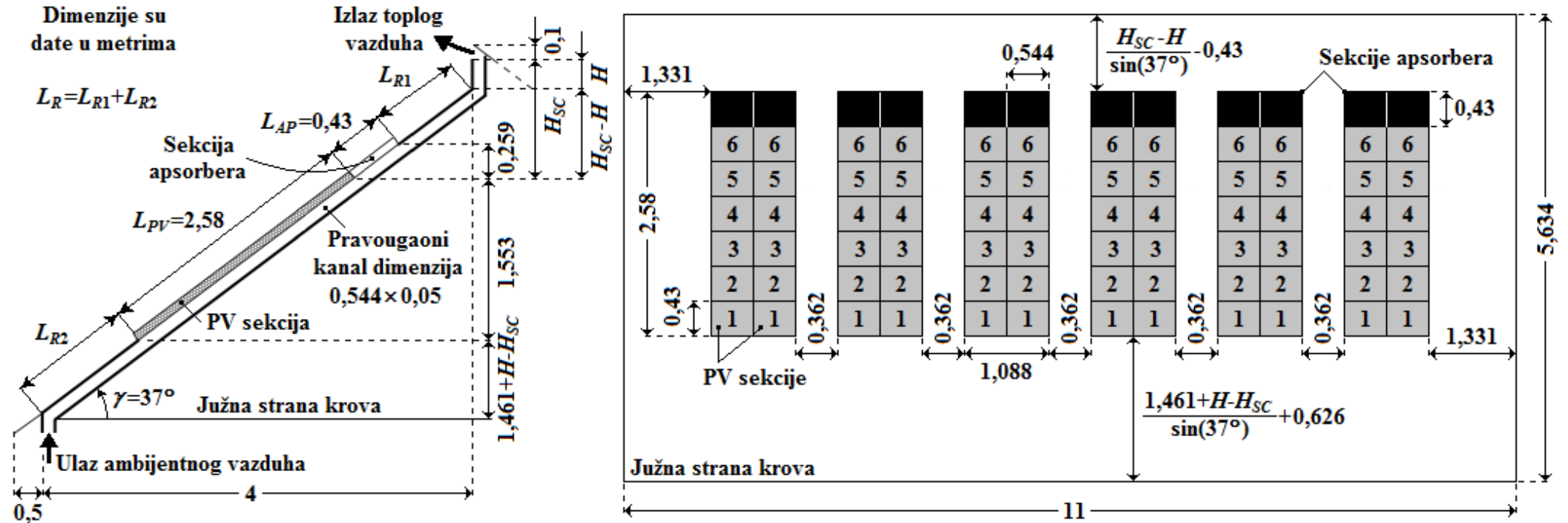


Uvod

- › Mala vrednost stepena iskorišćenja solarnih PV modula jedan je od glavnih nedostataka tehnologije PV sistema.
- › Stepen iskorišćenja nekog PV modula može se popraviti snižavanjem njegove radne temperature primenom sistema za pasivno hlađenje.
- › Solarni dimnjak – sistem za pasivno hlađenje krovnih PV modula.
- › U ovom radu se razmena toplote putem konvekcije između površina PV modula i okolnog ambijenta modelira pomoću modifikovanih korelacija za koeficijente razmene toplote putem konvekcije prouzrokovane vetrom, sledećeg oblika:

$$h_c = a + b \cdot V^n \quad \text{.....(1)}$$

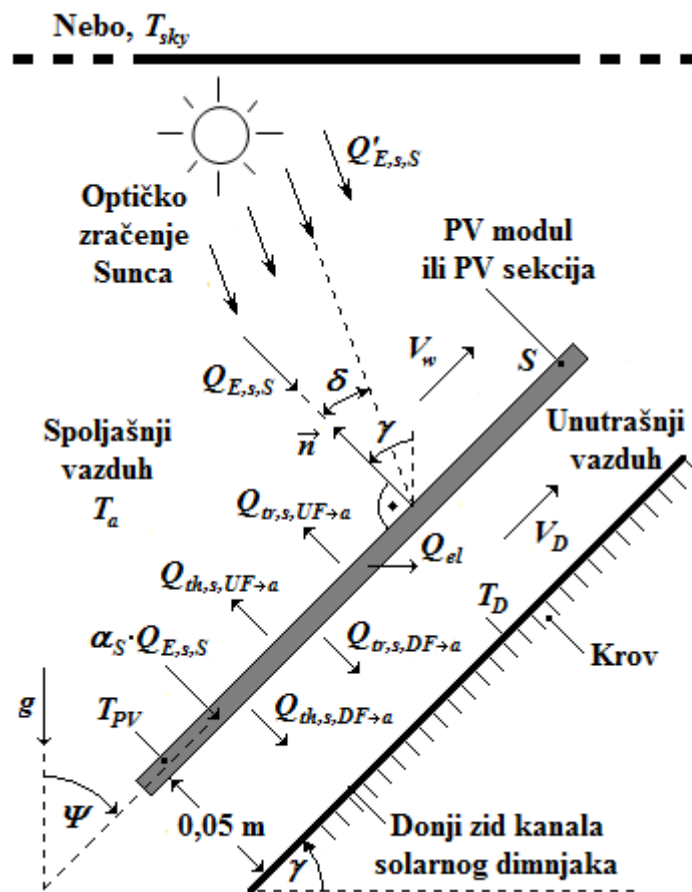
Predlog rešenja za solarne dimnjake



Slika 1. Moguće rešenje za pasivno hlađenje PV modula pomoću Solarnih dimnjaka u dvovodnom krovu jedne stambene kuće.



Slika 2. Prikaz procesa razmene toplote uz površine krovnih PV modula



gde je:

- $Q'_{E,s,S}$ - direktna solarna iradijansa, [$W \cdot m^{-2}$]
- $Q_{E,s,S} = Q'_{E,s,S} \cdot \cos \delta$ - komponenta solarne iradijanse koja je normalna na gornju površinu PV modula/sekcije, [$W \cdot m^{-2}$]
- δ - ugao između sunčevih zraka i normale \vec{n} , [$^{\circ}$]
- \vec{n} - normala na gornju površinu PV modula/sekcije
- γ - ugao između vertikale i normale \vec{n} , [$^{\circ}$]
- g - ubrzanje Zemljine teže, [$m \cdot s^{-2}$]
- α_S - koeficijent apsorpcije solarne zračenja za gornju površinu PV modula/sekcije, [-]
- Ψ - ugao inklinacije u odnosu na vertikalnu, [$^{\circ}$]
- $Q_{th,s,UF \rightarrow a}$ - snaga razmene toplote prirodnom konvekcijom između gornje površine PV modula/sekcije i spoljašnjeg vazduha, [$W \cdot m^{-2}$]
- $Q_{tr,s,UF \rightarrow a}$ - rezultantna snaga razmene toplote zračenjem između gornje površine PV modula/sekcije i ambijenta, [$W \cdot m^{-2}$]
- $Q_{th,s,DF \rightarrow a}$ - snaga razmene toplote mešovitom konvekcijom između donje površine PV modula/sekcije i unutrašnjeg vazduha, [$W \cdot m^{-2}$]
- $Q_{tr,s,DF \rightarrow a}$ - rezultantna snaga razmene toplote zračenjem između donje površine PV modula/sekcije i ambijenta, [$W \cdot m^{-2}$]
- Q_{el} - ukupna snaga generisanja električne energije u PV modulu/sekciji, [W]
- S - gornja ili donja površina PV modula/sekcije, [m^2]

$$\alpha_S \cdot S \cdot Q_{E,s,S} = S \cdot Q_{th,s,UF \rightarrow a} + S \cdot Q_{tr,s,UF \rightarrow a} + S \cdot Q_{th,s,DF \rightarrow a} + S \cdot Q_{tr,s,DF \rightarrow a} + Q_{el} \dots\dots\dots(2)$$



- › Koeficijenti razmene toplote putem mešovite konvekcije prouzrokovane vetrom uz gornju i donju površinu PV modula dati su jednačinom 3:

$$h_c = a + b \cdot V^n = Nu \cdot k_t / L_c + 7,4 \cdot V \quad \dots\dots(3)$$

- › Vrednost koeficijenta b određena je na osnovu rezultata eksperimenta koje su sprovedi Date i ostali u svom radu.
- › Pretpostavlja se da brzina vetra ne utiče na brzinu strujanja vazduha u kanalu solarnog dimnjaka.
- › Pomoću datog modela dobijaju se srednja temperatura PV modula/sekcije, koeficijenti razmene toplote i njima odgovarajuće snage gubitaka.
- › Nebo i krovna površina su modelirani beskonačnim horizontalnim ravnim pločama odgovarajuće temperature.

Rezultati

Tabela 1. Rezultati simulacija pasivnog hlađenja PV modula pomoću solarnih dimnjaka

| Redni broj | H_{SC} | V_D | T_{PV} | $h_{UF} [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$ | | $h_{r,UF}$ | $h_{DF} [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$ | | $h_{r,DF}$ |
|------------|----------|----------------------|----------|--|---------------|---------------------------------------|--|---------------|---------------------------------------|
| | [m] | [m·s ⁻¹] | [°C] | a | $b \cdot V_w$ | [W·m ⁻² ·K ⁻¹] | a | $b \cdot V_D$ | [W·m ⁻² ·K ⁻¹] |
| 1 | 0,5 | 0,537 | 45,122 | 4,1561 | 0 | 5,1791 | 3,8206 | 3,9738 | 5,9634 |
| 2 | 1,0 | 0,649 | 44,431 | 4,1175 | 0 | 5,1605 | 3,7931 | 4,8026 | 5,9428 |
| 3 | 1,5 | 0,720 | 44,012 | 4,0942 | 0 | 5,1491 | 3,7759 | 5,3280 | 5,9303 |
| 4* | 0,5 | 0,537 | 44,779 | 4,1371 | 0 | 5,1696 | 3,8069 | 4,3794 | 5,9530 |
| 5* | 1,0 | 0,649 | 44,422 | 4,1170 | 0 | 5,1600 | 3,7925 | 4,8147 | 5,9424 |
| 6* | 1,5 | 0,720 | 44,216 | 4,1053 | 0 | 5,1545 | 3,7842 | 5,0713 | 5,9362 |
| 7 | 0,5 | 1,1407 | 43,342 | 4,0540 | 0 | 5,1312 | 1,5164 | 8,4412 | 5,9104 |
| 8 | 1,0 | 1,1895 | 43,073 | 4,0382 | 0 | 5,1240 | 1,5105 | 8,8023 | 5,9025 |
| 9 | 1,5 | 1,2331 | 42,839 | 4,0242 | 0 | 5,1177 | 1,5053 | 9,1249 | 5,8956 |
| 10* | 0,5 | 1,1407 | 43,213 | 4,0472 | 0 | 5,1276 | 3,7426 | 6,3838 | 5,9065 |
| 11* | 1,0 | 1,1895 | 43,114 | 4,0414 | 0 | 5,1249 | 3,7384 | 6,5190 | 5,9036 |
| 12* | 1,5 | 1,2331 | 43,028 | 4,0368 | 0 | 5,1226 | 3,7346 | 6,6375 | 5,9010 |



Zaključak

- › Predloženi dizajn solarnih dimnjaka može da snizi radnu temperaturu PV modula (do 2 °C) i da poveća brzinu struje vazduha u kanalu solarnog dimnjaka (za nešto više od 2 puta).
- › Srednja temperatura PV modula od 44,431 °C, iz drugog reda tabele 1, odgovara izmerenoj temperaturi donje površine PV modula od približno 43 °C iz eksperimenata koje su sproveli Date i ostali.
- › Vrednosti temperatura PV modula i koeficijenata razmene toplote izračunatih pomoću predloženog modela dobro se slažu s vrednostima izračunatim pomoću modifikovanog modela koji su razvili autori ovog rada za modeliranje procesa razmene toplote sa nagnutih ravnih ploča putem konvekcije i radijacije.



Hvala na pažnji !