



ΑΣΚΗΣΗ ΦΒ – Πολυκρυσταλλικά vs Λεπτά Υμένια

Δύο επενδυτές πρόκειται να πραγματοποιήσουν από μια εγκατάσταση ΦΒ πλαισίων δυναμικότητας 80 kWp στο νομό Χανίων (γεωγραφικό πλάτος 35°) σε γειτονικά αγροτεμάχια τα οποία είναι επίπεδα. Για τη συγκεκριμένη περιοχή μας είναι διαθέσιμες οι ετήσιες μέσες τιμές ηλιακής πρόσπτωσης σε οριζόντιο επίπεδο ($I_0=1550$ kWh/m²), απόκλισης ηλίου ($\delta = 0.92^\circ$) και η μέση γωνία δύσης του ηλίου ($\omega_s=73.2^\circ$).

(α) Ο 1^{ος} επενδυτής έχει στη διάθεση του 318 πλαίσια πολυκρυσταλλικού πυριτίου των 250 Wp με τάση και ρεύμα στο μέγιστο σημείο ισχύος 34.9 V και 7.18 A, αντίστοιχα και οι διαστάσεις των πλαισίων είναι 1.61x0.86 m. Η απόδοση των πλαισίων είναι 16.5 % και η αγορά τους κόστισε 1.6 €/Wp. Το αγροτεμάχιο που θα πραγματοποιηθεί η εγκατάσταση έχει έκταση 850 m². Τα πλαίσια θα τοποθετηθούν με νότιο προσανατολισμό, γωνία κλίσης ως προς το οριζόντιο επίπεδο 26° και οι εργασίες διαμόρφωσης χώρου θα κοστίσουν 8000 €.

(β) Ο 2^{ος} επενδυτής έχει στη διάθεση του 760 πλαίσια αμόρφου πυριτίου των 105 Wp με τάση και ρεύμα στο μέγιστο σημείο ισχύος 31.4 V και 3.35 A, αντίστοιχα και οι διαστάσεις των πλαισίων είναι 1.31x1.11 m. Η απόδοση των πλαισίων είναι 7.1 % και η αγορά τους κόστισε 0.95 €/Wp. Το αγροτεμάχιο που θα πραγματοποιηθεί η εγκατάσταση έχει έκταση 1700 m². Τα πλαίσια θα τοποθετηθούν με νότιο προσανατολισμό, γωνία κλίσης ως προς το οριζόντιο επίπεδο 22° και οι εργασίες διαμόρφωσης χώρου θα κοστίσουν 12000 €.

Επιπλέον, και οι δυο επενδυτές επέλεξαν για τη κάθε εγκατάσταση 10 αναστροφείς των 8.5 kWp με μέγιστη τάση εισόδου 600 V και με μέγιστο ρεύμα εισόδου 46 A. Το βέλτιστο λειτουργίας τους είναι για περιοχές τάσεων 300 – 400 V και ρεύματος 20 – 27 A (απώλειες 4 %). Σε οποιαδήποτε άλλη περίπτωση είναι της τάξης του 8 %. Το κόστος των αναστροφέων ήταν 0.45 €/Wp.

Αφού πραγματοποιήσετε τη βέλτιστη δυνατή διαστασιολόγηση της κάθε μιας εγκατάστασης (αριθμός συστοιχιών, πλαίσια σε σειρά / παράλληλα ανά συστοιχία) να υπολογίσετε ποιος από τους δυο επενδυτές θα αποσβέσει ταχύτερα την επένδυσή του. Για τον υπολογισμό της απόσβεσης θεωρείστε ότι η τιμή πώλησης τη παραγόμενης ενέργειας είναι 0.375 €/kWh, οι ετήσιοι φόροι 20 % και οι απώλειες σε καλωδιώσεις είναι για τη 1^η εγκατάσταση 6.5 % και τη 2^η 10.5 %. Επιπλέον, αν θεωρείτε ότι σε κάποια από τις εγκαταστάσεις υπάρχουν σιιάσεις να τις συμπεριλάβετε στους υπολογισμούς σας ως απώλειες της τάξης 4 % επί της συνολικής παραγόμενης ενέργειας.

ΛΥΣΗ

A. Βελτιστοποίηση - Διαστασιολόγηση

Πολυκρυσταλλικά: Με βάση το ρεύμα των πλαισίων για να είμαι εντός των βέλτιστων ορίων λειτουργίας του αναστροφέα οι συστοιχίες πρέπει να έχουν υποχρεωτικά 3 σειρές πλαισίων παράλληλα

$$3 \times 7.18 \text{ A} = 21.54 \text{ A}$$

Με βάση τη τάση των πλακιδίων για να είμαστε εντός των βέλτιστων ορίων λειτουργίας του αναστροφέα οι συστοιχίες μπορούν να έχουν 9, 10 ή 11 πλακίδια σε σειρά

$$9 \times 34.9 = 314.1 \text{ V}, 10 \times 34.9 = 349 \text{ V}, 11 \times 34.9 = 383.9 \text{ V}$$

Με βάση τα παραπάνω και λαμβάνοντας υπ' όψη ότι έχουμε 10 αναστροφείς ένας βέλτιστος σχεδιασμός για τις συστοιχίες θα ήταν:

$$8 \text{ συστοιχίες} \times 11 \text{ στοιχειοσειρές} \times 3 \text{ παράλληλα} = 264 \text{ πλακίδια και}$$

$$\text{Ισχύς συστοιχίας} 33 \times 250 \text{ Wp} = 8250 \text{ Wp} \text{ (στα όρια του αναστροφέα)}$$

$$2 \text{ συστοιχίες} \times 9 \text{ στοιχειοσειρές} \times 3 \text{ παράλληλα} = 54 \text{ πλακίδια}$$

Σύνολο 318 πλακίδια

Λεπτών υμενίων: Με βάση το ρεύμα των πλακιδίων για να είμαι εντός των βέλτιστων ορίων λειτουργίας του αναστροφέα οι συστοιχίες μπορούν να έχουν 6, 7 ή 8 σειρές πλακιδίων παράλληλα

$$6 \times 3.35 = 20.1, 7 \times 3.35 \text{ A} = 23.45 \text{ A} \text{ ή } 8 \times 3.35 \text{ A} = 26.8$$

Με βάση τη τάση των πλακιδίων για να είμαστε εντός των βέλτιστων ορίων λειτουργίας του αναστροφέα οι συστοιχίες μπορούν να έχουν 10, 11 ή 12 πλακίδια σε σειρά

$$10 \times 31.4 = 314 \text{ V}, 11 \times 31.4 = 345.4 \text{ V}, 12 \times 31.4 = 376.8 \text{ V}$$

Με βάση τα παραπάνω και λαμβάνοντας υπ' όψη ότι έχουμε 10 αναστροφείς ένας βέλτιστος σχεδιασμός για τις συστοιχίες θα ήταν:

$$8 \text{ συστοιχίες} \times 10 \text{ στοιχειοσειρές} \times 8 \text{ σε παράλληλα} = 640 \text{ πλακίδια}$$

$$\text{Ισχύς συστοιχίας} 80 \times 105 \text{ Wp} = 8400 \text{ Wp} \text{ (στα όρια του αναστροφέα)}$$

$$2 \text{ συστοιχίες} \times 10 \text{ στοιχειοσειρές} \times 6 \text{ σε παράλληλα} = 120 \text{ πλακίδια}$$

Σύνολο 760 πλακίδια

Επιφάνεια κάλυψης – Σκιάσεις

$$\text{Πολυκρυσταλλικά: } 318 \times 1.61 \times 0.86 = 440.3 \text{ m}^2$$

$$\text{Λεπτών υμενίων: } 760 \times 1.31 \times 1.11 = 1105.1$$

Διάγραμμα Monogon εμπειρική σχέση

$$\frac{a}{v} = 4.2 \times 10^{-3} \times \varphi^2 - 0.1661\varphi$$

Πολυκρυσταλλικά: $v = \gamma \times \sin \beta$, γ =μήκος του πλακιδίου και β γωνία κλίσης των πλακιδίων

$$v = 1.61 \times \sin 26^\circ = 0.71$$

$\alpha = 1.56$ m απόσταση μεταξύ των πλαισίων

Προσεγγιστικά ο χώρος που απαιτείται είναι $318 \times (1.56 + 1.611 \times \cos 26^\circ) \times 0.86 = 822 \text{ m}^2$ – Δε θα έχουμε σκιάσεις

Λεπτών υμενίων:

$$v = 1.31 \times \sin 22^\circ = 0.49$$

$\alpha = 1.08$ m απόσταση μεταξύ των πλαισίων

Προσεγγιστικά ο χώρος που απαιτείται είναι $760 \times (1.08 + 1.31 \times \cos 22^\circ) \times 1.11 = 1931 \text{ m}^2$ – Θα έχουμε σκιάσεις

Πρόσπτωση ηλιακής ακτινοβολίας – Παραγωγή Ενέργειας

Πρόσπτωση ηλιακής ακτινοβολίας σε ολική οριζόντια επιφάνεια

Πολυκρυσταλλικά: $I_{ολ} = I_o \times A_{πλαισίων} = 1550 \text{ kWh/m}^2 \times 440.3 \text{ m}^2 = 682000 \text{ kWh}$

Λεπτών Υμενίων: $I_{ολ} = I_o \times A_{πλαισίων} = 1550 \text{ kWh/m}^2 \times 1105.1 \text{ m}^2 = 1712105 \text{ kWh}$

Πρόσπτωση ηλιακής ακτινοβολίας στη κεκλιμένη επιφάνεια

Πολυκρυσταλλικά: $I_{ολ,\beta} = I_{ολ} \times r_b,$

$$r_b = \frac{\cos \theta_o}{\cos \theta_z}, \quad \cos \theta_z = \sin \delta \cdot \sin \varphi + \cos \delta \cdot \cos \varphi \cdot \cos \omega = \sin \alpha$$

$$\cos \theta_o = \sin \delta \cdot \sin(\varphi - \beta) + \cos \delta \cdot \cos(\varphi - \beta) \cdot \cos \omega = \sin \alpha,$$

$R_b = 1.17, I_{ολ,\beta} = I_{ολ} \times r_b = 797940 \text{ kWh}$

Λεπτών Υμενίων: $I_{ολ,\beta} = I_{ολ} \times r_b, r_b = 1.15$ και : $I_{ολ,\beta} = 1969841 \text{ kWh}$

Παραγωγή Ενέργειας

Πολυκρυσταλλικά: $I_{παο} = I_{ολ,\beta} \times \text{απόδοση} - I_{ολ,\beta} \times \text{απόδοση} \times \text{απώλειες} = I_{ολ,\beta} \times 0.165 - I_{ολ,\beta} \times 0.165 \times (0.04 + 0.065) = 131660 - 13824 = \mathbf{117835 \text{ kWh}}$

Λεπτών Υμενίων: $I_{παο} = I_{ολ,\beta} \times \text{απόδοση} - I_{ολ,\beta} \times \text{απόδοση} \times \text{απώλειες} = I_{ολ,\beta} \times 0.071 - I_{ολ,\beta} \times 0.165 \times (0.04 + 0.105 + 0.04) = 139859 - 25874 = \mathbf{113985 \text{ kWh}}$

Κόστος Εγκατάστασης – Απόσβεση

Πολυκρυσταλλικά Κόστος: $320 \times 250 \text{ Wp} \times 1.6 \text{ €/Wp} + 10 \times 8500 \text{ Wp} \times 0.45 \text{ €/Wp} + 8000 \text{ €} = 139825 \text{ €}$

Λεπτών Υμενίων Κόστος: $762 \times 105 \text{ Wp} \times 0.95 \text{ €/Wp} + 10 \times 8500 \text{ Wp} \times 0.45 \text{ €/Wp} + 12000 \text{ €} = 91835 \text{ €}$

Ετήσια Έσοδα πώλησης ενέργειας Πολυκρυσταλλικά : $117835 \text{ kWh} \times 0.375 \text{ €/KWh} - 0.2 \times (117835 \text{ kWh} \times 0.375 \text{ €/KWh}) = 35351 \text{ €}$, **απόσβεση στην τετραετία**

Ετήσια Έσοδα πώλησης ενέργειας Λεπτών Υμενίων : $113985 \text{ kWh} \times 0.375 \text{ €/KWh} - 0.2 \times (113985 \text{ kWh} \times 0.375 \text{ €/KWh}) = 34195 \text{ €}$, **απόσβεση στην τριετία**

