

ΜΕΛΕΤΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ

Εργοδότης	: ΔΗΜΟΣ ΤΕΜΠΩΝ
Έργο	: ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΑΠΕ ΣΤΟ ΓΥΜΝΑΣΙΟ – ΛΥΚΕΙΟ ΓΟΝΝΩΝ
Θέση	: ΓΟΝΝΟΙ ΛΑΡΙΣΑΣ
Ημερομηνία	: ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2019
Μελετητές	: ΒΑΣΙΛΙΚΗ ΜΠΑΡΜΠΟΥΤΗ ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ Τ.Ε. : ΓΕΩΡΓΙΑ ΧΑΔΟΥΛΟΥ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ Π.Ε.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα μελέτη αφορά την τεχνο-οικονομική αξιολόγηση συστήματος Φωτοβολταϊκών Συλλεκτών συνδεδεμένων με το δίκτυο της ΔΕΗ. Η σύνταξή της βασίστηκε στα ακόλουθα βοηθήματα:

α) *Εφαρμογές της Ηλιακής Ενέργειας, Ε. Βαζαίος*

β) *Φωτοβολταϊκές Εγκαταστάσεις, Στ. Πέρδιος*

γ) *German Solar Energy Society, 'Planning and installing Photovoltaic Systems: A Guide for installers, Architects and Engineers.' James and James/Earthscan, 2005*

2. ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ & ΚΑΝΟΝΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ

Υπολογισμός Ηλεκτρικής Ενέργειας ΦΒ Πλαισίου

Λαμβάνοντας υπόψιν τους συντελεστές μείωσης της απόδοσης, η μέγιστη αποδιδόμενη ηλεκτρική ενέργεια, που παράγουν Ν ΦΒ πλαίσια επί ένα χρονικό διάστημα, δίνεται από τη σχέση:

$$E_{m\pi} = E_{HA} \cdot N \cdot S_{\pi} \cdot \eta_{\pi} \cdot \sigma_{\alpha} \cdot \sigma_{\kappa} \cdot \sigma_{\mu}$$

Όπου:

E_{HA} : ενέργεια προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας

S_{π} : επιφάνεια ΦΒ πλαισίου

η_{π} : βαθμός απόδοσης ΦΒ πλαισίου $\eta_{\pi} = \eta_{STC} \cdot \sigma_{\gamma} \cdot \sigma_{\delta} \cdot \sigma_{\theta} \cdot \sigma_{\rho}$

η_{STC} : βαθμός απόδοσης ΦΒ πλαισίου σε πρότυπες συνθήκες ελέγχου STC

$\sigma_{\gamma} / \sigma_{\rho} / \sigma_{\theta} / \sigma_{\delta}$: συντελεστής γήρανσης/ρύπανσης/θερμοκρασίας/διόδου

$\sigma_{\alpha} / \sigma_{\kappa} / \sigma_{\mu}$: συντελεστής ανομοιογένειας/καλωδιώσεων/απωλειών μεταφοράς ενέργειας

Επίδραση της θερμοκρασίας

Η απόδοση των Φ/Β στοιχείων επηρεάζεται σημαντικά από τη θερμοκρασία. Ο συντελεστής απόδοσης που δίνεται για τα ηλιακά στοιχεία ή για τα Φ/Β πλαίσια αντιστοιχεί σε μια συμβατική θερμοκρασία 20°C, που συχνά, τους θερινούς μήνες διαφέρει αξιολόγα από την πραγματική θερμοκρασία του στοιχείου. Έχει μετρηθεί ότι λόγω της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχονται αλλά και λόγω των ηλεκτρικών απωλειών που πραγματοποιούνται πάνω τους, στις αντιστάσεις σειράς, τα ηλιακά στοιχεία αποκτούν κατά τη λειτουργία τους θερμοκρασία μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία του αέρα του περιβάλλοντος κατά 25 ως 30 C, ανάλογα με την ταχύτητα του ανέμου. Για τη διόρθωση του παραπάνω σφάλματος χρησιμοποιείται ο αδιάστατος συντελεστής σ_{θ} που ορίζεται ως εξής:

$$\sigma_{\theta} = 1 - ((t_{\alpha} + 30) - 25) \cdot 0.004$$

όπου:

- t_{α} : η μέση μηνιαία θερμοκρασία αέρα

Βαθμός Απόδοσης ΦΒ Πλαισίου

Το πηλίκο της μέγιστης αποδιδόμενης ηλεκτρικής ισχύος προς την προσπίπτουσα ισχύ της ηλιακής ακτινοβολίας, ονομάζεται βαθμός απόδοσης η_{π} του ΦΒ πλαισίου.

$$\eta_{\pi} = \frac{P_{m\pi}}{P_{HA}}$$

όπου:

$P_{m\pi}$: μέγιστη αποδιδόμενη ηλεκτρική ισχύς ΦΒ πλαισίου

P_{HA} : ισχύς προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας

Αν η ισχύς της ηλιακής ακτινοβολίας δίνεται ανά μονάδα επιφάνειας, δηλαδή σε W/m^2 , η σχέση του βαθμού απόδοσης γίνεται

$$\eta_{\pi} = \frac{P_{m\pi}}{P_{HA} \cdot S_{\pi}}$$

όπου:

$P_{m\pi}$: μέγιστη αποδιδόμενη ηλεκτρική ισχύς ΦΒ πλαισίου
 P_{HA} : ισχύς προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας
 S_{π} : επιφάνεια ΦΒ πλαισίου

Ο βαθμός απόδοσης η_{π} του ΦΒ πλαισίου επηρεάζεται από τους εξής παράγοντες:

• Γήρανση

Η απόδοση του ΦΒ πλαισίου μειώνεται λόγω της αλλοίωσης των υλικών κατασκευής των ΦΒ στοιχείων. Για τη διαχρονική μείωση της απόδοσης λαμβάνουμε το **συντελεστή γήρανσης $\sigma_{\gamma} = 0,90$** .

• Ρύπανση επιφάνειας

Η απόδοση του ΦΒ πλαισίου μειώνεται λόγω της ρύπανσης της επιφάνειας του από την επικάλυψη σκόνη, φύλλων, χιονιού, αλατιού από τη θάλασσα, εντόμων, ακαθαρσιών κλπ. Γι' αυτό λαμβάνουμε ένα συντελεστή ρύπανσης σ_{ρ} με τις ακόλουθες τιμές:

$\sigma_{\rho} = 0,95$ για πλαίσια που καθαρίζονται συχνά
 $0,90$ για πλαίσια ελαφρώς σκονισμένα
 $0,80$ για πλαίσια οριζόντια και ακάθαρτα

• Δίοδος αντεπιστροφής

Η δίοδος αντεπιστροφής ΔA , που εμποδίζει την εκφόρτιση του ηλεκτρικού συσσωρευτή διαμέσου του ΦΒ πλαισίου, όταν αυτό δεν φωτίζεται, προκαλεί απώλειες ενέργειας της τάξης του 1%. Οι απώλειες αυτές λαμβάνονται υπόψιν με τον **συντελεστή απωλειών διόδου $\sigma_{\delta} = 0,99$** .

Στους υπολογισμούς των ΦΒ συστημάτων, ο βαθμός απόδοσης η_{STC} του ΦΒ πλαισίου, που δίνεται σε πρότυπες συνθήκες ελέγχου STC, θα πρέπει να πολλαπλασιάζεται με το γινόμενο των συντελεστών μείωσης της απόδοσης ($\sigma_{\gamma} \cdot \sigma_{\delta} \cdot \sigma_{\theta} \cdot \sigma_{\rho}$).

3. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ

Η οικονομική αξιολόγηση της ΦΒ εγκατάστασης γίνεται με βάση τους εξής οικονομικούς συντελεστές

- τη καθαρά παρούσα αξία και
- τον εσωτερικό συντελεστή απόδοσης της εγκατάστασης.

Η έντοκη περίοδος αποπληρωμής καθορίζει το έτος από το οποίο αρχίζει η επένδυση να χαρακτηρίζεται βιώσιμη.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1 : ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ - ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ - ΣΥΛΛΕΚΤΗΣ 1

ΟΝΟΜΑ ΠΟΛΗΣ	:	Λάρισα				
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΠΛΑΤΟΣ	:	39.4°				
ΚΛΙΣΗ ΣΥΛΛΕΚΤΗ	:	30.0°				
ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	:	N				
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΚΙΑΣΗΣ	:	1.0				
ΜΗΝΑΣ	ΗΜΕΡΕΣ ΑΕΡΑ	ΘΕΡΜ/ΣΙΑ ΑΝΑ ΗΜΕΡΑ	ΗΛ.ΑΚΤΙΝ. ΑΝΑ ΜΗΝΑ	ΗΛ.ΑΚΤΙΝ. ΜΕ ΣΚΙΑΣΗ ΑΝΑ ΜΗΝΑ	ΗΛ. ΑΚΤΙΝ.	
	(°C)	(KWh/m2)	(KWh/m2)	(KWh/m2)		
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	31	5.2	2.33	72.22	72.22	
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	28	6.8	3.17	88.88	88.88	
ΜΑΡΤΙΟΣ	31	9.5	4.22	130.91	130.91	
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	30	14.0	5.29	158.63	158.63	
ΜΑΙΟΣ	31	19.7	5.41	167.56	167.56	
ΙΟΥΝΙΟΣ	30	25.2	5.63	168.92	168.92	
ΙΟΥΛΙΟΣ	31	27.3	6.40	198.49	198.49	
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	31	26.3	5.77	178.82	178.82	
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	30	21.9	5.01	150.40	150.40	
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	31	16.3	4.28	132.75	132.75	
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	30	10.9	3.55	106.54	106.54	
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	31	6.5	3.05	94.59	94.59	
ΣΥΝΟΛΟ			1648.72			

ΠΙΝΑΚΑΣ 2 : ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ - ΣΥΛΛΕΚΤΗΣ 1

ΜΗΝΑΣ ΠΑΡΑΓ. ΗΛ.	ΗΜΕΡΕΣ	ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝ/ΜΗΝΑ ΜΕ ΣΚΙΑΣΗ (KWh)	ΗΛΙΑΚΗ ΗΛ. ΕΝΕΡΓΕΙΑ (KWh)	ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓ./ΗΜΕΡΑ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 105.14	31	72.22	72.22	3259.35
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 142.30	28	88.88	88.88	3984.32
ΜΑΡΤΙΟΣ 187.17	31	130.91	130.91	5802.26
ΑΠΡΙΛΙΟΣ 229.87	30	158.63	158.63	6896.15
ΜΑΙΟΣ 229.19	31	167.56	167.56	7104.90
ΙΟΥΝΙΟΣ 232.92	30	168.92	168.92	6987.57
ΙΟΥΛΙΟΣ 262.33	31	198.49	198.49	8132.31
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ 237.43	31	178.82	178.82	7360.26
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 210.50	30	150.40	150.40	6315.10
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 184.31	31	132.75	132.75	5713.73
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 156.47	30	106.54	106.54	4693.96
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 136.96	31	94.59	94.59	4245.68
	ΣΥΝΟΛΟ	1648.72	1648.72	70495.59

ΜΕΛΕΤΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟΥ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ

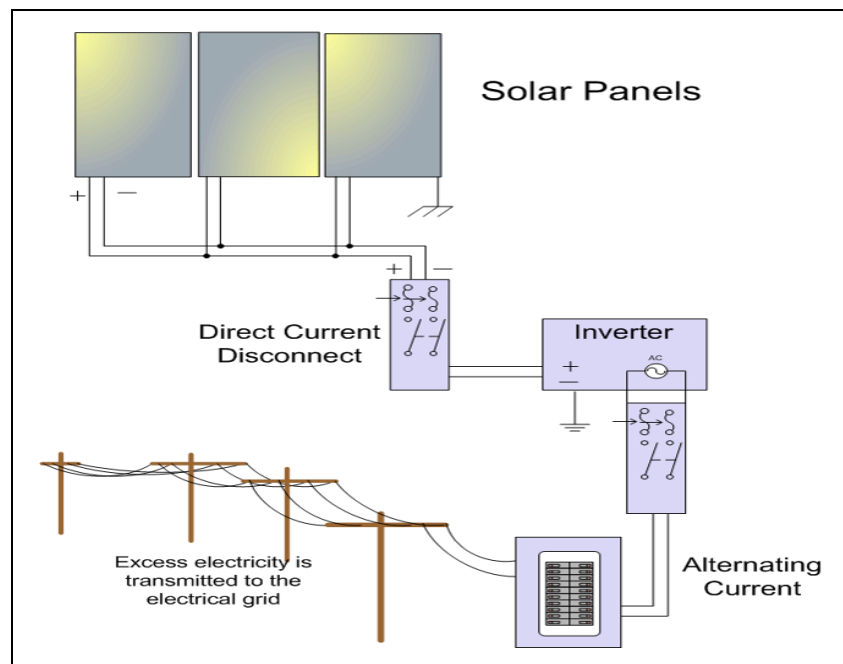
Γενικά

Προβλέπεται η εγκατάσταση στη στέγη της σχολικής μονάδας, διασυνδεδεμένου Φωτοβολταϊκού συστήματος συνολικής ονομαστικής ισχύος 50kW-el. Το σύστημα θα αποτελείται από φωτοβολταϊκούς συλλέκτες υψηλής απόδοσης (πολυκρυσταλλικού ή μονοκρυσταλλικού πυριτίου) με πλαίσιο και βάσεις στήριξης αλουμινίου, ονομαστικής ισχύος 180 – 240W έκαστος. Στο σύστημα επίσης θα περιλαμβάνονται οι απαραίτητοι μετατροπείς συχνότητας / ισχύος (Inverter), καθώς και μετρητικό / καταγραφικό σύστημα συνδεδεμένο με το BMS.

Τα οριστικά τεχνικά στοιχεία του συστήματος θα καθοριστούν κατά την εκπόνηση της μελέτης εφαρμογής.

Η εγκατάσταση θα διαθέτει το ηλεκτρικό ρεύμα στο τοπικό δίκτυο της επιχείρησης ηλεκτρισμού και μέσω της μορφής αυτοπαραγωγού ηλεκτρικής ενέργειας (Net metering/Feed in tariff) και αποκλειστικό σκοπό την μείωση των καταναλώσεων ηλεκτρισμού του κτηρίου με ισοδύναμη λειτουργία σε όλη τη διάρκεια του έτους.

Για την σύνδεση του συστήματος αυτού απαιτούνται οι απαραίτητες οι απαραίτητες εκδόσεις αδείας από την επιχείρηση ηλεκτρισμού, οι οποίες δεν υπόκεινται στους περιορισμούς ορίων εγκατεστημένης ισχύος των περιοχών.



Σχήμα 3.1 Τυπικό διάγραμμα διασυνδεδεμένου Φ/Β συστήματος

Τα περιβαλλοντικά και οικονομικά πλεονεκτήματα των φωτοβολταϊκών είναι αδιαμφισβήτητα, και αναμένεται να συμβάλλουν σημαντικά στην ενεργειακή αναβάθμιση της σχολικής μονάδας και στη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Επιλέγεται η σύνδεση του Φωτοβολταϊκού Σταθμού στο δίκτυο του ΔΕΔΔΗΕ με τη μορφή του Ενεργειακού Συμφηφισμού (Net Metering), δεδομένου ότι η ονομαστική ισχύς του σταθμού δεν ξεπερνάει το 50% της συμφωνηθείσας - με το ΔΕΔΔΗΕ - ισχύος.

Κάθε κιλοβατώρα που παράγεται από φωτοβολταϊκά, και άρα όχι από συμβατικά καύσιμα, συνεπάγεται την αποφυγή έκλυσης 1,1 κιλών διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα (με βάση το σημερινό ενεργειακό μείγμα στην Ελλάδα και τις μέσες απώλειες του δικτύου). Ένα τυπικό φωτοβολταϊκό σύστημα του ενός κιλοβάτ, αποτρέπει κάθε χρόνο την έκλυση 1,4 τόνων διοξειδίου του άνθρακα, όσο δηλαδή θα απορροφούσαν δύο στρέμματα δάσους.

Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα πυροδοτούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου και αλλάζουν το κλίμα της Γης, ενώ η ατμοσφαιρική ρύπανση έχει σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία και το περιβάλλον. Υπενθυμίζεται ότι το φαινόμενο του θερμοκηπίου θεωρείται πια, σε παγκόσμιο αλλά και σε τοπικό επίπεδο, υπεύθυνο – σε πολύ μεγάλο βαθμό – για τις υπερβολικά αυξημένες θερμοκρασίες, ιδιαίτερα το καλοκαίρι, για την αυξημένη ξηρασία (μείωση της στάθμης των υδροφόρων οριζόντων και των επιφανειακών νερών), αλλά και για την αύξηση της έντασης καιρικών φαινομένων, όπως οι ξαφνικές και καταστρεπτικές πλημμύρες, κ.α.

Ο συμψηφισμός παραγόμενης-καταναλισκόμενης ενέργειας αποτελεί ένα από τα εργαλεία προώθησης της αυτοπαραγωγής και ιδιοκατανάλωσης, επιτρέπει στον καταναλωτή να καλύψει ένα σημαντικό μέρος των ιδιοκαταναλώσεών του, ενώ παράλληλα του δίνει τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσει το δίκτυο για έμμεση αποθήκευση της πράσινης ενέργειας.

Το ΦΒ σύστημα που είναι συνδεδεμένο στο δίκτυο περιλαμβάνει τη ΦΒ συστοιχία, το μετατροπέα τάσεως DC-AC (inverter) και δυο μετρητές για την εξερχόμενη και εισερχόμενη ηλεκτρική ενέργεια.

1.Επιθυμητή ισχύς αιχμής ΦΒ συστοιχίας $P_{p\Sigma}$

$P_{p\Sigma}$ (KWp)	Προσανατολισμός (°)
51.52	180

2.Επιθυμητή επιφάνεια εγκατάστασης ΦΒ συστοιχίας S_{Σ}

S_{Σ} (m ²)	Προσανατολισμός (°)
301.17	180

3.Γωνία κλίσης πλαισίων

Επιλέγεται γωνία κλίσης β και προσανατολισμός ως εξής:

Γωνία κλίσης β (°)	Προσανατολισμός (°)
30.00	180

4.Αριθμός συλλεκτών

Επιλέγεται συλλέκτης τύπου πολυκρυσταλλική με ισχύ αιχμής συλλέκτη $P_{ρπ} = 0.28kW_p$

$$N = \frac{P_{ρΣ}}{P_{ρπ}} \quad N = 184 \text{ συλλέκτες}$$

Ο αριθμός των συλλεκτών ανά στοιχειοσειρά που επιλέγεται θα πρέπει να είναι μεταξύ 16 και 24 και ο αριθμός των στοιχειοσειρών ανά μετατροπέα τάσης δεν θα πρέπει να ξεπερνάει το 2.

Επομένως, θα τοποθετηθούν **36 συλλέκτες ανά στοιχειοσειρά** και συνολικά **6 στοιχειοσειρές**.

5. Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά συλλεκτών

Οι συγκεκριμένοι συλλέκτες έχουν τα εξής ηλεκτρικά χαρακτηριστικά:

Τάση ανοιχτού κυκλώματος στους $-10^{\circ}C$: $V_{oc(-10^{\circ}C)} = 38.60$

Τάση στο μέγιστο σημείο ισχύος στους $70^{\circ}C$: $V_{mp(70^{\circ}C)} = 28.20$

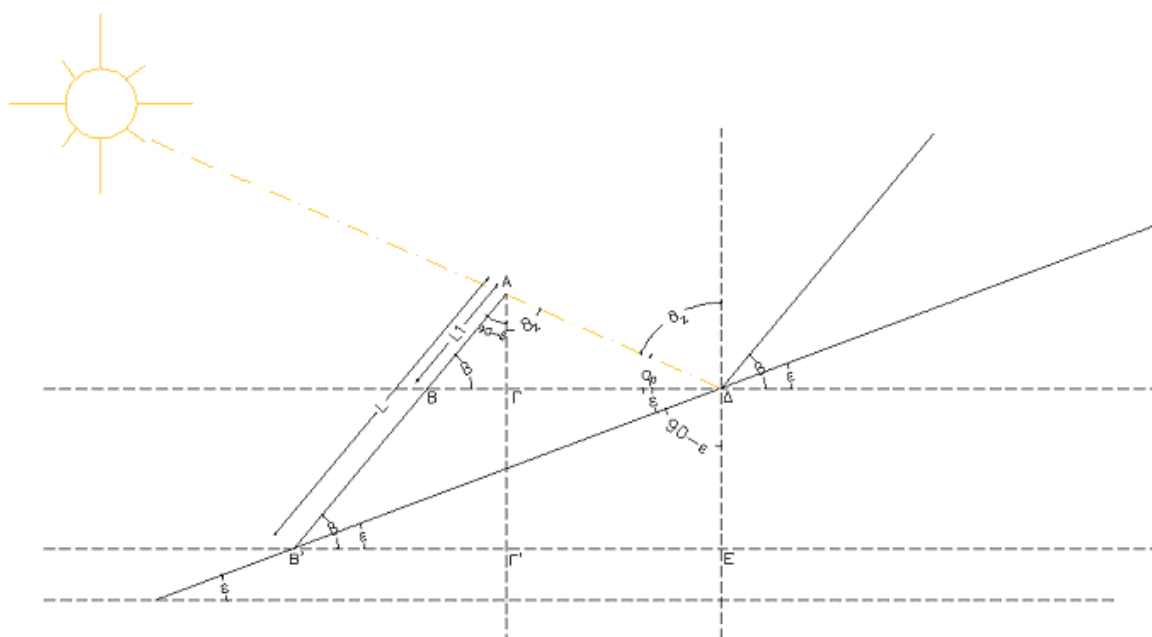
Τάση στο μέγιστο σημείο ισχύος στους $20^{\circ}C$: $V_{mp(20^{\circ}C)} = 30.10$

Ρεύμα στο μέγιστο σημείο ισχύος σε STC : $I_{mp} = 8.69$

6.Συνδεσμολογία ΦΒ συστοιχίας – Απαιτούμενη απόσταση μεταξύ των συλλεκτών

Κατά την τοποθέτηση των ΦΒ πλαισίων της συστοιχίας απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή, γιατί δεν πρέπει η μια σειρά πλαισίων να σκιάζει αισθητά την επόμενη.

Η ελάχιστη απόσταση μεταξύ δυο γειτονικών σειρών ΦΒ πλαισίων υπολογίζεται από τις παρακάτω σχέσεις:



$$B'D = L * \sin (\beta + \alpha_p) / \sin (\alpha_p + \epsilon)$$

Όπου:

β : Κλίση ηλιακού συλλέκτη

ϵ : Κλίση του επιπέδου τοποθέτησης του συλλέκτη

φ : Γεωγραφικό μήκος

γ : Αζιμούθια γωνία

ω : Ωριαία γωνία

L : Μήκος συλλέκτη

α_p : Γωνία που σχηματίζει ο Ήλιος με το οριζόντιο επίπεδο

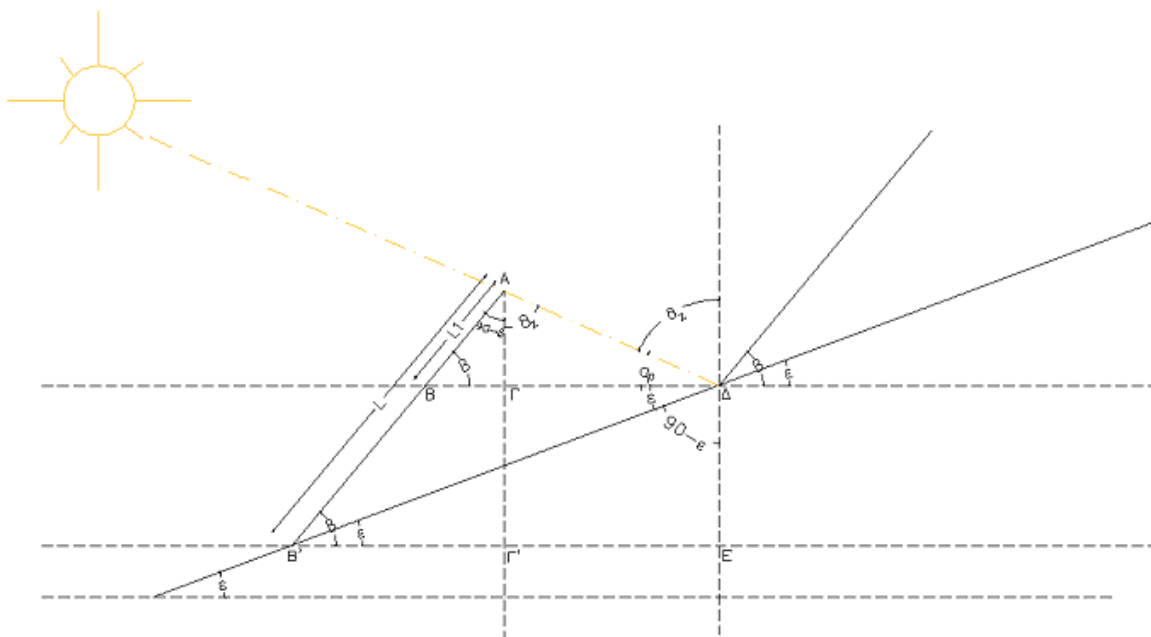
$B'D$: Η απαιτούμενη απόσταση μεταξύ των συλλεκτών

Η απαιτούμενη απόσταση μεταξύ των συλλεκτών για κάθε προσανατολισμό φαίνεται στον πίνακα που ακολουθεί:

Ελάχιστη απόσταση συλλεκτών (m)	Προσανατολισμός (°)
3.04	180

7.Εμβαδόν οριζόντιας έκτασης

Το εμβαδόν της οριζόντιας έκτασης που απαιτείται για την τοποθέτηση των ΦΒ πλαισίων ή συστοιχιών, ανά προσανατολισμό, βρίσκεται από του παρακάτω υπολογισμού:



Η απόσταση $B'E$ υπολογίζεται ως εξής: $B'E = \cos(\epsilon) * L * \sin(\beta + \alpha_p) / \sin(\alpha_p + \epsilon)$

Το απαιτούμενο εμβαδόν οικοπέδου δίνεται από τη σχέση: $A = B'E * \pi$

Όπου:

A : Απαιτούμενο εμβαδόν οικοπέδου

π : Πλάτος πλαισίου

ϵ : Κλίση του επιπέδου τοποθέτησης του συλλέκτη

$B'E$: οριζόντια απόσταση μεταξύ συλλεκτών

β : Κλίση ηλιακού συλλέκτη

φ : Γεωγραφικό μήκος

γ : Αζιμούθια γωνία

ω : Ωριαία γωνία

L : Μήκος συλλέκτη

α_p : Γωνία που σχηματίζει ο Ήλιος με το οριζόντιο επίπεδο

B'Δ : Η απαιτούμενη απόσταση μεταξύ των συλλεκτών

Παρατηρούμε ότι το απαιτούμενο εμβαδόν τοποθέτησης των ΦΒ πλαισίων καλύπτεται πλήρως από τα τετραγωνικά της επιθυμητής επιφάνειας εγκατάστασης.

8. Ισχύς αιχμής εγκατάστασης

Η υπολογιζόμενη ισχύς αιχμής της εγκατάστασης είναι το γινόμενο της ισχύος αιχμής συλλέκτη επί τον αριθμό συλλεκτών της εγκατάστασης:

$$P = 0.28 \cdot 184 = 51.52 \text{ KW}_p$$

Παρατηρούμε ότι η υπολογιζόμενη ισχύς αιχμής της εγκατάστασης υπερκαλύπτει την επιθυμητή ισχύ αιχμής.

9. Μετατροπέας τάσης DC/AC (Inverter)

Επιλέγεται μετατροπέας τάσης τύπου **TRIO-20-TL-OUT** με μέγιστη ισχύ εισόδου DC ίση με **22800.00 W** και ονομαστική ισχύ εξόδου AC ίση με **22000.00 W**.

Ο βαθμός χρησιμοποίησης του μετατροπέα είναι 2.34 και τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά του είναι:

Μέγιστη τάση εισόδου : **$V_{max \text{ DC}} = 950.00$**

Ελάχιστη τάση εισόδου mpp : **$V_{min \text{ mpp}} = 430.00$**

Μέγιστη τάση εισόδου mpp : **$V_{max \text{ mpp}} = 1000.00$**

Μέγιστο ρεύμα εισόδου : **$I_{max \text{ DC}} = 25.00$**

Μέγιστος βαθμός απόδοσης : **$n_{max} = 0.971$**

Ευρωπαϊκός βαθμός απόδοσης : **$n_{EURO} = 0.966$**

10. Έλεγχοι ανά στοιχειοσειρά της εγκατάστασης

Προκειμένου να γίνει σωστή αντιστοίχιση των στοιχειοσειρών της εγκατάστασης με τον μετατροπέα τάσης DC/AC, ελέγχονται οι παρακάτω ανισότητες και το αποτέλεσμα είναι ότι ισχύουν και οι τρεις.

$$V_{OC(-10^\circ\text{C})} (\text{στοιχειοσειράς}) \leq V_{max \text{ DC}} \Leftrightarrow 1389.60 \leq 950.00$$

$$V_{mpp(70^\circ\text{C})} (\text{στοιχειοσειράς}) \geq V_{min \text{ mpp}} \Leftrightarrow 1015.20 \geq 430.00$$

$$V_{mpp(20^\circ\text{C})} (\text{στοιχειοσειράς}) \leq V_{max \text{ mpp}} \Leftrightarrow 1083.60 \leq 1000.00$$

11. Ετήσια παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια

Η ετήσια παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια για το 1^ο έτος υπολογίζεται από τη σχέση:

$$E_{m\sigma} = E_{HA} \cdot N \cdot (P_{p\pi} / P_{STC}) \cdot \sigma_{\gamma} \cdot \sigma_{\rho} \cdot \sigma_{\theta} \cdot \sigma_{\delta} \cdot \sigma_{\alpha} \cdot \sigma_{\kappa} \cdot \sigma_{\mu} \Rightarrow$$

$$E_{m\sigma} = 70495.59 \text{ kWh/έτος}$$

Όπου:

$E_{HA} = 1648.72$: ετήσια ενέργεια προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (kWh/m² έτος)

$N = 184$: αριθμός ΦΒ πλαισίων

$P_{p\pi} = 0.28$: ισχύς αιχμής ΦΒ πλαισίου

P_{STC} : ισχύς προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας στις πρότυπες συνθήκες ελέγχου STC ($P_{STC}=1\text{kW/m}^2$)

$\sigma_{\gamma} = 0.98$: συντελεστής γήρανσης

$\sigma_{\rho} = 0.99$: συντελεστής ρύπανσης για πλαίσια ελαφρώς σκονισμένα

$\sigma_{\delta} = 0.99$: συντελεστής απωλειών διόδου

σ_{θ} : συντελεστής θερμοκρασίας $\sigma_{\theta} = 1 - ((t_{\alpha} + 30) - 25) \cdot 0,004$
(t_{α} μέση μηνιαία θερμοκρασία αέρα)

$\sigma_{\alpha} = 0.99$: συντελεστής ανομοιογένειας πλαισίων

$\sigma_{\kappa} = 0.98$: συντελεστής καλωδιώσεων σύνδεσης πλαισίων

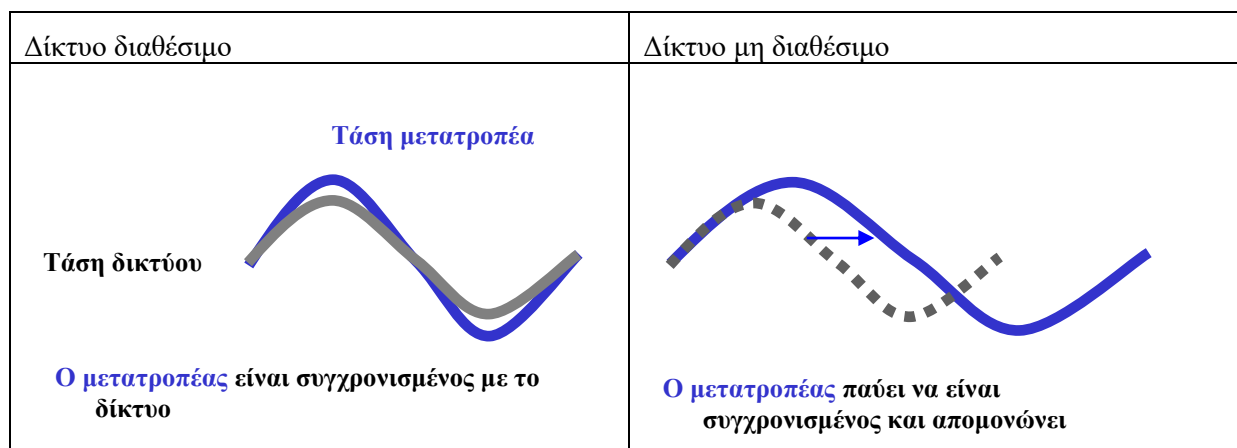
$\sigma_{\mu} = 0.98$: συντελεστής απωλειών μεταφοράς ενέργειας από την έξοδο της ΦΒ συστοιχίας μέχρι την κατανάλωση.

12. Πλήρης περιγραφή τρόπου προστασίας

Η προστασία κατά της νησιδοποίησης εφαρμόζεται σύμφωνα με το πρότυπο VDE V 0126-1-1:2006-02 και πιο ειδικά εφαρμόζει τη μέθοδο ελέγχου μεταβολής συχνότητας. (Επισυνάπτεται πιστοποιητικό παραμέτρων δικτύου και αποσύνδεσης).

Βάσει του ίδιου προτύπου γίνεται και η μέθοδος ελέγχου τάσης και συχνότητας του δικτύου που διαθέτει ο μετατροπέας και ελέγχει βάσει των απαιτήσεων που έχουν τεθεί από τη ΔΕΗ.

Σχηματικά η λειτουργία του συστήματος είναι:



Με την οποιαδήποτε διαταραχή από πλευράς του δικτύου η συσκευή επιτήρησης δικτύου του μετατροπέα κάνει διάγνωση του προβλήματος και απομονώνει άμεσα τον μετατροπέα.

Τεχνικές προδιαγραφές

Φ/Β Πλαίσια

Τα Φ/Β πλαίσια θα πρέπει να είναι όλα της ίδιας ονομαστικής ισχύος, θα πρέπει να έχουν όλα ακριβώς τις ίδιες γεωμετρικές διαστάσεις.

Τα Φ/Β πλαίσια, πολυκρυσταλλικά ή μονοκρυσταλλικά, θα πρέπει να πληρούν τις παρακάτω προδιαγραφές πιστοποιημένες από αναγνωρισμένο φορέα (ή αντίστοιχες) :

- Mechanical stability – IEC 61215 and type approval for crystalline silicon terrestrial photovoltaic (PV) modules [1993-04]
- Electrical TUV IEC 61730 Spec TZE 2.572.09 “Safety class II test on Photovoltaic (PV) Modules” ή αντίστοιχο.

Τα Φ/Β Πλαίσια θα πρέπει ακόμη να διαθέτουν «Declaration of conformity CE» του κατασκευαστή σύμφωνα με την 2004/108/EC (ή 93/97/EC ή 89/336/EC) «Electromagnetic compatibility directive» και την 2006/95/EC (ή 93/68/EC ή 73/23/EC) «Low voltage directive».

Η ύπαρξη από τον κατασκευαστή διόδων παράκαμψης (by-pass diodes) είναι απαραίτητη.

Κατά την παράδοσή τους, ή πριν από αυτή, τα Φ/Β Πλαίσια θα πρέπει συνοδεύονται από Flash Reports όπου θα αναγράφεται η «Flashed Ισχύς» τους όπως θα μετράται για το καθένα χωριστά (σε συνδυασμό με το μοναδικό αριθμό κατασκευαστή – bar code) πριν από την έξοδό τους από το εργοστάσιο κατασκευής τους.

Τέλος τα Φ/Β πλαίσια θα πρέπει να διαθέτουν κατ' ελάχιστο τις παρακάτω εγγυήσεις:

- 5ετής εγγύηση προϊόντος
- Εγγύηση ισχύος: 10 έτη χρήσης στο 90% της ονομαστικής ισχύος, 25 έτη χρήσης στο 80% της ονομαστικής ισχύος

Αντιστροφείς Ισχύος (Inverters)

Οι αντιστροφείς θα είναι μονοφασικοί ή τριφασικοί, τύπου “string inverter”, δηλ. θα συνδέουν τμήματα του Φ/Β συστήματος απευθείας στο δίκτυο και θα διαθέτουν προστασία (κλάση στεγανότητας) IP65 για εξωτερική τοποθέτηση (υπαίθρια εγκατάσταση).

Θα διαθέτουν όλες τις απαραίτητες από τη ΔΕΗ ασφάλειες για την εγκατάσταση και τη λειτουργία τους στο ηλεκτρικό δίκτυο και θα είναι πλήρως συμβατοί με τους σχετικούς κανονισμούς.

Θα έχουν ενσωματωμένες όλες τις διατάξεις ηλεκτρονόμων ορίου τάσης, ορίου συχνότητας, ασυμμετρίας τάσης και υπερέντασης ενώ υποχρεωτικά θα διαθέτουν προστασία έναντι του φαινομένου της νησιδοποίησης κάτι που σημαίνει ότι θα διακόπτουν αυτόματα τη λειτουργία τους σε περίπτωση διακοπής του δικτύου ΔΕΗ.

Επίσης θα πρέπει να διαθέτουν τις παρακάτω πιστοποιήσεις:

- DIN VDE V 0126-1-1

- CE

Επιπλέον οι αντιστροφείς θα έχουν τις εξής παραμέτρους δικτύου:

- Εύρος τάσεως εναλλασσόμενου ρεύματος: +15% έως -20% επί της ονομαστικής (230 V)
- Περιοχή συχνοτήτων εναλλασσόμενου ρεύματος: $\pm 0,5\%$ Hz της ονομαστικής (50Hz)
- Συντελεστής παραμόρφωσης ρεύματος: $< 4\%$
- DC-Current Injection: $< 0,5\%$ του ονομαστικού ρεύματος

Τέλος θα πρέπει να διαθέτουν κατ' ελάχιστο 5ετή εγγύηση προϊόντος με δυνατότητα επέκτασης μέχρι 20 χρόνια.

Ανάλογα με την επιλογή του Inverter η σύνδεση των Φ/Β πλαισίων σε στοιχειοσειρές θα πρέπει να γίνει συμφωνά με το λογισμικό ή της οδηγίες του κατασκευαστή των inverter.

Σύστημα στήριξης Φ/Β πλαισίων

Η εγκατάσταση των Φ/Β πλαισίων θα γίνει σε σταθερές μεταλλικές βάσεις από προφίλ κράματος αλουμινίου.

Για την μελέτη των συστημάτων στήριξης πρέπει να θεωρηθούν τα μόνιμα φορτία, οι θερμοκρασιακές μεταβολές, το φορτίο χιονιού και το φορτίο ανέμου σύμφωνα με τις διατάξεις του ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑ 1. Επιπλέον πρέπει να ληφθούν υπόψη τα δυναμικά φορτία όπως προκύπτουν βάση του φάσματος σχεδιασμού του ισχύοντος Ελληνικού Αντισεισμικού Κανονισμού 2000 (ΕΑΚ2000) με τις συμπληρώσεις του 2003.

Επίσης θα πρέπει στη φάση του σχεδιασμού και της εγκατάστασης των συστημάτων στήριξης και των Φ/Β Πλαισίων να ληφθεί μέριμνα για τη συμβατότητα των διαφόρων υλικών του εξοπλισμού αυτού (Φ/Β Πλαίσια, συστήματα στήριξης, μηχανικές συνδέσεις μεταξύ τους, κλπ) ώστε να μην εμφανίζονται ηλεκτροχημικές διαβρώσεις καθώς και τη χρήση κατάλληλων υλικών, όπου αυτό είναι απαραίτητο, για την αποφυγή τέτοιων προβλημάτων (χρήση διμεταλλικών επαφών, κατάλληλες βίδες, κλπ).

Η πάκτωση των συστημάτων στήριξης με ειδικά στηρίγματα τύπου Z τα οποία θα στηρίζονται και ειδικές βίδες στις τεγίδες κάτω από τα κεραμίδια.

Επίσης η στήριξη του παρελκόμενου εξοπλισμού (inverter, πινάκων κτλ) μπορεί να γίνει στο στους εξωτερικούς τοίχους των κτηρίων.

Λοιπός ηλεκτρολογικός εξοπλισμός

Όλη η ηλεκτρολογική εγκατάσταση θα πρέπει να είναι σύμφωνη με τους κανονισμούς σχετικά με τις αρμονικές και την ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα, την Ελληνική νομοθεσία (ΕΛΟΤ HD 384) και τους σχετικούς κανονισμούς καθώς και με τους κανονισμούς της ΔΕΗ σχετικά με την ποιότητα του παρεχόμενου εξοπλισμού.

Πριν από κάθε αντιστροφή τοποθετείται πίνακας DC(IP65) στον οποίο συνδέονται οι Φ/Β συστοιχίες που περιλαμβάνει:

- Ασφαλειοθήκη με ασφάλειες τήξεως κατάλληλα διαστασιολογήμενες σύμφωνα με τη ΦΒ γεννήτρια και το σχεδιασμό που θα επιλεγεί.

- Απαγωγούς υπερτάσεων (τάση έως 1.500 VDC κυματομορφής 8/20 μs, παρέχοντας ολοκληρωμένη προστασία.

- Διακόπτη φορτίου

Κατόπιν οι αντιστροφείς ομαδοποιούνται σε πίνακα AC ο οποίος περιλαμβάνει:

- WL αυτόματη ασφάλεια ανά Inverter (διακόπτες φορτίου)

- Απαγωγό υπερτάσεων

- Μικροαυτόματος – Διακόπτης φορτίου

- Ρέλε διαφυγής έντασης

Για την ηλεκτρολογική σύνδεση των Φ/Β πλαισίων μεταξύ τους, θα χρησιμοποιηθεί ειδικού τύπου καλώδιο, με ενσωματωμένες τις επαφές θετικού και αρνητικού πόλου. Το αγώγιμο υλικό του καλωδίου είναι χαλκός, κατάλληλης διατομής. Το καλώδιο είναι εύκαμπτο, άφλεκτο και έχει προδιαγραφές προστασίας από την υπεριώδη ακτινοβολία και την λειτουργία σε υψηλές θερμοκρασίες. Η πολικότητα των καλωδίων πρέπει να είναι αναγνωρίσιμη όπως και τα σημεία σύνδεσής τους στις ηλεκτρικές συσκευές του Φ/Β συστήματος.

Γείωση

Η γείωση (εξωτερικής προστασίας και ισοδυναμικών συνδέσεων) πρέπει να είναι σύμφωνη με το πρότυπο IEC (EN) 62305 – 3 για Επίπεδο Προστασίας III.

Το σύστημα τεχνητής γείωσης θα κατασκευασθεί με τρίγωνα γείωσης. Το κάθε τρίγωνο γειώσεως αποτελείται από τρία ηλεκτρόδια μήκους το κάθε ένα 1,5 μ τοποθετημένα κατακόρυφα μέσα στο έδαφος και σε βάθος ώστε τα άνω άκρα να βρίσκονται περί τα 30 εκ. κάτω από την επιφάνεια του δαπέδου.

Οι σωλήνες θα τοποθετηθούν μέσα σε τρία φρεάτια βάθους 1,5 μ των οποίων τα κέντρα θα σχηματίζουν ισόπλευρο τρίγωνο πλευράς 3 μ. Τα φρεάτια μετά την τοποθέτηση των σωλήνων θα γεμίσουν με φυσική γη κατά στρωματά, θα διαποτιστούν με άφθονο νερό και συμπυκνωθούν ισχυρά μέχρι βάθους 0,6 μ από το δάπεδο. Οι σωλήνες θα συνδεθούν μεταξύ τους με χάλκινο αγωγό διατομής 25 τχ. ο οποίος θα στερεωθεί και θα συγκολληθεί κατάλληλα στα άνω τμήματα των σωλήνων και θα συνδεθεί με τον ζυγό γείωσης των ηλεκτρικών πινάκων. Οι συνδέσεις θα επικαλυφθούν με πίσσα εγκιβωτισμένη γύρω από την κορυφή του σωλήνα διαστάσεων 20 x 20 x 20 εκ. Τελικά τα ανοίγματα θα κτισθούν με φρεάτια από με χυτοσιδηρά καλύμματα 30 x 40 εκ. ένα για κάθε κεφαλή.

Οι προδιαγραφές του τριγώνου γείωσης θα είναι σε συμφωνία με τις απαιτήσεις της ΔΕΗ.

Για τον γενικό πίνακα της εγκατάστασης απαιτείται η τοποθέτηση μιας διάταξης παράλληλα από τις τρεις φάσεις και τον ουδέτερο έναντι γείωσης. Η διάταξη απάγει άμεσα και έμμεσα κεραυνικά πλήγματα από το δίκτυο του εναλλασσόμενου ρεύματος μέχρι 100kA κυματομορφής 10/350μsec αφήνοντας παραμένουσα τάση $\leq 1,5kV$. Η διάταξη φέρει τα σήματα ποιότητας των ανεξάρτητων εργαστηρίων KEMA, VDE, UL, VdS περί ελέγχου της διάταξης σύμφωνα με τα πρότυπα και τα αναφερόμενα από τον κατασκευαστή τεχνικά χαρακτηριστικά.

Για την προστασία του γενικού πίνακα ιδιοκαταναλώσεων του πάρκου είναι απαραίτητη η τοποθέτηση μιας διάταξης παράλληλα από τις τρεις φάσεις και τον ουδέτερο έναντι γείωσης. Η διάταξη απάγει άμεσα και έμμεσα κεραυνικά πλήγματα από το δίκτυο του εναλλασσόμενου ρεύματος μέχρι 50kA κυματομορφής 10/350μsec αφήνοντας παραμένουσα τάση $\leq 1,5kV$

Για την προστασία των 3Φ υποπινάκων απαιτείται η τοποθέτηση μιας διάταξης παράλληλα από τις φάσεις και τον ουδέτερο έναντι γείωσης. Η διάταξη απάγει έμμεσα κεραυνικά πλήγματα από το δίκτυο του εναλλασσόμενου ρεύματος μέχρι 40kA κυματομορφής 8/20μsec αφήνοντας παραμένουσα τάση $\leq 1,25kV$. Η διάταξη φέρει τα σήματα ποιότητας των ανεξάρτητων εργαστηρίων KEMA, VDE, UL, VdS περί ελέγχου της διάταξης σύμφωνα με τα πρότυπα και τα αναφερόμενα από τον κατασκευαστή τεχνικά χαρακτηριστικά.

Τοποθέτηση στην είσοδο DC κάθε inverter (είτε στις ελεύθερες κλέμμες που δε θα συνδεθεί κανένα string υπό την προϋπόθεση ότι παραλληλίζονται οι είσοδοι DC σε εκείνο το σημείο, είτε σε πίνακα παραλληλισμού των strings πριν τους inverter), μιας διπολικής διάταξης παράλληλα από το θετικό και τον αρνητικό πόλο έναντι γείωσης. Η διάταξη απάγει έμμεσα κεραυνικά πλήγματα από το δίκτυο του συνεχούς ρεύματος μέχρι 40kA κυματομορφής 8/20μsec αφήνοντας παραμένουσα τάση $\leq 3,5kV$ και φέρει ολοκληρωμένο σύστημα ασφαλείας από βραχυκυκλώματα (ασφάλεια τήξεως και νέα διάταξη απόζευξης).

Σύστημα επιτήρησης της εγκατάστασης

Οι εγκαταστάσεις θα περιλαμβάνουν κατάλληλα επιλεγμένους αισθητήρες μέτρησης μετεωρολογικών παραμέτρων και δεδομένων της λειτουργίας του Φ/Β σταθμού, δηλ. αισθητήρες έντασης ηλιακής ακτινοβολίας, αισθητήρες εξωτερικής θερμοκρασίας και θερμοκρασίας λειτουργίας των Φ/Β γεννητριών, μετρητές στιγμιαίας ισχύος και ενέργειας στην έξοδο των Φ/Β και του αντιστροφέα κλπ. Το σύστημα αδιάλειπτης καταγραφής της παραμέτρων λειτουργίας του συστήματος θα είναι συμβατό με την τεχνολογία του αντιστροφέα. Το σύστημα επιτήρησης θα μπορεί να καταγράφει και να αποθηκεύει τα δεδομένα έτσι ώστε να επιτρέπει τη συνεχή ανάλυση της απόδοσης της εγκατάστασης. Εγκαθίστανται απευθείας στα Φ/Β πλαίσια και μετρούν την πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας καθώς και τη θερμοκρασία του πλαισίου. Πραγματοποιούν μια συνεχή σύγκριση κανονικών/θεωρητικών τιμών της ισχύος της εγκατάστασης. Με αυτόν τον τρόπο διασφαλίζεται η εύκολη ανίχνευση σκιών, ακαθαρσιών ή μιας παρατεταμένης μείωσης ισχύος στο Φ/β πλαίσιο. Οι πρόσθετες συνδέσεις των αισθητήρων για βέλτιστη μέτρηση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος ή της ταχύτητας του ανέμου επιτρέπουν ακόμα πιο ακριβείς υπολογισμούς.

12. Οικονομική αξιολόγηση της επένδυσης

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ

Η οικονομική αξιολόγηση της επένδυσης του ΦΒ συστήματος γίνεται με βάση τα εξής οικονομικά στοιχεία:

Συνολικό κόστος αγοράς ΦΒ συλλεκτών	25760.00 ευρώ
Συνολικό κόστος εγκατάστασης συλλεκτών	10120.00 ευρώ
Κόστος inverter	18000.00 ευρώ
Κόστος συστήματος ελέγχου & προστασίας	5500.00 ευρώ
Κόστος μετρητή ΔΕΗ	6300.00 ευρώ
Κόστος γραμμής μεταφοράς προς το δίκτυο της ΔΕΗ	0.00 ευρώ
Κόστος οικοπέδου	0.00 ευρώ
Συνολικό κόστος εγκατάστασης	65680.00 ευρώ
Ποσοστό επιδότησης για την περιοχή	0.00 %
Ποσοστό επιδότησης για το είδος της επιχείρησης	0.00 %
Πληθωρισμός	0.00 %
Διάρκεια Δανείου	0 χρόνια
Ετήσιο κόστος συντήρησης της εγκατάστασης	0.00 ευρώ
Ετήσιο κόστος για φύλαξη χώρου	0.00 ευρώ
Περίοδος χάριτος δανείου	0
Τιμή αγοράς KWh από τη ΔΕΗ	0.08 ευρώ
Ρυθμός αύξησης της τιμής αγοράς ρεύματος	0.00 %
Ετήσιο τραπεζικό επιτόκιο	0.00 %
Διάρκεια ζωής εγκατάστασης	25 χρόνια

Από τα στοιχεία αυτά υπολογίζονται τα παρακάτω οικονομικά μεγέθη που χαρακτηρίζουν τη βιωσιμότητα της ΦΒ εγκατάστασης:

ΚΑΘΑΡΑ ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ	59031.17 ευρώ
ΑΠΟΣΒΕΣΗ	15 χρόνια
ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ	5.20

- Ο ΣΥΝΤΑΚΤΗΣ -