



ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΕΡΓΩΝ
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΜΕΛΕΤΩΝ ΕΡΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ Η/Μ ΜΕΛΕΤΩΝ

ΛΥΚΕΙΟ ΔΙΑΒΑΤΩΝ ΕΧΕΔΩΡΟΥ Ν. ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
(ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ & Η/Μ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ)

ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ & ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ, ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΕΚΔΟΣΕΩΝ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ (ΙΤΥΥ ΔΕΤ)



ΕΝΕΚΡΙΘΗ

Δ.α της υπ' αριθμ. 14663/Δ/15.7.10
απόφασης του
Διευθύνοντος Συμβούλου ΟΣΚ Α.Ε.

ΑΚΡΙΒΕΣ ΑΝΤΙΓΡΑΦΟ
Αθήνα 24.15.11.11.....

στ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα μελέτη αφορά την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων στην στέγη του **Λυκείου Διαβατών Εχεδώρου**.

Η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων θα είναι ηλεκτρολογικά διασυνδεδεμένη με το υπάρχον δίκτυο της ΔΕΗ.

Η εγκατάσταση περιλαμβάνει τα φωτοβολταϊκά στοιχεία, τους μετατροπείς ρεύματος από συνεχές σε εναλλασσόμενο, το μετρητικό σύστημα, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μετρήσεις των συστημάτων μετά την εγκατάσταση και τις ηλεκτρικές συνδέσεις των συστημάτων μεταξύ τους.

2. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα έχουν τη δυνατότητα άμεσης μετατροπής της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία είναι η βασική δομική μονάδα κάθε Φ/Β γεννήτριας. Ομάδες στοιχείων, συνδεδεμένα σε σειρά ή παράλληλα δίνουν την επιθυμητή τάση εξόδου και διαμορφώνουν Φ/Β πλαίσια. Ένα τυπικό φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελείται από το φωτοβολταϊκό πλαίσιο ή ηλιακή γεννήτρια, τα ηλεκτρονικά υποσυστήματα, που διαχειρίζονται την ηλεκτρική ενέργεια, που παράγει η φωτοβολταϊκή συστοιχία, όπως αντιστροφέας, φορτιστής κλπ., και το σύστημα αποθήκευσης ενέργειας από μπαταρίες, εφόσον πρόκειται για αυτόνομο σύστημα. Μια φωτοβολταϊκή συστοιχία αποτελείται από ένα ή περισσότερα ηλιακά πλαίσια, ηλεκτρικά συνδεδεμένα μεταξύ τους.

3. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ - ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Για τον σχεδιασμό του συστήματος και τους υπολογισμούς της μελέτης αυτής, επελέγει η τοποθέτηση των Φ/Β γεννητριών σε δύο θέσεις στο δώμα του σχολικού κτιρίου (βλ. σχέδιο).

3.1 ΕΠΙΛΟΓΗ ΘΕΣΕΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ

Στην παρούσα μελέτη οι προτεινόμενες εγκαταστάσεις των Φ/Β γεννητριών συνολικής ισχύος **13.32 kW** έγιναν με έμφαση τη σωστή και καλαίσθητη ένταξή τους στον διαθέσιμο χώρο στην οροφή του κτιρίου. Τα κριτήρια είναι η αποφυγή σκιασμών από τις παρακείμενες οικοδομές (γενικά) και η επαρκής παρουσία των Φ/Β πλαισίων στους μαθητές του σχολείου.

Η τοποθέτηση των Φ/Β γεννητριών θα καλύπτει μέρος της στέγης του κτιρίου (βλ. σχέδια).

Το σύστημα αποτελείται από συνολικά 72 πλαίσια του τύπου, που έχει επιλεγεί για τις προσομοιώσεις. Ηλεκτρολογικά, τα πλαίσια αυτά διασυνδέονται μεταξύ τους σε ομάδες των 12 εν σειρά, σχηματίζοντας 6 υποσυστήματα. Κάθε διάταξη συνδέεται με έναν αντιστροφέα και αποτελεί ένα βασικό σύστημα. Άρα κάθε Φ/Β βασικό σύστημα αποτελείται από 12 φωτοβολταϊκές γεννήτριες των 185Wp, και συνδέεται με το δίκτυο ΔΕΗ. Οι μετατροπείς ισχύος θα τοποθετηθούν πλησίον των γεννητριών, ώστε να αποφεύγονται απώλειες ισχύος λόγω μεταφοράς συνεχούς ρεύματος.

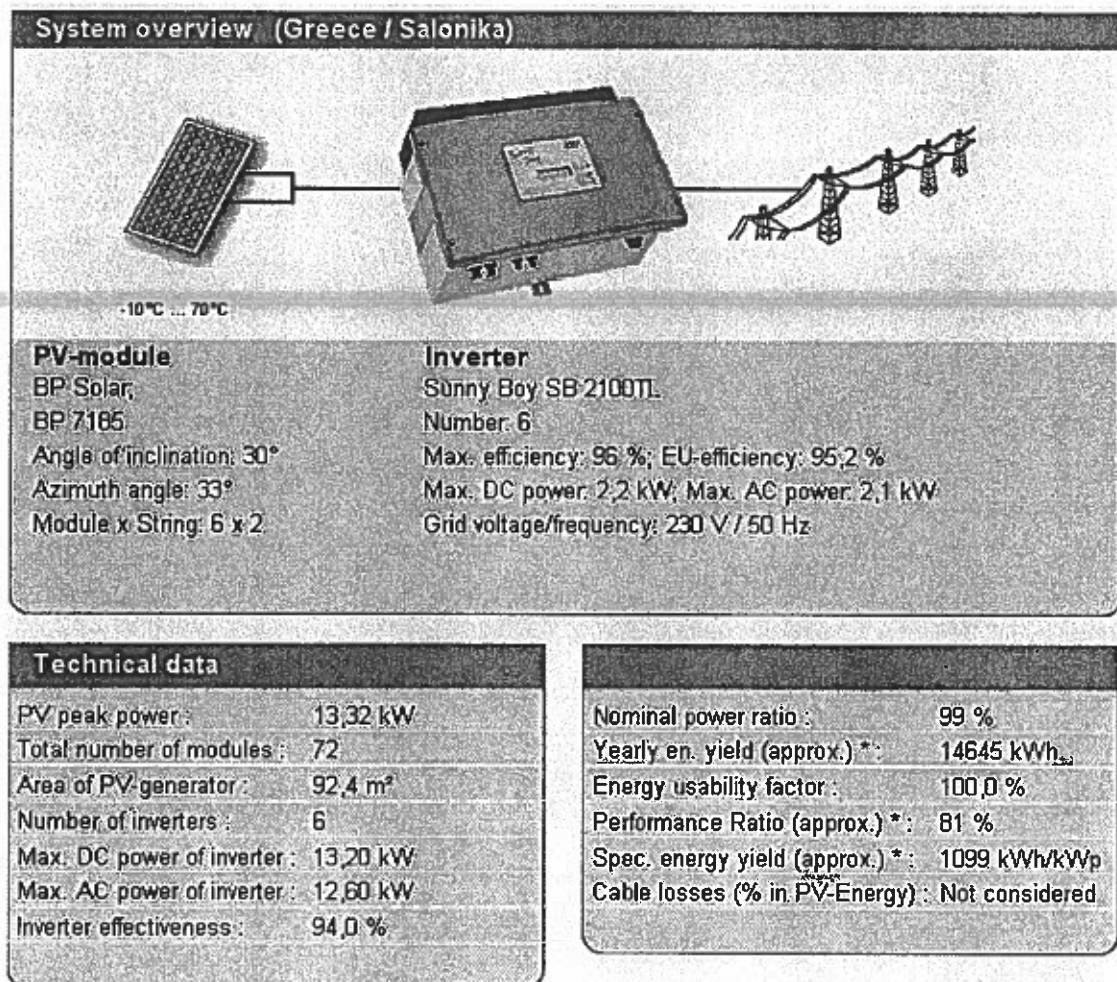
Οι σειρές των πλαισίων θα στηριχθούν σε μεταλλικές κατασκευές **ειδικού τύπου** για Φ/Β εγκαταστάσεις. Ο προσανατολισμός των πλαισίων θα είναι νοτιοανατολικός.

- **Η γωνία κλίσης των Φ/Β πλαισίων ως προς το οριζόντιο επίπεδο για την εγκατάσταση στο δώμα προσδιορίζεται στις 30° .**

3.2 ΣΥΣΤΟΙΧΙΕΣ

3.2.1. ΔΩΜΑ

Επιλέγεται η εγκατάσταση Φ/Β Γεννήτριας μονοκρυσταλλικού πυριτίου **ενδεικτικού** τύπου **BP SOLAR 7185**. Τα κύρια χαρακτηριστικά του πλαισίου αυτού παρουσιάζονται στους πίνακες που ακολουθούν καθώς και στο αντίστοιχο σχέδιο.



Στην περίπτωση της εγκατάστασης αυτής λαμβάνεται γωνία κλίσης Φ/Β πλαισίων ίση με 30° ως προς το οριζόντιο επίπεδο..

• Αντιστροφείας Ισχύος (α.ι.)

Για την μετατροπή του παραγόμενου ρεύματος συνεχούς (DC), σε ρεύμα εναλλασσομένου (AC), ποιότητας δικτύου της ΔΕΗ, επιλέχθηκε για τους υπολογισμούς που ακολουθούν αντιστροφείας ισχύος **ενδεικτικού** τύπου Sunny Boy SB 2100TL SMA Γερμανίας. Αυτός ο αντιστροφείας είναι τοπολογίας "string inverter", δηλ. συνδέει μέρος του Φ/Β συστήματος απευθείας στο δίκτυο.

Στα διασυνδεδεμένα Φ/Β συστήματα, η ονομαζόμενη βαθμωτή ή επεκτάσιμη συνδεσμολογία (modular systems) με χρήση υψηλής απόδοσης και μικρού μεγέθους μετατροπών (1kW έως 5kW), έχει σαφή πλεονεκτήματα σε σχέση με κεντρικούς αντιστροφείς ρεύματος μεγάλης ισχύος.

Ο σχεδιασμός Φ/Β συστημάτων βαθμωτής συνδεσμολογίας παρουσιάζει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

- Δίνει τη δυνατότητα άμεσης εγκατάστασης νέων Φ/Β υποσυστοιχιών, χωρίς να επηρεάζεται η λειτουργία και συνδεσμολογία του υπάρχοντος συστήματος.
- Διευκολύνεται ο σχεδιασμός του Φ/Β συστήματος.
- Το Φ/Β σύστημα λειτουργεί με υψηλότερο βαθμό απόδοσης.
- Σε περίπτωση αστοχίας στη λειτουργία ενός αντιστροφέα ισχύος, το υπόλοιπο σύστημα δεν επηρεάζεται και συνεχίζει να παράγει ηλεκτρική ενέργεια.
- Οι αντιστροφείς τοπολογίας "string inverters" τοποθετούνται πλησίον της Φ/Β συστοιχίας και έτσι αποφεύγονται απώλειες ενέργειας, λόγω μμεταφοράς συνεχούς ρεύματος, αλλά και άλλες διατάξεις ασφαλούς μεταφοράς συνεχούς ρεύματος, όπως varistors κλπ.

Τα κύρια χαρακτηριστικά του αντιστροφέα ισχύος δικτύου φαίνονται στον πίνακα παραπάνω.

Ο αντιστροφέας έχει δυνατότητα υψηλής τάσης εισόδου συνεχούς ρεύματος DC, χαρακτηριστικό ιδιαίτερα χρήσιμο στην περίπτωση εν σειρά σύνδεσης πολλών και μεγάλης ισχύος Φ/Β πλαισίων. Ο αντιστροφέας περιλαμβάνει όλες τις απαραίτητες από τη ΔΕΗ ασφάλειες για την εγκατάσταση και τη λειτουργία στο ηλεκτρικό δίκτυο. Επίσης διακόπτει αυτομάτως τη λειτουργία του σε περίπτωση διακοπής ρεύματος και έχει ενσωματωμένες όλες τις διατάξεις ηλεκτρονόμων ορίου τάσης, ορίου συχνότητας, ασυμμετρίας τάσης και υπερέντασης.

4. ΕΙΔΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται με λεπτομέρειες οι προδιαγραφές για την εγκατάσταση Φ/Β συστημάτων παροχής ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο.

4.1 Κλιματολογικές συνθήκες

Όλοι οι τύποι των ηλιακών γεννητριών και τα εξαρτήματά τους θα πρέπει να είναι σχεδιασμένα να λειτουργούν στις ακόλουθες συνθήκες:

Θερμοκρασία περιβάλλοντος:	-20 °C έως +50 °C
Σχετική υγρασία:	έως 90%
Ταχύτητα ανέμου:	120km/h από κάθε οριζόντια κατεύθυνση
Σύσταση αέρα:	ομιχλώδης

4.2 Τύπος φωτοβολταϊκών πλαισίων

Οι φωτοβολταϊκές γεννήτριες θα πρέπει απαραίτητως να πληρούν τις Ευρωπαϊκές προδιαγραφές κατά IEC 61215 και να διαθέτουν πιστοποιητικό έγκρισης τύπου ESTI 503 του οργανισμού JRC ISPRA ή ισοδύναμη προδιαγραφή ΤΥΝ ή άλλου εγκεκριμένου φορέα πιστοποίησης.

Οι Φ/Β γεννήτριες πρέπει να είναι αποκλειστικά επίπεδου τύπου. Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία, που συνθέτουν τις ηλιακές γεννήτριες θα είναι μονοκρυσταλλικού ή πολυκρυσταλλικού πυριτίου.

Τα Φ/Β στοιχεία κρυσταλλικού πυριτίου θα πρέπει να ενεργοποιούνται στο ηλιακό φάσμα από το υπεριώδες έως και το υπέρυθρο, δηλ. εύρος μήκους κύματος από 0,40μm έως 1,10μm.

Μία ομάδα στοιχείων σε σειρά ή τέτοιες ομάδες στοιχείων ηλεκτρικά συνδεδεμένες παράλληλα πρέπει να είναι εξοπλισμένες με διόδους "by-pass", ώστε να καθίσταται δυνατή η παράλληλη διέλευση ρεύματος σε περίπτωση μείωσης της ισχύος εξόδου κάθε μίας ομάδας στοιχείων.

4.3 Εγγύηση φωτοβολταϊκών πλαισίων, χρόνος ζωής

Οι φωτοβολταϊκές γεννήτριες πρέπει να συνοδεύονται από εγγύηση για περίοδο **τουλάχιστον εικοσιπέντε (25) ετών** για λειτουργία στις κλιματολογικές συνθήκες της Ελλάδας. Οι ηλιακές γεννήτριες θα έχουν ακόμα εγγύηση και για την αντικατάσταση ή επισκευή, το ταχύτερο δυνατόν **(σε είκοσι ημέρες)**, κάθε εξαρτήματος αυτών που

καταστράφηκε ή παρουσίασε κάποιο πρόβλημα κατά τη διάρκεια του χρόνου εγγυήσεως χωρίς ευθύνη του ιδιοκτήτη.

Η ολική αντικατάσταση ή η επισκευή των ηλιακών γεννητριών θα είναι αποκλειστική ευθύνη του προμηθευτού και ο ιδιοκτήτης δεν θα επιβαρυνθεί με δαπάνες μεταφοράς και ασφαλίσεως για την επιστροφή των εσφαλμένων γεννητριών. Ο προμηθευτής θα επιβαρυνθεί επίσης όλα τα έξοδα επισκευής ή ενδεχόμενης προμήθειας νέας γεννήτριας και της εγκατάστασής της στον τόπο λειτουργίας.

Θεωρώντας ότι ο ωφέλιμος χρόνος ζωής των ηλιακών γεννητριών είναι 25 χρόνια, η εγγύηση πρέπει να καλύπτει:

- Απώλεια ηλεκτρικής ισχύος που υπερβαίνει το 20% της μέγιστης ισχύος σε ονομαστικές συνθήκες και προκύπτει από τα αποτελέσματα του ποιοτικού ελέγχου για τον αντίστοιχο τύπο της ηλιακής γεννήτριας.
- Ενδεχόμενη υποβάθμιση των φυσικών ιδιοτήτων των ηλιακών γεννητριών.

4.4 Απόδοση Φωτοβολταϊκής Γεννήτριας

Οι διαδικασίες μετρήσεως και βαθμονομήσεως θα γίνουν σύμφωνα με τις προδιαγραφές της ΕΕ και συγκεκριμένα κατά JRC ISPRA Οδηγία 503, ή κατά IEC 61215.

4.5 Καθορισμένες συνθήκες δοκιμής (STC – Standard Test Conditions)

Όλες οι ειδικές απαιτήσεις των προδιαγραφών ζητούνται για τις Καθορισμένες Συνθήκες Δοκιμής (STC), οι οποίες είναι:

- Ηλιακή ακτινοβολία: 1000W/m^2
- Θερμοκρασία στοιχείου: 25°C
- Αερόμαζα: $\text{AM}=1,5$

4.6 Συντελεστής πληρώσεως καμπύλης (FF – Fill Factor)

Ο συντελεστής πληρώσεως, FF, κάθε φωτοβολταϊκής γεννήτριας είναι ο λόγος της μέγιστης ισχύος εξόδου του στοιχείου P_{MAX} προς το γινόμενο της τάσης ανοικτού κυκλώματος V_{oc} επί το ρεύμα βραχυκυκλώσεως I_{sc} , υπό STC:

$$\text{FF} = P_{\text{MAX}} / (V_{\text{oc}} \times I_{\text{sc}}) \quad (5)$$

Ο συντελεστής πληρώσεως FF κάθε στοιχείου πρέπει να είναι τουλάχιστον 0,70. Ο FF θα μετράται και θα αποδεικνύεται στην καμπύλη I–V κάθε φωτοβολταϊκής γεννήτριας.

4.7 Κουτιά ακροδεκτών

Κάθε ηλιακή γεννήτρια θα έχει στεγανό τερματικό κουτί με βαθμό προστασίας **IP 65**. Το κουτί θα είναι σταθερά προσαρτημένο στην κορυφή του πλαισίου στην πίσω πλευρά του. Τα κουτιά αυτά θα περιέχουν τον θετικό και αρνητικό πόλο εξόδου και την

δίοδο "by-pass" που θα είναι συνδεδεμένη μέσα σε αυτά. Τα κουτιά θα είναι κατάλληλα για τη σύνδεση σ' αυτά διπλών καλωδιώσεων εξόδου. Η πολικότητα των τερματικών κουτιών πρέπει να είναι ευκρινώς σημειωμένη.

Τα κουτιά ακροδεκτών θα φέρουν δύο στεγανούς στυπιοθλίπτες για τη διευκόλυνση καλωδίων με εξωτερική διάμετρο μεταξύ 7mm και 9mm.

4.8 Ενδεικτικές πινακίδες Φ/Β πλαισίων

Κάθε ηλιακή γεννήτρια θα φέρει ευανάγνωστη πινακίδα, που θα είναι τοποθετημένη στη πίσω πλευρά της ή θα είναι προσαρμοσμένη στο πλαίσιο αυτής.

Στην πινακίδα αυτή θα αναγράφονται τα εξής χαρακτηριστικά:

- Τύπος ηλιακής γεννήτριας και κατασκευαστικός οίκος.
- Μέγιστη ισχύς σε ονομαστικές συνθήκες (π.χ. 315Wp).
- Τάση στην μέγιστη ισχύ, [V]
- Ρεύμα στην μέγιστη ισχύ, [A]
- Τάση ανοικτού κυκλώματος (open-circuit voltage), [V]
- Ρεύμα βραχυκυκλώσεως (short-circuit current), [A]
- Συνθήκες μέτρησης των αναγραφόμενων μεγεθών, π.χ. STC.
- Συνολικό βάρος φωτοβολταϊκής γεννήτριας, [kg]
- Αριθμός σειράς παραγωγής.
- Διεθνής οργανισμός πιστοποίησης της Φ/Β γεννήτριας, π.χ. ISPRA, IEC κλπ.
- Ιδιοκτήτης Φ/Β γεννήτριας.

Επισημαίνεται, ότι οι πληροφορίες αυτές θα πρέπει να υπάρχουν σε κάθε φωτοβολταϊκή γεννήτρια, ανεξάρτητα αν δίνονται επιπλέον σε πιστοποιητικά ή άλλα συνοδευτικά έντυπα του κατασκευαστικού οίκου.

4.9 Ηλεκτρική μόνωση γεννήτριας

Κάθε γεννήτρια θα είναι ηλεκτρικά μονωμένη από το μεταλλικό πλαίσιο και το οπίσθιο κάλυμμα. Ο έλεγχος της μόνωσης θα γίνει εφαρμόζοντας τάση 600Vdc μεταξύ των βραχυκυκλωμένων άκρων εξόδου και του μεταλλικού πλαισίου και του οπίσθιου καλύμματος. Η αντίσταση μονώσεως μετά την εφαρμογή της τάσης επί ένα λεπτό δεν πρέπει να είναι μικρότερη των 100MΩ.

4.10 Συμπληρωματικά τεχνικά στοιχεία

Επιπλέον των ανωτέρω πληροφοριών, χρήσιμα στοιχεία για την ποιότητα των Φ/Β γεννητριών δίνονται από τις χαρακτηριστικές καμπύλες εντάσεως ρεύματος – τάσης ($I-V$), σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία λειτουργίας (π.χ. 0°C , 25°C , 60°C), καθώς και σε σχέση με το επίπεδο ηλιακής έντασης, όπως 250W/m^2 , 500W/m^2 , 750W/m^2 , 1000W/m^2 .

Πέραν των ανωτέρω προδιαγραφών, θα πρέπει να δίνονται πληροφορίες για την απόδοση των Φ/Β γεννητριών σε συνθήκες SOC (Standard Operating Conditions), για τη

θερμοκρασία NOCT (Nominal Operating Cell Temperature), και για την % απώλεια ισχύος της γεννήτριας ανά βαθμό Κελσίου, π.χ. $-0,4\%$ ανά $^{\circ}\text{C}$.

Η τελευταία πληροφορία είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για τον υπολογισμό της ισχύος του φωτοβολταϊκού συστήματος σε πραγματικές συνθήκες λειτουργίας.

4.11 Στήριξη και Προστασία

Το μεταλλικό πλαίσιο των γεννητριών, θα έχει οπές για κοχλίωση στο ικρίωμα στηρίξεως. Οι οπές θα είναι τουλάχιστον 2 σε κάθε μία από τις μεγαλύτερες πλευρές των πλαισίων και θα έχουν κατάλληλη διάμετρο για την τοποθέτηση των Φ/Β γεννητριών και της ηλεκτρικής μονώσεως αυτών **με ανοξείδωτες βίδες**.

4.12 Εγκατάσταση στήριξης φωτοβολταϊκών γεννητριών

Όλες οι συνδέσεις στήριξης, όπως βίδες, παξιμάδια κλπ., πρέπει να είναι από ανοξείδωτο χάλυβα. Η εγκατάσταση της στήριξης των φωτοβολταϊκών γεννητριών πρέπει να είναι τυποποιημένη και κατασκευασμένη από ανοξείδωτο χάλυβα ή αλουμίνιο. Μεταξύ του μεταλλικού πλαισίου της Φ/Β γεννήτριας και του ικριώματος στηρίξεως πρέπει να τοποθετηθούν κατάλληλα μονωτικά παρεμβύσματα.

(Στην περίπτωση που η Φ/Β γεννήτρια είναι τύπου "laminare", δηλ. χωρίς μεταλλικό πλαίσιο, η στήριξη σε συμβατικό μεταλλικό ικρίωμα γίνεται με κατάλληλες διατομές οι οποίες συγκρατούν το Φ/Β εφαρμόζοντας κάθετη δύναμη στις πλευρές. Εναλλακτικά, τα πλαίσια τύπου "laminare" ενσωματώνονται άριστα σε ειδικές διατομές αλουμινίου, κατάλληλα διαμορφωμένες για Φ/Β εγκαταστάσεις. Η πρακτική αυτή ακολουθείται συνήθως όταν η τοποθέτηση των Φ/Β γίνεται κατά τη διάρκεια της κατασκευής ενός κτιρίου ή άλλης εξωτερικής κατασκευής, οπότε υπάρχει η πρόβλεψη για την καλύτερη δυνατή προσαρμογή στη στέγη ή την πρόσοψη).

Οι μηχανικές εγκαταστάσεις, όπως ικρίωματα στήριξης των ηλιακών γεννητριών κλπ., πρέπει να συνοδεύεται από πλήρη εγγύηση για περίοδο όση έχουν οι φωτοβολταϊκές γεννήτριες δηλαδή τουλάχιστον εικοσιπέντε (25) ετών.

5. Προδιαγραφές Αντιστροφέα Ισχύος Δικτύου

Οι ηλιακές γεννήτριες θα είναι διασυνδεδεμένες στο δίκτυο ΔΕΗ μέσω κατάλληλου αντιστροφέα DC/AC και θα συνεισφέρουν στη συνολική ηλεκτρική ενεργειακή κατανάλωση του συγκροτήματος. Οι προδιαγραφές του αντιστροφέα δικτύου θα πρέπει να ακολουθούν τις γενικές κατευθύνσεις, που περιγράφονται στην οδηγία IEC 1727. Επίσης, θα πρέπει να επισυνάπτονται τα πρωτότυπα έντυπα του κατασκευαστικού οίκου του μετατροπέα ισχύος στα οποία θα αναφέρονται μεταξύ άλλων τα ακόλουθα τεχνικά χαρακτηριστικά:

- Ονομαστική ισχύς

- Εύρος τάσης εισόδου (συνεχές)
- Εύρος τάσης εξόδου (εναλλασσόμενο)
- Εύρος συχνότητας λειτουργίας σε σχέση με τη συχνότητα του δικτύου
- Εσωτερική κατανάλωση κατά τη λειτουργία σε μέγιστη ισχύ και σε θέση "stand-by"
- Καμπύλη απόδοσης και κυματομορφή σε όλο το φάσμα φορτίου
- Τιμή THD (Total Harmonic Distortion) < 4%
- Εύρος θερμοκρασίας λειτουργίας και σχετικής υγρασίας και προστασία IP
- Αυτοματισμοί και προστασίες
- Διαστάσεις και βάρος
- Δυνατότητα μετρήσεων και επικοινωνίες με Η/Υ
- Πιστοποίηση διεθνούς οργανισμού
- Αντικεραυνική προστασία από την πλευρά του DC και από την πλευρά του AC
- Προστασία σε νησιδοποίηση (islanding)

Με τον όρο νησιδοποίηση (islanding) εννοείται η συνέχιση σε κατάσταση λειτουργίας του αντιστροφέα, όταν το δίκτυο έχει διακοπεί για οποιοδήποτε λόγο. Το φαινόμενο αυτό δεν είναι επιθυμητό για λόγους ασφάλειας σε ηλεκτρολογικές εργασίες.

Η τοποθέτηση του μετατροπέα ισχύος γίνεται κατά το δυνατόν εγγύτερα στην αντίστοιχη Φ/Β συστοιχία ώστε να μειωθούν στο ελάχιστο οι απώλειες μεταφοράς ισχύος λόγω πτώσης τάσης στην πλευρά του DC. Συνεπώς, προτείνεται να προβλεφθεί θέση για τους αντιστροφείς κάθε Φ/Β συστοιχίας κάτω ακριβώς από τις ηλιακές γεννήτριες.

Ο αντιστροφέας δικτύου πρέπει να συνοδεύεται από πλήρη εγγύηση για περίοδο τουλάχιστον δέκα (10) ετών συνεχούς λειτουργίας.

6. Μετρητικό και Καταγραφικό Σύστημα

Για την αξιολόγηση του φωτοβολταϊκού συστήματος και τον υπολογισμό της προσδιδόμενης στο δίκτυο της ΔΕΗ ηλεκτρικής ενέργειας, θα εγκατασταθεί κατάλληλο μετρητικό σύστημα (data logger). Το μετρητικό σύστημα θα μπορεί να είναι είτε ανεξάρτητη μονάδα, είτε να είναι συμβατό με την τεχνολογία του αντιστροφέα. Το μετρητικό και καταγραφικό σύστημα θα τοποθετηθεί σε κλειστό χώρο που θα καθορισθεί από τον ανάδοχο σε συνεργασία με την επίβλεψη του έργου.

6.1 Μετρούμενα μεγέθη

Τα μετρούμενα μεγέθη της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης συνοψίζονται στον Πίνακα 3.

Πίνακας 3. Μετρούμενα μεγέθη Φ/Β συστήματος

Μετρούμενο Μέγεθος	Μονάδα Μέτρησης
Ολική ηλιακή ακτινοβολία στο επίπεδο των Φ/Β	kW/m^2
Θερμοκρασία περιβάλλοντος	$^{\circ}\text{C}$
Θερμοκρασία λειτουργίας φωτοβολταϊκής γεννήτριας	$^{\circ}\text{C}$
Ένταση ρεύματος, συνεχές	Ampere DC
Τάση, συνεχές	Volt DC
Ένταση ρεύματος, εναλλασσόμενο	Ampere AC
Τάση, εναλλασσόμενο	Volt AC

Τα αντίστοιχα όργανα και αισθητήρια θα πρέπει να έχουν ακρίβεια μέτρησης καλύτερη από $\pm 2\%$ αναφορικά με τις μέγιστες τιμές κάθε μετρούμενης παραμέτρου ($< 2\%$ full scale), και $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ για την θερμοκρασία.

Το καταγραφικό όργανο θα πρέπει να έχει τη δυνατότητα επιλογής του χρόνου δειγματοληψίας και του χρόνου αποθήκευσης δεδομένων μέσω λογισμικού επικοινωνίας. Ο μέσος όρος δειγματοληψίας και η περίοδος των καταγραφόμενων μεγεθών είναι τυπικά 1 λεπτό και 1 ώρα αντίστοιχα. Τα μετρούμενα μεγέθη θα καταχωρούνται σύμφωνα με τον επιλεγμένο από τον χρήστη χρόνο αποθήκευσης δεδομένων σε ημερήσια αρχεία.

6.2 Υπολογιζόμενα μεγέθη

Από τις μετρήσεις, με κατάλληλο λογισμικό θα εξαγονται χρήσιμα στοιχεία για τη λειτουργία του φωτοβολταϊκού συστήματος. Τα κύρια υπολογιζόμενα μεγέθη αναφέρονται στον Πίνακα 4.

Πίνακας 4. Υπολογιζόμενα μεγέθη Φ/Β συστήματος

Υπολογιζόμενο Μέγεθος	Μονάδα Μέτρησης
Ισχύς, συνεχές	kW -DC
Ενέργεια, συνεχές	kWh - DC
Ισχύς, εναλλασσόμενο	kW -AC
Ενέργεια, εναλλασσόμενο	kWh -AC
Συνολική παραγωγή ηλιακής ενέργειας στο επίπεδο του συλλέκτη	kWh/m^2
Συνολική παραγωγή ενέργειας από τα Φ/Β	kWh dc
Συνολική προσδοθείσα ενέργεια από τους μετατροπείς ισχύος στο δίκτυο	kWh ac
Βαθμός απόδοσης Φ/Β γεννήτριας	%
Βαθμός απόδοσης μετατροπέα ισχύος DC/AC	%
Μέση ετήσια ειδική παραγωγή Φ/Β συστήματος	kWh/kWp

Τα ανωτέρω υποσυστήματα, δηλ. καταγραφικό όργανο, αισθητήρες μέτρησης, πρέπει να συνοδεύονται από πλήρη εγγύηση για περίοδο τουλάχιστον πέντε (5) ετών λειτουργίας.

7. Σχεδίαση Συστήματος

7.1 Συμβατότητα Φ/Β συστοιχίας με αντιστροφέα ισχύος

Η ηλεκτρολογική διάταξη των Φ/Β γεννητριών θα είναι τέτοια, ώστε να εξασφαλίζει την απαιτούμενη τάση διασύνδεσης με το δίκτυο της ΔΕΗ.

7.2 Καλωδιώσεις

Για την ηλεκτρολογική σύνδεση των Φ/Β πλαισίων μεταξύ τους, θα χρησιμοποιηθεί ειδικό τυποποιημένο καλώδιο τύπου MC, με ενσωματωμένες τις επαφές θετικού και αρνητικού πόλου. Το καλώδιο πρέπει να είναι εύκαμπτο και να έχει προδιαγραφές κατά της υπερϊώδους ακτινοβολίας και λειτουργίας σε υψηλές θερμοκρασίες. Συγκεκριμένα, οι ακραίες συνθήκες λειτουργίας για το καλώδιο σύνδεσης των Φ/Β πλαισίων είναι 50 °C για τη θερμοκρασία περιβάλλοντος και 80 °C για τη θερμοκρασία στον αγωγίμο χαλκό. Όσον αφορά την αναχώρηση του αντιστροφέα ισχύος προς τον πίνακα AC, θα γίνει με καλώδιο NYG, (δηλ. πεντάκλωνο για τις 3 φάσεις, τον ουδέτερο και τη γείωση). Η διάταξη των μονοφασικών αντιστροφέν Sunny Boy, τύπος SB 2100TL, είναι σε ομάδες των τεσσάρων και μια αναχώρηση ανά αντιστροφέα ισχύος, ανά φάση σε κάθε ηλεκτρολογικό πίνακα. Συνεπώς κάθε καλώδιο θα συνδέει 4 μονοφασικούς μετατροπείς ισχύος.

Οι ηλεκτρικές συνδέσεις και οι καλωδιώσεις της εγκατάστασης πρέπει να ακολουθούν τα πρότυπα και τους διεθνείς κανονισμούς ασφάλειας για ηλεκτρικές εγκαταστάσεις. Τα καλώδια όλων των εξωτερικών εγκαταστάσεων να τοποθετηθούν σε γαλβανισμένους μεταλλικούς σωλήνες κατάλληλης διαμέτρου για επιπλέον προστασία από τις ακραίες περιβαλλοντικές συνθήκες.

Τέλος, η πολικότητα των καλωδίων πρέπει να είναι αναγνωρίσιμη, καθώς επίσης και τα σημεία σύνδεσής τους σε ηλεκτρικές συσκευές του Φ/Β συστήματος.

7.3 Σύνδεση με το δίκτυο ΔΕΗ, ηλεκτρολογικοί πίνακες

Για τη σύνδεση με το δίκτυο της ΔΕΗ απαιτείται αυτόματος διακόπτης ισχύος στην αναχώρηση του Φ/Β συστήματος με σύστημα προστασίας και ηλεκτρονόμους ορίων τάσης και συχνότητας.

Για τον εύκολο χειρισμό και έλεγχο της λειτουργίας των φωτοβολταϊκών συστημάτων, προβλέπεται η εγκατάσταση σε κατάλληλο σημείο στεγανού ηλεκτρικού πίνακα με διακόπτες ασφάλειας και ενδεικτικές λυχνίες, στον οποίο θα καταλήγουν οι

παροχές από τις φωτοβολταικές γεννήτριες. (Ο πίνακας τοποθετείται στην πλευρά του συνεχούς ρεύματος προς τους αντιστροφείς ισχύος, και δίνει τη δυνατότητα απομόνωσης των Φ/Β γεννητριών).

Ο δεύτερος ηλεκτρολογικός πίνακας θα είναι τριφασικός και τοποθετείται πριν τη διασύνδεση με το δίκτυο. Ο πίνακας αυτός χρησιμοποιείται για την απομόνωση της εγκατάστασης από το δίκτυο εναλλασσόμενου της ΔΕΗ.

7.4 Γειώσεις

Όλα τα μεταλλικά μέρη των κατασκευών στήριξης, καθώς και τα μεταλλικά πλαίσια των Φ/Β γεννητριών, (εάν αυτά υπάρχουν), θα γειωθούν με κατάλληλους αγωγούς στο περιμετρικό δίκτυο προστασίας της εγκατάστασης του αλεξικέραυνου, ώστε να εξασφαλίζεται πλήρως η αντικεραυνική προστασία των φωτοβολταικών συστημάτων.

Το μεταλλικό κουτί του μετατροπέα ισχύος θα γειωθεί στον ουδέτερο της πλευράς του εναλλασσόμενου ρεύματος.

7.5 Λειτουργία και συντήρηση των Φ/Β εγκαταστάσεων

Οι εργασίες συντήρησης, που απαιτούνται κατά τη λειτουργία των Φ/Β συστημάτων είναι ελάχιστες. Ο κύριος λόγος είναι, ότι τα Φ/Β συστήματα σταθερού προσανατολισμού δεν έχουν κινητά μέρη ή μηχανισμούς. Συνεπώς, οι απαιτήσεις συντήρησης περιορίζονται σε προαιρετικό καθαρισμό εξ αποστάσεων της μπροστινής επιφάνειας κάθε Φ/Β πλαισίου με ψεκασμό νερού υψηλής πίεσης μια φορά κατά τη διάρκεια των μηνών του καλοκαιριού. Η διαδικασία του καθαρισμού μπορεί να συνδυαστεί με οπτική επίβλεψη των μηχανολογικών και ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων των Φ/Β συστημάτων.

Για εγκαταστάσεις κοντά σε θαλάσσιες περιοχές, επιβάλλεται συστηματικότερος έλεγχος και συντήρηση των Φ/Β εγκαταστάσεων. Η υψηλή περιεκτικότητα του αέρα σε αλάτι διαβρώνει τις γαλβανισμένες μεταλλικές διατομές των ικριωμάτων στήριξης των Φ/Β πλαισίων και πιθανόν να δημιουργήσει αλλεπάλληλες επικαθίσεις άλατος στις μπροστινές επιφάνειες με αποτέλεσμα να μειωθεί η απόδοση των ηλιακών γεννητριών.

7.6. Άλλες τεχνικές παρατηρήσεις

Μετά την ολοκλήρωση της εγκατάστασης ο υπεύθυνος εγκαταστάτης μηχανικός θα προβεί στις απαραίτητες δοκιμές και μετρήσεις και θα συντάξει το σχετικό πρωτόκολλο δοκιμών.

Επίσης στις υποχρεώσεις του εγκαταστάτη είναι η σύνταξη της μελέτης εφαρμογής της εγκατάστασης, που θα περιλαμβάνει τα ακόλουθα:

- Κατασκευαστικό σχέδιο για κάθε τύπο ηλιακής γεννήτριας, όπου θα φαίνονται αναλυτικά οι διαστάσεις και το βάρος της.
- Κατασκευαστικό σχέδιο και μελέτη του ικριώματος στήριξης των γεννητριών, με έμφαση στον σχεδιασμό και τρόπο πακτώσεως του συνόλου της κατασκευής στην εξωτερική επιφάνεια του κτιρίου.
- Τύπος και μέγεθος καλωδίου συνδέσεως για κάθε τύπο των ηλιακών γεννητριών.

- Λειτουργικό σχέδιο του Φ/Β συστήματος και λεπτομερές ηλεκτρολογικό σχέδιο της εγκατάστασης.
- Πρωτότυπα έντυπα και εγχειρίδια λειτουργίας των κατασκευαστικών οίκων για των Φ/Β γεννητριών και των αντιστροφών ισχύος με όλες τις σχετικές πιστοποιήσεις.

Τέλος ο εγκαταστάτης θα προβεί σε όλες τις απαραίτητες ενέργειες προς τους αρμόδιους φορείς και υπηρεσίες για την διασύνδεση της εγκατάστασης προς το δίκτυο της ΔΕΗ ,την έκδοση της σχετικής αδείας παραγωγής και ότι πιστοποιήσεις απαιτούνται για την σύναψη της σύμβασης πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας.

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ

Τονίζεται με έμφαση, ότι ο συνολικός αριθμός των Φ/Β πλαισίων και των μετατροπών ισχύος προκύπτουν από τις συγκεκριμένες επιλογές τύπων των Φ/Β και των αντιστροφών ισχύος, που έγιναν στις προηγούμενες παραγράφους της μελέτης αυτής. Σε περίπτωση επιλογής διαφορετικών Φ/Β και αντιστροφών ισχύος ο ανάδοχος θα εκπονήσει μελέτη, την οποία και θα υποβάλλει προς έγκριση στην επίβλεψη.