Μελέτη Εφαρμογής Φωτοβολταϊκού Σταθμού – Έκδοση: 1- Αναθεώρηση: 4

Έργο	:	Εγκατάσταση ενός Φωτοβολταϊκού Συστήματος ισχύος 20 kWp αυτοπαραγωγής με Ενεργειακό Συμψηφισμό (net metering) διασυνδεδεμένου με το Δημόσιο Ηλεκτρικό Δίκτυο στο Γενικό Νοσοκομείο Καλαμάτας (ΓΝΚ).
Κύριος Έργου	:	ΓΕΝΙΚΟ ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
Στάδιο	:	Μελέτη Εφαρμογής
Μελετητής	:	Κων/νος Μουρτζανός Διπλ. Ηλεκτρολόγος Μηχανικός
Τοποθεσία Έργου	:	Αντικάλαμος, Δήμος Καλαμάτας, Νομός Μεσσηνίας
Ημερομηνία Σύνταξης	:	7/11/2016
Έκδοση	:	1- Αναθεώρηση: 4

Πίνακας Περιεχομένων

Εισαγωγή 4

1.1 Ονοματολογία 4

1.2 Μέτρα υγιεινής και ασφάλειας 5

1.3 Έργο 5

2 Χωροθέτηση Φ/Β Συστήματος 6

2.1 Χωροθέτηση Φωτοβολταϊκών γεννητριών 7

2.2 Χωροθέτηση ηλεκτρολογικών πινάκων - αντιστροφέων – μετρητή ενέργειας 12

3 Τεχνικές Προδιαγραφές 13

3.1 Προδιαγραφές Βάση στήριξης 13

3.2 Προδιαγραφές Φωτοβολταϊκών Πλαισίων 14

3.2.1 Επιλογή Φ/Β πλαισίου για μελέτη εφαρμογής 18

3.3 Προδιαγραφές Αντιστροφέων 19

3.3.1 Επιλογή αντιστροφέα για μελέτη εφαρμογής 22

3.4 Προδιαγραφές καλωδίων συνεχούς ρεύματος 23

4 Διαστασιολόγηση στοιχειοσειρών και αντιστροφέων 24

4.1 Διαστασιολόγηση στοιχειοσειρών 25

4.1.1 Στοιχεία ελέγχου διαστασιολόγησης 28

5 Ηλεκτρολογική Μελέτη 29

5.1 Διαστασιολόγηση καλωδίων 29

5.1.1 Διαστασιολόγηση καλωδίων συνεχούς ρεύματος 30

5.1.2 Διαστασιολόγηση καλωδίου εναλλασσομένου ρεύματος 31

5.2 Εγκατάσταση σχετικού ηλεκτρολογικού εξοπλισμού φωτοβολταϊκού σταθμού 33

5.2.1 Όδευση – Συνδέσεις καλωδίων 33

5.3 Ηλεκτρικοί πίνακες 35

5.3.1 Πίνακες συνεχούς ρεύματος DC 35

5.3.2 Γενικός πίνακας χαμηλής τάσης Φ/Β συστήματος 36

5.3.3 Πίνακας για τον Αυτόματο Διακόπτη Διασύνδεσης 36

5.3.4 Μετρητική Διάταξη 37

5.4 Σήμανση καλωδιώσεων και εξοπλισμού 39
5.5 Διασύνδεση Φ/Β συστήματος στη ΧΤ 39
5.5.1 Πρόβλεψη απόζευξης Φ/Β σταθμού σε λειτουργία του ΕΗΖ 39
5.5.2 Πρόβλεψη απόζευξης Φ/Β σταθμού κατά την ζέυξη Μ/Σ 2 40
5.6 Γείωση και Αντικεραυνική Προστασία 40
5.6.1 Γείωση προστασίας 41
5.6.2 Διαστασιολόγηση αγωγού γείωσης 42
5.6.3 Απαγωγοί κρουστικών υπερτάσεων 43
5.7 Εγκατάσταση συστήματος παρακολούθησης παραγωγής φωτοβολταϊκού σταθμού 43
5.8 Διενέργεια Μετρήσεων - Ελέγχων - Δοκιμών 44
6 Συντήρηση Φωτοβολταϊκού Σταθμού 44
7 Απόδοση Φωτοβολταϊκού Σταθμού 45
7.1 Εξομοίωση συστήματος 45
7.2 Παραγωγή Φ/Β Σταθμού 46

Εισαγωγή

Η παρούσα μελέτη αφορά στην εγκατάσταση ενός Φωτοβολταϊκού (Φ/Β) συστήματος αυτοπαραγωγής με Ενεργειακό Συμψηφισμό (net metering) διασυνδεδεμένου με το Δημόσιο Ηλεκτρικό Δίκτυο στο Γενικό Νοσοκομείο Καλαμάτας (ΓΝΚ). Η ονομαστική ισχύς του Φωτοβολταϊκού συστήματος θα είναι 20 kW με ανοχή μέχρι -1%, δηλαδή η προτεινόμενη ισχύς θα είναι 19.8 kWp έως 20 kWp.

Το φωτοβολταϊκό σύστημα εμπίπτει στις διατάξεις περί αυτοπαραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκούς σταθμούς. (Άρθρο 14Α Νόμου 3486/2006 όπως ισχύει με βάση το άρθρο 6 του Νόμου 4203/2013) όπως ειδικεύεται στην Υπουργική Απόφαση ΥΑ ΑΠΕΗΛ/Α/Φ1/οικ.24461 (ΦΕΚ Β' 3583/31.12.2014)

Η εγκατάσταση εντάσσεται στην συνολική προσπάθεια του Γενικού Νοσοκομείου Καλαμάτας για εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας. Ο αντίκτυπος της είναι ιδιαίτερα σημαντικός τόσο σε οικονομικό όσο και σε περιβαλλοντικό επίπεδο και είναι σε πλήρη εναρμόνιση με τις Εθνικές και Ευρωπαϊκές πολιτικές για την αντιμετώπιση ων επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής. Με την παρούσα μελέτη το ΓΝΚ στοχεύει στην :

- Η μείωση της ρύπανσης του ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος, η βελτίωση της ποιότητας της ζωής του πληθυσμού και η αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής με την υλοποίηση έργων εξοικονόμησης ενέργειας και αξιοποίησης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.
- Εξοικονόμηση Ηλεκτρικής Ενέργειας
- Μείωση της έντασης της ενεργειακής κατανάλωσης στο ΓΝΚ το οποίο αποτελεί ένα δημόσιο φορέα με υψηλό ενεργειακό κόστος λειτουργίας
- Μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης μέσω μείωσης των εκπομπών των αερίων που προκαλούν την κλιματική αλλαγή
- Μείωση λειτουργικού κόστους του ΓΝΚ
- Ενεργειακή αναβάθμιση του ΓΝΚ
- Αναβάθμιση παρεχομένων υπηρεσιών μέσω της παροχής στεγασμένων θέσεων στάθμευσης
- Αύξηση μέτρων ασφαλείας μέσω της εγκατάστασης συστημάτων ασφαλείας και παρακολούθησης εξωτερικών χώρων

1.1 Ονοματολογία

Φωτοβολταϊκό πλαίσιο ή Φωτοβολταϊκή γεννήτρια: Η ενεργή επιφάνεια ενός επί μέρους τμήματος της εγκατάστασης για τη συλλογή της ηλιακής ακτινοβολίας και μετατροπή της σε ηλεκτρισμό. Αποτελείται από ένα σύνολο φωτοβολταϊκών κυψελών ηλεκτρικά συνδεδεμένες μεταξύ τους και τοποθετημένες σε προστατευτικό μεταλλικό πλαίσιο που περικλείεται από επιφάνειες κατάλληλων υλικών.

Αντιστροφέας ή Inverter: Διάταξη ηλεκτρονικών και ηλεκτρικών στοιχείων τοποθετημένα σε ειδικό κιβώτιο με στόχο την μετατροπή παραμέτρων του παραγόμενου ηλεκτρικού ρεύματος έτσι ώστε να είναι συμβατά με αυτά του δικτύου διανομής ρεύματος του ΔΕΔΔΗΕ.

DC Καλώδια: Οι καλωδιώσεις που χρησιμοποιούνται στο τμήμα παραγωγής Συνεχούς ρεύματος.

AC Καλώδια: Οι καλωδιώσεις που χρησιμοποιούνται στο τμήμα μεταφοράς Εναλλασσόμενου ρεύματος.

Κυτία διασύνδεσης: Στεγανές διατάξεις για τη διασύνδεση καλωδίων.

Πίνακες: Στεγανά μεταλλικά ή πλαστικά συνήθως κιβώτια, για την τοποθέτηση και προστασία διατάξεων ελέγχου και προστασίας του συστήματος.

Στηρίγματα: Σύνολο μεταλλικών στοιχείων σε μορφή πλαισίου για την ενσωμάτωση των Φ/Β πλαισίων σε ενιαίες επιφάνειες και τη στήριξή τους στη στέγη ή το δώμα.

Φωτοβολταϊκό σύστημα: Πλήρης και αυτόνομη μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας..

Διασυνδεδεμένο Φωτοβολταϊκό σύστημα: Μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που είναι διασυνδεδεμένη με το δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας του ΔΕΔΔΗΕ.

Στοιχειοσειρά (string): Σύνολο Φ/Β πλαισίων ηλεκτρικά συνδεδεμένων σε σειρά.

1.2 Μέτρα υγιεινής και ασφάλειας

Είναι υποχρεωτική η συμμόρφωση προς την οδηγία 92/57/ΕΕ που αναφέρεται στις «Ελάχιστες απαιτήσεις Υγείας και Ασφάλειας προσωρινών και κινητών Εργοταξιων» όπως έχει ενσωματωθεί στην Ελληνική Νομοθεσία καθώς και στην σχετική Ελληνική Νομοθεσία περί υγιεινής και ασφάλειας.

Επίσης είναι υποχρεωτική η χρήση μέσων ατομικής προστασίας κατά την εκτέλεση των εργασιών.

1.3 Έργο

Το έργο αφορά στην εγκατάσταση ενός Φωτοβολταϊκού Συστήματος ισχύος 20 kWp στο Γενικό Νοσοκομείο Καλαμάτας. Το Φωτοβολταϊκό σύστημα θα είναι αυτοπαραγωγής με Ενεργειακό Συμψηφισμό (net metering) διασυνδεδεμένο με το Δημόσιο Ηλεκτρικό Δίκτυο Η μελέτη εντάσσεται στις διατάξεις περί αυτοπαραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκούς σταθμούς. (Άρθρο 14Α Νόμου 3486/2006 όπως ισχύει με βάση το άρθρο 6 του Νόμου 4203/2013).

Η ονομαστική ισχύς του Φωτοβολταϊκού συστήματος θα είναι 20 kW με ανοχή μέχρι -1%, δηλαδή η προτεινόμενη ισχύς θα είναι 19.8 kWp έως 20 kWp.

Καθώς ο καταναλωτής είναι Μέσης Τάσης, η σύνδεση του ΦΒ συστήματος αυτοπαραγωγής με το Δίκτυο ΜΤ θα γίνει σύμφωνα με τα οριζόμενα στο «*Ενημερωτικό σημείωμα για τη σύνδεση ΦΒ συστημάτων αυτοπαραγωγής με ενεργειακό συμψηφισμό σε εγκαταστάσεις Χρηστών του Δικτύου*

ΜΤ» του ΔΕΔΔΗΕ. Δηλαδή η σύνδεση του ΦΒ συστήματος πραγματοποιείται με χρήση του υφιστάμενου μετασχηματιστή ισχύος Νο1 της εγκατάστασης του ΓΝΚ, όπως παρουσιάζεται στο σχήμα 1 του εν λόγω ενημερωτικού σημειώματος.

Το παρόν περιλαμβάνει τα εξής αντικείμενα:

- Εγκατάσταση Φωτοβολταϊκού συστήματος ισχύος 20 kWp διασυνδεδεμένου με το Δημόσιο Ηλεκτρικό Δίκτυο
    - Εγκατάσταση σταθερών βάσεων στήριξης των φωτοβολταϊκών πλαισίων
    - Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πλαισίων πάνω στις σταθερές βάσεις
    - Εγκατάσταση αντιστροφέων φωτοβολταϊκού σταθμού
    - Εγκατάσταση σχετικού ηλεκτρολογικού εξοπλισμού φωτοβολταϊκού συστήματος (Ηλεκτρολογικοί πίνακες, καλωδιώσεις, αντικεραυνική προστασία κλπ)
    - Εγκατάσταση μετρητή παραγωγής ενέργειας Φ/Β συστήματος
    - Εγκατάσταση Αυτόματου Διακόπτη Διασύνδεσης Φ/Β συστήματος
    - Διασύνδεση Φωτοβολταϊκού συστήματος πριν το Γενικό Πίνακα Χαμηλής Τάσης του ΓΝΚ
    - Εγκατάσταση συστήματος παρακολούθησης παραγωγής φωτοβολταϊκού σταθμού
    - Υποβολή αιτήματος ενεργοποίησης του Φωτοβολταϊκού συστήματος από το ΔΕΔΔΗΕ.
    - Ενεργοποίηση του Φωτοβολταϊκού συστήματος από την αρμόδια Υπηρεσία του ΔΕΔΔΗΕ.
    - Συντήρηση του Φωτοβολταϊκού συστήματος για δύο έτη από την ημερομηνία ενεργοποίησης του.

Ο εγκαταστάτης του Φ/Β συστήματος θα πρέπει να διαθέτει πιστοποίηση για την Εγκατάσταση και συντήρηση Φ/Β συστημάτων κατά ΕΛΟΤ EN ISO 9001:2008.

Ενέργειες που έχουν εκτελεστεί από τις αρμόδιες Υπηρεσίες του ΓΝΚ για την υλοποίηση του έργου είναι ενδεικτικά:

- Υποβολή αιτήματος για τη σύνδεση του Φ/Β συστήματος στο ΔΕΔΔΗΕ
- Υπογραφή σύμβασης σύνδεσης του Φ/Β συστήματος με το ΔΕΔΔΗΕ
- Υπογραφή σύμβασης συμψηφισμού του Φ/Β συστήματος με τη ΔΕΗ
- Σύνταξη σχετικής μελέτης εφαρμογής

2 Χωροθέτηση Φ/Β Συστήματος

Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια πρόκειται να τοποθετηθούν πάνω στο δώμα του κτηρίου ενέργειας. Κατά την μελέτη του έργου εγκατάστασης φωτοβολταϊκού σταθμού έχουν ληφθεί υπόψη μια σειρά από παράγοντες όπως είναι:

- Βέλτιστη παραγωγή του Φ/Β συστήματος
- Βέλτιστη εκμετάλλευση του διαθέσιμου χώρου
- Περιορισμός κατά το δυνατόν των όποιων παρεμβάσεων απαιτηθούν.
- Αρμονική ένταξη στο περιβάλλον της όλης εγκατάστασης και μείωση κατά το δυνατόν της περιβαλλοντικής όχλησης
- Τήρηση σχετικής νομοθεσίας
- Αποφυγή παραγόντων που μπορεί να προκαλέσουν δυσλειτουργίες του σταθμού, όπως είναι σκιάσεις από δέντρα ή κτήρια.

2.1 Χωροθέτηση Φωτοβολταϊκών γεννητριών

Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια πρόκειται να τοποθετηθούν πάνω στο δώμα του κτηρίου ενέργειας. Το δώμα έχει επιφάνεια 379 τετραγωνικά μέτρα και προσανατολισμό 32 μοιρών προς δύση. Στο σχέδιο «Φ/Β-1 ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΙΝΙΣΗ» απεικονίζεται το ΓΝΚ καθώς και η περιοχή εγκατάστασης του Φ/Β συστήματος, ενώ στο ίδιο σχέδιο απεικονίζεται το εν λόγω δώμα. Πρέπει να σημειωθεί ότι περιμετρικά του δώματος υπάρχει τοιχίο ύψους 1 μέτρου από την επιφάνεια του δώματος.

Φωτογραφία 1. Φωτογραφίες του δώματος εγκατάστασης και του κεντρικού κτηρίου από τη νοτιοανατολική γωνία

Φωτογραφία 2. Φωτογραφίες του δώματος εγκατάστασης από τη νοτιοδυτική γωνία

Φωτογραφία 3. Φωτογραφίες του δώματος εγκατάστασης από τη νοτιοανατολική γωνία

Το ζητούμενο είναι η χωροθέτηση ενός Φ/Β συστήματος 20 kWp στο συγκεκριμένο δώμα και με το συγκεκριμένο συνδυασμό κλίσης και προσανατολισμού με τέτοιο τρόπο ώστε

- Να αποφεύγονται κατά το δυνατόν οι σκιάσεις μεταξύ των τραπεζιών των βάσεων στήριξης των Φ/Β γεννητριών
- Να αποφεύγονται οι σκιάσεις από το τοιχίο ύψους ενός μέτρου περιμετρικά του δώματος,
- Να αποφεύγονται οι σκιάσεις από τα φρεάτια εξαερισμού που βρίσκονται στο δώμα
- Το μέγιστο ύψος των Φ/Β πλαισίων από την επιφάνεια του δώματος να μην υπερβαίνει τα 2.5 μέτρα.

Στην περιοχή εγκατάστασης η βέλτιστη κλίση των Φ/Β γεννητριών είναι 32 μοίρες και ο προσανατολισμός τους (αζιμούθιο) νότιος. Όμως ο χώρος εγκατάστασης έχει διάφορα εμπόδια με βασικό το κεντρικό κτήριο του ΓΝΚ και το τοιχίο του χώρου εγκατάστασης, τα οποία δημιουργούν σκιάσεις και άρα μείωση της απόδοσης του συστήματος.

Για την εύρεση της βέλτιστης χωροθέτησης, έγινε σειρά εξομοιώσεων του Φ/Β συστήματος, έτσι ώστε να εξασφαλιστεί η μέγιστη απόδοση του Φ/Β συστήματος, λαμβανόμενων υπόψη των παραγόντων σχεδιασμού που προαναφέρθηκαν. Ο εξομοιώσεις έγιναν σύμφωνα με όσα αναφέρονται στην παράγραφο «7.1 Εξομοίωση συστήματος» και οι οποίες λαμβάνουν υπόψη σκιάσεις που δημιουργούνται από το κεντρικό κτήριο. Συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα έχουν ως εξής:

Κλίση (μοίρες)	Προσανατολισμός (μοίρες)	Απόδοση KWh/kWp
0	20	15.33
0	25	15.29
0	30	15.05
5	20	15.45
5	25	15.49
5	30	15.41
10	20	15.56
10	25	15.68
10	30	15.63
15	20	15.52
15	25	15.54
15	30	15.63

Πίνακας 1. Απόδοση συστήματος για διάφορους συνδυασμούς κλίσης και προσανατολισμού

Με βάση τα παραπάνω δεδομένα, ο συνδυασμός που δίνει τη βέλτιστη απόδοση είναι:

Κλίση 25 μοίρες και προσανατολισμός με 10 μοίρες απόκλιση από νότο προς ανατολή.

Τα Φ/Β πλαίσια έχουν ανύψωση 1 μέτρο από την επιφάνεια του δώματος για την αποφυγή σκιάσεων από το τοιχίο του χώρου εγκατάστασης.

Το αποτέλεσμα της μελέτης χωροθέτησης παρουσιάζεται στο σχέδιο «Φ/Β-2 ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΠΛΑΙΣΙΩΝ»

Με βάση το σχέδιο αυτό και αν λάβουμε υπόψη 2 mm διάκενο ανάμεσα στα Φ/Β πλαίσια, η συνολική επιφάνεια των Φ/Β πλαισίων είναι

(16.83 + 11.98 + 5.94) x 3.34 = 117.73 τ.μ.

Η ζητούμενη ισχύς είναι 20 kWp. Αυτή σημαίνει ότι ο βαθμός απόδοσης των Φ/Β πλαισίων με βάση τη συνολική τους επιφάνεια πρέπει να είναι

$$\eta \geq \frac{20}{117.57} \rightarrow \eta \geq 17.28\%$$

Με βάση τα παραπάνω, στην παρούσα μελέτη θεωρείται ότι θα πρέπει προκριθούν φωτοβολταϊκά πλαίσια υψηλής απόδοσης, ίσο ή μεγαλύτερο του 17.3%. Αυτό σημαίνει ότι προκρίνονται φωτοβολταϊκά πλαίσια κρυσταλλικού πυριτίου (μονοκρυσταλλικό ή πολυκρυσταλλικό) που έχουν αντίστοιχους βαθμούς απόδοσης.

Στην παρούσα μελέτη επιλέγεται ένα τυπικό Φ/Β πλαίσιο διαστάσεων 1.66 x 0.99 μ. Με βάση τους προαναφερόμενους περιορισμούς, μπορεί να εγκατασταθούν στο δώμα συνολικά 70 Φ/Β πλαίσια, τοποθετημένα σε 3 τραπέζια ως εξής

- Το 1^{ο} από το νότο τραπέζι φέρει συνολικά 12 Φ/Β πλαίσια σε διάταξη portrait τοποθετημένα σε δύο σειρές των 6 πλαισίων
- Το 2^{ο} από το νότο τραπέζι φέρει συνολικά 24 Φ/Β πλαίσια σε διάταξη portrait τοποθετημένα σε δύο σειρές των 12 πλαισίων
- Το 3^{ο} από το νότο τραπέζι φέρει συνολικά 34 Φ/Β πλαίσια σε διάταξη portrait τοποθετημένα σε δύο σειρές των 17 πλαισίων

Για την επίτευξη της συνολικής ονομαστικής ισχύος των 20 kWp (με ανοχή έως -1%)του Φ/Β συστήματος με 70 τεμάχια, απαιτείται η ονομαστική ισχύς του κάθε Φ/Β πλαισίου να είναι **285 Wp** ή μεγαλύτερη.

Στην παρούσα μελέτη λοιπόν επιλέγεται ένα ενδεικτικό φωτοβολταϊκό πλαίσιο απόδοσης **17.3%** και διαστάσεων 1.66 x 0.99 μ και ονομαστικής ισχύος **285 Wp.** Τα 70 Φ/Β πλαίσια που χωροθετούνται δίνουν συνολική ονομαστική ισχύς του Φ/Β συστήματος ίση με **19.95 kWp.**

Σημειώνεται ότι μπορεί να προταθούν Φ/Β πλαίσια μεγαλύτερης απόδοσης του 17.3% αρκεί να τηρείται η προτεινόμενη χωροθέτηση με λιγότερο αριθμό Φ/Β πλαισίων. Οποιαδήποτε απόκλιση από αυτήν θα πρέπει να τεκμηριώνεται επαρκώς.

Η χωροθέτηση των πλαισίων του Φωτοβολταϊκού συστήματος παρουσιάζεται στο επισυναπτόμενο σχέδιο «Α-3. ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ».

2.2 Χωροθέτηση ηλεκτρολογικών πινάκων - αντιστροφέων – μετρητή ενέργειας

Λόγω της φύσης του έργου και επειδή τα φωτοβολταϊκά πλαίσια θα τοποθετηθούν σε χώρους όπου ενδέχεται το κοινό να έχει πρόσβαση, είναι προτιμότερο οι ηλεκτρολογικοί πίνακες καθώς και ο/οι αντιστροφέας/εις να τοποθετηθούν όλοι μαζί στον τοίχο του διαδρόμου που οδηγεί προς τις κυψέλες του μετασχηματιστή. Ο διάδρομος αυτός βρίσκεται ακριβώς κάτω από το δώμα εγκατάστασης των Φ/Β πλαισίων (δες Σχέδιο «Φ/Β-4 ΟΔΕΥΣΗ ΚΑΛΩΔΙΩΣΕΩΝ»).

Για το σκοπό αυτό υπάρχει επαρκής ελεύθερος χώρος στον τοίχο του δωματίου του διαδρόμου, αριστερά της πόρτας, κατά την είσοδο.

Φωτογραφία 4. Φωτογραφία του τοίχου επί του οποίου θα αναρτηθούν οι ηλεκτρολογικοί πίνακες του Φ/Β συστήματος καθώς και ο/οι αντιστροφεάς/εις.

Στον τοίχο θα αναρτηθούν

- Ο πίνακας συνεχούς ρεύματος του Φ/Β συστήματος
- Ο Γενικός Πίνακας Χαμηλής Τάσης του Φ/Β συστήματος
- Ο αντιστροφέας ή οι αντιστροφείς του Φ/Β συστήματος
- Ο Αυτόματος Διακόπτης Διασύνδεσης του Φ/Β συστήματος με τη χαμηλή τάση του Μ/Σ
- Ο μετρητής ενέργειας του Φ/Β συστήματος

3 Τεχνικές Προδιαγραφές

Το έργο που θα υλοποιηθεί τα πλαίσια της παρούσας μελέτης αποτελεί να διασυνδεδεμένο φωτοβολταϊκό σταθμό με το δημόσιο ηλεκτρικό δίκτυο.. Θα πρέπει να πληροί όλους του σχετικούς κανονισμούς του ΔΕΔΔΗΕ. Η ηλεκτρολογική εγκατάσταση θα πρέπει να συμμορφώνεται με τον ισχύοντα Κανονισμό εσωτερικών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων και το πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384 .

Επίσης θα πρέπει να πληροί τις απαιτήσεις των διεθνών προτύπων IEC 6063-7-12 και IEC 61727. Αντίστοιχα κάθε τμήμα του Σταθμού θα πρέπει να πληροί τις σχετικές προδιαγραφές και πρότυπα που αναφέρονται στις ακόλουθες παραγράφους.

3.1 Προδιαγραφές Βάση στήριξης

Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια θα τοποθετηθούν πάνω σταθερές βάσεις στήριξης.

Θα πρέπει να δίνεται εγγύηση τόσο για την διάβρωση όσο και για την στατική επάρκεια της κατασκευής.

Οι βάσεις στήριξης θα πρέπει να αποτελούνται από υλικά υψηλών μηχανικών και χημικών ιδιοτήτων και προδιαγραφών που δεν θα αλλοιώνονται από την επίδραση των καιρικών και περιβαλλοντικών συνθηκών. Τα χρησιμοποιούμενα υλικά των βάσεων στήριξης απαιτείται να συνεργάζονται απόλυτα μεταξύ τους για τις περιπτώσεις μεταβολών της θερμοκρασίας και μηχανικών καταπονήσεων. Επίσης θα πρέπει να υπάρχει πρόβλεψη για την αποφυγή επαφής μετάλλων με διαφορετική ηλεκτροαρνητικότητα για την αποφυγή οξειδώσεων Η κατασκευή δεν πρέπει να φέρει αιχμηρά σημεία ή επικίνδυνες προεξοχές.

Όλα τα τοποθετούμενα υλικά, οι συνδέσεις, κολλήσεις και στερεώσεις και ιδίως η ηλεκτρολογική εγκατάσταση θα συμμορφώνονται προς τις νόμιμες προδιαγραφές και τους κανόνες ασφαλείας, θα διαθέτουν τα προβλεπόμενα πιστοποιητικά.

Θα πρέπει να γίνεται πρόβλεψη για την παραλαβή των θερμικών διαστολών σε όλη την κατασκευή.

Η όλη κατασκευή θα πρέπει να συνοδεύονται από σχετική στατική μελέτη, πιστοποιημένη από σχετικό οργανισμό.

Θα πρέπει να ληφθούν υπόψη φορτία ανέμου, χιονιού, σεισμού με βάση τους Ευρωκώδικες 1-9 και τον Ελληνικό αντισεισμικό κανονισμό.

Οι βάσεις στήριξης θα πρέπει να πληρούν τους Ευρωκώδικες 1-9 συνοδευόμενα από σχετικές πιστοποιήσεις, , ανάλογα και με τα υλικά κατασκευής τους, όπως στον ακόλουθο πίνακα.

Κωδικός Αριθμός	**Τίτλος**
ΕΛΟΤ ΕΝ 1990	Ευρωκώδικας 0 «*Βάσεις Σχεδιασμού*»
ΕΛΟΤ ΕΝ 1991	Ευρωκώδικας 1 «*Δράσεις στους φορείς*»
ΕΛΟΤ ΕΝ 1992	Ευρωκώδικας 2 «*Σχεδιασμός Φορέων από Σκυρόδεμα*»
ΕΛΟΤ ΕΝ 1993	Ευρωκώδικας 3 «*Σχεδιασμός Φορέων από Χάλυβα*»
ΕΛΟΤ ΕΝ 1994	Ευρωκώδικας 4 «*Σχεδιασμός Σύμμεικτων Φορέων από Χάλυβα και Σκυρόδεμα*»
ΕΛΟΤ ΕΝ 1995	Ευρωκώδικας 5 «*Σχεδιασμός Ξύλινων Φορέων*»
ΕΛΟΤ ΕΝ 1996	Ευρωκώδικας 6 «*Σχεδιασμός Φορέων από Τοιχοποιία*»
ΕΛΟΤ ΕΝ 1997	Ευρωκώδικας 7 «*Γεωτεχνικός Σχεδιασμός*»
ΕΛΟΤ ΕΝ 1998	Ευρωκώδικας 8 «*Αντισεισμικός Σχεδιασμός*»
ΕΛΟΤ ΕΝ 1999	Ευρωκώδικας 9 «*Σχεδιασμός Φορέων από Αλουμίνιο*»

Η βάση στήριξης θα αγκυρωθεί επί του δώματος με χρήση ειδικών χημικών αγκυρίων. Για το σκοπό αυτό θα γίνουν οπές επί του δώματος με διατομή καταλλήλων διαστάσεων (M10 ή M12) ανάλογα με τις οδηγίες του κατασκευαστή. Το βάθος των οπών δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερο των 8 με 10 εκατοστών και σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να ληφθεί πρόνοια για την μη διάτρηση του δώματος. Στις οπές θα τοποθετηθούν ντίζες από ανοξείδωτο χάλυβα και θα πακτωθούν με τη χρήση ειδικών χημικών αγκυρίων (επί παραδείγματι προτείνεται το χημικό αγκύριο HITHY 110 330/2 της HILTI).

Καθώς στο δώμα υπάρχει για λόγους στεγανότητας τοποθετημένο ασφαλτόπανο, θα πρέπει να γίνει αποκατάσταση μετά το πέρας των εργασιών.

3.2 Προδιαγραφές Φωτοβολταϊκών Πλαισίων

Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια θα είναι καινούργια και πρόσφατης κατασκευής όχι μεγαλύτερης των έξι μηνών κατά την εγκατάστασή τους. Η ημερομηνία κατασκευής τους, όπως και η χώρα κατασκευής τους θα πιστοποιείται με έγγραφο του κατασκευαστή.

Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια θα πρέπει να είναι όλα του ίδιου κατασκευαστή, να ανήκουν στην ίδια σειρά, όπως προκύπτει από την επίσημη κατηγοριοποίηση του κατασκευαστή, να είναι της ίδιας ονομαστικής ισχύος και ίδιων ηλεκτρικών χαρακτηριστικών και των ίδιων γεωμετρικών διαστάσεων.

Κατά την παράδοσή τους, ή πριν από αυτή, τα φωτοβολταϊκά 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. Αποδεκτή μόνο θετική ανοχή επί της ονομαστικής ισχύος.

Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια, θα πρέπει να πληρούν τις παρακάτω προδιαγραφές πιστοποιημένες από αναγνωρισμένο φορέα (ή αντίστοιχες):

- IEC 61215, EN-61215:2005 “Design qualification and type approval for crystalline silicon terrestrial photovoltaic (PV) modules “ για τα πολυκρυσταλλικά ή μονοκρυσταλλικά πλαίσια
- IEC 61646 - “Thin film terrestrial photovoltaic (PV) modules – Design qualification and type approval” για τα Φ/Β πλαίσια λεπτού υμενίου (thin film)
- IEC 61730-1, και IEC 61730-2, EN-61730-1:2007, EN-61730-2:2007 “Photovoltaic (PV) module safety qualification” (Application class A – safety class II)
- IEC 61701 salt mist corrosion test - severity level 6.
- Διαδικασίες παραγωγής πιστοποιημένες κατά ISO 9001 και ISO 14001.
- Τα φωτοβολταϊκά 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».

Επίσης θα πρέπει να διαθέτουν πιστοποιητικό για την μη εμφάνιση του φαινομένου Potential Induced Degradation (PID) από εγκεκριμένο φορέα πιστοποίησης σύμφωνα με τις τεχνικές προδιαγραφές TS IEC 62804-1:2015-08 καθώς και πιστοποιητικό από εγκεκριμένο φορέα πιστοποίησης για την μη εμφάνιση του φαινομένου Snail Trail.

Τα ΦΒ πλαίσια θα πρέπει να συνοδεύονται από Εγγυήσεις:

- Ελαττώματος (workmanship warranty) τουλάχιστον 12 ετών
- Γραμμικής πτώσης ισχύος (linear power output warranty) τουλάχιστο 80% μέχρι τα 25 έτη. Μέγιστη πτώση ισχύος για τα πρώτα δύο χρόνια όχι μεγαλύτερη από 2.8%.

Η ανοχή ισχύος των φωτοβολταϊκών πλαισίων σε σχέση με την ονομαστική της τιμή θα πρέπει να έχει μόνο θετική απόκλιση.

Το μέγιστο βάρος των φωτοβολταϊκών πλαισίων θα πρέπει να είναι 15 Kg/m^2.

Η μηχανική αντοχή τους (κατά IEC/EN 61215) πρέπει να είναι ίση ή μεγαλύτερη των 5400 Pa και να αντέχουν:

- Μέγιστο φορτίο χιονιού: 550 kg/m^2 (5400 Pa)
- Μέγιστο φορτίο ανέμου: 550 kg/m^2 (5400 Pa)

Η πιστοποίηση των φωτοβολταϊκών πλαισίων κατά IEC 61730 θα πρέπει να είναι

- Application Class: A
- Μέγιστη επιτρεπόμενη τάση 1000 V DC

- Safety Class II
- Αντοχή σε φωτιά – Fire Resistance: C

Ο συντελεστής Peak Power Temperature Coefficient δεν θα πρέπει να υπερβαίνει το -0,43 %/K

Το θερμοκρασιακό πεδίο λειτουργίας των φωτοβολταϊκών πλαισίων θα πρέπει να είναι από τους -40oC μέχρι τους +85°c

Ο βαθμός απόδοσης τους θα πρέπει να είναι μεγαλύτερος του 17.3% με βάση τη συνολική επιφάνεια του Φ/Β πλαισίου.

Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια θα πρέπει ακόμη να διαθέτουν απαραιτήτως, τρεις (3) τουλάχιστον διόδους παράκαμψης (by-pass diodes).

Τα κυτίο διασύνδεσης των φωτοβολταϊκών πλαισίων θα πρέπει να διαθέτει βαθμό προστασίας IP65 και να είναι συνδεδεμένο με καλώδια πιστοποιημένα κατά IEC 60228 κλάσης 5 (DIN VDE 0295) με ακροδέκτες.

Το πάχος/ύψος του πλαισίου να είναι μεταξύ των 35 και 50 χιλιοστών.

Το αλουμινένιο πλαίσιο να είναι ανοδιωμένο.

Να υπάρχει δυνατότητα γείωσης του αλουμινένιου πλαισίου.

Η κανονική θερμοκρασία λειτουργίας (NOCT) να μην υπερβαίνει τους 48°C με ανοχή θερμοκρασίας ±3 ^{o}C.

Θα πρέπει να αναφέρεται το εργοστάσιο κατασκευής των φωτοβολταϊκών πλαισίων και το οποίο θα πρέπει να δηλώνει τον προμηθευτή των Φ/Β κυψελών (cells) ή των αντιστοίχων Φ/Β στοιχείων (αναλόγως του τύπου κατασκευής του Φ/Β στοιχείου) και την χώρα κατασκευής ή σε περίπτωση κατασκευής από τον ίδιο, να δηλώνεται σχετικά.

Η αναγωγή των προδιαγραφών των φωτοβολταϊκών πλαισίων θα γίνεται στις Τυπικές Συνθήκες Δοκιμής (Standard Test Conditions), δηλαδή:

- Ηλιακή ακτινοβολία : 1000 W/m^2
- Θερμοκρασία κυψέλης 25 ^{o} C
- Αερομάζα AM=1.5

Κάθε φωτοβολταϊκό πλαίσιο θα πρέπει να φέρει ευανάγνωστη πινακίδα η οποία θα είναι τοποθετημένη στην πίσω πλευρά της και θα αναφέρει τουλάχιστον τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- Τύπος και κατασκευαστής,
- Μέγιστη ονομαστική ισχύς,
- Τάση στην μέγιστη ονομαστική ισχύ,

- Ένταση στη μέγιστη ονομαστική ισχύ,
- Ένταση βραχυκύκλωσης,
- Τάση ανοικτού κυκλώματος,
- Αριθμός σειράς παραγωγής (Serial Number),
- Ο Διεθνής οργανισμός και τα πρότυπα βάσει του οποίου γίνεται η πιστοποίηση του προϊόντος.

Οι αποδόσεις των Φ/Β πλαισίων θα πρέπει να αναφέρονται στα αντίστοιχα τεχνικά φυλλάδια και να συνοδεύονται από πιστοποιητικό εγκεκριμένου φορέα πιστοποίησης. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά κάθε πάνελ θα προκύπτουν από τα αντίστοιχα φυλλάδια του κατασκευαστή και θα περιλαμβάνουν κατ' ελάχιστο τα εξής μεγέθη:

- Φυσικά χαρακτηριστικά :
    - Βάρος
    - Διαστάσεις
    - Αριθμός, τύπος και διαστάσεις κυψελών
    - Εύρος θερμοκρασίας λειτουργίας
    - Μέγιστη μηχανική καταπόνηση κατά IEC EN 61215
    - Υλικό πλαισίου
    - Υλικό αντανάκλασης
    - Αριθμός και χαρακτηριστικά διόδων παράκαμψης (by-pass)
    - Αριθμός και χαρακτηριστικά κυτίου σύνδεσης
- Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά τόσο σε Τυπικές Συνθήκες Δοκιμής (Standard Test Conditions) όσο και σε συνθήκες ονομαστικής θερμοκρασίας λειτουργίας κυψελών NOCT (Normal Operation Cell Temperature),
    - Ονομαστική μέγιστη ισχύς
    - Ονομαστική ενεργειακή απόδοση
    - Ονομαστική τάση σημείου μεγίστης ισχύος
    - Ονομαστικό ρεύμα σημείου μεγίστης ισχύος
    - Τάση ανοιχτού κυκλώματος
    - Ρεύμα βραχυκυκλώματος

Επίσης θα πρέπει να αναφέρονται και τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- Απόκλιση από ονομαστική ισχύ εξόδου
- Συντελεστές θερμοκρασίας Isc, Voc και Pmax
- Παράγοντας πλήρωσης (Fill Factor, min. 73%)
- Μέγιστη επιτρεπτή τάση
- Μέγιστο επιτρεπόμενο ανάστροφο ρεύμα

- Ανοχές μετρούμενων ηλεκτρικών μεγεθών
- Εύρος θερμοκρασιακής λειτουργίας.

3.2.1 Επιλογή Φ/Β πλαισίου για μελέτη εφαρμογής

Για τις ανάγκες της μελέτης εφαρμογής και για τους αναγκαίους υπολογισμούς, χρησιμοποιείται ως επιλογή το Φ/Β πλαίσιο που έχει δηλωθεί κατά την αίτηση σύνδεσης που υποβλήθηκε από το ΓΝΚ στον ΔΕΔΔΗΕ. Το Φ/Β πλαίσιο αυτό είναι του Γερμανικού κατασκευαστικού οίκου **Aleo Solar GmbH** και ο τύπος του είναι **S19_285** και η ονομαστική του ισχύ 285 Wp.

Σημειώνεται ότι, όπως προαναφέρθηκε, μπορεί να προταθούν διαφορετικά Φ/Β πλαίσια αρκεί ο βαθμός απόδοσης τους να είναι μεγαλύτερος του 17.3% και να τηρείται η προτεινόμενη χωροθέτηση, έστω και με λιγότερο αριθμό Φ/Β πλαισίων. Σε κάθε περίπτωση για το προτεινόμενο πλαίσιο θα πρέπει να γίνει επαναυπολογισμός των στοιχείων που αναφέρονται στην παράγραφο «4.1.1 Στοιχεία ελέγχου διαστασιολόγησης»

Τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά του **Aleo Solar AG S19_285** παρουσιάζονται στη συνέχεια.

aleo solar module S19

ELECTRICAL DATA (STC)			S19_280	S19_285	S19_290	S19_295
Rated power	P_{MPP}	[W]	280	285	290	295
Rated voltage	U_{MPP}	[V]	31.2	31.3	31.3	31.3
Rated current	I_{MPP}	[A]	8.97	9.10	9.25	9.42
Open-circuit voltage	U_{OC}	[V]	39.2	39.2	39.3	39.3
Short-circuit current	I_{SC}	[A]	9.67	9.73	9.80	9.87
Efficiency	n	[%]	17.0	17.3	17.6	18.0

Electrical values measured under standard test conditions (STC): 1000 W/m²; 25°C; AM 1.5

BASIC MODULE DATA		
Length x width x height	[mm]	1660 x 990 x 50
Weight	[kg]	20
Number of cells		60
Cell size	[mm]	156.75 x 156.75
Cell material		Monocrystalline Si
Front sheet		Solar glass (TSG)
Back sheet		Polymer sheet, white
Frame material		Al alloy, silver

ELECTRICAL DATA (NOCT)			S19_280	S19_285	S19_290	S19_295
Power	P_{MPP}	[W]	205	208	212	215
Voltage	U_{MPP}	[V]	28.4	28.4	28.4	28.4
Current	I_{MPP}	[A]	7.21	7.33	7.45	7.59
Open-circuit voltage	U_{OC}	[V]	36.1	36.1	36.2	36.2
Short-circuit current	I_{SC}	[A]	7.82	7.87	7.93	7.99
Efficiency	n	[%]	15.6	15.8	16.1	16.4

Electrical values measured under nominal operating conditions of cells: 800 W/m²; 20°C; AM 1.5; wind 1 m/s
NOCT: 48°C (nominal operating cell temperature)

CERTIFICATIONS AND WARRANTY	
Product Guarantee	12 years
Power Guarantee	25 years – Linear
Fire Resistance	Class C
Protection Against Electric Shock	II
Certifications	§ IEC 61215, IEC 61730-1/-2
	§ IEC 62716 – Ammonia Resistance
	§ IEC 61701 – Salt mist Resistance
	§ IEC 62804 – PID Resistance
	§ MCS 010; MCS 005

TEMPERATURE COEFFICIENTS			
Temperature coefficient I_{SC}	α (I_{SC})	[%/K]	+0.05
Temperature coefficient U_{OC}	β (U_{OC})	[%/K]	-0.29
Temperature coefficient P_{MPP}	γ (P_{MPP})	[%/K]	-0.40

LOADS			
Max. module pressure load		[Pa]	5400*
Max. module suction load		[Pa]	5400*
Max. system voltage		[V_{DC}]	1000
Reverse current load	I_R	[A]	20

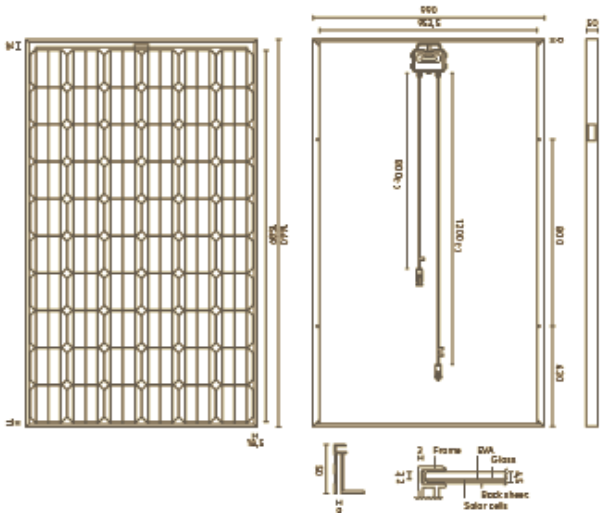
Mechanical load acc. to IEC/EN 61215
* Please observe the mounting conditions in the installation manual

BASIC DATA JUNCTION BOX		
Length x width x height	[mm]	148 x 123 x 27
IP class		IP67
Cable length	[mm]	1200 (+), 800 (-)
Connectors		MC4
Bypass diodes		3

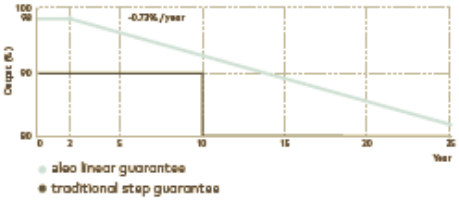
Measurement tolerance of P_{MPP} under STC -3/+3% | Accuracy of other electrical values -10/+10%
Efficiency relating to gross module area

ADDITIONAL ELECTRICAL DATA		
Reduction of STC efficiency from 1000 W/m² to 200 W/m²	[%] rel.	< 2
Classification range (positive classification)	[W]	0/+4.99

DIMENSIONS [MM]



PERFORMANCE GUARANTEE



PLEASE CONTACT YOUR AUTHORISED ALEO DEALER

Εικόνα 1. Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά Φ/Β πλαισίου Aleo Solar S19 285 Wp

3.3 Προδιαγραφές Αντιστροφέων

Οι αντιστροφείς ισχύος για το παρόν έργο, πρέπει να είναι αντιστροφείς στοιχεισειράς.

Για την συμμετρική τροφοδοσία των 3 φάσεων προκρίνονται τριφασικοί αντιστροφείς με ονομαστική τάση 230/400 V στα 50 Hz.

Οι αντιστροφείς θα πρέπει να είναι κατάλληλοι για λειτουργία σε εσωτερικό και εξωτερικό χώρο. Για τον λόγο αυτόν θα πρέπει να έχει επαρκή προστασία έναντι καιρικών συνθηκών (θερμοκρασία, υγρασία, σκόνη, ηλιακή ακτινοβολία κλπ) με κατηγορία στεγανότητας τουλάχιστον IP 65

Θα πρέπει να πληρούν όλες τις σχετικές προδιαγραφές του ΔΕΔΔΗΕ για διασύνδεση με το Ελληνικό δημόσιο ηλεκτρικό δίκτυο της ηπειρωτικής χώρας ώστε:

- οι ρυθμίσεις των ορίων τάσης στην έξοδο του αντιστροφέα σε καμία περίπτωση δεν θα πρέπει να υπερβαίνουν για την τάση το +15% έως -20% της ονομαστικής τάσης (230 V).
- οι ρυθμίσεις των ορίων συχνότητας στην έξοδο του αντιστροφέα θα έχει μέγιστη διακύμανση +/- 0,5 Hz.
- σε περίπτωση υπέρβασης των πιο πάνω ορίων ο αντιστροφέας θα τίθεται εκτός (αυτόματη απόζευξη) με τις ακόλουθες περιοριστικές χρονικές ρυθμίσεις :
- Θέση εκτός λειτουργίας του αντιστροφέα σε 0,5 δευτερόλεπτα.
- Επανάζευξη του αντιστροφέα μετά από 3 λεπτά.
- σε περίπτωση αντιστροφέα χωρίς Μ/Σ θα πρέπει η μέγιστη τιμή εγχεόμενου Σ.Ρ. στο ηλεκτρικό δίκτυο να είναι μικρότερη του 0.5% της τιμής του ονομαστικού ρεύματος εξόδου του μετατροπέα.

Κάθε αντιστροφέας θα συνοδεύεται υποχρεωτικά από βεβαίωση ότι διαθέτει προστασία έναντι νησιδοποίησης σύμφωνα με το πρότυπο VDE 0126-1-1 ή ισοδύναμης μεθόδου (βεβαίωση τύπου από ανεξάρτητο πιστοποιημένο εργαστήριο).

Ο βαθμός απόδοσης του κάθε αντιστροφέα θα πρέπει να είναι μεγαλύτερος ή ίσος από 98% και ο Ευρωπαϊκός βαθμός απόδοσης του κάθε αντιστροφέα θα πρέπει να είναι μεγαλύτερος ή ίσος από 97.8%.

Τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά των αντιστροφέων θα πρέπει να είναι

- Μέγιστη τάση εισόδου 1000 V
- Τάση εισόδου για εκκίνηση μικρότερη ή ίση των 400 V
- 2 τουλάχιστο Ανιχνευτές Σημείου Μέγιστη Ισχύος (Maximum Power Point Tracker MPPT) με τουλάχιστο 2 εισόδους στον κάθε ανιχνευτή
- Εύρος λειτουργίας MPPT να περιλαμβάνει την περιοχή 550 V έως 800 V
- Μέγιστο ρεύμα εισόδου σε κάθε ανιχνευτή ίσο ή μεγαλύτερο των 25 A
- Συνολική Ελάχιστη ισχύ εισόδου ίση ή μεγαλύτερη των 20,000 W
- Συνολική Ονομαστική ισχύ εξόδου στα 230 V ίση ή μεγαλύτερη των 20,000 VA.

Επίσης οι αντιστροφείς θα πρέπει:

- Να είναι τεχνολογίας πολλαπλών στοιχειοσειρών (multi-string).
- Να έχουν ενσωματωμένο διακόπτη απόζευξης DC (κατά DIN-VDE 0100-712).
- Δυνατότητα συμμετρικής τροφοδοσίας των φάσεων.
- Γαλβανική Απομόνωση Εξόδου.
- Συντελεστή συνολικής αρμονικής παραμόρφωσης <3%,
- Εύρος λειτουργίας σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος από -20ο C έως +55ο C τουλάχιστον. Ειδικότερα σε υψηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος, θα πρέπει να διασφαλίζεται η απρόσκοπτη λειτουργία του με ανάλογες διατάξεις ελέγχου της θερμοκρασίας (σύστημα κυκλοφορίας αέρα κλπ).
- Να διαθέτει ποικίλες διεπαφές επικοινωνίας (RS232 ή RS485, θύρα USB) με άλλα συστήματα παρακολούθησης και ελέγχου της απόδοσης των κρίσιμων παραμέτρων και να είναι συμβατός με ποικίλα διαγνωστικά συστήματα.
- Να έχει πιστοποίηση κατά CE και να αποδεικνύεται ανάλογα.

Επίσης θα πρέπει να πληρούν τα διεθνή πρότυπα και προδιαγραφές

- IEC 61727,
- DIN VDE 0126-1-1,
- IEC 61209-1
- IEC 61209-2.
- Για την ασφάλεια IEC-62103 (EN50178)
- CE

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά κάθε αντιστροφέα θα προκύπτουν από τα αντίστοιχα φυλλάδια του κατασκευαστή και θα περιλαμβάνουν κατ' ελάχιστο τα εξής μεγέθη:

- Φυσικά χαρακτηριστικά:
    - Βάρος
    - Διαστάσεις
    - Αριθμός και τύπος εξόδων
    - Τύπος περιβλήματος (κατάλληλο για εξωτερική χρήση)
    - Εύρος θερμοκρασίας λειτουργίας (ελάχιστα όρια -10 oC και +60 oC)
- Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά
    - Ονομαστική ισχύς εισόδου DC [για το συγκεκριμένο σύστημα]
    - Μέγιστη επιτρεπόμενη ισχύς εισόδου
    - Μέγιστο ρεύμα εισόδου
    - Εύρος τάσεων εισόδου
    - Κατανάλωση ισχύος
    - Εύρος μέγιστου σημείου ισχύος
    - Ονομαστική ισχύς εξόδου
    - Μέγιστη ισχύς εξόδου
    - Εύρος τάσεως εξόδου
    - Τύπος κυματομορφής εξόδου
    - Εύρος συχνότητας εξόδου
    - Συντελεστής ισχύος (cosφ)
    - Βαθμός απόδοσης Euro
    - Βαθμός απόδοσης Euro

- Ολική αρμονική παραμόρφωση ρεύματος (THD)
- Σύστημα επιτήρησης δικτύου
- Όρια συνθηκών υγρασίας για ασφαλή λειτουργία
- Τύπος συστήματος εξαερισμού
- Βαθμός ηλεκτρικής προστασίας
- Προστασίες (από βραχυκύκλωμα, από υπερτάσεις, από διαρροή ως προς γη)
- Εύρος χρόνων διακοπής (θέση εκτός) καιεπαναζεύξης (θέση εντός) [και για DC και για AC]

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά θα συνοδεύονται απαραιτήτως από:

- γραφήματα απόκρισης του αντιστροφέα μεταβαλλόμενης της ισχύος του για διαφορετικές τάσεις εισόδου
- ακολουθούμενα πρότυπα και πιστοποιήσεις καθώς και από το όνομα του οργανισμού / φορέα που πιστοποιεί
- πληροφορίες σχετικά με παρεχόμενες ενδείξεις λειτουργίας
- πληροφορίες σχετικά με την εσωτερική δομή, λειτουργία και τεχνολογία μετατροπής των χαρακτηριστικών του ρεύματος

Θα πρέπει να συνοδεύονται από εγγύηση προϊόντος μεγαλύτερη ή ίση των 5 ετών.

3.3.1 Επιλογή αντιστροφέα για μελέτη εφαρμογής

Για τις ανάγκες της μελέτης εφαρμογής και για τους αναγκαίους υπολογισμούς, χρησιμοποιείται ως επιλογή ο αντιστροφέας που έχει δηλωθεί κατά την αίτηση σύνδεσης που υποβλήθηκε από το ΓΝΚ στον ΔΕΔΔΗΕ. Ο αντιστροφέας είναι του Γερμανικού κατασκευαστικού οίκου **SMA Solar Technology AG** και ο τύπος του είναι **STP 20000 TL-30**.

Σημειώνεται ότι, όπως προαναφέρθηκε, μπορεί να προταθούν διαφορετικού αντιστροφείς, αρκεί να πληρούνται οι προδιαγραφές που αναφέρονται στη σχετική παράγραφο. Σε κάθε περίπτωση για τον προτεινόμενο αντιστροφέα θα πρέπει να γίνει επαναυπολογισμός των στοιχείων που αναφέρονται στην παράγραφο «4.1.1 Στοιχεία ελέγχου διαστασιολόγησης»

Τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά του **SMA STP 20000 TL-30** παρουσιάζονται στη συνέχεια.

Technical Data	Sunny Tripower 20000TL
Input (DC)	
Max. DC power (at cos φ = 1) / DC rated power	20440 W / 20440 W
Max. input voltage	1000 V
MPP voltage range / rated input voltage	320 V to 800 V / 600 V
Min. input voltage / start input voltage	150 V / 188 V
Max. input current input A / input B	33 A / 33 A
Number of independent MPP inputs / strings per MPP input	2 / A:3; B:3
Output (AC)	
Rated power (at 230 V, 50 Hz)	20000 W
Max. AC apparent power	20000 VA
AC nominal voltage	3 / N / PE; 220 V / 380 V 3 / N / PE; 230 V / 400 V 3 / N / PE; 240 V / 415 V
AC voltage range	180 V to 280 V
AC grid frequency / range	50 Hz / 44 Hz to 55 Hz 60 Hz / 54 Hz to 65 Hz
Rated power frequency / rated grid voltage	50 Hz / 230 V
Max. output current / Rated output current	29 A / 29 A
Power factor at rated power / Adjustable displacement power factor	1 / 0 overexcited to 0 underexcited
THD	≤ 3 %
Feed-in phases / connection phases	3 / 3
Efficiency	
Max. efficiency / European Efficiency	98.4% / 98.0%
Protective devices	
DC-side disconnection device	●
Ground fault monitoring / grid monitoring	● / ●
DC surge arrester (Type II) can be integrated	○
DC reverse polarity protection / AC short-circuit current capability / galvanically isolated	● / ● / –
All-pole sensitive residual-current monitoring unit	●
Protection class (according to IEC 62109-1) / overvoltage category (according to IEC 62109-1)	I / AC: III; DC: II
General data	
Dimensions (W / H / D)	661 / 682 / 264 mm
Weight	61 kg (134.48 lb)
Operating temperature range	-25 °C to +60 °C
Noise emission (typical)	51 dB(A)
Self-consumption (at night)	1 W
Topology / cooling concept	Transformerless / Opticool
Degree of protection (as per IEC 60529)	IP65
Climatic category (according to IEC 60721-3-4)	4K4H
Maximum permissible value for relative humidity (non-condensing)	100%

Εικόνα 2. Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά αντιστροφέα SMA STP 20000 TL-30

3.4 Προδιαγραφές καλωδίων συνεχούς ρεύματος

Για την όδευση και μεταφορά του συνεχούς παραγόμενου ρεύματος, θα πρέπει χρησιμοποιηθούν ειδικά πιστοποιημένα ηλιακά καλώδια κατάλληλα για φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις. Τα καλώδια αυτού του τύπου προορίζονται για ελεύθερη κίνηση, ελεύθερη ανάρτηση, σταθερή εγκατάσταση ή ενταφιασμένα σε φωτοβολταϊκά συστήματα. Τα καλώδια συνεχούς ρεύματος θα πρέπει

- Να είναι από αγωγό εύκαμπτο, κατασκευασμένα από χαλκό κλάσης 5 σύμφωνα με το πρότυπο IEC 60228
- Να είναι σύμφωνα με τις προδιαγραφές TÜV κατά PV1-F (2PfG 1169/08.07)
- Ονομαστική τάση στο συνεχές πάνω από 900 V
- Να αντέχει σε εύρος θερμοκρασιών λειτουργίας από -40°C έως +100°C.

- Να παρέχουν προστασία έναντι στην υπεριώδη ακτινοβολία και στον όζον. (πρότυπα EN 50618 και EN 50396)
- Αντοχή σε φωτιά σύμφωνα με το πρότυπο IEC 60332-1-2
- Να έχουν δοκιμασθεί σε κρουστικές υπερτάσεις 1,8 KV.

Η διατομή των αγωγών[1] θα πρέπει τουλάχιστον να ανταποκρίνεται:

- Στη μέγιστη αναμενόμενη τιμή της έντασης που διαρρέει το συγκεκριμένο αγωγό καθώς και στη μέγιστη τάση του συστήματος.
- Στη μέγιστη θερμοκρασία πέριξ των Φ/Β πλαισίων και των κυτίων διασύνδεσης.
- Στην αναμενόμενη ωμική απώλεια ισχύος ώστε να μην υπερβαίνει συνολικά το 1% της ονομαστικής ισχύος του κυκλώματος που τροφοδοτούν.

Οι συνδέσεις των καλωδίων τόσο μεταξύ τους όσο και με τους ακροδέκτες των κυτίων διασύνδεσης και των ακροδεκτών των πινάκων, θα πρέπει να γίνονται με κατάλληλους συνδέσμους ταχείας σύνδεσης και σε κάθε περίπτωση η σύνδεση πρέπει να διασφαλίζει σταθερή και μόνιμη επαφή μεταξύ των διαφορετικών στοιχείων ώστε να εξαλείφεται ο κίνδυνος δημιουργία σπινθηρισμών ή η αποσύνδεσή τους. Οι σύνδεσμοι θα πρέπει να αντιστοιχούν στην διατομή των καλωδίων συνεχούς ρεύματος με κατηγορία προστασίας IP67 και η περιοχή θερμοκρασίας λειτουργίας τους να είναι από -40°C έως +90°C.

4 Διαστασιολόγηση στοιχειοσειρών και αντιστροφέων

Η διαστασιολόγηση λαμβάνει υπόψη της τις ακόλουθες παραμέτρους σχεδιασμού:

- Η μέγιστη τάση ανοικτού κυκλώματος της κάθε στοιχειοσειράς να μην ξεπερνά Ανώτατη τάση εισόδου αντιστροφέων
- Κανονική ισχύς λειτουργίας και μέγιστη ισχύ αντιστροφέων στο συνεχές ρεύμα
- Μέγιστη επιτρεπόμενη τάση φωτοβολταϊκών πλαισίων
- Μέγιστο ρεύμα στοιχεισειράς
- Αριθμό εισόδων και αριθμό ανιχνευτών σημείου μέγιστης ισχύος (Maximum Power Point Tracker, MPPT) κάθε αντιστροφέα
- Μέγιστη επιτρεπόμενη ένταση ρεύματος αντιστροφέα ανά είσοδο και ανά MPPT.
- Εύρος τάσεως εισόδου συνεχούς ρεύματος αντιστροφέα
- Εύρος τάσεως εισόδου συνεχούς ρεύματος για την λειτουργία MPPT
- Καμπύλη απόδοσης αντιστροφέα σαν συνάρτηση της τάσης εισόδου.
- Σε κάθε ανιχνευτή σημείου μέγιστης ισχύος (Maximum Power Point Tracker, MPPT) ενός αντιστροφέα θα πρέπει να συνδέονται πλαίσια ίδιας κλίσης και προσανατολισμού.

[1] Ο υπολογισμός της απαιτούμενης διατομής γίνεται στην παράγραφο «5.1.1 Διαστασιολόγηση καλωδίων συνεχούς ρεύματος»

- Αν σε ένα MPPT ενός αντιστροφέα συνδέονται παράλληλα πάνω από μια στοιχειοσειρές, αυτές θα πρέπει να έχουν ίδιο αριθμό φωτοβολταϊκών πλαισίων.
- Ο λόγος της ονομαστικής ισχύος του αντιστροφέα προς την ονομαστική ισχύ των στοιχειοσειρών που συνδέονται σε αυτόν θα πρέπει να είναι στα όρια 95% - 105%.

Όλοι οι σχετικοί υπολογισμοί λαμβάνουν υπόψη τους τις ακραίες τιμές θερμοκρασίας των φωτοβολταϊκών πλαισίων οι οποίες θα πρέπει να είναι από -10 °C έως 70 °C. Για το σκοπό αυτό γίνονται οι κατάλληλες διορθώσεις στα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά των φωτοβολταϊκών πλαισίων λαμβάνοντας υπόψη τους θερμοκρασιακούς συντελεστές τάσης και ρεύματος.

Η διαστασιολόγηση πρέπει να είναι σε συμφωνία με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή των αντιστροφέων. Στην περίπτωση που αυτός παρέχει σχετικό λογισμικό, θα πρέπει να αυτό να ληφθεί και να είναι σύμφωνο με την επιλεγμένη διαστασιολόγηση.

4.1 Διαστασιολόγηση στοιχειοσειρών

Καθώς η μέγιστη επιτρεπόμενη τάση στην είσοδο του αντιστροφέα είναι 1000 V, τότε προκύπτει ότι ο **μέγιστος αριθμός Φ/Β πλαισίων σε κάθε στοιχειοσειρά είναι 23**, καθώς:

$$V_{oc} \times (1 + \Delta T \times \beta) \times N < 1000\ V \rightarrow N < \frac{1000\ V}{V_{oc} \times (1 + \Delta T \times \beta)} \rightarrow N < 23.15$$

Όπου V_{oc} η τάση ανοικτού κυκλώματος του Φ/Β πλαισίου, ΔT η διαφορά θερμοκρασίας η οποία για θερμοκρασία -10° C είναι $\Delta T = -10 - 25 = -35°C$ και β ο θερμοκρασιακός συντελεστής τάσης ανοικτού κυκλώματος του Φ/Β πλαισίου σε $V/°C$ και N ο αριθμός Φ/Β πλαισίων σε μία στοιχειοσειρά.

Το εύρος λειτουργίας του MMPT του αντιστροφέα είναι 320 – 800 V. Ο ζητούμενος αριθμός Φ/Β πλαισίων σαν συνάρτηση της τάσης λειτουργίας του Φ/Β πλαισίου V_{MPP} και της μεταβολής θερμοκρασίας κυψέλης δίνεται από τη σχέση

$$V_{MPP} \times (1 + \Delta T \times \beta) \times N = 320\ V \rightarrow N = \frac{320\ V}{V_{MPP} \times (1 + \Delta T \times \beta)}$$

Για τις διάφορες θερμοκρασίας κυψέλης ο ζητούμενος αριθμός (σε συνθήκες STC) είναι

N	*Θερμοκρασία ° C*
9	-10
10	20
10	25
11	60
12	70

Πίνακας 2. Ελάχιστος αριθμός Φ/Β πλαισίων στη στοιχειοσειρά ώστε η συνολική τάση να είναι πάνω από 320 V στις διάφορες θερμοκρασίες σε συνθήκες STC

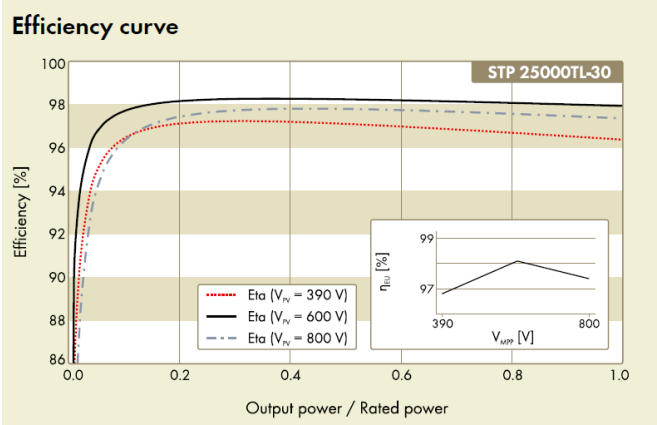
Για τις διάφορες θερμοκρασίας κυψέλης ο ζητούμενος αριθμός (σε συνθήκες NOCT) είναι

N	Θερμοκρασία ° C
10	-10
11	20
11	25
13	60
13	70

Πίνακας 3. Ελάχιστος αριθμός Φ/Β πλαισίων στη στοιχειοσειρά ώστε η συνολική τάση να είναι πάνω από 320 V στις διάφορες θερμοκρασίες σε συνθήκες NOCT

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι **ο ελάχιστος αριθμός πλαισίων στη στοιχειοσειρά είναι 13**, όπως προκύπτει από τις συνθήκες NOCT (nominal operating conditions: 800 W/m2, 20°C, AM 1.5, ταχύτητα ανέμου 1 m/s)

Η καμπύλη απόδοσης του αντιστροφέα σαν συνάρτηση της ισχύος και της τάσης λειτουργίας των στοιχειοσειρών δίνεται στο ακόλουθο γράφημα.



Γράφημα 1. Καμπύλη απόδοσης αντιστροφέα

Από το γράφημα προκύπτει ότι η απόδοση του αντιστροφέα μεγιστοποιείται κοντά στα 600 V. Ο ζητούμενος αριθμός Φ/Β πλαισίων σαν συνάρτηση της τάσης λειτουργίας του Φ/Β πλαισίου V_{MPP} και της μεταβολής θερμοκρασίας κυψέλης δίνεται από τη σχέση

$$V_{MPP} \times (1 + \Delta T \times \beta) \times N = 600\ V \rightarrow N = \frac{600\ V}{V_{MPP} \times (1 + \Delta T \times \beta)}$$

Για τις διάφορες θερμοκρασίας κυψέλης ο ζητούμενος αριθμός είναι

N	Θερμοκρασία ° C
17	-10
18	20
19	25
21	60
22	70

Πίνακας 4. Αριθμός Φ/Β πλαισίων στη στοιχειοσειρά ώστε η συνολική τάση να είναι κοντά στα 600 V στις διάφορες θερμοκρασίες

Καθώς ο μέγιστος αριθμός Φ/Β πλαισίων στη στοιχειοσειρά είναι 23 και τα Φ/Β πλαίσια 70, τότε θα έχουμε συνολικά 4 στοιχειοσειρές στο σύστημα, όπου η κάθε μία πρέπει να έχει από 13 έως 23 Φ/Β πλαίσια.

Λόγω των παραπάνω δεδομένων και λαμβάνοντας υπόψη τη χωροθέτηση των Φ/Β πλαισίων καταλήγουμε στα εξής σε ότι αφορά τον αριθμό Φ/Β πλαισίων σε κάθε στοιχειοσειρά.

Στοιχειο-σειρά	Αρ. Φ/Β πλαισίων	MPPT Αντιστροφέα	Είσοδος Αντιστροφέα	I_{sc}	I_{MPP}	V_{oc}	V_{MPP}	Ισχύς (W_p)
S1	18	A	A1	19.26	18.20	705.6	563.4	5,130
S2	18	A	A2	19.26	18.20	705.6	563.4	5,130
S3	17	B	B 1	19.26	18.20	666.4	532.1	4,845
S4	17	B	B 2	19.26	18.20	666.4	532.1	4,845
Σύνολο	**70**							**19,950**

Πίνακας 5. Αριθμός Φ/Β πλαισίων σε κάθε στοιχειοσειρά και ηλεκτρικά χαρακτηριστικά στοιχειοσειρών

Η ισχύς των Φ/Β πλαισίων είναι 19,950 Wp ενώ η ονομαστική ισχύς του αντιστροφέα στην πλευρά του εναλλασσομένου ρεύματος είναι 20000 Wp, γεγονός που σημαίνει ότι ο λόγος διαστασιολόγησης είναι

$$Nomnal\ Power\ Ratio = \frac{19.950}{20,000} = 99.75\%$$

Ο παραπάνω λόγος είναι εντός των αποδεκτών ορίων 95% - 105%.

Η μέγιστη ισχύς του αντιστροφέα στην πλευρά του DC είναι 20,440 Wp, η οποία είναι μικρότερη της ισχύος των Φ/Β πλαισίων η οποία είναι 19,950 Wp

Από τα δεδομένα του αντιστροφέα προκύπτει ότι το **μέγιστο ρεύμα σε κάθε MPPT είναι 33 A**. Το ρεύμα βραχυκύκλωσης σαν συνάρτηση της θερμοκρασίας δίνεται από τη σχέση

$$I_{SC} \times (1 + \Delta T \times \alpha)$$

Όπου α ο συντελεστής θερμοκρασίας ρεύματος βραχυκύκλωσης και I_{SC} το ρεύμα βραχυκύκλωσης του Φ/Β πλαισίου.

Οι τιμές του ρεύματος βραχυκύκλωση και του ρεύματος λειτουργίας στις διάφορες θερμοκρασίες σε κάθε ένα από τα MPPT του αντιστροφέα έχουν ως εξής:

Θερμοκρασία ° C	*MPPT A - I_{sc}*	*MPPT A - I_{MPP}*	*MPPT B - I_{sc}*	*MPPT B - I_{MPP}*
-10	18.92	17.88	18.92	17.88
20	19.21	18.15	19.21	18.15
25	19.26	18.20	19.26	18.20
60	19.60	18.52	19.60	18.52

70	19.69	18.61	19.69	18.61

Πίνακας 6. Ρεύμα λειτουργίας και ρεύμα βραχυκύκλωσης σε κάθε MPPT του αντιστροφέα στις διάφορες θερμοκρασίες

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει ότι σε καμία περίπτωση δεν υπερβαίνεται το μέγιστο ρεύμα σε κάθε MPPT που είναι 33 A.

Οι τιμές της τάσης ανοικτού κυκλώματος και της τάσης λειτουργίας στις διάφορες θερμοκρασίες σε κάθε ένα από τα MPPT του αντιστροφέα έχουν ως εξής:

Θερμοκρασία ° C	*MPPT A - V_{oc}*	*MPPT A - V_{MPP}*	*MPPT B - V_{oc}*	*MPPT B - V_{MPP}*
-10	777.22	620.59	734.04	586.11
20	715.83	571.57	676.06	539.82
25	705.60	563.40	666.40	532.10
60	633.98	506.21	598.76	478.09
70	613.52	489.88	579.43	462.66

Πίνακας 7. Ρεύμα λειτουργίας και ρεύμα βραχυκύκλωσης σε κάθε MPPT του αντιστροφέα στις διάφορες θερμοκρασίες

Από τα στοιχεία του παραπάνω πίνακα προκύπτει ότι η τάση λειτουργίας είναι πάτα μέσα στο όριο λειτουργίας του MPPT του αντιστροφέα που είναι 320 V – 800 V.

Η κατανομή των Φ/Β πλαισίων σε κάθε στοιχειοσειρά απεικονίζεται στο Σχέδιο «Φ/Β-3 ΣΤΟΙΧΕΙΟΣΕΙΡΕΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΠΛΑΙΣΙΩΝ».

4.1.1 Στοιχεία ελέγχου διαστασιολόγησης

Σε κάθε περίπτωση για τα προτεινόμενα Φ/Β πλαίσια και τον προτεινόμενο αντιστροφέα θα πρέπει να γίνουν οι έλεγχοι του παρακάτω πίνακα

Παράμετρος Α	**Τιμή**	**Παράμετρος Β**	**Τιμή**	**Έλεγχος**	**Αποτέλεσμα (✓)**
Μεγαλύτερη τάση ανοικτού κυκλώματος (V_{OC}) στοιχειοσειρών στους -10° C		Μέγιστη τάση αντιστροφέα		A<B	
Μικρότερη τάση λειτουργίας (V_{MPP}) στοιχειοσειρών στους 70° C		Κάτω όριο τάσης εύρους λειτουργίας MPPT αντιστροφέα		A>B	
Μεγαλύτερη τάση λειτουργίας (V_{MPP}) στοιχειοσειρών στους -10° C		Άνω όριο τάσης εύρους λειτουργίας MPPT αντιστροφέα		A<B	
Μεγαλύτερο ρεύμα βραχυκύκλωσης (I_{SC}) MPPT		Μεγαλύτερο ρεύμα σε MPPT		A<B	

στους 70° C					
Ονομαστική ισχύς Φ/Β πλαισίων		Ονομαστική ισχύς του αντιστροφέα στην πλευρά AC		95%<A/B<105%	
Ονομαστική ισχύς Φ/Β πλαισίων		Μέγιστη ισχύς του αντιστροφέα στην πλευρά DC		A<B	

Πίνακας 8. Στοιχεία ελέγχου διαστασιολόγησης

5 Ηλεκτρολογική Μελέτη

5.1 Διαστασιολόγηση καλωδίων

Για την επιλογή της διατομής (Α) των αγωγών μιας γραμμής μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας πρέπει να ικανοποιούνται τα εξής βασικά κριτήρια:

- Οι αγωγοί να διαρρέονται συνεχώς από ένταση ρεύματος η οποία δεν θα ξεπερνά τη μέγιστη επιτρεπτή ένταση ρεύματος που «αντέχει» ο αγωγός, ώστε η αναπτυσσόμενη θερμότητα να μην προκαλέσει καταστροφή της μόνωσης των αγωγών. Αυτό αποτελεί το κριτήριο ασφαλής λειτουργίας της γραμμής.
- Η επιλεγείσα διατομή των αγωγών της γραμμής να μην προκαλεί πτώση τάσης μεγαλύτερης της επιτρεπτής, αυτό εξασφαλίζει τη σωστή λειτουργία των γραμμών.
- Η διατομή του αγωγού υπολογίζεται και με την μέγιστη ένταση που διαρρέει σε αυτό

Για τον υπολογισμό των επιμέρους διατομών των καλωδιώσεων έχει επιλεγεί η πτώση τάσης μεταξύ των κόμβων της εγκατάστασης να είναι μικρότερη του 1%. Έτσι η διατομή των καλωδίων θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε σε κάθε καλώδιο η πτώση τάσης και η συνεπαγόμενες ωμικές απώλειες να είναι κάτω του 1%. Στους υπολογισμούς γίνεται διόρθωση για την θερμοκρασία των 70° C.

Για την μελέτη των καλωδίων θα ληφθούν υπ' όψη τα παρακάτω δεδομένα:

- Μέγιστο ρεύμα φόρτισης – λειτουργίας του καλωδίου
- Θερμοκρασιακές συνθήκες εγκατάστασης (εξωτερική χρήση, εδαφική, σπιράλ κ.α.)
- Ρεύματα βραχυκύκλωσης
- Αντίστασης καλωδίου για υπολογισμό της πτώσης τάσης

Τα πρότυπα που έχουν ληθεί υπ' όψη κατά τον υπολογισμούς:

- IEC 60229
- IEC 60304
- IEEE Std 1242-1999
- IEC 60287-2-2

5.1.1 Διαστασιολόγηση καλωδίων συνεχούς ρεύματος

Οι προδιαγραφές των καλωδίων συνεχούς ρεύματος αναφέρονται στην παράγραφο «3.4 Προδιαγραφές καλωδίων συνεχούς ρεύματος»

Τα ζητούμενα μήκη καλωδίων συνεχούς ρεύματος, όπως υπολογίζονται με βάση τα σχέδια «Φ/Β-3 ΣΤΟΙΧΕΙΟΣΕΙΡΕΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΠΛΑΙΣΙΩΝ» και «Φ/Β-4 ΟΔΕΥΣΕΙΣ ΚΑΛΩΔΙΩΝ» έχουν ως εξής

Στοιχειο-σειρά	+ Φ/Β πλαίσιο - φρεάτιο	- Φ/Β πλαίσιο - φρεάτιο	Βάση - δώμα	Εντός φρεατίου	Φρεάτιο - Πίνακα (οριζόντια)	Φρεάτιο - Πίνακα (κατακόρυφα)	Μηκος +	Μηκος -
S 1	15.5	10.5	2	4	2	3	**26.5**	**21.5**
S 2	16.9	11.8	2	4	2	3	**27.9**	**22.8**
S 3	14.9	28.3	2	4	5	3	**28.9**	**42.3**
S 4	16.2	29.6	2	4	2	3	**27.2**	**40.6**
Σύνολο							**110.5**	**127.2**

Πίνακας 9. Μήκη καλωδίων συνεχούς ρεύματος

Το μέγιστο ρεύμα που διαρρέει τα καλώδια συνεχούς ρεύματος είναι ίσο με το ρεύμα βραχυκύκλωσης, οπότε σύμφωνα με το IEC 60364-7-712, τα καλώδια της κάθε στοιχειοσειράς θα πρέπει να είναι ικανά να μεταφέρουν ρεύμα έντασης:

$$I_{max} = 1.25 \times I_{sc} = 1.25 \times 9.85\ A = 12.3\ A$$

Σημειώνεται ότι έχει ληφθεί τιμή του ρεύματος βραχυκύκλωσης στην θερμοκρασία των 70° C, με βάση τα χαρακτηριστικά του επιλεγμένου Φ/Β πλαισίου στην παρούσα μελέτη.

Αν επιλεγεί καλώδιο διατομής **6 mm²**, τότε η αντίσταση του καλωδίου ανά χιλιόμετρο μήκους στους 20° C, λαμβάνεται ίση με 3.39 Ω/km. Η τιμή αυτή είναι μεγαλύτερη από τα 3.11 Ω/km στους 20° C, η η οποία δίδεται από πίνακες για καλώδιο διατομής 6 mm² και αντιστοιχεί στις μεγαλύτερες τυπικές τιμές κατασκευαστών καλωδίων.

Η τιμή αυτή αντίστασης προσαρμόζεται στη μέγιστη θερμοκρασία των 70° C με βάση τη σχέση

$$R_{70} = R_{20} \times [1 + a \times (70°\mathrm{C} - 20°\mathrm{C})]$$

Όπου ο θερμοκρασιακός συντελεστής a για χαλκό λαμβάνεται ίσος με 0.0039

Με βάση τα παραπάνω, η αντίσταση και η πτώση τάσης είναι:

Στοιχειο-σειρά	Μήκος +	Μήκος -	Συνολικό Μήκος	Αντίσταση (Ω)	Πτώση Τάσης (V)	Πτώση Τάσης (%)
S 1	27	22	48	0.19	2.39	0.42%
S 2	28	23	51	0.21	2.53	0.45%
S 3	29	42	71	0.29	3.55	0.67%
S 4	27	41	68	0.27	3.38	0.64%

Πίνακας 10. Υπολογισμός πτώσης τάσης.

Η πτώση τάσης είναι σε όλες τις στοιχειοσειρές μικρότερη του 1%, άρα επαρκεί καλώδιο συνεχούς ρεύματος διατομής 6 mm^2.

Συγκεντρωτικά οι καλωδιώσει συνεχούς ρεύματος είναι

Στοιχειοσειρά	Πόλος	Μήκος καλωδίου (m)	Διατομή (mm^2)	Ασφάλεια (A)
S1	+	27	6	12
S1	-	22	6	12
S2	+	28	6	12
S2	-	23	6	12
S3	+	29	6	12
S3	-	42	6	12
S4	+	27	6	12
S4	-	41	6	12

Πίνακας 11. Καλώδια συνεχούς ρεύματος.

5.1.2 Διαστασιολόγηση καλωδίου εναλλασσομένου ρεύματος

Οι καλωδιώσεις στην πλευρά του εναλλασσομένου ρεύματος θα πρέπει να ακολουθούν για τη σύνδεση, εγκατάσταση και προστασία τους τις συνήθεις πρακτικές όπως επιβάλλονται από τα πρότυπα ΕΛΟΤ HD 384: «Απαιτήσεις για ηλεκτρικές εγκαταστάσεις».

Η καλωδίωση εναλλασσομένου ρεύματος χωρίζεται στα εξής τμήματα.

1. Από τους αντιστροφείς μέχρι το Γενικό Πίνακα Χαμηλής Τάσης (ΓΠΧΤ)του Φ/Β συστήματος.
2. Από το ΓΠΧΤ του Φ/Β συστήματος προς το μετρητή ενέργειας του Φ/Β συστήματος
3. Από το μετρητή ενέργειας του Φ/Β συστήματος προς τον Αυτόματο Διακόπτη Διασύνδεσης Από τον Αυτόματο Διακόπτη Διασύνδεσης προς τη διασύνδεση του στην χαμηλή τάση του μετασχηματιστή, πριν το Γενικό Διακόπτη του Μ/Σ.

Ο τύπος του κάθε καλωδίου θα πρέπει να είναι

- κατάλληλος για την χρήση την οποία προορίζεται,
- να διαθέτει τις κατάλληλες προδιαγραφές για τις μέγιστες τιμές τάσης και ρεύματος που αναμένονται
- κατάλληλου τύπου και μόνωσης ανάλογα με την τοποθέτηση του
- Κατάλληλης διατομής ώστε η αναμενόμενη ωμική απώλεια ισχύος ώστε να μην υπερβαίνει συνολικά το 1% της ονομαστικής ισχύος του κυκλώματος που τροφοδοτούν.

Ο προκρινόμενος τύπος του καλωδίου εναλλασσομένου ρεύματος είναι J1VV-R (NYY) .

Η μέγιστη ισχύς στο εναλλασσόμενο του επιλεγμένου αντιστροφέα είναι 20,000 W. Άρα για τριφασικό σύστημα 230V/400V το μέγιστο ρεύμα γραμμής είναι

$$I_{ov} = P_{AC}/3U = 20{,}000/3 \times 230 = 28.98A$$

Το μέγιστο ρεύμα γραμμής υπολογίζεται ως εξής:

$$I_{max} = 1.25 \times I_{ov} = 1.25 \times 28.98\ A = 36.23\ A$$

Η ασφάλεια επιλέγεται ώστε το ονομαστικό της ρεύμα να είναι

$$I_{ov} < I_{ασφ} \leq I_{max}$$

, οπότε επιλέγεται ασφάλεια 32 Α.

Το ζητούμενο μήκος του παροχικού καλωδίου εναλλασσομένου ρεύματος υπολογίζεται από το Σχέδιο «Φ/Β-4 ΟΔΕΥΣΕΙΣ ΚΑΛΩΔΙΩΝ» ως εξής

ΓΠΧΤ (Φ/Β) - οροφή	Όδευση μέχρι ΓΠΧΤ υποσταθμού	Όδευση μέχρι διακόπτη ΓΠΧΤ	Συνολικό Μήκος
3	64	6	**73**

Πίνακας 12. Μήκος καλωδίου εναλλασσομένου ρεύματος

Η τιμή της αντίστασης του καλωδίου στους 20° C υπολογίζεται από τη σχέση

$$R_{20} = \frac{L}{A \times \kappa}$$

Όπου *κ* η αγωγιμότητα του χαλκού η οποία είναι ίση με 56 m/ (Ω x mm^2)

Η τιμή αυτή αντίστασης του καλωδίου προσαρμόζεται στη μέγιστη θερμοκρασία των 70° C με βάση τη σχέση

$$R_{70} = R_{20} \times [1 + a \times (70°\mathrm{C} - 20°\mathrm{C})]$$

Όπου ο θερμοκρασιακός συντελεστής *α* για χαλκό λαμβάνεται ίσος με 0.0039

Με βάση τα παραπάνω, η αντίσταση και η πτώση τάσης για καλώδιο διατομής J1VV-R (NYY) 5 x 25 mm^2 είναι:

Γραμμή	Συνολικό Μήκος	Αντίσταση (Ω)	Πτώση Τάσης (V)	Πτώση Τάσης (%)
ΓΜΧΤ Φ/Β – ΓΠΧΤ υποσταθμού	73	0.06	1.88	0.82%
Αντιστροφέας – ΓΜΧΤ Φ/Β	10	0.01	0.26	0.11%

Πίνακας 13. Υπολογισμός πτώσης τάσης.

<u>Η πτώση τάσης είναι μικρότερη του 1%, άρα επαρκεί καλώδιο συνεχούς ρεύματος διατομής 25 mm^2.</u>

Συγκεντρωτικά τα καλώδια εναλλασσομένου ρεύματος είναι

Γραμμή	Μήκος καλωδίου (m)	Τύπος καλωδίου	Διατομή (mm²)	Ασφάλεια (A)
ΓΜΧΤ Φ/Β – ΓΠΧΤ υποσταθμού	73	J1VV-R	25	32
Αντιστροφέας – ΓΜΧΤ Φ/Β	10	J1VV-R	25	32

Πίνακας 14. Καλώδια εναλλασσομένου ρεύματος.

5.2 Εγκατάσταση σχετικού ηλεκτρολογικού εξοπλισμού φωτοβολταϊκού σταθμού

Η ηλεκτρολογική εγκατάσταση θα γίνει σύμφωνα με τον ελληνικό κανονισμό ΕΛΟΤ HD−384.

Όλα τα ηλεκτρικά εξαρτήματα πρέπει να διαθέτουν έγκριση για τις τιμές τάσης και ρεύματος που μπορεί να προκύψουν.

5.2.1 Όδευση – Συνδέσεις καλωδίων

Η επιλογή των υλικών που θα χρησιμοποιηθούν για την ασφαλή διέλευση των καλωδίων θα γίνει βάση του ΕΛΟΤ HD 384: «Απαιτήσεις για ηλεκτρικές εγκαταστάσεις». Ανάλογα με τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν και με τη χρήση για την οποία προορίζονται θα λαμβάνονται υπόψη οι κατάλληλες προδιαγραφές :

- ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-04-20-01-01 Χαλύβδινες σωληνώσεις ηλεκτρικών εγκαταστάσεων
- ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-04-20-01-02 Πλαστικές σωληνώσεις ηλεκτρικών εγκαταστάσεων
- ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-04-20-01-03 Εσχάρες και σκάλες καλωδίων
- ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-04-20-01-06 Πλαστικά κανάλια καλωδίων
- ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-08-01-03-01 Εκσκαφές ορυγμάτων υπογείων δικτύων
- ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-08-01-03-02 Επανεπίχωση ορυγμάτων υπογείων δικτύων

5.2.1.1 Όδευση καλωδιώσεων συνεχούς ρεύματος

Η όδευση των καλωδίων πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε τα καλώδια ενός κυκλώματος να περικλείουν όσο το δυνατό μικρότερη επιφάνεια. Με τον τρόπο αυτό ελαχιστοποιείται το ενδεχόμενο πρόκλησης ζημιών σε περίπτωση κεραυνικού πλήγματος στη γύρω περιοχή. Για το σκοπό αυτό δεν πρέπει να δημιουργούνται βρόγχοι

Κατά την όδευση των καλωδίων θα πρέπει να

- Αποφεύγονται οι μικρές γωνίες κάμψης (ελάχιστη ακτίνα κάμψης 60 mm)
- Αποφεύγεται η όδευση κοντά σε αιχμηρές επιφάνειες και ακμές
- Να μην τρίβονται μεταξύ το καλώδιο του θετικού και του αρνητικού πόλου μιας στοιχεισειράς
- Τα καλώδια να βρίσκονται σε επαρκή απόσταση από ισοδυναμικές συνδέσεις γείωσης και αντικεραυνικής προστασίας.
- Να ληφθεί πρόβλεψη τα καλώδια να μην μετακινούνται από επιδράσεις του περιβάλλοντος όπως άνεμος, χιόνι ή πάγος

Η όδευση των καλωδίων συνεχούς ρεύματος κάθε στοιχεισειράς προς τον Πίνακα Συνεχούς ρεύματος θα γίνεται ως εξής (αναφορά σε Σχέδιο «Φ/Β-4 - ΟΔΕΥΣΗ ΚΑΛΩΔΙΩΣΕΩΝ»

- Από τα δύο ακραία ΦΒ πλαίσια κάθε στοιχειοσειράς θα αναχωρεί το αντίστοιχο καλώδιο συνεχούς ρεύματος θετικού και αρνητικού πόλου.
- Όλες οι συνδέσεις καλωδίων από την πλευρά του συνεχούς ρεύματος θα πρέπει να γίνονται με συγκεκριμένα βύσματα που αντιστοιχούν στο χρησιμοποιούμενο από τα ΦΒ πλαίσια και στη διατομή του αγωγού.
- Τα καλώδια οδεύουν αναρτώμενα πάνω στις βάσεις στήριξης και από το σημείο που φαίνεται στο Σχέδιο «Φ/Β-4 - ΟΔΕΥΣΗ ΚΑΛΩΔΙΩΣΕΩΝ», οδεύουν προς το δώμα. Στο σημείο αυτό τα καλώδια εισέρχονται εντός σωλήνα (σπιράλ) βαρέως τύπου και παραμένουν σε αυτόν σε όλο τη μήκος μέχρι τον Πίνακα Συνεχούς Ρεύματος.
- Η όδευση των καλωδίων θα γίνεται εντός άκαμπτων ευθύγραμμων σωλήνων ή διαμορφώσιμων σωλήνων (σπιράλ) βαρέως τύπου με βάση τα πρότυπα EN 61386.01 και EN 60670-1 διατηρώντας επίπεδο στεγανότητας IP67. Όπου απαιτείται χρησιμοποιούνται οι αντίστοιχες καμπύλες, κολάρα, μούφες και ρακόρ
- Στα σημεία εισόδου και εξόδου των καλωδίων θα πρέπει να ληφθεί πρόνοια για την στεγανοποίηση τους
- Η ακτίνα καμπυλότητας των ηλεκτρικών γραμμών πρέπει να είναι τέτοια, ώστε να αποφεύγεται οποιαδήποτε βλάβη των καλωδίων.
- Η όδευση των καλωδίων πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε τα καλώδια ενός κυκλώματος να περικλείουν όσο το δυνατό μικρότερη επιφάνεια. Με τον τρόπο αυτό ελαχιστοποιείται το ενδεχόμενο πρόκλησης ζημιών σε περίπτωση κεραυνικού πλήγματος στη γύρω περιοχή. Για το σκοπό αυτό δεν πρέπει να δημιουργούνται βρόγχοι.
- Η όδευση των σωλήνων ή σπιράλ θα γίνεται πάνω στα δομικά στοιχειά του κτηρίου. Οι σωλήνες πρέπει υποστηρίζονται συνεχώς σε όλο το μήκος τους, στηριζόμενοι σε κατάλληλα εξαρτήματα τοποθετημένα σε τέτοια διαστήματα, ώστε οι αγωγοί και τα καλώδια να μην υφίστανται βλάβη από το βάρος τους.

5.2.1.2 Όδευση καλωδίου εναλλασσόμενου ρεύματος

Η όδευση του παροχικού καλωδίου εναλλασσομένου ρεύματος από τον Αυτόματο Διακόπτη Διασύνδεσης προς τη διασύνδεση του στην χαμηλή τάση του μετασχηματιστή, πριν το Γενικό Διακόπτη του Μ/Σ θα γίνεται ως εξής (αναφορά σε Σχέδιο «Φ/Β-4 - ΟΔΕΥΣΗ ΚΑΛΩΔΙΩΣΕΩΝ»

- Η όδευση του καλωδίου θα γίνεται εντός άκαμπτων ευθύγραμμων σωλήνων ή διαμορφώσιμων σωλήνων (σπιράλ) βαρέως τύπου με βάση τα πρότυπα EN 61386.01 και EN 60670-1 διατηρώντας επίπεδο στεγανότητας IP67. Όπου απαιτείται χρησιμοποιούνται οι αντίστοιχες καμπύλες, κολάρα, μούφες και ρακόρ

- Στα σημεία εισόδου και εξόδου των καλωδίων θα πρέπει να ληφθεί πρόνοια για την στεγανοποίηση τους
- Η ακτίνα καμπυλότητας των ηλεκτρικών γραμμών πρέπει να είναι τέτοια, ώστε να αποφεύγεται οποιαδήποτε βλάβη του καλωδίου.
- Όπου διέρχεται από δομικά στοιχεία θα γίνεται αποκατάσταση της διάνοιξης με στεγανοποίηση της

5.3 Ηλεκτρικοί πίνακες

Οι ηλεκτρικοί πίνακες θα πρέπει να έχουν σχεδιασμό και κατασκευή κατάλληλα για την τοποθέτηση και λειτουργία και σε εξωτερικούς χώρους. Για τον λόγο αυτόν η προστασία που θα πρέπει να παρέχεται έναντι των καιρικών συνθηκών (ηλιακή ακτινοβολία, υγρασία, θερμοκρασία), μηχανικών καταπονήσεων, να είναι επαρκής και να παρέχουν προστασία τουλάχιστον κατηγορίας IP 65, σύμφωνα με το πρότυπο IEC- 60364.

Οι ηλεκτρικοί πίνακες που θα χρησιμοποιηθούν είναι

- 1 πίνακας συνεχούς ρεύματος
- 1 Γενικός Πίνακας Χαμηλής Τάσης Φ/Β συστήματος
- 1 Πίνακας για τον Αυτόματο Διακόπτη Διασύνδεσης
- 1 Κιβώτιο με τη μετρητική διάταξη παραγωγή του Φ/Β συστήματος

Η τοποθέτηση των ηλεκτρικών πινάκων θα γίνει πάνω στον τοίχο του διαδρόμου που οδηγεί προς τις κυψέλες του μετασχηματιστή. Ο διάδρομος αυτός βρίσκεται ακριβώς κάτω από το δώμα εγκατάστασης των Φ/Β πλαισίων (δες Σχέδιο «Φ/Β-4 ΟΔΕΥΣΗ ΚΑΛΩΔΙΩΣΕΩΝ»).

Οι πίνακες θα είναι συναρμολογημένοι, πλήρως καλωδιωμένοι και ελεγμένοι (δοκιμές σειράς σύμφωνα με το πρότυπο IEC 60439-1) έτοιμοι προς εγκατάσταση.

5.3.1 Πίνακες συνεχούς ρεύματος DC

Θα χρησιμοποιηθεί ένα Πίνακας συνεχούς ρεύματος, που θα τοποθετηθεί δίπλα στον αντιστροφέα ισχύος. Θα δέχεται και θα ασφαλίζει πλήρως, τις φωτοβολταϊκές συστοιχίες (strings) από τα Φ/Β πλαίσια, οι οποίες θα αναχωρούν για τις εισόδους του αντιστροφέα αφού προστατευτούν από απαγωγούς κρουστικών υπερτάσεων.

Συγκεκριμένα ο Πίνακας Συνεχούς ρεύματος παρουσιάζεται στο Σχέδιο «Φ/Β-6 ΜΟΝΟΓΡΑΜΜΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ» και περιέχει:

- 8 ασφάλειοαποζεύκτες ράγας με φυσίγγιο συνεχούς ρεύματος 12A για συνεχή τάση 1000 V. (ενας ασφαλειοαποζεύκτης για το θετικό και ένα για το αρνητικό κάθε στοιχειοσειράς)
- 2 απαγωγούς κρουστικών υπερτάσεων συνεχούς ρεύματος κλάσης T2 με ονομαστική τάση 1000 V

Παρακάτω παρουσιάζονται κάποια από τα κυριότερα χαρακτηριστικά των πινάκων:

- Πλαστικοί ή μεταλλικοί με πόρτα
- Εξωτερική χρήση «IP 66»
- Ισοδυναμική σύνδεση με την γείωση
- Στυπιοθλήπτες εισόδου και εξόδου

5.3.2 Γενικός πίνακας χαμηλής τάσης Φ/Β συστήματος

Θα χρησιμοποιηθεί ένας γενικός πίνακας χαμηλής τάσης (ΓΠΧΤ-Φ/Β), που θα καταλήγει το καλώδιο τροφοδοσίας του αντιστροφέα, θα ασφαλίζεται και στη συνέχεια θα οδεύει προς το κιβώτιο μετρητή.

Συγκεκριμένα ο ΓΠΧΤ-Φ/Β παρουσιάζεται στο Σχέδιο «Φ/Β-6 ΜΟΝΟΓΡΑΜΜΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ» και περιέχει:

- 1 πολυόργανο μετρήσεων εναλλασσομένου που περιλαμβάνει μετρήσεις τάσεων, ρευμάτων, ισχύος και ενέργειας
- 1 αυτόματο διακόπτη 4 x 40 A
- 1 μικροαυτόματο για προστασία της ηλεκτρικής γραμμής από υπερφόρτιση και βραχυκύκλωμα 4 x 32 A με διακοπή ουδετέρου, ονομαστικής τάσης 400 V, κλάσης C και ικανότητα διακοπής βραχυκυκλώματος άνω των 6kA (πρότυπο IEC / EN 60898-1.)
- 1 απαγωγό κρουστικών υπερτάσεων κλάσης T1+T2

Παρακάτω παρουσιάζονται κάποια από τα κυριότερα χαρακτηριστικά των πινάκων:

- Εξωτερική χρήση «IP 65»
- Ισοδυναμική σύνδεση με την γείωση
- Στιπιοθλήπτες εισόδου και εξόδου

5.3.3 Πίνακας για τον Αυτόματο Διακόπτη Διασύνδεσης

Ο αυτόματος διακόπτης διασύνδεσης χρησιμοποιείται για τη διασύνδεση του Φ/Β στη χαμηλή τάση του Μ/Σ, σύμφωνα με τα οριζόμενα στο «*Ενημερωτικό σημείωμα για τη σύνδεση ΦΒ συστημάτων αυτοπαραγωγής με ενεργειακό συμψηφισμό σε εγκαταστάσεις Χρηστών του Δικτύου ΜΤ*» του ΔΕΔΔΗΕ.

Η σύνδεση του ΦΒ συστήματος αυτοπαραγωγής με το Δίκτυο ΜΤ θα πραγματοποιηθεί με χρήση του υφιστάμενου μετασχηματιστή ισχύος Νο 1 του ΓΝΚ, όπως παρουσιάζεται στο σχέδιο «Φ/Β-7 ΜΟΝΟΓΡΑΜΜΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΕ ΥΠΟΣΤΑΘΜΟ ΜΤ/ΧΤ». Στην περίπτωση αυτή, διασύνδεση θα γίνει από την έξοδο του Αυτόματου Διακόπτη Διασύνδεσης πριν το Γενικό Διακόπτη MCB.5

Ο Αυτόματος Διακόπτης Διασύνδεσης (ΑΔΔ) τοποθετείται στον κλάδο παραγωγής στα ανάντη της μετρητικής διάταξης παραγωγής και αποσυνδέει τον κλάδο παραγωγής από την εγκατάσταση κατανάλωσης του ΓΝΚ και κατ' επέκταση από το Δίκτυο σε καταστάσεις διαταραχών για την αποφυγή ακούσιας νησιδοποίησης.

Σύμφωνα με τις οδηγίες του ΔΕΔΗΕ πρέπει να εγκατασταθεί πρόσθετη διάταξη προστασίας, πέραν της υφιστάμενης προστασίας υπερέντασης της εγκατάστασης κατανάλωσης, ώστε να προκαλείται αυτόματη απομόνωση του ΦΒ συστήματος από το Δίκτυο σε περιπτώσεις διαταραχών και να αποφεύγονται καταστάσεις απομονωμένης λειτουργίας του σταθμού με τμήμα του Δικτύου (νησιδοποίηση). Προς τούτο, θα εγκατασταθεί προστασία απόζευξης στον ΑΔΔ, η οποία θα ενσωματώνει μια σειρά από προστασίες, ως ακολούθως:

- προστασία ορίων τάσης (υπέρταση, υπόταση)
- προστασία ορίων συχνότητας (υπερσυχνότητα, υποσυχνότητα) και
- προστασία έναντι νησιδοποίησης.

Σχετικά με την προστασία αντινησιδοποίησης γίνεται αποδεκτή οποιαδήποτε αναγνωρισμένη μέθοδος προστασίας (RoCoF, vector shift κλπ), ενώ ο μέγιστος επιτρεπόμενος χρόνος απόζευξης ορίζεται στα 5 sec.

Οι τιμές ρύθμισης και οι χρόνοι ενεργοποίησης της προστασίας απόζευξης θα καθοριστούν από τον ΔΕΔΔΗΕ κατά το στάδιο της ενεργοποίησης του ΦΒ συστήματος.

Συγκεκριμένα ο ΑΔΔ παρουσιάζεται στο Σχέδιο «Φ/Β-7 ΜΟΝΟΓΡΑΜΜΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΕ ΥΠΟΣΤΑΘΜΟ ΜΤ/ΧΤ» και περιέχει:

- Την συσκευή προστασίας ορίων τάσης, συχνότητας και νησιδοποίησης που περιγράφεται παραπάνω
- Δύο αυτόματους διακόπτες τεσσάρων πόλων ισχύος 4x40 A στα 230/400V

Εναλλακτικά στην θέση του διακόπτη MCB.3 μπορούν να τοποθετηθεί τετραπολικός τηλεχειριζόμενος διακόπτης αέρος ισχύος στα 230/400V 4x40 A. Ο έλεγχος του παραπάνω διακόπτη περιγράφεται στην παράγραφο «5.5 Διασύνδεση Φ/Β συστήματος στη ΧΤ»

Περισσότερες οδηγίες δίνονται από το έγγραφο του ΔΕΔΔΗΕ «*Τεχνικό Εγχειρίδιο για την εγκατάσταση της μετρητικής διάταξης παραγωγής στις εσωτερικές εγκαταστάσεις αυτοπαραγωγών με ενεργειακό συμψηφισμό*»

5.3.4 Μετρητική Διάταξη

Για την εφαρμογή του ενεργειακού συμψηφισμού απαιτεί την εγκατάσταση μετρητικής διάταξης διπλής κατεύθυνσης για την καταγραφή της συνολικής παραγόμενης ΦΒ ενέργειας (Π). Η μετρητική διάταξη παραγωγής θα εγκατασταθεί στην πλευρά ΧΤ του υποσταθμού, στην έξοδο του ΦΒ αμέσως

μετά τον ΓΠΧΤ-ΦΒ, όπως παρουσιάζεται στο Σχέδιο «Φ/Β-7 ΜΟΝΟΓΡΑΜΜΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΕ ΥΠΟΣΤΑΘΜΟ ΜΤ/ΧΤ».

Το κιβώτιο του μετρητή θα :

- είναι πολυεστερικού τύπου SMC με υαλονήματα
- είναι ονομαστικής τάσης 400 V
- είναι κατάλληλο για τοποθέτηση σε εσωτερικούς χώρους και ακάλυπτους υπαίθριους χώρους με βαθμό προστασίας τουλάχιστον IP 44
- έχει διάρκεια ζωής τουλάχιστον 15 έτη
- φέρει διαφανές παράθυρο για την λήψη ενδείξεων του μετρητή
- διαθέτει δυνατότητα σφράγισης (σύρμα σφράγισης και σφραγίδα ΔΕΔΔΗΕ)
- φέρει στο κάλυμμά του ανεξίτηλη και ευδιάκριτη επισήμανση «Μετρητής αυτοπαραγωγής με συμψηφισμό» και ο αριθμός παροχής του αυτοπαραγωγού, ώστε να είναι διακριτό από τα κιβώτια μετρητών του ΔΕΔΔΗΕ.

Το κιβώτιο του μετρητή περιλαμβάνει τον μετρητή και το μέσο επικοινωνίας. Το κιβώτιο δεν θα φέρει το λογότυπο της ΔΕΗ ή του ΔΕΔΔΗΕ.

Στο κιβώτιο μετρητή θα τοποθετηθούν

- Ο μετρητής ενέργειας του Φ/Β συστήματος
- Η Μονάδα επικοινωνίας GSM/GPRS του μετρητή

Η επιλογή του **μετρητή** θα γίνει από τους εγκεκριμένους από το ΔΕΔΔΗΕ τύπους μετρητών. Ο τύπος ποτ θα πρέπει να προταθεί είναι ένας από τους αναφερόμενος στην περιοχή Β. Τριφασικοί (Φ/Β έως 55 kWp) του πίνακα 2 του εγγράφου ΔΕΔΔΗΕ «*Τεχνικό Εγχειρίδιο για την εγκατάσταση της μετρητικής διάταξης παραγωγής στις εσωτερικές εγκαταστάσεις αυτοπαραγωγών με ενεργειακό συμψηφισμό*».

Οι εγκεκριμένοι μετρητές θα πρέπει να έχουν τους κωδικούς πρόσβασης και την παραμετροποίηση (configuration) που έχει συμφωνηθεί με τον ΔΕΔΔΗΕ.

Η συνδεσμολογία του μετρητή θα είναι σύμφωνα με τα οριζόμενα στο ανωτέρω έγγραφο του ΔΕΔΔΗΕ.

Η **Μονάδα επικοινωνίας** GSM/GPRS με όλα τα απαραίτητα παρελκόμενα (τροφοδοτικό, καλώδιο σύνδεσης μετρητή-μονάδας επικοινωνίας και κεραία), επιλέγεται ώστε να είναι συμβατή με τον τύπο του μετρητή παραγωγής, όπως παρουσιάζεται στο σχετικό έγγραφο του ΔΕΔΔΗΕ.

Στην περίπτωση που, μετά τις δοκιμές του ΔΕΔΔΗΕ, διαπιστωθεί ότι το επιλεγμένο σημείο εγκατάστασης της μετρητικής διάταξης παραγωγής δεν έχει ικανοποιητικό επίπεδο σήματος κινητής τηλεφωνίας, θα πρέπει να εγκατασταθεί η κεραία σε θέση που υπάρχει επαρκής κάλυψη δικτύου.

5.3.4.1 Έλεγχος του βασικού εξοπλισμού της μετρητικής διάταξης πριν την εγκατάσταση (διαδικασία πιστοποίησης εξοπλισμού)

Πριν την εγκατάσταση της μετρητικής διάταξης, ο βασικός εξοπλισμός της μετρητικής διάταξης θα αποσταλλεί για έλεγχο και πιστοποίηση στον Τομέα Εργαστηρίων και Ασυρμάτων της Διεύθυνσης Δικτύου του ΔΕΔΔΗΕ {Αγίας Άννης 70, Αιγάλεω (Ρουφ) 12241}. Συγκεκριμένα, θα ελέγχονται και θα πιστοποιούνται από το ως άνω εργαστήριο του ΔΕΔΔΗΕ:

- ο μετρητής
- η μονάδα επικοινωνίας με τα παρελκόμενά της

5.4 Σήμανση καλωδιώσεων και εξοπλισμού

Σε όλο το φωτοβολταϊκό σταθμό θα πρέπει να πραγματοποιηθεί σήμανση όλων των καλωδιώσεων καθώς και ονοματοδοσία των πινάκων, των μέσων προστασίας, των αντιστροφέων και κάθε υλικού εντός των πινάκων. Η ονοματοδοσία θα πρέπει να αναφέρεται και σε όλα τα σχέδια τα οποία θα δημιουργηθούν από την μελέτη εφαρμογής. Η σήμανση των καλωδίων θα τοποθετηθεί σε κάθε αναχώρηση και είσοδο τους, όπως επίσης και εντός των φρεατίων, ώστε να διευκολύνεται η συντήρηση τους.

Επίσης θα πρέπει να τοποθετηθούν όπου απαιτείται κατάλληλες πινακίδες σήμανσης και προειδοποίησης κινδύνου.

Τέλος θα πρέπει να σημαίνεται η ύπαρξη διπλής τροφοδότησης σε σημεία όπως π.χ. το σημείο διασύνδεσης του Φ/Β συστήματος με τη ΧΤ του Μ/Σ, το κιβώτιο του μετρητή και ο ΓΠΧΤ του Φ/Β συστήματος.

5.5 Διασύνδεση Φ/Β συστήματος στη ΧΤ

Η διασύνδεση του ΦΒ συστήματος αυτοπαραγωγής του ΓΝΚ θα πραγματοποιηθεί με χρήση του υφιστάμενου μετασχηματιστή ισχύος Νο 1 της εγκατάστασης κατανάλωσης, όπως παρουσιάζεται στο Σχέδιο «Φ/Β-7 ΜΟΝΟΓΡΑΜΜΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΕ ΥΠΟΣΤΑΘΜΟ ΜΤ/ΧΤ». Στην περίπτωση αυτή, η διασύνδεση θα γίνει στην είσοδο του διακόπτη MCB.5

5.5.1 Πρόβλεψη απόζευξης Φ/Β σταθμού σε λειτουργία του ΕΗΖ

Καθώς στο ΓΝΚ υπάρχουν δύο Εφεδρικά Ηλεκτροπαραγωγά Ζεύγη, διασφαλίζεται ότι η απώλεια του Δικτύου προκαλεί απόζευξη του ΦΒ σταθμού ακόμα και στην περίπτωση λειτουργίας του ΕΗΖ ζεύγους ως εξής:

Το ΕΗΖ διασυνδέεται με τον ζυγό που τροφοδοτεί το τμήμα ΓΠΕ-ΧΤ/1 μέσω του ζεύγους τετραπολικών αυτόματων διακοπτών MCB.7 και MCB.8 εξοπλισμένων με κινητήρες τηλεχειρισμού,

με μηχανικές και ηλεκτρικές μανδαλώσεις, όπως φαίνεται στο Σχέδιο «Η-114: Διάγραμμα Υποσταθμού ΜΤ-ΧΤ» του ΓΝΚ. Με τρόπο αυτό η διασύνδεση του ΕΗΖ οδηγεί στο άνοιγμα του αυτόματου διακόπτη εισόδου MCB.7 του Μ/Σ 1 στο πεδίο μεταγωγής του ΕΗΖ.

Με κατάλληλη ηλεκτρική μανδάλωση το άνοιγμα του αυτόματου διακόπτη MCB.7 θα οδηγεί σε άνοιγμα του αυτόματου διακόπτη MCB.4 που βρίσκεται εντός του Αυτόματου Διακόπτη Διασύνδεσης του Φ/Β και ως εκ τούτου στην απόζευξη του Φ/Β σταθμού.

5.5.2 Πρόβλεψη απόζευξης Φ/Β σταθμού κατά την ζέυξη Μ/Σ 2

Υπάρχει η δυνατότητα ζεύξης των πεδίων ΧΤ των Μ/Σ Νο 1 και Νο 2, έτσι ώστε τα φορτία ΧΤ του ενός μετασχηματιστή να τροφοδοτούνται από τον άλλο. Η ζεύξη γίνεται μέσω του διακόπτη ζεύξης BR.1 που φαίνεται στο Σχέδιο «Η-114: Διάγραμμα Υποσταθμού ΜΤ-ΧΤ» του ΓΝΚ.

Το κλείσιμο του διακόπτη ζεύξης γίνεται μέσω συνδυασμού διπλής κλειδαριάς με ένα κλειδί ανάμεσα στους αυτόματους διακόπτες των μετασχηματιστών και του διακόπτη ζεύξης BR.1. Έτσι για να γίνει ζεύξη των μετασχηματιστών ώστε να τροφοδοτούνται τα φορτία του Μ/Σ Νο 1 από τον 2, ο αυτόματος διακόπτης MCB.5 του πεδίου άφιξης του Μ/Σ Νο 1 ανοίγει.

Με κατάλληλη ηλεκτρική μανδάλωση το άνοιγμα του αυτόματου διακόπτη MCB.5 θα οδηγεί σε άνοιγμα του αυτόματου διακόπτη MCB.4 που βρίσκεται εντός του Αυτόματου Διακόπτη Διασύνδεσης του Φ/Β και ως εκ τούτου στην απόζευξη του Φ/Β σταθμού.

Η κατάσταση των διακοπτών των σχεδίων Σχέδιο «Η-114: Διάγραμμα Υποσταθμού ΜΤ-ΧΤ» και «Φ/Β-7 ΜΟΝΟΓΡΑΜΜΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΕ ΥΠΟΣΤΑΘΜΟ ΜΤ/ΧΤ». στις διάφορες περιπτώσεις φαίνεται στον ακόλουθο πίνακα

Κατάσταση	MRB.4	MRB.5	MRB.6	MRB.7	MRB.8	BR.1
Μ/Σ 1 και Μ/Σ 2 σε κανονική λειτουργία και ΕΗΖ εκτός	C	C	C	C	O	O
ΕΗΖ εντός	O	C	C	O	C	O
Μ/Σ 1 εκτός και Μ/Σ 2 τροφοδοτεί φορτία Μ/Σ 1	O	O	C	C	O	C
Μ/Σ 1 εντός και Μ/Σ 1 τροφοδοτεί φορτία Μ/Σ 2	C	C	O	C	O	C

Πίνακας 15. Θέση διακοπτών σχεδίου 5 (C = Κλειστός, O = Ανοικτός)

5.6 Γείωση και Αντικεραυνική Προστασία

Η μελέτη γείωσης και αντικεραυνικής προστασίας του φωτοβολταϊκού συστήματος, θα πρέπει να γίνει με βάση τα πρότυπα

- ΕΛΟΤ HD 384 «Απαιτήσεις για ηλεκτρικές εγκαταστάσεις»

- ΕΛΟΤ EN 62305 «Προστασία από Κεραυνούς»
- ΕΛΟΤ HD 60345-5-54
- EC 62305-1 (EN 62305-1) Protection against lightning –Part1: General principles
- IEC 62305-2 (EN 62305-2) Protection against lightning –Part2 :Risk Management
- IEC 62305-3 (EN 62305-3) Protection against lightning – Part 3: Physical Damage to Structure and Life Hazard
- IEC 62305-4 (EN 62305-4) Protection against lightning – Part 4: Electrical and Electronic Systems within Structures
- EN 50164-1 Lightning protection components (LPC) – Part 1: Requirements for connection components
- EN 50164-2 Lightning protection components (LPC) – Part 2: Requirements for conductors and earth electrodes
- EN 50164-3 Lightning protection components (LPC) – Part 3: Requirements for isolating spark gaps
- EN 50164-4 Lightning protection components (LPC) – Part 4: Requirements for conductor fasteners
- EN 50164-5 Lightning protection components (LPC) – Part 5: Requirements for earth electrode inspection housings and earth electrode seals
- EN 50164-6 Lightning protection components (LPC) – Part 6: Requirements for lightning strike counters
- EN 50164-7 Lightning protection components (LPC) – Part 7: Requirements for earthing enhancing compounds

Ο χώρος εγκατάστασης των Φ/Β πλαισίων περιστοιχίζεται τόσο από το κεντρικό κτήριο, όσο και από υψηλούς πυλώνες φωτισμού και γραμμές μεταφοράς ηλετκρικού ρεύματος.

Με βάση τα παραπάνω για την συγκεκριμένη εγκατάσταση δεν απαιτείται, σύμφωνα με το πρότυπο με το πρότυπο IEC (EN) 62305-2, σύστημα εξωτερικής αντικεραυνικής προστασίας (ακίδες συλλογής) αλλά αρκεί η χρήση διατάξεων αντικεραυνικής προστασίας (Απαγωγοί κρουστικών υπερτάσεων).

Τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν θα πρέπει να έχουν τη δυνατότητα να άγουν το αναμενόμενο ηλεκτρικό ρεύμα, να εξασφαλίζουν ικανή αντοχή σε ηλεκτροδυναμικές και τυχαίες μηχανικές καταπονήσεις, αντοχή στη διάβρωση και να ικανοποιούν τα πρότυπα ΕΛΟΤ HD 384, ΕΛΟΤ EN σειράς 50614, ΕΛΟΤ EN 61643 και ΕΛΟΤ HD 60345-5-54

5.6.1 Γείωση προστασίας

Η **Γείωση προστασίας**, η χωρίς παρεμβολή άλλων αντιστάσεων (πλην της αντίστασης γείωσης και της αντίστασης του αγωγού γείωσης) γείωση ενός αγώγιμου τμήματος της εγκατάστασης που δεν ανήκει στο κύκλωμα λειτουργίας. Σκοπός της γείωσης προστασίας είναι να μηδενιστεί η πιθανότητα να

τεθεί υπό τάση οποιαδήποτε αγώγιμη επιφάνεια της εγκατάστασης με την οποία δύναται να έρθει σε επαφή ο άνθρωπος. Για το λόγο αυτό όλες οι αγώγιμες επιφάνειες της εγκατάστασης πρέπει να είναι συνδεδεμένες με το σύστημα γείωσης.

Η γείωση προστασίας θα κατασκευαστεί ως εξής:

Στο δωμάτιο του ΓΠΧΤ του Υποσταθμού υπάρχει μπάρα γείωσης από την οποία θα γίνει λήψη και θα οδεύσει μέχρι την μπάρα που θα τοποθετηθεί στο χώρο εγκατάστασης των πινάκων του Φ/Β σταθμού. Η όδευση θα γίνει εντός ξεχωριστού σωλήνα με το ίδιο τρόπο που θα γίνει η όδευση του παροχικού καλωδίου εναλλασσομένου ρεύματος του Φ/Β σταθμού.

Από την μπάρα του χώρου εγκατάστασης των πινάκων του Φ/Β θα αναχωρούν ισοδυναμικές συνδέσεις προς

- Τον Γενικό πίνακα Χ.Τ. του Φ/Β συστήματος
- Προς τον αντιστροφέα
- Προς τον Πίνακα Συνεχούς ρεύματος του Φ/Β συστήματος
- Προς τις βάσεις στήριξης των Φ/Β πλαισίων

Όλες οι παραπάνω οδεύσεις θα γίνουν εντός σωλήνα ο οποίος θα αναρτηθεί κατάλληλα με χρήση κολάρων στον τοίχο ανάρτησης των πινάκων. Η όδευση της ισοδυναμικής σύνδεσης προς τις βάσεις στήριξης των Φ/Β πλαισίων θα γίνει σε ξεχωριστό σωλήνα, ακολουθώντας τον τρόπο όδευσης των καλωδίων συνεχούς ρεύματος.

Όπως επισημαίνεται στο Σχέδιο «Φ/Β-5 ΓΕΙΩΣΗ ΒΑΣΗΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΚΑΙ Φ/Β ΠΛΑΙΣΙΩΝ», οι βάσεις στήριξης των φωτοβολταϊκών πλαισίων είναι συνδεδεμένες με κατάλληλους συνδέσμους σε δύο σημεία τους με το σύστημα γείωσης, εξασφαλίζοντας την ισοδυναμική σύνδεση όλων των τραπεζιών.

Όλα τα φωτοβολταϊκά πλαίσια είναι ισοδυναμικά συνδεδεμένα μεταξύ τους όπως και με τις βάσεις στήριξης μέσω αγωγού Φ 6 mm^2. Στο σημείο επαφής του αγωγού με το πλαίσιο θα χρησιμοποιηθεί κος και αστεροειδής ροδέλα που σκοπό έχει να διατρήσει το πλαίσιο έτσι ώστε να παραμείνει η αγωγιμότητα στο ανοδιωμένο αλουμίνιο του πλαισίου.

5.6.2 Διαστασιολόγηση αγωγού γείωσης

Για την γείωση τόσο των πινάκων, όσο και των βάσεων στήριξης των Φ/Β πλαισίων θα χρησιμοποιηθεί αγωγός χαλκού μονοκλωνος H07V (NYA) 1x16 mm^2 χρώματος κίτρινο-πράσινο.

Τα ζητούμενα μήκη αγωγού γείωσης 1x16 mm^2, όπως υπολογίζονται με βάση τα σχέδια «Φ/Β-3 ΣΤΟΙΧΕΙΟΣΕΙΡΕΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΠΛΑΙΣΙΩΝ», «Φ/Β-4 ΟΔΕΥΣΕΙΣ ΚΑΛΩΔΙΩΝ» και «Φ/Β-5 ΓΕΙΩΣΗ ΒΑΣΗΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΚΑΙ Φ/Β ΠΛΑΙΣΙΩΝ», έχουν ως εξής:

Τμήμα	Μήκος (m)
Από Μπάρα ΓΠΧΤ Υποσταθμού προς Μπάρα ΓΠΧΤ Φ/Β	62
Από Μπάρα ΓΠΧΤ Φ/Β προς βάση στήριξης	20
Ισοδυναμικές Συνδέσεις στις βάσεις στήριξης	52
Από Μπάρα ΓΠΧΤ Φ/Β προς ΓΠΧΤ Φ/Β	6
Από Μπάρα ΓΠΧΤ Φ/Β προς Αντιστροφέα	8
Από Μπάρα ΓΠΧΤ Φ/Β προς Πίνακα Συνεχούς ρεύματος	10
Σύνολο	**158**

Πίνακας 16. Μήκος αγωγού γείωσης

5.6.3 Απαγωγοί κρουστικών υπερτάσεων

Στο Φ/Β σύστημα θα τοποθετηθούν για την αντικεραυνική προστασία απαγωγοί κρουσικών υπερτάσεων στον ΓΠΧΤ του Φ/Β καθώς και στον Πίνακα Συνεχούς ρεύματος για την προστασία της εισόδου του αντιστροφέα.

Καθώς ο αντιστροφέας θα είναι τοποθετημένος δίπλα από τον ΓΠΧΤ και σε απόσταση από αυτόν (μήκος καλωδίου) κάτω των 10m, δεν απαιτείται πρόσθετος απαγωγός για την προστασία του αντισατροφέα στην έξοδο , αλλά επαρκεί ο απαγωγός του ΓΠΧΤ.

Οι απαγωγοί θα είναι:

- Ο απαγωγός στον ΓΠΧΤ του Φ/Β κλάσης Τ1+Τ2 με δυνατότητα απάγει άμεσα και έμμεσα κεραυνικά πλήγματα από το δίκτυο του εναλλασσόμενου ρεύματος μέχρι 50kA κυματομορφής 10/350μsec αφήνοντας παραμένουσα τάση <=1,5kV. Ο απαγωγός θα προστατεύει τις 3 φάσεις και τον ουδέτερο και θα συνδέεται στην γείωση του συστήματος.
- Οι απαγωγοί στον Πίνακα Συνεχούς ρεύματος θα είναι κλάση Τ2 συνεχούς ρεύματος με ονομαστική τάση 1000 V

5.7 Εγκατάσταση συστήματος παρακολούθησης παραγωγής φωτοβολταϊκού σταθμού

Απαιτείται η συνεχής παρακολούθηση τόσο της παραγωγής όσο και της κατάστασης του Σταθμού. Η παρακολούθηση πρέπει να αναφέρεται σε επίπεδο στοιχεισειράς, σε επίπεδο αντιστροφέα και σε επίπεδο Φ/Β συστήματος.

Σε περιπτώσεις δυσλειτουργιών θα πρέπει να δημιουργούνται αυτόματα κατάλληλα σήματα ενημέρωσης των χειριστών. Επίσης θα πρέπει να καταγράφονται δείκτες παραγωγής του συστήματος στα επίπεδα που προαναφέρθηκαν και να αποθηκεύονται πλήρη ιστορικά στοιχεία, άμεσα διαθέσιμα για αναδρομή.

Το σύστημα θα πρέπει να διαθέτει διεπαφή για χρήση του μέσω πρωτοκόλλου http και να είναι προσβάσιμο τόσο εντός ΓΝΚ όσο και εκτός.

5.8 Διενέργεια Μετρήσεων - Ελέγχων - Δοκιμών

Θα πραγματοποιηθούν οι κάτωθι δοκιμές που προβλέπονται βάσει του προτύπου IEC 62446. Όλα τα όργανα θα είναι πιστοποιημένα, σύμφωνα με τα Πρότυπα EN 61557, HD 60364 και όλα τα αντίστοιχα πρότυπα που αφορούν στα ηλεκτρονικά όργανα μέτρησης και διακριβωμένα.

- Μέτρηση I-V curve σε κάθε string και σε κάθε Φ/Β πλαίσιο,
- Μέτρηση αντίστασης μόνωσης όλων των DC κυκλωμάτων

Έλεγχος όλων των AC κυκλωμάτων σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ HD384 και επιπλέον εκπόνηση και παράδοση Υπεύθυνης Δήλωσης Ηλεκτρολόγου Εγκαταστάτη (ΥΔΕ) στο ΓΝΚ

6 Συντήρηση Φωτοβολταϊκού Σταθμού

Πέρα από τις εγγυήσεις των υλικών του Φ/Β συστήματος, ο Ανάδοχος του έργου οφείλει να παραδώσει εγγύηση καλής λειτουργίας του Φ/Β συστήματος για διάστημα δύο ετών από την ενεργοποίηση του.

Στα πλαίσια αυτά, ο Ανάδοχος οφείλει να αναλάβει για δύο (2) έτη από την ενεργοποίηση του Φ/Β συστήματος, την συντήρηση του καθώς και την τεχνική υποστήριξη του.

Για το σκοπό αυτό ο Ανάδοχος υποχρεούται να αναλάβει

- Την **προληπτική Συντήρηση** ανά εξάμηνο του Φ/Β σταθμού για διάστημα δύο ετών από την ενεργοποίηση του. Μετά το πέρας της κάθε προληπτική συντήρησης ο Ανάδοχος υποχρεούται να παραδίδει προς την Τεχνική Υπηρεσία του ΓΝΚ αναλυτική αναφορά με τις εργασίες συντήρησης, τα όποια ευρήματα και τις προτεινόμενες ενέργειες αποκατάσατσης. Τα όποια κόστη προκύπτουν (υλικά και υπηρεσίες) στα πλαίσια της προληπτικής συντήρησης και από τις σχετικές εργασίες αποκατάστασης βαρύνουν τον Ανάδοχο.
- Την **τεχνική υποστήριξη** του Φ/Β σταθμού σε περιπτώσεις σφαλμάτων ή δυσλειτουργιών.

Οι **Υπηρεσίες Προληπτικής συντήρησης** περιλαμβάνουν:

- ✓ Έλεγχος Φωτοβολταϊκών γεννητριών.
- ✓ Έλεγχος Αντιστροφέων.
- ✓ Έλεγχος Πεδίων Χ.Τ.
- ✓ Έλεγχο καλωδιώσεων
- ✓ Έλεγχος Γείωσης.
- ✓ Έλεγχος μεταλλικής κατασκευής.
- ✓ Μετρήσεις ηλεκτρικών χαρακτηριστικών και χαρακτηριστικών καμπυλών Τάσης – ρεύματος (IV) τόσο σε επίπεδο στοιχειοσειρών όσο και σε επίπεδο Φ/Β πλαισίων.

- ✓ Θερμογραφική απεικόνιση όλων των Φ/Β πλαισίων και των πεδίων χαμηλής τάσης και συνεχούς ρεύματος.

Οι **Υπηρεσίες Τεχνικής Υποστήριξης** περιλαμβάνουν:

Σε περίπτωση βλάβης ή ζημιάς είτε μέσω της ανωτέρω Παρακολούθησης Λειτουργίας του Έργου είτε μέσω τηλεφωνικής κλήσης από την Τεχνική Υπηρεσία του ΓΝΚ, προερχόμενης από φυσικό ή μη αίτιο ή λόγω ελαττωματικής λειτουργίας και η οποία δεν μπορεί να αντιμετωπιστεί από απόσταση, θα πραγματοποιείται επίσκεψη τεχνικού του Αναδόχου στο χώρο του έργου. Παράλληλα θα αναφερθεί αυτή στο Ημερολόγιο Συντήρησης, το οποίο υποχρεωτικά τηρεί ο Ανάδοχος για το έργο.

Ο Συντηρητής υποχρεούται να ανταποκριθεί στην βλάβη εντός είκοσι τεσσάρων (24) ωρών κατά τις εργάσιμες ημέρες, αφού λάβει μήνυμα βλάβης ή κακής λειτουργίας κατά τα ανωτέρω οριζόμενα, καθ' όλη την διάρκεια των δύο ετών. Σε περίπτωση σοβαρής βλάβης που σημαίνει την διακοπή παραγωγής του Φωτοβολταϊκού Σταθμού, τότε η επέμβαση θα πρέπει να γίνεται εντός 4 ωρών.

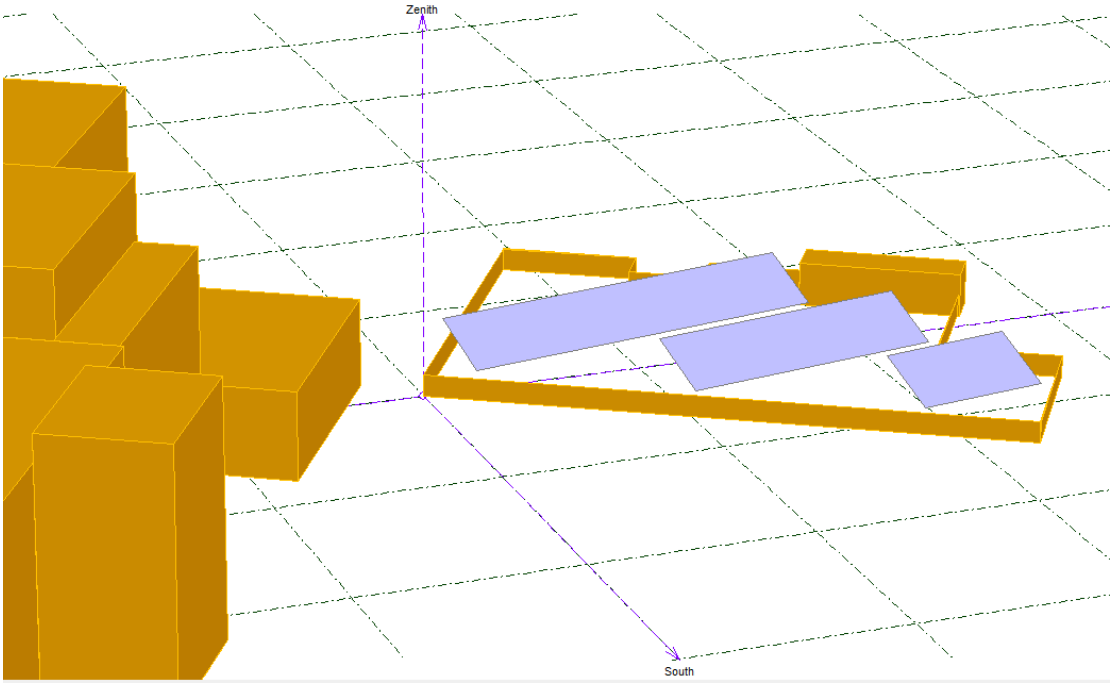
Ο Ανάδοχος θα μεριμνήσει για την αποκατάστασή της βλάβης αν αυτό είναι εφικτό. Αυτό σημαίνει ότι ο Ανάδοχος θα στείλει τεχνικό προσωπικό για την διάγνωση και διαπίστωση της βλάβης ή της κακής λειτουργίας και εάν είναι δυνατό να επέμβει άμεσα για την αποκατάστασή της. Σε περίπτωση που δεν είναι αυτό εφικτό, το μέρος του εξοπλισμού που έχει υποστεί την βλάβη θα μεταφερθεί στα εργαστήρια του Ανάδοχου ή όπου αλλού κρίνεται απαραίτητο για αποκατάσταση.

7 Απόδοση Φωτοβολταϊκού Σταθμού

7.1 Εξομοίωση συστήματος

Η εκτιμώμενη συνολική Παραγωγή του Φ/Β Σταθμού αναφέρεται στους παρακάτω πίνακες. **Σημειώνεται ότι τα αποτελέσματα αυτά αποτελούν εκτιμήσεις** και προκύπτουν από εξομοιώσεις της λειτουργίας του συστήματος με βάση την διάταξη της εγκατάστασης, τα γεωγραφικά και κλιματικά δεδομένα λαμβάνοντας υπόψη την πτώση της απόδοσης των φωτοβολταϊκών σύμφωνα με τις τυπικές εγγυήσεις των κατασκευαστών και τις τυπικές απώλειες που έχουν οι εγκαταστάσεις τέτοιου είδους (καλωδιώσεις, απόδοση αντιστροφέων κλπ.).

Σε ότι αφορά τα κλιματικά δεδομένα έχουμε χρησιμοποιήσει το νέο σύνολο κλιματικών δεδομένων που δίνονται από το λογισμικό PVGIS του κέντρου ερευνών της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (δες http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/) (**CLIMATE-SAF PVGIS**). Πρέπει να σημειωθεί ότι στις εξομοιώσεις έγινε προσομόιωση της περιοχής εγκατάστασης λαμβάνοντας υπόψη τόσο όλα τα εμπόδια του χώρου εγκατάστασης, όσο και το ανάγλυφο της ευρύτερης περιοχής. Για την εξομοίωση χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό **PVSyst**.



Εικόνα 3. Εξομοίωση χώρου εγκατάστασης

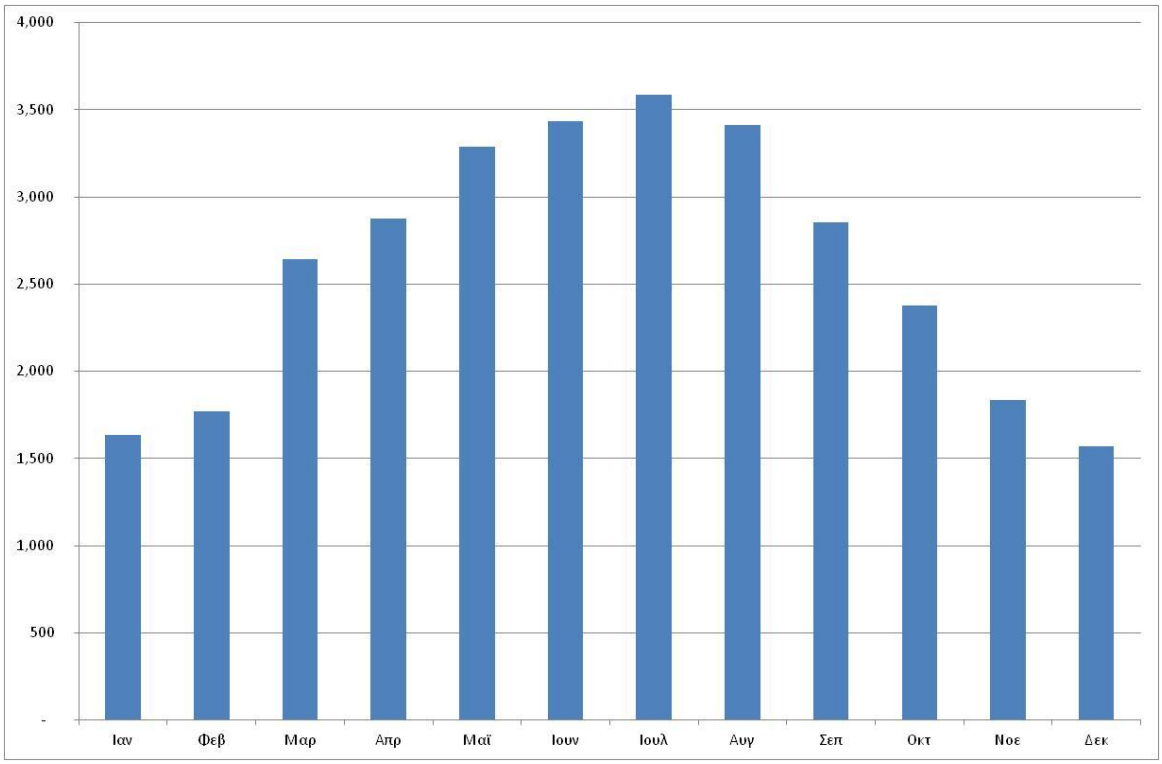
7.2 Παραγωγή Φ/Β Σταθμού

Στα πλαίσια της παρούσας μελέτης και για λόγους αρχικής εκτίμησης της απόδοσης του συστήματος, εξετάζεται η περίπτωση όπου η κλίση Φ/Β πλαισίων είναι στις 10 μοίρες. Στην περίπτωση αυτή τα αποτελέσματα παραγωγής έχουν ως εξής:

Μην.	Σύνολο Παραγωγής ΦΒ (kWh)
Ιαν	1,636
Φεβ	1,768
Μαρ	2,641
Απρ	2,874
Μαϊ	3,289
Ιουν	3,433
Ιουλ	3,587
Αυγ	3,415
Σεπ	2,854
Οκτ	2,378
Νοε	1,835
Δεκ	1,570
Έτος	**31,278**

Πίνακας 17. Αποτελέσματα παραγωγής Φ/Β συστήματος με κλίση 25 μοιρών και αζιμούθιο -10 μοίρες

Στην παρακάτω εικόνα εμφανίζονται η κατανάλωση ενέργειας μαζί με την εκτιμώμενη παραγωγή ενέργειας από το φωτοβολταϊκό σταθμό.



Εικόνα 4. Εκτιμώμενη παραγωγή ενέργειας Φ/Β συστήματος