



ΑΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ ΤΤ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μελέτη εγκατάστασης Φ/Β συστήματος ισχύος 10KW σε μόνιμη κατοικία,
με διασύνδεση στο δίκτυο της Δ.Ε.Η



Σπουδαστής : Γρηγόρης Παν. Μπεμπεδέλης
Αριθμός Μητρώου: 22510

Επιβλέπων Καθηγητής: Καραϊσάς Πέτρος

ΠΕΙΡΑΙΑΣ
2017

Αφιερωμένη στη σύζυγο
και στις κόρες μου

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στη παρακάτω πτυχιακή εργασία θα γίνει αναλυτική αναφορά και μελέτη μιας φ/β εγκατάστασης σε δώμα, ισχύος 10 Kwp διασυνδεδεμένη στο δίκτυο της ΔΕΗ.

Στο 1^ο κεφάλαιο αναφέρονται κάποια ιστορικά στοιχεία σχετικά με τη χρήση της ηλιακής ενέργειας, τις πρώτες προσπάθειες τις ανθρωπότητας για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με τη βοήθεια του ήλιου, τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των φ/β συστημάτων καθώς και την κατάσταση την οποία βρίσκονται τα φ/β συστήματα στην Ελλάδα και στην Ευρωπαϊκή Ένωση.

Στο 2^ο κεφάλαιο περιγράφονται αναλυτικά όλοι οι τύποι των φ/β στοιχείων που υπάρχουν στην αγορά , ο βαθμός απόδοσης τους καθώς και οι τρόποι σύνδεσης τους.

Στο 3^ο κεφάλαιο γίνεται η προμελέτη της φ/β εγκατάστασης και η επιλογή του κατάλληλου εξοπλισμού που θα χρησιμοποιηθεί για τη βέλτιστη απόδοση και λειτουργία του συστήματος.

Στο 4^ο κεφάλαιο γίνεται η μελέτη της φ/β εγκατάστασης . Συγκεκριμένα αναφέρεται η μέθοδος που θα γίνει η στήριξη των φ/β πλαισίων , περιγραφή των εξαρτημάτων στήριξης, το σύστημα της γείωσης , η αντικεραυνική προστασία ο λοιπός ηλεκτρολογικός εξοπλισμός που θα χρησιμοποιηθεί και τέλος το σύστημα της απομακρυσμένης παρακολούθησης του συστήματος.

Στο 5^ο κεφάλαιο θα γίνει η ανάλυση του συνολικού κόστους της εγκατάστασης και θα υπολογιστεί αναλυτικά η κερδοφορία της επένδυσης και η εξοικονόμηση ενέργειας.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τη σύζυγο μου για την αμέριστη συμπαράσταση και υποστήριξη που μου έδειξε για την εκπλήρωση του στόχου μου. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τους καθηγητές μου για τις γνώσεις που αποκόμισα καθώς και την ομάδα των συμφοιτητών μου για τη πολύτιμη βοήθεια τους.

Αθήνα, 2017
Γρηγόρης Παν. Μπεμπεδέλης

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

-ΕΞΩΦΥΛΛΟ.....	σελ.1
-ΑΦΙΕΡΩΣΗ.....	σελ.3
-ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΚΑΙ ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	σελ.4
-ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	σελ.5

Κεφάλαιο 1^ο ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ.....	σελ.7
1.2 ΤΟ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ.....	σελ.7
1.3 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ.....	σελ.8
1.4 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ.....	σελ.10
1.5 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ – ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ.....	σελ.11
1.6 ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΣΤΗΝ Ε.Ε.....	σελ.12

Κεφάλαιο 2^ο ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΑΙ ΕΙΔΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

2.1 ΤΟ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ.....	σελ.14
2.2 ΕΙΔΗ Φ/Β ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ.....	σελ.15
2.2.1 Φ/Β ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΥΡΙΤΙΟΥ ΜΕΓΑΛΟΥ ΠΑΧΟΥΣ.....	σελ.15
2.2.1.1 Φ/Β ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΟΝΟΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΟΥ ΠΥΡΙΤΙΟΥ.....	σελ.15
2.2.1.2 Φ/Β ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΟΛΥΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΟΥ ΠΥΡΙΤΙΟΥ.....	σελ.16
2.2.1.3 Φ/Β ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΑΙΝΙΑΣ ΠΥΡΙΤΙΟΥ (Ribbon Silicon).....	σελ.16
2.2.2 Φ/Β ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΛΕΠΤΩΝ ΥΜΕΝΙΩΝ (Thin Film).....	σελ.17
2.2.2.1 Φ/Β ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΜΟΡΦΟΥ ΠΥΡΙΤΙΟΥ.....	σελ.17
2.2.2.2 Φ/Β ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΠΟ ΔΙΣΕΛΗΝΟ΄Γ΄ΝΔΙΟΥΧΟ ΧΑΛΚΟ.....	σελ.18
2.2.2.3 Φ/Β ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΠΟ ΤΕΛΟΥΡΙΟΥΧΟ ΚΑΔΜΙΟ.....	σελ.18
2.2.2.4 Φ/Β ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΡΣΕΝΙΚΟΥΧΟ ΓΑΛΛΙΟ.....	σελ.19
2.2.3 ΠΟΛΥΣΤΡΩΜΑΤΙΚΑ Φ/Β ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	σελ.19
2.3 ΑΠΟΔΟΣΗ Φ/Β ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ.....	σελ.20
2.4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ.....	σελ.24
2.5 ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΙΣΟΔΥΝΑΜΟ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΙ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΤΩΝ Φ/Β ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ.....	σελ.25
2.6 ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΗΣ ΝΗΣΙΔΟΠΟΙΗΣΗΣ.....	σελ.32

Κεφάλαιο 3ο ΠΡΟΜΕΛΕΤΗ Φ/Β ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΛΟΓΗ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

3.1 ΣΤΑΔΙΑ ΠΡΟΜΕΛΕΤΗΣ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.....	σελ.33
3.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.....	σελ.38
3.3 ΕΠΙΛΟΓΗ Φ/Β ΠΛΑΙΣΙΩΝ.....	σελ.39
3.4 ΕΠΙΛΟΓΗ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑ (INVERTER).....	σελ.45
3.5 ΤΡΟΠΟΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΠΛΑΙΣΙΩΝ.....	σελ.49
3.6 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.....	σελ.50
3.7 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ Δ.Ε.Η.....	σελ.54

Κεφάλαιο 4ο ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

4.1 ΜΕΘΟΔΟΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΤΩΝ Φ/Β ΠΛΑΙΣΙΩΝ.....	σελ.56
4.2 ΣΥΣΤΗΜΑ ΓΕΙΩΣΗΣ.....	σελ.57
4.3 ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ.....	σελ.58
4.4 ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ.....	σελ.63
4.5 ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΗΛΕΜΕΤΡΙΑΣ.....	σελ.65
4.6 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.....	σελ.66

Κεφάλαιο 5ο ΚΟΣΤΟΛΟΓΗΓΗΣΗ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ

5.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.....	σελ.68
5.2 ΚΕΡΔΟΦΟΡΙΑ ΤΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ.....	σελ.70
5.3 ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	σελ.72
-Βιβλιογραφία.....	σελ.73
-Λογισμικά.....	σελ.73

Κεφάλαιο 1^ο

1.1 Ηλιακή Ενέργεια

Οι μορφές ενέργειας που προέρχονται από τον ήλιο, χαρακτηρίζονται σαν ηλιακή ενέργεια. Η φωτεινή ενέργεια ή το φως, η θερμική ενέργεια ή η θερμότητα, η ενέργεια ακτινοβολίας ή οι διάφορες ακτινοβολίες, που προέρχονται από τον ήλιο.

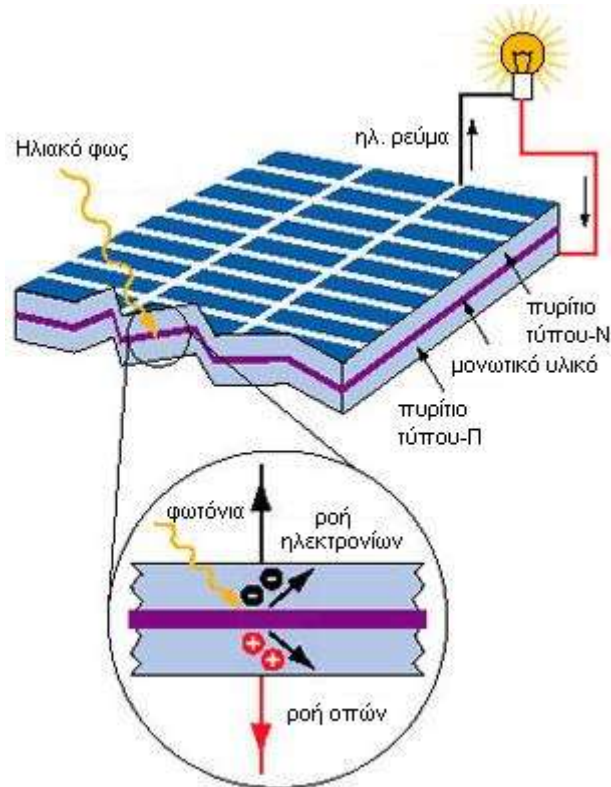
Πρόκειται για μία ενέργεια που πρακτικά στο σύνολο της είναι ανεξάντλητη, αφού προέρχεται από τον ήλιο και δεν υπάρχουν περιορισμοί στο χώρο και στο χρόνο της εκμετάλλευσής της.

Η εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας χωρίζεται σε τρεις κατηγορίες εφαρμογών: τα παθητικά ηλιακά συστήματα, τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα και τα φωτοβολταϊκά συστήματα. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα (τα οποία θα μελετήσουμε στη συγκεκριμένη εργασία) στηρίζονται στη μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική ενέργεια, μέσω του φωτοβολταϊκού φαινομένου. Τα παθητικά και τα ενεργητικά συστήματα εκμεταλλεύονται τη θερμότητα που εκπέμπεται από την ηλιακή ακτινοβολία.

1.2 Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο

Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο είναι η φυσική διαδικασία κατά την οποία ένα φωτοβολταϊκό κύτταρο/φωτοβολταϊκό στοιχείο/φωτοβολταϊκή κυψέλη (pn cell) μετατρέπει το ηλιακό φως σε ηλεκτρική ενέργεια. Το ηλιακό φως αποτελείται από φωτόνια (πακέτα ηλιακής ενέργειας). Τα φωτόνια περιέχουν διάφορα ποσά ενέργειας τα οποία αντιστοιχούν στα διάφορα μήκη κύματος του φάσματος της ηλιακής ακτινοβολίας. Όταν τα φωτόνια προσπίπτουν σε ένα φωτοβολταϊκό κύτταρο, ή θα ανακλαστούν ή θα απορροφηθούν ή θα το διαπεράσουν. Αυτά που απορροφούνται αναγκάζουν τα ηλεκτρόνια του φωτοβολταϊκού κυττάρου να μετακινηθούν και έτσι παράγεται ηλεκτρικό ρεύμα.

Στα σύγχρονα φωτοβολταϊκά κύτταρα τα υλικά που χρησιμοποιούνται είναι οι ημιαγωγοί και κατά κύριο λόγο το πυρίτιο. Υπάρχουν δύο τύποι ημιαγωγών: α) οι ημιαγωγοί τύπου-N (type-N), στους οποίους υπάρχουν πολλά ηλεκτρόνια σχεδόν ελεύθερα, β) οι ημιαγωγοί τύπου-Π (type-P) στους οποίους υπάρχουν οι ελεύθερες οπές – λέγονται οπές γιατί τα ηλεκτρόνια έχουν «αφήσει» τις θέσεις τους, για αυτό το λόγο οι ημιαγωγοί τύπου-Π έχουν θετικό φορτίο. Όταν ένα φωτόνιο χτυπάει έναν ημιαγωγό τύπου-N το ηλεκτρόνιο φεύγει από την αρχική του θέση και επειδή έχει αρνητικό φορτίο έλκεται από το θετικό φορτίο το οποίο είναι συγκεντρωμένο στον ημιαγωγό τύπου-Π. Εξαιτίας του (μονωτικού) υλικού που υπάρχει ανάμεσα της ημιαγωγούς τύπου-N και τύπου-Π ο μοναδικός τρόπος διέλευσης γίνεται από τη μια μεριά στην άλλη είναι μέσω του εξωτερικού φορτίου. Μ' αυτόν τον τρόπο έχουμε την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος.



1.3 Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο

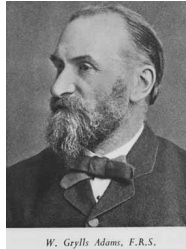
1.3 Ιστορική αναδρομή

- Η πρώτη γνωριμία του ανθρώπου με το φωτοβολταϊκό φαινόμενο έγινε το 1839. Ο Γάλλος φυσικός **Edmond Becquerel** (1820-1891) ανακάλυψε το φωτοβολταϊκό φαινόμενο κατά τη διάρκεια πειραμάτων, με μια ηλεκτρολυτική επαφή φτιαγμένη από δύο μεταλλικά ηλεκτρόδια.



Edmond Becquerel (1820-1891)

- Επόμενος σημαντικός σταθμός είναι το 1876. Οι **Adams** (1836-1915) και ο φοιτητής του **Day** παρατήρησαν ότι μια ποσότητα ηλεκτρικού ρεύματος παραγόταν από το σελήνιο (Se) όταν αυτό ήταν εκτεθειμένο στο φως.



Adams (1836-1915)

- Το 1918 ο Πολωνός Czochralski (1885-1953) πρόσθεσε την μέθοδο παραγωγής ημιαγωγού μονοκρυσταλλικού πυριτίου (Si) με την σχετική έρευνα του και η οποία μάλιστα χρησιμοποιείται μέχρι και σήμερα, αλλά σε μια βελτιωμένη μορφή.



Czochalski (1885-1953)

- Το 1949 έγινε μια ακόμα σημαντική ανακάλυψη. Ο **Mott** και **Schottky** ανέπτυξαν τη θεωρία της διόδου σταθερής κατάστασης. Στο μεταξύ η κβαντική θεωρία είχε εξαπλωθεί. Ο δρόμος πλέον για τις πρώτες πρακτικές εφαρμογές, είχε πλέον ανοίξει.
- Το πρώτο ηλιακό κελί ήταν γεγονός στα εργαστήρια της Bell το 1954 από τους **Chapin**, **Fuller** και **Pearson**. Η απόδοση του ήταν 6% εκμετάλλευση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας.
- Το 1958 η τεχνολογία των φωτοβολταϊκών συστημάτων , προσαρτάται στο χώρο των διαστημικών εφαρμογών, όταν τοποθετήθηκε ένα αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα στον δορυφόρο **Vanguard I**



Vanguard I

Το σύστημα αυτό λειτούργησε επιτυχώς για 8 ολόκληρα χρόνια και ήταν ένα από τα πρώτα φωτοβολταϊκά συστήματα.

Από το χρονικό σημείο αυτό και μετά, τα φωτοβολταϊκά συστήματα άρχισαν να ενσωματώνονται σταδιακά σε διάφορες εφαρμογές και η τεχνολογία τους να βελτιώνεται συνεχώς.

1.4 Φωτοβολταϊκά και περιβάλλον

Τα περιβαλλοντικά οφέλη από τη χρήση των φωτοβολταϊκών είναι αδιαμφισβήτητα καθώς κάθε παραγόμενη κιλοβατώρα συνεπάγεται την αποφυγή έκλυσης ενός περίπου κιλού διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα.

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου εντείνεται με τις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα και επηρεάζει το κλίμα της γης. Οι επιπτώσεις της ρύπανσης που δημιουργούνται είναι τεράστιες για το περιβάλλον και κατά συνέπεια και για τον άνθρωπο.

Βασικό χαρακτηριστικό των φωτοβολταϊκών μονάδων είναι ότι η ενέργεια που παράγουν είναι απολύτως καθαρή, γιατί δεν εκπέμπονται ρύποι. Το πυρίτιο που χρησιμοποιείται για να κατασκευαστούν (όπως, θα δούμε παρακάτω) είναι ένα μη τοξικό υλικό και η ενέργεια που καταναλίσκεται για τη κατασκευή του αποσβένεται από την ενέργεια που παράγει σε περίπου 2 χρόνια. Ο δε χρόνος ζωής των μονάδων πυριτίου υπερβαίνει τα 25 χρόνια

Το συνολικό όφελος για το περιβάλλον είναι σημαντικό, αρκεί να σκεφτούμε ότι για κάθε **1kW** εγκατεστημένης φωτοβολταϊκής μονάδας κάθε χρόνο αποφεύγονται εκπομπές **1,4** τόνων διοξειδίου του άνθρακα. Αυτό μεταφράζεται σε 500 λίτρα πετρελαίου ή σε **1500m²** δάσους ή σε 75 δέντρα.

1.5 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα των Φωτοβολταϊκών Συστημάτων

Πλεονεκτήματα

Σα κύριο και πρωταρχικό πλεονέκτημα των φωτοβολταϊκών συστημάτων είναι η φιλική τους λειτουργία έναντι του περιβάλλοντος και η μη μόλυνση του σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα που χρησιμοποιούμε για τη παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας.

Είναι ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Όσο ο ήλιος υφίσταται, τα φωτοβολταϊκά συστήματα θα συνεχίσουν να παράγουν «καθαρή» ηλεκτρική ενέργεια.

Οι άλλες πηγές ενέργειας χρειάζονται μια σειρά από επιπλέον εγκαταστάσεις και κατασκευές (αντλιοστάσια, γεωτρήσεις κ.α.) προκειμένου να γίνει η εξόρυξη του ορυκτού καυσίμου το οποίο βρίσκεται κάτω από την επιφάνεια της γης. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να υπάρχει μεγάλο κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας-συντήρησης των εγκαταστάσεων αυτών καθώς και παραμόρφωση του φυσικού τοπίου (πεδία εξόρυξης λιγνίτη)

Η ηλιακή ενέργεια είναι δωρεάν σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα των οποίων οι τιμές μεταβάλλονται διαρκώς.

Δεν έχουν περιορισμούς στον τόπο εγκατάστασης τους, αφού η ηλιακή ενέργεια είναι διαθέσιμη παντού.

Η λειτουργία τους είναι αθόρυβη και έχουν μηδαμινές απαιτήσεις συντήρησης.

Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής. Οι κατασκευαστές δίνουν εγγυήσεις για 20 και 25 χρόνια.

Μπορούν να εγκατασταθούν σε ήδη υπάρχουσες εγκαταστάσεις όπως στη στέγη ή στο δώμα ενός σπιτιού ή μιας βιομηχανίας ακόμα και στη πρόσοψη του κτιρίου.

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα διαθέτουν ευελιξία στην εφαρμογή. Μπορούν να συνδεθούν είτε αυτόνομα και να τροφοδοτήσουν μια εγκατάσταση σε κάποιο απομακρυσμένο σημείο το οποίο δεν έχει πρόσβαση στο δίκτυο ηλεκτροδότησης. Να συνεργαστούν και με άλλα συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και τέλος να χρησιμοποιηθούν με σύνδεση στο δίκτυο ηλεκτροδότησης δίνοντας στο χρήστη τη δυνατότητα να γίνει «πωλητής-παραγωγός» ηλεκτρικής ενέργειας. Η πλεονάζουσα ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από ένα τέτοιο διασυνδεδεμένο σύστημα πωλείται στην εταιρεία ηλεκτροδότησης με αποτέλεσμα τα φωτοβολταϊκά συστήματα να παρουσιάζουν και επενδυτικά οφέλη.

Μειονέκτημα

Σα μειονέκτημα θα μπορούσαμε να πούμε το υψηλό κόστος των φωτοβολταϊκών συστημάτων το οποίο παρά τις τεχνολογικές εξελίξεις, παραμένει αρκετά υψηλό. Ενδεικτικά αναφέρουμε πως το κόστος ανά εγκατεστημένο κιλοβάτ ηλεκτρικής ισχύος (kW) είναι περίπου 3.000euro.

Αν αναλογιστούμε ότι μια τυπική οικιακή κατανάλωση απαιτεί από 1,5 έως 3,5kW, συμπεραίνουμε ότι το κόστος δεν είναι αμελητέο.

1.6 Η κατάσταση των φωτοβολταϊκών συστημάτων Ελλάδα και στην Ευρωπαϊκή Ένωση

Η αγορά των Φ/Β στην Ευρώπη είναι σημαντική κυρίως στις χώρες Γερμανία, Ολλανδία, Ισπανία και Ιταλία. Ιδιαίτερα στη Γερμανία, το αρχικό Εθνικό Πρόγραμμα των 1.000 Φ/Β Στεγών (1990) και μετέπειτα των 100.000 Φ/Β Στεγών (1999) σε συνδυασμό με επιδότηση της παραγόμενης ηλιακής kWh, δημιούργησαν ιδιαίτερη ανάπτυξη τόσο στις εφαρμογές όσο και στη βιομηχανία. Το συνολικό μέγεθος της Ευρωπαϊκής αγοράς στο τέλος του έτους 2003 ήταν περίπου 561MWp, από τα οποία το 71%, δηλαδή 398MWp, είχαν εγκατασταθεί στη Γερμανία.

Από την ανάλυση των παραπάνω μεγεθών της Ευρωπαϊκής αγοράς, προκύπτει ότι δημιουργήθηκαν 15.000 άμεσες θέσεις εργασίας (πολλές από τις οποίες είναι υψηλής τεχνολογίας απασχόληση), ο ετήσιος κύκλος εργασιών ήταν €1 δις, τη διετία 2002–2003 καταγράφηκε αύξηση της αγοράς κατά 33% και έγιναν νέες επενδύσεις σε έρευνα και καινοτόμα προϊόντα υψηλής τεχνολογίας.

Καθώς το κόστος των Φ/Β συστημάτων συνεχίζει να μειώνεται, όλο και περισσότερες Φ/Β εφαρμογές γίνονται οικονομικά ανταγωνιστικές, σε σύγκριση με παραγωγή ενέργειας από συμβατικές μορφές. Παράλληλα, η αυξανόμενη ευαισθησία της κοινής γνώμης, λόγω των δυσμενών περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τις συμβατικές μεθόδους παραγωγής και χρήσης ενέργειας, σε συνδυασμό με τα πλεονεκτήματα των Φ/Β συστημάτων, έχει σαν αποτέλεσμα αυτά να αποτελούν μια από τις περισσότερα υποσχόμενες ενεργειακές τεχνολογίες.

Όπως έχει προκύψει από τη διεθνή εμπειρία, το μεγάλο μερίδιο της αγοράς των Φ/Β συστημάτων στις αναπτυσσόμενες χώρες βρίσκεται σε αστικά κέντρα, σε εγκαταστάσεις όπως κτίρια, συμπλέγματα οικιών, δημόσια κτίρια, εξωτερικοί χώροι κλπ.

Αξίζει να σημειωθεί ότι τη δεκαετία 2005-2015, τα φωτοβολταϊκά στην Ευρώπη αύξησαν κατά 30 φορές την ισχύ τους, από 3 γιγαβάτ το 2005, σε 100 γιγαβάτ το 2015.

Στις επιμέρους αγορές, ξεχωρίζει το γεγονός ότι στη Γερμανία, στην Ιταλία και στην Ελλάδα, τα φωτοβολταϊκά καλύπτουν πλέον άνω του 7% της ζήτησης για ηλεκτρισμό.

Τέλος (και σημαντικότερο), τα φωτοβολταϊκά ξεπέρασαν το μερίδιο της πυρηνικής ενέργειας στην Ευρωπαϊκή ηλεκτροπαραγωγή.

Στην Ελλάδα τα φωτοβολταϊκά συστήματα μέχρι και το 2009 δεν είχαν αξιοποιηθεί σημαντικά δεδομένου του εξαιρετικού ηλιακού δυναμικού της. Περιορίζονταν μόνο σε κάποιες εγκαταστάσεις της ΔΕΗ σε νησιά (Αντικύθηρα, Κύθνος κ.α.) και σε κάποιες εγκαταστάσεις ιδιωτών σε περιοχές που δεν υπήρχε κάλυψη από το δίκτυο ηλεκτροδότησης.

Τον Ιούλιο του 2009 η Ελληνική κυβέρνηση, με ψήφισμα έδωσε το «πράσινο φως» στις εγκαταστάσεις φωτοβολταϊκών συστημάτων οι οποίες θα μπορούσαν πλέον να είναι διασυνδεδεμένες με το δίκτυο της ΔΕΗ. Πολλοί ιδιώτες στράφηκαν στη κατασκευή φωτοβολταϊκών συστημάτων τόσο σε στέγες και ταράτσες, όσο και σε μεγαλύτερες εγκαταστάσεις, όπως

φωτοβολταϊκά πάρκα. Έτσι ο ιδιώτης απαλλασσόταν από τη δαπάνη της κατανάλωσης του ηλεκτρικού ρεύματος , και ταυτόχρονα γινόταν και παραγωγός ενέργειας.

Η «ελκυστική» τιμή αγοράς της kWh από τη ΔΕΗ (0,55euro), με συμβόλαιο διάρκειας 25χρόνων, εκτίναξε τη παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας με τη χρήση των φωτοβολταϊκών συστημάτων.

Ενδεικτικά αναφέρουμε τα νούμερα της εγκατεστημένης ισχύος στη χώρα μας:

-2010 , εγκατεστημένη ισχύ 205,4 MWp

-2011 , εγκατεστημένη ισχύ 631,3 MWp

-2012 , εγκατεστημένη ισχύ 1536,3 MWp

-2013 , εγκατεστημένη ισχύ 2578,8 MWp

-2014 , εγκατεστημένη ισχύ 2595,75 MWp

-2015 , εγκατεστημένη ισχύ 2605,6 MWp

Από τα παραπάνω νούμερα βλέπουμε μια τεράστια άνοδο της εγκατεστημένης ισχύος γεγονός που βοήθησε σε ποιο καθαρό περιβάλλον, αυξημένες θέσεις εργασίας και αύξηση του εμπορίου .

Από το 2014 η πολιτική της κυβέρνησης σε σχέση με τη κατασκευή , επιδότηση , και αγορά της παραγόμενης ενέργειας από τα φωτοβολταϊκά συστήματα, άλλαξε , θέλοντας να διορθώσει παλαιότερες θεσμικές αστοχίες. Έτσι η αύξηση της παραγόμενης ενέργειας σταμάτησε να έχει την άνοδο των προηγούμενων χρόνων , να μη γίνονται νέες κατασκευές , να χάνονται θέσεις εργασίας και να στρεφόμεστε ξανά σε παλιές και ρυπογόνες τεχνολογίες για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας της οποίας η ζήτηση αυξάνεται συνεχώς.

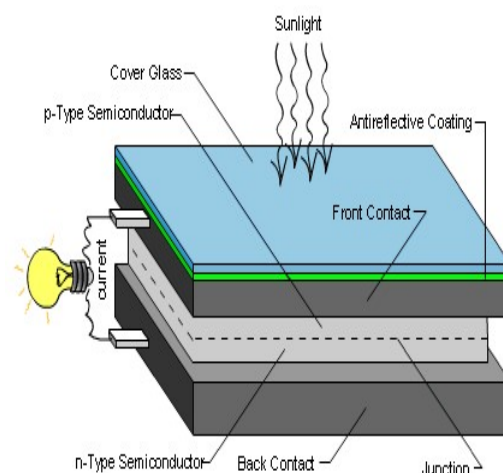
Κεφάλαιο 2^ο

2.1 Το φωτοβολταϊκό στοιχείο

Το φωτοβολταϊκό στοιχείο ή αλλιώς φωτοβολταϊκή γεννήτρια, είναι η «καρδιά» του φωτοβολταϊκού συστήματος. Όπως είδαμε και παραπάνω, στη περιγραφή του φωτοβολταϊκού φαινομένου, το φωτοβολταϊκό στοιχείο μετατρέπει ένα μέρος της προσπίπτουσας σε αυτό, ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική ενέργεια.



2.1 Το φωτοβολταϊκό στοιχείο



2.1 Η δομή του φωτοβολταϊκού στοιχείου

Το υλικό που χρησιμοποιείται περισσότερο για την κατασκευή φωτοβολταϊκών στοιχείων στη βιομηχανία είναι το πυρίτιο. Είναι ίσως και το μοναδικό υλικό που παράγεται με τόσο μαζικό τρόπο. Το πυρίτιο σήμερα, αποτελεί την πρώτη ύλη για το 90% της αγοράς των φωτοβολταϊκών.

Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα του πυριτίου είναι:

- Μπορεί να βρεθεί πάρα πολύ εύκολα στη φύση. Είναι το δεύτερο σε αφθονία υλικό που υπάρχει στον πλανήτη μετά το οξυγόνο.
- Μπορεί εύκολα να λιώσει και να μορφοποιηθεί.
- Οι ηλεκτρικές του ιδιότητες μπορούν να διατηρηθούν μέχρι και στους 125°C κάτι που επιτρέπει τη χρήση του πυριτίου σε ιδιαίτερα δύσκολες περιβαλλοντικές συνθήκες.

Αυτός είναι και ο λόγος που τα φωτοβολταϊκά στοιχεία πυριτίου αντεπεξέρχονται σε ένα ιδιαίτερα ευρύ φάσμα θερμοκρασιών.

Το πυρίτιο, ανάλογα με την επεξεργασία του, δίνει μονοκρυσταλλικά, πολυκρυσταλλικά ή άμορφα υλικά, από τα οποία παράγονται τα φωτοβολταϊκά στοιχεία (κυψέλες).

Τα φωτοβολταϊκά πάνελ συνήθως αποτελούνται από:

- Ένα ηλιακό γυαλί με προ-τοποθετημένη την ειδικά επεξεργασμένη μεμβράνη προστασίας (EVA). Πρόκειται ουσιαστικά για ένα σκληρυσμένο, προ εντεταμένο ηλιακό γυαλί.
- Ηλιακές φωτοβολταϊκές κυψέλες ενωμένες σε στοιχειοσειρές.
- Μία υαλώδη μεμβράνη ειδικής επεξεργασίας (EVA) καθώς και μια μονωτική μεμβράνη στην πίσω πλευρά. Και τα τρία παραπάνω στρώματα δημιουργούν ένα ανθεκτικό ελασματοποιημένο φύλλο, πολύ ανθεκτικό στις καιρικές συνθήκες, το οποίο τοποθετείται σε ένα σταθεροποιητικό πλαίσιο αλουμινίου και μια υποδοχή σύνδεσης

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία αποτελούνται από πολλά ηλιακά κελιά. Τα ηλιακά κελιά έχουν συνήθως τετράγωνο σχήμα πλευράς περίπου 10 εκατοστών. Ένα ηλιακό κελί παράγει πολύ μικρή ισχύ (συνήθως λιγότερο από 2W) και έτσι ενώνονται ηλεκτρικά εν σειρά ή εν παραλλήλω, όπως θα αναλυθεί παρακάτω για να δημιουργηθούν τα φωτοβολταϊκά πάνελ.

Η απόδοση των ηλιακών κελιών, εκφραζόμενη ως το ποσοστό της ηλιακής ενέργειας που μετατρέπεται σε ηλεκτρική, εξαρτάται από την τεχνολογία των υλικών που χρησιμοποιούνται. Σε ερευνητικό επίπεδο έχουν αναφερθεί αποδόσεις έως και 40%. Ωστόσο η πλειονότητα των ηλιακών κελιών και των δημιουργούμενων φωτοβολταϊκών πάνελ που διατίθενται σήμερα στο εμπόριο έχουν μία μέγιστη απόδοση της τάξης του 17-19%.

2.2 Είδη Φωτοβολταϊκών στοιχείων

2.2.1 Φωτοβολταϊκά στοιχεία πυριτίου μεγάλου πάχους

2.2.1.1 Φωτοβολταϊκά στοιχεία μονοκρυσταλλικού πυριτίου

Κατασκευάζονται από κυψέλες που έχουν κοπεί από ένα μόνο μεγάλο κυλινδρικό κρύσταλλο πυριτίου. Η κατασκευή τους είναι πιο πολύπλοκη, με αποτέλεσμα το υψηλότερο κόστος παραγωγής

Χαρακτηριστικά:

- Είναι ο πρώτος τύπος φωτοβολταϊκών πάνελ που μπήκε σε μαζική παραγωγή.
- Έχουν καλύτερη σχέση απόδοσης/ επιφάνειας από τους άλλους τύπους πάνελ.
- Η ενεργειακή απόδοσή τους κυμαίνεται από 11% - 19%
- Έχουν υψηλότερο κόστος παραγωγής σε σχέση με τα πολυκρυσταλλικά πάνελ.
- Έχουν μεγαλύτερο πάχος υλικού.
- Έχουν σκούρο μπλε ή μαύρο χρώμα.



2.2.1.1 Στοιχείο μονοκρυσταλλικού πυριτίου

2.2.1.2 Φωτοβολταϊκά στοιχεία πολυκρυσταλλικού πυριτίου

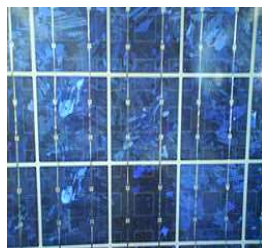
Κατασκευάζονται από κυψέλες που έχουν κοπεί σε λεπτά τμήματα, από ράβδους λιωμένου και επανακρυσταλλοποιημένου πυριτίου (το λειωμένο πυρίτιο χύνεται σε καλούπι και στη συνέχεια τεμαχίζεται σε κυψέλες).

Χαρακτηριστικά:

- Η μέθοδος παραγωγής τους είναι φθηνότερη από αυτήν των μονοκρυσταλλικών, για αυτό και η τιμή τους είναι συνήθως λίγο χαμηλότερη.
- Η ενεργειακή απόδοσή τους που κυμαίνεται από 11% - 16% είναι σχετικά μικρότερη από αυτή των μονοκρυσταλλικών, αλλά από τη στιγμή που οι κυψέλες τοποθετούνται μέσα σε ένα πάνελ με άλλες 60, η πραγματική διαφορά σε watt ανά τετραγωνικό μέτρο είναι αμελητέα.

Σήμερα, με την ταχύτατη ανάπτυξη της τεχνολογίας, η απόδοσή τους τείνει να αγγίζει την απόδοση των μονοκρυσταλλικών.

- Είναι τα πλέον διαδεδομένα πάνελ παγκοσμίως.
- Έχουν την καλύτερη σχέση κόστους-απόδοσης.
- Έχουν γαλάζιο χρώμα.



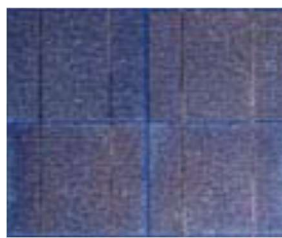
2.2.1.2 Στοιχείο πολυκρυσταλλικού πυριτίου

2.2.1.3 Φωτοβολταϊκά στοιχεία ταινίας πυριτίου (Ribbon Silicon)

Σε αυτά τα στοιχεία εφαρμόζεται νέα τεχνολογία φωτοβολταϊκών στοιχείων.

Η τεχνολογία αυτή προσφέρει έως και 50% μείωση στην χρήση του πυριτίου σε σχέση με τις παραδοσιακές τεχνικές κατασκευής μονοκρυσταλλικών και πολυκρυσταλλικών φωτοβολταϊκών στοιχείων πυριτίου. Η απόδοση για τα φωτοβολταϊκά στοιχεία της ταινίας πυριτίου έχει φτάσει πλέον γύρω στο 12-13% ενώ το πάχος του είναι περίπου 0,3mm.

Εργαστηριακά έχουν επιτευχθεί αποδόσεις έως και 18%



2.2.1.3 Στοιχείο ταινίας πυριτίου

2.2.2 Φωτοβολταϊκά στοιχεία λεπτών υμενίων (Thin Film)

2.2.2.1 Φωτοβολταϊκά στοιχεία άμορφου πυριτίου (a-Si)

Πρόκειται για ταινίες λεπτών επιστρώσεων οι οποίες παράγονται με την εναπόθεση ημιαγωγού υλικού (πυρίτιο στην περίπτωση μας) πάνω σε υπόστρωμα υποστήριξης, χαμηλού κόστους όπως γυαλί ή αλουμίνιο. Έτσι και λόγω της μικρότερης ποσότητας πυριτίου που χρησιμοποιείται η τιμή τους είναι γενικότερα αρκετά χαμηλότερη.

Ο χαρακτηρισμός *άμορφο φωτοβολταϊκό* προέρχεται από τον τυχαίο τρόπο με τον οποίο είναι διατεταγμένα τα άτομα του πυριτίου.

Χαρακτηριστικά:

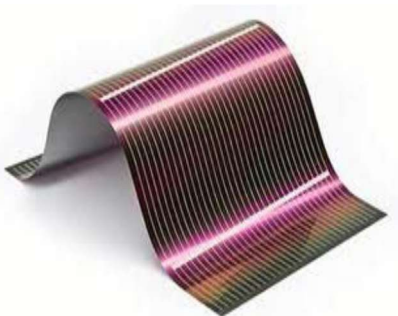
- Έχουν, ονομαστικά, χαμηλότερες αποδόσεις σε σχέση με τις άλλες κατηγορίες (6% έως 11%).
- Λόγω της μικρότερης ποσότητας πυριτίου που χρησιμοποιείται κατά την παραγωγή τους, η τιμή τους είναι αισθητά χαμηλότερη.
- Αποδίδουν καλύτερα στις υψηλές θερμοκρασίες.
- Τα πάνελ λεπτού υμενίου έχουν καλύτερες αποδόσεις σε σχέση με τα κρυσταλλικά φωτοβολταϊκά, όταν υπάρχει διάχυτη ακτινοβολία (συννεφιά).
- Έχουν χαμηλή ενεργειακή πυκνότητα κάτι που σημαίνει ότι για να παράγουμε την ίδια ενέργεια χρειαζόμαστε σχεδόν διπλάσια επιφάνεια σε σχέση με τα κρυσταλλικά φωτοβολταϊκά στοιχεία.
- Δεν υπάρχουν στοιχεία από παλιές εγκαταστάσεις, σχετικά με τις αποδόσεις και τη διάρκειά τους, αφού η τεχνολογία τους είναι σχετικά καινούρια.
- Αποτελούν καλή λύση όταν υπάρχουν: μεγάλος διαθέσιμος χώρος, σκιάσεις, δυσμενής προσανατολισμός.



2.2.2.1 Στοιχείου Άμορφου πυριτίου

2.2.2.2 Φωτοβολταϊκά στοιχεία από δισεληνϊονδιούχο χαλκό (CIS)

Ο Δισεληνϊονδιούχος Χαλκός έχει εξαιρετική απορροφητικότητα στο προσπίπτον φως αλλά παρόλα αυτά η απόδοση του με τις σύγχρονες τεχνικές κυμαίνεται στο 11% (πλαίσιο). Εργαστηριακά έγινε εφικτή απόδοση στο επίπεδο του 18,8% η οποία είναι και η μεγαλύτερη που έχει επιτευχθεί μεταξύ των φωτοβολταϊκών τεχνολογιών λεπτής επιστρώσεως. Με την πρόσμιξη γάλλιου η απόδοση του μπορεί να αυξηθεί ακόμα περισσότερο. Το πρόβλημα που υπάρχει είναι ότι το ίνδιο υπάρχει σε περιορισμένες ποσότητες στην φύση. Στα επόμενα χρόνια πάντως αναμένεται το κόστος του να είναι αρκετά χαμηλότερο.



2.2.2.2 Στοιχείο από δισεληνϊονδιούχο χαλκό

2.2.2.3 Φωτοβολταϊκά στοιχεία από τελουριούχο κάδμιο (CdTe).

Το Τελουριούχο Κάδμιο έχει ενεργειακό διάκενο γύρω στο 1eV το οποίο είναι πολύ κοντά στο ηλιακό φάσμα κάτι που του δίνει σοβαρά πλεονεκτήματα όπως την δυνατότητα να απορροφά το 99% της ακτινοβολίας. Οι σύγχρονες τεχνικές όμως μας προσφέρουν αποδόσεις πλαισίου γύρω στο 6-8%. Στο εργαστήριο η απόδοση στα φωτοβολταϊκά στοιχεία έχει φθάσει το 16%. Μελλοντικά αναμένεται το κόστος του να πέσει αρκετά. Τροχοπέδη για την χρήση του αποτελεί το γεγονός ότι το κάδμιο σύμφωνα με κάποιες έρευνες είναι καρκινογόνο με αποτέλεσμα να προβληματίζει το ενδεχόμενο της εκτεταμένης χρήσης του. Επίσης προβληματίζει ή έλλειψη του τελούριου.



2.2.2.3 Στοιχείο από τελουριούχο κάδμιο

2.2.2.4 Φωτοβολταϊκά στοιχεία από αρσενικούχο γάλλιο (GaAs)

Το γάλλιο είναι ένα παραπροϊόν της ρευστοποίησης άλλων μετάλλων όπως το αλουμίνιο και ο ψευδάργυρος. Είναι πιο σπάνιο ακόμα και από τον χρυσό. Το αρσενικό δεν είναι σπάνιο αλλά έχει το μειονέκτημα ότι είναι δηλητηριώδες. Το αρσενικούχο γάλλιο έχει ενεργειακό διάκενο 1,43eV που είναι ιδανικό για την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας. Η απόδοση του στην μορφή πολλαπλών συνενώσεων (multijunction) είναι η υψηλότερη που έχει επιτευχθεί και αγγίζει το 29%. Επίσης τα φωτοβολταϊκά στοιχεία GaAs είναι εξαιρετικά ανθεκτικά στις υψηλές θερμοκρασίες γεγονός που επιβάλλει σχεδόν την χρήση τους σε εφαρμογές ηλιακών συγκεντρωτικών συστημάτων (solar concentrators). Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία GaAs έχουν το πλεονέκτημα ότι αντέχουν σε πολύ υψηλές ποσότητες ηλιακής ακτινοβολίας, για αυτό αλλά και λόγω της πολύ υψηλής απόδοσης του ενδείκνυται για διαστημικές εφαρμογές. Το μεγαλύτερο μειονέκτημα αυτής της τεχνολογίας είναι το υπερβολικό κόστος του μονοκρυσταλλικού GaAs υποστρώματος.

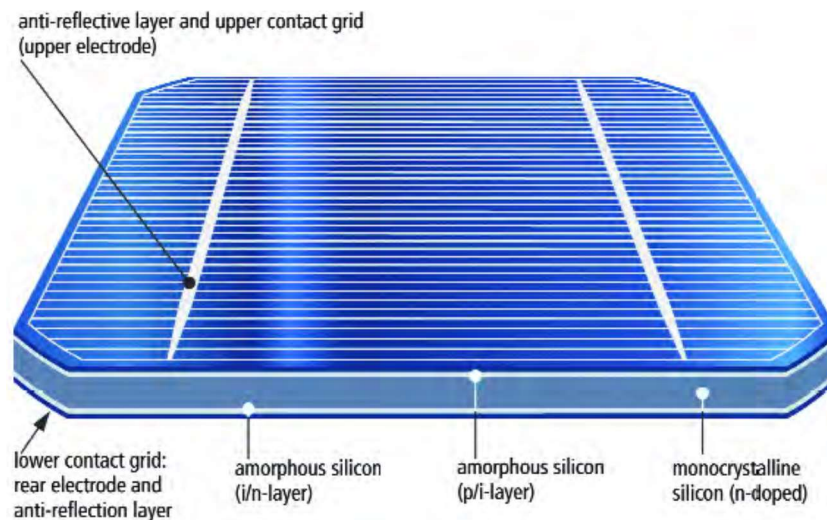


2.2.2.4 Στοιχείο από αρσενικούχο γάλλιο

2.2.3 Πολυστρωματικά φωτοβολταϊκά στοιχεία

Μια άλλη κατηγορία είναι τα φωτοβολταϊκά στοιχεία που αποτελούνται από στρώσεις υλικών διαφόρων τεχνολογιών HIT (Heterojunction with Intrinsic Thin layer – Ετεροενώσεις με ενδογενή λεπτά στρώματα). Τα πιο γνωστά εμπορικά πολυστρωματικά φωτοβολταϊκά στοιχεία αποτελούνται από δύο στρώσεις άμορφου πυριτίου (πάνω και κάτω) ενώ ενδιάμεσα υπάρχει μια στρώση μονοκρυσταλλικού πυριτίου. Το μεγάλο πλεονέκτημα αυτής της τεχνολογίας είναι ο υψηλός βαθμός απόδοσης του πλαισίου που φτάνει σε εμπορικές εφαρμογές στο 17,2% και το οποίο σημαίνει ότι χρειαζόμαστε μικρότερη επιφάνεια για να έχουμε την ίδια εγκατεστημένη ισχύ. Τα αντίστοιχα φωτοβολταϊκά στοιχεία έχουν απόδοση 19,7%. Άλλα πλεονεκτήματα για τα πολυστρωματικά φωτοβολταϊκά στοιχεία είναι η υψηλή τους απόδοση σε υψηλές θερμοκρασίες αλλά και η μεγάλη τους απόδοση στην

διαχεόμενη ακτινοβολία. Φυσικά, αφού τα φωτοβολταϊκά αυτά έχουν τα παραπάνω πλεονεκτήματα, είναι ακριβότερα σε σχέση με τα συμβατικά φωτοβολταϊκά πλαίσια.



2.2.3 Πολυστρωματικό στοιχείο

2.3 Απόδοση Φωτοβολταϊκών στοιχείων

Ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο αποδίδει μέγιστη ηλεκτρική ισχύ P_m όταν δέχεται ηλιακή ακτινοβολία ισχύος P_{HA} . Το πηλίκο της μέγιστης αποδιδόμενης ηλεκτρικής ισχύος προς τον προσπίπτουσα ισχύ της ηλιακής ακτινοβολίας ονομάζεται βαθμός απόδοσης η .

$$\eta = P_m / P_{HA} = (I_m * V_m) / P_{HA}$$

όπου I_m : ένταση ρεύματος στο σημείο μέγιστης ισχύος

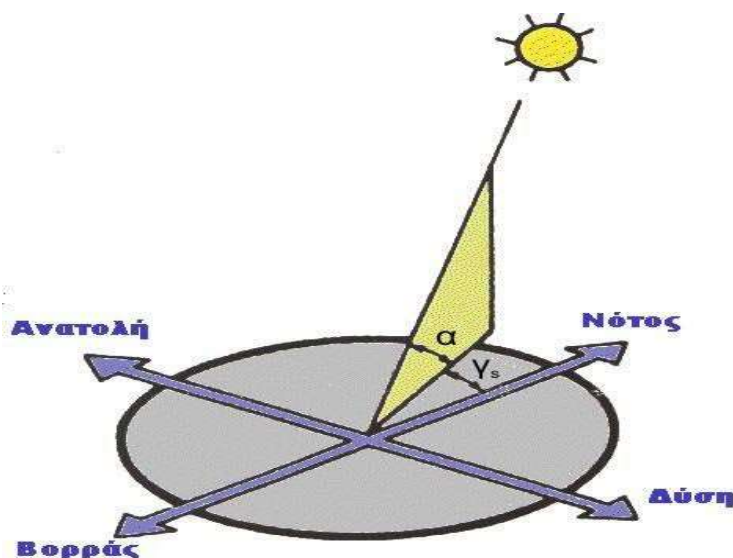
V_m : τάση ρεύματος στο σημείο μέγιστης ισχύος.

Η απόδοση του ΦΒ στοιχείου εξαρτάται από τον χρησιμοποιούμενο αγωγό, αυξάνεται με την αύξηση της πυκνότητας ισχύος της ακτινοβολίας και μειώνεται με την μείωση της ακτινοβολίας.

Η ονομαστική τιμή της απόδοσης καθορίζεται από τις πρότυπες συνθήκες ελέγχου (STC).

Για να είναι εφικτή η μεγιστοποίηση της ενεργειακής παραγωγικότητας των Φ/Β πλαισίων, θα πρέπει να επιτυγχάνεται βέλτιστη εκμετάλλευση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας. Συγκεκριμένα, εφόσον η πορεία του ήλιου αλλάζει τόσο με την ώρα της ημέρας όσο και με τη μέρα του έτους, συνεπάγεται πως για να παράγει ένα πλαίσιο τη μέγιστη ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας θα πρέπει να είναι σε θέση να περιστρέφεται ώστε να μπορεί να ακολουθεί την τροχιά του ήλιου και να είναι συνεχώς κάθετο στην κατεύθυνση της ακτινοβολίας.

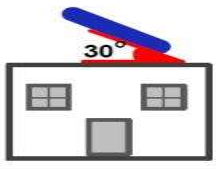
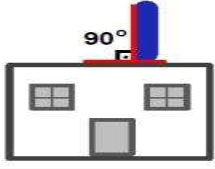
Πρακτικά, η μηχανική πολυπλοκότητα και το κόστος ενός μηχανισμού που θα επέτρεπε την κίνηση των πλαισίων σύμφωνα με τον παραπάνω τρόπο, καθιστά εξαιρετικά δύσκολη και δαπανηρή την εφαρμογή του σε κτηριακά Φ/Β συστήματα. Έτσι στη πλειονότητα των κτηριακών Φ/Β συστημάτων επιλέγεται σταθερός προσανατολισμός των πλαισίων, ώστε να επιτυγχάνεται μέση ετήσια γωνία πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας όσο το δυνατό πιο κοντά στις 90° . Η επίτευξη αυτού του στόχου έγκειται στην σωστή επιλογή της κλίσης και της αζιμούθιας γωνίας του πλαισίου. Η κλίση του πλαισίου εκφράζεται με τη γωνία που σχηματίζεται ανάμεσα στο επίπεδο της επιφάνειας του Φ/Β πλαισίου και το οριζόντιο επίπεδο, ενώ η αζιμούθια γωνία σχηματίζεται πάνω στο οριζόντιο επίπεδο ανάμεσα στην προβολή της κεκλιμένης πλευράς του πλαισίου και τον τοπικό μεσημβρινό βορρά-νότου.



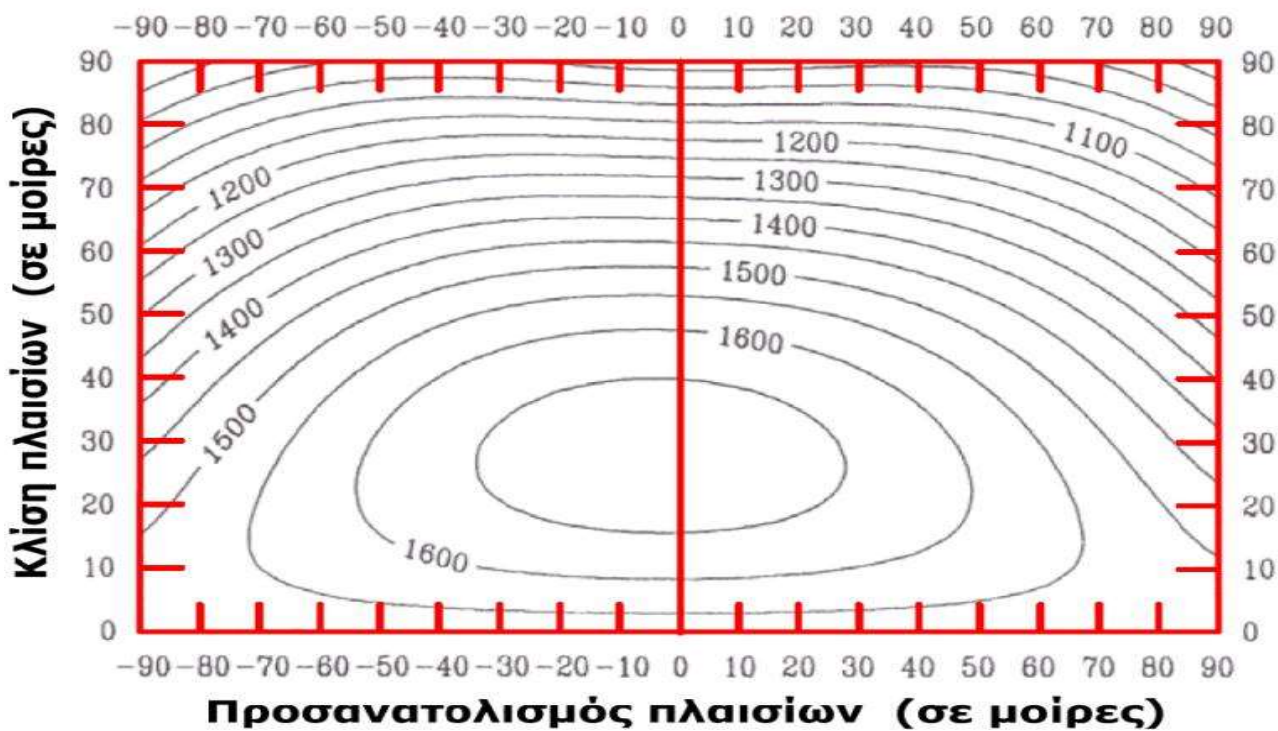
2.3.1 Γραφική απεικόνιση της κλίσης και της αζιμούθιας γωνίας ενός Φ/Β πλαισίου που βρίσκεται στο Βόρειο ημισφαίριο

Για το βόρειο ημισφαίριο η βέλτιστη κλίση του Φ/Β πλαισίου για τη μέγιστη παραγωγή καθ' όλη τη διάρκεια του έτους είναι ίση με τη γεωγραφική παράλληλο του τόπου και η αζιμούθια γωνία είναι περίπου 0° (κατεύθυνση προς νότο). Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι στην Ελλάδα η μεγιστοποίηση της συνολικής ετήσιας ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει σε 90° επιφάνεια σταθερής κλίσης, επιτυγχάνεται για Νότιο προσανατολισμό και κλίση περί των 30° . Δεδομένου ότι στην περίπτωση των κτηριακών Φ/Β εγκαταστάσεων οι βέλτιστες τιμές κλίσης και προσανατολισμού της Φ/Β συστοιχίας μπορεί να μην είναι ανέφικτες (λόγω των περιορισμών που προκύπτουν από τις δεδομένες διαθέσιμες επιφάνειες του κτηρίου), θα πρέπει να γίνει εκτίμηση της ηλιακής ακτινοβολίας στην επιφάνεια στην οποία πρόκειται να εγκατασταθεί η Φ/Β συστοιχία. Η μείωση της ετήσιας ηλιακής ακτινοβολίας (στην επιφάνεια της Φ/Β συστοιχίας) συγκριτικά με τη μέγιστη θεωρητική της τιμή (βέλτιστες τιμές κλίσης και προσανατολισμού) συνιστάται να μην υπερβαίνει το 10% προκειμένου να μεγιστοποιούνται τα οικονομικά οφέλη του ανεξάρτητου παραγωγού. Λαμβάνοντας υπόψη τους περιορισμούς που προκύπτουν από τις διαθέσιμες επιφάνειες των κτηρίων, προτιμώνται γενικά επιφάνειες νότιου προσανατολισμού με απόκλιση έως 70° από την κατεύθυνση του Νότου, και κλίσης στο εύρος 0° - 50° . Σημειώνεται ότι η χρήση γωνιών κλίσης άνω

των 10°-15° διευκολύνει τον αυτοκαθαρισμό των πλαισίων από σωματίδια σκόνης και άλλους ρύπους μέσω της βροχής.

 Προσανατολισμός	Κλίση ως προς το οριζόντιο επίπεδο		
	 30°	 0°	 90°
Ανατολικός - Δυτικός	85% kWh _(max)	90% kWh _(max)	50% kWh _(max)
Νότιοανατολικός - Δυτικός	95% kWh _(max)	90% kWh _(max)	60% kWh _(max)
Νότιος	kWh_(max)	90% kWh _(max)	60% kWh _(max)
Βόρειοανατολικός - Δυτικός	95% kWh _(max)	90% kWh _(max)	30% kWh _(max)
Βόρειος	60% kWh _(max)	90% kWh _(max)	20% kWh _(max)

Ηλιακή ακτινοβολία (kWh/m²)



2.3.2 Ποσοστά (πάνω) και τιμές(κάτω) μεταβολής της ηλιακής ακτινοβολίας με την κλίση και τον προσανατολισμό των πλαισίων.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν το βαθμό απόδοσης των φωτοβολταϊκών στοιχείων είναι:

Γήρανση

• Η απόδοση ενός ΦΒ στοιχείου μειώνεται σταδιακά με το πέρασμα του χρόνου, λόγω της αλλοίωσης των υλικών κατασκευής του. Παρόλα αυτά οι πλείστοι κατασκευαστές προσφέρουν εγγυήσεις που καθορίζουν το μέγιστο ποσοστό μείωσης της απόδοσης των ΦΒ πλαισίων τους, μετά από 20 ή 25 χρόνια λειτουργίας. Πιο συχνή εγγύηση είναι ότι η απόδοση ενός ΦΒ πλαισίου θα είναι ίση τουλάχιστον με το 85% της αρχικής απόδοσης του μετά από 25 χρόνια λειτουργίας

Σκίαση των πλαισίων

Η σκίαση επηρεάζει σημαντικά την απόδοση των ΦΒ πλαισίων, ακόμα και μια μικρή σκίαση μπορεί να μειώσει την απόδοση του συστήματος έως και 80%. Απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στην επιλογή του χώρου εγκατάστασης των ΦΒ πλαισίων και στον τρόπο τοποθέτησης τους, έτσι ώστε να αποφεύγεται οποιαδήποτε σκίαση, κυρίως κατά τις ώρες 9.00 π.μ. με 3.00 μ.μ. Ανεπιθύμητη σκίαση μπορούμε να έχουμε από γειτονικά κτίρια, δέντρα, περιτοιχίσματα, αντένες κ.τ.λ. αλλά και από την μπροστινή σειρά ΦΒ πλαισίων όταν τα πλαίσια τοποθετηθούν σε οριζόντιο επίπεδο σε παράλληλες σειρές.

Αύξηση της θερμοκρασίας

Η αύξηση της θερμοκρασίας των ΦΒ πλαισίων αποτελεί τον βασικότερο παράγοντα μείωσης της απόδοσης του συστήματος. Στις τεχνικές προδιαγραφές των ΦΒ πλαισίων, η απόδοση τους δίνεται σε θερμοκρασία 25 °C (Standard Test Conditions). Η μείωση αυτή καθορίζεται από τον συντελεστή θερμοκρασίας των ΦΒ πλαισίων που αναφέρεται στις τεχνικές προδιαγραφές του κάθε κατασκευαστή, σύμφωνα με τον οποίο στα περισσότερα πλαίσια η απόδοση τους μειώνεται γύρω στα 0.4-0.45%, από την κανονική τιμή, για κάθε 1°C αύξηση της θερμοκρασίας πάνω από τους 25 °C.

Ρύπανση της επιφάνειας των πλαισίων

Η ύπαρξη σκόνης, φύλλων, απορριμμάτων πουλιών και άλλων ακαθαρσιών στην επιφάνεια ενός ΦΒ πλαισίου προκαλεί ορισμένη μείωση στην απόδοση του γι' αυτό χρειάζεται ένας περιοδικός καθαρισμός της επιφάνειας των πλαισίων.

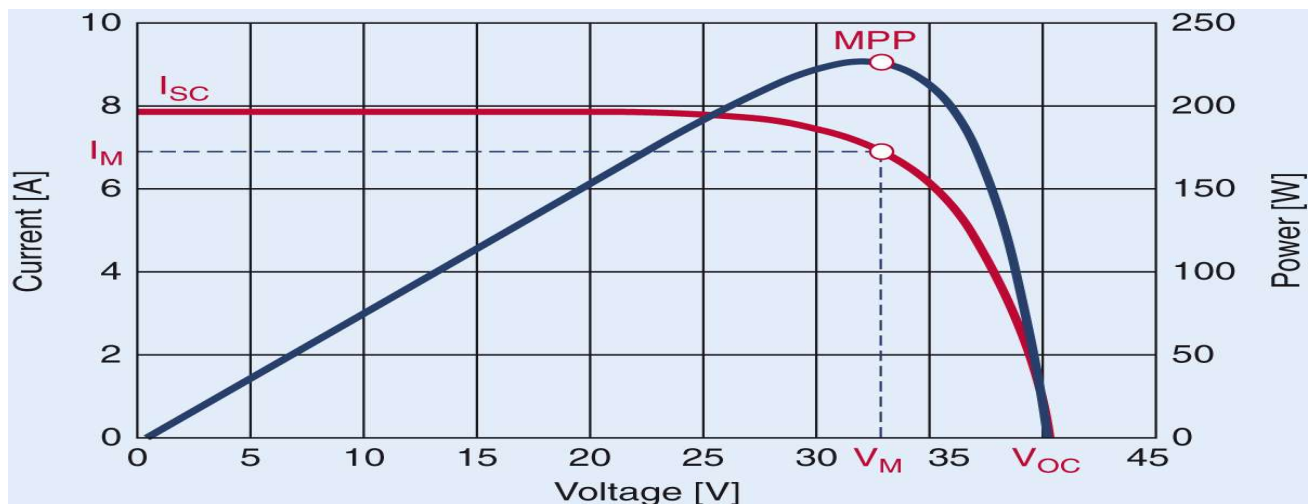
Ταχύτητα και κατεύθυνση ανέμου

Η ταχύτητα του ανέμου, μπορεί να παίζει σημαντικό ρόλο στον καθορισμό της θερμοκρασίας του φωτοβολταϊκού πλαισίου καθότι μεγάλες ταχύτητες, έχουν ως αποτέλεσμα χαμηλότερες θερμοκρασίες λειτουργίας του. Όταν οι άνεμοι είναι ψυχροί, τα φωτοβολταϊκά πλαίσια λειτουργούν σε χαμηλότερες θερμοκρασίες σε σχέση με αυτές που θα λειτουργούσαν εάν υπήρχε άπνοια, υπό τα ίδια ποσοστά της προσπίπτουσας ακτινοβολίας

2.4 Χαρακτηριστικές καμπύλες των φωτοβολταϊκών στοιχείων

Παρακάτω θα εξετάσουμε τις βασικές χαρακτηριστικές καμπύλες των φωτοβολταϊκών στοιχείων. Οι καμπύλες αυτές εκφράζουν τις σχέσεις μεταξύ της τάσεως και ρεύματος συναρτήσει της αποδιδόμενης ισχύος, τις διαφορετικές ακτινοβολίες και διαφορετικές θερμοκρασίες περιβάλλοντος.

-Χαρακτηριστική καμπύλη I-V



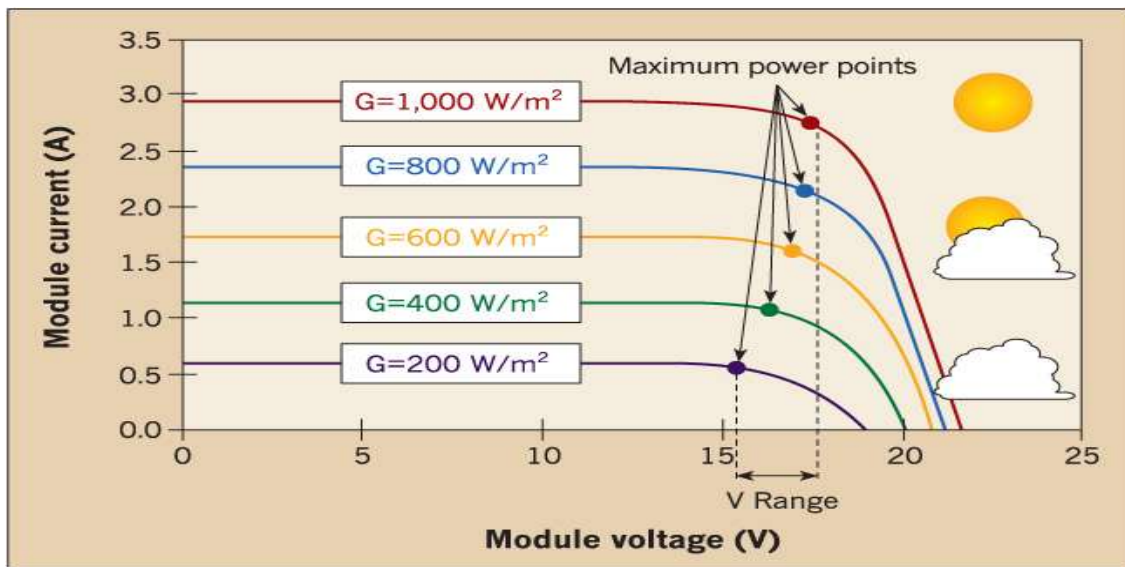
2.4.1 Χαρακτηριστική καμπύλη I-V

Τα χαρακτηριστικά σημεία στη παραπάνω καμπύλη είναι τρία:

- **Σημείο ανοιχτού κυκλώματος**
Στην κατάσταση αυτή, το φ/β κελί (ή πάνελ) έχει τα άκρα του ανοιχτοκυκλωμένα. Η τάση που επικρατεί στα άκρα του είναι η τάση ανοιχτού κυκλώματος V_{oc} . Στην κατάσταση αυτή το ρεύμα και η ισχύς προς το δίκτυο είναι μηδενικά
- **Σημείο βραχυκύκλωσης**
Στην κατάσταση αυτή, το φ/β κελί (ή πάνελ) έχει τα άκρα του βραχυκυκλωμένα. Το ρεύμα που διαρρέει το κύκλωμα είναι το ρεύμα βραχυκύκλωσης I_{sc} . Στην κατάσταση αυτή η τάση και η ισχύς προς το δίκτυο είναι μηδενικά
- **Σημείο μέγιστης παραγωγής ισχύος (MPP)**
Στην κατάσταση αυτή, το φ/β κελί (ή πάνελ) παράγει τη μέγιστη δυνατή ισχύ σε συγκεκριμένες συνθήκες. Το ρεύμα που διαρρέει το κύκλωμα είναι το I_{mpp} και τη τάση στα άκρα του είναι η V_{mpp} . Η ισχύς προς το δίκτυο είναι P_{mpp} . Οι καμπύλες αυτές δίνονται για συγκεκριμένες συνθήκες δοκιμών, γνωστές ως STC (Standard Test Conditions), οι οποίες αντιστοιχούν σε ένταση ακτινοβολίας $1000W/m^2$, θερμοκρασία κελιού $25^\circ C$ και μάζα αέρα 1,5 (παράμετρος που σχετίζεται με τη διαδρομή της ηλιακής ακτινοβολίας διαμέσου της ατμόσφαιρας). Πολλές φορές δίνονται οι καμπύλες και σε συνθήκες NOCT (Normal Operating Cell Temperature), δηλαδή σε κατάσταση λειτουργίας των

κελιών σε κανονική θερμοκρασία κελιού. Οι συνθήκες αυτές αντιστοιχούν σε ένταση ακτινοβολίας 800W/m^2 , θερμοκρασία κελιού $45\text{-}48^\circ\text{C}$, θερμοκρασία περιβάλλοντος 20°C , μάζα αέρα 1,5 και ταχύτητα ανέμου 1m/sec . Οι συνθήκες αυτές προσομοιώνουν πιο ρεαλιστικά τη λειτουργία των φ/β κελιών.

-Χαρακτηριστική καμπύλη I-V για διαφορετικές ακτινοβολίες

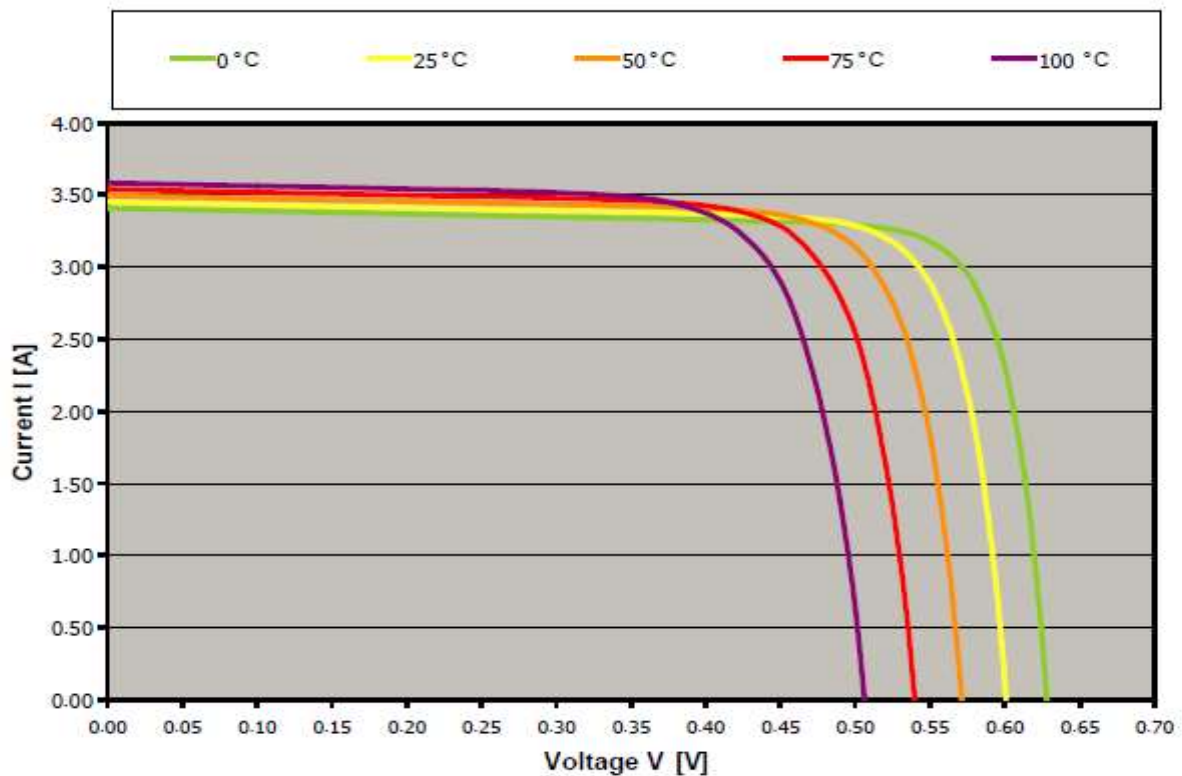


2.4.2 Χαρακτηριστική καμπύλη I-V για διαφορετικές ακτινοβολίες

Η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας και η θερμοκρασία είναι οι βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη παραγωγή ισχύος στα φωτοβολταϊκά πάνελ. Στο παραπάνω διάγραμμα φαίνεται ο τρόπος που μεταβάλλονται οι καμπύλες λειτουργίας στη μεταβολή αυτών των παραγόντων.

Η εντονότερη ηλιακή ακτινοβολία προκαλεί αύξηση του ρεύματος βραχυκύκλωσης και μεγαλύτερη παραγόμενη ισχύ λόγω του υψηλότερου ρεύματος I_{mp} . Η τάση ανοιχτού κυκλώματος και η τάση V_{mp} παραμένει σχεδόν αμετάβλητη.

--Χαρακτηριστική καμπύλη I-V για διαφορετικές θερμοκρασίες περιβάλλοντος



2.4.3 Χαρακτηριστική καμπύλη I-V για διαφορετικές θερμοκρασίες περιβάλλοντος

Η υψηλότερη θερμοκρασία προκαλεί αύξηση της τάσης ανοιχτού κυκλώματος και μικρότερη παραγόμενη ισχύ λόγω της χαμηλότερης τάσης V_{mp} . Το ρεύμα βραχυκύκλωσης και το ρεύμα I_{mp} παραμένουν σχεδόν αμετάβλητα. Επομένως η βέλτιστη λειτουργία ενός φωτοβολταϊκού συστήματος είναι σε ηλιόλουστες ημέρες με χαμηλές θερμοκρασίες.

Η ισχύς ενός φωτοβολταϊκού πάνελ, η οποία προκύπτει από το γινόμενο της τάσης με την ένταση ρεύματος, δεν είναι σταθερή αλλά μεταβάλλεται σε σχέση με την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας και της θερμοκρασίας. Οι κατασκευαστές των πάνελ δίνουν στα τεχνικά φυλλάδια τη μέγιστη ισχύ (Maximum Power Point, MPP) στις πρότυπες συνθήκες ελέγχου (STC). Σε οποιαδήποτε άλλες συνθήκες, η μέγιστη ισχύς μεταβάλλεται και μειώνεται με τη μείωση της ακτινοβολίας και την αύξηση της θερμοκρασίας.

2.5 Ηλεκτρικό ισοδύναμο και τρόποι σύνδεσης των Φωτοβολταϊκών στοιχείων

Όπως είδαμε και παραπάνω, το φωτοβολταϊκό στοιχείο ή πάνελ αποτελείται από φωτοβολταϊκά κελιά τα οποία είναι συνήθως κατασκευασμένα από πυρίτιο. Επειδή η παραγόμενη ισχύς ενός τέτοιου κελιού είναι πολύ μικρή, συνδέονται πολλά τέτοια κελιά σε σειρά για παραγωγή τάσης πολλαπλάσιας του πλήθους τους.



2.5.1 Φωτοβολταϊκό κελί (αριστερά) και φωτοβολταϊκό στοιχείο ή πάνελ (δεξιά)

Αν η τάση που παράγει ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο δεν επαρκεί για την εφαρμογή που μελετάται, τότε συνδέονται όσα πλαίσια σε σειρά απαιτούνται ώστε να προκύψει η επιθυμητή τάση στην έξοδο της διάταξης. Το σύνολο αυτών των φωτοβολταϊκών στοιχείων, αποτελούν μια φωτοβολταϊκή συστοιχία.

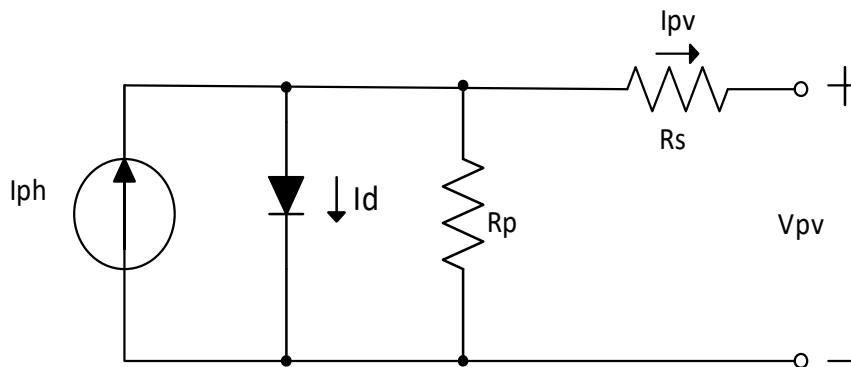


2.5.2 Φωτοβολταϊκή Συστοιχία

Προτού εξετάσουμε αναλυτικά τους τρόπους σύνδεσης των φωτοβολταϊκών στοιχείων και τα αποτελέσματα αυτών, θα πρέπει να αναλύσουμε τη λειτουργία του φωτοβολταϊκού κελιού με τη βοήθεια του ισοδύναμου ηλεκτρικού κυκλώματος ενός τέτοιου κελιού.

-Ηλεκτρικό ισοδύναμο κύκλωμα Φωτοβολταϊκού κελιού

Για να κατανοηθεί η ηλεκτρική συμπεριφορά των φωτοβολταϊκών κελιών, είναι χρήσιμο να δημιουργηθεί ένα πρότυπο το οποίο είναι ηλεκτρικά ισοδύναμο, και βασίζεται σε διακριτά ηλεκτρικά στοιχεία των οποίων η συμπεριφορά είναι γνωστή. Ένα ιδανικό ηλεκτρικό κύκλωμα μπορεί να διαμορφωθεί από μια πηγή ρεύματος παράλληλα με μια δίοδο. Στην πράξη καμία ηλιακή κυψέλη δεν είναι ιδανική, έτσι, μια παράλληλη αντίσταση και μια αντίσταση σε σειρά προστίθενται στο μοντέλο.



2.5.3 Ισοδύναμο κύκλωμα φωτοβολταϊκού κελιού

- Η αντίσταση R_s εκφράζει τη πτώση τάσης που προκύπτει εντός της διάταξης, όταν αυτή διαρρέεται από ρεύμα. Η ισοδύναμη αντίσταση σειράς είναι αντιστρόφως ανάλογη της επιφάνειας του φωτοβολταϊκού στοιχείου.
- Η παράλληλη αντίσταση R_p μοντελοποιεί τα ρεύματα διαρροής της διόδου p-n κάθε φωτοβολταϊκού στοιχείου.
- Το ρεύμα I_{ph} που παράγεται από τη πηγή ρεύματος που είναι συνδεδεμένη παράλληλα με τη δίοδο, είναι το φωτόρευμα που παράγεται σε κάποια πρότυπη συνθήκη λειτουργίας

Οι παράμετροι των φωτοβολταϊκών πλαισίων που δίνονται στα τεχνικά χαρακτηριστικά αναφέρονται σε **Standard Test Conditions (STC)**.

Οι **STC** αντιστοιχούν:

- Ισχύ ηλιακής ακτινοβολίας : $G_n=1000\text{W/m}^2$
- Θερμοκρασία φωτοβολταϊκού πλαισίου (πλάτης) : $T_n=25^\circ\text{C}$.
- $AM=1,5$ (δίνει πληροφορία για το φάσμα της προσπίπτουσας ακτινοβολίας στο φωτοβολταϊκό πλαίσιο)

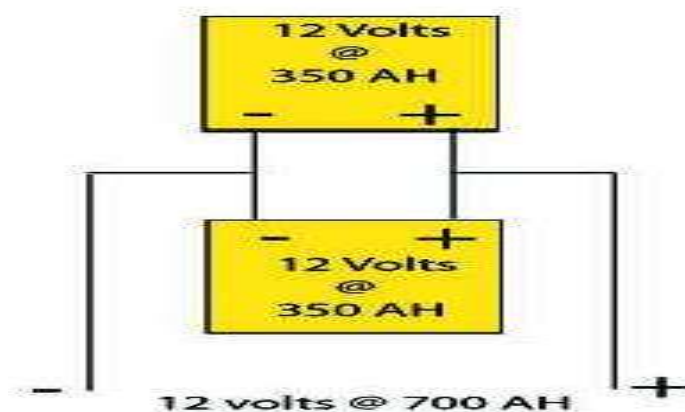
-Τρόποι σύνδεσης των φωτοβολταϊκών στοιχείων

Τα ηλιακά κελιά χρησιμοποιούνται σπάνια μόνα τους. Συνήθως, κελιά με τα ίδια χαρακτηριστικά συνδέονται ηλεκτρικά μεταξύ τους ώστε να προκύψει μεγαλύτερη ισχύς με τη μορφή ενός φωτοβολταϊκού πάνελ. Τα πάνελ στη συνέχεια συνδυάζονται μεταξύ τους ώστε να προκύψουν οι φωτοβολταϊκές συστοιχίες.

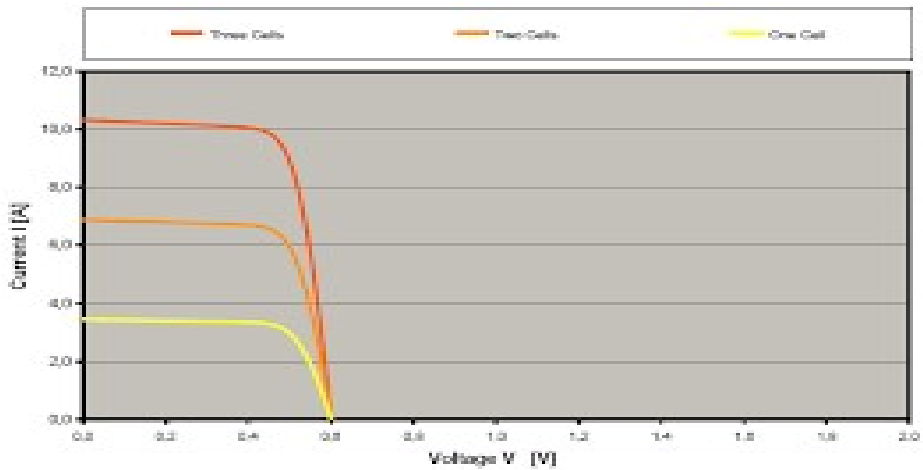
Τα ηλιακά κελιά μπορούν να συνδεθούν σε σειρά ή παράλληλα ή και σε μεικτή συνδεσμολογία.

Παράλληλη σύνδεση κελιών

Η παράλληλη σύνδεση κελιών αυξάνει την ένταση ρεύματος, όπως φαίνεται και το παρακάτω σχήμα:



Η τάση στα άκρα του συνδυασμού παραμένει η ίδια με την τάση του κάθε κελιού. Έτσι η χαρακτηριστική ρεύματος-τάσης του συνδυασμού προκύπτει από την άθροιση των τιμών ρεύματος για την ίδια τιμή τάσης, όπως για παράδειγμα φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:

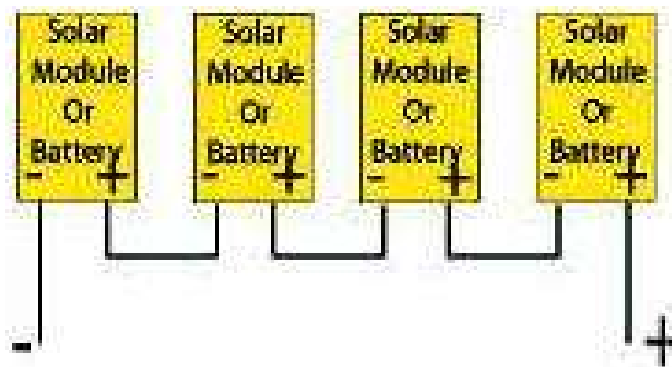


2.5.5 Παράδειγμα χαρακτηριστικής I-V για παράλληλη σύνδεση κελιών

Η παράλληλη σύνδεση κελιών δεν χρησιμοποιείται συνήθως καθώς η μεγαλύτερη ένταση ρεύματος απαιτεί και μεγαλύτερες διατομές αγωγών, ενώ και οι απώλειες αυξάνονται με τη μείωση της τάσης. Για τους παραπάνω λόγους, η σύνδεση των κελιών γίνεται συνήθως εν σειρά.

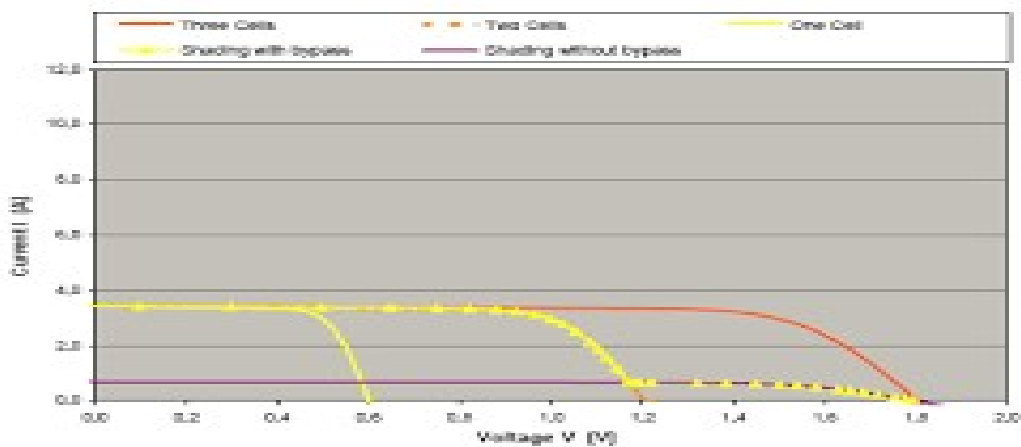
Σύνδεση κελιών σε σειρά

Στη σύνδεση κελιών σε σειρά υπάρχει η ίδια ροή ρεύματος ανά κελί ενώ η τάση είναι ίση με το άθροισμα των τάσεων των κελιών, όπως προκύπτει και από το παρακάτω σχήμα:



2.5.6 Σύνδεση κελιών σε σειρά

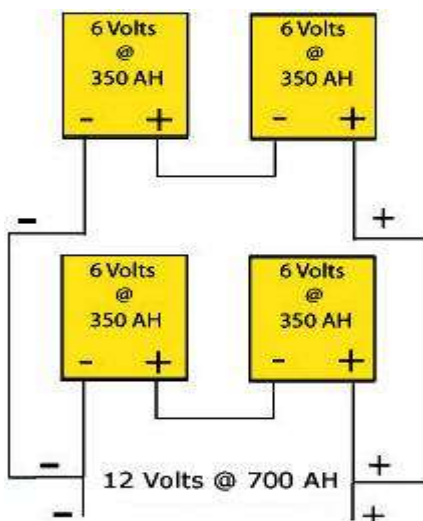
Αντίστοιχα, η χαρακτηριστική ρεύματος-τάσης του συνδυασμού προκύπτει από το άθροισμα των τιμών τάσεων των κελιών για την ίδια τιμή έντασης ρεύματος, όπως για παράδειγμα φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



2.5.7 Παράδειγμα χαρακτηριστικής I-V για εν σειρά σύνδεση κελιών

Μεικτή σύνδεση κελιών σε σειρά και παράλληλα

Σε ένα κύκλωμα, είναι δυνατόν να έχουμε συνδυασμό των δυο παραπάνω τρόπων σύνδεσης, ανάλογα με τα μεγέθη (τάση – ρεύμα) που θέλουμε να πετύχουμε.



2.5.8 Μεικτή σύνδεση κελιών

2.6 Το φαινόμενο της νησιδοποίησης

Με τον όρο “νησιδοποίηση” ορίζεται μια μη επιθυμητή κατάσταση κατά την οποία ένα τμήμα του ηλεκτρικού δικτύου, όπου εμπεριέχονται τόσο ηλεκτρικά φορτία όσο και μονάδες διεσπαρμένης παραγωγής, παραμένει ηλεκτροδοτημένο, λόγω των παραπάνω μονάδων, παρότι το υπόλοιπο ηλεκτρικό δίκτυο είναι ανενεργό.

Αιτίες εμφάνισης αυτού του φαινομένου μπορεί να είναι η ηθελημένη αποσύνδεση ενός μέρους του δικτύου από τα μέσα προστασίας αυτού εξαιτίας της ανίχνευσης κάποιου σφάλματος, η προγραμματισμένη διακοπή του δικτύου για λόγους συντήρησης, η διακοπή της ηλεκτροδότησης λόγω εξωγενών περιβαλλοντικών αιτιών, η πιθανή αστοχία ενός μέρους του εξοπλισμού του Σ.Η.Ε. αλλά και το ανθρώπινο λάθος.

Η ανίχνευση του «φαινομένου νησίδας», αποτελεί ένα από τα βασικά κριτήρια που πρέπει να ικανοποιούνται προκειμένου να επιτραπεί η σύνδεση ενός κτηριακού Φ/Β συστήματος στο Ελληνικό ΣΗΕ, όπως εν γένει και των υπολοίπων διεσπαρμένων πηγών ενέργειας. Οι λόγοι που επιβάλλουν την ανίχνευση αυτών των καταστάσεων έγκειται στη διασφάλιση υψηλής ποιότητας παρεχόμενης ενέργειας στους καταναλωτές και κυρίως η ασφάλεια εγκαταστάσεων και προσώπων.

Αναλυτικότερα, σε περιπτώσεις προγραμματισμένης συντήρησης, ενώ οι Διαχειριστές Δικτύου θέτουν ηθελημένα εκτός λειτουργίας τμήματα του ηλεκτρικού συστήματος για να τελεστούν οι εργασίες συντήρησης, η ενδεχόμενη ηλεκτροδότηση αυτού του τμήματος από διεσπαρμένες πηγές ενέργειας (λόγω αδυναμίας ανίχνευσης της διακοπής), θέτει σε κίνδυνο το προσωπικό που διενεργεί τις απαραίτητες εργασίες. Επιπρόσθετα, εάν οι προστασίες ενός Σ.Η.Ε. ανοίξουν τους διακόπτες προστασίας μιας γραμμής (λόγω ανίχνευσης τυχαίων σφαλμάτων, πιθανής βλάβης του εξοπλισμού, εξωγενών περιβαλλοντικών αιτιών, ανθρώπινων λαθών χειρισμού κ.λ.π.), και δεν καταστεί εφικτό οι διεσπαρμένες πηγές να εντοπίσουν τη διακοπή της ηλεκτροδότησης, θα συνεχίσουν να τροφοδοτούν τα φορτία που είναι συνδεδεμένα στην ίδια με αυτές γραμμή.

Το γεγονός αυτό μπορεί να επιφέρει δύο πολύ σημαντικά προβλήματα:

α) Κατά το χρονικό διάστημα της διακοπής, στο κομμάτι της γραμμής που τέθηκε εκτός λειτουργίας δεν υφίσταται κάποιος κεντρικός έλεγχος της συχνότητας και της τάσης, γεγονός που μπορεί να προκαλέσει σοβαρές ζημιές στους υπόλοιπους συνδεδεμένους χρήστες σε περίπτωση που οι διεσπαρμένες πηγές δε μπορέσουν να τροφοδοτήσουν τα φορτία με τα απαραίτητα ποσά ενεργού και άεργου ισχύος.

β) Στην περίπτωση που οι διεσπαρμένες μονάδες παραγωγής μπορέσουν να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις των φορτίων, όταν οι διακόπτες των συστημάτων προστασίας επανασυνδέσουν την εν λόγω γραμμή στο κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο ενδέχεται να υπάρξουν σημαντικές διαφορές μεταξύ της τάσης στους ακροδέκτες των διεσπαρμένων πηγών και αυτής του υπολοίπου Σ.Η.Ε. (διαφορά φάσης και πλάτους, απώλεια συγχρονισμού με το κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο) Οι διαφορές αυτές είναι δυνατό να έχουν καταστροφικές συνέπειες τόσο στην ίδια την εγκατάσταση όσο στους υπόλοιπους συνδεδεμένους καταναλωτές.

Οι αντιστροφείς των κτηριακών φωτοβολταϊκών συστημάτων θα πρέπει να διαθέτουν προστασία έναντι νησιδοποίησης κατά VDE 0126-1-1 ή ισοδύναμης μεθόδου κατά IEC 62116. Στην περίπτωση ανίχνευσης απομονωμένης λειτουργίας (ανεξαρτήτως της χρησιμοποιούμενης μεθόδου), η απόξεση των Φ/Β μονάδων από το ηλεκτρικό δίκτυο πρέπει να γίνεται σε χρονικό διάστημα μικρότερο του ενός δευτερολέπτου (απαιτούμενος χρόνος εκκαθάρισης τυχαίων μη σοβαρών σφαλμάτων), έτσι ώστε να ελαχιστοποιούνται οι συνέπειες που μπορούν να προκληθούν από ενδεχόμενη ταχεία επαναφορά της τάσης του δικτύου.

Κεφάλαιο 3^ο

3.1 Στάδια προμελέτης της εγκατάστασης

Στο σημείο αυτό θα αναφερθούμε στα στάδια της προμελέτης της εγκατάστασης τα οποία περιλαμβάνουν τα παρακάτω:

-Χωροθέτηση των φωτοβολταϊκών πλαισίων

Η εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών σε δώμα υστερεί από την εγκατάσταση σε στέγη διότι υπάρχουν πολλοί παράγοντες που μπορεί να επηρεάσουν τα οφέλιμα τετραγωνικά του συστήματος με αποτέλεσμα το σύστημα να μη μπορεί να μας αποδώσει την απαραίτητη ισχύ.

Για παράδειγμα αν χρησιμοποιήσουμε φωτοβολταϊκά πάνελ με ισχύ 280Wp (το καθένα) , με διαστάσεις 2,00m x 1,00m για να υλοποιήσουμε ένα σύστημα ισχύος 10Kwp , θα χρειαζόμασταν 36 περίπου πάνελ με συνολική επιφάνεια περίπου 70m². Σε μια στέγη με επιφάνεια 80m²-90m² θα μπορούσαμε κάλλιστα να εγκαταστήσουμε το σύστημα μας. Εάν όμως η ίδια εγκατάσταση έπρεπε να γίνει σε ένα δώμα με τα ίδια τετραγωνικά ή και περισσότερα, είναι πιθανό να μη μπορούσε να γίνει λόγω των περιορισμών που υπάρχουν στις εγκαταστάσεις σε δώματα.

Όπως έχουμε αναφέρει και στο προηγούμενο κεφάλαιο , για να έχουμε τη μέγιστη απόδοση ενός φωτοβολταϊκού πάνελ θα πρέπει να μη σκιάζεται. Σε ένα δώμα υπάρχουν διάφορα αντικείμενα που θα μπορούσαν να δημιουργήσουν σκιές και να μας περιορίσουν τα οφέλιμα τετραγωνικά.

Για παράδειγμα σκιές δημιουργούν:

- Η απόληξη του δώματος.
- Οι κεραίες της τηλεόρασης.
- Οι ηλιακοί θερμοσίφωνες.
- Τα καλώδια της ΔΕΗ.
- Τα κάγκελα ή το στηθαίο.
- Γειτονικά κτίρια ή δέντρα.
- Το μηχανοστάσιο του ανελκυστήρα.
- Οι εξωτερικές μονάδες των κλιματιστικών συσκευών.
- Ανέγερση γειτονικών κτιρίων μελλοντικά.
- Φωταγωγοί.

Εκτός από τα παραπάνω, σκίαση δημιουργούν και τα ίδια τα φωτοβολταϊκά πάνελ (οι μπροστά συστοιχίες σκιάζουν τις πίσω συστοιχίες).

Από τα παραπάνω εμπόδια, τους ηλιακούς θερμοσίφωνες και τις κεραιές της τηλεόρασης θα μπορούσαμε να τις μετακινήσουμε σε κάποιον άλλο διαθέσιμο χώρο του δώματος για να μη μας δημιουργούν προβλήματα σκίασης στα πάνελ.

Στη παρακάτω εικόνα φαίνονται τα προβλήματα που δημιουργούν τα εμπόδια σε ένα σύστημα εγκατεστημένο σε δώμα.



3.1.1 Σκίαση από εμπόδια σε φωτοβολταϊκά πάνελ.

Η σκίαση των πάνελ εκτός από τη μείωση της απόδοσης του συστήματος, προκαλεί και επιτάχυνση στη γήρανση του πάνελ.

Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα παραπάνω θα πρέπει να εξετάσουμε διάφορες χωροθετήσεις στα πάνελ για να καταλήξουμε στη βέλτιστη επιλογή η οποία εκτός από αποδοτική, να είναι και οικονομική.

Γενικά, μια σωστή χωροθέτηση σε ένα δώμα θα πρέπει να περιλαμβάνει:

- Τη μεγαλύτερη δυνατή εγκατεστημένη ισχύ, ανάλογα με τα ωφέλιμα τετραγωνικά.
- Αποφυγή σκιάσεων.
- Το καλύτερο δυνατό νότιο προσανατολισμό.



3.1.2 Πάνελ εγκατεστημένα σε δώμα

Στη παραπάνω φωτογραφία βλέπουμε μια εγκατάσταση σε δώμα , είναι φανερό ότι από τα συνολικά τετραγωνικά του δώματος μόνο ένα μέρος τους είναι ωφέλιμο για την εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών πάνελ , τα υπόλοιπα τετραγωνικά παραμένουν ανεκμετάλλευτα.

Υπάρχουν στην αγορά κινητές βάσεις στήριξης των πάνελ οι οποίες ακολουθούν τη πορεία του ήλιου με αποτέλεσμα τα πάνελ να είναι πάντα κάθετα με τις ακτίνες του ηλίου καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας εξασφαλίζοντας μεγαλύτερη απόδοση στο σύστημα. Βέβαια ένα τέτοιο σύστημα είναι αρκετά πιο ακριβό , πιο πολύπλοκο στην εγκατάσταση και πιο «ευαίσθητο» σε βλάβες.

Η στήριξη των πάνελ γίνεται σε μεταλλικές βάσεις από αλουμίνιο (για να αποφεύγεται η οξείδωση) οι οποίες πακτώνονται επάνω στη πλάκα της ταράτσας . Μεγάλη προσοχή θα πρέπει να δοθεί στη αποφυγή εμφάνισης υγρασίας στη πλάκα της ταράτσας. Για το λόγο αυτό θα πρέπει οι οπές που θα ανοιχθούν στη πλάκα για τη στήριξη των βάσεων , να πληρωθούν με κατάλληλο χημικό μονωτικό υλικό.

Αν στην επιφάνεια της ταράτσας έχει εγκατασταθεί μόνωση και δε πρέπει να καταστραφεί με τις οπές , θα μπορούσαμε να φτιάξουμε μια τσιμεντένια βάση (αν δεν υπάρχει πρόβλημα στατικότητας) για να εγκαταστήσουμε τις βάσεις στήριξης.

-Εγκατάσταση του μετατροπέα και ηλεκτρολογικού εξοπλισμού

Μετά τη προμελέτη της χωροθέτησης των πάνελ , θα πρέπει να επιλέξουμε το μέρος που θα τοποθετήσουμε το μετατροπέα.

Ο μετατροπέας και οι πίνακες του συνεχούς και του εναλλασσόμενου ρεύματος θα πρέπει να μην είναι εκτεθειμένοι στον ήλιο , στο νερό και στην υγρασία. Θα πρέπει τοποθετηθούν σε κάποιο στεγασμένο και σκιερό μέρος. Επίσης θα πρέπει να είναι κοντά στα φωτοβολταϊκά πάνελ , για να έχουμε μικρότερο μήκος καλωδίων. Συνήθως σε περιπτώσεις εγκατάστασης σε δώματα, επιλέγετε για την εγκατάσταση του παραπάνω εξοπλισμού η απόληξη του κλιμακοστασίου (αν υπάρχει).

-Όδευση ηλεκτρικών αγωγών

Όλοι οι αγωγοί που θα είναι εκτεθειμένοι στον ήλιο και στη βροχή , θα πρέπει να είναι εντός καναλιού κατάλληλο για τις καιρικές συνθήκες της περιοχής εγκατάστασης. Θα πρέπει η διαδρομή των αγωγών να είναι η συντομότερη και ασφαλέστερη για τεχνο-οικονομικούς λόγους.

Ο αγωγός που θέλει ιδιαίτερη προσοχή κατά την όδευση του , είναι ο αγωγός που θα συνδέσει το πίνακα του εναλλασσόμενου ρεύματος με το μετρητή της ΔΕΗ ο οποίος θα είναι μεγάλης διατομής. Θα πρέπει να επιλέξουμε την ασφαλέστερη και όσο το δυνατόν οικονομικότερη διαδρομή του αγωγού. Γενικά όλες οι ηλεκτρικές εγκαταστάσεις που θα γίνουν θα πρέπει να είναι σύμφωνες με το κανονισμό του ΕΛΟΤ HD 384.

-Γείωση του συστήματος

Αρχικά θα ελέγξουμε-μετρήσουμε την υπάρχουσα γείωση του κτιρίου. Αν η τιμή της δε μας καλύπτει θα πρέπει να κατασκευάσουμε μια νέα γείωση σε κάποιο διαθέσιμο χώρο του οικοπέδου. Θα ελέγξουμε και εδώ τη διαδρομή των αγωγών προστασίας για να εξασφαλίσουμε ισοδυναμική σύνδεση όλων των μεταλλικών στοιχείων της εγκατάστασης.

Όλα τα παραπάνω στοιχεία καταγράφονται λεπτομερώς και αναλυτικά σε ειδικό φύλλο καταγραφής και με βάση αυτό , συντάσσεται η οικονομοτεχνική προσφορά.

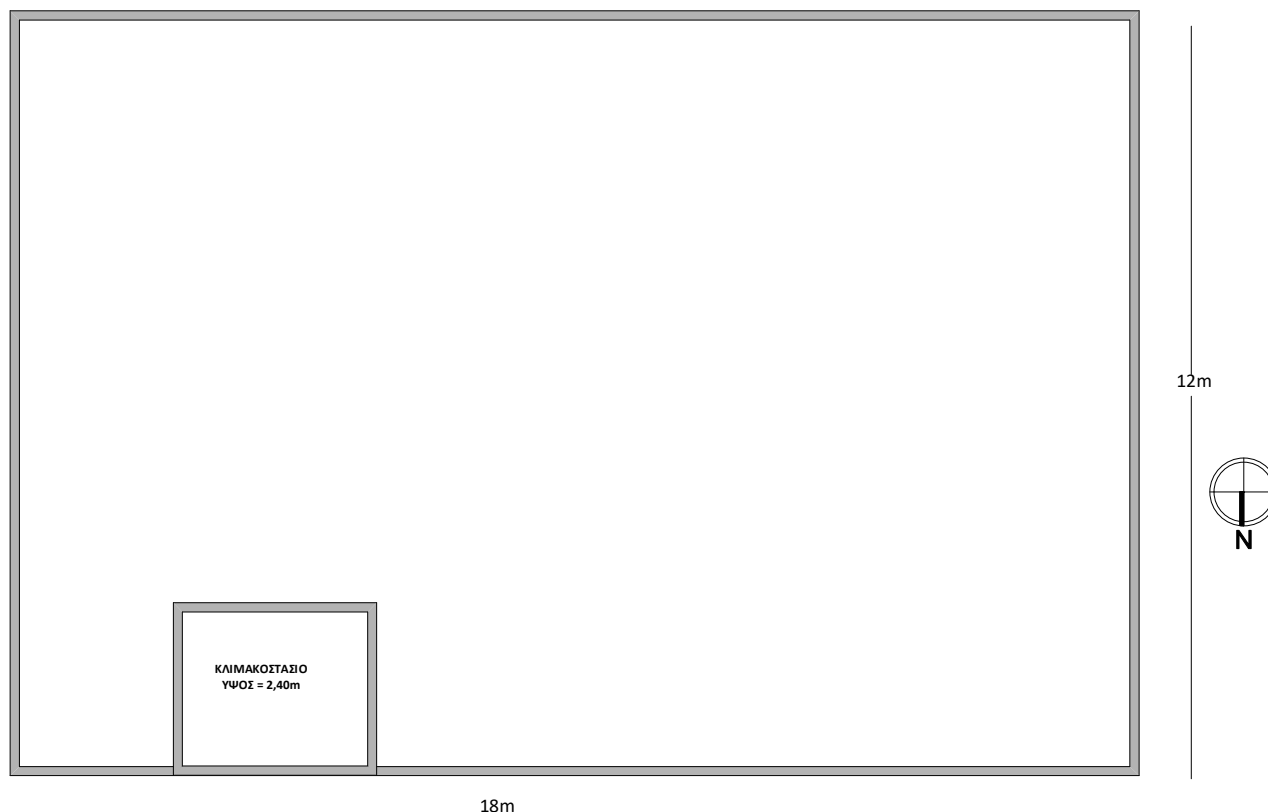
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ:			
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ/ΠΟΛΗ:			
ΟΝΟΜΑ ΙΔΙΟΚΤΗΤΗ:			
ΤΗΛΕΦΩΝΟ:			
EMAIL:			
ΙΔΙΩΤΗΣ:			
ΜΙΚΡΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ:			
ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗ ΣΤΕΓΗ:			
ΠΑΡΑΚΑΛΩ ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΤΕ ΟΛΕΣ ΤΙΣ ΠΑΡΑΚΑΤΩ ΓΡΑΜΜΕΣ			
ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΑ ΚΤΙΡΙΑ ΠΟΥ ΜΠΟΡΕΙ ΝΑ ΕΠΗΡΕΑΣΟΥΝ ΤΗΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ; ΤΟ ΚΤΙΡΙΟ ΒΡΙΣΚΕΤΑΙ ΣΕ ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΟ ΟΙΚΙΣΜΟ Ή ΕΙΝΑΙ ΔΙΑΤΗΡΗΤΕΟ; ΥΠΑΡΧΕΙ ΑΠΟΔΕΙΚΤΙΚΟ ΚΥΡΙΟΤΗΤΑΣ ΚΤΙΡΙΟΥ; ΥΠΑΡΧΕΙ ΕΝΕΡΓΟΣ ΜΕΤΡΗΤΗΣ ΔΕΗ ΣΤΟ ΚΤΙΡΙΟ; ΕΙΝΑΙ ΑΥΘΑΙΡΕΤΟ ΤΟ ΚΤΙΡΙΟ; ΥΠΑΡΧΕΙ/ΟΥΝ ΗΛΙΑΚΟΙ ΘΕΡΜΟΣΙΦΩΝΕΣ ΣΤΟ ΚΤΙΡΙΟ; ΑΝ ΧΡΕΙΑΣΤΕΙ ΜΠΟΡΕΙ ΝΑ ΜΕΤΑΚΙΝΗΘΕΙ/ΘΟΥΝ;	ΝΑΙ	ΌΧΙ	
ΕΙΔΟΣ ΣΤΕΓΗΣ:			
ΤΑΡΑΤΣΑ	ΝΑΙ	ΌΧΙ	
Αν υπάρχει μόνωση μπορεί να τρυπηθεί;			
Μπορούν να τοποθετηθούν διπλές βάσεις;			
ΚΕΡΑΜΜΟΣΚΕΠΗ			
Κλιση	<input type="text"/>	ΜΟΙΡΕΣ	
ΜΕΤΑΛΛΙΚΗ ΣΤΕΓΗ:			
Κλιση	<input type="text"/>	ΜΟΙΡΕΣ	
ΣΤΕΓΑΣΤΡΟ			
Κλιση	<input type="text"/>	ΜΟΙΡΕΣ	
ΠΟΙΑ ΕΙΝΑΙ Η ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΣΤΕΓΗΣ ΑΠΟ ΤΟ ΜΕΤΡΗΤΗ ΤΗΣ ΔΕΗ;	<input type="text"/>	ΜΕΤΡΑ	
ΣΤΟ ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ Η ΣΤΗ ΚΑΤΟΨΗ ΠΟΥ ΘΑ ΠΡΟΣΚΟΜΙΣΤΕΙ ΘΑ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΥΠΑΡΧΟΥΝ:			
ΟΛΕΣ ΟΙ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ ΠΟΥ ΜΠΟΡΕΙ ΝΑ ΔΕΧΘΕΙ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΠΛΑΙΣΙΑ			
ΝΟΤΟΣ(γωνία ως προς μια πλευρά)			
ΔΩΜΑ(διαστάσεις, ύψος , θέση πόρτας)			
ΚΑΜΙΝΑΔΑ ή ΚΑΜΙΝΑΔΕΣ(διαστάσεις, ύψος, υπάρχει δυνατότητα να χαμηλώσουν)			
ΣΤΗΘΑΙΟ(ύψος, υπάρχει δυνατότητα να χαμηλώσει;)			
ΑΝΑΜΟΝΕΣ (σχεδιάζονται αν δεν μπορούν να λυγίσουν)			
ΓΕΙΤΟΝΙΚΑ ΚΤΙΡΙΑ ΠΟΥ ΣΚΙΑΖΟΥΝ (ύψος και διαστάσεις)			
ΑΚΟΜΑ ΘΑ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΣΤΑΛΟΥΝ ΠΕΝΤΕ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΟΙ ΟΠΟΙΕΣ ΝΑ ΔΕΙΧΝΟΥΝ ΤΟ ΧΩΡΟ ΚΑΙ ΤΟΝ ΟΡΙΖΟΝΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΑΙΡΕΤΙΚΑ ΈΝΑ ΒΙΝΤΕΟ ΤΡΑΒΗΓΜΕΝΟ ΑΠΌ ΤΗΝ ΔΥΣΗ ΕΩΣ ΤΗΝ ΑΝΑΤΟΛΗ.			

3.1.3 Φύλλο καταγραφής στοιχείων εγκατάστασης

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε το πόσο σημαντική είναι η αναλυτική προμελέτη μιας τέτοιας εγκατάστασης , κάποια παράλειψη ή κάποιο λάθος στους υπολογισμούς των παραπάνω σταδίων πιθανό να μας δημιουργήσει δυσκολίες και επιπλοκές στη κατασκευή της εγκατάστασης.

3.2 Περιγραφή του χώρου εγκατάστασης

Η εγκατάσταση θα γίνει στο νομό Αττικής και συγκεκριμένα στο δήμο Βριλησίων. Το δώμα όπως βλέπουμε και στη παρακάτω κάτοψη έχει διαστάσεις $18\text{m} \times 12\text{m} = 216\text{m}^2$.



3.2.1 Κάτοψη δώματος

Όπως φαίνεται και παραπάνω, το συγκεκριμένο δώμα είναι ιδανικό για την εφαρμογή μας μιας και δεν υπάρχουν εμπόδια, δυσκολίες και περιορισμοί στην εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών πάνελ. Το μόνο εμπόδιο που θα μπορούσε να μας δημιουργήσει προβλήματα σκίασης είναι η απόληξη του κλιμακοστασίου, αλλά είναι ασήμαντο. Ακόμα και ο προσανατολισμός είναι ο ιδανικός, νότιος. Να σημειώσουμε ότι η συγκεκριμένη περιοχή είναι αρκετά απομονωμένη, δεν υπάρχουν γειτονικά κτίρια που να δημιουργούν προβλήματα σκιάσεων και ούτε στο μέλλον προβλέπεται να χτιστούν. Ο μόνος περιορισμός που έχουμε είναι το στηθαίο. Το ύψος του είναι 50cm άρα βάσει του κανόνα χωροθέτησης, η πρώτη συστοιχία θα πρέπει να απέχει 1m από το τελείωμα του στηθαίου. Αριστερά της κάτοψης υπάρχει χώρος για τη κατασκευή νέας γείωσης, σε περίπτωση που δε μας καλύπτει η υπάρχουσα.

Τέλος θα χρησιμοποιήσουμε το στεγασμένο χώρο της απόληξης του κλιμακοστασίου, για να εγκαταστήσουμε το μετατροπέα και τους ηλεκτρικούς πίνακες.

3.3 Επιλογή των φωτοβολταϊκών στοιχείων

Η επιλογή του φωτοβολταϊκού στοιχείου, θα πρέπει να γίνει με γνώμονα το υλικό κατασκευής, το βαθμό απόδοσης, την ισχύ, το κόστος και κυρίως τα οφέλη τετραγωνικά του χώρου εγκατάστασης. Αυτή τη στιγμή στην αγορά οι τρεις τύποι φωτοβολταϊκών στοιχείων που χρησιμοποιούνται ευρύτατα, είναι του μονοκρυσταλλικού πυριτίου, του πολυκρυσταλλικού πυριτίου καθώς και του λεπτού υμενίου (thin film).

Ο κάθε τύπος παρουσιάζει διαφορετικά χαρακτηριστικά από τον άλλο τα οποία μεταβάλλουν το κόστος τους.

Τα φωτοβολταϊκά του μονοκρυσταλλικού πυριτίου παρουσιάζουν το μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης που αγγίζει σχεδόν το 20% και καλύτερη σχέση απόδοσης/ επιφάνειας από τους άλλους τύπους αλλά κοστίζουν ακριβιά λόγω της πολυπλοκότητας της κατασκευής τους (κατασκευάζονται από ένα μόνο μεγάλο κομμάτι κρυστάλλου πυριτίου). Έχουν σκούρο μπλε ή μαύρο χρώμα.

Τα φωτοβολταϊκά του πολυκρυσταλλικού πυριτίου παρουσιάζουν βαθμό απόδοσης σχεδόν 16%. Χρησιμοποιούνται περισσότερο από τους άλλους δύο τύπους στοιχείων διότι παρουσιάζουν τη καλύτερη σχέση κόστους-απόδοσης. Είναι πιο οικονομικά από τα μονοκρυσταλλικά διότι κατασκευάζονται από κυψέλες που έχουν κοπεί σε λεπτά τμήματα, από ράβδους λιωμένου και επανακρυσταλλοποιημένου πυριτίου. Έχουν γαλάζιο χρώμα.

Τα φωτοβολταϊκά λεπτού υμενίου παρουσιάζουν το χαμηλότερο βαθμό απόδοσης που φτάνει το 10%. Είναι τα πιο οικονομικά διότι έχουν μικρή περιεκτικότητα σε πυρίτιο. Πλεονεκτούν διότι αποδίδουν καλύτερα σε υψηλές θερμοκρασίες, και σε συννεφιά. Προτιμώνται όταν έχουμε μεγάλο διαθέσιμο χώρο, σκιάσεις και δυσμενή προσανατολισμό.

Τα αποτελέσματα, από τρεις εγκαταστάσεις, με πανομοιότυπες προδιαγραφές (τόπος εγκατάστασης, προσανατολισμός, απόδοση ισχύος), αλλά με τρεις διαφορετικούς τύπους πάνελ (μονοκρυσταλλικά, πολυκρυσταλλικά και thin film) αναδεικνύουν, στην πράξη τις ονομαστικές διαφορές των χαρακτηριστικών τους, όπως τα περιγράψαμε παραπάνω. Για παράδειγμα, η ετήσια απόδοση σε kWh και για τους τρεις τύπους δεν παρουσιάζει καθοριστικές διαφορές. Η ουσιαστική διαφοροποίηση βρίσκεται μόνο στα απαιτούμενα τετραγωνικά μέτρα για την τοποθέτηση των πάνελ, και μόνο για μία από τις τρεις κατηγορίες.

Σα συμπέρασμα μπορούμε να πούμε ότι οι αποδόσεις είναι λίγο ως πολύ ίδιες και τα κόστη επίσης. Άρα, η επιλογή φωτοβολταϊκών πάνελ έχει να κάνει κατά κύριο λόγο με τις ιδιαιτερότητες της κάθε μιας εγκατάστασης ξεχωριστά και, όταν λέμε ιδιαιτερότητες, εννοούμε τον τόπο εγκατάστασης, το διαθέσιμο χώρο, τον προσανατολισμό και την κλίση της και ίσως και με την προσωπική χρωματική επιλογή (μαύρου ή μπλε χρώματος)

Για τη δική μας εγκατάσταση θα χρησιμοποιήσουμε πάνελ από πολυκρυσταλλικό πυρίτιο της εταιρείας SUNTECH και συγκεκριμένα το μοντέλο STP 280-24Vd.

Η εταιρεία SUNTECH με πείρα άνω των 16 ετών στη κατασκευή φωτοβολταϊκών πάνελ αποτελεί μια οικονομική και αξιόπιστη λύση για την εγκατάσταση μας.

Η ισχύς του κάθε πάνελ είναι 280Watt ,άρα θα χρειαστούμε $10.000\text{Watt}/280\text{Watt}= 36\text{τεμ.}(10,08\text{Kw})$

Παρακάτω βλέπουμε τα ηλεκτρικά , τα μηχανικά και τα θερμοκρασιακά χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου πάνελ καθώς και τη καμπύλη ρεύματος τάσης & ισχύος:

-Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά

STC(πρότυπες συνθήκες δοκιμών)³ STP280-24/Vd

- Βέλτιστη τάση λειτουργίας (V_{mp}): 35,2V
- Βέλτιστο Ρεύμα Λειτουργίας (I_{mp}): 7,95A
- Τάση Ανοιχτού Κυκλώματος (V_{oc}): 44,8V
- Ρεύμα Βραχυκύκλωσης (I_{sc}): 8,33A
- Μέγιστη Ισχύς σε συνθήκες STC (P_{max}): 280Wp
- Απόδοση ΦΒ πλαισίου: 14,4%
- Θερμοκρασία Λειτουργίας Πλαισίου: -40C έως +85°C
- Μέγιστη τάση συστήματος: 1000VDC(IEC)
- Μέγιστο ρεύμα ασφαλειών σειράς: 20A
- Ανοχή Ισχύος: 0/+5%

NOCT⁴ STP280-24/Vd

- Μέγιστη ισχύς σε NOCT (P_{max}): 204W
- Βέλτιστη τάση λειτουργίας (V_{mp}): 32V
- Βέλτιστο ρεύμα λειτουργίας (I_{mp}): 6,39A
- Τάση ανοιχτού κυκλώματος (V_{oc}): 40,8V
- Ρεύμα βραχυκύκλωσης (I_{sc}): 6,74A

³ Ένταση ακτινοβολίας 1000W/m², θερμοκρασία πλαισίου 25oC, AM=1,5

⁴ Ένταση ακτινοβολίας 800W/m², θερμοκρασία πλαισίου 20oC, AM=1,5, Ταχύτητα ανέμου 1m/s

-Μηχανικά χαρακτηριστικά

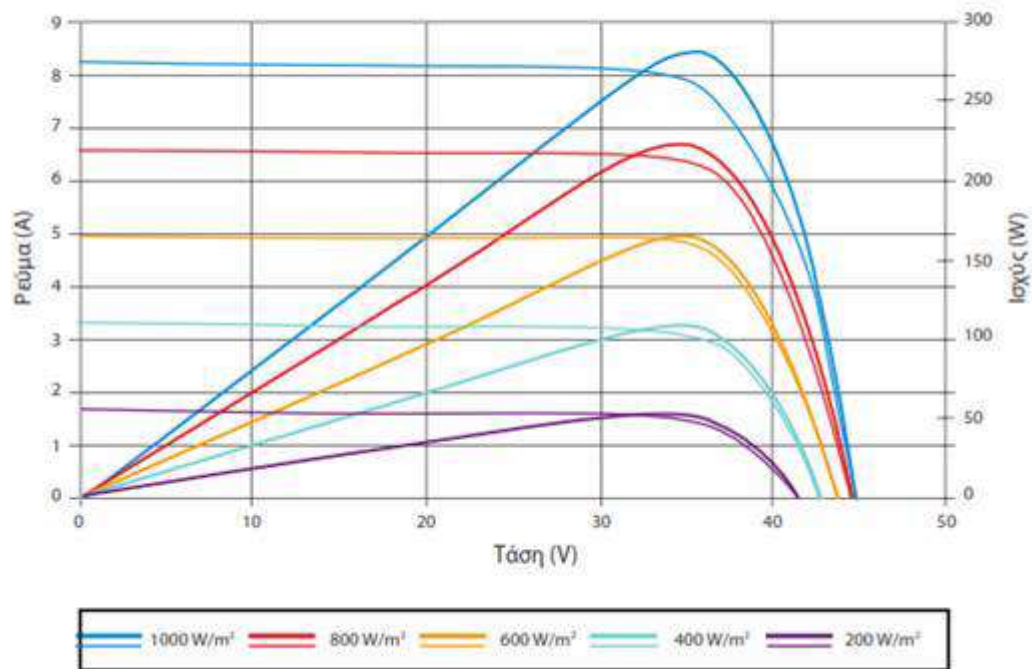
- Φωτοβολταϊκή Κυψέλη Πολυκρυσταλλική: 156x156mm
- Αριθμός Κυψελών: 72(6x12)
- Διαστάσεις: 1956x992x50mm
- Βάρος: 27 κιλά
- Εμπρόσθιο Γυαλί: Σκληρυσμένο γυαλί πάχους 4mm
- Πλαίσιο: Κράμα Ανοδιωμένου Αλουμινίου
- Κουτί Σύνδεσης Κλάσης: IP67
- Καλώδια Εξόδου: TUV,UL4703,UL44 4mm²,συμμετρικά μήκη 1100mm
- Βύσματα: Ενσωματωμένα Βύσματα RADOX SOLAR με κλείδωμα συστροφής

-Θερμοκρασιακά χαρακτηριστικά

- Ονομαστική Θερμοκρασία λειτουργίας κυψέλης: (NOCT) 45±2°C
- Συντελεστής Θερμοκρασίας σε P_{max}: -0,44%/ °C
- Συντελεστής Θερμοκρασίας σε V_{oc}: -0,33%/ °C
- Συντελεστής Θερμοκρασίας σε I_{sc}: -0,055%/ °C

- Καμπύλη ρεύματος τάσης & ισχύος

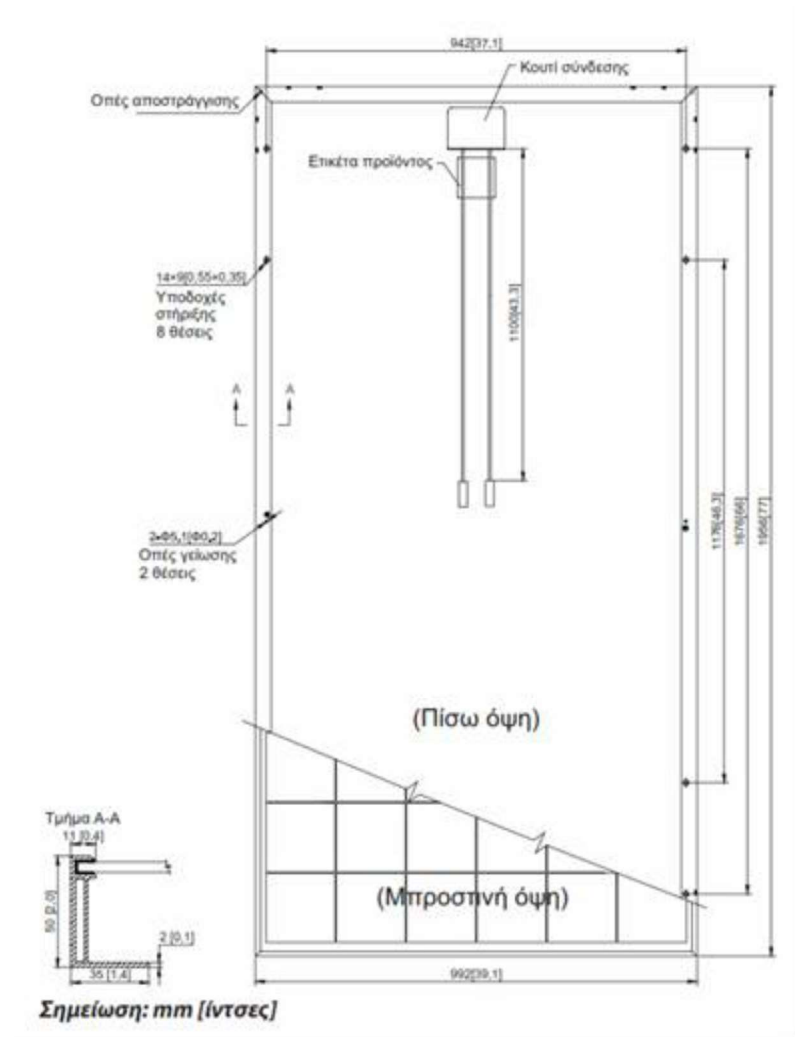
Καμπύλη ρεύματος-τάσης & ισχύος-τάσης (280-24)



-Η μπροστινή όψη του πάνελ



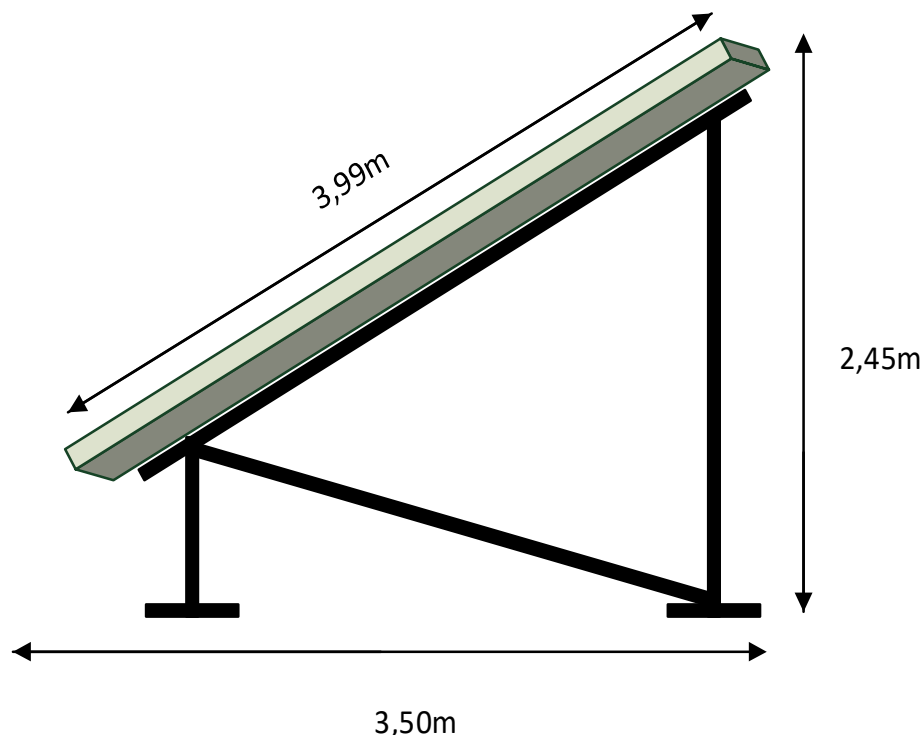
-Η πίσω όψη του πάνελ



Για να μπορέσουμε να απεικονίσουμε τα πάνελ στη κάτοψη θα πρέπει να επιλέξουμε αν θα χρησιμοποιήσουμε μονές ή διπλές σειρές και φυσικά και τι κλίση θα έχουν. Η ιδανική κλίση των φωτοβολταϊκών πάνελ για μέγιστη απόδοση για τη χώρα μας, είναι 30°.

Θα επιλέξουμε εγκατάσταση με διπλή σειρά από πάνελ για να έχουμε εξοικονόμηση χώρου στο δώμα.

Με τα δύο παραπάνω δεδομένα (κλίση και αριθμό σειρών πάνελ) και τις διαστάσεις των πάνελ, σχεδιάζουμε τη προβολή καθώς και το ύψος της βάσης των πάνελ



3.3 Προβολή βάσης μέσω της τριγωνομετρίας

Αν και το μήκος των πάνελ είναι περίπου 4 μέτρα, η προβολή των πάνελ στις 30° είναι 3,5 μέτρα. Το ύψος των πάνελ φτάνει τα 2,45μέτρα, αν επιλέξουμε να εγκαταστήσουμε και 2^η συστοιχία τότε με βάση το κανόνα της χωροθέτησης, για την αποφυγή της σκίασης, θα έπρεπε η αρχή της δεύτερης συστοιχίας να απείχε από το τέλος της πρώτης 4,9μέτρα

Οι βάσεις στήριξης των πλαισίων είναι από αλουμίνιο και θα πακτωθούν απευθείας στη πλάκα του δώματος. Στη συνέχεια οι οπές θα σφραγιστούν με ειδικό χημικό μονωτικό για την αποφυγή εισροής νερού στη πλάκα του δώματος και δημιουργίας υγρασίας.

3.4 ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΟΥ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑ (INVERTER)

Στη συνέχεια θα προχωρήσουμε στην επιλογή του μετατροπέα (inverter).

Ο μετατροπέας είναι μία ηλεκτρονική συσκευή που μετατρέπει το συνεχές ρεύμα που παράγουν τα φωτοβολταϊκά σε εναλλασσόμενο αντίστοιχο με αυτό του δικτύου. Διαθέτει 2 πλευρές, τη πλευρά εισόδου DC που εκεί συνδέονται τα φωτοβολταϊκά πάνελ, και τη πλευρά AC η οποία συνδέεται με το δίκτυο της ΔΕΗ.

Κατά τη σχεδίαση του συστήματος απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στη συνεργασία μεταξύ της Φ/Β συστοιχίας και του ηλεκτρονικού αντιστροφέα. Ο αντιστροφέας απαιτεί στην είσοδό του ένα συγκεκριμένο εύρος τιμών για την τάση λειτουργίας, έχοντας ένα ανώτατο όριο τάσης εισόδου. Το ανώτατο όριο δεν πρέπει να υπερβαίνεται, ώστε να μην υπάρξει κίνδυνος καταστροφής του αντιστροφέα. Συνεπώς, ο αριθμός των Φ/Β πλαισίων που μπορούν να συνδεθούν εν σειρά (στοιχειοσειρά) υπολογίζεται έτσι ώστε να μην υπερβαίνονται τα όρια αυτά, σε όλες τις συνθήκες λειτουργίας.

Η τάση ενός Φ/Β πλαισίου εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό από τη θερμοκρασία λειτουργίας του. Οι τιμές τάσης, ρεύματος και ισχύος που δίνονται από τον κατασκευαστή, αναφέρονται στις πρότυπες συνθήκες δοκιμών (S.T.C).

Σημειώνεται ότι η θερμοκρασία στην οποία διενεργήθηκαν οι μετρήσεις (του κατασκευαστή) είναι 25°C. Κατά συνέπεια τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά των Φ/Β πλαισίων πρέπει να διορθωθούν (αναχθούν) στις ακραίες θερμοκρασιακές συνθήκες λειτουργίας του Φ/Β συστήματος.

Αναλυτικότερα, από την ελάχιστη θερμοκρασία λειτουργίας των πλαισίων υπολογίζεται η μέγιστη τιμή της τάσης των αλυσίδων και από τη μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας των πλαισίων καθορίζεται η μέγιστη τιμή του ρεύματος των παράλληλων αλυσίδων (κλάδων).

Τέλος, ένα σημαντικό θέμα που πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψιν είναι η συμβατότητα μεταξύ των τύπων των Φ/Β και του αντιστροφέα που σχετίζεται με την απαίτηση ή όχι για γείωση της συστοιχίας στην πλευρά Σ.Ρ. Πιο συγκεκριμένα, ορισμένοι τύποι Φ/Β πλαισίων απαιτούν σύμφωνα με τις κατασκευαστικές προδιαγραφές γείωση είτε του αρνητικού (Thin-film) είτε του θετικού (Back contact) πόλου. Η γείωση μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε απευθείας, είτε μέσω μεγάλης αντίστασης και αποσκοπεί στην αποφυγή λειτουργικών προβλημάτων που εμφανίζουν οι παραπάνω τύποι πλαισίων όταν παραμένουν αγείωτα (προβλήματα διάβρωσης και υποβάθμισης της απόδοσης).

Κατά συνέπεια σε τέτοιες περιπτώσεις θα πρέπει να αποφεύγεται χρήση αντιστροφέων χωρίς γαλβανική απομόνωση, λόγω εμφάνισης ρευμάτων διαρροής, εκτός αν πιστοποιείται από τον κατασκευαστή του αντιστροφέα ότι ο επιλεγμένος τύπος αντιστροφέα είναι κατάλληλος για χρήση με τα πλαίσια που έχουμε επιλέξει.

Βάσει των παραπάνω επιλέγουμε για τη δική μας εγκατάσταση τον αντιστροφέα της εταιρείας KOSTAL και συγκεκριμένα το μοντέλο PIKO 10 του οποίου τα τεχνικά χαρακτηριστικά καθώς και όλα τα απαραίτητα στοιχεία που χρειάζεται να ξέρουμε, φαίνονται παρακάτω. Επειδή ο συγκεκριμένος αντιστροφέας δε διαθέτει μετασχηματιστή (γαλβανική απομόνωση) θα πρέπει να γειωθούν όλα τα μεταλλικά μέρη της εγκατάστασης μας .



3.4 Μετατροπέας Kostal Pico 10

-Τεχνικά χαρακτηριστικά

- Τριφασική τροφοδοσία
- Τοπολογία χωρίς μετασχηματιστή
- Ενσωματωμένος στιβαρός ηλεκτρονικός διακόπτης DC
- Μεγάλο εύρος τάσης εισόδου
- Ενσωματωμένο σύστημα επικοινωνίας ως βασικός εξοπλισμός με Data logger, Web Server, Solarportal και τις εξής διεπαφές: 2 θύρες Ethernet, RS485, S0, 4 αναλογικές εισόδους (π.χ. για δέκτη κεντρικού ελέγχου ή αισθητήρα PIKO)
- Δυνατότητα σύνδεσης αισθητήρα PIKO BA για μέτρηση της κατανάλωσης της κατοικίας καθώς και για δυναμικό έλεγχο της ωφέλιμης ισχύος
- Ενσωματωμένη επαφή ζεύξης για βελτιστοποίηση της ιδιοκατανάλωσης
- Συμβατό με Smart Home και EEBus

-Πλευρά εισόδου (DC)

- Μέγ. φωτοβολταϊκή ισχύς ($\cos \varphi = 1$) 10,8Kw
- Ονομαστική τάση εισόδου (UDC,r) 680V
- Μέγ. τάση εισόδου (UDCmax) 1000V
- Ελάχ. τάση εισόδου (UDCmin) 160V

- Τάση εισόδου εκκίνησης (UDCstart) 180V
- Μέγ. τάση MPP (UMPPmax) 800V
- Ελάχ. τάση MPP για ονομαστική ισχύ DC σε λειτουργία ενός tracker (UMPPmin) 527V
- Ελάχ. τάση MPP για ονομαστική ισχύ DC σε λειτουργία δύο trackers (UMPPmin) sym: 290V / 290V unsym: 390V / 250V
- Μέγ. ρεύμα εισόδου (IDC max) sym: 18A / 18A unsym: 20A / 10A
- Μέγ. ρεύμα εισόδου σε παράλληλη σύνδεση (εισόδου DC1+DC2) 36A
- Αριθμός εισόδων DC 2
- Αριθμός ανεξάρτητων MPP-Tracker 2

-Πλευρά εξόδου (AC)

- Ονομαστική ισχύς, $\cos \varphi = 1$ (PAC,r) 10Kw
- Μέγ. φαινόμενη ισχύς εξόδου, $\cos \varphi$, adj 10kVA
- Μέγ. τάση εξόδου (UACmax) 264,5V
- Ελάχ. τάση εξόδου (UACmin) 184V
- Ονομαστικό ρεύμα εξόδου 14,6A
- Μέγ. ρεύμα εξόδου (IACmax) 16,2A
- Ρεύμα βραχυκύκλωσης (peak / RMS) 25 / 16,6A
- Σύνδεση δικτύου 3N~, AC, 400 V
- Ονομαστική συχνότητα (fr) 50Hz
- Μέγ. συχνότητα δικτύου (fmax) 51,5Hz
- Ελάχ. συχνότητα δικτύου (fmin) 47,5Hz
- Εύρος ρύθμισης του συντελεστή ισχύος $\cos \varphi_{AC,r}$ 0,80...1...0,80
- Συντελεστής ισχύος σε ονομαστική ισχύ ($\cos \varphi_{AC,r}$) 1
- Μέγιστη αρμονική παραμόρφωση 3%

-Ιδιότητες συσκευής

- Ιδιοκατανάλωση σε κατάσταση αναμονής 1,8W

-Βαθμός απόδοσης

- Μέγιστος βαθμός απόδοσης 97,7%
- Ευρωπαϊκός βαθμός απόδοσης 97,1%
- Βαθμός απόδοσης προσαρμογής MPP 99,9%

-Εγγύηση

- Εγγύηση (έτη) 5
- Προαιρετική επέκταση εγγύησης (έτη) 10 / 20

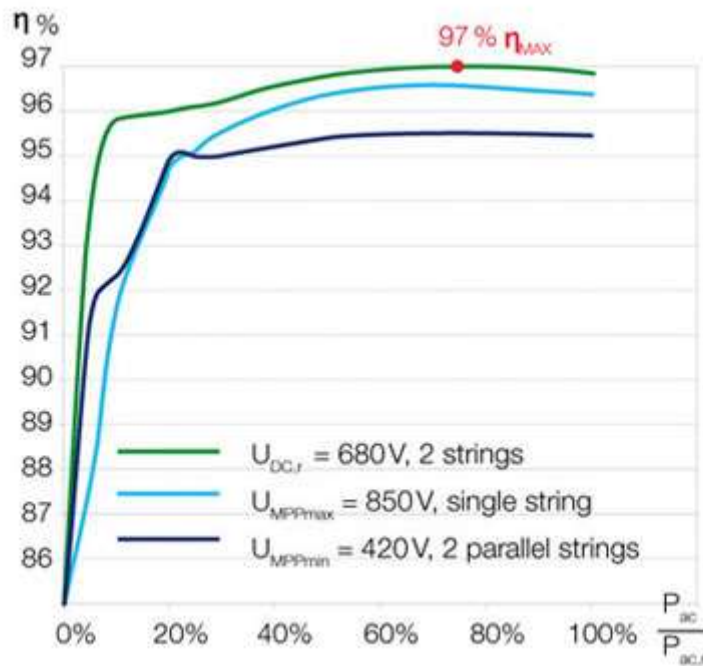
-Δεδομένα συστήματος

- Τοπολογία: Χωρίς γαλβανική απομόνωση -χωρίς μετασχηματιστή

- Βαθμός προστασίας κατά IEC 60529 στέγαση / ανεμιστήρας IP 65 / IP 55
- Κατηγορία προστασίας κατά IEC 62103 I
- Κατηγορία υπέρτασης κατά IEC 60664-1, πλευρά εισόδου (Φ/Β γεννήτρια): II
- Κατηγορία υπέρτασης κατά IEC 60664-1, πλευρά εξόδου (σύνδεση με το δίκτυο): III
- Βαθμός ρυπαρότητας: 4
- Κατηγορία περιβάλλοντος: (εγκατάσταση σε εξωτερικό χώρο)
- Κατηγορία περιβάλλοντος: (εγκατάσταση σε εσωτερικό χώρο)
- Αντοχή στην υπεριώδη ακτινοβολία
- Ελάχιστη διατομή αγωγού σύνδεσης AC: 4 mm²
- Ελάχιστη διατομή αγωγού σύνδεσης DC: 4 mm²
- Ελάχ. ασφάλεια πλευράς AC: B25, C25
- Προστασία ατόμων (EN 62109-2) RCMU/RCCB Typ B
- Ενσωματωμένος ηλεκτρονικός διακόπτης
- Ύψος 445mm (17.52 in)
- Πλάτος 580mm (22.83 in)
- Βάθος 248mm (9.76 in)
- Βάρος 37,5kg (82.67 lb)
- Τρόπος ψύξης - Μεταφορά θερμότητας
- Τρόπος ψύξης - Ρυθμιζόμενοι ανεμιστήρες
- Μέγ. ροή αέρα 2x48 m³/h
- Μέγ. επίπεδο θορύβου : 43 dBA
- Θερμοκρασία περιβάλλοντος -20...60°C (-4...140 °F)
- Μέγ. υψόμετρο εγκατάστασης πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας 2000m (6562 ft)
- Σχετική υγρασία αέρα 4...100%
- Τρόπος σύνδεσης στην πλευρά εισόδου - MC 4
- Τρόπος σύνδεσης στην πλευρά εξόδου -Συστοιχία ακροδεκτών με ελατήρια

-Διεπαφές

- Ethernet RJ45: 2
- RS485: 1
- S0: 1
- Αναλογικές εισοδοί: 4
- Διεπαφή αισθητήρα PIKO BA 1



3.4.1 Χαρακτηριστικές καμπύλες βαθμού απόδοσης ΡΙΚΟ 10

3.5 ΤΡΟΠΟΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΠΛΑΙΣΙΩΝ

Για τον τρόπο σύνδεσης των φωτοβολταϊκών πλαισίων, θα πρέπει να ανατρέξουμε στα τεχνικά χαρακτηριστικά των πλαισίων και του μετατροπέα που επιλέξαμε.

Η μέγιστη αναμενόμενη τάση που θα έχουμε στην είσοδο DC του μετατροπέα είναι η τάση ανοικτού κυκλώματος V_{oc} των εν σειρά συνδεδεμένων πλαισίων για τη μικρότερη αναμενόμενη θερμοκρασία λειτουργίας, ενώ η μέγιστη αναμενόμενη ένταση του ρεύματος που θα έχουμε στην είσοδο DC του μετατροπέα, υπολογίζεται από το γινόμενο του ρεύματος βραχυκύκλωσης I_{sc} του ενός πλαισίου, επί τον αριθμό των παράλληλων κλάδων που έχουν δημιουργηθεί.

Στη συγκεκριμένη εγκατάσταση θα χρησιμοποιήσουμε 36 πάνελ τα οποία ύστερα από τον έλεγχο των ηλεκτρικών τους χαρακτηριστικών τόσο αυτών όσο και του επιλεγμένου μετατροπέα καταλήξαμε στην εξής συνδεσμολογία: 2 στοιχειοσειρές συνδεδεμένες παράλληλα με κάθε στοιχειοσειρά να αποτελείται από 18 πάνελ συνδεδεμένα σε σειρά.

Με βάση τη παραπάνω συνδεσμολογία υπολογίζουμε την αναμενόμενη τάση και ένταση που θα έχουμε στην είσοδο του DC στο μετατροπέα:

-Αναμενόμενη τάση στο DC.

18πάνελ x 44,8V(Voc)=806,4V(σε STC συνθήκες λειτουργίας)

-Αναμενόμενη ένταση ρεύματος στο DC.

2στοιχειοσειρές x 8,33A(Isc)=16,66A (σε STC συνθήκες λειτουργίας)

Από τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά του μετατροπέα έχουμε :

-Ονομαστική τάση εισόδου (UDC,r) 680V & Μέγ. τάση εισόδου (UDCmax) 1000V.

-Μέγ. ρεύμα εισόδου (IDCmax) sym: 18A / 18A unsym: 20A / 10A.

Άρα η παραπάνω συνδεσμολογία πλαισίων είναι σύμφωνη και με τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά του μετατροπέα μας.

3.6 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Για να υπολογίσουμε την ενεργειακή απόδοση που θα έχει το σύστημα μας, θα πρέπει να λάβουμε υπόψη μας , μια σειρά από καιρικές παραμέτρους που επηρεάζουν την απόδοση του και έχουν να κάνουν με, την μηνιαία ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας ανα m² καθώς και με τη μέση μηνιαία θερμοκρασία που επικρατεί στη περιοχή της εγκατάστασης.

Οι υπολογισμοί γίνονται με ειδικά λογισμικά προγράμματα που υπάρχουν στην αγορά τα οποία υπολογίζουν με ακρίβεια την ενεργειακή απόδοση των φωτοβολταϊκών συστημάτων. Στον υπολογισμό της δικής μας εφαρμογής, χρησιμοποιήσαμε το λογισμικό PVSYST το οποίο διατίθεται δωρεάν (για 30 μέρες) στο διαδίκτυο και χαρακτηρίζεται ως ένα από τα πιο εύχρηστα και απλοϊκά προγράμματα που κυκλοφορούν στη συγκεκριμένη αγορά.

Για να μπορέσει το πρόγραμμα να υπολογίσει την ενεργειακή απόδοση του συστήματος, εισάγουμε :

- Τη περιοχή της εγκατάστασης.
- Τη γωνία κλίσης των φωτοβολταϊκών πάνελ.
- Το αζιμούθιο.
- Το τύπο των φωτοβολταϊκών πάνελ.
- Την ισχύ που θέλουμε να παράγουμε.
- Το τύπο του μετατροπέα.

Μετά την εισαγωγή στο πρόγραμμα των παραπάνω στοιχείων , είχαμε τα εξής αποτελέσματα:

PVSYST V6.61		27/04/17	Page 1/3
Grid-Connected System: Simulation parameters			
Project :	PTYXIAKI		
Geographical Site	Yfissia	Country	Greece
Situation	Latitude: 38.05° N	Longitude	23.85° E
Time defined as	Legal Time: Time zone UT+2	Altitude	314 m
Meteo data:	Yfissia	Meteonorm 7.1 (2005-2013); Sat=100% - Synthetic	
Simulation variant :	Now simulation variant		
	Simulation date	27/04/17 10:37	
Simulation parameters			
Collector Plane Orientation	Tilt	30°	Azimuth 0°
Models used	Transposition	Percc	Diffuse Percc, Meteonorm
Horizon	Free Horizon		
Near Shadings	No Shadings		
PV Array Characteristics:			
PV module	Si-poly	Model	STP 280-24V6
Original PVsyst database	Manufacturer	Suntech	
Number of PV modules	In series	18 modules	In parallel 2 strings
Total number of PV modules	Nb. modules	30	Unit Nom. Power 280 Wp
Array global power	Nominal (STC)	10.08 kWp	At operating cond. 9.00 kWp (50°C)
Array operating characteristics (50°C)	U mpp	575 V	I mpp 15 A
Total area	Module area	69.9 m²	
Inverter:			
Original PVsyst database	Model	Piko 10.1	
Characteristics	Manufacturer	Kostal	
Inverter pack	Operating Voltage	180-850 V	Unit Nom. Power 10.1 kWac
	Nb. of inverters	1 units	Total Power 10.1 kWac
PV Array loss factors			
Thermal Loss factor	Uc (const)	20.0 W/m²K	Uv (wind) 0.0 W/m²K / m/s
Wiring Ohmic Loss	Global array res.	621 mOhm	Loss Fraction 1.5 % at STC
Module Quality Loss			Loss Fraction -0.8 %
Module Mismatch Losses			Loss Fraction 1.0 % at MPP
Incidence effect, ASHRAE parametrization	IAM = 1 - 50 (1/cos² i - 1)	50 Param.	0.05
User's needs :	Unlimited load (grid)		

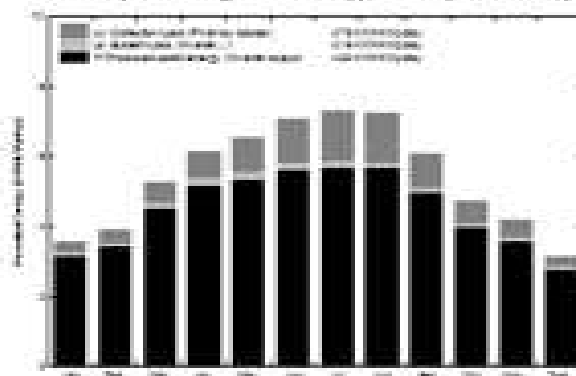
Grid-Connected System: Main results

Project : PTYXIAKI
Simulation variant : New simulation variant

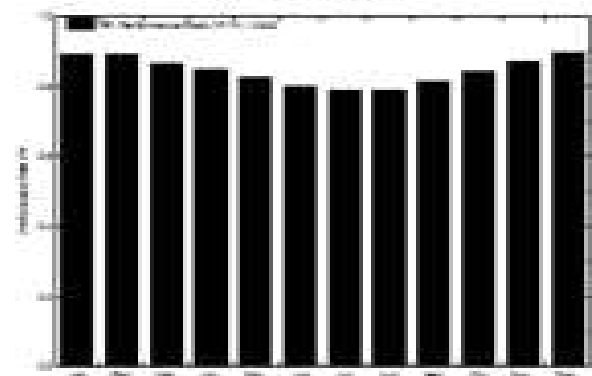
Main system parameters	System type	Grid-Connected	azimuth	0°
PV Field Orientation	tilt	30°	Pnom	280 Wp
PV modules	Model	STP 260-24Vd	Pnom total	10.08 kWp
PV Array	Nb. of modules	36	Pnom	10.10 kW ac
Inverter	Model	Fiko 10.1		
User's needs	Unlimited load (grid)			

Main simulation results
System Production **Produced Energy** 16.62 MWh/year **Specific prod.** 1549 kWh/kWp/year
Performance Ratio PR 83.33 %

Normalized production (per installed kWp): Nominal power 1000 Wp



Performance Ratio PR



New simulation variant
Balance and main results

	GlobHor kWh/m²	DiffHor kWh/m²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m²	GlobEff kWh/m²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR
January	89.0	26.16	8.26	115.2	107.6	1.000	0.994	0.993
February	79.0	35.06	8.01	106.7	106.6	1.010	0.975	0.969
March	132.8	54.28	11.12	187.2	187.6	1.466	1.418	0.966
April	170.8	67.51	14.03	238.3	178.6	1.632	1.577	0.968
May	206.3	79.33	19.32	285.6	196.3	1.737	1.678	0.967
June	224.8	88.08	24.03	312.8	204.9	1.785	1.708	0.959
July	233.8	85.98	27.26	319.7	216.5	1.847	1.766	0.956
August	214.8	86.64	27.01	301.4	217.6	1.804	1.712	0.950
September	166.1	63.63	21.38	229.7	177.6	1.565	1.501	0.959
October	110.3	46.41	16.16	156.7	142.2	1.286	1.242	0.964
November	79.8	29.43	10.38	109.2	101.5	1.134	1.098	0.971
December	89.1	27.60	8.65	116.7	94.1	0.906	0.878	0.969
Year	1736.8	610.46	16.92	2347.2	1621.8	17.200	16.463	0.953

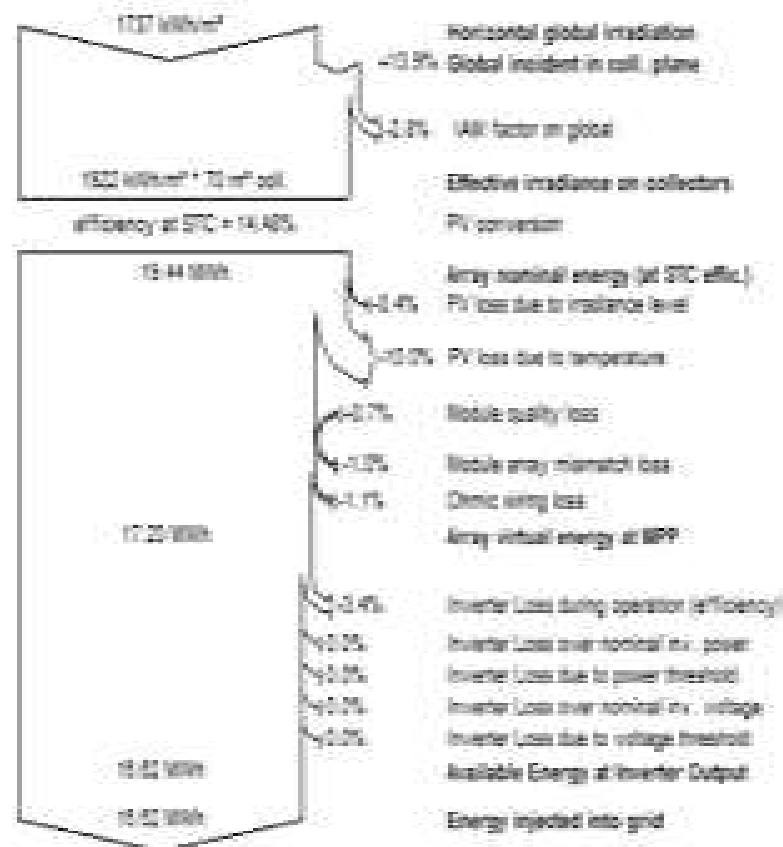
Legends: GlobHor Horizontal global irradiation GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shading
 DiffHor Horizontal diffuse irradiation EArray Effective energy at the output of the array
 T_Amb Ambient Temperature E_Grid Energy injected into grid
 GlobInc Global incident in coll. plane PR Performance Ratio

Grid-Connected System: Loss diagram

Project : PTYQIAU
 Simulation variant : New simulation variant

Main system parameters	System type	Grid-Connected		
PV Field Orientation	tilt	30°	azimuth	0°
PV modules	Model	STP 280-24/rd	P _{nom}	280 Wp
PV Array	Nb. of modules	35	P _{nom total}	10.08 kWp
Inverter	Model	Piso 10.1	P _{nom}	10.10 kW ac
User's needs		Unlimited load (grid)		

Loss diagram over the whole year



Από τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την ανάλυση του λογισμικού, παρατηρούμε ότι η αναμενόμενη ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας της εγκατάστασης μας θα είναι 16.660Kwh. Βάσει αυτής της ενέργειας, θα γίνουν στη συνέχεια οι υπολογισμοί σχετικά με οικονομικά-επενδυτικά οφέλη της εγκατάστασης.

3.7 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΔΕΗ

Για να μπορέσουμε να εγκαταστήσουμε ένα σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας θα πρέπει να τηρούνται κάποιοι προϋποθέσεις οι οποίες αναφέρονται παρακάτω.

Προϋποθέσεις για την ένταξη στο Πρόγραμμα είναι:

- Η ύπαρξη ενεργού σύνδεσης κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος στο όνομα του κυρίου του Φωτοβολταϊκού, στο κτίριο στο οποίο εγκαθίσταται το σύστημα.
- Η κάλυψη μέρους των αναγκών σε ζεστό νερό με την χρήση Α.Π.Ε. όπως ενδεικτικά η *ύπαρξη ηλιακού θερμοσίφωνα*.
- Η μη χρηματοδότηση από άλλο πρόγραμμα.

Αφού τηρούνται οι παραπάνω προϋποθέσεις, θα πρέπει ο κάτοχος του συστήματος μαζί με τον υπεύθυνο μηχανικό εγκαταστάτη να συμπληρώσουν όλα τα απαραίτητα έγγραφα που απαιτεί η ΔΕΗ.

Για την εγκατάσταση ενός τέτοιου μικρού Φωτοβολταϊκού σε κτίριο ακολουθούνται τα **εξής βήματα** :

- Υποβάλλεται Αίτηση Σύνδεσης προς την τοπική υπηρεσία της ΔΕΗ, η οποία και χορηγεί τα σχετικά έντυπα. Η αίτηση αυτή περιλαμβάνει:
 - Τα στοιχεία του κυρίου του Φωτοβολταϊκού και, σε περίπτωση επιχείρησης, στοιχεία που να αποδεικνύουν την ιδιότητα της Μ.Μ.Ε.,
 - Υπεύθυνες δηλώσεις ότι πληρούνται οι πιο πάνω προϋποθέσεις για την ένταξη στο Πρόγραμμα,
 - Τα στοιχεία της εγκατάστασης,
 - Τα τεχνικά στοιχεία των πλαισίων και του αντιστροφέα.
- Διατυπώνεται εντός είκοσι (20) ημερών Προσφορά Σύνδεσης από την ΔΕΗ προς τον ενδιαφερόμενο, η οποία περιλαμβάνει την περιγραφή και την δαπάνη των έργων σύνδεσης.
- Ο αιτών, εφόσον αποδεχθεί την Προσφορά, προσκομίζει από την αρμόδια πολεοδομική υπηρεσία "έγκριση εκτέλεσης εργασιών μικρής κλίμακας".

- Υπογράφεται η Σύμβαση Σύνδεσης μεταξύ του κυρίου του Φωτοβολταϊκού και της ΔΕΗ ως Διαχειριστή του Δικτύου και καταβάλλεται η σχετική δαπάνη. Η ΔΕΗ κατασκευάζει τα έργα σύνδεσης εντός είκοσι (20) ημερών εφόσον δεν απαιτούνται νέα έργα Δικτύου.
- Μετά την υπογραφή της Σύμβασης Σύνδεσης υποβάλλεται από τον κύριο του Φωτοβολταϊκού αίτηση για την σύναψη Σύμβασης Συμψηφισμού. Η αίτηση αυτή *είναι 25ετούς διάρκειας, συντάσσεται κατά το υπόδειγμα του παραρτήματος της Κ.Υ.Α.*, και απευθύνεται προς την τοπική υπηρεσία εμπορίας της ΔΕΗ ή προς άλλον Προμηθευτή που τυχόν ηλεκτροδοτεί τις καταναλώσεις της ιδιοκτησίας του κυρίου όπου εγκαθίσταται το Φωτοβολταϊκό.
- Υποβάλλεται Αίτηση Ενεργοποίησης της Σύνδεσης του Φωτοβολταϊκού προς την τοπική υπηρεσία της ΔΕΗ με την οποία συνυποβάλλονται:
 - Αντίγραφο της Σύμβασης Συμψηφισμού.
 - Υπεύθυνη δήλωση μηχανικού κατάλληλης ειδικότητας με τα απαραίτητα συνοδευτικά έγγραφα
 - Υπεύθυνη δήλωση του κυρίου του Φωτοβολταϊκού συστήματος όπου θα αναφέρεται ότι καθ' όλη τη διάρκεια της λειτουργίας του Φωτοβολταϊκού δεν θα τροποποιηθούν οι ρυθμίσεις που δηλώθηκαν από τον μηχανικό.

Κεφάλαιο 4^ο

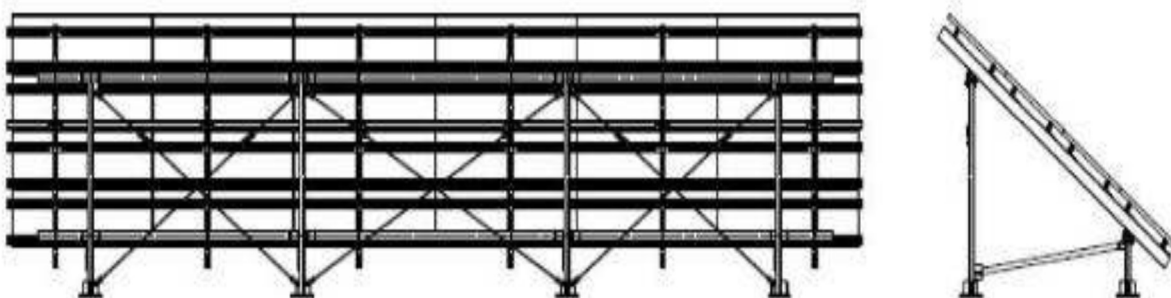
4.1 Μέθοδος στήριξης των φωτοβολταϊκών πλαισίων

Για τη στήριξη των φωτοβολταϊκών πλαισίων στην επιφάνεια του δώματος, θα χρησιμοποιηθεί μια πρόσθετη μεταλλική κατασκευή, κατασκευασμένη από αλουμίνιο και από εν θερμώ γαλβανισμένο χάλυβα. Το βάρος της κατασκευής δεν αναμένεται να είναι σημαντικό ώστε να επηρεάσει τη στατική αντοχή του κτιρίου.

Η κατασκευή θα πρέπει να μας διασφαλίζει τη σωστή λειτουργία του συστήματος κάτω από οποιεσδήποτε ακραίες καιρικές συνθήκες (έντονη χιονόπτωση και βροχόπτωση, ισχυροί άνεμοι) και μεταβολές της θερμοκρασίας.

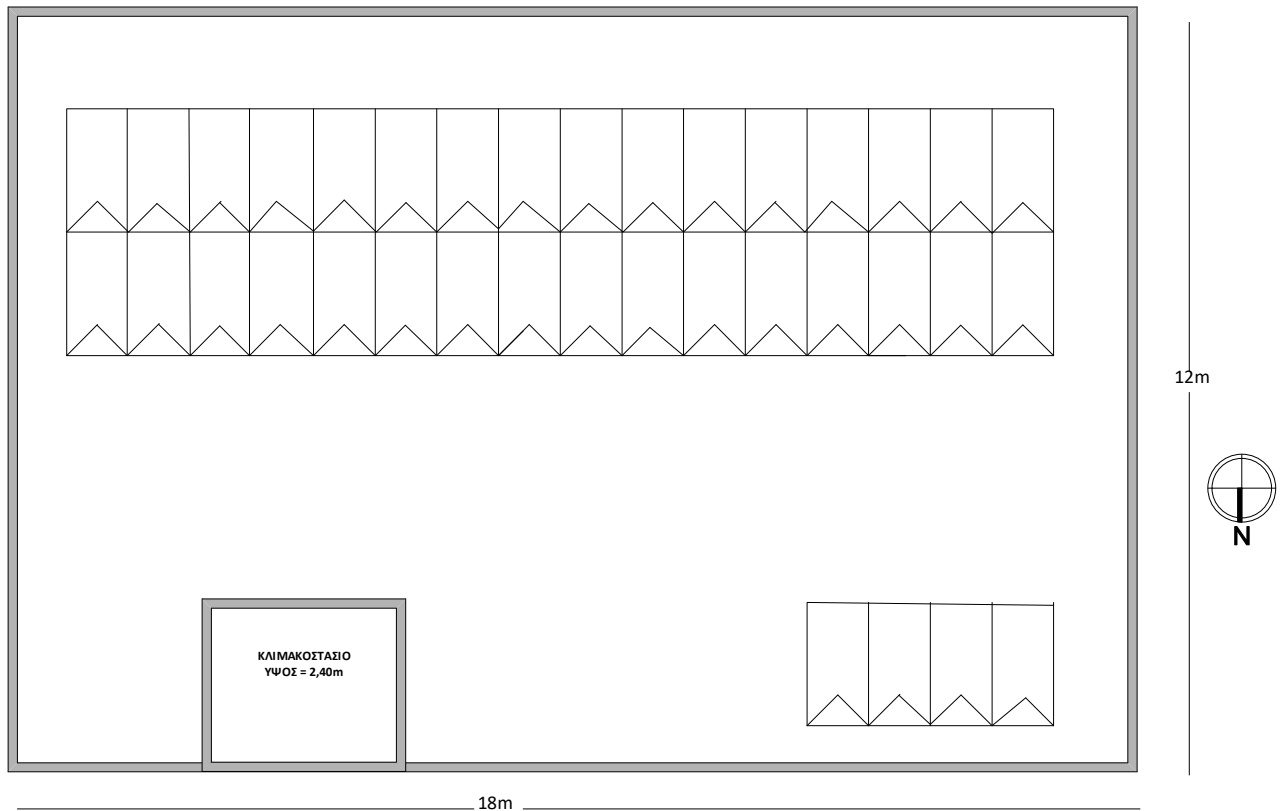
Η στήριξη της κατασκευής επί του δώματος θα γίνει με κατάλληλη αγκύρωση. Θα χρησιμοποιηθούν μεταλλικά εκτωνούμενα αγκύρια. Για την ασφάλεια της μόνωσης του δώματος, οι οπές θα πληρωθούν με κατάλληλο χημικό μονωτικό.

Στην εγκατάσταση μας θα επιλέξουμε μια διπλή σειρά πάνελ στη οποία θα τοποθετηθούν 32 πάνελ και μια μονή σειρά στην οποία θα τοποθετηθούν τα υπόλοιπα 4 πάνελ.



4.1.1 Η μεταλλική κατασκευή στήριξης

Η χωροθέτηση των πάνελ στο δώμα φαίνεται στη παρακάτω κάτοψη.



4.1.2 Χωροθέτηση των πάνελ στο δώμα

4.2 ΣΥΣΤΗΜΑ ΓΕΙΩΣΗΣ

Σκοπός της γείωσης προστασίας είναι να μηδενιστεί η πιθανότητα να τεθεί υπό κατάσταση ηλεκτρικού δυναμικού οποιαδήποτε αγωγίμη επιφάνεια με την οποία δύναται να έρθει σε επαφή ο άνθρωπος. Δημιουργώντας μια κατασκευή στην οποία όλες οι εκτεθειμένες στην ατμόσφαιρα επιφάνειες είναι συνδεδεμένες έμμεσα ή άμεσα με το σύστημα γείωσης απομακρύνουμε τον κίνδυνο ατυχήματος. Για τον λόγο αυτό όλες οι εκτεθειμένες στην ατμόσφαιρα κατασκευές οι οποίες είναι αγωγίμες θα συνδεθούν με απόληξη γείωσης.

Στο κτίριο το οποίο θα γίνει η εγκατάσταση, δεν υπάρχει θεμελιακή γείωση (είναι κατασκευασμένο πριν το 2007). Για το λόγο αυτό θα κατασκευαστεί στο κήπο του κτιρίου ένας πολυγωνικός σχηματισμός από ηλεκτρόδια γείωσης.

Η εγκατάσταση και η επιλογή των ηλεκτροδίων γείωσης θα πρέπει να είναι τέτοια, ώστε να μας εξασφαλίζει αντίσταση γείωσης (Ω) τέτοιας τιμής η οποία να ικανοποιεί τις ανάγκες προστασίας και λειτουργίας της εγκατάστασης.

Βάσει του προτύπου IEC 62446 (Ελάχιστες απαιτήσεις φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων) η τιμή της αντίστασης γείωσης δε θα πρέπει να ξεπερνάει τα 14,1Ω.

Σημαντικό παράγοντα στη τιμή της αντίστασης γείωσης αποτελούν οι τοπικές συνθήκες του εδάφους (ειδική αντίσταση εδάφους). Για το λόγο αυτό το βάθος έμπηξης των ηλεκτροδίων μέσα στο έδαφος θα πρέπει να είναι τέτοιο, ώστε η αποξήρανση ή το πάγωμα του εδάφους να μην αυξάνουν τη τιμή της αντίστασης γείωσης, πέρα από την απαιτούμενη τιμή. Επίσης τα υλικά από τα οποία θα κατασκευαστεί η διάταξη της γείωσης, θα πρέπει να αντέχουν τις αναμενόμενες εξωτερικές συνθήκες και να παραμένουν ανθεκτικά σε βάθος χρόνου. Σε περίπτωση μη αποδεκτής τιμής αντίστασης γείωσης, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε κάποιο βελτιωτικό γείωσης όπως για παράδειγμα τη πίσσα η οποία μας εξασφαλίζει βέλτιστη επαφή και αύξηση της αγωγιμότητας. Η διάταξη του συστήματος γείωσης που θα κατασκευάσουμε, θα έχει σχήμα ισόπλευρου τριγώνου και τα ηλεκτρόδια θα επέχουν κατά 2,5m.

Στη συνέχεια θα πρέπει να συνδεθούν ισοδυναμικά όλα τα μεταλλικά μέρη της εγκατάστασης τα οποία είναι:

- Οι μεταλλικές βάσεις στήριξης των φωτοβολταϊκών.
- Το μεταλλικό πλαίσιο των φωτοβολταϊκών.
- Ο γενικός πίνακας διανομής της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης
- Ο μετρητής του παρόχου (ΔΕΗ)

Οι ράβδοι της γείωσης είναι χαλύβδινοι επιψευδαργυρωμένοι διατομής σταυρού και μήκους 1,5m. Οι ράβδοι, στο άνω μέρος φέρουν ακροδέκτη για τη σύνδεση με αγωγό μέσω ειδικού σφιγκτήρα. Η ένωση των ράβδων, θα γίνει με αγωγό χαλκού και διατομής 28mm².

Η γείωση των ακροδεκτών στη πλευρά του Σ.Ρ δεν είναι απαραίτητη διότι χρησιμοποιούμε κρυσταλλικά πλαίσια και όχι πλαίσια από υλικά όπως : άμορφο πυρίτιο ή τελλουριούχο κάδμιο. Σε περίπτωση που χρησιμοποιούσαμε κάποια από τα παραπάνω υλικά θα έπρεπε να γειώναμε τον αρνητικό ακροδέκτη της φωτοβολταϊκής γεννήτριας διότι λόγω της τεχνολογίας κατασκευής τους (superstrate technology) παρουσιάζουν υψηλό κίνδυνο διάβρωσης του στρώματος TCO.

Επίσης, άλλος ένας λόγος που δε γειώνουμε τη πλευρά του Σ.Ρ είναι ότι ο αντιστροφέας μας ,δε διαθέτει μετασχηματιστή απομόνωσης.

4.3 ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ

Με βάση την εμπειρία σε χιλιάδες παρόμοιες εγκαταστάσεις φωτοβολταϊκών συστημάτων μέχρι 10Kw που εγκαταστάθηκαν σε ευρωπαϊκές χώρες, οι εγκαταστάσεις αυτές δεν εξέχουν σημαντικά από το περίγραμμα του κτηρίου με αποτέλεσμα ο κίνδυνος από κεραυνικό πλήγμα να θεωρείται αμελητέος. Παρόλα αυτά για την ασφάλεια των ανθρώπων και την προστασία των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων και συσκευών, συνιστάται η εγκατάσταση αντικεραυνικής προστασίας στην εγκατάσταση μας.

Εάν το κτήριο μας διαθέτει σύστημα αντικεραυνικής προστασίας, τότε θα έπρεπε να εξετασθεί εάν καλύπτει τις απαιτήσεις του προτύπου που αφορούν τις φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις (ΕΛΟΤ EN 62305-3 & ΕΛΟΤ EN 62305-4). Η απόσταση ασφαλείας μεταξύ του φωτοβολταϊκού συστήματος και των αγωγών συλλογής και καθόδου του κεραυνικού ρεύματος θα πρέπει να είναι (0,5-1 μέτρο). Εφόσον τηρούνται οι παραπάνω αποστάσεις, θεωρούμε ότι το φωτοβολταϊκό σύστημα βρίσκεται εντός της περιοχής προστασίας της αντικεραυνικής προστασίας.

Στη περίπτωση μας όμως, το κτήριο δε διαθέτει σύστημα αντικεραυνικής προστασίας, άρα θα πρέπει να κατασκευαστεί σύμφωνα με τα πρότυπα των φωτοβολταϊκών συστημάτων.

Για τη προστασία του συστήματος από πιθανό κεραυνικό πλήγμα, θα χρησιμοποιήσουμε ειδικές ακίδες οι οποίες θα τοποθετηθούν πάνω στις μεταλλικές βάσεις. Η στήριξη των ακίδων θα γίνει με τη βοήθεια ειδικού σφιγκτήρα και θα τοποθετηθούν έτσι, ώστε η γωνία προστασίας να καλύπτει σχεδόν όλη τη ταράτσα.



4.3 Ακίδα σύλληψης κεραυνού

Οι ακίδα έχει διαστάσεις 10*300mm και είναι κατασκευασμένη από θερμά επιψευδαργυρωμένο χάλυβα. Η σύνδεση της ακίδας με το συλλεκτήριο αγωγό, γίνεται πάλι μέσω ειδικού σφιγκτήρα.

Στη συνέχεια θα πρέπει να εξασφαλίσουμε την ισοδυναμική σύνδεση των πλαισίων καθώς και των μεταλλικών βάσεων στήριξης. Το πλαίσιο των φωτοβολταϊκών πάνελ, είναι κατασκευασμένο από ανοδιωμένο αλουμίνιο για να έχει μεγάλη αντοχή στη διάβρωση. Η επαφή του ανοδιωμένου αλουμινίου με την μεταλλική βάση, δε μας εξασφαλίζει ηλεκτρική συνέχεια και αυτό μπορούμε εύκολα να το διαπιστώσουμε με τη βοήθεια ενός πολυμέτρου.

Η σύνδεση όλων των μεταλλικών επιφανειών της εγκατάστασης θα γίνει με χάλκινο αγωγό τύπου NYAF διατομής 16mm². Η στήριξη του αγωγού στις οπές των πλαισίων θα γίνει με κωσ οπής και με ανοξείδωτες βίδες και ανοξείδωτα περικόχλια.

Η σύνδεση των μεταλλικών μερών της εγκατάστασης θα συνδεθεί με τη διάταξη της γείωσης μέσω αγωγού από αλουμίνιο διατομής 50 mm². Ο λόγος που χρησιμοποιούμε αγωγό από αλουμίνιο και όχι από χαλκό είναι διότι το αλουμίνιο είναι οικονομικότερο από το χαλκό χωρίς να μειονεκτεί σε ηλεκτρικές ιδιότητες.

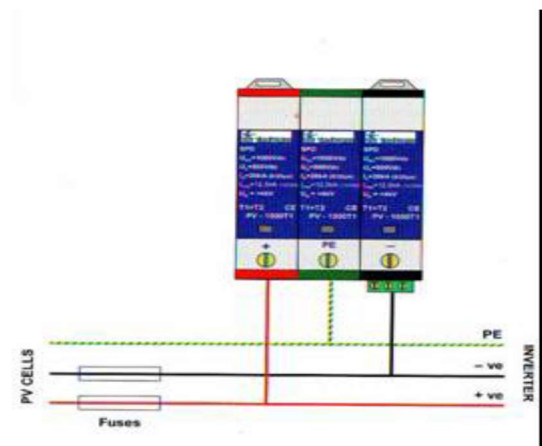
Εντός των ηλεκτρικών πινάκων AC και DC , θα τοποθετηθούν απαγωγοί κρουστικών υπερτάσεων της μορφής T1+T2.

Οι απαγωγοί κρουστικών υπερτάσεων τοποθετούνται πριν από τα μηχανήματα και τις συσκευές που θέλουμε να προστατέψουμε και έχουν σα στόχο τη μείωση του κρουστικού κύματος.

Η αρχή λειτουργίας τους είναι η εξής: ο κάθε απαγωγός κρουστικών υπερτάσεων , SPD, χαρακτηρίζεται σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας του , από μια πολύ υψηλή αντίσταση μεταξύ των άκρων του. Όταν στο δίκτυο που είναι συνδεδεμένος εφαρμοστεί μια κρουστική τάση με τιμή μεγαλύτερη από την τάση διάσπασης του SPD , βραχυκυκλώνει τα άκρα του σε χρόνο της τάξης ns, μειώνοντας έτσι τις διαφορές δυναμικού μεταξύ των ηλεκτρικά μονωμένων αγωγών και μεταξύ των γειωμένων μερών, σε στάθμη που πρέπει να είναι χαμηλότερη της διηλεκτρικής αντοχής των μονωτικών της εγκατάστασης, όπως αυτή ορίζεται στο Διεθνές πρότυπο IEC 60664-1. Η τάση αυτή ονομάζεται τάση προστασίας (Up) και είναι το βασικότερο κριτήριο επιλογής του SPD.



4.3.1 Απαγωγός κρουστικών υπερτάσεων DC



4.3.2 Συνδεσμολογία απαγωγού DC

Τεχνικά χαρακτηριστικά του απαγωγού DC

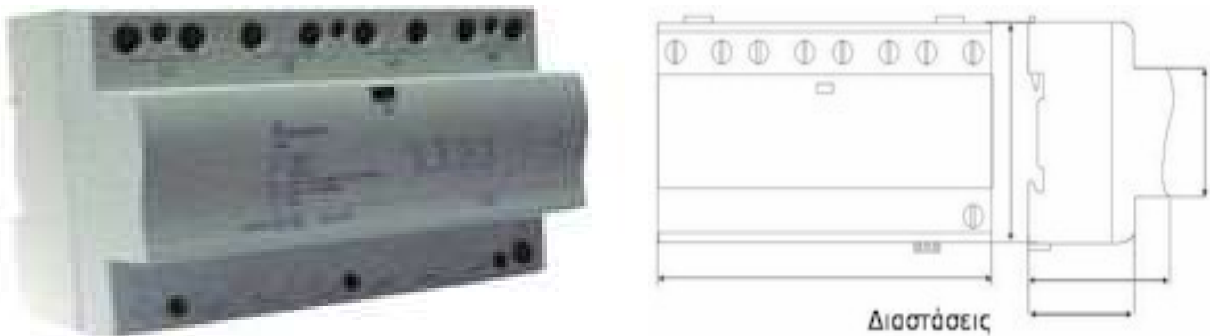
- Αριθμός πόλων: 3
- Σύνδεση πόλων L+ve,PE,L-ve
- Ονομαστική τάση δικτύου :UN 690V DC
- Μέγιστη τάση λειτουργίας: $U_c(L-GND)$ 1000V DC
- Μέγιστη τάση λειτουργίας: $U_c(L+ve,L-ve)$ 1000V DC
- Μέγιστη τάση λειτουργίας ενός στοιχείου: 500V DC
- I_{imp} , "class I" test, (10/350 μ s) 12,5kA
- I_{max} , "class II" test, (8/20 μ s) 40kA
- I_n , "class II" test, (8/20 μ s) 20kA
- U_p , (σε I_n) <4kV
- Κύριο κύκλωμα MOV(ημιαγωγός)
- Χρόνος απόκρισης, t_A <25ns
- Ικανότητα σε βραχυκύκλωμα: I_k 3kA/50Hz
- Διάταξη θερμικής απόζευξης: NAI
- Οπτική ένδειξη καλής λειτουργίας: NAI
- Διαστάσεις 90x64x52,5mm
- Υλικό κατασκευής περιβλήματος: Polycarbonated Halogen Free
- Θερμοκρασία Λειτουργίας: -40°C...+80 °C
- Πρότυπα EN 61643-11, IEC 61643-1
- Υποδοχή ακροδεκτών Έως 35mm²

Απαγωγός υπερτάσεων για το πίνακα AC.

Στο πίνακα του εναλλασσόμενου ρεύματος θα τοποθετηθεί τριφασικός απαγωγός κεραμικών ρευμάτων ημιαγωγικού τύπου κατασκευασμένος από βαρέως τύπου ημιαγωγούς οξειδίου του ψευδαργύρου σύνθετης στάθμης προστασίας T1+T2, παρέχει προστασία τόσο έναντι υψηλών κεραμικών ρευμάτων όσο και κρουστικών υπερτάσεων.

Η ικανότητα εκφόρτισης 100kA, 10/350μs 4 πόλων σε συνδυασμό με τη χαμηλή παραμένουσα τάση (<2kV), τον καθιστά κατάλληλο για χρήση πρωτεύουσας και δευτερεύουσας προστασίας.

Θα εγκατασταθεί στον κεντρικό πίνακα παροχής από το δίκτυο διανομής 230/400V, 50Hz. Έχει εργαστηριακά δοκιμαστεί κατά EN 61643-11.



4.3.4 Απαγωγός κρουστικών υπερτάσεων AC

Τεχνικά χαρακτηριστικά του απαγωγού AC

- Αριθμός πόλων: 4
- Σύνδεση πόλων: L1-N, L2-N, L3-N
- Ονομαστική τάση δικτύου: UN 230/400V,50Hz
- Μέγιστη τάση λειτουργίας: Uc 275V,50Hz,350V DC
- Μέγιστη τάση λειτουργίας: UMcOV 400V,50Hz,520V DC
- Μέγιστη τάση λειτουργίας ενός στοιχείου: 500V DC
- Iimp,"class I" test, (10/350μs)4πόλοι,1 πόλος 140kA,35kA
- Imax,"class II" test, (8/20μs),1 πόλος 200kA

- I_n , "class II" test, (8/20μs), 1 πόλος 20kA
- U_p , (σε I_n) <1,9kV
- Κύριο κύκλωμα: Ημιαγωγός L-N+σπινθηριστής N-PE
- Χρόνος απόκρισης: t_A <25ns(ημιαγωγός), <100ns (σπινθηριστής)
- Ικανότητα σε βραχυκύκλωμα, I_k 25kA/50Hz
- Διάταξη θερμικής απόξευξης: NAI
- Οπτική ένδειξη καλής λειτουργίας: NAI
- Διαστάσεις 90x64x140mm
- Υλικό κατασκευής περιβλήματος: Polycarbonated Halogen Free
- Θερμοκρασία Λειτουργίας -40oC...+80 oC
- Πρότυπα EN 61643-11, IEC 61643-1
- Υποδοχή ακροδεκτών Έως 35mm²

4.4 Ηλεκτρολογικός εξοπλισμός

Στον ηλεκτρολογικό εξοπλισμό περιλαμβάνονται όλα τα απαραίτητα ηλεκτρολογικά υλικά που θα χρησιμοποιήσουμε για την υλοποίηση της εγκατάστασης.

Τα υλικά χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

- Υλικά για τη DC πλευρά της εγκατάστασης
- Υλικά για την AC πλευρά της εγκατάστασης.

DC πλευρά

Στη DC πλευρά της εγκατάστασης περιλαμβάνονται οι αγωγοί συνεχούς ρεύματος που συνδέουν τις δύο στοιχειοσειρές των πάνελ με τον πίνακα του συνεχούς και τον πίνακα του συνεχούς με το μετατροπέα.

Για την επιλογή των αγωγών θα πρέπει να ανατρέξουμε στο τεχνικό φυλλάδιο των πάνελ.

Θα πρέπει οι αγωγοί που θα επιλέξουμε να αντέχουν σε τάση έως και 1000VDC.

Το μέγιστο ρεύμα που μπορεί να διαρρέει τον αγωγό είναι 10,41A. Θα επιλέξουμε αγωγό με διατομή 4mm², ο οποίος με βάση τους πίνακες του πρότυπου HD384 (τρόπος εγκατάστασης & θερμοκρασία περιβάλλοντος) υπολογίζεται ότι το μέγιστο ρεύμα που μπορεί να διαρρέει τον αγωγό των 4mm², χωρίς να του δημιουργήσει βλάβη είναι 16,33A.

Στη συνέχεια θα έπρεπε να υπολογιστεί η πτώση τάσης του αγωγού αλλά οι αποστάσεις είναι μικρές (μέγιστη 15μέτρα) και δε χρειάζεται να γίνει κάποιος υπολογισμός.

Στο πίνακα της DC πλευράς θα τοποθετηθούν οι ασφάλειες τήξεως των στοιχειοσειρών (4τεμ.) , οι απαγωγοί των κρουστικών υπερτάσεων (ένας για κάθε στοιχειοσειρά) καθώς και ένας διακόπτης φορτίου (4πλός) που θα αποσυνδέει το πίνακα από το μετατροπέα.

AC πλευρά

Στην AC πλευρά της εγκατάστασης , περιλαμβάνονται τα υλικά που θα συνδεθούν από την έξοδο του μετατροπέα και μετά. Σε αυτά περιλαμβάνονται οι αγωγοί , ο ηλεκτρικός πίνακας και οι αγωγοί που θα συνδεθούν με το μετρητή της ΔΕΗ.

Για να γίνει η επιλογή των υλικών θα πρέπει να γνωρίζουμε τη τάση και το ρεύμα εξόδου του μετατροπέα. Τα μεγέθη αυτά θα υπολογίζονται από το πρόγραμμα εξομοίωσης.

Το ρεύμα λειτουργίας ανά φάση υπολογίζεται σε 18,12A (με τη διόρθωση του 25%) και η πολική τάση σε 400V.

Η επιλογή της διατομής των αγωγών που θα συνδέσουν το μετατροπέα και τον ηλεκτρικό πίνακα του εναλλασσόμενου θα γίνει και πάλι με το κριτήριο του τρόπου εγκατάστασης τους καθώς και με τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος όπως ορίζει το πρότυπο HD 384. Και σε αυτή τη περίπτωση , δε θα ασχοληθούμε με τον υπολογισμό της πτώσης τάσεως , αφού η απόσταση του μετατροπέα και του πίνακα , είναι μόνο 3-4μέτρα.

Με βάση τους πίνακες, επιλέγουμε αγωγό με διατομή 6mm² , με μέγιστο ρεύμα λειτουργίας τα 34A.

Στον ηλεκτρικό πίνακα θα τοποθετηθούν: 1 τετραπολικός διακόπτης ονομαστικής ισχύος 25A, 3 αυτόματες ασφάλειες ισχύος 20A καθώς και ο τριφασικός απαγωγός κρουστικών υπερτάσεων. Επειδή ο μετατροπέας διαθέτει ενσωματωμένο ρελέ διαρροής, δεν κρίνεται απαραίτητη η τοποθέτηση επιπλέον ρελέ διαρροής εντός του πίνακα.

Τέλος για τη σύνδεση του πίνακα AC με το μετρητή της ΔΕΗ , θα χρησιμοποιηθούν αγωγοί διατομής 10mm². Η διατομή των 10mm², είναι η ελάχιστη που μας επιτρέπει η ΔΕΗ. Και εδώ ο υπολογισμός της πτώσης τάσης στον αγωγό είναι περιττός , αφού η απόσταση του πίνακα από το μετρητή της ΔΕΗ είναι λιγότερο από 15μέτρα.

4.5 ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΗΛΕΜΕΤΡΙΑΣ

Το σύστημα τηλεμετρίας αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι κάθε φωτοβολταϊκής εγκατάστασης ανεξαρτήτου ισχύος. Το σύστημα τηλεμέτρησης μπορεί να ειδοποιεί και να ενημερώνει τον ιδιοκτήτη της εγκατάστασης για την ορθή λειτουργία της. Μια πιθανή βλάβη του συστήματος αν δε γίνει άμεσα αντιληπτή μπορεί να κοστίσει στη παραγωγή ενέργειας. Ειδικά αν η εγκατάσταση βρίσκεται σε κάποια εξοχική κατοικία, η βλάβη μπορεί να εντοπιστεί με καθυστέρηση ακόμα και πολλών ημερών.

Η επικοινωνία του συστήματος με τον ιδιοκτήτη απαιτεί σύνδεση με το διαδίκτυο. Οι μετατροπείς μπορούν να συνδεθούν με το διαδίκτυο είτε με απευθείας σύνδεση μέσω του router ή αν πρόκειται για εξοχική κατοικία χωρίς σταθερή τηλεφωνική γραμμή, με χρήση κάρτας GSM modem. Ο ιδιοκτήτης λαμβάνει την ενημέρωση είτε σε ηλεκτρονικό υπολογιστή είτε σε κινητό τηλέφωνο.

Οι πληροφορίες που λαμβάνει ο ιδιοκτήτης, δε περιλαμβάνουν μόνο βλάβες και ειδοποιήσεις, αλλά και αναφορές σχετικά με τη παραγωγή ενέργειας. Μπορεί να έχει ενημέρωση σχετικά με τη τρέχουσα παραγωγή ενέργειας, την ημερήσια και εβδομαδιαία παραγωγή και πολλές άλλες παραμέτρους.

Στη δική μας εγκατάσταση, αφού πρόκειται για μόνιμη κατοικία η οποία διαθέτει σταθερή τηλεφωνική γραμμή, ο μετατροπέας θα συνδεθεί με το router της οικίας μέσω καλωδίου RJ45 μήκους 10μέτρων.



4.5 Οθόνη συστήματος τηλεμέτρησης

4.6 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Όπως κάθε ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός, έτσι και οι φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις χρειάζονται περιοδική συντήρηση. . Οι εγκαταστάσεις αυτές είναι διαρκώς εκτεθειμένες στις καιρικές συνθήκες και τα φυσικά φαινόμενα, με αποτέλεσμα τη μακροχρόνια καταπόνηση του ηλεκτρομηχανολογικού και λοιπού εξοπλισμού τους.

Η συντήρηση βοηθά στη σωστή και ασφαλή λειτουργία της εγκατάστασης καθώς και στην επιβράδυνση της γήρανσης των φωτοβολταϊκών στοιχείων , η οποία όπως έχουμε δει ευθύνεται για τη μείωση της απόδοσης τους. Όλες οι εταιρείες κατασκευής φωτοβολταϊκών συστημάτων προτείνουν τακτικούς ελέγχους των εγκαταστάσεων κάθε έξι μήνες.

Τα στάδια της συντήρησης περιλαμβάνουν μια σειρά από εργασίες οι οποίες είναι:

- Οπτικός έλεγχος όλης της εγκατάστασης. (Τριμηνιαίο ή και συχνότερα αν αυτό είναι δυνατόν).
- Εξαμηνιαίο έλεγχο όλων των συσφίξεων (μηχανολογικού και ηλεκτρολογικού εξοπλισμού).
- Έλεγχος συνδέσεων και καλωδιώσεων.
- Έλεγχος πινάκων και υποπινάκων χαμηλής τάσης AC/DC.
- Έλεγχος καλής λειτουργίας μετατροπέων.
- Έλεγχος λειτουργίας φωτισμού, συναγερμού, καμερών και τηλεμετρίας.
- Έλεγχος μετρητή ΔΕΗ.
- Μέτρηση ηλεκτρικών χαρακτηριστικών όλων των στοιχειοσειρών (DC είσοδος μετατροπέων).
- Μέτρηση ηλεκτρικών χαρακτηριστικών στην έξοδο AC (έξοδος μετατροπέων).
- Μέτρηση με ειδικό εξοπλισμό της αντίστασης γείωσης, της μόνωσης και της συνέχειας των υπόγειων αγωγών.
- Θερμική αποτύπωση όλου του εξοπλισμού με ειδική κάμερα για εξεύρεση τυχόν αστοχίας.
- Εξαμηνιαία λίπανση τυχόν κινούμενων μερών.
- Εξαμηνιαίος καθαρισμός όλου του εξοπλισμού.
- Εξαμηνιαία αντισκωριακή προστασία.
- Αλλαγή, όποτε εντοπισθούν, τυχόν φθαρμένων υλικών.

- Ετήσιες μετρήσεις αντίστασης καλωδίων.
- Ετήσιες μετρήσεις αντικεραυνικής προστασίας και μετρήσεις γειώσεων.
- Καθαρισμό Φ/Β πλαισίων με ειδικό εξοπλισμό.

Στην αγορά υπάρχουν εξειδικευμένες και πιστοποιημένες εταιρείες οι οποίες ασχολούνται με τη συντήρηση των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων. Η τακτική συντήρηση της εγκατάστασης και η ύπαρξη αντίστοιχου συμβολαίου συντήρησης από πιστοποιημένη εταιρεία εξειδικευμένου χαρακτήρα, επιβάλλεται από τις ασφαλιστικές εταιρείες προκειμένου αυτές να αποζημιώνουν τους πελάτες-ιδιοκτήτες φωτοβολταϊκών συστημάτων σε ενδεχόμενες βλάβες.



4.6 Συντήρηση φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων

Κεφάλαιο 5^ο

5.1 Υπολογισμός του κόστους εγκατάστασης

Στο σημείο αυτό θα αναλύσουμε το κόστος των υλικών και των εργασιών που απαιτούνται για την υλοποίηση της εγκατάστασης.

Για να μπορέσουμε να είμαστε όσο το δυνατόν πιο ακριβείς στον υπολογισμό του κόστους, θα υπολογίσουμε ξεχωριστά κάθε τμήμα της εγκατάστασης και στο τέλος θα τα αθροίσουμε.

Ο υπολογισμός των τμημάτων της εγκατάστασης θα είναι ο εξής:

1. Κόστος των φωτοβολταϊκών στοιχείων.
2. Κόστος μεταλλικών βάσεων στήριξης των φωτοβολταϊκών στοιχείων.
3. Κόστος του μετατροπέα (Inverter).
4. Κόστος του συστήματος γείωσης και αντικεραυνικής προστασίας.
5. Κόστος του απαραίτητου ηλεκτρολογικού εξοπλισμού.
6. Συνολικό κόστος εργασιών.

Τέλος θα υπολογίσουμε και ένα επιπλέον κόστος σε περίπτωση που συμβεί κάποιο απρόοπτο έξοδο, το οποίο δε μπορούμε να προβλέψουμε.

1.Κόστος των φωτοβολταϊκών στοιχείων

Τύπος	Μονάδα μέτρησης	Ποσότητα	Τιμή Μονάδος (με ΦΠΑ 24%)	Σύνολο (με ΦΠΑ 24%)
STP280-24/Vd	Τεμάχιο	36	350,00	12600,00

2.Κόστος μεταλλικών βάσεων στήριξης των φωτοβολταϊκών στοιχείων

Τύπος	Μονάδα μέτρησης	Ποσότητα	Τιμή Μονάδος (με ΦΠΑ 24%)	Σύνολο (με ΦΠΑ 24%)
Κανάλια εγκατάστασης, εξαρτήματα, βραχίονες, αγκύρια, χημικά αγκύρια, βίδες κ.α	Τεμάχιο	1	2500,00	2500,00

3.Κόστος του μετατροπέα (Inverter)

Τύπος	Μονάδα μέτρησης	Ποσότητα	Τιμή Μονάδος (με ΦΠΑ 24%)	Σύνολο (με ΦΠΑ 24%)
Kostal Piko 10.1	Τεμάχιο	1	2600,00	2600,00

4.Κόστος του συστήματος γείωσης και αντικεραυνικής προστασίας

Τύπος	Μονάδα μέτρησης	Ποσότητα	Τιμή Μονάδος (με ΦΠΑ 24%)	Σύνολο (με ΦΠΑ 24%)
Ράβδος γείωσης	Τεμάχιο	3	10,00	30,00
Σύνδεσμοι αγωγών με τις ράβδους γείωσης	Τεμάχιο	3	2,00	6,00
Αγωγός χαλκού 25mm ²	Κιλά	4	14,00	56,00
Αγωγός αλουμινίου 50mm ²	Κιλά	4	9,00	36,00
Ακίδες σύλληψης	Τεμάχιο	4	16,00	64,00
Απαγωγός κρουστικών υπερτάσεων T1+T2 - DC	Τεμάχιο	2	260,00	520,00
Απαγωγός κρουστικών υπερτάσεων T1+T2 - AC	Τεμάχιο	1	670,00	670,00
Αγωγός NYAF 16mm ²	Μέτρα	50	1,80	90,00
Μικρούλικά (σύνδεσμοι, στηρίγματα, κώσ οπής, περικόχλια κ.α)	*	*	*	150,00
Σύνολο				1622,00

5.Κόστος του απαραίτητου ηλεκτρολογικού εξοπλισμού

Τύπος	Μονάδα μέτρησης	Ποσότητα	Τιμή Μονάδος (με ΦΠΑ 24%)	Σύνολο (με ΦΠΑ 24%)
Ηλεκτρολογικός πίνακας	Τεμάχιο	2	30,00	60,00
Διακόπτης φορτίου 4X32A	Τεμάχιο	1	130,00	130,00
Ασφαλειοθήκη & Φυσίγγια	Τεμάχιο	4	4,00	16,00
Αυτόματες ασφάλειες 20A	Τεμάχιο	3	4,00	12,00
Διακόπτης φορτίου 25A	Τεμάχιο	1	10,00	10,00
Αγωγός συνεχούς ρεύματος 4mm ² μαύρος	Μέτρα	30	1,20	36,00
Αγωγός συνεχούς ρεύματος 4mm ² κόκκινος	Μέτρα	30	1,20	36,00
Αγωγός NYΥ 5X6mm ²	Μέτρα	4	3,50	14,00
Αγωγός NYΥ 5X10mm ²	Μέτρα	18	5,00	90,00
Σωλήνα Spiral βαρέως τύπου Φ32	Μέτρα	10	1,20	12,00

Σωλήνα Spiral βαρέως τύπου Φ16	Μέτρα	60	0,60	36,00
Μικρούλικά (βίδες, παξιμάδια, ροδέλες, βύσματα, μούφες, σωλήνες κ.α)	*	*	*	90,00
Σύνολο				542,00

6.Συνολικό κόστος εργασιών

Το συνολικό κόστος των εργασιών αποτελείται από το κόστος των εργασιών για τη συναρμολόγηση των μεταλλικών βάσεων στήριξης και την τοποθέτηση σε αυτές των φωτοβολταϊκών πλαισίων, καθώς και από τις απαιτούμενες ηλεκτρολογικές εργασίες και μελέτες.

- Το κόστος για τη συναρμολόγηση των μεταλλικών βάσεων στήριξης ανέρχεται στα **1240,00euro (με το ΦΠΑ)**.
- Το κόστος όλων των απαιτούμενων ηλεκτρολογικών εργασιών και της μελέτης ανέρχεται στα **2232,00euro (με το ΦΠΑ)**.

Συνολικό κόστος εγκατάστασης

Αθροίζοντας τα παραπάνω επιμέρους κόστη καταλήγουμε στο συνολικό κόστος της εγκατάστασης το οποίο ανέρχεται στις **25.000,00euro (με το ΦΠΑ)**. Στο κόστος της εγκατάστασης έχουμε υπολογίσει και ένα επιπλέον ποσό για τυχόν απρόβλεπτα έξοδα. Επίσης το κόστος της συντήρησης της εγκατάστασης για τα 25έτη λειτουργίας υπολογίζεται περίπου στα **5.000,00euro (με το ΦΠΑ)**.

5.2 Κερδοφορία της εγκατάστασης

Για να μπορέσουμε να υπολογίσουμε τη κερδοφορία της εγκατάστασης , καθώς και το χρόνο απόσβεσης της επένδυσης, θα πρέπει να έχουμε υπόψη μας τα εξής:

Η διάρκεια της σύμβασης του ιδιοκτήτη της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης και της ΔΕΗ ορίζεται στα 25 χρόνια. Η τιμή της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από το φωτοβολταϊκό σύστημα ορίζεται στα 0,55ευρώ/Kwh. Η τιμή αυτή μειώνεται κατά 5% ετησίως.

Από το φυλλάδιο των φωτοβολταϊκών στοιχείων σύμφωνα με την κατασκευάστρια εταιρεία η απόδοση των φωτοβολταϊκών πάνελ μειώνεται στο 95% της απόδοσης τους στα 5 έτη, στο 90% στα 12έτη , στο 85% στα 20έτη και στο 80% στα 25έτη.

Με βάση τα παραπάνω κάνουμε τους παρακάτω υπολογισμούς:

Έτος	Απόδοση πάνελ %	Παραγωγή Kwh/Χρόνο	Τιμή Kwh	Έσοδα/Χρόνο
1ος Χρόνος	100	16660	0,550 €	9.163,00 €
2ος Χρόνος	99	16493,4	0,523 €	8.617,80 €
3ος Χρόνος	98	16326,8	0,496 €	8.104,22 €
4ος Χρόνος	97	16160,2	0,472 €	7.620,44 €
5ος Χρόνος	96	15993,6	0,448 €	7.164,79 €
6ος Χρόνος	95	15827	0,426 €	6.735,65 €
7ος Χρόνος	94	15660,4	0,404 €	6.331,51 €
8ος Χρόνος	93	15493,8	0,384 €	5.950,94 €
9ος Χρόνος	92	15327,2	0,365 €	5.592,61 €
10ος Χρόνος	91	15160,6	0,347 €	5.255,23 €
11ος Χρόνος	90	14994	0,329 €	4.937,60 €
12ος Χρόνος	89	14827,4	0,313 €	4.638,60 €
13ος Χρόνος	88	14660,8	0,297 €	4.357,16 €
14ος Χρόνος	87	14494,2	0,282 €	4.092,27 €
15ος Χρόνος	86	14327,6	0,268 €	3.842,97 €
16ος Χρόνος	85	14161	0,255 €	3.608,37 €
17ος Χρόνος	84	13994,4	0,242 €	3.387,62 €
18ος Χρόνος	83	13827,8	0,230 €	3.179,93 €
19ος Χρόνος	82	13661,2	0,218 €	2.984,53 €
20ος Χρόνος	81	13494,6	0,208 €	2.800,73 €
21ος Χρόνος	80	13328	0,197 €	2.627,85 €
22ος Χρόνος	80	13328	0,187 €	2.496,45 €
23ος Χρόνος	80	13328	0,178 €	2.371,63 €
24ος Χρόνος	80	13328	0,169 €	2.253,05 €
25ος Χρόνος	80	13328	0,161 €	2.140,40 €

ΣΥΝΟΛΑ		368186Kwh		120.255,33 €
---------------	--	------------------	--	---------------------

Από το παραπάνω πίνακα βλέπουμε ότι η απόσβεση της επένδυσης προβλέπεται να γίνει στα πρώτα 4 με 4,5 χρόνια περίπου και η επένδυση να αποφέρει καθαρά κέρδη στον επενδυτή περίπου **90.000,00€** (μαζί με το ΦΠΑ) σε σύνολο 25χρόνων.

5.3 Εξοικονόμηση ενέργειας

Για να μπορέσουμε να υπολογίσουμε την εξοικονόμηση ενέργειας και τα περιβαλλοντικά οφέλη που θα έχει η εγκατάσταση, αρκεί να αναλογιστούμε ότι **1Kwh** φωτοβολταϊκών αποτρέπει κάθε χρόνο την έκλυση **1,4 τόνων** διοξειδίου του άνθρακα (CO₂). Χρειάζονται **1,5m² δάσους** ή **περίπου 75 δέντρα** για να απορροφήσουν αυτή την ποσότητα CO₂.

Για να παραχθεί η ίδια ηλεκτρική ενέργεια με πετρέλαιο, απαιτούνται 2,2 βαρέλια πετρελαίου κάθε χρόνο. Από περιβαλλοντική άποψη, αποφεύγοντας 1.400 κιλά CO₂ ετησίως είναι σαν να κάνει ένα μέσο αυτοκίνητο 7.000 χιλιόμετρα λιγότερα κάθε χρόνο.

Βάση των παραπάνω αναλογιστούμε τα οφέλη της παραγωγής **368.186Kwh** στο διάστημα των 25ετών της εγκατάστασης. Η παραγωγή αυτή αντιστοιχεί στην έκλυση **515.460τόνων CO₂** των οποίων η απορρόφηση θα ήθελε περίπου **27.000.000 δέντρα**

Για το λόγο αυτό η πολιτεία θα πρέπει να διευκολύνει και να ενθαρρύνει τους καταναλωτές να στραφούν σε τέτοιου είδους επενδύσεις-εγκαταστάσεις.

Βιβλιογραφία

- Σημειώσεις «Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας Ενότητα 2 Φωτοβολταϊκά» Τσιόλης Σπύρος ΑΕΙ Πειραιά ΤΤ , Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών
- Πτυχιακή εργασία Γεωργίου Μουστάκα “Μελέτη εφαρμογής διασυνδεδεμένου φωτοβολταϊκού συστήματος ισχύος 10Κwp , σε δώμα”
- «Προστασία από υπερτάσεις Ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συστημάτων» ΕΛΕΜΚΟ.
- Πρότυπο Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων HD 384.
- Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 62446:2009 «Ελάχιστες απαιτήσεις φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων».
- «Φωτοβολταϊκά, ένας πρακτικός οδηγός» Σύνδεσμος εταιρειών φωτοβολταϊκών.
- «Οδηγός Μελέτης και Υλοποίησης Φωτοβολταϊκών Έργων» ΤΕΕ Τμήμα κεντρικής Μακεδονίας.
- «Οδηγίες για την εγκατάσταση φ/β συστημάτων σε κτηριακές εγκαταστάσεις» Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας ΚΑΠΕ.
- Εγχειρίδιο εγκατάστασης Kostal Piko.
- Εγχειρίδιο εγκατάστασης Suntech.

Λογισμικά

- Word 2013
- Excel 2013
- Visio 2013
- Pvsyst V6.61

