



ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ

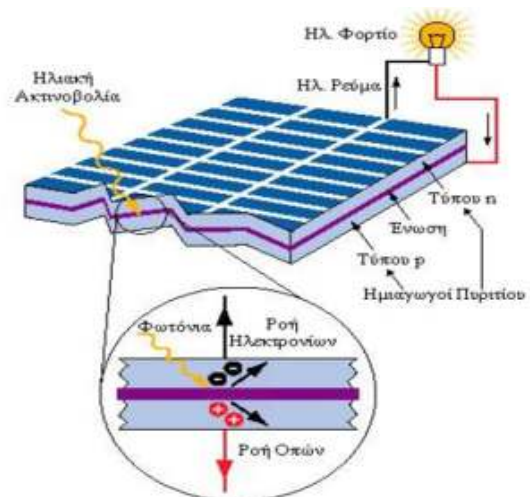
ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ:
**«ΑΥΤΟΝΟΜΗ ΚΑΛΥΨΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΤΟΥ
ΚΤΙΡΙΟΥ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΤΟΥ Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ ΑΠΟ
ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ»**

Επιβλέπων καθηγητής:
Μαλατέστας Παντελής

Ονοματεπώνυμο:
Κουσιάδης Δημήτριος

Αριθμός Μητρώου:
36020



Αιγάλεω 2012

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευχαριστίες.....	5
Περίληψη.....	7
Εισαγωγή.....	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο: Ο ΗΛΙΟΣ ΚΑΙ Η ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ.....	11
1.1: Εισαγωγή.....	11
1.2: Ήλιος.....	11
1.3: Ηλιακή ενέργεια.....	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο: Η ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ... 14	14
2.1: Εισαγωγή.....	14
2.2: Πυρίτιο.....	14
2.3: Φωτοβολταϊκό φαινόμενο.....	16
2.4: Ιστορική αναδρομή.....	18
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο: ΤΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ (Φ/Β) ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ.....	21
3.1: Εισαγωγή.....	21
3.2: Φωτοβολταϊκά πλαίσια.....	21
3.2.1: Μονοκρυσταλλικά πλαίσια πυριτίου (sc-Si).....	22
3.2.2: Πολυκρυσταλλικά πλαίσια πυριτίου (mc-Si).....	23
3.2.3: Υβριδικά πλαίσια.....	24
3.2.4: Εύκαμπτα πλαίσια.....	24
3.2.5: Λεπτών επιστρώσεων (thin films).....	24
3.3: Βάσεις στήριξης.....	27
3.3.1: Σταθερές βάσεις.....	27
3.3.2: Κινούμενες βάσεις (trackers).....	28
3.4: Ρυθμιστές φόρτισης.....	28
3.5: Αντιστροφείς.....	29
3.5.1: Ιστορική αναδρομή αντιστροφέων.....	30
3.5.2: Κατηγορίες αντιστροφέων.....	30
3.5.3: Αντιστροφείς ανάλογα το σύστημα.....	30
3.6: Συσσωρευτές.....	32
3.6.1: Ιστορία της μπαταρίας.....	32
3.6.2: Γενικές πληροφορίες για τις μπαταρίες.....	34
3.7: Καλώδια.....	36
3.8: Γείωση.....	37
3.8.1: Είδη γειώσεων.....	37
3.8.2: Μέθοδοι προστασίας εγκαταστάσεων.....	38
3.9: Αντικεραυνική προστασία.....	39
3.9.1: Κεραυνός.....	39
3.9.2: Αλεξικέραυνο.....	40
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο: ΟΙ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΚΑΙ ΟΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ.....	42
4.1: Εισαγωγή.....	42
4.2: Αυτόνομα.....	42
4.3: Διασυνδεδεμένα.....	43
4.4: Υβριδικά.....	44

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο: ΟΙ ΤΡΟΠΟΙ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ.....	45
5.1: Εισαγωγή.....	45
5.2: Συνδεσμολογία σειράς.....	45
5.3: Συνδεσμολογία παράλληλη.....	46
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο: ΤΑ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΤΑ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ.....	47
6.1: Εισαγωγή.....	47
6.2: Πλεονεκτήματα.....	47
6.3: Μειονεκτήματα.....	47
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο: ΤΟ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΟ ΖΕΥΓΟΣ (Η/Ζ).....	48
7.1: Εισαγωγή.....	48
7.2: Βασικά μέρη Η/Ζ.....	48
7.2.1: Γεννήτρια.....	49
7.2.2: Κινητήρας.....	53
7.2.3: Πίνακας ελέγχου και μεταγωγής.....	54
7.2.4: Βάση στήριξης.....	55
7.3: Ισχύς και φόρτισης Η/Ζ.....	55
7.4: Τρόποι λειτουργίας Η/Ζ.....	55
7.5: Συντήρηση Η/Ζ.....	56
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο: Η ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ.....	58
Άρθρο 1.....	58
Άρθρο 2.....	59
Άρθρο 10.....	60
Άρθρο 4.....	60
Άρθρο 5.....	61
Άρθρο 6.....	62
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο: Η ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ.....	64
Α' μέρος: τεχνικό κομμάτι της μελέτης.....	64
Β' μέρος: οικονομικό κομμάτι της μελέτης.....	85
Λεξιλόγιο.....	87
Βιβλιογραφία.....	89

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Οφείλω να ευχαριστήσω θερμά για την πολύτιμη βοήθεια που μου προσέφεραν, στα πλαίσια της παρούσας πτυχιακής μου εργασίας και όχι μόνο:

Τον καθηγητή κ. Μαλατέστα Παντελή, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, δίνοντάς μου τη δυνατότητα να εκπονήσω την πτυχιακή μου εργασία.

Την Τεχνική Υπηρεσία του Δήμου Μοσχάτου – Ταύρου, για την σημαντική βοήθεια που μου προσέφερε.

Τους συμφοιτητές μου, που πορευτήκαμε μαζί και περάσαμε τόσα σπουδαία πράγματα όλα αυτά τα εξάμηνα.

Την οικογένειά μου, για την ηθική και οικονομική συμπαράσταση καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία, μελετά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκούς συλλέκτες. Πιο συγκεκριμένα, αναφέρεται στην αυτόνομη κάλυψη ενεργειακών αναγκών ενός δημόσιου κτιρίου που σκοπό έχει να ανεξαρτητοποιηθεί, ενεργειακά, από το εθνικό δίκτυο. Επίσης, έχει προβλεφθεί να υπάρχει και εφεδρική πηγή ηλεκτρικής ενέργειας, σε περίπτωση αυξημένης ζήτησης ή καιρικών εκπλήξεων.

Στο πρώτο κεφάλαιο, παρουσιάζεται ο ήλιος ως η σημαντικότερη πηγή ενέργειας πάνω στη Γη. Αρχικά, γίνεται μια αναφορά στο μέγεθός του και στη διαδικασία παραγωγής ενέργειας από αυτόν. Έπειτα, αναφέρεται στην ηλιακή ενέργεια, η οποία βοήθησε τον άνθρωπο στα πρώτα βήματα της ζωής του και στη μετέπειτα εξέλιξή του.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, παρουσιάζεται το θεωρητικό υπόβαθρο της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας. Αρχικά, γίνεται μια αναφορά στο πυρίτιο, ως η πλέον κατάλληλη πρώτη ύλη, παραγωγής φωτοβολταϊκών στοιχείων. Στη συνέχεια, εξηγείται το τι ακριβώς είναι το φωτοβολταϊκό φαινόμενο και πως δημιουργείται. Τέλος, γίνεται μια ιστορική αναδρομή στην εξέλιξη των φωτοβολταϊκών ως σήμερα.

Στο τρίτο κεφάλαιο, παρουσιάζονται αναλυτικά τα είδη των φωτοβολταϊκών πλαισίων καθώς και τα βασικά μέρη ενός φωτοβολταϊκού συστήματος. Επίσης, γίνεται αναφορά και στα μέτρα προστασίας και ασφάλειας από εξωγενείς παράγοντες.

Στο τέταρτο κεφάλαιο, παρουσιάζονται οι κατηγορίες των φωτοβολταϊκών συστημάτων καθώς και οι εφαρμογές ορισμένων από αυτών. Επιπροσθέτως, υπάρχουν μπλοκ διαγράμματα που δείχνουν την πορεία της ηλεκτρικής ενέργειας μέχρι τον τελικό αποδέκτη.

Στο πέμπτο κεφάλαιο, παρουσιάζονται οι τρόποι σύνδεσης των φωτοβολταϊκών. Επίσης, υπάρχει αναλυτικό τυπολόγιο μεγεθών καθώς και χαρακτηριστικές ρεύματος – τάσης, ξεχωριστά για κάθε περίπτωση.

Στο έκτο κεφάλαιο, παρουσιάζονται τα θετικά και τα αρνητικά σημεία των φωτοβολταϊκών συστημάτων.

Στο έβδομο κεφάλαιο, παρουσιάζεται το ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος. Αρχικά, περιγράφονται λεπτομερώς τα μέρη του. Στην πορεία, αναλύονται η ισχύς, η φόρτιση και οι τρόποι λειτουργίας του. Εν τέλει, ακολουθεί η διαδικασία της συντήρησής του.

Στο όγδοο κεφάλαιο, παρουσιάζεται ένα μέρος από τη νομοθεσία σχετικά με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Στο ένατο κεφάλαιο, παρουσιάζεται αναλυτικά η τεχνοοικονομική μελέτη. Αυτή χωρίζεται σε δυο μέρη. Το πρώτο μέρος είναι το τεχνικό κομμάτι που δείχνει την εύρεση της τοποθεσίας, την τοποθέτηση του φωτοβολταϊκού εξοπλισμού και τις αναλυτικές μετρήσεις μεγεθών. Το δεύτερο μέρος είναι το οικονομικό κομμάτι που δείχνει αναλυτικά το κοστολόγιο της εγκατάστασης και τον τρόπο βιωσιμότητας της επένδυσης.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τις τελευταίες δεκαετίες η ενεργειακή κρίση γίνεται όλο και πιο εμφανής στην καθημερινότητα των ανθρώπων. Έτσι, οι ζωές τους εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από αυτήν, άμεσα ή έμμεσα. Τα αποθέματα πετρελαίου λιγοστεύουν με γοργούς ρυθμούς, ενώ η ζήτηση αυξάνεται κατακόρυφα. Παράλληλα, η κλιματική αλλαγή έχει μερίδιο ευθύνης για τις φυσικές καταστροφές σ' όλο τον πλανήτη. Επίσης, η συνεχής μόλυνση του περιβάλλοντος και η χρήση συμβατικών μορφών ενέργειας, έχουν αφυπνίσει κάποιους να ερευνήσουν, να στραφούν και να επενδύσουν σε εναλλακτικές μορφές ενέργειας, οι οποίες είναι φιλικές προς το περιβάλλον και τον άνθρωπο.

Τη λύση στο ενεργειακό πρόβλημα έρχονται να δώσουν οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, οι οποίες μπαίνουν δυναμικά στο παιχνίδι της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Ως ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (α.π.ε.) ή αλλιώς ήπιες μορφές ενέργειας (η.μ.ε.), νοούνται εκείνες που από τη φύση τους ανανεώνονται και είναι διαρκώς και ασταμάτητα διαθέσιμες σε άφθονη ποσότητα και δεν πρόκειται να παύσουν να υπάρχουν (ανεξάντλητες). Αυτές είναι η ηλιακή, η αιολική, η γεωθερμική, η κυματική, η παλιρροιακή, η υδροδυναμική καθώς και η ενέργεια από βιομάζα.

Για πολλές χώρες, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αποτελούν μια σημαντική εγχώρια πηγή ενέργειας, με μεγάλες δυνατότητες ανάπτυξης σε τοπικό και εθνικό επίπεδο. Συνεισφέρουν σημαντικά στο ενεργειακό ισοζύγιο, συμβάλλοντας στη μείωση της εξάρτησης από το ακριβό και εισαγμένο πετρέλαιο. Παράλληλα, συντελούν και στην προστασία του περιβάλλοντος, καθώς έχει διαπιστωθεί ότι ο ενεργειακός τομέας είναι ο πρωταρχικός υπεύθυνος για τη ρύπανση του περιβάλλοντος. Πράγματι, σχεδόν το 95% της ατμοσφαιρικής ρύπανσης οφείλεται στην παραγωγή και τη χρήση των συμβατών καυσίμων (άνθρακας και πετρέλαιο).

Η χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι αναγκαία και εφικτή, διότι θα υπάρχουν για πολύ καιρό ακόμη, αλλά η εκμετάλλευσή τους θα πρέπει να γίνεται με σεβασμό προς το περιβάλλον. Έτσι θα επιβραδύνουμε τη φυσική εξέλιξη, του πλανήτη μας.

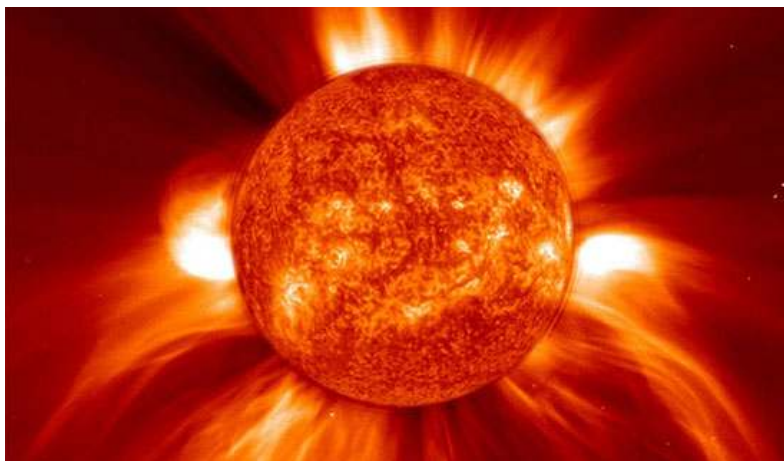
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο: Ο ΗΛΙΟΣ ΚΑΙ Η ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

1.1: Εισαγωγή

Από τους ανανεώσιμους ενεργειακούς πόρους και συγκεκριμένα ο ήλιος και η ενέργεια που απορρέει από αυτόν, ηλιακή ενέργεια, μπορεί να θεωρηθεί η βασικότερη και η σημαντικότερη μορφή ενέργειας πάνω στη Γη.

1.2: Ήλιος

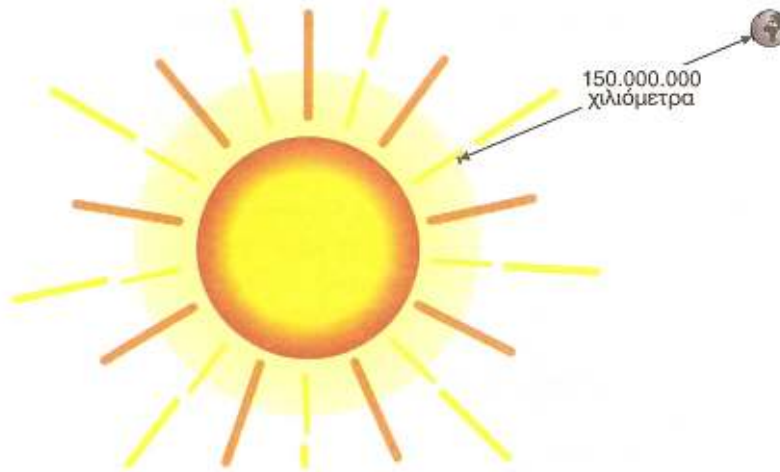
Ο ήλιος είναι ένα ουράνιο σώμα – αστέρι μεσαίου μεγέθους – του γαλαξία μας. Δώδεκα πλανήτες μεταξύ των οποίων και η Γη μας περιστρέφονται γύρω από αυτόν με μια θαυμαστή και αδιάκοπη αρμονία.



Μια άποψη του ήλιου

Το μέγεθός του είναι πράγματι, σε σχέση με της Γης, πολύ μεγάλο. Η διάμετρος του είναι 1.390.000 χιλιόμετρα, ενώ της Γης μόλις 12.700. Δηλαδή, η διάμετρος του ήλιου είναι 110 περίπου φορές μεγαλύτερη της Γης.

Ο ήλιος εκπέμπει ηλιακή ακτινοβολία προς όλες τις κατευθύνσεις. Καταλαβαίνει έτσι κανείς πως, ένα πολύ μικρό ποσοστό (μόλις ένα στα δυο δισεκατομμύρια) από τις ακτίνες του προσπίπτουν στη Γη, ενώ το υπόλοιπο ταξιδεύει προς άλλους πλανήτες και γαλαξίες. Τα 150 εκατομμύρια χιλιόμετρα που διανύουν οι λιγότερες ακτίνες, οι οποίες έχουν κατεύθυνση προς τη Γη, δε φαίνεται να επηρεάζουν καθόλου το ταξίδι ως εδώ, διότι η μετάδοσή τους γίνεται μέσω καθαρού και χωρίς απώλειες διαστημικού χώρου.



Σχέση μεγέθους Ηλίου και Γης

Ο ήλιος αποτελείται κυρίως από Υδρογόνο (H_2) και Ήλιο (He). Το υδρογόνο αποτελεί το κύριο καύσιμο για τις θερμοπυρηνικές αντιδράσεις του πυρήνα του, παράγοντας την ενέργεια που ακτινοβολεί, ενώ το ήλιο είναι το προϊόν της πυρηνικής σύντηξης του υδρογόνου. Για να παραχθεί αυτή η ενέργεια χρειάζεται μια σειρά από πυρηνικές αντιδράσεις. Αυτή η διαδικασία λέγεται κύκλος του υδρογόνου. Σε κάθε κύκλο, τέσσερις πυρήνες υδρογόνου μετατρέπονται σε έναν πυρήνα ηλίου, παράγοντας έτσι 26,2 εκατομμύρια ηλεκτρονιοβόλτ (eV). Εκατομμύρια τόνοι υδρογόνου κάθε δευτερόλεπτο μετατρέπονται σε ήλιο, παράγοντας ασύλληπτα ποσά ενέργειας και διατηρώντας την επιφανειακή θερμοκρασία του ήλιου στους $6.000^\circ K$ ($5.727^\circ C$) περίπου, ενώ στον πυρήνα του φθάνει τους 20 εκατομμύρια $^\circ K$.

Ο ήλιος αποτελεί μια τεράστια και ανεξάντλητη πηγή ενέργειας που η εκμετάλλευσή μόνο του 0,05% αυτής είναι αρκετή να καλύψει κάθε ενεργειακή ανάγκη της ανθρωπότητας.

1.3: Ηλιακή ενέργεια

Η ηλιακή ενέργεια είναι μια μορφή ενέργειας που βοήθησε τον άνθρωπο από την πρώτη κιόλας στιγμή της ύπαρξής του στη Γη. Το κρύο κατά τη διάρκεια της νύκτας, η υγρασία και το σκοτάδι μείωναν, φυσιολογικά, τις ενέργειες του ανθρώπου στο ελάχιστο.

Όμως οι πρώτες ακτίνες του ήλιου που έπεφταν πάνω στη Γη δρούσαν και θα συνεχίσουν να δρουν με έναν ευεργετικό τρόπο, τόσο για τον άνθρωπο όσο και για την υπόλοιπη πλάση.

Η θέρμανση, η φωτοσύνθεση, ο άνεμος, τα κύματα είναι αποτελέσματα της ηλιακής ενέργειας. Ο άνθρωπος γνωρίζοντας σιγά – σιγά τις ευεργετικές επιδράσεις του ήλιου, έφτασε σε σημείο να τον θεοποιήσει κιόλας.

Στη φύση συμβαίνουν με μαθηματική ακρίβεια ορισμένα φαινόμενα εδώ και εκατομμύρια χρόνια. Πραγματοποιείται ένας θαυμαστός κύκλος, μια αλυσίδα γεγονότων, που επιτρέπει τη ζωή στη Γη. Σ' αυτή την αλληλουχία των διαδοχικών γεγονότων ο ήλιος παίζει τον καθοριστικότερο ρόλο και φαίνεται ότι είναι η γενεσιουργός αιτία ύπαρξης πολλών από τους υπόλοιπους ανανεώσιμους ενεργειακούς πόρους.

Το παρακάτω σχήμα μας δείχνει τον τρόπο με τον οποίον η ηλιακή ενέργεια ταξιδεύει από τον Ήλιο στη Γη και πως αυτή «μεταμορφώνεται» σε διαφορετικές μορφές μέσα στην ατμόσφαιρα ή επάνω στη στην επιφάνεια της Γης.



Η μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε διάφορες μορφές Α.Π.Ε.

- Το 30% δεν φτάνει ποτέ στη Γη, αλλά ανακλάται και ταξιδεύει προς το διάστημα.
- Το 45% ζεσταίνει την επιφάνεια της Γης, την ατμόσφαιρα και τις θάλασσες.
- Το 23% χρησιμοποιείται στον υδρολογικό κύκλο.
- Το 1% συμβάλλει στη δημιουργία και στον καθορισμό της πορείας των ανέμων.
- Το 1% απορροφάται από τα δένδρα και τα φυτά της Γης, ώστε να πραγματοποιηθεί η φωτοσύνθεση.

Η παραγόμενη ενέργεια που φθάνει στη Γη είναι ένα ασήμαντο ποσοστό, της τάξης των 1.370 W/m^2 στα όρια της ατμόσφαιρας. Μέρος της ακτινοβολίας απορροφάται από την ατμόσφαιρα και στην επιφάνεια της Γης φθάνει ακτινοβολία περίπου 1.000 W/m^2 . Τελικά, αυτή είναι που ορίζει τις συνθήκες που επιτρέπουν τη δημιουργία και διατήρηση της ζωής. Οπότε, είναι σκόπιμο να χρησιμοποιούμε την ηλιακή ενέργεια, μιας και μας δίνεται απλόχερα από τον ήλιο, προς όφελος μας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο: Η ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ

2.1: Εισαγωγή

Για να κατανοήσουμε καλύτερα τη φωτοβολταϊκή τεχνολογία θα πρέπει να αναφέρουμε πρώτα λίγα λόγια για το πυρίτιο και τι είναι το φωτοβολταϊκό φαινόμενο. Επίσης, θα κάνουμε και μια ιστορική αναδρομή σ' αυτή.

2.2: Πυρίτιο

Γενικά, στη φύση υπάρχουν υλικά τα οποία ανάλογα με τα ηλεκτρικά τους χαρακτηριστικά χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες, τους αγωγούς του ηλεκτρικού ρεύματος, τους μονωτές και τους ημιαγωγούς. Ένας ημιαγωγός έχει την ιδιότητα να μπορεί να ελεγχθεί την ηλεκτρική του αγωγιμότητα είτε μόνιμα είτε δυναμικά. Ο περισσότερο γνωστός ημιαγωγός είναι το πυρίτιο (Si).

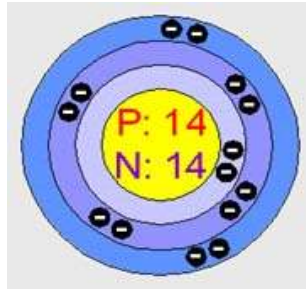


Το πυρίτιο στη φύση

Το πυρίτιο είναι ίσως το μοναδικό υλικό που επεξεργάζεται τόσο μαζικά για την κατασκευή φωτοβολταϊκών στοιχείων. Σήμερα, αποτελεί την πρώτη ύλη για το 90% της αγοράς των φωτοβολταϊκών.

Το χαρακτηριστικό στοιχείο ενός ημιαγωγού που το διαφοροποιεί από τα υπόλοιπα υλικά είναι ο αριθμός των ηλεκτρονίων ενός ατόμου που βρίσκεται στην εξωτερική του στιβάδα (σθένους).

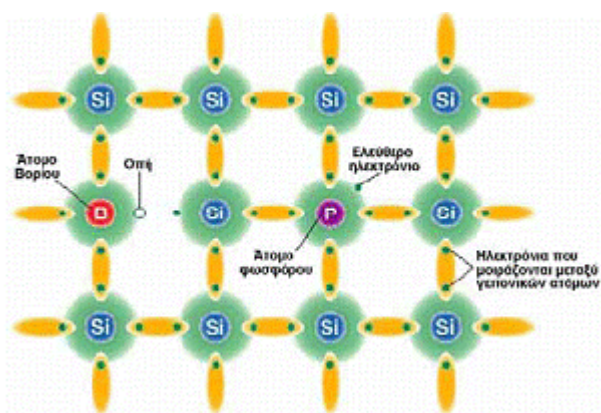
Το πυρίτιο έχει ατομικό αριθμό 14 και έχει στην εξωτερική του στιβάδα 4 ηλεκτρόνια. Όλα τα άτομα που έχουν λιγότερα ή περισσότερα ηλεκτρόνια στην εξωτερική στιβάδα ψάχνουν άλλα άτομα με τα οποία μπορούν να ανταλλάξουν ηλεκτρόνια ή να μοιραστούν κάποια με σκοπό τελικά, να αποκτήσουν συμπληρωμένη εξωτερική στιβάδα σθένους, δηλαδή 8 ηλεκτρόνια.



Ηλεκτρονικές στιβάδες πυριτίου

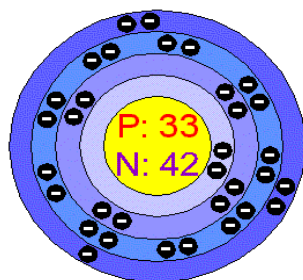
Σ' αυτή την τάση οφείλεται και η κρυσταλλική δομή του πυριτίου, αφού όταν συνυπάρχουν πολλά άτομα μαζί διατάσσονται με τέτοιο τρόπο ώστε να συνεισφέρουν ηλεκτρόνια με όλα τα γειτονικά τους άτομα. Τελικά μ' αυτόν τον τρόπο αποκτούν μια συμπληρωμένη εξωτερική στιβάδα και κρυσταλλική δομή. Αυτή είναι η καθοριστική ιδιότητα που έχουν τα κρυσταλλικά υλικά. Στην κρυσταλλική του δομή όμως το πυρίτιο είναι σταθερό. Δεν έχει ανάγκη ούτε να προσθέσει ούτε να διώξει ηλεκτρόνια, κάτι που ουσιαστικά του δίνει ηλεκτρικά χαρακτηριστικά πολύ κοντά στο μονωτή, μιας και δεν υπάρχουν ελεύθερα ηλεκτρόνια για τη δημιουργία ηλεκτρικού ρεύματος στο εσωτερικό του.

Το πυρίτιο αποκτά τις ημιαγωγικές του ιδιότητες με τεχνικό τρόπο. Αυτό πρακτικά γίνεται με την πρόσμιξη με άλλα στοιχεία, τα οποία είτε έχουν ένα ηλεκτρόνιο περισσότερο είτε ένα λιγότερο στη στιβάδα σθένους τους. Αυτή η πρόσμιξη τελικά κάνει τον κρύσταλλο δεκτικό είτε σε θετικά φορτία (υλικό τύπου p) είτε σε αρνητικά φορτία (υλικό τύπου n).



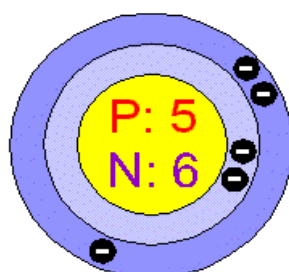
Κρυσταλλικό πλέγμα πυριτίου με άτομα πρόσμιξης.

Για να φτιαχτεί λοιπόν ένας ημιαγωγός τύπου n ή αλλιώς ένας αρνητικά φορτισμένος κρύσταλλος πυριτίου, θα πρέπει να γίνει πρόσμιξη ενός υλικού με 5 ηλεκτρόνια στην εξωτερική του στιβάδα, όπως για παράδειγμα το Αρσένιο (As) ή ο Φώσφορος (P).



Ηλεκτρονική στιβάδα του αρσένιου

Αντίστοιχα για να δημιουργήσουμε έναν ημιαγωγό τύπου p ή αλλιώς θετικά φορτισμένος κρύσταλλος πυριτίου, χρειάζεται να γίνει πρόσμειξη στον κρύσταλλο κάποιου υλικού όπως το Βόριο (B) που έχει 3 ηλεκτρόνια στην εξωτερική του στιβάδα.



Ηλεκτρονική στιβάδα του βόριου

Τα πλεονεκτήματα του πυριτίου είναι:

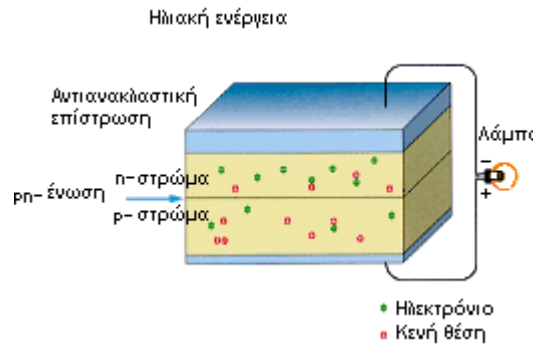
- Μπορεί να βρεθεί πάρα πολύ εύκολα στη φύση.
- Μπορεί εύκολα να λιώσει και να μορφοποιηθεί.
- Μπορεί να διατηρήσει εύκολα τις ηλεκτρικές του ιδιότητες μέχρι και στους 125°C.
- Είναι πολύ σημαντικό στοιχείο κυρίως στον τομέα της ηλεκτρονικής και στα φωτοβολταϊκά.

Όπως φαίνεται από την παραπάνω ανάλυση, το πυρίτιο είναι βασικό υλικό που μαζί με προσμίξεις άλλων υλικών καθιστούν αξιοποιήσιμη την τεχνολογία των ημιαγωγών.

2.3: Φωτοβολταϊκό φαινόμενο

Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο αφορά τη μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη του φαινομένου παίζει η ένωση του ηλεκτρικού πεδίου, που είναι καθοριστική για το αποτέλεσμα.

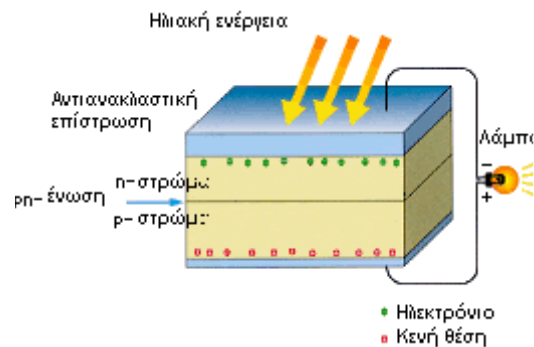
Η δημιουργία της επαφής (του ηλεκτρικού πεδίου) γίνεται αν φέρουμε σε επαφή δυο κομμάτια πυριτίου τύπου n και τύπου p, το ένα απέναντι του άλλου. Έτσι δημιουργείται μια δίοδος ή αλλιώς ένα ηλεκτρικό πεδίο στην επαφή των δυο υλικών, το οποίο επιτρέπει την κίνηση ηλεκτρονίων προς μια κατεύθυνση μόνο.



Η επαφή του ηλεκτρικού πεδίου

Η ηλιακή ακτινοβολία έρχεται με τη μορφή πακέτων ενέργειας ή φωτονίων. Τα φωτόνια όταν προσπίπτουν σε μια φωτοβολταϊκή διάταξη κελιού περνούν αδιατάραχτα την επαφή τύπου n και χτυπούν τα άτομα της περιοχής τύπου p. Τα ηλεκτρόνια της περιοχής τύπου p αρχίζουν και κινούνται μεταξύ των οπών, ώσπου τελικά να φτάσουν στην περιοχή της διόδου όπου και έλκονται πλέον από το θετικό πεδίο της εκεί περιοχής.

Αφού ξεπεράσουν το ενεργειακό χάσμα αυτής της περιοχής, μετά είναι αδύνατον να επιστρέψουν. Στο κομμάτι της επαφής n πλέον έχουμε περίσσεια ηλεκτρονίων που μπορούμε να εκμεταλλευτούμε. Αυτή η περίσσεια των ηλεκτρονίων μπορεί να παράγει ηλεκτρικό ρεύμα, εάν τοποθετήσουμε για παράδειγμα έναν αγωγό στο πάνω μέρος της επαφής n και στο κάτω μέρος της επαφής p και ένα φορτίο ενδιάμεσα ώστε να κλείσει κύκλωμα για το ηλεκτρικό ρεύμα που παράγεται.



Φωτοβολταϊκό φαινόμενο

Αυτή είναι απλουστευμένα η γενική λειτουργία του φωτοβολταϊκού φαινομένου. Τα επιπλέον ηλεκτρόνια της επαφής n έλκονται από τις οπές της επαφής p. Αυτό το ζευγάρι των δυο υλικών είναι το δομικό στοιχείο του φωτοβολταϊκού κελιού και η βάση της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας.

2.3: Ιστορική αναδρομή

Παρακάτω παρουσιάζονται οι σημαντικότεροι σταθμοί στην εξέλιξη των φωτοβολταϊκών για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

1839: Ο δεκαεννιάχρονος, τότε, Γάλλος Alexander – Edmond Becquerel (1820 – 1891) ανακάλυψε το φωτοβολταϊκό φαινόμενο, καθώς πειραματιζόταν με το φαινόμενο της ηλεκτρόλυσης με δυο μεταλλικά ηλεκτρόδια (Pt, Ag).

1873: Ο Willoughby Smith ανακάλυψε τη φωτοαγωγιμότητα του σεληνίου (Se).

1876: Ο William Grylls Adams (1836 – 1915) μαζί με το φοιτητή του Richard Evans Day ανακάλυψαν, ότι το σελήνιο παράγει ηλεκτρισμό όταν εκτεθεί στο φως.

1883: Ο Αμερικανός ερευνητής Charles Fritts περιέγραψε την πρώτη κυψέλη, η οποία αποτελούνταν από σελήνιο σαν φωτοβολταϊκό στοιχείο.

1887: Ο Heinrich Hertz ανακάλυψε ότι διευκολύνεται η δημιουργία βολταϊκού τόξου μεταξύ δυο πολωμένων ηλεκτροδίων, όταν ο χώρος μεταξύ των ηλεκτροδίων ακτινοβολείται από υπεριώδη ακτινοβολία.

1904: Ο Albert Einstein δημοσίευσε την εργασία του, με την οποία έδωσε εξήγηση του φωτοηλεκτρικού φαινομένου. Γι' αυτή του την προσπάθεια, τιμήθηκε με το βραβείο Νόμπελ το 1921.

1918: Ο Πολωνός επιστήμονας Jan Czochralski (1885 – 1953) ανέπτυξε μια νέα μέθοδο παραγωγής του μονοκρυσταλλικού πυριτίου, το οποίο αργότερα χρησιμοποιήθηκε στην κατασκευή των αντίστοιχων ηλιακών κυψελών.

1937: Κατασκευή φωτοβολταϊκού στοιχείου από θειούχο μόλυβδο (PbS) από τους Fischer και Golden.

1939: Κατασκευή φωτοβολταϊκού στοιχείου από σελήνιο με απόδοση 1%.

1941: Κατασκευή φωτοβολταϊκού στοιχείου από πυρίτιο από τον Ohl.

1950: Αρχίζει να αναπτύσσεται ο μετρητής Czochralski για τη μαζική παραγωγή κρυσταλλικού πυριτίου υψηλής καθαρότητας, το οποίο είναι απαραίτητο για την κατασκευή φωτοβολταϊκής κυψέλης υψηλής απόδοσης.

1954: Οι Daryl Chain, Calvin Souther Fuller και Gerald Pearson ερευνητές της εταιρίας Bell Telephone Laboratories (B.T.L.), κατασκεύασαν φωτοβολταϊκή κυψέλη πυριτίου με σχηματισμό ένωσης p-n. Η απόδοσή του ήταν 6%, αλλά αργότερα έγινε 11%.

1956: Η εταιρία Hoffmann πραγματοποίησε την πρώτη εμπορική παραγωγή ηλιακών στοιχείων.

1958: Εκτόξευση του αμερικανικού δορυφόρου Vanguard I, ο οποίος είχε ως βοηθητική πηγή ενέργειας έξι στοιχεία πυριτίου.

1958: Εκτόξευση σοβιετικού δορυφόρου με μοναδική πηγή ενέργειας τα ηλιακά στοιχεία.

1959: Κατασκευή φωτοβολταϊκού στοιχείου από θειούχο κάδμιο (CdS).

1960: Η εταιρία Hoffmann κατασκεύασε φωτοβολταϊκές κυψέλες με αποδόσεις 9, 10 και 14%.

1962: Τίθεται σε τροχιά από την εταιρία B.T.L., ο πρώτος τηλεπικοινωνιακός δορυφόρος (Telestar) με φωτοβολταϊκά στοιχεία ισχύος 14W.

1963: Μαζική παραγωγή φωτοβολταϊκών στοιχείων πυριτίου από την Ιαπωνική εταιρία Sharp Corporation.

1963: Εγκαθίσταται στην Ιαπωνία η μεγαλύτερη φωτοβολταϊκή διάταξη στον κόσμο, ισχύος 242Wp, για την ηλεκτροδότηση ενός φάρου.

1972: Κατασκευή ιώδους ηλιακού στοιχείου πυριτίου με απόδοση 14% από τους Lindmayer και Allison. Γάλλοι επιστήμονες εγκαθιστούν σε χωριό του Νίγηρα, φωτοβολταϊκό σύστημα θειούχου καδμίου για την τροφοδοσία εκπαιδευτικής τηλεόρασης ενός σχολείου.

1973: Η πρώτη ενεργειακή κρίση ώθησε το υπουργείο ενέργειας των Η.Π.Α. στην ίδρυση του Ομοσπονδιακού Προγράμματος για την Εκμετάλλευση του φωτοβολταϊκού φαινομένου (Federal Photovoltaic Utilization Program). Πολλά από τα 3.100 συστήματα, τα οποία εγκαταστάθηκαν στα πλαίσια του προγράμματος αυτού, εξακολουθούν ακόμα και σήμερα να λειτουργούν.

1976: Κατασκευάζονται οι πρώτες φωτοβολταϊκές κυψέλες άμορφου πυριτίου (a-Si) από τους David Carlson και Christopher Wronski των RCA Laboratories με απόδοση 0,01%. Ο κυψέλες άμορφου πυριτίου επέτρεψαν την ανάπτυξη των τεχνολογιών λεπτής μεμβράνης.

1977: Κατασκευή ηλιακού στοιχείου από αρσενιούχο γάλλιο (GaAs) με απόδοση 16% από τον Kameth.

1980: Η πρώτη εγκατάσταση φωτοβολταϊκών που φθάνει στα επίπεδα του 1MW γίνεται στην Καλιφόρνια από την εταιρία Arco Solar χρησιμοποιώντας ταυτόχρονα και σύστημα παρακολούθησης της τροχιάς του ηλίου δυο αξόνων (dual axis trackers).

1981: Πτήση πάνω από τη Μάγχη του αεροπλάνου Solar Challenger εξοπλισμένο με 16.128 φωτοβολταϊκά στοιχεία πυριτίου, συνολικής ισχύος 2,7KW.

1983: Έναρξη λειτουργίας του φωτοβολταϊκού σταθμού, ισχύος 1MW, από την εταιρία Βικτροβίλ.

1983: Η παγκόσμια παραγωγή φωτοβολταϊκών φθάνει τα 22MW και ο συνολικός τζίρος τα 250.000.000\$.

1990: Ο Α΄ πόλεμος του Κόλπου πυροδότησε εκ νέου το ενδιαφέρον των Η.Π.Α. για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

1999: Η εταιρία Spetrolab σε συνεργασία με το NRFL αναπτύσσουν ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο με απόδοση 32,3%. Το στοιχείο αυτό είναι ένας συνδυασμός τριών υλικών (στρώσεων) και ειδικό για εφαρμογές σε συγκεκριμένα συστήματα CPV.

1999: Την ίδια χρονιά, η απόδοση των λεπτών επιστρώσεων (thin films) φθάνει στο 18,8%. Η παραγωγή όλων των φωτοβολταϊκών συστημάτων φθάνει συνολικά τα 200MW.

2004: Η συνολική παραγωγή από τα φωτοβολταϊκά συστήματα έφθασε τα 1.200MW και ο τζίρος άγγιξε τα 6.500.000.000\$.

Αυτή η ιστορική αναδρομή μας δείχνει το πώς έχει εξελιχθεί η φωτοβολταϊκή τεχνολογία, από τη στιγμή της εφεύρεσης ως σήμερα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο: ΤΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ (Φ/Β) ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

3.1: Εισαγωγή

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα αποτελούν μια από τις εφαρμογές των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Εκμεταλλευόμενοι το φωτοβολταϊκό φαινόμενο, παράγουμε ηλεκτρική ενέργεια από την ηλιακή.

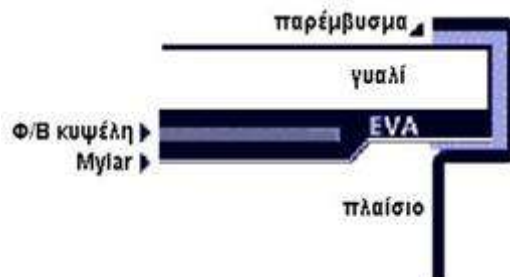
Ένα φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελείται από κάποια βασικά μέρη, τα οποία είναι τα φωτοβολταϊκά πλαίσια, τους ρυθμιστές φόρτισης (ελεγκτές), τους αντιστροφείς και τους συσσωρευτές. Τα παραπάνω είναι απαραίτητες συσκευές και διατάξεις που βοηθούν τη μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική.

3.2: Φωτοβολταϊκά πλαίσια

Το φωτοβολταϊκό πλαίσιο είναι ένα σύνολο από φωτοβολταϊκά στοιχεία (κύτταρα) σε μια ενιαία κατασκευή. Αυτή είναι εύκολη στη μεταφορά, εύκολη στη τοποθέτηση και στην αντικατάστασή της.

Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια στερεώνονται σε βάσεις στήριξης. Στο πίσω μέρος της κατασκευής υπάρχει κατάλληλο ηλεκτρικό κιβώτιο για τη συνδεσμολογία με την υπόλοιπη εγκατάσταση.

Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται η εγκάρσια τομή ενός τυπικού πλαισίου που χρησιμοποιείται στις περισσότερες εφαρμογές. Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία ενθυλακώνονται σε κάποιο πολυμερές υλικό, όπως ο οξικός εστέρας αιθυλενίου – βινιλίου (EVA), το οποίο στη συνέχεια τοποθετείται μεταξύ γυαλιού στην πάνω επιφάνεια και είτε Mylar είτε Tedlar στην κάτω.



Εγκάρσια τομή φωτοβολταϊκού πλαισίου

Οι ακμές σφραγίζονται μ' ένα στεγανωτικό παράμβυσμα και υποστηρίζονται από ένα πλαίσιο.

Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια χωρίζονται σε μονοκρυσταλλικού πυριτίου, πολυκρυσταλλικού πυριτίου, υβριδικά, εύκαμπτα και λεπτών επιστρώσεων.

3.2.1: Μονοκρυσταλλικά πλαίσια πυριτίου (sc-Si)

Η ονομασία τους προέρχεται από τη μορφή του κρυσταλλικού πλέγματος των ατόμων του πυριτίου που πλησιάζει τον τέλειο κρύσταλλο. Κατασκευάζονται από τη ψύξη λιωμένου πυριτίου και κόβονται σε λεπτές πλάκες, πάχους 0,3 χιλιοστών, οι οποίες ονομάζονται κύτταρα ή κυψέλες ή στοιχεία. Το χρώμα των στοιχείων μονοκρυσταλλικού πυριτίου είναι συνήθως σκούρο μπλε.

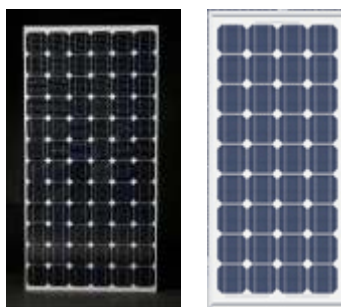
Η ανάγκη χρησιμοποίησης ιδιαίτερα καθαρού πυριτίου (ακριβή πρώτη ύλη) και η χρήση εξειδικευμένων μεθόδων τήξης και κοπής για την επίτευξη του μονοκρυσταλλικού πλέγματος, αυξάνει το κόστος παραγωγής δίνοντας όμως τον καλύτερο βαθμό απόδοσης, της τάξεως του 15 – 18%. Το ποσοστό αυτό οφείλεται στο ότι τα μονοκρυσταλλικά κύτταρα είναι ευαίσθητα στην υπέρυθη ακτινοβολία. Στα εργαστήρια όμως έχουν επιτευχθεί και αποδόσεις μέχρι και 24,7%.

Σημαντικό πλεονέκτημα αυτής της τεχνολογίας είναι ότι έχει καλύτερη σχέση απόδοσης / επιφάνειας ή ενεργειακή πυκνότητα (W / m^2) από τις υπόλοιπες επιλογές. Ενώ, το μειονέκτημα είναι το αυξημένο κόστος λόγω της καλύτερης επεξεργασίας του πυριτίου.

Η βασικότερη τεχνολογία παραγωγής τέτοιων πλαισίων είναι η μονοκρυσταλλική μέθοδος.



Στοιχείο μονοκρυσταλλικού πυριτίου



Πλαίσιο μονοκρυσταλλικού πυριτίου

Μονοκρυσταλλική μέθοδος

Η μέθοδος αυτή αναφέρεται στην τοποθέτηση ενός πυρήνα μονοκρυσταλλικού πυριτίου σε επαφή με τήγμα πυριτίου. Καθώς ο μονοκρυσταλλικός πυρήνας έλκεται ή απωθείται αργά, τα άτομα του τηγμένου πυριτίου στερεοποιούνται (κρυσταλλώνονται) στην επιφάνεια του πυρήνα και επεκτείνουν τη μονοκρυσταλλική δομή του. Αυτή η τεχνική αποτελεί τη βάση της βιομηχανίας των ημιαγωγών (παραγωγή μικροτσιπ) και είναι γνωστή ως μέθοδος Czochralsky ή CZ. Αυτή η διαδικασία έχει σαν αποτέλεσμα την παραγωγή ενός λεπτού μονοκρυσταλλικού πλακιδιού πυριτίου.

3.2.2: Πολυκρυσταλλικά πλαίσια πυριτίου (mc-Si)

Κατασκευάζονται από ράβδους λιωμένου και επαναακρυσταλλομένου πυριτίου. Το πάχος τους είναι αντίστοιχο των μονοκρυσταλλικών (0,3 χιλιοστά). Η απόδοσή τους κυμαίνεται γύρω στο 13 – 15%, ενώ στα εργαστήρια έχουν επιτευχθεί αποδόσεις μέχρι και 20%. Το χρώμα των στοιχείων πολυκρυσταλλικού πυριτίου είναι συνήθως γαλάζιο.

Το κόστος τους είναι χαμηλότερο, διότι η μέθοδος παραγωγής τους είναι λιγότερο δαπανηρή.

Η βασικότερη τεχνολογία παραγωγής τέτοιων πλαισίων είναι η πολυκρυσταλλική μέθοδος.



Στοιχείο πολυκρυσταλλικού πυριτίου



Πλαίσιο πολυκρυσταλλικού πυριτίου

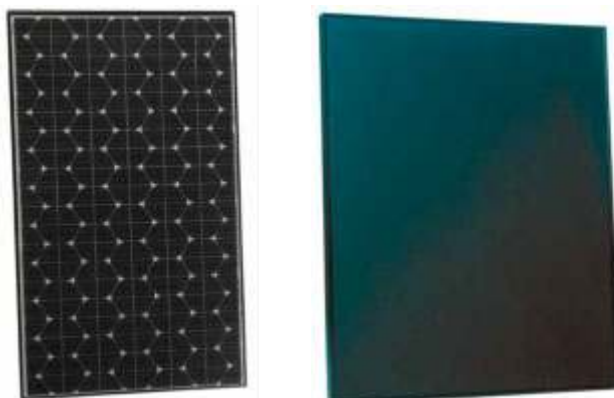
Πολυκρυσταλλική μέθοδος

Αυτή η μέθοδος αναφέρονται στη χύτευση κάποιων τεμαχίων πυριτίου που τήκονται σε μεγάλες κεραμικές καμίνους για τη δημιουργία πλινθώματος (ingot). Κάθε πλινθώμα μετά κόβεται σε μικρότερα τεμάχια και στη συνέχεια προιόνίζεται σε πλακίδια.

3.2.3: Υβριδικά πλαίσια πυριτίου

Κατασκευάζονται από στρώσεις υλικών διαφορετικού κρυσταλλικού πλέγματος. Πιο συγκεκριμένα αποτελούνται από μια στρώση μονοκρυσταλλικού πυριτίου που είναι ανάμεσα σε δυο στρώσεις άμορφου πυριτίου. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνουμε βαθμό απόδοσης έως και 18,6%.

Το μεγάλο πλεονέκτημα αυτής της τεχνολογίας είναι η υψηλή απόδοσή του σε υψηλές θερμοκρασίες και το κόστος που είναι χαμηλό.



Υβριδικά πλαίσια πυριτίου

3.2.4: Εύκαμπτα πλαίσια

Είναι λεπτά σα χαρτί και λυγίζουν χωρίς να σπάνε. Ανάλογα με το μέγεθος μπορούν να φορτίσουν ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές μικροσυσκευές (πχ. φορητός υπολογιστής, ραδιόφωνο, κινητό τηλέφωνο, φακός, κ.ά.) μικρής ισχύος. Δεν περιέχουν γυαλί, άρα δεν υπάρχει κίνδυνος θραύσης και επίσης μπορούν να δεχθούν ελαφρές κυρτώσεις.

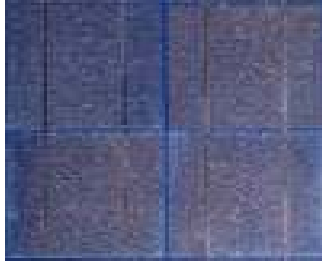


Εύκαμπτο πλαίσιο

3.2.5: Πλαίσια λεπτών επιστρώσεων (thin films)

Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό αυτής της τεχνολογίας είναι η μη κρυσταλλική της δομή. Οι λεπτές επιστρώσεις (ταινίες) ορισμένων ειδικών στοιχείων, μπορούν να αποτελέσουν το υλικό παρασκευής ηλιακών κυψελών, χρησιμοποιώντας πολύ λιγότερο υλικό από τις αντίστοιχες κυψέλες κρυσταλλικού πυριτίου.

Τα βασικά υλικά παραγωγής τέτοιων πάνελ είναι ο δισεληνοειδούχος χαλκός, το άμορφο πυρίτιο, το τελλουριούχο κάδμιο και το αρσενικούχο γάλλιο.

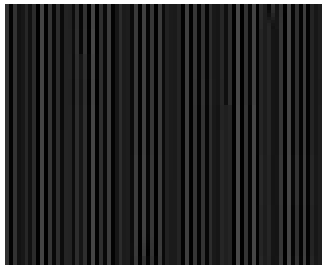


Πλαίσιο λεπτών επιστρώσεων

- Πλαίσια δισεληνοειδίου χαλκού (CuInSe₂)

Ο δισεληνοειδίου χαλκός έχει εξαιρετική απορροφητικότητα στο προσπίπτον φως, παρ' όλα αυτά όμως η απόδοση του πλαισίου του με τις σύγχρονες τεχνικές κυμαίνεται στο 11%. Εργαστηριακά έγινε εφικτή απόδοση στο επίπεδο του 18,8%, η οποία είναι και η μεγαλύτερη που έχει επιτευχθεί μεταξύ των φωτοβολταϊκών τεχνολογιών λεπτών επιστρώσεων.

Με την πρόσμιξη γάλλιου η απόδοσή του μπορεί να αυξηθεί ακόμα περισσότερο. Το πρόβλημα που υπάρχει είναι ότι το ίνδιο υπάρχει σε περιορισμένες ποσότητες στη φύση. Στα επόμενα χρόνια αναμένεται, ότι το κόστος του θα είναι αρκετά χαμηλότερο.



Πλαίσιο δισεληνοειδίου χαλκού

- Πλαίσια άμορφου πυριτίου (a-Si)

Τα πλαίσια άμορφου πυριτίου κατασκευάζονται από ταινίες λεπτών επιστρώσεων, οι οποίες παράγονται με την εναπόθεση πυριτίου πάνω σε υπόστρωμα υποστήριξης, όπως το γυαλί ή το αλουμίνιο. Το πάχος του πυριτίου είναι 1 έως 3 χιλιοστά. Έχουν αισθητά χαμηλότερη απόδοση από τα υπόλοιπα πλαίσια της τάξεως του 6 – 8%. Στα εργαστήρια όμως έχουν επιτευχθεί επιδόσεις μέχρι και 14%.

Το κόστος είναι αρκετά χαμηλό, λόγω της ελάχιστης ποσότητας πυριτίου που απαιτείται για την κατασκευή του.

Τα πλεονεκτήματα είναι ότι α) δεν επηρεάζονται από τις υψηλές θερμοκρασίες και β) η απόδοσή τους είναι σταθερή όταν υπάρχει συννεφιά.

Τα μειονεκτήματα είναι α) η χαμηλή τους ενεργειακή απόδοση (πυκνότητα), β) η χρήση διπλάσιας επιφάνειας για την παραγωγή ίδιας ενέργειας σε σχέση με τ' άλλα πλαίσια και γ) η διάρκεια ζωής των πλαισίων είναι αμφίβολη μιας και η τεχνολογία τους είναι καινούρια. Οι κατασκευαστές παρ' όλα αυτά δίνουν εγγύηση 20 έτη.



Πλαίσιο άμορφου πυριτίου

- Πλαίσιο τελουριούχου καδμίου (CdTe)

Το τελουριούχο κάδμιο έχει το πλεονέκτημα ότι απορροφά το 99% της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Οι σύγχρονες τεχνικές όμως μας προσφέρουν αποδόσεις γύρω στο 6 – 8%, ενώ στα εργαστήρια έχουν επιτευχθεί αποδόσεις μέχρι και 16%.

Μελλοντικά το κόστος θα μειωθεί αρκετά. Φρένο για τη χρήση τους αποτελεί το γεγονός ότι το κάδμιο είναι καρκινογόνο, με αποτέλεσμα να προβληματίζεται η εκτεταμένη χρήση του.



Πλαίσιο τελουριούχου καδμίου

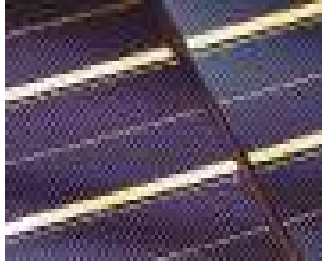
- Πλαίσιο αρσενικούχου γάλλιου (GaAs)

Το γάλλιο είναι ένα παραπροϊόν της ρευστοποίησης άλλων μετάλλων όπως το αλουμίνιο και ο ψευδάργυρος. Είναι πιο σπάνιο ακόμα και από το χρυσό, ενώ το αρσένιο δεν είναι σπάνιο αλλά είναι δηλητηριώδες.

Η απόδοσή του στη μορφή πολλαπλών συνενώσεων είναι η υψηλότερη που έχει επιτευχθεί και αγγίζει το 29%. Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία αρσενικούχου γάλλιου είναι εξαιρετικά ανθεκτικά στις υψηλές θερμοκρασίες, γεγονός που επιβάλλει τη χρήση τους σε εφαρμογές ηλιακών συγκεντρωτικών συστημάτων.

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία αρσενικούχου γάλλιου έχουν τα πλεονεκτήματα ότι α) αντέχουν σε πολύ υψηλές ποσότητες ηλιακής ακτινοβολίας και β) έχουν υψηλή απόδοση. Λόγω αυτών χρησιμοποιούνται σε διαστημικές εφαρμογές.

Το μεγαλύτερο μειονέκτημα είναι το υπερβολικό κόστος του μονοκρυσταλλικού υποστρώματος σε αρσενικούχο γάλλιο.



Πλαίσιο αρσενικούχου γάλλιου

3.3: Βάσεις στήριξης

Υπάρχουν πολλά είδη βάσεων στήριξης για τα φωτοβολταϊκά συστήματα, που στη βιβλιογραφία αναφέρονται ως solar panels mounting ή solar panels framing. Παρ' όλα αυτά υπάρχουν κάποια κοινά θέματα που έχουν να κάνουν με κάθε κατασκευή, είτε αυτή απαρτίζεται από σταθερές είτε από κινούμενες βάσεις.

3.3.1: Σταθερές βάσεις

Ο στόχος των σταθερών βάσεων είναι να δημιουργηθεί ένα ακέραιο και αμετάβλητο σύστημα στήριξης, που θα διατηρηθεί στην αρχική του κατάσταση, παρ' όλα τα καιρικά φαινόμενα και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, μέχρι το τέλος της διάρκειας ζωής των ηλιακών συλλεκτών. Ο εγκαταστάτης πρέπει να βεβαιωθεί ότι η κατασκευή είναι αγκυρωμένη σωστά και ότι οι κινήσεις των πλαισίων είναι περιορισμένες στο ελάχιστο δυνατό.

Οι σταθερές βάσεις είναι σχεδιασμένες και πιστοποιημένες (DIN 1055, DIN 4113, DIN 18800) με τα αυστηρότερα ευρωπαϊκά κριτήρια, σύμφωνα με τον αντισεισμικό κανονισμό. Επίσης, είναι ανθεκτικές στην κατασκευή και συνήθως είναι κατασκευασμένες από εν θερμώ γαλβανισμένο σίδηρο και δομικό αλουμίνιο. Αυτές καρφώνονται στην ανάλογη επιφάνεια, προσφέροντας έτσι ιδιαίτερη αντοχή σε ισχυρούς ανέμους. Επιπροσθέτως, αυτές παρέχουν και δυνατότητα ρύθμισης της κλίσης κατά την τοποθέτησή τους, ανεξάρτητα από την κλίση του εδάφους.

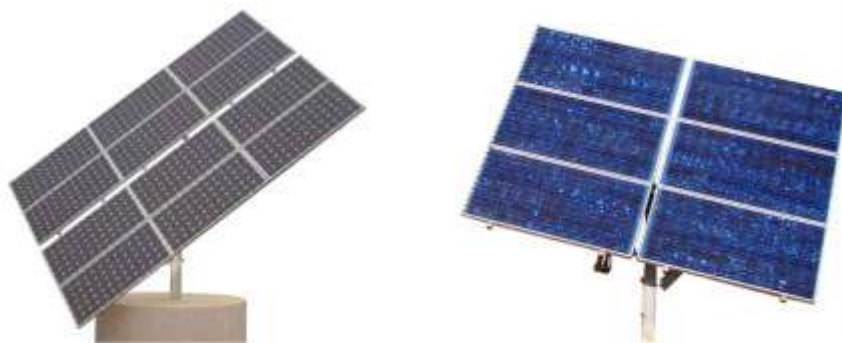
Τα φωτοβολταϊκά συστήματα με σταθερές βάσεις πλεονεκτούν έναντι των συστημάτων κινούμενης βάσης (trackers), στο κόστος και στη ταχύτητα της εγκατάστασης, στην απλότητα της κατασκευής και στο κόστος συντήρησης.



Σταθερές βάσεις στήριξης

3.3.2: Κινούμενες βάσεις (trackers)

Το σύστημα κινούμενης βάσης είναι ένα αξιόπιστο μονοαξονικό ή διαξονικό σύστημα, το οποίο παρακολουθεί την πορεία του ήλιου στον ορίζοντα καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Οι φωτοβολταϊκοί συλλέκτες τοποθετούνται πάνω στην κινούμενη βάση έτσι ώστε να έχουν κατεύθυνση προς τον ήλιο. Μ' αυτόν τον τρόπο πετυχαίνουμε αύξηση της απόδοσης κατά 25% – 50% για όλο το χρόνο, όπως εκτιμάται στην Ελλάδα. Η πορεία της κινούμενης βάσης είναι από ανατολικά (E) προς δυτικά (W) κατά τη διάρκεια της ημέρας και ο προσανατολισμός είναι νότιος (S).



Κινούμενες βάσεις στήριξης

Μετά το διαχωρισμό των βάσεων στήριξης, η επιλογή για τη χρήση τους γίνεται ανάλογα με το εύρος της εφαρμογής, τις συνθήκες και φυσικά το κόστος. Πάντως όποια επιλογή και αν επιλεγθεί είναι σίγουρο ότι θα αποδώσει το μέγιστο δυνατό.

3.4: Ρυθμιστές φόρτισης

Ο ρυθμιστής φόρτισης είναι μια απλή ηλεκτρονική συσκευή που αποτελεί το σύνδεσμο μεταξύ των πλαισίων, των συσσωρευτών και του φορτίου. Προστατεύει τους συσσωρευτές από υπερφόρτιση ή ολική αποφόρτιση. Ρυθμίζει τη ροή του ρεύματος από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια προς τους συσσωρευτές και διατηρεί την κανονική τάση φόρτισης αυτών.

Για παράδειγμα, όσο η μπαταρία πλησιάζει την πλήρη φόρτισή της, ο ρυθμιστής ελαττώνει το ρεύμα που δίνουν τα πλαίσια προς τη μπαταρία και εμποδίζει την υπερφόρτισή της.

Για την επιλογή του κατάλληλου ρυθμιστή τάσης, που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί σ' ένα φωτοβολταϊκό σύστημα, λαμβάνονται υπόψη τα πιο κάτω βασικά χαρακτηριστικά:

- Ισχύς.

Αυτή καθορίζεται από τη τάση που δίνουν τα φωτοβολταϊκά πλαίσια και την ένταση του ρεύματος στον καταναλωτή. Η ισχύς του ρυθμιστή πρέπει να ξεπερνά την ισχύ που δίνουν τα πλαίσια και την ισχύ που καταναλώνει το φορτίο. Γενικά, ο ρυθμιστής πρέπει να έχει τέτοιο μέγεθος ώστε να μπορεί να δεχθεί ρεύμα τουλάχιστον 1,25 φορές μεγαλύτερο του ρεύματος

βραχυκυκλώσεως των πλαισίων και η τάση λειτουργίας του να είναι περίπου ίση με τη που δίνουν τα πλαίσια.

- Η χαμηλή τάση αποκοπής.

Όταν η τάση της μπαταρίας πέσει αρκετά κάτω από την κανονική τιμή της, τότε ο ρυθμιστής αποσυνδέει τη μπαταρία από το φορτίο ώστε να διατηρηθεί η καλή κατάσταση της μπαταρίας και να προληφθεί οποιαδήποτε βλάβη συμβεί στον καταναλωτή (φορτίο). Αυτό γίνεται όταν στα άκρα του εφαρμοσθεί μικρότερη τάση από την κανονική τάση λειτουργίας του. Για παράδειγμα, σε μια μπαταρία των 12V η χαμηλή τάση αποκοπής του συνδεδεμένου ρυθμιστή είναι μεταξύ 11 και 12V.

- Η υψηλή τάση αποκοπής.

Όταν η τάση της μπαταρίας μεγαλώσει αρκετά, τότε ο ρυθμιστής την αποσυνδέει από τα πλαίσια και έτσι εμποδίζει την υπερφόρτισή της. Για παράδειγμα, σε μια μπαταρία των 12V η υψηλή τάση αποκοπής είναι μεταξύ 14,5 και 15V.

- Η ρύθμιση της φόρτισης της μπαταρίας ανάλογα με τη θερμοκρασία της.

Ο ρυθμιστής προσαρμόζει αυτόματα το σημείο τερματισμού της φόρτισης της μπαταρίας, ώστε το φορτίο που θα διοχετευθεί στη μπαταρία να είναι μέγιστο σε σχέση με τη θερμοκρασία της.

- Η προστασία πλαισίων από αντίθετο ρεύμα.

Ο ρυθμιστής περιέχει μηχανισμό που εμποδίζει κάποιο ρεύμα να κινηθεί από τη μπαταρία προς τα πλαίσια, όταν δεν φωτίζονται ή κατά τη διάρκεια της νύκτας. Το μέγεθος του ρυθμιστή έχει επίσης σημασία ιδίως στην περίπτωση που θα τοποθετηθεί στον ίδιο χώρο με τις μπαταρίες.



Ρυθμιστές φόρτισης

3.5: Αντιστροφείς

Οι αντιστρέφεις ή αλλιώς inverters είναι ηλεκτρονικές συσκευές – διατάξεις που μετατρέπουν τη συνεχή τάση των πλαισίων ή των μπαταριών σε εναλλασσόμενη τάση των 230V (μονοφασική παροχή) ή των 400V (τριφασική παροχή) – 50Hz, που απαιτείται για την τροφοδοσία των ηλεκτρικών συσκευών.

3.5.1: Ιστορική αναδρομή αντιστροφών

Παλιότερα, ο αντιστροφέας ήταν περιστρεφόμενος, δηλαδή το συνεχές ρεύμα προκαλούσε περιστροφή ενός κινητήρα, που με τη σειρά του μετέδιδε την κίνηση σε μια γεννήτρια εναλλασσόμενου ρεύματος. Η συσκευή αυτή δεν χρησιμοποιείται πλέον, διότι με την ανάπτυξη της τεχνολογίας έχουν κατασκευαστεί συσκευές που κάνουν την ίδια ακριβώς δουλειά με ημιαγωγούς (θυρίστορ ισχύος, τρανζίστορ ισχύος, κ.ά.). Αυτοί ανοιγοκλείνουν ταχύτατα το συνεχές ρεύμα (20.000 φορές / λεπτό) και με τη βοήθεια ενός μετασχηματιστή, η τάση και η συχνότητα μετατρέπονται στις επιθυμίες τιμές του δικτύου. Σ' αυτή τη τεχνολογία δεν υπάρχουν κινητά μέρη, πράγμα πολύ σημαντικό για την απόδοση και την αξιοπιστία του όλου συστήματος.

3.5.2: Κατηγορίες αντιστροφών

Οι αντιστροφείς διακρίνονται σε δυο βασικές κατηγορίες:

A) Σε αντιστροφείς διαμορφωμένου ημιτόνου (modified sine wave).

Ένας αντιστροφέας διαμορφωμένου ημιτόνου εμφανίζει υψηλή κατανάλωση έως και 20%. Μειονέκτημα αυτών είναι ότι σε τηλεοράσεις και ηχοσυστήματα μπορεί να ακούγεται ένας βόμβος, ενώ σε μοτέρ ηλεκτρικών ή compressor ψυγείων ενδέχεται να μη λειτουργούν καθόλου. Το κόστος ενός τέτοιου αντιστροφέα είναι αρκετά χαμηλό από έναν αντιστροφέα καθαρού ημιτόνου.

B) Σε αντιστροφέα καθαρού ημιτόνου (pure sine wave).

Ο αντιστροφέας καθαρού ημιτόνου είναι κατάλληλος για όλες τις ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές και δεν έχει κανένα απολύτως πρόβλημα. Το μοναδικό μειονέκτημα είναι η υψηλή τιμή του, αφού είναι δυο έως τρεις φορές ακριβότεροι από τους αντίστοιχους διαμορφωμένου ημιτόνου. Για ψηφιακές ηλεκτρονικές συσκευές που διαθέτουν τροφοδοτικά συνιστάται απαραίτητως η χρήση αντιστροφέα καθαρού ημιτόνου, καθώς και για ψυγεία με μοτέρ, που απαιτούν στιγμιαία ρεύματα εκκίνησης.

3.5.3: Αντιστροφείς ανάλογα το σύστημα

Ανάλογα με το είδος του φωτοβολταϊκού συστήματος χρησιμοποιείται και ο κατάλληλος αντιστροφέας. Σ' ένα αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα ο αντιστροφέας λειτουργεί με την ηλεκτρική ενέργεια που δίνουν τα πλαίσια και μετατρέπει τη συνεχή τάση σε εναλλασσόμενη. Ενώ, σ' ένα διασυνδεδεμένο σύστημα ο αντιστροφέας λειτουργεί με τη τάση του δικτύου και μετατρέπει τη συνεχή τάση των πλαισίων σε εναλλασσόμενη, ώστε να μπορεί να τροφοδοτεί τις ηλεκτρικές συσκευές ή ακόμη και το ίδιο το δίκτυο.

- Αντιστροφέας αυτόνομου συστήματος

Τα κύρια χαρακτηριστικά ενός αντιστροφέα αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος είναι:

α) η τάση εισόδου, η οποία είναι η τάση των πλαισίων.

β) η ισχύς, η οποία καθορίζεται από το μέγεθος του φωτοβολταϊκού συστήματος.

γ) η απόδοση, η οποία κυμαίνεται μεταξύ 80% – 90%.

δ) η ικανότητά του να μετατρέπει όσο το δυνατό καλύτερα τη συνεχή τάση εισόδου σε εναλλασσόμενη, χωρίς να εμφανίζονται σήματα παραμόρφωσης.

ε) η ικανότητά του να μπορεί να διατηρεί μια σχετική σταθερότητα στη συχνότητα.

Βασικό κριτήριο στην εκλογή κατάλληλου αντιστροφέα, που θα τοποθετηθεί σε αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα, είναι το είδος της εναλλασσόμενης τάσης που χρειάζεται για να λειτουργήσει ο καταναλωτής. Πολλές συσκευές λειτουργούν και με εναλλασσόμενη τάση διαφορετική της ημιτονοειδούς μορφής. Υπάρχουν όμως και συσκευές όπως οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές που χρειάζονται τέλεια ημιτονοειδή τάση για να κανονικά. Άλλες συσκευές που έχουν κινητήρα χρειάζονται σταθερότητα στη συχνότητα, γι' αυτό και ο αντιστροφέας πρέπει να δίνει εναλλασσόμενη τάση σταθερής συχνότητας.



Αντιστροφείς αυτόνομου συστήματος

- Αντιστροφέας διασυνδεδεμένου συστήματος

Τα κύρια χαρακτηριστικά ενός αντιστροφέα διασυνδεδεμένου συστήματος είναι:

α) η απόδοση, η οποία είναι γύρω στο 90% – 95%.

β) η ικανότητα να μετατρέπει πλήρως τη συνεχή τάση σε εναλλασσόμενη, διότι λειτουργεί με βάση το σήμα που παίρνει από το ηλεκτρικό δίκτυο.



Αντιστροφείς διασυνδεδεμένου συστήματος

Γενικά, τα τεχνικά χαρακτηριστικά ενός αντιστροφέα είναι:

- η τάση εισόδου (12V, 24V, 48V),
- η τάση εξόδου (230V – 50Hz για Ευρώπη),
- η ισχύς εξόδου
- η μέγιστη τιμή εξόδου (peak)
- η κυματομορφή εξόδου
- ο συντελεστής ισχύος, ο οποίος εξαρτάται από την επιλογή αντιστροφέα και το είδος του καταναλωτή. Ένας καλής ποιότητας αντιστροφέας έχει συντελεστή ισχύος 0,7.

Τα πλεονεκτήματα ενός αντιστροφέα είναι εξής:

1. Η ικανότητα να έχει σταθερή απόδοση για μεγάλη περιοχή διαφορετικών τιμών ισχύος.
2. Η ικανότητα να μπορεί να τροφοδοτήσει ένα κινητήρα για να ξεκινήσει.
3. Η ικανότητα να μπορεί να δίνει σταθερή τάση στον καταναλωτή.
4. Η ικανότητα να μπορεί να λειτουργεί για μεγάλο χρονικό διάστημα χωρίς να υποστεί βλάβη.
5. Η αυτόματη διακοπή της λειτουργίας του όταν δεν είναι συνδεδεμένος με καταναλωτή σε λειτουργία. Μ' αυτόν τον τρόπο εξοικονομούμε ενέργεια, διότι σε θα περνά ρεύμα από αυτόν.

Επειδή για κάποιους ο αντιστροφέας είναι η «καρδιά» του φωτοβολταϊκού συστήματος, η επιλογή του πρέπει να γίνεται ανάλογα με το είδος της χρήσης και συναρτήσει του κόστους.

3.6: Συσσωρευτές

Οι συσσωρευτές ή κοινώς μπαταρίες είναι συσκευές, οι οποίες αποθηκεύουν την παραγόμενη από τα πλαίσια ηλεκτρική ενέργεια και την παρέχουν στο φορτίο, όταν δεν υπάρχει ηλιακή ακτινοβολία.

3.6.1: Ιστορία της μπαταρίας

Το 1771 ένας Ιταλός ανατόμος, ο Λουίτζι Γκαλβάνι (Luigi Galvani), παρατήρησε τα παρακάτω. Εκτελώντας ένα πείραμα με νεκρούς βατράχους, είδε ότι αν έφερνε σε επαφή τα νεύρα των μηρών με δυο διαφορετικά μέταλλα (πχ, σίδηρο και χαλκό) ο μυς έκανε μια σύσπαση. Αυτή όμως είναι ιδιότητα μόνο των ζωντανών μυών.

Ο Γκαλβάνι απέδωσε το φαινόμενο σε κάποιο είδος ηλεκτρισμού στο μυϊκό σύστημα, τον οποίο ονόμασε «ζωικό ηλεκτρισμό». Μάλιστα δεν ήταν λίγοι αυτοί που πίστεψαν πως έχει βρεθεί η λύση στο μεγάλο αίνιγμα της ζωής. Πολλοί επιστήμονες προσπαθούν να επαναφέρουν νεκρούς οργανισμούς στη ζωή, διοχετεύοντας τους ηλεκτρισμό. Από εδώ εμπνεύστηκε η συγγραφέας Μαίρη Σέλεη έγραψε το βιβλίο της «Φρανκενστάιν».

Ο Αλεσάντρο Βόλτα ήταν φυσικός, ο οποίος έγινε γνωστός για την ανακάλυψη της μπαταρίας το 1800. Γεννήθηκε και σπούδασε στο Κόμο της Ιταλίας. Δε μίλησε μέχρι την ηλικία των τεσσάρων ετών. Από την ηλικία των

επτά ετών όμως, ήταν στο επίπεδο των άλλων παιδιών και άρχισε σύντομα να το προσπερνά. Οι γονείς του, Φίλιππος Βόλτα και Μαρία Μανταλένα Ινζάκι, τον έστειλαν σε χριστιανικό σχολείο με σκοπό να γίνει δικηγόρος. Το 1774, έγινε καθηγητής φυσικής στο γυμνάσιο του Κόμο.

Ο Βόλτα γνωρίζοντας τα πειράματα του Γκαλβάνι σκέφτηκε ότι οι συσπάσεις του βατράχου ίσως οφείλονται περισσότερο στα υγρά στο στόμα του βατράχου και στα διαφορετικά μέταλλα που εισχωρούσαν στο μηρό του.

Ύστερα από μια σειρά πειραμάτων κατασκεύασε την πρώτη μπαταρία, από εναλλασσόμενες πλάκες ψευδαργύρου και χαλκού που είχαν ανάμεσά τους ύφασμα εμποτισμένο σε αλατόνερο.

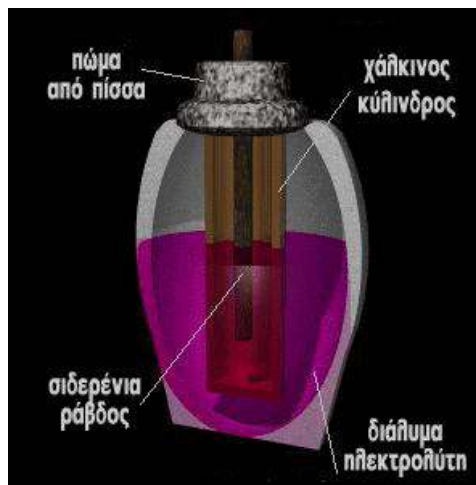


Η πρώτη μπαταρία του Βόλτα

Ίσως η μπαταρία να είναι μια πολύ παλιά ανακάλυψη. Το 1938 ο Γερμανός αρχαιολόγος Βίλεμ Κόνιγκ (Wilhelm Konig) ανακάλυψε μια συσκευή παρόμοια με την μπαταρία στη Βαγδάτη. Η κατασκευή είχε το μέγεθος μιας γροθιάς και ήταν φτιαγμένη από πηλό. Δεν έχει αποδειχθεί όμως ότι ήταν όντως μια πρωτογενή μπαταρία.



Εξωτερική όψη ανακάλυψης



Τομή της ανακάλυψης

3.6.2: Γενικές πληροφορίες για τις μπαταρίες

Γενικά, οι μπαταρίες που χρησιμοποιούνται σε φωτοβολταϊκά συστήματα είναι όμοιες με τις κοινές μπαταρίες αυτοκινήτων, δηλαδή φόρτισης – εκφόρτισης. Οι πιο συνηθισμένες είναι με ηλεκτρόδια (πόλους) μολύβδου σε διάλυμα θειικού οξέως. Αυτές είναι και οι πιο οικονομικές για τα φωτοβολταϊκά συστήματα. Σε περιπτώσεις μεγάλων αυξομειώσεων της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια του έτους, χρησιμοποιούνται αλκαλικές νικελίου – καδμίου. Σήμερα, υπάρχει καινούρια γενιά μπαταριών λιθίου με πολλαπλάσια αποθηκευτική ικανότητα και διάρκεια ζωής και με ανταγωνιστικό κόστος.

Συνήθως, χρησιμοποιούνται συσσωρευτές μολύβδου ή μολύβδου θειικού οξέως με βαθμό εκφόρτισης 10% – 30%. Οι μπαταρίες μολύβδου θειικού οξέως είναι ειδικά σχεδιασμένες για τις απαιτήσεις των συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Τα κύρια πλεονεκτήματά τους είναι το χαμηλό κόστος, η αντοχή σε κύκλους λειτουργίας και η ικανότητα φόρτισης / εκφόρτισης. Παρ' όλα αυτά γίνονται προσπάθειες να βελτιωθεί η λειτουργία τους ειδικότερα ως προς το χρόνο ζωής σε θερμά κλίματα.

1) Τύποι μπαταριών μολύβδου οξέως

Παρά την πληθώρα τύπων και εφαρμογών όσον αφορά τις μπαταρίες μολύβδου οξέως, τα χαρακτηριστικά που είναι ιδιαίτερα σημαντικά σε εφαρμογές φωτοβολταϊκών συστημάτων είναι οι απαιτήσεις συντήρησης της μπαταρίας και η δυνατότητα βαθιάς εκφόρτισης. Οι μπαταρίες βαθιάς εκφόρτισης μπορούν να είναι ανοικτού ή κλειστού τύπου.

Οι μπαταρίες ανοικτού τύπου αποτελούνται από στιβαρές πλάκες με ηλεκτρολυτικό διάλυμα και απαιτούν συντήρηση κάθε 6 – 12 μήνες με συμπλήρωση απιονισμένου νερού. Ενώ, οι μπαταρίες κλειστού τύπου (AMG και GEL) δεν απαιτούν συντήρηση. Βασικά θετικά χαρακτηριστικά των

μπαταριών βαθιάς εκφόρτισης είναι η μεγάλη αντοχή σε κύκλους και ο μεγάλος χρόνος ζωής.

Χαρακτηριστικό των μπαταριών ανοικτού τύπου είναι ότι μικροποσά υδρογόνου και οξυγόνου που παράγονται στα ηλεκτρόδια κατά τη λειτουργία της μπαταρίας, ελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα μέσω μικρών οπών στο επάνω μέρος της μπαταρίας. Ενώ, σε μια μπαταρία κλειστού τύπου υπάρχει μια ειδική διάταξη καταλύτη μέσα στην μπαταρία που χρησιμοποιείται για να επανενώνει το υδρογόνο με το οξυγόνο, δημιουργώντας νερό. Επομένως, δεν υπάρχει απώλεια υγρού, όπως στις ανοικτού τύπου.



Μπαταρίες ανοικτού τύπου



Μπαταρίες κλειστού τύπου

II) Χωρητικότητα της μπαταρίας

Η χωρητικότητα της μπαταρίας είναι το μέτρο για την ποσότητα ρεύματος που μπορεί να αποθηκευτεί και να αντληθεί από μια μπαταρία. Η μονάδα μέτρησης είναι τα αμπερώρια (Ah). Η τιμή αυτή είναι θεωρητική και εξαρτάται από μια σειρά παραγόντων.

Στις μπαταρίες μολύβδου οξέως υπάρχουν τρία ενεργά συστατικά μέρη, το ενεργό υλικό του θετικού ηλεκτροδίου, το ενεργό υλικό του αρνητικού ηλεκτροδίου και ο ηλεκτρολύτης. Μια από αυτές τις ουσίες μπορεί να μειώσει τη χωρητικότητα της μπαταρίας, με αποτέλεσμα να την αποφορτίσει εντελώς.

Είναι λοιπόν πρακτικό να γνωρίζουμε τη χωρητικότητα της μπαταρίας, η οποία δίνεται από τον κατασκευαστή. Για παράδειγμα, στις μπαταρίες του αυτοκινήτου η μπαταρία αποφορτίζεται σε 20 ώρες με σταθερό ρεύμα ως μια προκαθορισμένη τιμή τάσης. Αυτό το ρεύμα επισημαίνεται με I₂₀ και η αντίστοιχη χωρητικότητα με C₂₀.

Πολλοί παράμετροι επηρεάζουν τη χωρητικότητα της μπαταρίας όπως η θερμοκρασία, η προηγούμενη φόρτιση, ο χρόνος από την τελευταία

φόρτιση, η ηλικία της μπαταρίας, η συμπεριφορά προς το ρεύμα, η τάση φόρτισης κ.ά.

III) Γήρανση των μπαταριών

Στην κανονική λειτουργία υπάρχουν τέσσερις κύριοι λόγοι για τη γήρανση των μπαταριών, οι οποίοι είναι η βαθιά εκφόρτιση, η υπερφόρτιση, το χαμηλό επίπεδο ηλεκτρολύτη και η υψηλή θερμοκρασία μπαταρίας.

Για παράδειγμα, ο χρόνος ζωής της μπαταρίας μειώνεται δραματικά αν αφεθεί σε βαθιά εκφόρτιση για πολύ καιρό. Μια τέτοια κατάσταση μπορεί να προκύψει αν το φορτίο είναι μεγάλο σε σχέση με την ενέργεια που δίνει το πλαίσιο και ο ρυθμιστής φόρτισης με στη σειρά του δεν μπορεί να αποσυνδέσει τις μπαταρίες που θα έχουν χαμηλή φόρτιση. Ένας καλός ρυθμιστής δε θα επέτρεπε ποτέ στις μπαταρίες να φθάσουν σε επικίνδυνες καταστάσεις.

Μια μπαταρία μολύβδου οξέως, σ' ένα φωτοβολταϊκό σύστημα δεν χρειάζεται να δίνει υψηλό ρεύμα κατά την εκφόρτιση ή την ταχεία φόρτιση. Οι μπαταρίες που χρησιμοποιούνται σε φωτοβολταϊκά συστήματα έχουν σχεδιαστεί για περισσότερους κύκλους αντοχής.

3.7: Καλώδια

Σε μια ηλεκτρική εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος χρειάζονται κατάλληλα υλικά και εξοπλισμός για να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις της. Υπάρχει καταρχήν μια διαφορά μεταξύ των καλωδίων των πλαισίων μέχρι τον αντιστροφέα και από τον αντιστροφέα μέχρι την κατανάλωση. Τα πρώτα μεταφέρουν συνεχές ρεύμα, ενώ τα δεύτερα εναλλασσόμενο. Σίγουρα θα πρέπει να είναι και τα δυο κατάλληλα για εξωτερική χρήση και με σκοπό να μηδενίσουμε την πιθανότητα βραχυκυκλώματος.

Τα καλώδια που χρησιμοποιούνται για τα φωτοβολταϊκά συστήματα πρέπει να έχουν κάποιες προδιαγραφές ασφαλείας, σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα (ISO, IEC, CE, VDE). Δηλαδή, να υπάρχει:

- ✓ Ο διαχωρισμός του θετικού και του αρνητικού πόλου.
- ✓ Η διπλή μόνωση και η εσωτερική επιλαστίχωση.
- ✓ Η αντοχή στην ηλιακή ακτινοβολία UV και το όζον.
- ✓ Η αντοχή σε θετικές και αρνητικές θερμοκρασίες.
- ✓ Η αντοχή στη συμπίεση, την ένταση και τη διάτμηση.
- ✓ Η προστασία από μικροοργανισμούς και μικρόβια.
- ✓ Η επιλογή καλωδίου με μεταλλικό σπλισμό (αν χρειαστεί), σε περίπτωση που υπάρχουν στην περιοχή τρωκτικά.
- ✓ Η ικανότητά τους να είναι φιλικά προς το περιβάλλον.
- ✓ Η αντοχή τους σε πυρκαγιά.
- ✓ Η ικανότητά τους να έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής.
- ✓ Η ένδειξη του τύπου προστασίας από στερεά και υγρά σώματα (IP).



Καλώδια για φωτοβολταϊκά

3.8: Γείωση

Γείωση, γενικά, ονομάζουμε την αγώγιμη σύνδεση όλων των μεταλλικών μερών των ηλεκτρικών συσκευών και καταναλωτών, άμεσα ή έμμεσα, με τη γη.

3.8.1: Είδη γειώσεων

Ανάλογα με το σκοπό που εξυπηρετούν μέσα σε μια ηλεκτρική εγκατάσταση ή σ' ένα ηλεκτρικό δίκτυο, διακρίνουμε τρία είδη γειώσεων:

α) Γείωση λειτουργίας

Είναι η γείωση ενός τμήματος της εγκατάστασης που ανήκει στο κύκλωμα λειτουργίας (πχ. ο ουδέτερος των γεννητριών, η γείωση του ουδέτερου των μετασχηματιστών, κ.ά.). Η γείωση λειτουργίας εκτός από την αντίσταση του ηλεκτροδίου γείωσης, μπορεί να περιλαμβάνει και πρόσθετες αντιστάσεις ωμικές, επαγωγικές ή χωρητικές, οι οποίες βοηθούν στον περιορισμό του ρεύματος βραχυκυκλώματος.

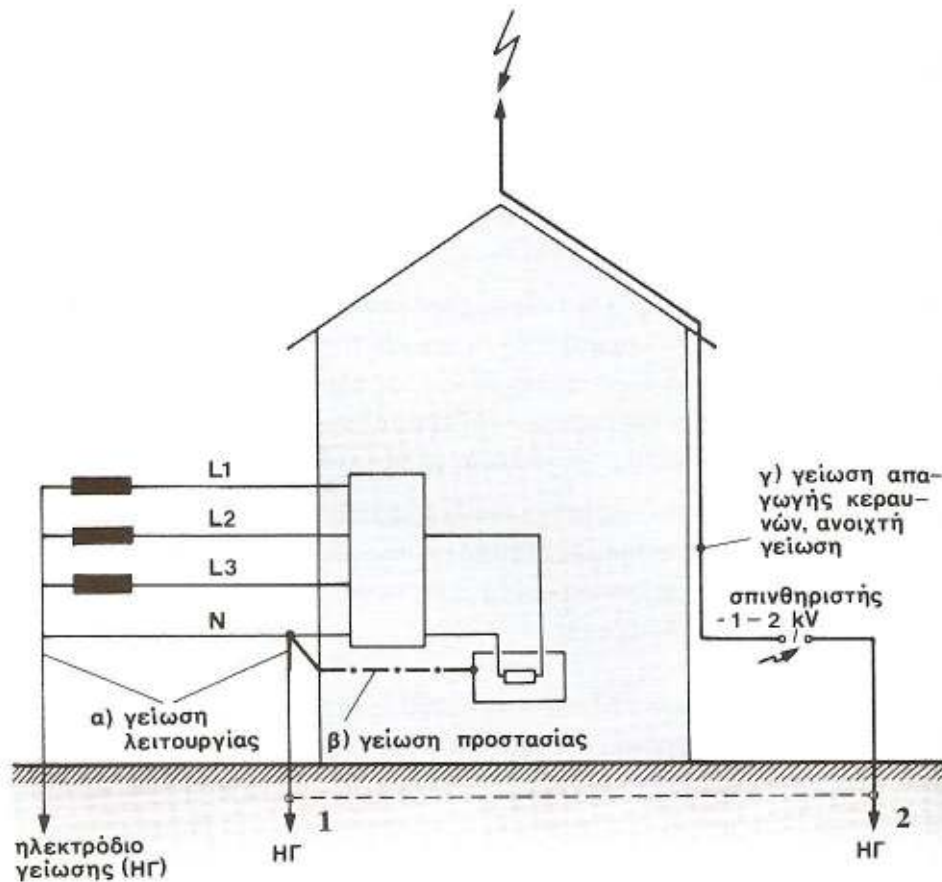
β) Γείωση προστασίας

Είναι η γείωση μεταλλικών τμημάτων της εγκατάστασης που δεν ανήκουν στο κύκλωμα λειτουργίας της (πχ. τα μεταλλικά περιβλήματα των ηλεκτρικών συσκευών ή ηλεκτρικών καταναλώσεων). Η γείωση προστασίας αποσκοπεί στην προστασία των ανθρώπων από επικίνδυνες τάσεις επαφής που μπορεί να προκαλέσουν ηλεκτροπληξία ή πυρκαγιά.

γ) Γείωση ασφαλείας ή γείωση του συστήματος αντικεραυνικής προστασίας

Είναι η γείωση ενός μεταλλικού πλαισίου του κτιρίου μέσα στο οποίο υπάρχει η ηλεκτρική εγκατάσταση, με σκοπό τη διοχέτευση μεγάλων ρευμάτων που προέρχονται από την πτώση κεραυνών, προς τη γη. Για τον ίδιο σκοπό, τέτοια γείωση ασφαλείας προς τη γη, εφαρμόζεται και σε εκτεθειμένες μεταλλικές κατασκευές και σε πυλώνες στήριξης γραμμών

μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Επίσης, είναι ανοικτή ή συνεχόμενη, διότι έτσι μειώνονται οι ηλεκτροχημικές διαβρώσεις.



Τα τρία είδη των γειώσεων όλα μαζί σε μια εγκατάσταση.

3.8.2: Μέθοδοι προστασίας εγκαταστάσεων

Οι μέθοδοι προστασίας που εφαρμόζονται για την πρόληψη ηλεκτροπληξίας ή πυρκαγιάς σε μια εγκατάσταση είναι, σε γενικές γραμμές, μέθοδοι που εξασφαλίζουν τη διακοπή της τάσης τροφοδοσίας της εγκατάστασης, μόλις εμφανιστεί κάποιο σφάλμα. Τέτοιες μέθοδοι είναι:

α) Προστασία με γείωση μέσω του ουδέτερου (ουδετέρωση)

Είναι η αγωγή σύνδεση των μεταλλικών τμημάτων των συσκευών με τον ουδέτερο αγωγό του δικτύου τροφοδοσίας της εγκατάστασης.

β) Προστασία με άμεση γείωση

Είναι η αγωγή σύνδεση των μεταλλικών μερών π.χ. μιας συσκευής με το ηλεκτρόδιο γείωσης. Η σύνδεση της μεταλλικής επιφάνειας της συσκευής με το ηλεκτρόδιο γείωσης γίνεται με χάλκινο αγωγό κατάλληλης διατομής, που λέγεται αγωγός γείωσης.

Στο λεκανοπέδιο της Αττικής, η Δ.Ε.Η. δεν εφαρμόζει την ουδετέρωση αλλά την άμεση γείωση.

γ) Προστασία μέσω διακοπών διαφυγής

Με τους διακόπτες διαφυγής επιτυγχάνεται η απόζευξη του τμήματος της εγκατάστασης στο οποίο παρουσιάζεται τάση επαφής μεγαλύτερη των 50V σε πολύ μικρό χρόνο, ενώ η αντίσταση γείωσης μπορεί να είναι πολύ υψηλή.

Σήμερα, στην πράξη χρησιμοποιούνται διακόπτες διαφυγής έντασης, οι οποίοι ονομάζονται και ρελέ προστασίας ή αντιηλεκτροπληξιακοί διακόπτες ή διακόπτες διαφυγής έντασης (Δ.Δ.Ε.). Χρησιμοποιούνται, συνήθως, παράλληλα με την ουδετέρωση ή την άμεση γείωση, χωρίς να επιβάλλεται από τους κανονισμούς.

Σύμφωνα με το άρθρο 19 των κανονισμών, οι διακόπτες διαφυγής έντασης επιτρέπονται ως μόνη μέθοδος προστασίας, μετά από τη σύμφωνη γνώμη της Δ.Ε.Η., μόνο σε περιοχές που δεν εφαρμόζονται η ουδετέρωση ή η άμεση γείωση.

Κατασκευάζονται ως διπολικοί (για μονοφασικές παροχές) ή τετραπολικοί (για τριφασικές παροχές) και για ονομαστικά ρεύματα φορτίου 25, 40 και 60Α. Περισσότερο χρησιμοποιείται ο διακόπτης των 40Α.

3.9: Αντικεραυνική προστασία

Η αντικεραυνική προστασία είναι ένα σύνθετο αντικείμενο που συνδυάζει το φυσικό φαινόμενο του κεραυνού και τα μέσα προστασίας, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν έναντι των πληγμάτων του. Αν και το μεγαλύτερο μέρος του κεραυνού διοχετεύεται στο έδαφος, υπάρχουν περιπτώσεις που ένας κεραυνός έχει επικίνδυνες επιπτώσεις σε διάφορες κατασκευές ή ακόμα και στον άνθρωπο.

Το σύνολο των μέτρων που περιλαμβάνονται για την προστασία κατά της κεραυνοπληξίας λέγεται σύστημα αντικεραυνικής προστασίας (Σ.Α.Π.). Σκοπός αυτού είναι να κατευθύνει το ρεύμα εκκένωσης ελεγχόμενα στη γη και να περιορίσει, το δυνατόν περισσότερο, τις ζημιές στην εγκατάσταση. Αυτό πετυχαίνεται με τα αλεξικέραυνα.

3.9.1: Κεραυνός

Ο κεραυνός είναι μια ηλεκτρική εκκένωση μεγάλης ισχύος και ταχύτητας, που αναπτύσσεται μεταξύ νεφών και γης, λόγω της μεγάλης συγκέντρωσης αντίθετων ηλεκτρικών φορτίων (θετικών και αρνητικών). Έτσι δημιουργείται και μια διαφορά δυναμικού. Συνήθως, τα νέφη φέρουν αρνητικό φορτίο, αλλά μερικές φορές έχουν και θετικό. Τέτοιες εκκενώσεις μπορούν να γίνουν και μεταξύ νεφών (κεραυνοί συννέφων), αλλά πιο συχνά γίνονται μεταξύ νεφών και εδάφους (κεραυνοί σύννεφου – γης). Οι ηλεκτρικές εκκενώσεις που μας ενδιαφέρουν περισσότερο είναι μεταξύ νέφους και εδάφους, διότι αυτές είναι επικίνδυνες και καταστροφικές.

Ο αέρας είναι ένα διηλεκτρικό και βρίσκεται μεταξύ νέφους και εδάφους ή μεταξύ δυο νεφών. Εκεί αναπτύσσεται μεγάλη διαφορά δυναμικού και καταπονείται ηλεκτρικά. Αν δε μπορέσει να αντέξει την καταπόνηση αυτή, τότε δημιουργείται σπινθήρας (αστραπή). Λόγω της δημιουργίας του σπινθήρα, ο αέρας θερμαίνεται απότομα με αποτέλεσμα τη βίαιη και ισχυρή μετατόπιση

αέριων μαζών και τη σύγκρουσή τους με ψυχρές μάζες. Έτσι προκαλείται ένας κρότος, η βροντή.

Οι κεραυνοί τείνουν να βρουν το συντομότερο και ευκολότερο δρόμο διαφυγής προς τη γη, μέσω αντικειμένων που προεξέχουν από την επιφάνεια της γης (πχ. κορυφές, βουνά, ανθρώποι, ζώα, μεγάλες καπνοδόχους, κ.ά.). Αυτό συμβαίνει γιατί, τα φορτία συγκεντρώνονται σε προεξοχές σωμάτων και δεν μπορούν συγκρατηθούν όλα και αναγκαστικά ξεσπάει η ηλεκτρική εκκένωση. Ο κεραυνός προτιμά να διέρχεται από μέταλλα, που είναι καλοί αγωγοί του ηλεκτρισμού. Σε περίπτωση που τα μέταλλα είναι γειωμένα, ο κεραυνός δε θα είναι καταστροφικός.

Τα σπουδαιότερα χαρακτηριστικά του κεραυνού είναι:

- Η ένταση του ρεύματος εκκένωσης, που μπορεί να φτάσει μέχρι και τα 200KA.
- Η ηλεκτρική ενέργεια του κεραυνού, που είναι μεγάλη αλλά διαρκεί λίγο χρόνο.
- Η διαφορά δυναμικού του κεραυνού, που ανέρχεται στα 1.000KV.
- Το μήκος τόξου του κεραυνού, που μπορεί να φτάσει τα 7 – 10Km.
- Η συχνότητα πτώσης του κεραυνού, που έχουν διαπιστωθεί ότι στην επιφάνεια της γης πέφτουν περίπου 100 κεραυνοί ανά δευτερόλεπτο.



Ο κεραυνός

3.9.2: Αλεξικέραυνο

Το αλεξικέραυνο είναι μια διάταξη που χρησιμοποιείται για την προστασία από την πτώση κεραυνών. Πιο συγκεκριμένα, δημιουργούν μια εύκολη δίοδο στον κεραυνό προς τη γη, αποφεύγοντας έτσι δρόμους που μπορούν να προκαλέσουν καταστροφές.

Η απλούστερη κατασκευή ενός αλεξικέραυνου περιλαμβάνει τα εξής μέρη:

- α) τη ράβδο με την ακίδα
- β) τον αγωγό καθόδου
- γ) το ηλεκτρόδιο γείωσης

Οι επιστήμονες, τα τελευταία χρόνια υποστηρίζουν ότι ένα σύστημα αντικεραυνικής προστασίας μπορεί να βελτιωθεί με ενεργές διατάξεις σύλληψης του κεραυνού. Υπάρχουν τρεις τύποι ενεργών διατάξεων:

Τα ραδιενεργά αλεξικέραυνα

Τα ραδιενεργά αλεξικέραυνα είναι ράβδοι με ραδιενεργή ουσία στη άκρη τους που διευκολύνουν την εκκίνηση του φαινομένου του κεραυνού με ιονισμό του αέρα.

Τα αλεξικέραυνα απώθησης

Τα αλεξικέραυνα απώθησης είναι ράβδοι που στην άκρη τους έχουν ακίδες σε σφαιρική διάταξη, με σκοπό να εξουδετερώνουν μέρος του φορτίου του σύννεφου που πλησιάζει και να εμποδίζουν την επιστροφή του.

Τα αλεξικέραυνα πρώιμου οχετού

Τα αλεξικέραυνα πρώιμου οχετού είναι ράβδοι, που αποτελούνται και από ένα σύστημα που στέλνει παλμούς υψηλής τάσης στην άκρη της ράβδου όταν τα φορτισμένα σύννεφα φθάνουν στην περιοχή.

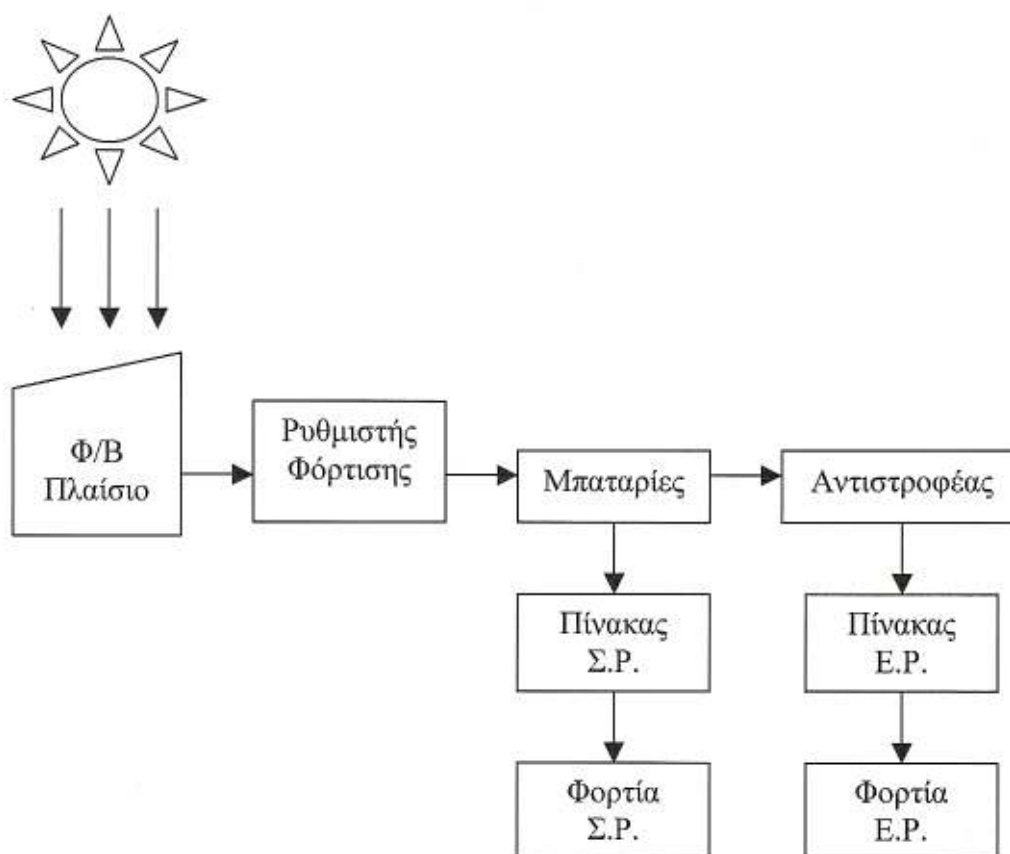
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο: ΟΙ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΚΑΙ ΟΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

4.1: Εισαγωγή

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα ανάλογα με την αποθήκευση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας διακρίνονται σε αυτόνομα, διασυνδεδεμένα και υβριδικά.

4.2: Αυτόνομα

Αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα είναι το σύστημα που δεν είναι συνδεδεμένο με το κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο. Το σύστημα αυτό αποτελείται από το φωτοβολταϊκό πλαίσιο, το ρυθμιστή φόρτισης, τη μπαταρία, τον αντιστροφέα και τους πίνακες Ε.Ρ. και Σ.Ρ.



Διάγραμμα αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος

Σήμερα υπάρχει πληθώρα μικρών αυτόνομων συστημάτων σε:

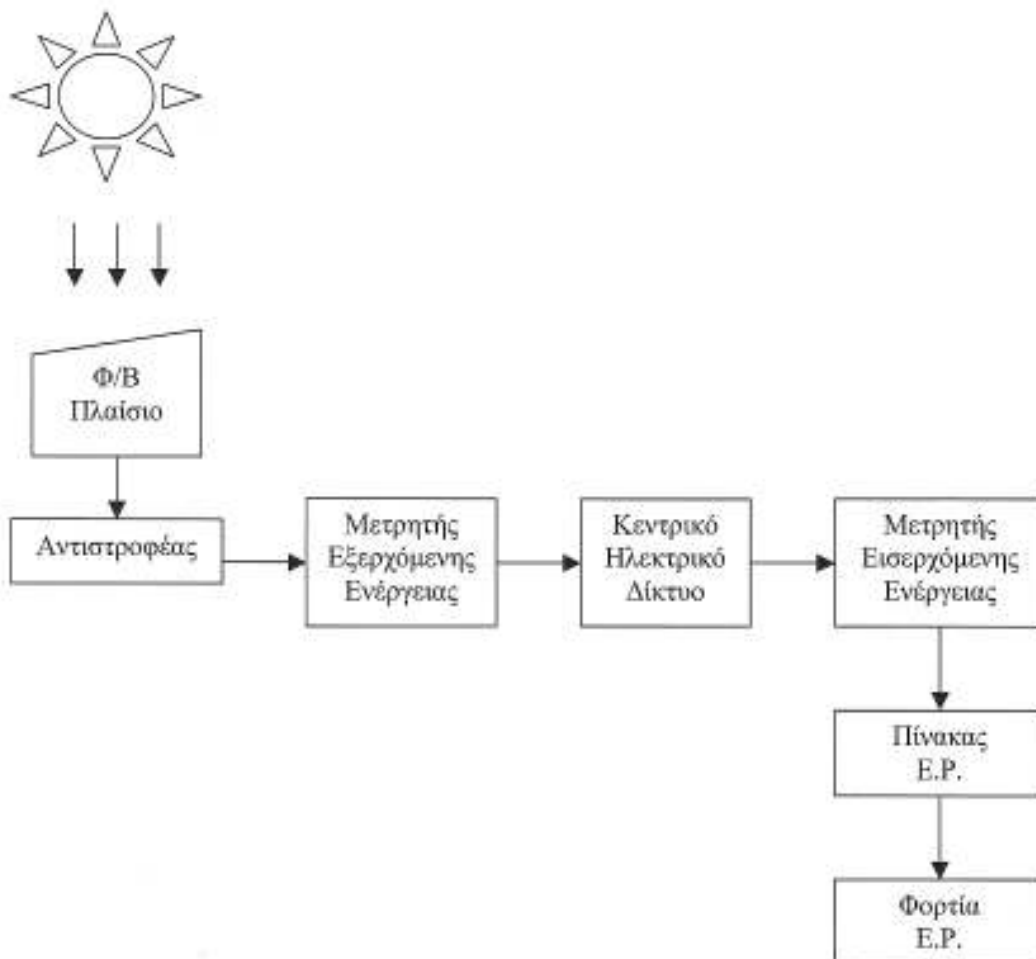
- Συστήματα τηλεπικοινωνιών, τηλεμετρίας και συναγερμού.
- Συστήματα σηματοδότησης.
- Χιονοδρομικά κέντρα.

- Υπαίθρια φωτιστικά σώματα.
- Μετεωρολογικοί σταθμοί.
- Φάροι, κ.ά.

4.3: Διασυνδεδεμένα

Διασυνδεδεμένο φωτοβολταϊκό σύστημα είναι το σύστημα που είναι συνδεδεμένο με το κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο, δηλαδή δίνει και παίρνει ηλεκτρική ενέργεια. Το σύστημα αυτό αποτελείται από το φωτοβολταϊκό πλαίσιο, τον αντιστροφέα, το μετρητή εξερχόμενης ηλεκτρικής ενέργειας (προς το δίκτυο), και το μετρητή εισερχόμενης ηλεκτρικής ενέργειας (από το δίκτυο).

Σ' αυτό το σύστημα δεν απαιτείται η χρήση μπαταριών, γεγονός που ελαττώνει το αρχικό κόστος εγκατάστασης και το κόστος συντήρησης. Το ρόλο αυτών παίζει το ίδιο το δίκτυο που το παρομοιάζουμε με μια «μπαταρία» με απεριόριστη ικανότητα αποθήκευσης.



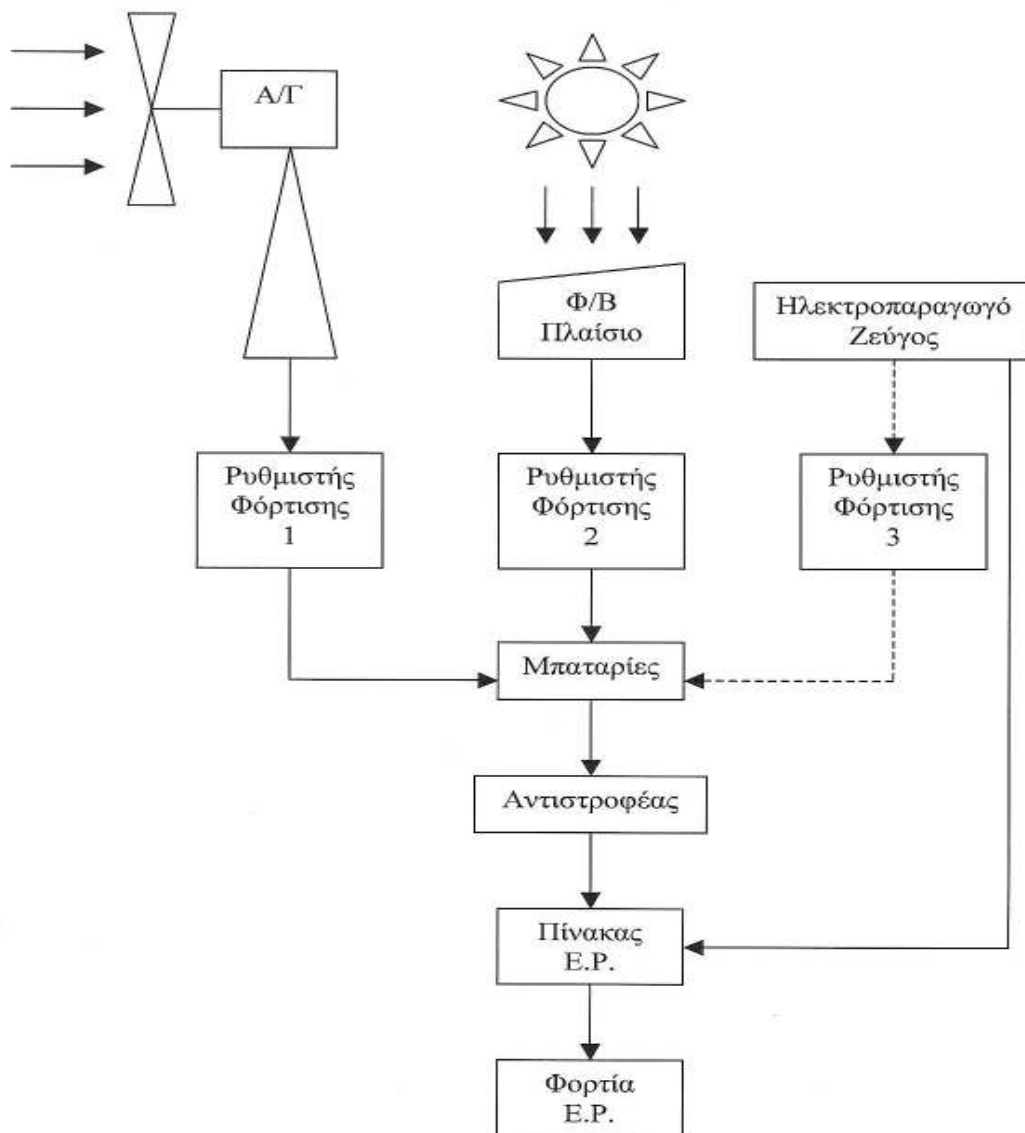
Διάγραμμα διασυνδεδεμένου φωτοβολταϊκού συστήματος

4.4: Υβριδικά

Υβριδικό φωτοβολταϊκό σύστημα είναι το σύστημα, το οποίο συνδέεται μαζί με άλλες πηγές ενέργειας είτε συμβατές (πχ. ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος) είτε ήπιες (ανεμογεννήτρια).

Τα υβριδικά συστήματα μπορούν να αποτελέσουν μια λογική προσέγγιση σε καταστάσεις όπου οι περιστασιακές αιχμές ζήτησης είναι σημαντικά υψηλότερες από τη ζήτηση φορτίου βάσης. Για παράδειγμα, δεν έχει νόημα να διαστασιολογείται ένα σύστημα, ώστε να μπορεί να ικανοποιεί τη αύξηση της ζήτησης κατά 10%, μόνο με φωτοβολταϊκά ή μόνο με ντιζελογεννήτρια. Σε μια τέτοια κατάσταση, ο συνδυασμός Φ/Β – ντίζελ είναι μια ιδανική λύση.

Η επιλογή του κατάλληλου συστήματος γίνεται με τις ανάγκες που θέλουμε να εξυπηρετήσουμε.



Διάγραμμα υβριδικού φωτοβολταϊκού συστήματος

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο: ΟΙ ΤΡΟΠΟΙ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ

5.1: Εισαγωγή

Στα φωτοβολταϊκά συστήματα υπάρχουν δυο τρόποι που συνδέονται οι φωτοβολταϊκές κυψέλες ή και σε ποιο μεγάλη κλίμακα, τα φωτοβολταϊκά πλαίσια. Αυτοί είναι η σύνδεση σειράς και η παράλληλη σύνδεση.

5.2: Συνδεσμολογία σειράς

Όταν έχουμε σύνδεση σειράς τα χαρακτηριστικά τάσης, έντασης και ισχύς είναι τα ακόλουθα:

A) Η τάση είναι ίση με το άθροισμα των τάσεων κάθε κυψέλης. Δηλαδή, ο τύπος είναι:

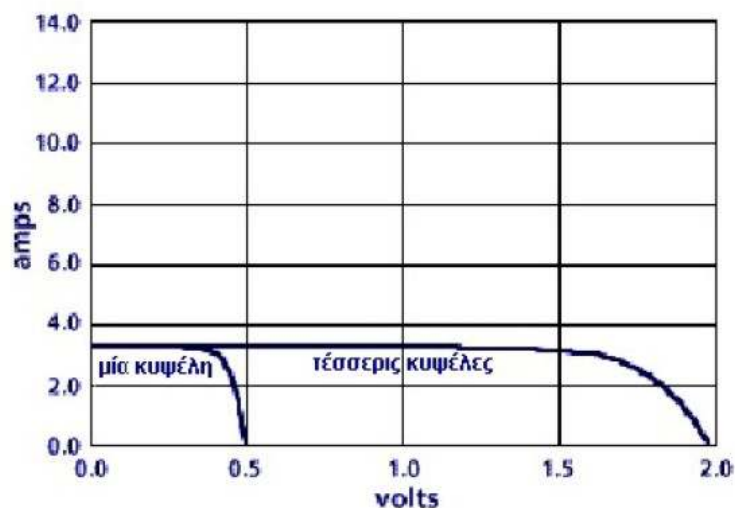
$$V_{\text{σειρας}} = (\text{Αριθμος_κυψελων}) \cdot (V_{\text{max_μιας_κυψελης}})$$

B) Η ένταση είναι ίδια σε κάθε σημείο της συνδεσμολογίας και είναι ίδια μ' αυτή που παράγεται από μια κυψέλη. Δηλαδή, ο τύπος είναι:

$$I_{\text{σειρας}} = I_{\text{max_μιας_κυψελης}}$$

Γ) Η παραγόμενη ισχύς από μια συνδεσμολογίας κυψελών σε σειρά ισούται με το γινόμενο της τάσης σειράς επί της έντασης σειράς. Δηλαδή, ο τύπος είναι:

$$P_{\text{σειρας}} = V_{\text{σειρας}} \cdot I_{\text{σειρας}}$$



Η χαρακτηριστική καμπύλη I – V της συνδεσμολογίας σειράς.

5.3: Συνδεσμολογία παράλληλη

Όταν έχουμε μια παράλληλη σύνδεση τα χαρακτηριστικά τάσης, έντασης και ισχύς είναι τα ακόλουθα:

A) Η τάση μεταξύ δυο κόμβων μιας ομάδας κυψελών συνδεόμενων παράλληλα είναι ίση με τη τάση κάθε κυψέλης. Δηλαδή, ο τύπος είναι:

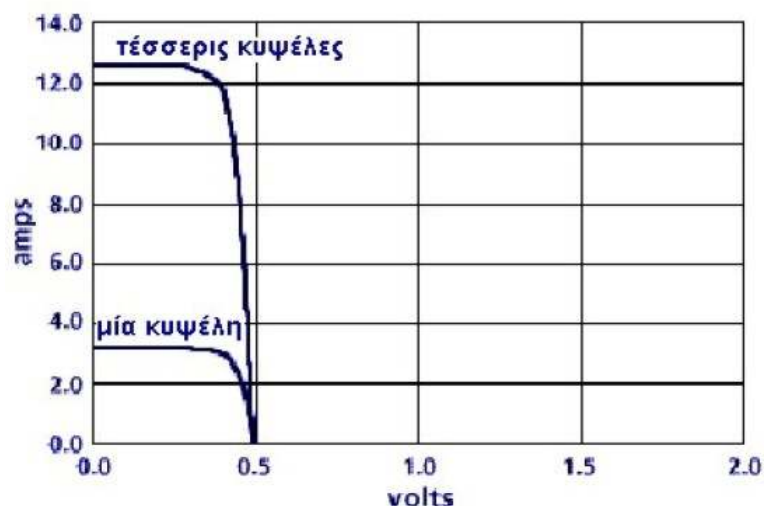
$$V_{\text{παράλληλα}} = V_{\text{max_μιας_κυψελής}}$$

B) Το παραγόμενο ρεύμα από μια ομάδα κυψελών συνδεδεμένων παράλληλα ισούται με το άθροισμα των μεμονωμένων ρευμάτων κάθε κυψέλης. Δηλαδή, ο τύπος είναι:

$$I_{\text{παράλληλα}} = (\text{Αριθμος_κυψελων}) \cdot (I_{\text{max_μιας_κυψελής}})$$

Γ) Η παραγόμενη ισχύς από κυψέλες συνδεδεμένες παράλληλα είναι ίσο με το γινόμενο της παράλληλης τάσης επί το παράλληλο ρεύμα. Δηλαδή, ο τύπος είναι:

$$P_{\text{παράλληλη}} = V_{\text{παράλληλη}} \cdot I_{\text{παράλληλο}}$$



Η χαρακτηριστική καμπύλη I – V της παράλληλης συνδεσμολογίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο: ΤΑ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΤΑ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

6.1: Εισαγωγή

Η εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος έχει πολλά πλεονεκτήματα να αναδείξει, σε σχέση με τα λιγοστά μειονεκτήματα που υπάρχουν.

6.2: Πλεονεκτήματα

Τα πλεονεκτήματα των φωτοβολταϊκών συστημάτων συνοψίζονται στα παρακάτω:

- Παράγουν δωρεάν ηλεκτρική ενέργεια από τον ήλιο.
- Δεν έχουν κινούμενα μέρη και παράγουν αθόρυβα ισχύ.
- Δεν ρυπαίνουν το περιβάλλον με αέρια ή άλλα κατάλοιπα.
- Μπορούν να λειτουργήσουν αυτόνομα και αξιόπιστα χωρίς την παρουσία κάποιου χειριστή.
- Μπορούν να εγκατασταθούν σε απομακρυσμένες περιοχές.
- Δεν καταναλώνουν καύσιμο.
- Μπορούν εύκολα να λειτουργήσουν παράλληλα και με άλλα συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.
- Λειτουργούν χωρίς προβλήματα κάτω από όλες τις καιρικές συνθήκες.
- Είναι επεκτάσιμα ανάλογα με τις ανάγκες σε φορτίο.
- Αυξάνουν την αξία του ακινήτου.
- Συνήθως υπάρχουν κρατικές επιχορηγήσεις και εύκολος τραπεζικός δανεισμός.
- Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής, περίπου 30 έτη, με πολύ μικρές απώλειες στην απόδοσή τους.

6.3: Μειονεκτήματα

Τα μειονεκτήματα των φωτοβολταϊκών συστημάτων συνοψίζονται στα ακόλουθα:

- Έχουν υψηλό αρχικό κόστος του όλου συστήματος.
- Καταλαμβάνουν μεγάλη επιφάνεια εγκατάστασης.
- Έχουν σχετικά μεγάλο κόστος μπαταριών συγκριτικά με το χρόνο ζωής τους.
- Έχουν ακόμη μικρό βαθμό απόδοσης.

Είναι μια συνεχώς ανερχόμενη τεχνολογία που μέρα με τη μέρα κερδίζει έδαφος στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Παρά τις τεχνολογικές εξελίξεις, το κόστος παραμένει ακόμη υψηλό, πράγμα που κάνει τους καταναλωτές να διστάζουν αρκετά για μια τέτοια επένδυση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο: ΤΟ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΟ ΖΕΥΓΟΣ (Η/Ζ)

7.1: Εισαγωγή

Οι καταναλωτές ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιούν ως κύρια πηγή το δίκτυο μιας εταιρίας παραγωγής και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας (Δ.Ε.Η.), για την τροφοδότηση της εγκατάστασής τους. Η Δ.Ε.Η. προσφέρει μονοφασικό ή τριφασικό εναλλασσόμενο ρεύμα σε ημιτονοειδή μορφή, με συχνότητα 50Hz και ενεργό τιμή τάσης 230 / 400V.

Για αιτίες που τις περισσότερες φορές δεν εξαρτώνται από τη Δ.Ε.Η., η τάση και η συχνότητα δεν είναι κατάλληλες ή υπάρχουν διακοπές της παροχής ηλεκτρικής ενέργειας από το δίκτυό της, με αποτέλεσμα να μην λειτουργούν σωστά οι ηλεκτρικές συσκευές. Για να την αποφυγή τέτοιων προβλημάτων, χρησιμοποιούνται ανεξάρτητες πηγές ηλεκτρικής ενέργειας, όπως είναι το ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος (Η/Ζ).

7.2: Βασικά μέρη Η/Ζ

Το ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος χρησιμοποιείται είτε ως κύρια πηγή ηλεκτρικής ενέργειας, είτε ως εφεδρική. Αυτό αποτελείται από τη γεννήτρια, τον κινητήρα (κινητήρια μηχανή), τον πίνακα ελέγχου και μεταγωγής και τη βάση στήριξης.



Το ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος και τα κύρια μέρη του.

7.2.1: Γεννήτρια

Τα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη χρησιμοποιούν σύγχρονες γεννήτριες εναλλασσόμενου ρεύματος ή αλλιώς εναλλακτήρες, οι οποίες μετατρέπουν τη μηχανική ενέργεια του κινητήρα σε ηλεκτρική. Οι εναλλακτήρες αποτελούνται από:

- Το στάτη, που είναι το σταθερό μέρος και
- Το δρομέα, που είναι το κινητό μέρος της μηχανής.

I) Γενικά

Για τη λειτουργία του μαγνητικού πεδίου (διέγερση) υπάρχουν μαγνητικοί πόλοι, οι οποίοι μπορεί να βρίσκονται τόσο στο στάτη, όσο και στο δρομέα, ανάλογα με τον τύπο του εναλλακτήρα. Επίσης, υπάρχει επαγωγικό τύμπανο, στο οποίο τοποθετείται το τύλιγμα απ' το οποίο θα πάρουμε την Η.Ε.Δ. και τάση και τελικά το εναλλασσόμενο ρεύμα.

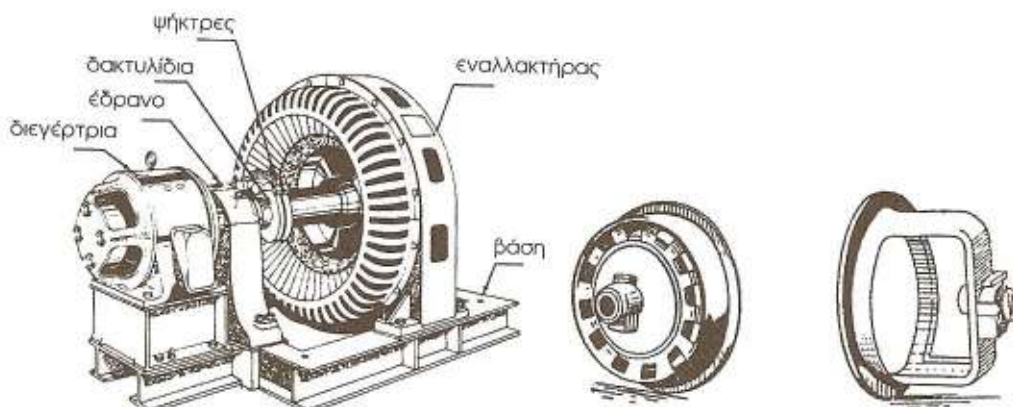
Ανάλογα με τη θέση των πόλων, το επαγωγικό τύμπανο βρίσκεται είτε στο δρομέα (εναλλακτήρες με εξωτερικούς πόλους) είτε στο στάτη (εναλλακτήρες με εσωτερικούς πόλους).

II) Εναλλακτήρες με εξωτερικούς πόλους

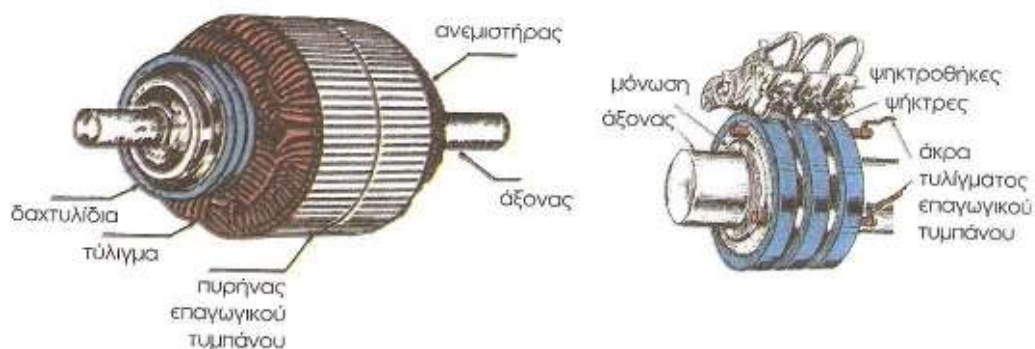
Σ' αυτούς ο στάτης έχει προορισμό, εκτός απ' το να στηρίζει τη μηχανή, να δημιουργεί κατάλληλη και καθορισμένη μαγνητική ροή, δηλαδή το επαγωγικό τύμπανο κινείται και οι πόλοι είναι σταθεροί.

Για το σκοπό αυτό αποτελείται από:

- Το ζύγωμα, στο οποίο τοποθετούνται οι μαγνητικοί πόλοι και το τύλιγμα διέγερσης
- Τα καλύμματα ή καπάκια
- Τον ψηκτροφορέα και τις ψήκτρες
- Το κιβώτιο ακροδεκτών και τη βάση.



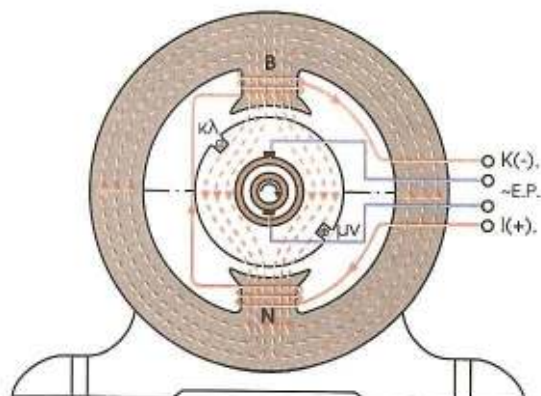
Ο εναλλακτήρας με εξωτερικούς πόλους και τα καλύμματά του.



Ο δρομέας, ο ψηκτροφορέας, οι ψήκτριες και τα δακτυλίδια του εναλλακτήρα με εξωτερικούς πόλους.

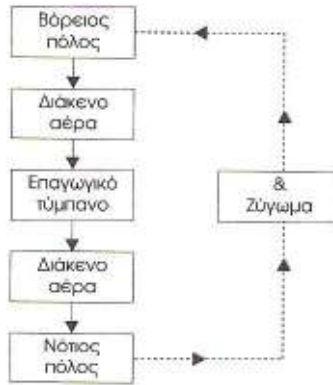
Η αρχή λειτουργίας των εναλλακτών με εξωτερικούς (ή σταθερούς) πόλους είναι η εξής:

Σ' έναν τέτοιο εναλλακτήρα υπάρχουν δυο μαγνητικοί πόλοι, ο Βόρειος και ο Νότιος. Τα τυλίγματά τους τροφοδοτούνται με συνεχές ρεύμα από τη διεγέρτρια. Έτσι, ο δρομέας λόγω της επαγωγής κινείται και αναπτύσσεται εναλλασσόμενη Η.Ε.Δ. (τάση) ημιτονοειδούς μορφής. Αυτή, με τη βοήθεια των ψηκτρών και των δακτυλιδιών, καταλήγει στα άκρα του τυλίγματος τυμπάνου. Από εκεί παίρνουμε το παραγόμενο εναλλασσόμενο ρεύμα.



Η τομή ενός στοιχειώδη εναλλακτήρα εξωτερικών πόλων.

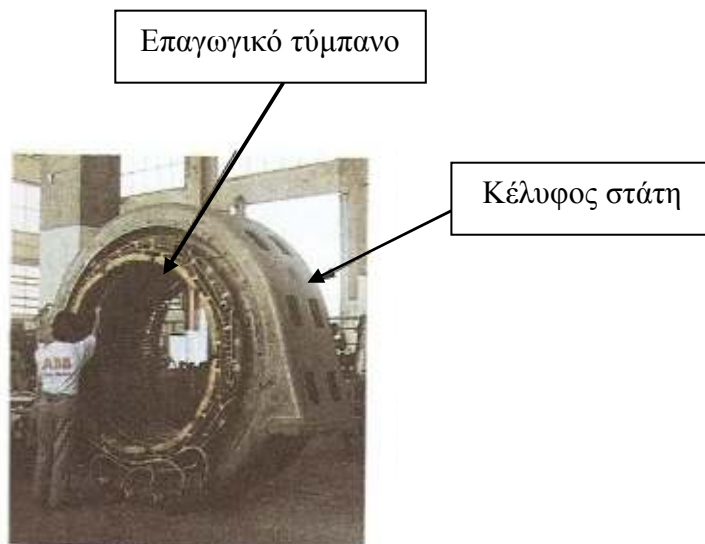
Η χρήσιμη μαγνητική ροή που δημιουργεί τη Η.Ε.Δ. και τελικά το εναλλασσόμενο ρεύμα, ακολουθεί την κλειστή διαδρομή του παρακάτω σχήματος.



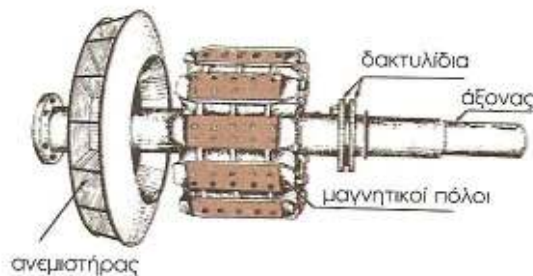
Η χρήσιμη διαδρομή της μαγνητικής ροής.

III) Εναλλακτήρας με εσωτερικούς πόλους

Σ' αυτούς ο στάτης περιέχει το επαγωγικό τύμπανο με το τύλιγμά του και ο δρομέας τους μαγνητικούς πόλους, δηλαδή τώρα το επαγωγικό τύμπανο είναι ακίνητο και οι πόλοι περιστρέφονται.



Ο στάτης εναλλακτήρα με εσωτερικούς πόλους.



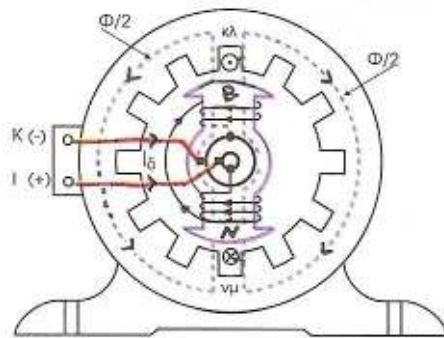
Ο δρομέας εναλλακτήρα με εσωτερικούς πόλους.

Έτσι, ο στάτης περιέχει τα εξής:

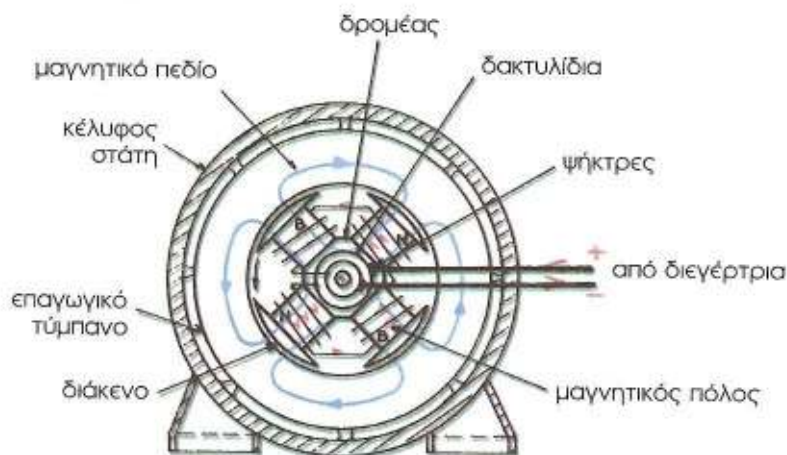
- Το ζύγωμα, με το εξωτερικό κέλυφος
- Το επαγωγικό τύμπανο, με τον πυρήνα και το τύλιγμα
- Το ψηκτροφορέα και τις ψήκτρες
- Τα καλύμματα και το κιβώτιο ακροδεκτών.

Η αρχή λειτουργίας των εναλλακτών με εσωτερικούς πόλους (ή κινητούς) είναι η εξής:

Σ' ένα τέτοιο εναλλακτήρα υπάρχουν δυο μαγνητικοί πόλοι, ο Βόρειος και ο Νότιος, αλλά αυτή τη φορά βρίσκονται στο δρομέα. Το τύλιγμα διέγερσης, το οποίο βρίσκεται και αυτό στο δρομέα, τροφοδοτείται μέσω των ψηκτρών και δακτυλιδιών από τη διεγέρτρια με συνεχές ρεύμα. Τώρα, το επαγωγικό τύλιγμα βρίσκεται στο στάτη. Με τη περιστροφή του δρομέα αναπτύσσεται στα άκρα του τυλίγματος το παραγόμενο εναλλασσόμενο ρεύμα.



Η τομή ενός στοιχειώδη εναλλακτήρα εσωτερικών πόλων.



Μια άποψη ενός τετραπολικού εναλλακτήρα με εσωτερικούς πόλους.

Οι γεννήτριες εναλλασσόμενου ρεύματος μπορεί να είναι σύγχρονες και ασύγχρονες.

Οι σύγχρονες γεννήτριες έχουν διέγερση με συνεχές ρεύμα, δηλαδή μαγνητικό πεδίο που δημιουργείται από μαγνητικούς πόλους που τα

τυλίγματά τους τροφοδοτούνται με συνεχές ρεύμα και παράγουν εναλλασσόμενο ρεύμα με συχνότητα από την ταχύτητα περιστροφής της μηχανής, ενώ οι ασύγχρονες έχουν διέγερση με εναλλασσόμενο ανεξάρτητη απ' την ταχύτητα περιστροφής.

Τέλος, ο εναλλακτήρας για να παράγει εναλλασσόμενο ρεύμα, εκτός των παραπάνω, θέλει και μια κινητήρια μηχανή για να πάρει κίνηση (πχ. πετρελαιοκινητήρας).

7.2.2: Κινητήρας

Οι κινητήρες που χρησιμοποιούνται στα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη είναι μηχανές εσωτερικής καύσης, ειδικά κατασκευασμένες για τα αυτά. Στις μηχανές αυτές, η καύση του καυσίμου γίνεται σε περιορισμένο χώρο και τα αέρια προϊόντα της καύσης χρησιμοποιούνται άμεσα για την παραγωγή μηχανικής ισχύος. Ανάλογα με το είδος του καυσίμου που χρησιμοποιούν, οι κινητήρες διακρίνονται σε:

- Πετρελαίου (ντίζελ)
- Βενζίνης
- Αερίου

I) Κινητήρες πετρελαίου

Είναι παλινδρομικές μηχανές εσωτερικής καύσης, στις οποίες η ανάφλεξη του καυσίμου γίνεται με συμπίεση στο εσωτερικό του συστήματος εμβόλου - κυλίνδρου. Διακρίνονται σε δίχρονους ή τετράχρονους, ανάλογα με το αν ο κύκλος καύσης πραγματοποιείται σε δυο ή τέσσερις χρόνους.

Κοστίζουν περισσότερο και έχουν μεγαλύτερο βάρος από τους αντίστοιχους κινητήρες βενζίνης και αερίου. Πλεονεκτούν σε στιβαρότητα και αξιοπιστία και διαθέτουν μεγάλη διάρκεια ζωής. Έχουν μικρό λειτουργικό κόστος και είναι κατάλληλοι για συνεχή λειτουργία. Επίσης, οι κίνδυνοι φωτιάς ή έκρηξης από τη χρήση πετρελαίου είναι μικρότεροι σε σχέση με τους κινητήρες που χρησιμοποιούν ως καύσιμο βενζίνη ή αέριο. Τα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη με κινητήρα πετρελαίου κατασκευάζονται για ισχύ από 2,5KW έως μερικά MW.

II) Κινητήρες βενζίνης

Είναι παλινδρομικές μηχανές εσωτερικής καύσης, στις οποίες χρησιμοποιούν ως καύσιμο τη βενζίνη και η ανάφλεξη γίνεται με σπινθήρα.

Κοστίζουν λιγότερο σε σχέση με τους κινητήρες πετρελαίου και διαθέτουν γρήγορη εκκίνηση. Όμως, έχουν σοβαρά μειονεκτήματα, όπως α) το μεγάλο λειτουργικό κόστος, β) το μικρό χρόνο αποθήκευσης και γ) το μικρό μέσο χρόνο συντήρησης. Τα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη με κινητήρα βενζίνης κατασκευάζονται για ισχύ μέχρι 100KW.

III) Κινητήρες αερίου

Είναι παλινδρομικές μηχανές εσωτερικής καύσης, στις οποίες η ανάφλεξη του καυσίμου γίνεται με σπινθήρα. Διαθέτουν μεγάλη διάρκεια ζωής και απαιτούν μικρή συντήρηση, λόγω της χρήσης του φυσικού αερίου, που είναι καθαρό καύσιμο. Προσφέρουν γρήγορη εκκίνηση μετά από μακριά

περίοδο διακοπής λειτουργίας. Κοστίζουν το ίδιο με κινητήρες βενζίνης, κατασκευάζονται συνήθως για ισχύ μέχρι 600KW.

Ο κινητήρας είναι εξοπλισμένος με τα παρακάτω συστήματα:

- Σύστημα εκκίνησης
- Σύστημα ψύξης
- Σύστημα λίπανσης
- Σύστημα ρύθμισης ταχύτητας.

Η μηχανική ισχύς που παράγει ο κινητήρας (N σε KW) αποδίδεται, μέσω του άξονα, στη γεννήτρια και το μεγαλύτερο μέρος της μετατρέπεται σε ηλεκτρική ισχύ (P σε KW), που χρησιμοποιείται για τη τροφοδότηση του ηλεκτρικού φορτίου, ενώ το υπόλοιπο καλύπτει τις απώλειες της γεννήτριας ($P_{απ.}$ σε KW). Άρα, ο τύπος που ισχύει είναι: $N = P + P_{απ.}$

Τώρα, αν γνωρίζουμε την ισχύ της γεννήτριας και το βαθμό απόδοσης, μπορούμε να βρούμε την ισχύ του κινητήρα με το ακόλουθο τύπο: $N = P/\eta$ σε KW.

7.2.3: Πίνακας ελέγχου και μεταγωγής

Ο πίνακας έχει μορφή ερμαρίου (ντουλαπιού), κατασκευάζεται από χαλυβδόφυλλα, διαθέτει πόρτα επιθεώρησης και περιέχει τα όργανα, τις συσκευές και τις διατάξεις που είναι απαραίτητα για την προστασία και για την χειροκίνητη ή αυτόματη λειτουργία του ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους.

Στην πόρτα του πίνακα τοποθετούνται:

Όργανα παρακολούθησης της λειτουργίας του ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους:

- Συχνόμετρο 47 – 53Hz.
- Αμπερόμετρα, ένα για κάθε φάση.
- Βολτόμετρο 0 – 500V.
- Μεταγωγές βολτομέτρου, συνήθως έξι θέσεων.
- Ωρόμετρο, για τη μέτρηση των ωρών λειτουργίας του κινητήρα.
- Θερμόμετρα, για τη μέτρηση της θερμοκρασίας του νερού ψύξης του κινητήρα και του λαδιού.
- Μανόμετρο λαδιού, για τη μέτρηση της πίεσης του λαδιού.
- Βολτόμετρο, για τη μέτρηση της τάσης της συστοιχίας των συσσωρευτών.

Ενδεικτικές λυχνίες του ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους:

- Τροφοδοσίας του ηλεκτρικού φορτίου από τη γεννήτρια.
- Χαμηλής πίεσης λαδιού του κινητήρα.
- Υψηλής θερμοκρασίας νερού του συστήματος ψύξης του κινητήρα.
- Υπερτάχυνσης του κινητήρα, μόνο αν ο κινητήρας είναι εξοπλισμένος με ηλεκτρονικό ρυθμιστή ταχύτητας.
- Διαθεσιμότητας δικτύου, μια για κάθε φάση.
- Διαθεσιμότητας τάσης H/Z, μια για κάθε φάση.
- Λειτουργίας προθέρμανσης.

- Αποτυχίας εκκίνησης.
- Τάση δικτύου εκτός ορίων (± 10 της ονομαστικής).
- Τάση γεννήτριας εκτός ορίων (± 10 της ονομαστικής).

7.2.4: Βάση στήριξης

Το σώμα του κινητήρα και της γεννήτριας συνδέονται σταθερά μεταξύ τους. Επίσης, για τη μεταφορά της κίνησης, ο στροφαλοφόρος άξονας του κινητήρα συνδέεται μέσω πολύφυλλου μεταλλικού συνδέσμου με τον άξονα του ρότορα της γεννήτριας.

Το συνδεδεμένο ζεύγος κινητήρα – γεννήτριας τοποθετείται σε μεταλλική βάση. Η βάση έχει μορφή πλαισίου, φέρει πλαστικά αντικραδασμικά στηρίγματα, για να μην μεταφέρονται οι κραδασμοί στο κτίριο. Επίσης, διαθέτει υποδοχές για την ανύψωση και μεταφορά του ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους. Οι σύγχρονες βάσεις κατασκευάζονται από διπλό πλαίσιο και μεταξύ των πλαισίων τοποθετούνται τα αντικραδασμικά στηρίγματα.

7.3: Ισχύς και φόρτιση H/Z

Η ισχύς που αναφέρεται στα τεχνικά φυλλάδια των κατασκευαστών H/Z συνοδεύεται και με χαρακτηρισμό ο οποίος καθορίζει τον τρόπο και το χρόνο φόρτισης του H/Z, σύμφωνα με το διεθνή κανονισμό ISO 3046. Διακρίνουμε τους παρακάτω χαρακτηρισμούς ισχύος:

- Εφεδρική.

Το ζεύγος με εφεδρική ισχύ είναι κατασκευασμένο για 200 ώρες λειτουργίας το χρόνο και δεν πρέπει να λειτουργεί για περισσότερες από είκοσι πέντε (25) ώρες το χρόνο στο 100% της ισχύος του.

- Κύρια.

Το ζεύγος με κύρια ισχύ είναι κατασκευασμένο για συνεχή λειτουργία με μεταβαλλόμενο φορτίο και δεν πρέπει να λειτουργεί με το 100% της ισχύος για περισσότερες από πεντακόσιες (500) ώρες το χρόνο. Επίσης, μπορεί να υπερφορτίζεται κατά 10% για μια ώρα μια (1) ανά δώδεκα (12) ώρες λειτουργίας και οι συνολικές ώρες υπερφόρτισης το χρόνο δεν πρέπει να ξεπερνούν τις είκοσι πέντε (25).

7.4: Τρόποι λειτουργίας H/Z

Στα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη διακρίνουμε δυο τρόπους λειτουργίας:

- Χειροκίνητη

Στη χειροκίνητη λειτουργία, η εκκίνηση του H/Z και η μεταγωγή του φορτίου από την κύρια πηγή (δίκτυο της Δ.Ε.Η.) στο H/Z γίνεται από τον υπεύθυνο τεχνικό με κατάλληλο χειρισμό. Η μεταγωγή του ηλεκτρικού φορτίου γίνεται αφού ο τεχνικός διαπιστώσει από τα όργανα ότι η τάση και η συχνότητα της γεννήτριας έχουν σταθεροποιηθεί και είναι οι σωστές.

- Αυτόματη

Στην αυτόματη λειτουργία, μετά την αποτυχία του δικτύου, τίθεται αυτόματα σε λειτουργία το Η/Ζ με χρονική καθυστέρηση μερικών δευτερολέπτων. Η καθυστέρηση αυτή προβλέπεται για την αποφυγή άσκοπων εκκινήσεων του Η/Ζ, που οφείλονται σε διακοπές μικρής διάρκειας της κύριας πηγής. Σε περίπτωση αποτυχίας της πρώτης αυτόματης εκκίνησης του Η/Ζ, προβλέπονται συνήθως άλλες δύο αυτόματες προσπάθειες εκκίνησης.

Μετά την εκκίνηση του Η/Ζ, γίνεται μεταγωγή του ηλεκτρικού φορτίου από την κύρια πηγή στη γεννήτρια. Η μεταγωγή του φορτίου δε γίνεται άμεσα, αλλά μετά από την επίτευξη της σωστής τάσης στη γεννήτρια. Όταν η τάση στην κύρια πηγή (Δ.Ε.Η.) αποκατασταθεί η μεταγωγή του φορτίου στο δίκτυο της κύριας πηγής γίνεται με χρονική καθυστέρηση συνήθως εξήντα (60) δευτερολέπτων. Μετά τη μεταγωγή του φορτίου στο δίκτυο της κύριας πηγής, το Η/Ζ συνεχίζει να λειτουργεί για μερικά λεπτά, για να ψυχθεί ο κινητήρας.

7.5: Συντήρηση Η/Ζ

Η συντήρηση είναι απαραίτητη προϋπόθεση για τη διατήρηση του Η/Ζ σε άριστες συνθήκες λειτουργίας. Επίσης, με τη συντήρηση, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη:

- Το εγχειρίδιο συντήρησης του κατασκευαστή της κινητήριας μηχανής.
- Το εγχειρίδιο συντήρησης του κατασκευαστή της γεννήτριας.
- Η χρήση του Η/Ζ ως κύριας ή εφεδρικής πηγής, που καθορίζει το χρόνο λειτουργίας του.

Παρακάτω βλέπουμε την ενδεικτική συντήρηση του Η/Ζ σε τακτά χρονικά διαστήματα να περιλαμβάνει:

Κάθε ημέρα ή κάθε οκτώ (8) ώρες λειτουργίας:

- Έλεγχος μπαταριών.
- Έλεγχος στάθμης λαδιού.
- Έλεγχος κολάρων.
- Έλεγχος ψυγείου.
- Έλεγχος στάθμης καυσίμου.
- Έλεγχος πίεσης λαδιού.
- Έλεγχος καλωδιώσεων.
- Έλεγχος οργάνων.
- Έλεγχος στάθμης νερού.

Κάθε έξι (6) μήνες ή κάθε 200 ώρες λειτουργίας:

- Αλλαγή φίλτρου λαδιού.
- Αλλαγή λαδιού.
- Αλλαγή φίλτρων πετρελαίου.

Κάθε δώδεκα (12) μήνες ή κάθε 400 ώρες λειτουργίας:

- Έλεγχος ιμάντων.
- Αλλαγή φίλτρου αέρα.
- Έλεγχος αντικραδασμικών στηριγμάτων βάσης.

Ένα ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος είναι πολύ χρήσιμο σε μια εγκατάσταση, αρκεί μόνο όταν πρέπει να χρησιμοποιηθεί να είναι πάντα σε ετοιμότητα και σε άριστη κατάσταση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο : **Η ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ**

Σύμφωνα με την «Εφημερίδα της Κυβερνήσεως», έχει εκδοθεί σχετική νομοθεσία για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, η οποία ψηφίστηκε στη Βουλή, υπό το βλέμμα του Προέδρου της Ελληνικής Δημοκρατίας.

Ο υπ' αριθμόν νόμος 3851/2010, με τίτλο «Επιτάχυνση της ανάπτυξης των Ανανεώσιμες Πηγών Ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και άλλες διατάξεις σε θέματα αρμοδιότητας του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής.», αναφέρει σχετικά με αυτές:

Άρθρο 1 **Εθνικός στόχος Α.Π.Ε.**

1. Με τις διατάξεις του παρόντος νόμου αφ' ενός μεταφέρεται στο ελληνικό δίκαιο η Οδηγία 2001/77/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 27^{ης} Σεπτεμβρίου 2001 για την «προαγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στην εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας» (ΕΕΕΚ L 283) και αφ' ετέρου προωθείται, κατά προτεραιότητα, στην εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας, με κανόνες και αρχές, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε.) και μονάδες Συμπαγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης (Σ.Η.Θ.Υ.Α.).

[Αρίθμηση της παραγράφου ως Νο.1, όπως και στο νόμο 3468/2006 (ΦΕΚ 129 Α΄)]

2. Η προστασία του κλίματος, μέσω της προώθησης της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε., αποτελεί περιβαλλοντική και ενεργειακή προτεραιότητα υψίστης σημασίας για τη χώρα.

3. Οι εθνικοί στόχοι για τις Α.Π.Ε., με βάση την Οδηγία 2009/28/ΕΚ (ΕΕL, 140/2009), καθορίζονται μέχρι το έτος 2020 ως εξής:

Α) Συμμετοχή της ενέργειας που παράγεται από Α.Π.Ε. στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας σε ποσοστό 20%.

Β) Συμμετοχή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από Α.Π.Ε. στην ακαθάριστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε ποσοστό τουλάχιστον 40%. Με απόφαση του Υπουργού Περιβάλλοντος, Ενέργειας και κλιματικής Αλλαγής καθορίζεται η επιδιωκόμενη αναλογία εγκατεστημένης ισχύος και η κατανομή της στο χρόνο μεταξύ των διαφόρων τεχνολογιών Α.Π.Ε.. Η απόφαση αυτή αναθεωρείται ανά διετία ή και νωρίτερα, εάν συντρέχουν σημαντικοί λόγοι που σχετίζονται με την επίτευξη των στόχων της Οδηγίας 2009/28/ΕΚ.

Γ) Συμμετοχή της ενέργειας που παράγεται από Α.Π.Ε. στην τελική κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη σε ποσοστό τουλάχιστον 20%.

Δ) Συμμετοχή της ενέργειας που παράγεται από Α.Π.Ε. στην τελική κατανάλωση ενέργειας στις μεταφορές σε ποσοστό τουλάχιστον 10%.

Άρθρο 2

Άδεια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. ή Σ.Η.Θ.Υ.Α.

1. Η άδεια για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. και Σ.Η.Θ.Υ.Α. χορηγείται με απόφαση της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας (Ρ.Α.Ε.) με βάση τα παρακάτω κριτήρια:

Α) Της εθνικής ασφάλειας.

Β) Της προστασίας της δημόσιας υγείας και ασφάλειας.

Γ) Της εν γένει ασφάλειας των εγκαταστάσεων και του σχετικού εξοπλισμού του Συστήματος και του Δικτύου.

Δ) Της ενεργειακής αποδοτικότητας του έργου για το οποίο υποβάλλεται η σχετική αίτηση, όπως αυτή προκύπτει, για τα έργα Α.Π.Ε., από μετρήσεις του δυναμικού Α.Π.Ε. και για τις μονάδες Σ.Η.Θ.Υ.Α. από τα ενεργειακά ισοζύγιά τους. (...).

Ε) Της ωριμότητας της διαδικασίας υλοποίησης του έργου, όπως προκύπτει από μελέτες που έχουν εκπονηθεί, γνωμοδοτήσεις αρμόδιων υπηρεσιών, καθώς και άλλα συναφή στοιχεία.

Στ) Της εξασφάλισης ή της δυνατότητας εξασφάλισης του δικαιώματος χρήσης της θέσης εγκατάστασης του έργου.

Ζ) Της δυνατότητας του αιτούντος ή των μετόχων ή εταίρων του να υλοποιήσει το έργο με βάση την επιστημονική και τεχνική επάρκεια του και της δυνατότητας εξασφάλισης της απαιτούμενης χρηματοδότησης από ίδια κεφάλαια ή τραπεζική χρηματοδότηση έργου ή κεφάλαια επιχειρηματικών συμμετοχών ή συνδυασμό αυτών.

Η) Της διασφάλισης παροχής υπηρεσιών κοινής ωφέλειας και προστασίας των πελατών.

Θ) Της δυνατότητας υλοποίησης του έργου σε συμμόρφωση με το Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις Α.Π.Ε. και ειδικότερα με τις διατάξεις του για τις περιοχές αποκλεισμού χωροθέτησης εγκαταστάσεων Α.Π.Ε., (...).

Ι) Της συμβατότητας του έργου με το Εθνικό Σχέδιο Δράσης για την επίτευξη των στόχων που προβλέπονται στην παράγραφο 3 του άρθρου 1.

[Αντικατάσταση της παραγράφου 1, στο νόμο 3468/2006 (ΦΕΚ 129 Α΄)]

2. Η Ρ.Α.Ε. πριν εκδώσει την απόφασή της, μπορεί να συνεργάζεται με τον Διαχειριστή του Συστήματος ή του Δικτύου ή των Μη Διασυνδεδεμένων Νήσων για τον καθ' αρχήν καθορισμό του τρόπου και του σημείου σύνδεσης του σταθμού με το Σύστημα ή το Δίκτυο. Ο καθορισμός αυτός γίνεται μέσα σε είκοσι (20) ημέρες από την ημερομηνία υποβολής του ερωτήματος της Ρ.Α.Ε. προς τον Διαχειριστή και δεν συνεπάγεται δέσμευση του Διαχειριστή ή της Ρ.Α.Ε. για την ύπαρξη διαθέσιμου ηλεκτρικού χώρου κατά τη χορήγηση της Προσφοράς Σύνδεσης. (...).

[Αντικατάσταση της παραγράφου 2, στο νόμο 3468/2006 (ΦΕΚ 129 Α΄)]

Άρθρο 10 **Εφαρμογή Α.Π.Ε. στα κτίρια**

1. Κτίριο: Στεγασμένη κατασκευή με τοίχους, για την οποία χρησιμοποιείται ενέργεια προς ρύθμιση των εσωτερικών κλιματικών συνθηκών. Ο όρος «κτίριο» μπορεί να αφορά το κτίριο στο σύνολό του ή σε τμήματα αυτού, τα οποία έχουν μελετηθεί ή έχουν τροποποιηθεί για να χρησιμοποιούνται σωστά.
[Αρίθμηση της παραγράφου ως Νο.1, όπως και στο νόμο 3661/2008 (ΦΕΚ 89 Α΄)]

2. Ενεργειακή απόδοση κτιρίου: Η ποσότητα ενέργειας που πράγματι καταναλώνεται ή εκτιμάται ότι ικανοποιεί τις διάφορες ανάγκες που συνδέονται με τη συνήθη χρήση του κτιρίου, οι οποίες μπορεί να περιλαμβάνουν, μεταξύ άλλων, τη θέρμανση, την παραγωγή θερμού νερού, την ψύξη, τον εξαερισμό και το φωτισμό. Η ποσότητα αυτή εκφράζεται με έναν ή περισσότερους αριθμητικούς δείκτες, οι οποίοι έχουν υπολογισθεί λαμβάνοντας υπόψη τη μόνωση, τα τεχνικά χαρακτηριστικά και τα χαρακτηριστικά της εγκατάστασης, το σχεδιασμό και τη θέση του κτιρίου σε σχέση με κλιματολογικούς παράγοντες, την έκθεση στον ήλιο και την επίδραση γειτονικών κατασκευών, την παραγωγή ενέργειας του ίδιου του κτιρίου και άλλους παράγοντες που επηρεάζουν την ενεργειακή ζήτηση, στους οποίους περιλαμβάνονται και οι κλιματικές συνθήκες στο εσωτερικό του κτιρίου.

[Αρίθμηση της παραγράφου ως Νο.2, όπως και στο νόμο 3661/2008 (ΦΕΚ 89 Α΄)]

3. Ενεργειακή επιθεώρηση: Η διαδικασία εκτίμησης των πραγματικών καταναλώσεων ενέργειας, των παραγόντων που τις επηρεάζουν, καθώς και των μεθόδων βελτίωσης για την εξοικονόμηση ενέργειας στον κτιριακό τομέα. Οι ενεργειακές επιθεωρήσεις διενεργούνται από τους ενεργειακούς επιθεωρητές της επόμενης παραγράφου, καθώς και από νομικά πρόσωπα.

[Αντικατάσταση της παραγράφου 3, στο νόμο 3661/2008 (ΦΕΚ 89 Α΄)]

4. Ενεργειακός επιθεωρητής: Φυσικό πρόσωπο που διενεργεί ενεργειακές επιθεωρήσεις κτιρίων ή/και λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης ή/και εγκαταστάσεων κλιματισμού, το οποίο έχει αποκτήσει σχετική προς τούτο άδεια.

[Αντικατάσταση της παραγράφου 4, στο νόμο 3661/2008 (ΦΕΚ 89 Α΄)]

Άρθρο 4 **Νέα κτίρια**

1. Τα νέα κτίρια πρέπει να πληρούν τις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης που ορίζονται στον Κανονισμό.

[Αρίθμηση της παραγράφου ως Νο.1, όπως και στο νόμο 3661/2008 (ΦΕΚ 89 Α΄)]

2. Πριν από την έναρξη ανέγερσης όλων των νέων κτιρίων, ανεξαρτήτως επιφάνειας, πρέπει να εκπονείται και να υποβάλλεται στην αρμόδια Πολεοδομική Υπηρεσία μελέτη, που συνοδεύει τη μελέτη της παραγράφου 1

του άρθρου 3 και η οποία περιλαμβάνει την τεχνική, περιβαλλοντική και οικονομική σκοπιμότητα εγκατάστασης τουλάχιστον ενός από τα εναλλακτικά συστήματα παροχής ενέργειας, όπως αποκεντρωμένα συστήματα παροχής ενέργειας που βασίζονται σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας, συστήματα θέρμανσης ή ψύξης σε κλίμακα περιοχής ή οικοδομικού τετραγώνου, καθώς και αντλίες θερμότητας των οποίων ο εποχιακός βαθμός απόδοσης (SPF) είναι μεγαλύτερος από $1,15 \times 1/\eta$, όπου η ο λόγος της συνολικής ακαθάριστης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας προς την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, σύμφωνα με την Κοινοτική Οδηγία 2009/28/EK. Μέχρι να καθορισθεί νομοθετικά η τιμή του η, ο SPF πρέπει να είναι μεγαλύτερος από 3,3.

[Αντικατάσταση της παραγράφου 2, στο νόμο 3661/2008 (ΦΕΚ 89 Α')]

3. Στα κτίρια για τα οποία κατατίθεται στην αρμόδια Πολεοδομική Υπηρεσία αίτηση χορήγησης οικοδομικής άδειας μετά την 1.1.2011 είναι υποχρεωτική η κάλυψη μέρους των αναγκών σε ζεστό νερό χρήσης από ηλιοθερμικά συστήματα. Το ελάχιστο ποσοστό του ηλιακού μεριδίου σε ετήσια βάση καθορίζεται σε 60%. Η υποχρέωση αυτή δεν ισχύει για τις εξαιρέσεις που αναφέρονται στο άρθρο 11, καθώς και όταν οι ανάγκες σε ζεστό νερό χρήσης καλύπτονται από άλλα συστήματα παροχής ενέργειας που βασίζονται σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας, συστήματα τηλεθέρμανσης σε κλίμακα περιοχής ή οικοδομικού τετραγώνου, καθώς και σε αντλίες θερμότητας με εποχιακό βαθμό απόδοσης (SPF) σύμφωνα με τα οριζόμενα στην παράγραφο 2. Αδυναμία εφαρμογής του ανωτέρω ποσοστού απαιτεί επαρκή τεχνική τεκμηρίωση σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία και τις επικρατούσες συνθήκες.

[Προσθήκη της παραγράφου 3, στο νόμο 3661/2008 (ΦΕΚ 89 Α')]

4. Το αργότερο έως τις 31.12.2019, όλα τα νέα κτίρια θα πρέπει να καλύπτουν το σύνολο της πρωτογενούς ενεργειακής κατανάλωσής τους με συστήματα παροχής ενέργειας που βασίζονται σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας, συστήματα τηλεθέρμανσης σε κλίμακα περιοχής ή οικοδομικού τετραγώνου, καθώς και σε αντλίες θερμότητας με εποχιακό βαθμό απόδοσης (SPF) σύμφωνα με τα οριζόμενα στην παράγραφο 2 του παρόντος άρθρου. Για τα νέα κτίρια που στεγάζουν υπηρεσίες του δημόσιου και ευρύτερου δημόσιου τομέα, η υποχρέωση αυτή θα πρέπει να τεθεί σε ισχύ το αργότερο έως τις 31.12.2014.

[Προσθήκη της παραγράφου 4, στο νόμο 3661/2008 (ΦΕΚ 89 Α')]

Άρθρο 5

Υφιστάμενα κτίρια

1. Στα κτίρια ανεξαρτήτως εμβαδού που υφίστανται ριζική ανακαίνιση, η ενεργειακή απόδοσή τους αναβαθμίζεται, στο βαθμό που αυτό είναι τεχνικά, λειτουργικά και οικονομικά εφικτό, ώστε να πληροί τις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης, όπως αυτές καθορίζονται στον Κανονισμό. Οι απαιτήσεις αυτές θεσπίζονται είτε για το ανακαινιζόμενο κτίριο ως σύνολο είτε μόνο για τις ανακαινιζόμενες εγκαταστάσεις ή τα δομικά στοιχεία αυτού, εφόσον αποτελούν μέρος ανακαίνισης που πρέπει να ολοκληρωθεί μέσα σε

περιορισμένο χρονικό διάστημα, με στόχο τη βελτίωση της συνολικής ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου.

[Αντικατάσταση του άρθρου 5, στο νόμο 3661/2008 (ΦΕΚ 89 Α΄)]

Άρθρο 6

Πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης

1. Μόλις ολοκληρωθεί η κατασκευή νέου κτιρίου ή η ριζική ανακαίνιση υφιστάμενου κτιρίου κατά το άρθρο 5, ο ιδιοκτήτης υποχρεούται να ζητήσει την έκδοση πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης. Κατά την πώληση ή τη μίσθωση κτιρίων διατίθεται από τον ιδιοκτήτη στον αγοραστή ή τον μισθωτή αυτών πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης. Η εφαρμογή των διατάξεων των προηγούμενων εδαφίων δεν μπορεί να αποκλεισθεί με συμφωνία των συμβαλλόμενων μερών. Με κοινή απόφαση των Υπουργών Οικονομίας και Οικονομικών, Ανάπτυξης και Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων, καθορίζονται οι ειδικότεροι όροι έκδοσης και διάθεσης του ανωτέρω πιστοποιητικού, καθώς και οι διοικητικές κυρώσεις σε βάρος του υπόχρεου, σε περίπτωση μη έκδοσης ή μη διάθεσής του. Με την ίδια απόφαση καθορίζεται σε περίπτωση επιβολής προστίμου, η διαδικασία είσπραξης αυτού, καθώς και κάθε αναγκαία λεπτομέρεια.

[Αρίθμηση της παραγράφου ως Νο.1, όπως και στο νόμο 3661/2008 (ΦΕΚ 89 Α΄)]

2. Το πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης κτιρίου εκδίδεται από τους επιθεωρητές του άρθρου 9, κατά τα οριζόμενα στον Κανονισμό, και ισχύει, κατά ανώτατο όριο, για δέκα (10) έτη. Εάν στο κτίριο γίνει ριζική ανακαίνιση ή προσθήκη σε έκταση που επηρεάζει την ενεργειακή απόδοσή του, η ισχύς του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης κτιρίου λήγει κατά το χρόνο ολοκλήρωσης της ανακαίνισης ή της προσθήκης, πριν παρέλθει το διάστημα των δέκα (10) ετών.

[Αρίθμηση της παραγράφου ως Νο.2, όπως και στο νόμο 3661/2008 (ΦΕΚ 89 Α΄)]

3. Το πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης κτιρίου περιλαμβάνει, μεταξύ άλλων, τιμές αναφοράς, όπως ισχύουσες νομικές απαιτήσεις και κριτήρια συγκριτικής αξιολόγησης, ώστε να επιτρέπει στους καταναλωτές να συγκρίνουν και να αξιολογούν την ενεργειακή απόδοση του κτιρίου. Το πιστοποιητικό συνοδεύεται από συστάσεις για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης, σε σχέση με το κόστος που μπορεί αυτή να συνεπάγεται.

[Αρίθμηση της παραγράφου ως Νο.3, όπως και στο νόμο 3661/2008 (ΦΕΚ 89 Α΄)]

4. Η ενεργειακή πιστοποίηση οριζόντιων ιδιοκτησιών κατά την έννοια του άρθρου 1 του ν. 3741/1929 (ΦΕΚ 4 Α΄) και ιδιοκτησιών κατά την έννοια του άρθρου 1 του ν.δ.1024/1971 (ΦΕΚ 232 Α΄) βασίζεται είτε σε μεμονωμένες πιστοποιήσεις των οριζόντιων ιδιοκτησιών είτε σε κοινή πιστοποίηση ολόκληρου του κτιρίου, εφόσον πρόκειται για συγκροτήματα με κοινόχρηστα συστήματα. Η δαπάνη έκδοσης του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης κτιρίου βαρύνει, κατά περίπτωση, τον κύριο ή τους συγκυρίους ολόκληρου του κτιρίου, κατά το ποσοστό συγκυριότητας εκάστου.

[Αντικατάσταση της παραγράφου 4, στο νόμο 3661/2008 (ΦΕΚ 89 Α΄)]

5. Σε κτίρια τα οποία χρησιμοποιούνται από δημόσιες υπηρεσίες και φορείς του ευρύτερου δημόσιου τομέα, όπως αυτός ορίζεται κάθε φορά, τοποθετείται, σε ευδιάκριτη θέση, πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης κτιρίου, του οποίου η ισχύς δεν μπορεί να υπερβαίνει τα δέκα (10) έτη. Στα κτίρια αυτά μπορεί να αναρτάται πίνακας, όπου αναγράφονται οι συνιστώμενες και οι επικρατούσες εσωτερικές θερμοκρασίες, καθώς και κάθε κλιματικός παράγων που επηρεάζει τις θερμοκρασίες αυτές.

[Αρίθμηση της παραγράφου ως Νο.5, όπως και στο νόμο 3661/2008 (ΦΕΚ 89 Α΄)]

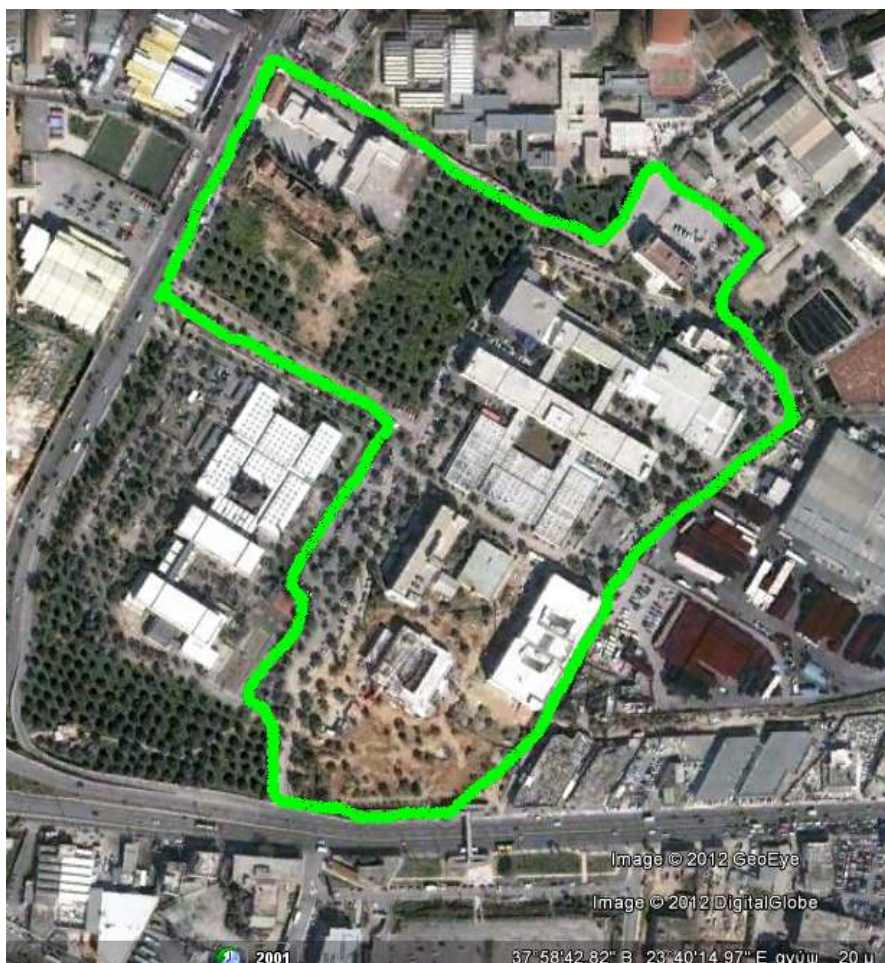
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο: Η ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Α' ΜΕΡΟΣ: ΤΕΧΝΙΚΟ ΚΟΜΜΑΤΙ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Σκοπός της μελέτης είναι η εγκατάσταση ενός διασυνδεδεμένου φωτοβολταϊκού συστήματος, με εγκατεστημένη ισχύ 27KW. Αρχικά, βρίσκουμε την περιοχή στην οποία θα γίνει η μελέτη και η εγκατάσταση. Στη συνέχεια, επιλέγουμε τους φωτοβολταϊκούς συλλέκτες, τους αντιστροφείς, τις βάσεις στήριξης, τον πίνακα εξωτερικού χώρου και τα μέτρα προστασίας όλων αυτών.

1) Επιλογή της περιοχής

Η περιοχή στην οποία θα γίνει η μελέτη και η εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού συστήματος, είναι το Αιγάλεω στην Αθήνα. Πιο συγκεκριμένα, είναι ένα κτίριο εντός του Τ.Ε.Ι. Πειραιά. Παρακάτω, βλέπουμε το χώρο του Τ.Ε.Ι. Πειραιά.



Στη συνέχεια, σημειώσαμε το κτίριο στο οποίο κάναμε τη μελέτη. Το σημείο αυτό είναι η ταράτσα του κτιρίου Διοίκησης του Τ.Ε.Ι. Πειραιά.



Οι συντεταγμένες του σημείο ήταν περίπου οι εξής:
Γεωγραφικό πλάτος ($37^{\circ} 58' 43''$ Β) και Γεωγραφικό μήκος ($23^{\circ} 40' 15''$ Α).

2) Προσανατολισμός των φωτοβολταϊκών πλαισίων

Ο προσανατολισμός που πρέπει να έχουν τα πλαίσια για να μην έχουν απώλειες στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας πρέπει να είναι προς το Νότο. Αν δεν υπάρχει η δυνατότητα αυτή, τότε επιλέγουμε Νοτιοανατολικό ή Νοτιοδυτικό προσανατολισμό. Στη δική μας περίπτωση επιλέξαμε το Νοτιοδυτικό για λόγους συμμετρικής τοποθέτησης των πλαισίων.

Απώλειες στην παραγωγή ενέργειας σε σχέση με τον
προσανατολισμό φωτοβολταϊκού συστήματος

ΒΟΡΡΑΣ

Πολύ μεγάλες απώλειες



Στην περιοχή της Αθήνας η ετήσια ηλιακή ακτινοβολία σε επίπεδο με αντίστοιχη κλίση Νοτίου προσανατολισμού είναι:

Κλίση (°)	Ετήσια Ηλιακή Ακτινοβολία H (KWh/m ²)
0	1.581
30	1.730
45	1.680
60	1.549
90	1.090

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα παρατηρούμε ότι η μεγαλύτερη τιμή του H είναι η 1.730 KWh/m² στις 30°. Αυτό μας δείχνει ότι στις 30° έχουμε τη μέγιστη ετήσια ακτινοβολία. Άρα, η επιλογή αυτή μας παροτρύνει να επιλέξουμε την κλίση των 30° για τα πλαίσια.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η ενδεικτική τιμή της απόδοσης ανάλογα με τον προσανατολισμό και την κλίση των πλαισίων:

Κλίση ως προς το κάθετο επίπεδο (°)	Προσανατολισμός		
	Νότιος	Νοτιοανατολικός Νοτιοδυτικός	Ανατολικός Δυτικός
0	90%	90%	90%
15	98%	95%	88%
30	100%	95%	85%
90	60%	60%	50%

Στη δίκη μας περίπτωση επιλέξαμε κλίση 30°, Νοτιοδυτικό προσανατολισμό και άρα έχουμε 95% απόδοση των δυνατοτήτων των πλαισίων.

3) Επιλογή των φωτοβολταϊκών πλαισίων

Η τελική επιλογή του φωτοβολταϊκού πλαισίου είναι γενικά ένα σύνθετο πρόβλημα. Η πληθώρα των κατασκευαστικών εταιριών και πλαισίων εντείνουν ακόμα περισσότερο τη δυσκολία της επιλογής.

Η επιλογή του είδους του φωτοβολταϊκού πλαισίου πάρθηκε με βάση την τεχνολογία κατασκευής τους. Πολύ γρήγορα καταλήξαμε ανάμεσα σε πλαίσια μονοκρυσταλλικού και πολυκρυσταλλικού πυριτίου. Επιλέξαμε πλαίσια πολυκρυσταλλικού πυριτίου, επειδή αφενός είναι πιο οικονομικά κατά 15% περίπου από τ' άλλα και αφετέρου η διαφορά στην απόδοσή τους είναι 3% περίπου λιγότερη των άλλων.

Το πλαίσιο που επιλέξαμε είναι το «s16.185» της εταιρίας «aleo». Τα χαρακτηριστικά του πλαισίου φαίνονται παρακάτω:

Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά (STC)		
Ονομαστική ισχύς	P_{mpp}	185,00 W
Ονομαστική τάση	U_{mpp}	24,00 V
Ονομαστικό ρεύμα	I_{mpp}	7,70 A
Τάση άνευ φορτίου	U_{oc}	30,40 V
Ρεύμα βραχυκύκλωσης	I_{sc}	8,20 A
Απόδοση	η	13,40 %
Επιφάνεια ανά μονάδα ισχύος	A_p	7,45 m ² /Kwp

**Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά σε τυπικές συνθήκες δοκιμών (STC):
 $H = 1.000W/m^2$, $T = 25^\circ C$, $AM = 1,5$.*

Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά (NOCT)		
Ονομαστική ισχύς	P_{mpp}	132,00 W
Ονομαστική τάση	U_{mpp}	21,30 V
Ονομαστικό ρεύμα	I_{mpp}	6,17 A
Τάση άνευ φορτίου	U_{oc}	27,80 V
Ρεύμα βραχυκύκλωσης	I_{sc}	6,60 A
Απόδοση	η	11,90 %

**Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά σε ονομαστικές συνθήκες λειτουργίας κυψελών:
 $H = 800W/m^2$, $T = 20^\circ C$, $AM = 1,5$, $wind = 1m/s$, $NOCT = 48^\circ C$ (ονομαστική θερμοκρασία λειτουργίας κυψελών).*

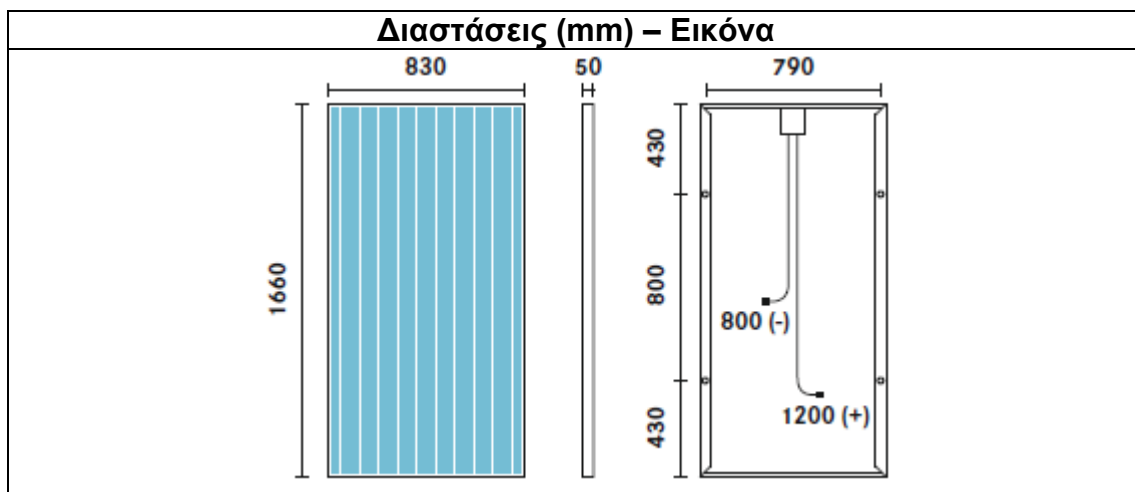
Άλλα Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά	
Μείωση της απόδοσης STC από $1.000W/m^2$ $200W/m^2$	<6 %
Εύρος κατηγορίας (θετική ταξινόμηση)	0/+4,99 W
Ακρίβεια μέτρησης P_{mpp} STC	-3/+3 %
Ανοχή λοιπών ηλεκτρικών τιμών	-10/+10 %

Φορτία	
Μηχανική καταπόνηση πλαισίων	5.400 Pa
Μέγιστη τάση συστήματος	1.000 V _{DC}
Ρεύμα επιστροφής (IR)	15 A

**Μηχανική καταπόνηση κατά IEC/EN 61215.*

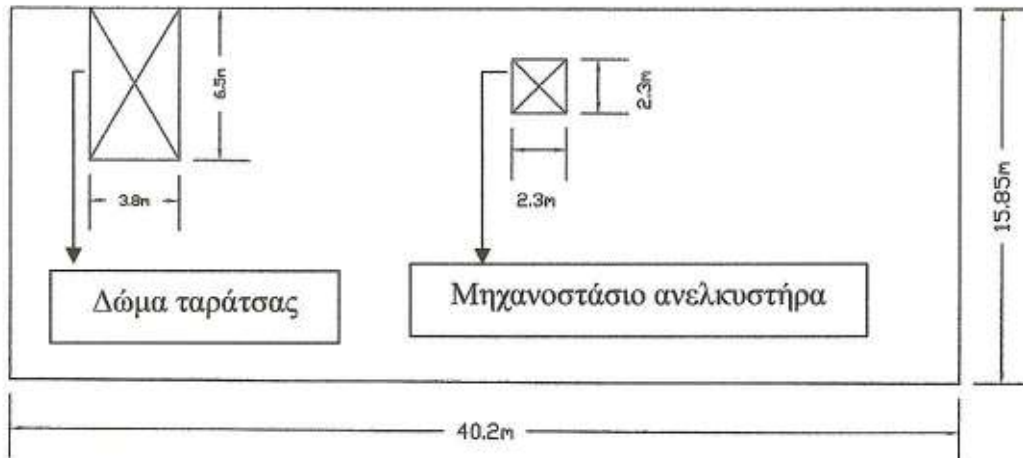
Συντελεστές θερμοκρασίας	
α (I _{sc})	+0,04 %/K
β (U _{oc})	-0,34 %/K
γ (P _{mpp})	-0,46 %/K

Βασικά στοιχεία	
Διαστάσεις (Μ Χ Π Χ Υ)	1660 X 830 X 50 mm
Βάρος	17 Kg
Αριθμός κυψελών	50
Μέγεθος κυψελών	156 X 156 mm ²
Υλικό κυψελών	Πολυκρυσταλλικό Si
Μπροστινό κάλυμμα	Ηλιακό γυαλί (TSG)
Πίσω κάλυμμα	Πολυμερής μεμβράνη
Υλικό πλαισίου	Κράμα αλουμινίου
Μήκος καλωδίου	1.200 (+), 800 (-) mm
Φις	Κατηγορία MC3
Κατηγορία IP	IP65
Δίοδοι by-pass	3



4) Τοποθέτηση φωτοβολταϊκών πλαισίων

Παρακάτω φαίνεται η κάτοψη της ταράτσας με τις απαραίτητες διαστάσεις και με ότι υπάρχει στην επιφάνεια της:



Για να δούμε με ποιο τρόπο θα τοποθετηθούν τα πλαίσια στο εμβαδόν της ταράτσας, πρέπει πρώτα να κάνουμε τους παρακάτω υπολογισμούς:

1) Απόσταση μεταξύ πλαισίων

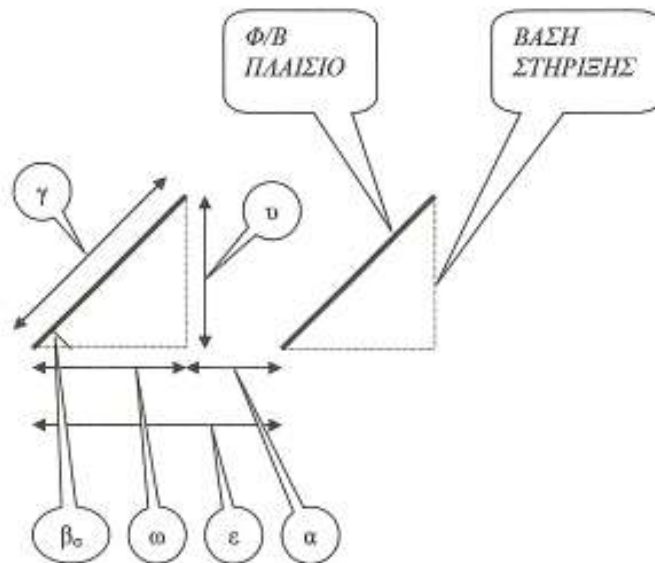
Καταρχήν, οι διαστάσεις του πλαισίου μας είναι οι εξής:

Μήκος (Μ) = 1660mm ή 1,66m

Πλάτος (Π) = 830mm ή 0,83m

Ύψος (Υ) = 50mm ή 0,05m

Στο παρακάτω σχήμα βλέπουμε τις αποστάσεις που πρέπει να υπολογίσουμε.

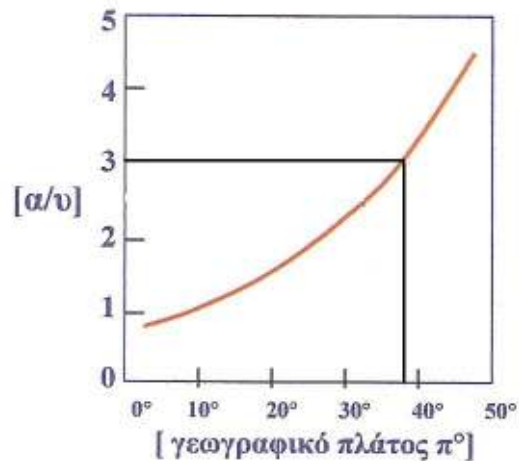


$$υ = γ \cdot \sin \beta_{\sigma} = 1,66m \cdot \sin 30^{\circ} = 166m \cdot 0,5 = 0,83m$$

$$γ^2 = υ^2 + ω^2 \Rightarrow ω = \sqrt{γ^2 - υ^2} = \sqrt{(1,66m)^2 - (83m)^2} = 1,438m = 1,44m$$

Το παρακάτω διάγραμμα ονομάζεται «Διάγραμμα Moneron» και μας βοηθάει να βρούμε το λόγο $\left(\frac{a}{\nu}\right)$, ο οποίος είναι απαραίτητος για τη συνέχεια.

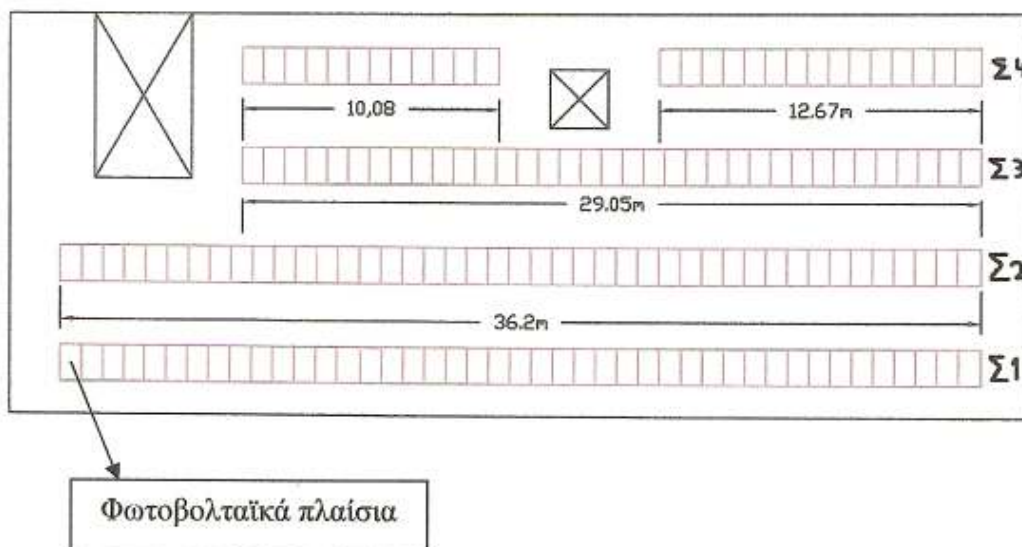
Η εύρεση αυτού του λόγου είναι πολύ εύκολη. Δηλαδή, βρίσκουμε το γεωγραφικό μας πλάτος (περίπου 38°), χαράζουμε την κάθετη προς στην κόκκινη καμπύλη και χαράζουμε πάλι μια κάθετη προς στην αριθμημένη κλίμακα του λόγου. Στη δίκη μας περίπτωση, ο λόγος είναι 3.



$$a = \left(\frac{a}{\nu}\right) \cdot \nu = 3 \cdot 0,83m = 2,49m$$

$$\varepsilon = a + (\gamma \cdot \cos \beta_\sigma) = 2,49m + (1,66m \cdot \cos 30^\circ) = 2,49m + (1,66m \cdot 0,87) = 3,93m$$

Παρακάτω φαίνεται η διάταξη με την οποία τοποθετήθηκαν τα φωτοβολταϊκά πλαίσια πάνω στη ταράτσα:



II) Διαστασιολόγηση επί της ταράτσας

Για τις σειρές 1 και 2 (Σ1 και Σ2) έχουμε:

$$\text{Μήκος} \rightarrow L_{1,2} = 40,20m - 2m - 2m = 36,20m$$

$$\text{Αρ. πλαισίων} \rightarrow N\pi_{1,2} = \frac{36,20m}{0,83m} = 43,6 = 43$$

$$\text{Εμβαδόν} \rightarrow S_{1,2} = 36,2m \cdot 1,44m = 52,13m^2$$

Για τη σειρά 3 (Σ3) έχουμε:

$$\text{Μήκος} \rightarrow L_3 = 40,20m - 3,35m - 3,80m - 2m - 2m = 29,05m^2$$

$$\text{Αρ. πλαισίων} \rightarrow N\pi_3 = \frac{29,05m}{0,83m} = 35$$

$$\text{Εμβαδόν} \rightarrow S_3 = 29,05m \cdot 1,44m = 41,83m^2$$

Για τη σειρά 4 (Σ4) έχουμε:

$$\text{Μήκος} \rightarrow L_4 = 40,20m - 3,35m - 3,80m - 2m - 2m - 2,3m - 2m - 2m = 22,75m$$

$$\text{Αρ. πλαισίων} \rightarrow N\pi_4 = \frac{22,75m}{0,83m} = 27,4 = 27$$

$$\text{Εμβαδόν} \rightarrow S_4 = 22,75m \cdot 1,44m = 32,76m^2$$

*Απόσταση από τους πλαϊνούς τοίχους (δεξιά και αριστερά) = 2m

$$40,2m - 36,2m = 4m/2 = 2m$$

**Απόσταση από τους πλαϊνούς τοίχους (πάνω και κάτω) = 1,31m

$$15,85m - 13,23m = 2,62m/2 = 1,31m$$

Ο συνολικός αριθμός των πλαισίων είναι: 148

5) Επιλογή αντιστροφέα

Ο αντιστροφέας που επιλέξαμε είναι ο «Sunny Mini Central 9000TL» ή εν συντομία «SMC 9000TL-10»της εταιρίας «SMA». Τα χαρακτηριστικά του αντιστροφέα φαίνονται παρακάτω:

Είσοδος (DC)	
Μέγιστη ισχύς DC (με $\cos\phi=1$)	9.300W
Μέγιστη τάση DC	700V
Εύρος τάσης φ/β εγκατάστασης, MPPT (στην ονομαστική ισχύ)	333 – 500V
Μέγιστο ρεύμα εισόδου	28A
Αριθμός ιχνηλατών MPP	1
Μέγιστος αριθμός στοιχειοσειρών (strings) παράλληλα	5

Έξοδος (AC)	
Ονομαστική ισχύς AC	9.000W
Μέγιστη ισχύς AC	9.000W
Μέγιστο ρεύμα εξόδου	40A
Ονομαστική τάση AC	220 – 240V
Συχνότητα δικτύου AC	50Hz / 60Hz
Συντελεστής ισχύος ($\cos\phi$)	1
Σύνδεση AC / Power balancing	Μονοφασική / Ναι

Βαθμός απόδοσης	
Μέγιστος αριθμός απόδοσης	98%
Euro Eta	97,6%

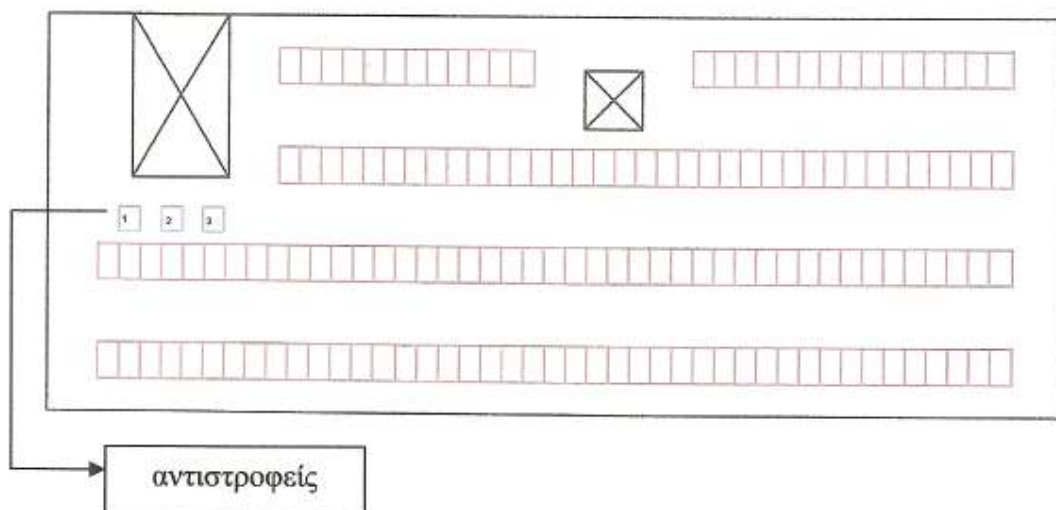
Συστήματα προστασίας	
Προστασία από αντιστροφή πόλων DC / Προστασία από ανάστροφη τάση	Ναι / Προαιρετικές ασφάλειες
Διακόπτης ESS απομόνωσης φορτίου DC	Ναι
Ανοχή σε βραχυκύκλωμα AC	Ναι
Επιτήρηση βραχυκυκλώματος προς τη γη	Ναι
Επιτήρηση δικτύου (SMA Grid Guard)	Ναι
Γαλβανικά μονωμένος / ευαίσθητη σε όλα τα ρεύματα μονάδα επιτήρησης ρεύματος σφάλματος	Όχι / Ναι
Απαγωγός υπέρτασης DC τύπος II δυνατότητα ενσωμάτωσης	Όχι
Αναγνώριση βλάβης συστοιχιών	Όχι

Γενικά χαρακτηριστικά	
Μηχανολογικές διαστάσεις (Μ Χ Π Χ Υ)	468 X 613 X 242 mm
Βάρος	Περίπου 35 Kg
Περιοχή θερμοκρασιών λειτουργίας	-25°C ... +60°C
Εκπομπή θορύβου	≤42dB
Ιδία κατανάλωση (νύχτα)	<0,25W
Τοπολογία	Χωρίς μετασχηματιστή
Τρόπος ψύξης	OptiCool
Τοποθέτηση: Εσωτερική / Εξωτερική (IP65)	Ναι / Ναι

Εξοπλισμός	
Σύνδεση DC: MC3 / MC4 / Tyco / SUNCLIX	Προαιρετικά / Ναι / Όχι / Ναι
Σύνδεση AC: Βιδωτή / Κουμπωτή	Ναι / Όχι
Οθόνη: LCD / Γραφικών	Ναι / Όχι
Διεπαφές: RS485 / Bluetooth	Προαιρετικά / Προαιρετικά
Εγγύηση: 5 / 10 / 15 / 20 / 25 χρόνια	Ναι / Προαιρετικά στ' άλλα



Παρακάτω φαίνονται που είναι τοποθετημένοι οι αντιστροφεείς:



Με βάση τον παραπάνω αντιστροφήα πρέπει να υπολογίσουμε κάποια στοιχεία που σχετίζονται και μ' αυτόν.

I) Αριθμός πλαισίων ανα αντιστροφήα.

$$N_{\pi/inv} = \frac{P_{in,inv}}{P_{\pi}} = \frac{9.300W}{185W_p} = 50 \text{πλαισια} / inv$$

II) Αριθμός πλαισίων σε σειρά ανά τρεις στοιχειοσειρές.

$$N_{\pi/3στοιχ.} = \frac{P_{in,inv}}{3\text{στοιχειοσειρες}} = \frac{50\text{πλαισια} / inv}{3\text{στοιχειοσειρες}} = 16\text{πλαισια}$$

III) Τάση εισόδου αντιστροφήα.

$$U_{in,inv} = 16\text{πλαισια} \cdot 24V = 384V > 333V$$

IV) Ρεύμα εισόδου αντιστροφήα.

$$I_{in,inv} = 3\text{στοιχειοσειρες} \cdot 7,7A = 23,1A$$

V) Ισχύς εισόδου αντιστροφήα.

$$P_{in,inv} = 50\text{πλαισια} / inv \cdot 185W_p = 9.250W_p$$

VI) Αριθμός αντιστροφών.

$$N_{inv} = \frac{P_{εγκ}}{P_{in,inv}} = \frac{26.000W}{9.250W_p} = 3\text{αντιστροφεις}$$

VII) Συνολικός αριθμός πλαισίων.

$$N_{\pi} = 3\text{αντιστροφεις} \cdot 50\text{πλαισια} / inv = 150\text{πλαισια}$$

*στην πραγματικότητα είναι 148 πλαίσια και όχι 150.

VIII) Συνολική ισχύς εγκατάστασης.

$$P_{εγκ.} = 9.250W_p \cdot 3\text{αντιστροφεις} = 27.750W_p$$

6) Επιλογή βάσης στήριξης

Η βάση στήριξης που χρησιμοποιήσαμε για την τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών πλαισίων είναι τύπου «Famulus» της εταιρίας «Conergy». Η κλίση του σκελετού στήριξης είναι ρυθμισμένη στις 30°. Το υλικό κατασκευής του είναι το αλουμίνιο. Η έδραση των βάσεων στήριξης έγινε με το βίδωμά τους πάνω στην επιφάνεια της ταράτσας. Εννοείτε ότι σ' εκείνα τα σημεία γίνεται μόνωση. Παρακάτω βλέπουμε μια τυπική άποψη της βάσης στήριξης μας.



7) Αντικεραυνική προστασία

Η πιθανότητα να χτυπήσει κεραυνός την φωτοβολταϊκή εγκατάσταση μας είναι αρκετά μικρή. Από την άλλη όμως, η ζημιά που μπορεί να προκαλέσει ένα τέτοιο ενδεχόμενο είναι πολύ μεγάλη τόσο στα φωτοβολταϊκά πλαίσια όσο και στον υπόλοιπο ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό.

Στόχος είναι να προστατευτούν τα πλαίσια και ο υπόλοιπος εξοπλισμός της εγκατάστασης από μια ενδεχόμενη πυρκαγιά εξαιτίας ενός άμεσου χτυπήματος από κεραυνό. Για να προστατευτεί η εγκατάσταση στο χώρο που καταλαμβάνουν τα πλαίσια πρέπει να εγκατασταθεί ένα σύστημα αντικεραυνικής προστασίας (Σ.Α.Π.). Ανάλογα με τρόπο της αντικεραυνικής προστασίας και το ύψος των απαιτούμενων ράβδων – αλεξικέραυνων, καθορίζεται η ποσότητά και η απόστασή τους.

Οι τρεις τρόποι αντικεραυνικής προστασίας είναι οι εξής:

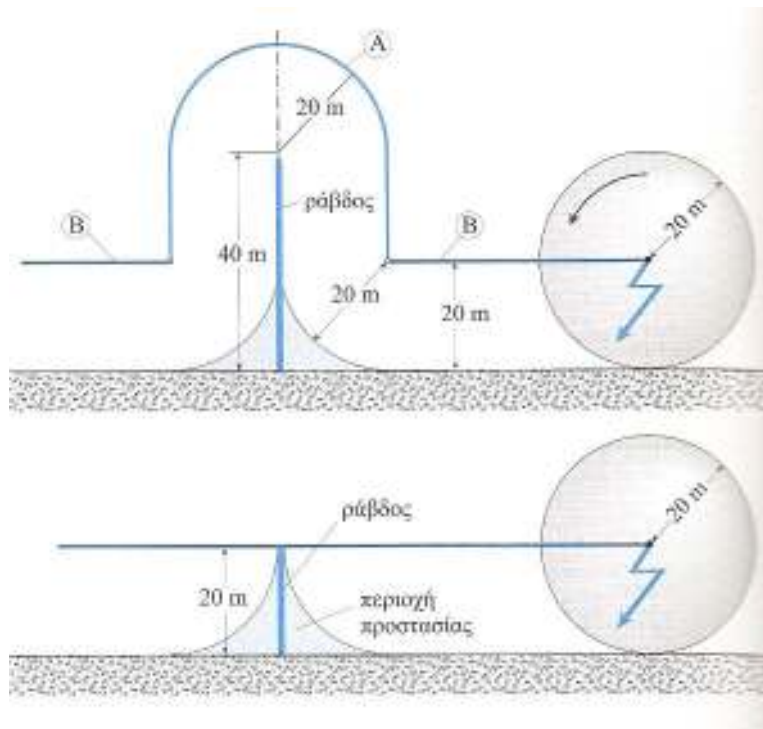
- A) Μέθοδος της κεραυνικής ή της κυλιόμενης σφαίρας r_b .
- B) Μέθοδος του κλωβού ανοίγματος a .
- Γ) Μέθοδος της γωνίας προστασίας φ .

Από τους τρεις παραπάνω τρόπους επιλέξαμε την μέθοδο της κυλιόμενης σφαίρας τύπου III (I>II>III>IV) κατά VDE 0185.

Η περιοχή προσδιορίζεται με βάση την εξής αρχή. Η οδηγός εκκένωση μπορεί να πλησιάσει γειωμένα αντικείμενα από οποιαδήποτε κατεύθυνση, δηλαδή και οριζοντίως (από το πλάι). Όταν μια εκκένωση πλησιάσει γειωμένα αντικείμενα σε μια συγκεκριμένη απόσταση, τότε αυτή θα προχωρήσει, δηλαδή ο κεραυνός θα πέσει, στο πλησιέστερο αντικείμενο. Αυτή η συγκεκριμένη απόσταση λέγεται ακτίνα κεραυνικής ή κυλιόμενης σφαίρας. Η ακτίνα της σφαίρας επιλέγεται από 20m έως 60m, ανάλογα με την στάθμη προστασίας, όπως φαίνεται στο παρακάτω πίνακα.

Στάθμη προστασίας	Ακτίνα r_b (m)
I	20
II	30
III	45
IV	60

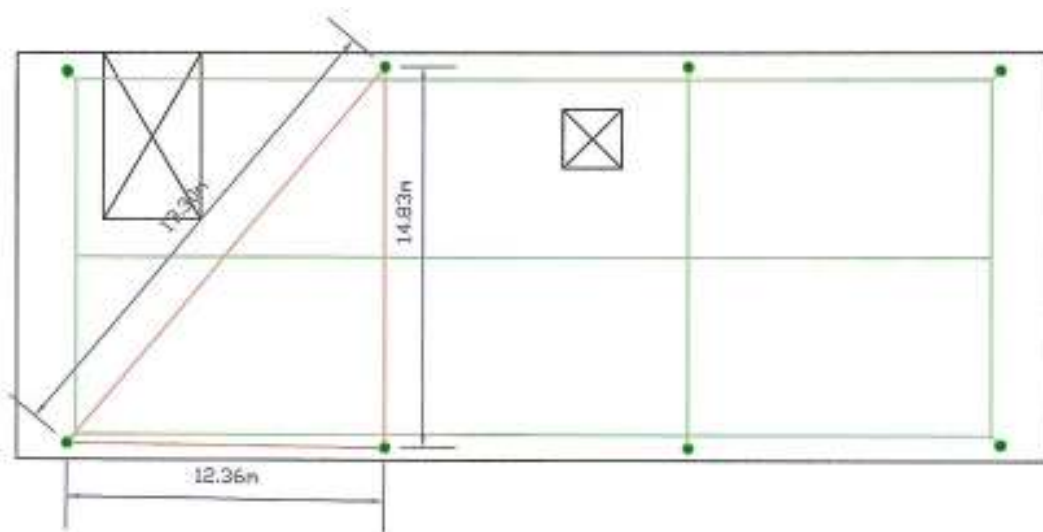
Για να κάνουμε πιο σαφή τα παραπάνω, θα εξηγήσουμε τι συμβαίνει στην παρακάτω εικόνα. Στην πρώτη περίπτωση το ύψος της ράβδου είναι 40m. Εκκενώσεις που πλησιάζουν από δεξιά ή αριστερά της ράβδου σε οποιοδήποτε σημείο της γραμμής (B), οδηγούνται κατευθείαν στη γη. Εκκενώσεις που πλησιάζουν οποιοδήποτε σημείο της καμπύλης (A), οδηγούνται στο αλεξικέραυνο ράβδου. Αντικείμενα που βρίσκονται στη σκιαγραφημένη περιοχή είναι προστατευμένα. Το ίδιο γίνεται και στη δεύτερη περίπτωση που το ύψος της ράβδου είναι 20m.



Κυλιόμενη κεραυνική σφαίρα και περιοχές προστασίας ράβδων ύψους 40m και 20m.

Η ακτίνα της κυλιόμενης σφαίρας για τύπου III προστασία είναι 45m. Η κοιλιά της σφαίρας αυτής σε σχέση με την απόσταση μεταξύ των αλεξικέραυνων δίνεται από τη σχέση: $p = R - \sqrt{R^2 - \left(\frac{d}{2}\right)^2}$ όπου:

Επεξήγηση συμβόλου	Επεξήγηση
p	Η κοιλιά που εμφανίζει η σφαίρα.
R	Η ακτίνα της σφαίρας.
d	Η διαγώνια απόσταση μεταξύ των αλεξικέραυνων.



$$d = \sqrt{12,36^2 + 14,83^2} = 19,30m$$

$$p = R - \sqrt{R^2 - \left(\frac{d}{2}\right)^2} = 45 - \sqrt{45^2 - \left(\frac{19,30}{2}\right)^2} = 1,05m$$

Προφανώς, το ύψος στο οποίο θα αναρτηθούν τα αλεξικέραυνα θα πρέπει να είναι μεγαλύτερο από την τιμή του p . Το ύψος αυτό μετράται από το επίπεδο που ορίζει το υψηλότερο σημείο των φωτοβολταϊκών πλαισίων. Άρα, τα αλεξικέραυνα θα έχουν ύψος $1,05m + 0,83m = 1,88m$.

Ανάμεσα σε μια εγκατάσταση αντικεραυνικής προστασίας και τον μεταλλικό και ηλεκτρολογικό εξοπλισμό της κατασκευής μπορεί να δημιουργηθεί σπινθήρας, αν δεν υπάρχει μεταξύ τους η απαραίτητη απόσταση ασφαλείας. Ο τύπος που επιτρέπει τον υπολογισμό αυτής της απόστασης, στη γενική μορφή, είναι ο εξής: $S = \frac{L}{Z}$, $Z = \frac{K_m}{K_i \cdot K_c}$ όπου:

Επεξήγηση συμβόλου	Περιγραφή
L	Η κατακόρυφη απόσταση μεταξύ της ισοδυναμικής επιφάνειας λόγω των ηλεκτροδίων γείωσης και του σημείου ενδιαφέροντος.
K_m	Το υλικό που περιβάλλει τον αγωγίμο δρόμο. (1 για το διάκενο αέρος – 0,5 για διάκενα με κίνδυνο επιφανειακής εκκένωσης)
K_i	Η επιλογή του τύπου προστασίας. (0,1 για τύπο I – 0,075 για τύπο II – 0,05 για τύπους III και IV)
K_c	Συντελεστής διαχωρισμού ρεύματος, εξαρτάται από την τοπολογία του συστήματος. (1 για έναν επαγωγό – 0,66 για δυο απαγωγούς – 0,44 για τρεις ή περισσότερους απαγωγούς)

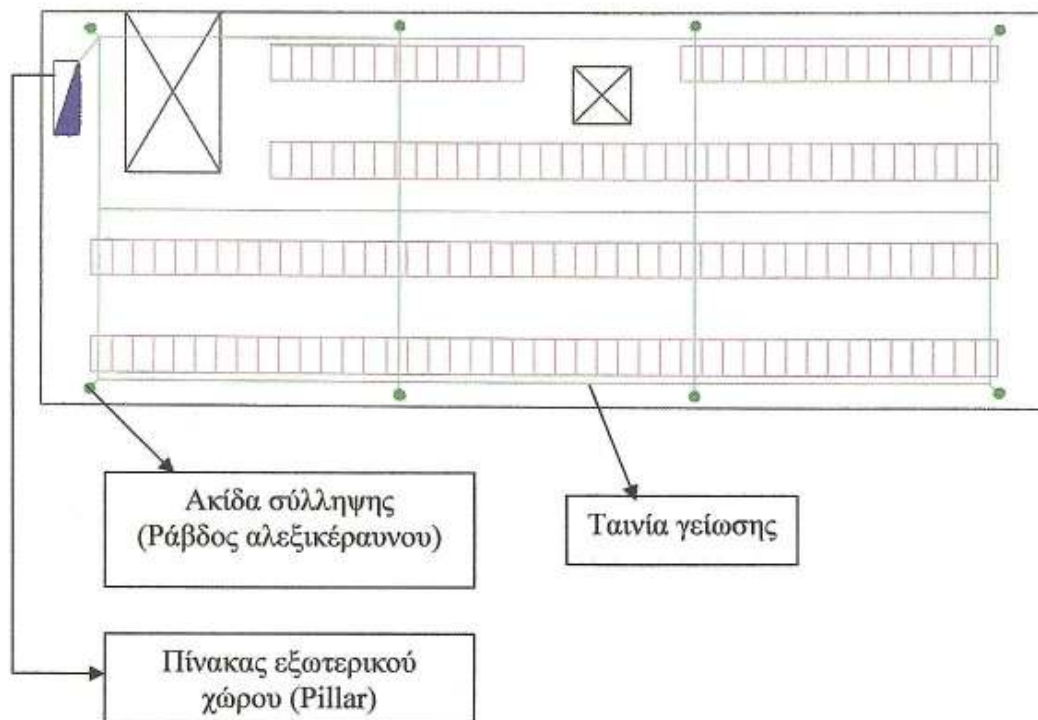
Βάσει κανονισμών, η απόσταση S πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 0,5m. Στην περίπτωση μας είναι μικρότερη, άρα η ελάχιστη απόσταση θα είναι 0,5m και όχι 0,02m.

8) Πίνακας εξωτερικού χώρου (Pillar)

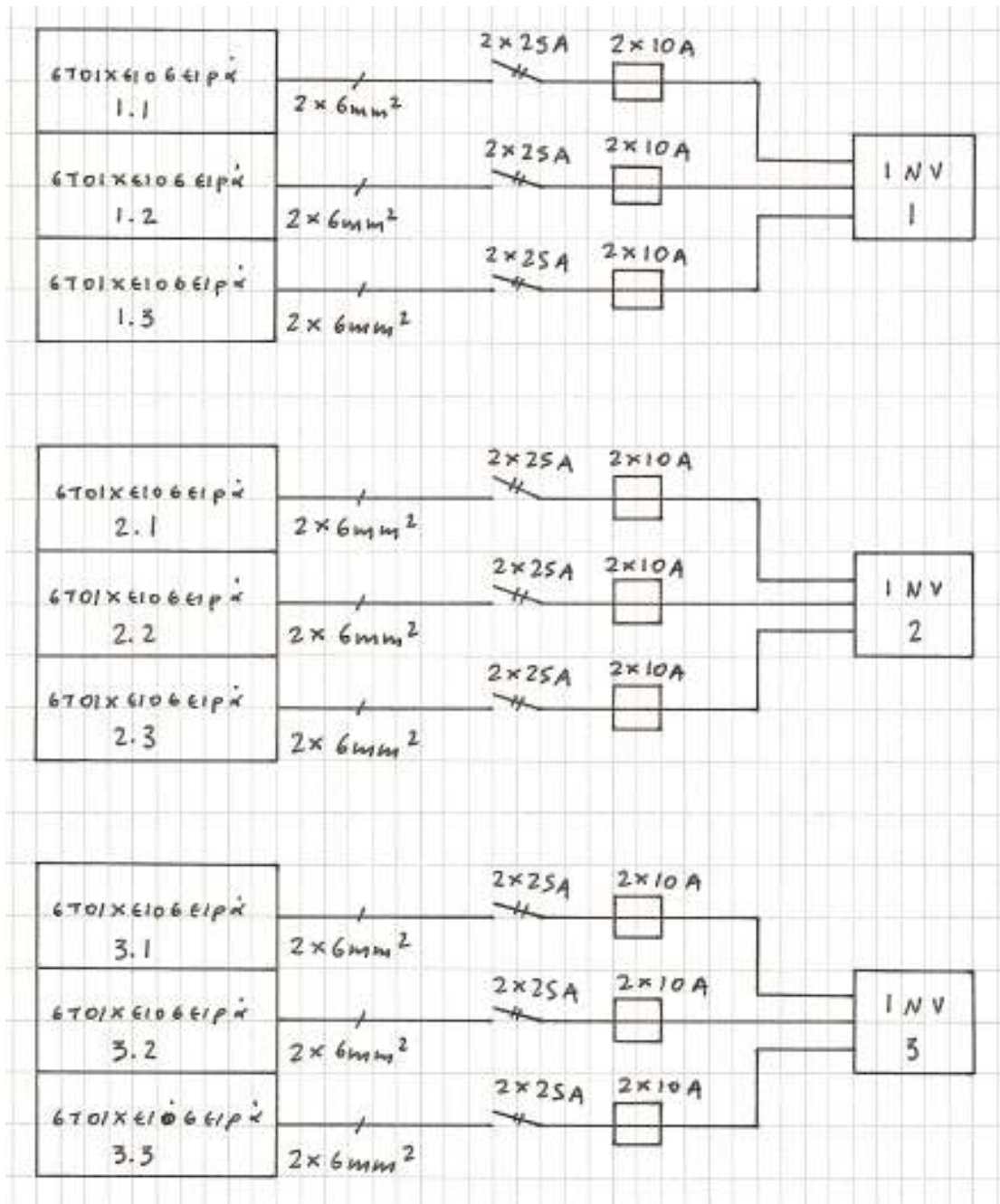
Οι πίνακες εξωτερικού χώρου (Pillar) είναι πίνακες διανομής, τροφοδότησης κινητήρων, φωτισμού για υπαίθρια εγκατάσταση (δρόμοι, εργοτάξια), όπου λόγω αντίξων περιβαλλοντικών συνθηκών απαιτείται μεγάλη στεγανότητα και εύκολη επεκτασιμότητα. Κατασκευάζονται από χαλυβοέλασμα γαλβανιζέ πάχους 2mm σε διάφορες διαστάσεις, ενώ ο βαθμός προστασίας τους είναι IP40 ή ανάλογα με τις προδιαγραφές μέχρι και IP66. Παρακάτω βλέπουμε έναν τυπικό εξωτερικό πίνακα.



Παρακάτω φαίνεται που είναι τοποθετημένος ο πίνακας εξωτερικού χώρου:



Παρακάτω βλέπουμε το ηλεκτρολογικό σχέδιο του DC κομματιού της εγκατάστασης.

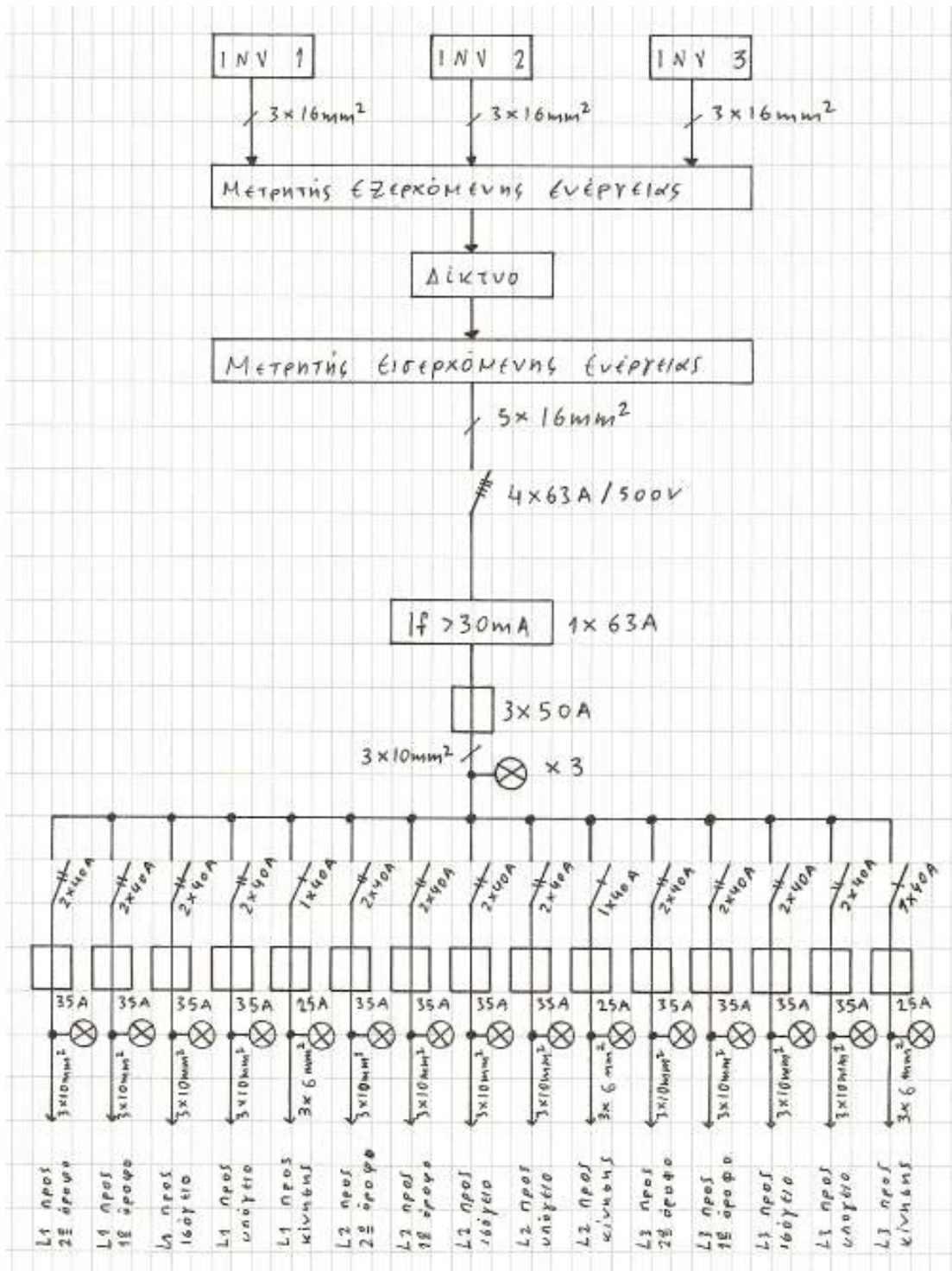


Η τάση εξόδου κάθε στοιχειοσειράς είναι: $V_{DC} = 16 \text{ πλαισια} \cdot 24V = 384V$

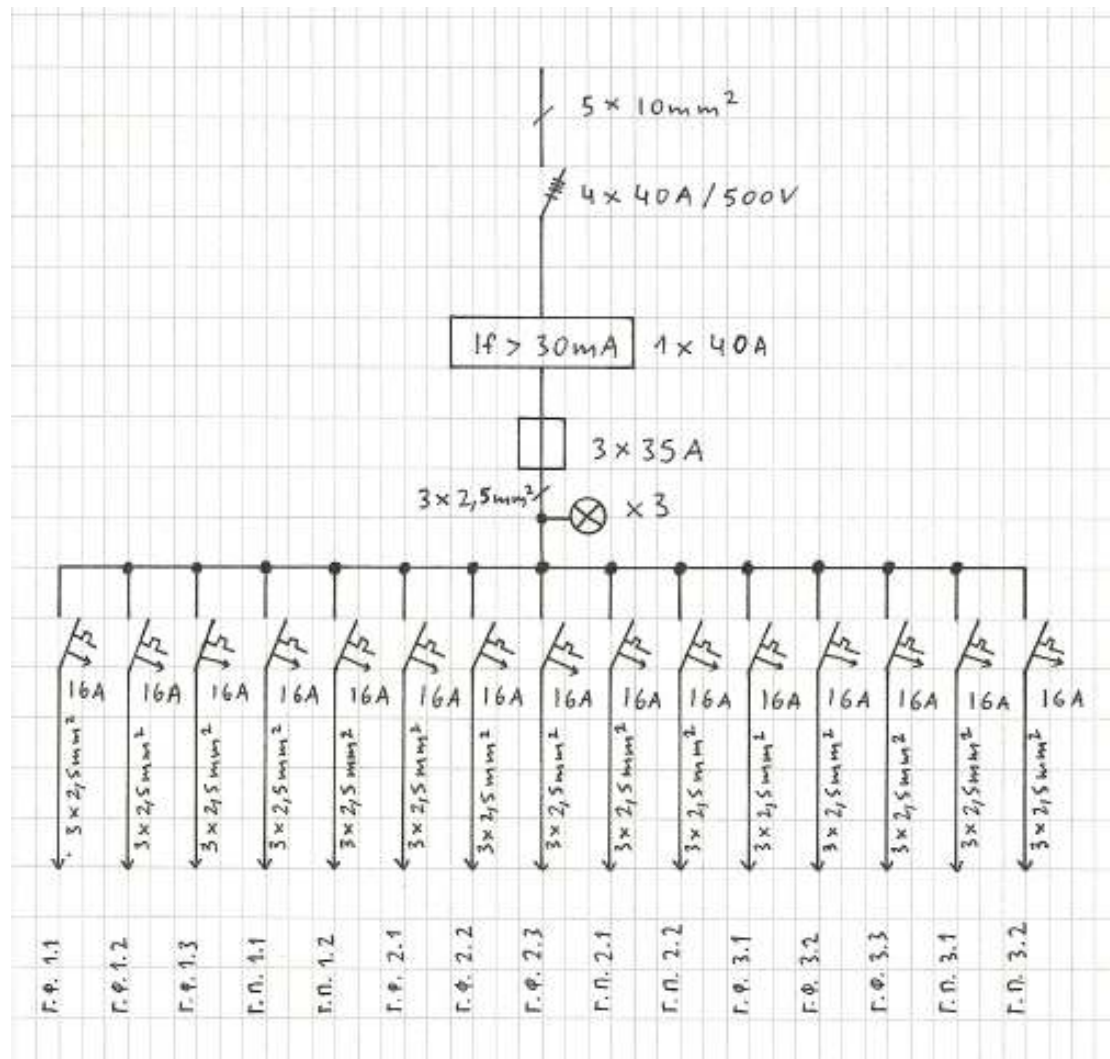
Το ρεύμα εξόδου κάθε στοιχειοσειράς είναι: $I_{DC} = 7,70A \cdot 1,25 = 9,63A$

Παρακάτω βλέπουμε τα ηλεκτρολογικά σχέδια του AC κομματιού της εγκατάστασης.

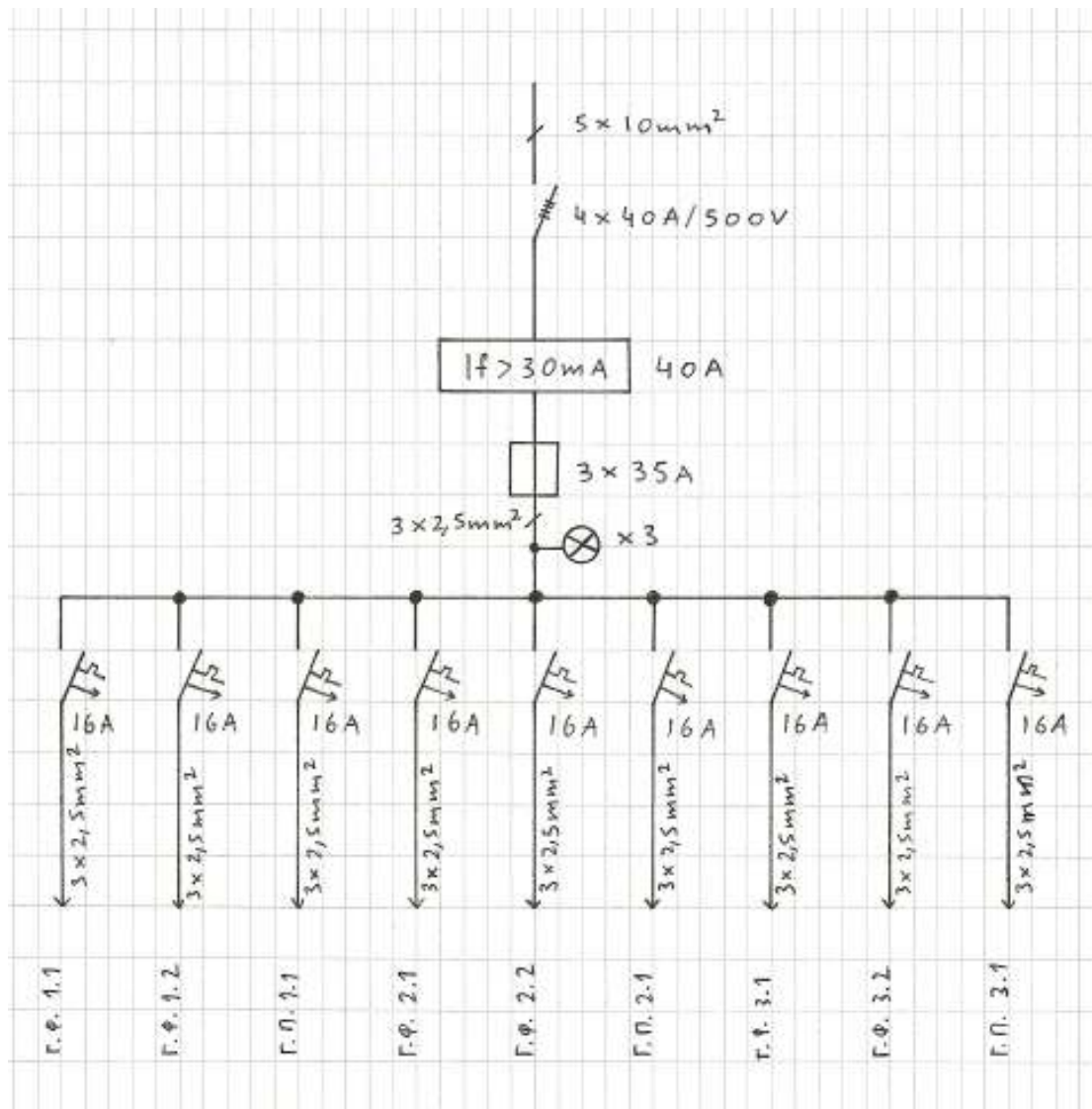
Το ηλεκτρολογικό σχέδιο του πίνακα εξωτερικού χώρου είναι το εξής:



Το ηλεκτρολογικό σχέδιο του πίνακα 2^{ου}, 1^{ου} ορόφου και ισογείου είναι το εξής:



Το ηλεκτρολογικό σχέδιο του πίνακα υπογείου είναι το εξής:



9) Επιλογή εφεδρικής πηγής ηλεκτρικής ενέργειας (H/Z).

Η φωτοβολταϊκή μας εγκατάσταση με τους ηλιακούς συλλέκτες φτάνει σε μια συγκεκριμένη ισχύ. Αυτή η ισχύς όμως αποδίδεται όταν έχουμε κυρίως ηλιόλουστες ημέρες. Για αυτό, για να μην έχουμε καιρικές εκπλήξεις (συννεφιά) και διακοπή από το δίκτυο, τοποθετούμε ένα ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος, περίπου 30KVA, για να αντεπεξέλθετε στις ανάγκες του κτιρίου μας, όταν αυτό είναι δυνατόν.

Β' ΜΕΡΟΣ: ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΚΟΜΜΑΤΙ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Παρακάτω φαίνεται ο αναλυτικός πίνακας των προϊόντων, με τις αντίστοιχες τιμές τους, καθώς και το σύνολο των δαπανών αυτών.

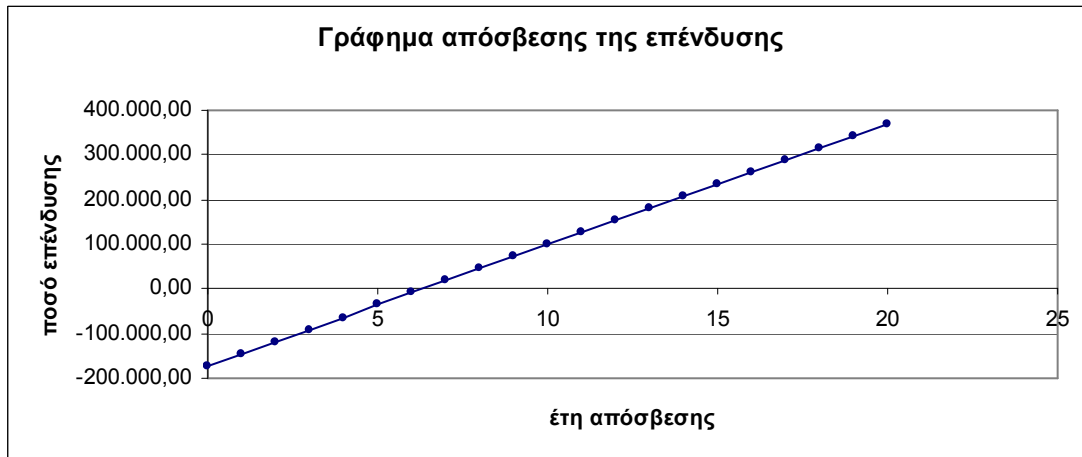
ΠΡΟΪΟΝ	ΤΕΜΑΧΙΑ	ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΑΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΤΙΜΗ
Πλαίσιο Aleo s.16.185W	148	740€	109.520€
Αντιστροφέας S.M.C. 9000TL	3	3.500€	10.500€
Βάσεις στήριξης Conergy famulus	148	110€	16.280€
H/Z 30 KVA	1	13.000€	13.000€
Ηλεκτρολογικός εξοπλισμός			5.000€
Εγκατάσταση Φ/Β συστοιχιών			17.000€
Λοιπά έξοδα			700€
Συνολικό ποσό (Σ.Π.)			172.000€

Προκειμένου να αποπληρωθεί το συνολικό ποσό της επένδυσής μας, παρακάτω φαίνεται ένας απλός τρόπος υλοποίησης.

- Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς του κτιρίου μας είναι : $P_{εγκ} = 26KW$.
- Οι ώρες που λειτουργεί το κτίριο μας καθημερινά είναι : $H = 8h$.
- Η ενέργεια, η οποία καταναλώνει καθημερινά το κτίριό μας είναι :
 $E = P_{εγκ} \cdot H = 26KW \cdot 8h = 208KWh$.
- Η τιμή πώλησης της κιλοβατώρας στην Δ.Ε.Η. είναι 0,45€/KWh, σύμφωνα με το νόμο 3468/2006. Το ημερήσιο κόστος εξερχόμενης ενέργειας είναι : $K_{εξ,ημ} = E \cdot 0,45E / KWh = 208KWh \cdot 0,45E / KWh = 93,60E$.
Άρα, το ετήσιο εξερχόμενο κόστος είναι:
 $K_{εξ,ετ} = K_{εξ,ημ} \cdot 365ημερες = 93,60E \cdot 365ημερες = 34.164E$.
- Η τιμή πώλησης της κιλοβατώρας από τη Δ.Ε.Η. είναι 0,093€/KWh (Επαγγελματίες/Επιχειρήσεις → Γενικό Ενεργειακό/Εμπορικό Γ21 → Εμπορικό 2012 – Γ21). Το ημερήσιο κόστος εισερχόμενης ενέργειας είναι : $K_{εισ,ημ} = E \cdot 0,093E / KWh = 208KWh \cdot 0,093E / KWh = 19,344E$. Άρα, το ετήσιο εισερχόμενο κόστος είναι :
 $K_{εισ,ετ} = K_{εισ,ημ} \cdot 365ημερες = 19,344E \cdot 365ημερες = 7.060,56E$.
- Το ετήσιο χρηματικό κέρδος που θα έχουμε από την πώληση – αγορά της ενέργειας είναι : $K_{ερδος} = 34.164E - 7.060,56E = 27.103,44E$.

- Το συνολικό ποσό που πρέπει να δαπανηθεί για την αποπεράτωση του έργου μας είναι 172.000€ και τα χρόνια, τα οποία χρειάζονται για την απόσβεση της επένδυσης είναι περίπου

$$: \frac{\Sigma.π.}{Κερδος} = \frac{172.000Ε}{27.103,44Ε} = 6,5ετη .$$



Σύμφωνα με την παραπάνω ανάλυση, εμείς παράγουμε ηλεκτρική ενέργεια από φωτοβολταϊκούς συλλέκτες και την «πουλάμε» στη Δ.Ε.Η. με κάποιο συγκεκριμένο κόστος. Η Δ.Ε.Η. με τη σειρά της, μας «πουλάει» και αυτή ηλεκτρική ενέργεια, αλλά με διαφορετικό κόστος κιλοβατώρας.

Η αγοραπωλησία αυτής της ηλεκτρικής ενέργειας, εμάς μας αποφέρει κάποιο χρηματικό κέρδος ετησίως. Αν, κάθε χρόνο για 6,5 χρόνια κερδίζουμε αυτό το ποσό, τότε θα έχουμε αποπληρώσει το συνολικό ποσό της επένδυσής μας. Αυτό φαίνεται και οπτικά στο παραπάνω γράφημα.

Σε βάθος χρόνου, παρατηρούμε ότι έχουμε εμφανή κέρδη. Αυτό το πλεόνασμα, για παράδειγμα, μπορεί να αξιοποιηθεί από το Τ.Ε.Ι. μας για ερευνητικούς σκοπούς, για εργαστηριακό εξοπλισμό και για οποιαδήποτε άλλη δραστηριότητα είναι χρήσιμη για αυτό.

ΛΕΞΙΛΟΓΙΟ

Φωτοβολταϊκό φαινόμενο (Photovoltaic – PV)

Είναι η άμεση μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική τάση.

Φωτοβολταϊκό στοιχείο (PV cell)

Είναι η ηλεκτρική διάταξη που παράγει ηλεκτρική ενέργεια όταν δέχεται ακτινοβολία. Λέγεται ακόμα Φ/Β κύτταρο ή Φ/Β κυψέλη.

Φωτοβολταϊκό πλαίσιο (PV module)

Είναι ένα σύνολο Φ/Β στοιχείων που είναι ηλεκτρονικά συνδεδεμένα.

Φωτοβολταϊκό πάνελ (PV panel)

Είναι ένα ή περισσότερα Φ/Β πλαίσια, που έχουν προκατασκευαστεί και συναρμολογηθεί σε μια ενιαία κατασκευή, έτοιμη για να εγκατασταθεί σε Φ/Β εγκατάσταση.

Φωτοβολταϊκή συστοιχία (PV array)

Είναι μια ομάδα από Φ/Β πλαίσια ή πάνελ με αλληλοσύνδεση, τοποθετημένα, συνήθως, σε κοινή κατασκευή στήριξης.

Φωτοβολταϊκή γεννήτρια (PV generator)

Είναι το τμήμα μιας Φ/Β εγκατάστασης που περιέχει Φ/Β στοιχεία και παράγει συνεχές ρεύμα.

Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (Δ.Ε.Η.)

Είναι ο μεγαλύτερος παραγωγός ηλεκτρικής ενέργειας στη χώρα μας. Ιδρύθηκε το 1950 και ο ρόλος της ήταν καταλυτικός στα 50 χρόνια της ύπαρξής της. Με τις νομοθετικές ρυθμίσεις των τελευταίων ετών και την απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας έγινε ανώνυμος εταιρία με το προεδρικό διάταγμα 333/2000. Από την 1 – 1 – 2001 λειτουργεί ως ανώνυμη εταιρία, ενώ από τις 12 – 12 – 2001 έχει εισαχθεί στα Χρηματιστήρια Αξιών Αθηνών και Λονδίνου.

Οι κύριοι σκοποί της εταιρίας, σύμφωνα με το καταστατικό της, είναι:

A) Η άσκηση εμπορικής και βιομηχανικής δραστηριότητας στον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα και στο εξωτερικό.

B) Η μελέτη, η επίβλεψη, η κατασκευή, η εκμετάλλευση, η συντήρηση και η λειτουργία εργοστασίων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και των δικτύων μεταφοράς και διανομής.

Γ) Η προμήθεια και η πώληση ηλεκτρικής ενέργειας.

Δ) Η εξόρυξη, η παραγωγή και η προμήθεια ενεργειακών πρώτων υλών.

Η εγκατεστημένη ισχύς των μονάδων παραγωγής της ΔΕΗ το 2009 ανήλθε σε 12.800 MW, καλύπτοντας το 84% της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος της χώρας, η οποία προέρχεται από λιγνιτικές, υδροηλεκτρικές, πετρελαϊκές μονάδες, μονάδες φυσικού αερίου καθώς και αιολικά και ηλιακά πάρκα.

Η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού Α.Ε. είναι η μεγαλύτερη εταιρία παραγωγής και προμήθειας ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα, με

περισσότερους από 7,5 εκατομμύρια πελάτες. Έχει στην ιδιοκτησία της το Εθνικό Σύστημα Μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας και τα δίκτυα διανομής.

Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (Ρ.Α.Ε.)

Είναι μια ανεξάρτητη διοικητική αρχή που ελέγχεται μόνο από τον υπουργό Ανάπτυξης. Αρχικά, συστήθηκε με το νόμο 2773/22 – 12 – 1999 (περί απελευθέρωσης της αγοράς της ηλεκτρικής ενέργειας) και αργότερα συγκροτήθηκε τον Ιούλιο του 2000, με σκοπό να παρακολουθεί την αγορά ενέργειας εντός και εκτός Ελλάδος.

Η σύσταση της Ρ.Α.Ε. επιβλήθηκε ουσιαστικά από την ανάγκη εναρμόνισης της Ελληνικής νομοθεσίας με την Κοινοτική Οδηγία 96/92ΕΚ (σχετικά με τους κοινούς κανόνες για την εσωτερική αγορά της ηλεκτρικής ενέργειας).

Η Ρ.Α.Ε. έχει γνωμοδοτικές αρμοδιότητες στην παρακολούθηση και τον έλεγχο της αγοράς ενέργειας από συμβατά καύσιμα, ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, φυσικό αέριο και πετρελαιοειδή. Επίσης, έχει την αρμοδιότητα χορήγησης αδειών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από συμβατικά καύσιμα και από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, σύμφωνα με το νόμο 3851/2010.

Σύμφωνα με την ευρωπαϊκή ένωση και την ελληνική νομοθεσία, η Ρ.Α.Ε. καλύπτει την ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού της Χώρας, την προστασία του περιβάλλοντος, την ενίσχυση της παραγωγικότητας και ανταγωνιστικότητας της εθνικής οικονομίας και την περιφερειακή ανάπτυξη.

Διαχειριστής Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε.)

Είναι μια ανώνυμη εταιρία, της οποίας η ύπαρξη της υποδείχθηκε, επίσης, με το νόμο 2773/22 – 12 – 1999 και συστήθηκε με το προεδρικό διάταγμα 328 στις 12 – 02 – 2000 με δυο βασικές δραστηριότητες:

Α) Η πρώτη είναι να φροντίζει ώστε να διατηρείτε σταθερή η ισορροπία παραγωγής – κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας με τρόπο όσο το δυνατόν οικονομικά αποδοτικότερο, αξιόπιστο, ασφαλή και ποιοτικά αποδεκτό.

Β) Η άλλη είναι να λειτουργεί ως ένα είδος χρηματιστηρίου που υπολογίζει κάθε μέρα, σε επίπεδο διμερών συναλλακτικών σχέσεων (παραγωγός – καταναλωτής) ποιος οφείλει σε ποιόν.

Ανήκει κατά 51% στο ελληνικό δημόσιο και κατά 49% στις ελληνικές εταιρίες παραγωγής ενέργειας.

Σύλλογος Εταιριών Φωτοβολταϊκών (Σ.Ε.Φ.) ή Hellenic Association of Photovoltaic Companies (HELAPCO)

Είναι μια αστική μη κερδοσκοπική εταιρία που ιδρύθηκε το 2002, που δραστηριοποιείται στην παραγωγή εξοπλισμού, την εμπορία, την εγκατάσταση και τη συντήρηση φωτοβολταϊκών συστημάτων. Ο στόχος του Σ.Ε.Φ. είναι η ανάπτυξη μια υγιούς και βιώσιμης αγοράς που θα ανταποκρίνεται στις ενεργειακές, περιβαλλοντικές και αναπτυξιακές προκλήσεις της Χώρας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1]. Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, «Ηλεκτρική Ενέργεια και Περιβάλλον», Ο.Ε.Δ.Β., Αθήνα.
- [2]. Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, «Ειδικές Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις, Β' τεύχος», Ο.Ε.Δ.Β., Αθήνα.
- [3]. Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, «Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις», Ο.Ε.Δ.Β., Αθήνα.
- [4]. Ντοκόπουλος Π., «Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις Καταναλωτών», Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη, 2005.
- [5]. Γκίνης Χ., «Σημειώσεις Εργαστηρίου Ηλεκτροτεχνικών Εφαρμογών», Αιγάλεω, 2008.
- [6]. Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, «Ηλεκτρικές Μηχανές», Ο.Ε.Δ.Β., Αθήνα.
- [7]. www.engaia.gr
- [8]. www.selasenergy.gr
- [9]. www.arvisolar.gr
- [10]. www.alten.gr
- [11]. www.greenenergia.gr
- [12]. www.rodosair.gr
- [13]. www.heliotecniki.com
- [14]. www.hyperionee.gr
- [15]. www.bp.com
- [16]. www.electroepistimi.blogspot.com
- [17]. www.dei.gr
- [18]. www.desmie.gr
- [19]. www.rae.gr
- [20]. www.helapco.gr

