

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ 1128

**ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΟΙΚΙΑΚΟΥ
ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ
ΣΥΝΕΔΕΜΕΝΟΥ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΜΕ ΤΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ SUNNY DESING**

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΣΠΟΥΔΑΣΤΩΝ:

ΣΙΩΛΗΣ ΣΤΑΥΡΟΣ

ΠΑΠΑΘΑΝΑΣΟΠΟΥΛΟΣ ΑΡΓΥΡΙΟΣ

ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:

ΘΕΟΧΑΡΗΣ ΑΝΔΡΕΑΣ

ΠΑΤΡΑ 2012

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Αντικείμενο της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η μελέτη εγκατάστασης ενός οικιακού φωτοβολταϊκού συστήματος συνδεδεμένου στο δίκτυο με την χρήση προγράμματος υπολογιστή Sunny Desing καθώς και μια μερική αναφορά στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Στην σημερινή εποχή ο άνθρωπος καλείται να λύσει δύο πολύ σημαντικά προβλήματα για τη μελλοντική του ευημερία. Η συνεχής αύξηση της ζήτησης ενέργειας λόγω της δημογραφικής έκρηξης και της εξάντλησης των συμβατικών μορφών καυσίμων αποτελούν ένα από αυτά. Επιπροσθέτως, η αλόγιστη καταστροφή του περιβάλλοντος με τις λανθασμένες επεμβάσεις πάνω σε αυτό από τον άνθρωπο καθιστούν αβέβαιο το μέλλον του. Είναι προφανές ότι οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αποτελούν μια σαφή και ξεκάθαρη λύση. Μία από τις ήπιες μορφές ενέργειας όπως χαρακτηριστικά της λέμε και ίσως η πιο σημαντική είναι η ηλιακή ενέργεια. Με την βοήθεια της καθώς επίσης και ενός ολοκληρωμένου φωτοβολταϊκού εξοπλισμού θα προσπαθήσουμε να δώσουμε μια πλήρη οικονομοτεχνική μελέτη ενός τέτοιου συστήματος.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία γίνεται αναφορά στην ανάγκη της σημερινής εποχής για όσο το δυνατό μεγαλύτερη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές. Αναφέρεται η κατάσταση στη χώρα μας σχετικά με την απελευθέρωση της αγοράς ενέργειας, τις ανανεώσιμες πηγές και τις ευκαιρίες που δίνονται στους ιδιώτες ώστε να παράγουν ενέργεια και να την πουλάνε στη ΔΕΗ. Γίνεται συνοπτική αναφορά στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και περιγραφή της αρχής λειτουργίας τους (αιολική, υδροηλεκτρική, γεωθερμία, ενέργεια από βιομάζα κτλ).

Αναφέρονται γενικές πληροφορίες σχετικά με την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας και την χρήση της για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (από τη λειτουργία των φωτοβολταϊκών κελιών, μέχρι τη χρήση τους για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας). Στη συνέχεια γίνεται μια περιγραφή των μέρων που συνθέτουν ένα διασυνδεδεμένο φωτοβολταϊκό σύστημα. Τέλος με τη χρήση του προγράμματος Sunny Design γίνεται μια τεχνική μελέτη και υπολογίζεται το συνολικό κόστος της κατασκευής.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1:ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ-ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

1.1 ΓΕΝΙΚΑ ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	σελ.7
1.2 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	σελ.7
1.3 ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΤΟΥ ΚΙΟΤΟ	σελ.11

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2:ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

2.1 ΠΕΡΙ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	σελ.14
2.1.1 Α/Γ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΑΞΟΝΑ	σελ.15
2.1.2 Α/Γ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥ ΑΞΟΝΑ.....	σελ.16
2.1.3 ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ	σελ.20
2.2 ΠΕΡΙ ΒΙΟΜΑΖΑΣ.....	σελ.22
2.2.1 ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	σελ.22
2.2.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ.....	σελ.22
2.2.3 ΥΠΕΡ ΚΑΙ ΚΑΤΑ ΑΥΤΟΥ ΤΟΥ ΕΙΔΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	σελ.23
2.3 ΠΕΡΙ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑΣ	σελ.24
2.3.1 Η ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	σελ.24
2.3.2 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑΣ.....	σελ.25
2.4 ΠΕΡΙ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	σελ.27
2.4.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΤΗΣ ΕΚΜΕΤΑΛΕΥΣΗΣ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	σελ.27
2.4.2 ΕΚΜΕΤΑΛΕΥΣΗ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	σελ.28
2.4.3 ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΘΕΡΜΙΚΗ ΓΙΑ ΑΜΕΣΗ ΧΡΗΣΗ.....	σελ.28
2.4.4 ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΘΕΡΜΙΚΗ ΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	σελ.29
2.4.5 ΑΜΕΣΗ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ.....	σελ.30

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3.1 ΤΟ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟσελ.32

3.2 ΗΜΙΑΓΩΓΟΙ ΚΑΙ ΝΟΘΕΥΣΗσελ.32

3.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΝΟΘΕΥΣΗΣ ΗΜΙΑΓΩΓΩΝ.....σελ.32

3.4 ΤΟ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΟ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑσελ.33

3.5 ΤΟ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟσελ.34

3.6 ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΑΙ ΚΟΣΤΟΣσελ.35

3.7 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ ΣΕ ΚΤΗΡΙΑ.....σελ.36

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4:ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ

4.1 ΕΙΔΗ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝσελ.38

4.1.1 ΑΥΤΟΝΟΜΟ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑ.....σελ.38

4.1.2 ΥΒΡΙΔΙΚΑ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ.....σελ.39

4.1.3 Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΕ ΣΥΝΔΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΔΙΚΤΥΟσελ.39

4.1.4 ΔΕΣΜΗ Α.Εσελ.42

4.1.5 ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝσελ.43

4.1.6 ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ Φ/Β ΜΕ ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΧΑΜΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣσελ.43

4.2 ΤΟ Φ/Β ΠΛΑΙΣΙΟ-Φ/Β ΠΑΝΕΛΑ ΚΑΙ ΟΙ ΣΥΣΤΟΙΧΙΕΣσελ.44

4.2.1 ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΤΩΝ Φ/Β ΠΛΑΙΣΙΩΝσελ.46

4.2.2 ΡΥΘΜΙΣΤΕΣ-ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΙΣσελ.47

4.3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥσελ.50

4.3.1 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥσελ.50

4.3.2 ΠΡΟΥΠΟΘΕΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΝΟΣ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣσελ.54

4.4 ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΤΟΥ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΗ.....σελ.55

4.5 ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗσελ.56

4.6 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟΥ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ	σελ.58
---	--------

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

5.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ	σελ.60
5.1.1 PANEL ΜΟΝΟΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΑ ΤΗΣ ΕΤΑΙΡΙΑΣ ΒΙΟENERGY	σελ.60
5.1.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ INVERTER	σελ.62
5.1.3 ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟ ΥΛΙΚΟ	σελ.63
5.1.4 ΜΙΚΡΟΑΥΤΟΜΑΤΟΙ (MCB'S	σελ.64
5.1.5 ΑΠΑΓΩΓΕΙΣ ΥΠΕΡΤΑΣΕΩΝ	σελ.65
5.1.6 ΔΙΑΚΟΠΤΕΣ ΦΟΡΤΙΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΤΑΣΗΣ DC.....	σελ.66
5.1.7 ΠΙΝΑΚΕΣ.....	σελ.67
5.1.8 ΒΑΣΕΙΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ	σελ.68
5.1.9 ΚΑΛΩΔΙΩΣΕΙΣ.....	σελ.70
5.2 ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΑΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	σελ.72
5.3 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ SUNNY DESING.....	σελ.72
5.4 ΤΡΟΠΟΙ ΣΥΝΔΕΣΗΣ PANEL.....	σελ.75
5.4.1 ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ	σελ.75
5.5 ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	σελ.76
5.6 ΑΠΟΔΟΣΗ.....	σελ.77
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	σελ.78

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Ενεργειακές ανάγκες – ενεργειακές πηγές

1.1 Γενική εισαγωγή

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η τεχνικοοικονομική μελέτη και η μελέτη λειτουργίας ενός διασυνδεδεμένου φωτοβολταϊκού συστήματος. Στην αρχή θα γίνει μια αναφορά γενικά στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και την ανάγκη χρησιμοποίησής τους. Πέρα από τις διάφορες ΑΠΕ που θα περιγραφούν, θα γίνει πιο ενδελεχής αναφορά στην εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας. Θα αναλυθεί όλο το φυσικό υπόβαθρο που κρύβεται πίσω από τη λειτουργία των φωτοβολταϊκών πλαισίων, δηλαδή το φωτοβολταϊκό φαινόμενο και πως το εκμεταλλευόμαστε για να παράγουμε ηλεκτρική ενέργεια. Στη συνέχεια θα γίνει μια περιγραφή των στοιχείων μια διασυνδεδεμένης εγκατάστασης. Θα αναφερθούν τα χαρακτηριστικά που λαμβάνονται υπ όψη κατά τη μελέτη και το σχεδιασμό της, καθώς επίσης και την κατασκευή της. Κλείνοντας θα παρουσιαστεί μια πραγματική εγκατάσταση καθώς και μετρήσεις των χαρακτηριστικών λειτουργίας της.

1.2 Εισαγωγή

Όπως όλες οι οντότητες έτσι και ο άνθρωπος χρειάζεται ενέργεια σε μορφή τροφής και θέρμανσης πρωταρχικά αλλά και για ένα πλήθος σκοπών όπως ένδυση, στέγαση, ψυχαγωγία, μεταφορές, ψύξη, βιομηχανία, κατασκευή εργαλείων και άλλες. Υπάρχει πλήθος διαθέσιμων πηγών ενέργειας εκ των οποίων τις περισσότερες εκμεταλλευόμαστε σε κάποιο βαθμό. Βέβαια το πόση ενέργεια χρησιμοποιεί ένας άνθρωπος εξαρτάται από τον τόπο κατοικίας του και τον τρόπο ζωής του. Συνεπώς η ποσότητα ενέργειας που χρησιμοποιείται είναι αποτέλεσμα μιας πολύπλοκης αλληλεπίδρασης ενεργειακών πηγών, αναγκών, πολιτικών παραγόντων, ανθρωπίνων φιλοδοξιών και ταλέντου των ενεργειακών μηχανικών. Η πλήρης κατανόηση του θέματος θα απαιτούσε λεπτομερειακή περιγραφή όλων των ενεργειακών πηγών που είναι διαθέσιμες στη γη, μια πλήρη γνώση των δυνατών οικολογικών επιδράσεων και την ικανότητα να γνωρίζουμε τον πληθυσμό και τον τρόπο ζωής των ανθρώπων για τα επόμενα τουλάχιστον χίλια έτη...! Γενικά οι ανθρώπινες απαιτήσεις σε ενέργεια όπως έχουν καταγραφεί σε παγκόσμια κλίμακα φαίνονται ενδεικτικά στον ακόλουθο πίνακα.

Στέγαση (θέρμανση-κλιματισμός)	14,5%
Στέγαση (ηλεκτρική, λοιπές χρήσεις)	6,8%
Εμπορική (θέρμανση-κλιματισμός)	6,3%
Εμπορική(ηλεκτρική, λοιπές χρήσεις)	8,3%
Βιομηχανία	37,0%
Μεταφορές	27,1%

Πίνακας 1.1: Ανθρώπινες απαιτήσεις σε ενέργεια

Το μόνο που μπορούμε να κάνουμε είναι μια συνοπτική περιγραφή των μορφών ενέργειας που χρησιμοποιούμε, πώς και πόσο τις εκμεταλλευόμαστε καθώς και την διαθεσιμότητα αυτών των πηγών. Μια κατηγοριοποίηση των πηγών θα μπορούσε να γίνει με το κριτήριο του κατά πόσο αυτές μπορούν να αντικαθίστανται αυτόματα μετά από μια ορισμένη χρονική περίοδο. Έτσι έχουμε τις πηγές που δεν μπορούν να ανανεωθούν σε κλίμακα μικρότερη των εκατομμυρίων ετών όπως η πυρηνική ενέργεια, το φυσικό αέριο, το πετρέλαιο, ο άνθρακας και τις πηγές που λίγο ή πολύ μπορούν να ανανεώνονται επαναλαμβανόμενα από την φύση ή τη βοήθεια του ανθρώπου και σε αυτές εντάσσονται το υδροδυναμικό, η βιομάζα (ξύλο, φυτά), η αιολική και η ηλιακή ενέργεια και τις οποίες μπορούμε να θεωρήσουμε ότι θα τις έχουμε απεριόριστα για χιλιάδες ακόμα έτη. Η παγκόσμια συνεισφορά κάθε πηγής φαίνεται παρακάτω σε έναν προσεγγιστικό πίνακα:

Ορυκτά καύσιμα	83,0%
Πυρηνική ενέργεια	5,5%
Γεωθερμική ενέργεια	0,1%
Υδάτινο δυναμικό	5,9%
Ηλιακή ενέργεια	1,9%
Αιολική ενέργεια	0,2%
Βιομάζα	3,4%

Πίνακας 1.2: Παγκόσμια συνεισφορά κάθε πηγής στην κάλυψη των απαιτήσεων ηλεκτρικής ενέργειας.

Από τα ορυκτά εκτός του γεγονότος ότι δεν είναι αστείρευτα, έχουμε και τη χρήση του πετρελαίου για ένα πλήθος παραγόμενων προϊόντων από φάρμακα ως λιπάσματα. Επίσης όπως είναι γνωστό όλα τα ορυκτά καύσιμα συμβάλλουν στη μόλυνση του περιβάλλοντος, απελευθερώνοντας CO₂ και άλλες βλαβερές για την ζωή ουσίες κατά την καύση τους. Εκτός αυτού ο άνθρακας όπως όλα τα στερεά καύσιμα, μεταφέρεται δύσκολα, η εξόρυξη του δημιουργεί προβλήματα στο περιβάλλον ενώ ταυτόχρονα συμβάλλει στην επιδείνωση του φαινομένου του θερμοκηπίου και την δημιουργία όξινης βροχής όταν καίγεται. Τέλος τα ραδιενεργά ισότοπα είναι δύσκολο να απομακρυνθούν και απαιτούν χιλιάδες έτη ώσπου να γίνουν ακίνδυνα. Ταυτόχρονα ο κίνδυνος πυρηνικής καταστροφής, όπως στο Chernobyl και στο Three Mile Island, καθώς και η πιθανή χρήση των πυρηνικών υλικών για πολεμικούς σκοπούς δημιουργούν ένα κλίμα αποστροφής και τρόμου απέναντι στην ευρεία χρήση τους. Αντίθετα η ηλιακή, η υδροδυναμική και η αιολική ενέργεια χαρακτηρίζονται ως ήπιες μορφές εφόσον δεν μολύνουν το περιβάλλον από τη στιγμή που μπορούν να παράγουν ενέργεια χωρίς καύση.

Η ενεργειακή κρίση του 1970 δημιούργησε προβληματισμούς και έθεσε διάφορα ερωτήματα όπως: πόσο θα υπάρχουν οι μη ανανεώσιμες ενεργειακές πηγές; Πόσο πληθυσμό της γης μπορούν να καλύψουν; Για πόσο θα συνεχιστεί αυτή η αλματώδης ζήτηση ενέργειας σε συνδυασμό με την αύξηση του πληθυσμού; Τι θα γίνει όταν εξαντληθούν οι ορυκτές πηγές; Από τότε άρχισε να εξετάζεται σοβαρά η χρήση των ανανεώσιμων μορφών ενέργειας σε διάφορες εφαρμογές με μελλοντική προοπτική την κάλυψη του παγκοσμίου φορτίου σε κάποιο ικανοποιητικό ποσοστό καθώς και τρόπους αύξησης της απόδοσης ή μείωσης της απαιτούμενης ενέργειας όπως για παράδειγμα χρήση οικονομικών λαμπτήρων φθορισμού 15W αντί για λαμπτήρες πυρακτώσεως 100W, με την ίδια όμως αποτελεσματικότητα. Όπως και να έχει πάντως από τη στιγμή που η πλειοψηφία

των μηχανών υπακούει στον κύκλο Carnot συνεπάγεται ότι η μέγιστη απόδοση τους δεν δύναται να ξεπεράσει μια απόδοση τάξεως 40% οπότε οποιαδήποτε βελτίωση τους ή μείωση των απαιτήσεων απλά θα επιβραδύνει τη μέρα που τα ενεργειακά αποθέματα θα εξαντληθούν. Το γεγονός αυτό κάνει την εύρεση νέων πηγών, ιδιαίτερα ανανεώσιμων, αναπόφευκτη.

Στην παρούσα εργασία θα ασχοληθούμε με μια από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και πιο συγκεκριμένα την ηλιακή. Άμεσα η ηλιακή ενέργεια μπορεί να μετατραπεί είτε σε θερμική με τους ηλιακούς θερμικούς συλλέκτες είτε σε ηλεκτρική με τα φωτοβολταϊκά στοιχεία τα οποία θα μας απασχολήσουν εκτενέστερα. Όπως είναι γνωστό η θερμική ενέργεια δε μπορεί να μεταφερθεί χωρίς απώλειες σε μεγάλες αποστάσεις γι'αυτό και προτιμάται να παράγεται τοπικά, κοντά στην τοποθεσία κατανάλωσης. Διαφορετικά θα μπορούσαμε να την μεταφέρουμε για παράδειγμα από την Αφρική στη Σιβηρία. Πάντως άμεση χρήση της θερμικής ενέργειας που παίρνουμε από τον ήλιο έχουμε σε παρά πολλές εφαρμογές όπως σε ηλιακούς φούρνους, ηλιακούς θερμοσίφωνες κ.α. Αντίθετα η ηλεκτρική ενέργεια είναι εξαιρετικά βολική μορφή. Μπορεί να μεταφέρεται εύκολα με σχετικά μικρές απώλειες, μπορεί να μετατρέπεται σε άλλες μορφές αλλά και να αποθηκεύεται σε κάποιες μονάδες με ικανοποιητική απόδοση.

Κάθε ώρα ο πλανήτης λαμβάνει από τον ήλιο ενέργεια της τάξης των 150 με 200 δισεκατομμύρια MWh. Βέβαια στην επιφάνεια δεν φτάνει όλη αυτή η ποσότητα καθώς ένα ποσοστό ανακλάται από την ατμόσφαιρα, τα σύννεφα, τους ωκεανούς, το έδαφος ή και απορροφάται για να θερμάνει την επιφάνεια της γης. Έστω πάντως ότι η ωφέλιμη ενέργεια είναι το 1/5 αυτής που φθάνει στα όρια της ατμόσφαιρας αρκεί και με το παραπάνω για να καλύψει τις ανάγκες της ανθρωπότητας σε ενέργεια, τουλάχιστον με τα σημερινά δεδομένα κατανάλωσης. Βέβαια ο άνθρωπος εννοείται πως είναι αδύνατον και πάλι να εκμεταλλευτεί με τέτοιο τρόπο την ηλιακή ενέργεια, ώστε να εξαρτάται αποκλειστικά από αυτή, καθώς κάτι τέτοιο θα απαιτούσε την κάλυψη τεράστιων εκτάσεων γης με ηλιακά στοιχεία.

Η ανάπτυξη των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Α.Π.Ε) και κυρίως της αιολικής και της φωτοβολταϊκής ηλεκτρικής ενέργειας προωθείται και ενισχύεται με ισχυρά κίνητρα και υψηλούς ρυθμούς σε όλον τον ανεπτυγμένο κόσμο. Μεταξύ των δυο αυτών μορφών η αιολική εμφανίζεται οικονομικότερη άρα και περισσότερο προσιτή, κυρίως με την μορφή αιολικών πάρκων συνδεδεμένων στο δίκτυο της ΔΕΗ. Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία παρά τα σημαντικά πλεονεκτήματά τους όπως ότι δεν έχουν κινούμενα μέρη, παρουσιάζουν ακόμα υψηλό κατασκευαστικό κόστος. Η διάφορα κόστους παραγωγής της ηλεκτρικής KWh από πετρέλαιο και από ανανεώσιμες πηγές μειώνεται σταδιακά, ώστε σύντομα μέσα στην επόμενη δεκαετία να μπορεί να προβλεφθεί μια απευθείας σύγκριση κόστους ενέργειας. Ήδη το κόστος εγκατάστασης τους παρουσιάζεται ανταγωνιστικό απέναντι στη συμβατική παραγωγή ενέργειας σε περιπτώσεις μη συνδεδεμένων με το δίκτυο περιοχών, όπως σε απομονωμένα νησιά ή οικισμούς.

Στα πλαίσια ενίσχυσης του ρυθμού διεξόδου των φωτοβολταϊκών συστημάτων σε εφαρμογές στον βιομηχανικό τομέα, η ευρωπαϊκή ένωση προωθεί σχετικά προγράμματα με ισχυρά οικονομικά κίνητρα. Στο γεγονός αυτό έχει συμβάλει και η απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας σε πολλά κράτη. Αυτό σημαίνει ότι δύναται να υπάρχουν κάθετα οργανωμένες εταιρίες που να καλύπτουν και τους τρεις τομείς της παραγωγής, μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας έχοντας την δυνατότητα να ανεξαρτητοποιήσουν αυτούς τους τομείς και οποιοσδήποτε ιδιώτης μπορεί να έχει καταρχάς πρόσβαση στο δίκτυο μεταφοράς ή τροφοδοσίας ηλεκτρικής ενέργειας, να παράγει με δικό του τρόπο κάποιο ποσό ενέργειας και μπορεί είτε να το καταναλώνει ο ίδιος, είτε να το

πουλάει στον τοπικό οργανισμό παροχής ενέργειας, όπως η Δ.Ε.Η στην Ελλάδα, με την προϋπόθεση ότι η ισχύς που παράγει πληρεί ορισμένες προδιαγραφές. Οι σημαντικότερες ανανεώσιμες μορφές ενέργειας, κυρίως η ηλιακή και η αιολική, κρίνονται ιδανικές για ιδιοπαραγωγή καθώς τα επίπεδα ηλιοφάνειας και αιολικού δυναμικού στη χώρα μας είναι εξαιρετικά υψηλά, συγκρινόμενα με αυτά σε βορειότερα κράτη και δεν έχουν έξοδα καυσίμων, αλλά μόνο τα αρχικά έξοδα εγκατάστασης και ελάχιστα έξοδα συντήρησης. Επίσης στην χώρα μας αναμένεται σημαντική αύξηση της εγκατεστημένης ισχύος μονάδων ηλεκτροπαραγωγής από Α.Π.Ε., καθώς 1.6GW αιολικών πάρκων αναμένεται να εγκατασταθούν έως το 2020 σαν αποτέλεσμα του πλούσιου αιολικού δυναμικού στην Ελλάδα και των πολιτικών υποστήριξης που εφαρμόζονται από την ελληνική κυβέρνηση. Παρατηρείται λοιπόν σήμερα σε παγκόσμια κλίμακα μια αυξημένη δραστηριοποίηση στον ευρύτερο τομέα των Α.Π.Ε, που προοιωνίζει την αλματώδη ανάπτυξη τους και πλήρη ενσωμάτωση τους στη ενεργειακή παραγωγή.

1.3 Πρωτόκολλο του Κιότο

Την Τετάρτη 16 Φεβρουαρίου 2005 τέθηκε σε ισχύ το Πρωτόκολλο του Κιότο, επτά χρόνια μετά την αρχική συμφωνία, με στόχο την καταπολέμηση της υπερθέρμανσης του πλανήτη μέσω της μείωσης των εκπομπών αερίου του θερμοκηπίου. Το Πρωτόκολλο του Κιότο, το οποίο έχει πλέον την υποστήριξη 141 χωρών και είναι νόμιμα δεσμευτικό, προβλέπει ότι μέχρι το 2012 η παγκόσμια εκπομπή των 6 αερίων του θερμοκηπίου, με κυριότερο το CO₂, θα έχει μειωθεί κατά 5.2% σε σχέση με τα επίπεδα του 1990. Η Ευρωπαϊκή Ένωση στο σύνολό της υποχρεώνεται από το Πρωτόκολλο του Κιότο να μειώσει τις εκπομπές κατά 8% συνολικά. Στα πλαίσια του πρωτοκόλλου και με βάση τις εσωτερικές συμφωνίες σε επίπεδο Ε.Ε, η Ελλάδα έχει δεσμευθεί σε επίπεδο εσωτερικής συμφωνίας της Ευρωπαϊκής Ένωσης, ότι οι συγκεκριμένες εκπομπές που ευθύνονται για τις κλιματικές αλλαγές, εντός της ελληνικής επικράτειας, δεν θα αυξηθούν περισσότερο από 25% ως το 2010, σε σχέση με τις εκπομπές του έτους βάσης που είναι το 1990. Πρόσφατη μελέτη του Αστεροσκοπείου Αθηνών προβλέπει αύξηση κατά 39.2% των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στην Ελλάδα, ποσοστό που υπερβαίνει κατά πολύ τα ανώτερα όρια. Σύμφωνα με την μελέτη αυτή, αν ο στόχος που έχει θέσει η Ευρωπαϊκή Ένωση για συνολική μείωση κατά 8% των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου επιτευχθεί, τότε στη χώρα μας θα μειωθούν το SO₂ (κατά 6-7%) και τα οξείδια του αζώτου (κατά 3.2-3.7%).

Το σύστημα εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου αποτελεί έναν από τους τρεις «ευέλικτους μηχανισμούς» που έχουν προβλεφθεί στο Πρωτόκολλο για την διευκόλυνση της επίτευξης των στόχων του και για την εξασφάλιση της μείωσης, με το μικρότερο δυνατό κόστος για την οικονομία, των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου στους τομείς της ενέργειας και της βιομηχανίας. Αρχικά το σύστημα θα λειτουργήσει μόνο για το CO₂, το οποίο αποτελεί το πρώτο σε σειρά σπουδαιότητας αέριο του θερμοκηπίου. Στόχος του συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων είναι να ενθαρρύνει τις εγκαταστάσεις να περιορίσουν την εκπομπή αερίων ρύπων περισσότερο από ότι απαιτείται με βάση τη διεθνή συμφωνία, οπότε και θα μπορούν να δημιουργούν πρόσθετα έσοδα, πωλώντας το υπόλοιπο του μεριδίου τους. Παράλληλα, εγκαταστάσεις που αντιμετωπίζουν δυσκολίες συγκράτησης των εκπομπών τους εντός των ορίων των δικαιωμάτων εκπομπής που τους έχουν διατεθεί, θα μπορέσουν να το επιτύχουν αγοράζοντας δικαιώματα ρύπανσης από άλλους που έχουν πλεόνασμα. Τέλος, εγκαταστάσεις που ακόμα και έτσι υπερβαίνουν τα όρια θα καταβάλλουν πρόστιμο για κάθε επιπλέον τόνο CO₂ που παράγουν.

Το δεύτερο Εθνικό Πρόγραμμα για την κλιματική αλλαγή έχει ως στόχο τον προσδιορισμό μιας δέσμης πρόσθετων πολιτικών και μέτρων περιορισμού των εκπομπών αερίου του θερμοκηπίου προκειμένου η Ελλάδα να εκπληρώσει τις εθνικές υποχρεώσεις που απορρέουν από την εφαρμογή του πρωτοκόλλου του Κιότο για την πρώτη περίοδο δέσμευσης(2008-2012) και συγκεκριμένα τον περιορισμό της αύξησης των συνολικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στο 25% κατά την προαναφερθείσα πενταετία σε σχέση με τις εκπομπές βάσης. Μεταξύ των κύριων δράσεων που προβλέπονται στο 2ο Εθνικό Πρόγραμμα περιλαμβάνεται και η προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Για τις ενεργειακές ανάγκες του ο άνθρωπος έστρεψε όλη του την προσοχή στη λύση των ορυκτών καυσίμων: πετρέλαιο, φυσικό αέριο, κάρβουνο. Η αφθονία με την οποία του προσφέρονταν αυτές οι πηγές και κυρίως, όμως, ο εύκολος σχετικά τρόπος μετατροπής τους σε έργο, δημιούργησαν μια τεχνική ενεργειακή ανάπτυξη που βασίστηκε αποκλειστικά και μόνο στην εκμετάλλευση των ενεργειακών πηγών της γήινης ύπαρξης και όχι του ήλιου ή άλλων ήπιων μορφών ενέργειας.

Ακόμα και σήμερα, το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας που χρησιμοποιούμε προέρχεται από ορυκτές καύσιμες ύλες, οι οποίες προέρχονται από την αποσύνθεση φυτών και ζώων στο πέρασμα εκατομμυρίων ετών. Αυτά τα καύσιμα βρίσκονται θαμμένα ανάμεσα σε στρώματα χώματος και πετρωμάτων. Οι ορυκτές καύσιμες ύλες χρειάζονται εκατοντάδες χρόνια για να δημιουργηθούν, καταναλώνονται όμως πιο γρήγορα απ' ό,τι δημιουργούνται. Γι αυτό το λόγο θεωρούνται μη-ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, δηλαδή δεν αντικαθίστανται τόσο γρήγορα όσο τις χρησιμοποιούμε. Έτσι μπορούν να τελειώσουν κάποια στιγμή στο μέλλον. Επίσης η καύση τους προκαλεί έντονα περιβαλλοντικά προβλήματα με το φαινόμενο του θερμοκηπίου να είναι το σημαντικότερο.

Επειδή ο κόσμος μας εξαρτάται τόσο πολύ από την ενέργεια, πρέπει να βρούμε πηγές ενέργειας μεγάλης διάρκειας. Για το λόγο αυτό γίνεται τα τελευταία χρόνια πολύς λόγος για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και την αξιοποίησή τους. Η ημερομηνία λήξης της διαθεσιμότητας των ορυκτών καυσίμων, η επικινδυνότητα της χρήσης της πυρηνικής ενέργειας, η αυξανόμενη μόλυνση του περιβάλλοντος, του φαινομένου του θερμοκηπίου, όπως επίσης και η βούληση των κρατών για εθνική και ανεξάρτητη ενεργειακή πολιτική με την αξιοποίηση των εγχώριων πηγών ενέργειας, αλλά και οι πιέσεις από διεθνείς συμφωνίες όπως η συνθήκη του Κιότο για μειώσεις των βλαβερών καυσαερίων, οδηγούν στη χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που δίνουν σε μεγάλο βαθμό τη λύση στα παραπάνω προβλήματα. Πηγές ενέργειας όπως η αιολική, ηλιακή, γεωθερμική, η ενέργεια από τη βιομάζα και η ενέργεια που προέρχεται από την υδατόπτωση έχουν ένα κοινό χαρακτηριστικό, για το οποίο και τις κατατάσσουμε στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.

Με τον όρο Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας ή Α.Π.Ε. για λόγους συντομίας, εννοούμε ότι από τη φύση τους ανανεώνονται διαρκώς και προσφέρονται στον άνθρωπο δωρεάν για εκμετάλλευση. Μερικές από αυτές τις πηγές είναι η αιολική, η ηλιακή, η γεωθερμική και η υδροδυναμική (ενέργεια που προέρχεται από την υψομετρική διάφορα του νερού.)

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ Α.Π.Ε.

Το πρώτο χαρακτηριστικό των Α.Π.Ε. είναι ότι βρίσκονται άφθονες και δωρεάν στη φύση καθώς επίσης το ότι ανανεώνονται, δηλαδή είναι ανεξάντλητες.

Το δεύτερο χαρακτηριστικό τους είναι ότι δεν ρυπαίνουν το περιβάλλον οπότε η εκμετάλλευσή τους είναι σύμφωνη με μια πιο οικολογικά ορθή αντιμετώπιση της σχέσης του ανθρώπου με το φυσικό περιβάλλον, σχέση που τα τελευταία χρόνια έγινε σαφές ότι πρέπει

να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη σε όλα τα επίπεδα της οικονομικής και τεχνολογικής ανάπτυξης.

Το τρίτο χαρακτηριστικό είναι ότι είναι δεν είναι εξαγωγίμες, συνεπώς η εκμετάλλευση τους πρέπει να γίνεται στο τόπο όπου εμφανίζονται όπου κι αν είναι αυτός, είτε αυτός είναι έξω στο βουνό μακριά από τον πολιτισμό είτε αυτός είναι μέσα στο κέντρο της πόλης πάνω στις πολυκατοικίες. Δηλαδή σε γενικές γραμμές δεν είναι εφικτό να μεταφερθούν στην πρωτογενή τους μορφή, συνεπώς πρέπει να μετατραπούν σε κάποια άλλη μορφή ενέργειας για να μεταφερθούν στα σημεία κατανάλωσης.

Τελευταίο αλλά εξίσου σημαντικό χαρακτηριστικό τους, είναι ότι οι τεχνολογίες τους βρίσκονται μέσα στις κατασκευαστικές και ερευνητικές δυνατότητες των αναπτυσσόμενων τεχνολογικά χωρών προσφέροντας καινούργιες θέσεις εργασίας σε αρκετούς νέους επιστήμονες.

2.1 Περί αιολικής ενέργειας

Η αιολική ενέργεια έχει συμβάλει πάρα πολύ στην ανάπτυξη των ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Από τα αρχαία χρόνια μέχρι την βιομηχανική επανάσταση και τα πρώτα ατμόπλοια, ο άνεμος ήταν η βασική πηγή ενέργειας για τον τομέα των μετακινήσεων. Αλλά, εκτός από τον τομέα των μετακινήσεων συναντούμε πολλές εφαρμογές στην εκμετάλλευση του ανέμου με τους ανεμόμυλους για το άλεσμα, την άρδευση από πηγάδια και αλλού. Η σημερινή αξιοποίηση του ανέμου δεν γίνεται πλέον με τους παραδοσιακούς ανεμόμυλους που μετέτρεπαν την αιολική ενέργεια σε κινητική. Οι σύγχρονες ανεμογεννήτριες (Α/Γ) μετατρέπουν την ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική με πολλαπλά οφέλη.

Η σύγχρονη τεχνολογία συνέβαλλε στην κατασκευή αξιόπιστων και αποδοτικών Α/Γ. Υπάρχουν δύο κύριες κατηγορίες Α/Γ, οριζοντίου άξονα και κατακόρυφου. Στην πράξη χρησιμοποιούνται οι Α/Γ οριζοντίου άξονα.

Οι συνθήκες στις οποίες λειτουργούν είναι εξαιρετικά δύσκολες, δεδομένου ότι εργάζονται σε σκληρές κλιματολογικές συνθήκες, με υψηλές ταχύτητες ανέμου και σε συνθήκες μεταβαλλόμενων φορτίσεων. Για να είναι αξιόπιστες πρέπει κατά τον σχεδιασμό τους να τηρούνται συγκεκριμένες προδιαγραφές:

- Ο χρόνος ζωής του συστήματος πρέπει να είναι 20-30 χρόνια.
- Να υπάρχει ασφαλής λειτουργία της Α/Γ σε ταχύτητες ανέμου 25-30 m/sec.
- Να εξασφαλιστεί η επιβίωση της Α/Γ σε ταχύτητες ανέμου 50-70 m/sec.
- Να υπάρχει αντοχή σε μεταβαλλόμενα φορτία.
- Να γίνει κατάλληλη σχεδίαση του συστήματος, ώστε να επιτυγχάνεται απόσβεση των πρόσθετων φορτίων και των στρεπτικών ταλαντώσεων που οφείλονται στις ριπές και στην τύρβη του ανέμου.
- Να διενεργηθεί ακριβής έλεγχος όλων των συνθηκών φόρτισης της Α/Γ και για κάθε εξάρτημα ή υποσύστημα, στις δυσμενέστερες συνθήκες φόρτισης που μπορεί να εμφανιστούν. Απαιτείται επίσης αντιδιαβρωτική προστασία.

Στις περισσότερες περιπτώσεις οι εγκαταστάσεις Α/Γ αναπτύχθηκαν με την μορφή αιολικών πάρκων. Για να γίνει μία σύγκριση ενός αιολικού πάρκου και μιας Α/Γ θεωρούμε ένα αιολικό πάρκο που αποτελείται από 10 Α/Γ των 100 KW και μία 60 ανεμογεννήτρια μόνη

των 1000 KW. Στην περίπτωση του πάρκου έχουμε μεγαλύτερο κόστος εγκατάστασης, αλλά με πολλά πλεονεκτήματα και πολλαπλά οφέλη.

Στην περίπτωση μιας μόνο ανεμογεννήτριας σε συστήματα αυτόνομης παραγωγής, η ρύθμιση της ισχύος είναι δυνατή μόνο στην περίπτωση που η Α/Γ διαθέτει κάποια μέθοδο ελέγχου.

Οι Α/Γ μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σύμφωνα με τον προσανατολισμό του άξονα τους σε σχέση με τη ροή του ανέμου, σε Α/Γ κατακόρυφου άξονα και σε Α/Γ οριζόντιου άξονα.

2.1.1 Α/Γ κατακόρυφου άξονα

Οι Α/Γ κατακόρυφου άξονα έχουν τον άξονα του ρότορα τοποθετημένο κατακόρυφα (σχ. 2.1). Πλεονέκτημα αυτής της διάταξης είναι, ότι η μηχανή δεν χρειάζεται να προσανατολίζεται προς τον άνεμο για να είναι αποτελεσματική. Αυτό ισχύει ιδίως για τοποθεσίες όπου η κατεύθυνση του ανέμου έχει υψηλή μεταβλητότητα. Το κιβώτιο ταχυτήτων και η γεννήτρια μπορούν να τοποθετηθούν κοντά στο έδαφος και έτσι είναι εύκολη η πρόσβαση ενώ επίσης δε χρειάζεται πυλώνας στήριξης. Υπάρχουν όμως και σοβαρά μειονεκτήματα όπως

Η ταχύτητα του ανέμου στο επίπεδο του εδάφους είναι χαμηλή και ως εκ τούτου δεν έχουν υψηλή απόδοση. Η ροπή εκκίνησης τους είναι χαμηλή και δεν εκκινούν μόνες τους (χρειάζεται να λειτουργήσουν σαν κινητήρες στην αρχή παίρνοντας ρεύμα από το δίκτυο). Γι' αυτούς τους λόγους οι μηχανές κατακόρυφου άξονα χρησιμοποιούνται κυρίως για γεωργικούς σκοπούς, ενώ στην ηλεκτροπαραγωγή έχουν κυριαρχήσει οι Α/Γ οριζόντιου άξονα



Σχήμα 2.1 **Ανεμογεννήτρια κατακόρυφου άξονα τύπου Darrieus.**

2.1.2 Α/Γ οριζόντιου άξονα

Οι Α/Γ οριζόντιου άξονα έχουν τον άξονα περιστροφής οριζόντια και σχεδόν παράλληλα με την κατεύθυνση της ροής του ανέμου (σχ. 2.2).



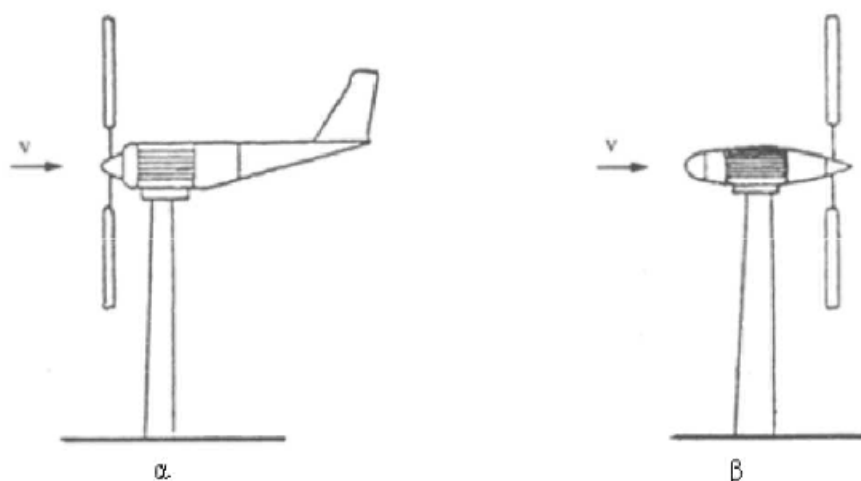
Σχήμα 2.2 **Ανεμογεννήτρια οριζόντιου άξονα με τρία πτερύγια.**

Οι περισσότερες από τις Α/Γ του εμπορίου είναι οριζοντίου άξονα και γενικά παρουσιάζουν υψηλό αεροδυναμικό συντελεστή. Όμως η γεννήτρια και το κιβώτιο ταχυτήτων πρέπει να τοποθετηθούν στην κορυφή του πυλώνα στήριξης πράγμα που κάνει τον σχεδιασμό τους πιο σύνθετο και ακριβό. Ένα άλλο μειονέκτημα είναι η ανάγκη ύπαρξης ουραίου πτερυγίου ή σερβομηχανισμού, για τον προσανατολισμό του ρότορα προς τον άνεμο.

Όσον αφορά τον αριθμό των πτερυγίων τους, οι Α/Γ οριζόντιου άξονα ταξινομούνται σε μονόπτερες, δίπτερες, τρίπτερες και πολύπτερες. Οι μονόπτερες είναι φθηνότερες εξαιτίας των λιγότερων πτερυγίων. Όμως για εξισορρόπηση, πρέπει να τοποθετηθεί αντίβαρο στην πλήμνη. Οι δίπτερες έχουν το ίδιο πρόβλημα σε μικρότερη έκταση. Η πλειονότητα των Α/Γ που χρησιμοποιούνται στην ηλεκτροπαραγωγή έχουν τρία πτερύγια. Είναι πιο σταθερές, και έχουν σχετικά ομοιόμορφο αεροδυναμικό φορτίο. Επίσης έχει αποδειχθεί όμως ότι οι τρίπτεροι ρότορες έχουν μεγαλύτερο αεροδυναμικό συντελεστή ισχύος από τους πολύπτερους.

Όσον αφορά την κατεύθυνση του προσπίπτοντος ανέμου, οι Α/Γ οριζόντιου άξονα ταξινομούνται σε **ανάντι** και **κατάντι** (σχ. 2.3).

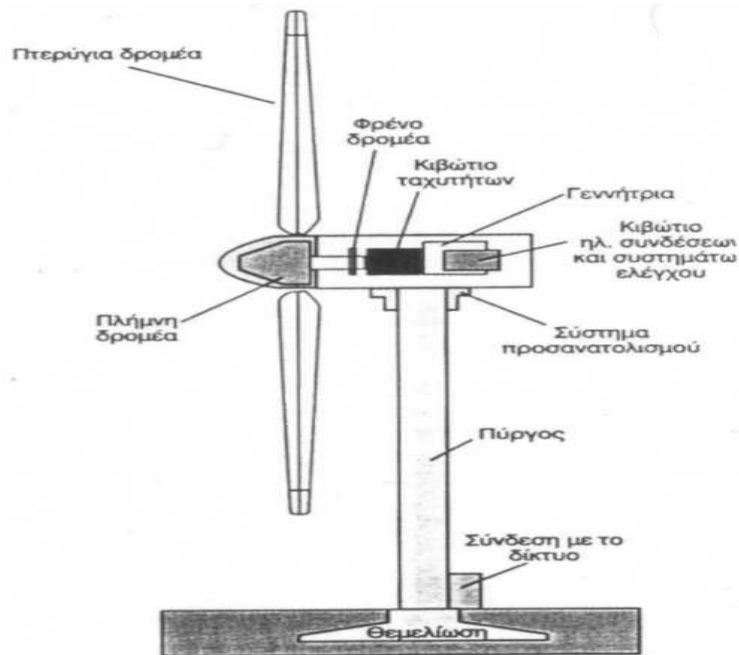
Στις ανάντι Α/Γ, ο ρότορας δέχεται τον άνεμο άμεσα. Καθώς ο άνεμος περνάει πρώτα από τον ρότορα, δεν έχουν το πρόβλημα του φαινομένου της σκίασης του πυλώνα. Ο μηχανισμός του προσανατολισμού τους όμως είναι θεμελιώδης, ώστε να διατηρεί τον ρότορα



Σχήμα 2.3 α) Δρομέας ανάντι β) Δρομέας κατάντι

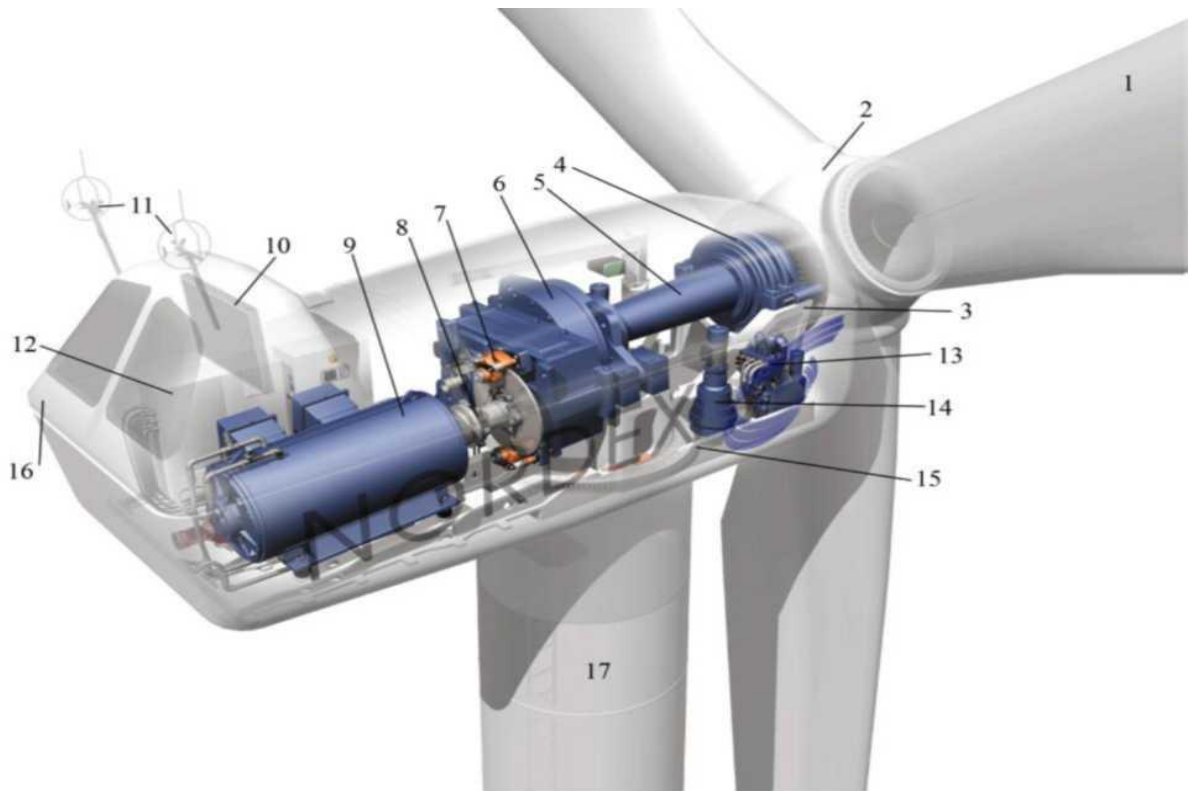
στην κατεύθυνση του ανέμου. Από την άλλη μεριά οι κατάντι μηχανές δεν χρειάζονται σερβομηχανισμό προσανατολισμού, αλλά επειδή ο ρότορας τους είναι τοποθετημένος στην υπήνεμη πλευρά του πύργου, μπορεί να φορτισθούν στα πτερύγια ασύμμετρα, καθώς ο άνεμος περνάει από την «σκιά» του πύργου.

Στο σχήμα 2.4 βλέπουμε τα βασικά δομικά στοιχεία μιας Α/Γ οριζόντιου άξονα (πύργος, δρομέας, συστήματα προσανατολισμού και πέδησης, κιβώτιο ταχυτήτων και γεννήτρια).



Σχήμα 2.4 Βασικά δομικά στοιχεία Α/Γ οριζόντιου άξονα.

Στο σχήμα 2.5 φαίνονται με μεγαλύτερη λεπτομέρεια τα διάφορα δομικά στοιχεία της ατράκτου μιας μοντέρνας Α/Γ. Σε αυτό βλέπουμε ότι μία μοντέρνα Α/Γ αποτελείται από: την πλήμνη του ρότορα (2) τα τρία πτερύγια του ρότορα (1), κάθε ένα από τα οποία είναι ανεξάρτητα ρυθμιζόμενο ως προς την γωνία βήματος πτερυγίου (pitch angle). Το κύριο έδρανο (4), το οποίο πρέπει να απορροφά όλα τα στατικά και δυναμικά φορτία, στηρίζει τον άξονα του ρότορα (5). Στο κιβώτιο ταχυτήτων (6) η χαμηλή ταχύτητα των πτερυγίων μετασχηματίζεται στην ονομαστική ταχύτητα της επαγωγικής γεννήτριας (9). Στο κινητήριο σύστημα υπάρχει μεταξύ του κιβωτίου ταχυτήτων και της γεννήτριας, ένα δισκόφρενο ασφαλείας (7) και ένας ζεύκτης (8). Όλα αυτά τα βαριά στοιχεία είναι προσαρμοσμένα στο πλαίσιο της ατράκτου (3). Ένας ειδικός ψύκτης (10) της γεννήτριας και του κιβωτίου ταχυτήτων χρειάζεται να ελέγχει την θερμοκρασία σε δυνατούς ανέμους ή σε υψηλής θερμοκρασίας σημεία λειτουργίας. Μία μονάδα ελέγχου (12) και ένα υδραυλικό σύστημα (13) είναι επίσης τοποθετημένα στην άτρακτο. Όλη η άτρακτος με το κάλυμμα της (16) είναι προσαρμοσμένη στον πυλώνα (17) με το έδρανο του συστήματος προσανατολισμού (15). Εξαρτώμενο από την κατεύθυνση του ανέμου, η οποία μετράται με αισθητήρες ανέμου (11), το κινητήριο σύστημα του συστήματος προσανατολισμού (14) κατευθύνει την άτρακτο.



Σχήμα 2.5 Η άτρακτος μίας μοντέρνας ανεμογεννήτριας.

1. πτερύγιο ρότορα
2. πλήμνη
3. πλαίσιο ατράκτου
4. κύριο έδρανο
5. άξονας ρότορα
6. κιβώτιο ταχυτήτων
7. δισκόφρενο
8. ζεύκτης γεννήτριας
9. επαγωγική γεννήτρια
10. ψύκτης γεννήτριας και κιβωτίου ταχυτήτων
11. αισθητήρες ανέμου
12. έλεγχος ατράκτου
13. υδραυλικό σύστημα
14. οδηγός συστήματος προσανατολισμού
15. έδρανο συστήματος προσανατολισμού
16. κάλυμμα ατράκτου
17. πυλώνας

- Λόγω του τρόπου λειτουργίας τα πτερύγια υπόκεινται σε υψηλά φορτία καταπόνησης και δεν βοηθά κατά την εκκίνηση.
- Λόγω του τρόπου κατασκευής και λειτουργίας χρήζει ανάγκης για μηχανική πέδη (δισκόφρενο) αφού μόνο αυτή φρενάρει πλήρως το δρομέα, ενώ σε περίπτωση αστοχίας π.χ. διαρροή υγρού δεν μπορεί να εξασφαλισθεί η ακεραιότητα της Α/Γ.

2.1.3 Ενεργητικές τεχνικές ελέγχου

Έλεγχος βήματος πτερυγίου (pitch control).

Απαραίτητη προϋπόθεση για να εφαρμοστεί ο έλεγχος βήματος σε μια ανεμογεννήτρια είναι να έχει μεταβλητά πτερύγια. Μέρος του συστήματος είναι και ένας ελεγκτής ο οποίος επιτηρεί την ισχύ εξόδου της ανεμογεννήτριας. Όταν αυτή γίνει πολύ υψηλή, ο ελεγκτής δίνει εντολή στο μηχανισμό περιστροφής των πτερυγίων, ο οποίος στρέφει τα πτερύγια υπό κάποια γωνία. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνει περιορισμός της παραγόμενης ισχύος στα επιθυμητά επίπεδα και η ταχύτητα περιστροφής διατηρείται κοντά στην ονομαστική ταχύτητα. Όταν οι συνθήκες επανέλθουν στα προηγούμενα επίπεδα ή πάρουν φυσιολογικές τιμές τότε τα πτερύγια επανέρχονται στην αρχική τους θέση ή σε θέση τέτοια ώστε να παίρνουμε στην έξοδο της γεννήτριας της επιθυμητή ποσότητα ισχύος. Έτσι με αυτό τον τρόπο η Α/Γ μπορεί και λειτουργεί ακόμα και σε υψηλές ταχύτητες ανέμου ανεξάρτητα από την ισχύ του φορτίου.

Πλεονεκτήματα της μεθόδου ελέγχου βήματος πτερυγίου:

- Δίνει τη δυνατότητα εκμετάλλευσης όλων των ταχυτήτων ανέμου.
- Είναι γρήγορη μέθοδος ρύθμισης της ισχύος εξόδου, ιδιότητα που είναι χρήσιμη για υψηλές ταχύτητες ανέμου.
- Προστατεύει τα πτερύγια από καταπόνηση.
- Βοηθά και κατά την εκκίνηση την ανεμογεννήτρια αφού ρυθμίζει το βήμα του πτερυγίου και κατά συνέπεια το τοποθετεί σε σωστή θέση σε σχέση με τον άνεμο.
- Τα παραπάνω χαρακτηριστικά και ο τρόπος λειτουργίας της μεθόδου αυτής την κάνει να λειτουργεί και σαν αυτόνομη πέδη δηλαδή ως αεροπέδη η οποία μπορεί και να υποκαθιστά την μηχανική πέδη.

Μειονεκτήματα της μεθόδου ελέγχου βήματος πτερυγίου:

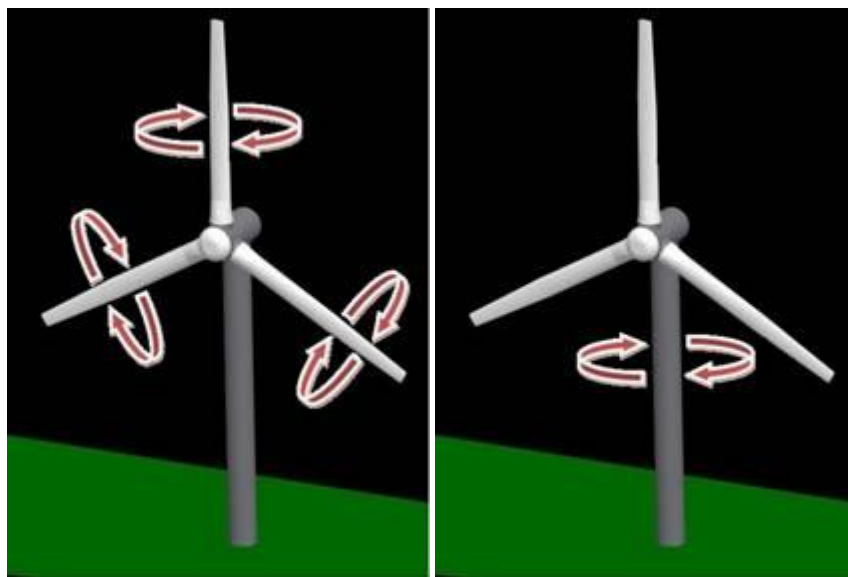
- Είναι ακριβή σαν μέθοδος αφού υπάρχουν πολλά στρεφόμενα μέρη τα οποία κινούνται μέσω σερβομηχανισμού και υδραυλικών συστημάτων. Επιπλέον χρειάζεται και ειδικά σχεδιασμένη πλήμνη. Για την άσογη απόδοσή του χρειάζεται και

επικοινωνία με τον ελεγκτή της ανεμογεννήτριας που σημαίνει πρόσθετα κόστη εξοπλισμού, ηλεκτρικές συνδέσεις άρα και αυξημένη πολυπλοκότητα.

- Λόγω της μηχανικής περιστροφής των πτερυγίων, αυτά εμφανίζουν την ανάγκη για συχνή συντήρηση.
- Τα ηλεκτρονικά που απαιτούνται γι' αυτή τη λειτουργία είναι ευάλωτα σε περιπτώσεις κεραυνών ή ακραίων θερμοκρασιών που σημαίνει ότι πιθανή βλάβη τους μπορεί εκτός από το κόστος αντικατάστασης να επιφέρει και βλάβες στον έλικα.

Έλεγχος προσανατολισμού (Yaw control).

Οι περισσότερες ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα χρησιμοποιούν ένα μηχανισμό οδήγησης του συστήματος προσανατολισμού για να κρατήσει την τουρμπίνα αντιμέτωπη με τον άνεμο. Ο ίδιος μηχανισμός μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να προσανατολίσει την ανεμογεννήτρια τουρμπίνα «έξω» από τον άνεμο ώστε να περιοριστεί η παραγόμενη ισχύς και συνεπώς να έχουμε έλεγχο. Υπάρχουν όμως δύο παράγοντες που αντιστρατεύονται την γρήγορη απόκριση ενός τέτοιου συστήματος. Ο πρώτος είναι η μεγάλη ροπή αδράνειας της ατράκτου και του ρότορα γύρω από τον άξονα του συστήματος προσανατολισμού και ο δεύτερος ότι για μία μεταβολή της γωνίας προσανατολισμού έστω κατά 10^0 η μείωση της ισχύος είναι ένα μικρό ποσοστό της ονομαστικής ισχύος, ενώ για μεταβολή της γωνίας του βήματος πτερυγίου κατά 10^0 η ισχύς εξόδου υποδιπλασιάζεται.



Σχήμα 2.6 Οι μέθοδοι ελέγχου βήματος πτερυγίου (pitch control) (αριστερά) και ελέγχου προσανατολισμού (Yaw control) (δεξιά) ώστε να γίνει κατανοητή η διαφορά τους.

2.2 Περί βιομάζας

2.2.1 Χρησιμότητα της βιομάζας

Με τον όρο βιομάζα αποκαλείται οποιοδήποτε υλικό παράγεται από ζωντανούς οργανισμούς (όπως είναι το ξύλο και αλλά προϊόντα του δασούς, υπολείμματα καλλιεργειών, κτηνοτροφικά απόβλητα, απόβλητα βιομηχάνων τροφίμων κλπ) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για την παράγωγή ενέργειας.

Η ενέργεια που είναι δεσμευμένη στις φυτικές ουσίες, προέρχεται από τον ήλιο. Με την διαδικασία της φωτοσύνθεσης, τα φυτά μετασχηματίζουν την ηλιακή ενέργεια, σε βιομάζα. Οι ζωικοί οργανισμοί αυτή την ενέργεια την προσλαμβάνουν με την τροφή τους και αποθηκεύουν ένα μέρος της. Αυτή την ενέργεια, αποδίδει τελικά η βιομάζα, μετά την επεξεργασία και την χρήση της. Είναι μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, γιατί στην πραγματικότητα είναι αποθηκευμένη ηλιακή ενέργεια που δεσμεύτηκε από τα φυτά και την φωτοσύνθεση. Η βιομάζα είναι η πιο παλιά και διαδεδομένη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Ο πρωτόγονος άνθρωπος για να ζεσταθεί και να μαγειρέψει, χρησιμοποίησε την ενεργεία (θερμότητα) που προερχόταν από την καύση των ξύλων που είναι μια ενέργεια βιομάζας.

Αλλά και μέχρι σήμερα, κυρίως οι αργίτικοι πληθυσμοί, σε διάφορα μέρη του κόσμου, για να ζεσταθούν να μαγειρέψουν και να φωτιστούν χρησιμοποιούν ξύλα, φυτικά υπολείμματα (άχυρα, πριονίδια, αχρήστους καρπούς και άλλα) και ζωικά απόβλητα (κοπριά, λίπος ζώων, άχρηστα αλιεύματα και άλλα)

Όλα τα παραπάνω υλικά που άμεσα η έμμεσα προέρχονται από τον φυτικό κόσμο, άλλα και τα υγρά απόβλητα και το μεγαλύτερο μέρος από τα αστικά απορρίμματα (υπολείμματα τροφών, χαρτί κ.α.) των πόλεων και των βιομηχανιών, μπορούμε να τα μετατρέψουμε σε ενέργεια.

2.2.2 Χαρακτηριστικά της βιομάζας

Η ενέργεια της βιομάζας, είναι δευτερογενής ηλιακή ενέργεια. Η ηλιακή ενέργεια μετασχηματίζεται από τα φυτά μέσω της φωτοσύνθεσης. Οι βασικές πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται είναι το νερό και το διοξείδιο του άνθρακα που είναι άφθονα στην φύση.

Η μόνη φυσικά ευρισκόμενη πηγή ενεργείας με άνθρακα που τα αποθέματα της είναι ικανά ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υποκατάστατο των ορυκτών καυσίμων είναι η βιομάζα. Αντίθετα από αυτά, η βιομάζα είναι ανανεώσιμη καθώς απαιτείται μόνο μια σύντομη χρονική περίοδος για να αναπληρωθεί ότι χρησιμοποιείται ως πηγή ενέργειας. Τελικά για τις διάφορες τελικές χρήσεις υιοθετούνται διαφορετικοί όροι. Έτσι ο όρος βίο-ισχύς περιγράφει τα συστήματα που χρησιμοποιούν πρώτες ύλες βιομάζας αντί των συνήθων ορυκτών καυσίμων (φυσικό αέριο, άνθρακα) για ηλεκτροπαραγωγή, ενώ ως βιοκαύσιμα αναφέρονται κυρίως τα υγρά καύσιμα μεταφορών που υποκαθιστούν πετρελαϊκά προϊόντα π.χ. βενζίνη diesel.

Βασικό πλεονέκτημα της βιομάζας είναι ότι είναι ανανεώσιμη πηγή ενέργειας και ότι παρέχει ενέργεια αποθηκευμένη με χημική μορφή. Η αξιοποίηση της μπορεί να γίνει με μετατροπή της σε μεγάλη ποικιλία προϊόντων, με διάφορες μεθόδους και τη χρήση σχετικά απλής τεχνολογίας. Σαν πλεονέκτημα της καταγράφεται και το ότι κατά την παράγωγή και την μετατροπής δεν δημιουργούνται οικολογικά και περιβαλλοντικά προβλήματα. Από την άλλη, σαν μορφή ενέργειας η βιομάζα, χαρακτηρίζεται από πολυμορφία, χαμηλό ενεργειακό περιεχόμενο, σε σύγκριση με τα ορυκτά καύσιμα, λόγο χαμηλής πυκνότητας και υψηλής περιεκτικότητας σε νερό, εποχικότητα, μεγάλη διασπορά. τα χαρακτηριστικά αυτά συνεπάγονται πρόσθετες, σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα, δυσκολίες στη συλλογή μεταφορά και αποθήκευση της. Σαν συνεπεία το κόστος μετατροπής της σε πιο εύχρηστες μορφές ενέργειας παραμένει υψηλό. Εντούτοις η έρευνα και η τεχνολογική πρόοδος που έχει

πραγματοποιηθεί τα τελευταία δέκα χρόνια έχουν καταστήσει τις τεχνολογίες ενεργειακής μετατροπής της βιομάζας εξαιρετικά ελκυστικές σε παγκόσμιο επίπεδο. Οι προοπτικές μάλιστα της βιοενέργεια καθίστανται διαρκώς μεγαλύτερες και πιο ελπιδοφόρες. Στις πιο προηγμένες τεχνολογικά χώρες αναμένεται να καλύπτει σημαντικό τμήμα της ενεργειακής παράγωγης μελλοντικά.

2.2.3 Τα υπέρ και τα κατά αυτού του είδους ενέργειας

ΠΛΕΟΝΕΚΤΙΜΑΤΑ

- I. Η καύση της βιομάζας έχει μηδενικό ισοζύγιο διοξειδίου του άνθρακα, δεν συνεισφέρει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, επειδή οι ποσότητες του διοξειδίου του άνθρακα που απελευθερώνονται κατά την καύση της βιομάζας δεσμεύονται πάλι από τα φυτά για την δημιουργία της βιομάζας.
- II. Η μηδαμινή ύπαρξη του θείου συμβάλει σημαντικά στον περιορισμό των εκπομπών του διοξειδίου του θείου, που είναι υπεύθυνο για την όξινη βροχή.
- III. Εφόσον η βιομάζα είναι εγχώρια πηγή ενέργειας η αξιοποίηση της σε ενέργεια συμβάλει σημαντικά στη μείωση της εξάρτησης από εισαγόμενα καύσιμα και βελτίωση του εμπορικού ισοζυγίου, στην εξασφάλιση του ενεργειακού εφοδιασμού και στην εξοικονόμηση του συναλλάγματος.
- IV. Η ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας σε μια περιοχή, αυξάνει την απασχόληση στις αγροτικές περιοχές με την χρήση εναλλακτικών καλλιεργειών.

ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

- I. Ο αυξημένος όγκος και η μεγάλη περιεκτικότητα σε υγρασία σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα δυσχεραίνουν την ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας.
 - II. Η μεγάλη διασπορά και η εποχιακή παράγωγή της βιομάζας δυσκολεύουν την συνεχή τροφοδοσία με πρώτη ύλη των μονάδων ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας.
 - III. Βάση των παραπάνω παρουσιάζονται δυσκολίες κατά τη συλλογή, μεταφορά, και αποθήκευση της βιομάζας που αυξάνουν το κόστος της ενεργειακής αξιοποίησης.
- Οι σύγχρονες και βελτιωμένες τεχνολογίες μετατροπής της βιομάζας απαιτούν υψηλό κόστος εξοπλισμού, συγκρινόμενες με αυτό των συμβατικών καυσίμων.



Σχήμα 2.7 Εφαρμογές της βιομάζας για το ανθρώπινο συμφέρον.

2.3 Περί γεωθερμίας

Γεωθερμία ή Γεωθερμική ενέργεια ονομάζουμε τη φυσική θερμική ενέργεια της Γης που διαρρέει από το θερμό εσωτερικό του πλανήτη προς την επιφάνεια. Η μετάδοση θερμότητας πραγματοποιείται με δύο τρόπους:

1. Με αγωγή από το εσωτερικό προς την επιφάνεια με ρυθμό 0,04 - 0,06 W/m²
2. Με ρεύματα μεταφοράς, που περιορίζονται όμως στις ζώνες κοντά στα όρια των λιθοσφαιρικών πλακών, λόγω ηφαιστειακών και υδροθερμικών φαινομένων.

Μεγάλη σημασία για τον άνθρωπο έχει η αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας για την κάλυψη αναγκών του, καθώς είναι μια πρακτικά ανεξάντλητη πηγή ενέργειας. Ανάλογα με το θερμοκρασιακό της επίπεδο μπορεί να έχει διάφορες χρήσεις όπως:

- Η Υψηλής Ενθαλπίας (>150 °C) χρησιμοποιείται συνήθως για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η ισχύς τέτοιων εγκαταστάσεων το 1979 ήταν 1.916 MW με παραγόμενη ενέργεια 12×10⁶ kWh/yr.
- Η Μέσης Ενθαλπίας (80 έως 150 °C) που χρησιμοποιείται για θέρμανση ή και ξήρανση ξυλείας και αγροτικών προϊόντων καθώς και μερικές φορές και για την παραγωγή ηλεκτρισμού (π.χ. με κλειστό κύκλωμα φρέον που έχει χαμηλό σημείο ζέσεως).
- Η Χαμηλής Ενθαλπίας (25 έως 80 °C) που χρησιμοποιείται για θέρμανση χώρων, για θέρμανση θερμοκηπίων, για ιχθυοκαλλιέργειες, για παραγωγή γλυκού νερού.

2.3.1 Γεωθερμία στον Ελλαδικό χώρο

Λόγω κατάλληλων γεωλογικών συνθηκών, ο Ελλαδικός χώρος διαθέτει σημαντικές γεωθερμικές πηγές και των τριών κατηγοριών (υψηλής, μέσης και χαμηλής ενθαλπίας) σε οικονομικά βάθη (100-1500 μ). Σε μερικές περιπτώσεις τα βάθη των γεωθερμικών ταμιευτήρων είναι πολύ μικρά, κάνοντας ιδιαίτερα ελκυστική, από οικονομική άποψη, τη γεωθερμική εκμετάλλευση. Η έρευνα για την αναζήτηση γεωθερμικής ενέργειας άρχισε ουσιαστικά το 1971 με βασικό φορέα το ΙΓΜΕ και μέχρι το 1979 (πριν από τη δεύτερη ενεργειακή κρίση) αφορούσε μόνο τις περιοχές υψηλής ενθαλπίας. Κατά την εξέλιξη των εργασιών η ΔΕΗ, σαν άμεσα ενδιαφερόμενη για την ηλεκτροπαραγωγή, ανέλαβε τις παραγωγικές γεωτρήσεις υψηλής ενθαλπίας και την ανάπτυξη των πεδίων, χρηματοδοτώντας επιπλέον τις έρευνες στις πιθανές για τέτοια ρευστά γεωθερμικές περιοχές. Συντάχθηκε ο προκαταρκτικός χάρτης γεωθερμικής ροής του ελληνικού χώρου, όπου φάνηκε ότι η γεωθερμική ροή στην Ελλάδα είναι σε πολλές περιοχές εντονότερη από τη μέση γήινη. Από το 1971 ερευνήθηκαν οι περιοχές: Μήλος, Νίσυρος, Λέσβος, Μέθανα, Σουσακί Κορινθίας, Καμένα Βούρλα, Θερμοπύλες, Υπάτη, Αιδηψός, Κίμωλος, Πολύαιγος, Σαντορίνη, Κως, Νότια Θεσσαλία, Αλμωπία, περιοχή Στρυμόνα, περιοχή Ξάνθης, Σαμοθράκη και άλλες.

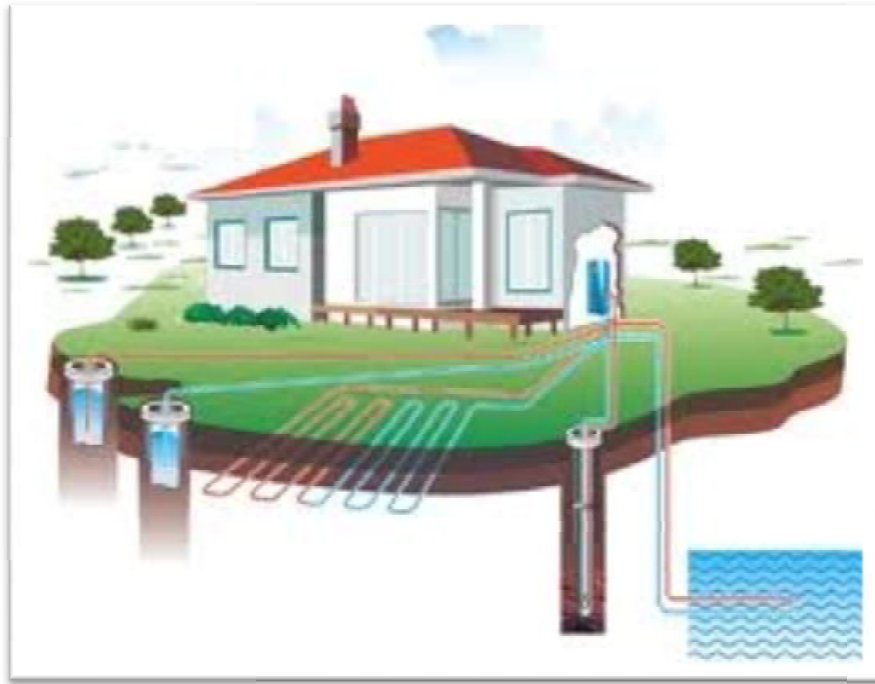


2.8 Γεωθερμικός χάρτης

2.3.2 Εφαρμογές της γεωθερμίας

Οι εφαρμογές της γεωθερμικής ενέργειας ποικίλουν ανάλογα με τη θερμοκρασία και περιλαμβάνουν :

- ηλεκτροπαραγωγή ($\theta > 90 \text{ } ^\circ\text{C}$), (παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με δυαδικό κύκλο)
- θέρμανση χώρων (με καλοριφέρ για $\theta > 60 \text{ } ^\circ\text{C}$, με αερόθερμα για $\theta > 40 \text{ } ^\circ\text{C}$, με ενδοδαπέδιο σύστημα ($\theta > 25 \text{ } ^\circ\text{C}$),
- ψύξη και κλιματισμό (με αντλίες θερμότητας απορρόφησης για $\theta > 60 \text{ } ^\circ\text{C}$, ή με υδροψυκτες αντλίες θερμότητας για $\theta < 30 \text{ } ^\circ\text{C}$)
- θέρμανση θερμοκηπίων και εδαφών επειδή τα φυτά αναπτύσσονται γρηγορότερα και γίνονται μεγαλύτερα με τη θερμότητα ($\theta > 25 \text{ } ^\circ\text{C}$), ή και για αντιπαγετική προστασία
- ιχθυοκαλλιέργειες ($\theta > 15 \text{ } ^\circ\text{C}$) επειδή τα ψάρια χρειάζονται ορισμένη θερμοκρασία για την ανάπτυξή τους
- βιομηχανικές εφαρμογές όπως αφαλάτωση θαλασσινού νερού ($\theta > 60 \text{ } ^\circ\text{C}$), ξήρανση αγροτικών προϊόντων, κλπ
- θερμά λουτρά για $\theta = 25\text{-}40 \text{ } ^\circ\text{C}$



ΣΧΗΜΑ 2.9 Θέρμανση και κλιματισμός οικίας με το φαινόμενο της γεωθερμίας

2.4 Περί ηλιακής ενέργειας

Ο ήλιος αποτελεί μια τεράστια και ανεξάντλητη πηγή ενέργειας που στέλνει κάθε χρόνο στην επιφάνεια της γης ενέργεια της τάξεως των 1.018 kWh. Από καθαρά τεχνολογικής απόψεως, η ενέργεια αυτή είναι ικανή να καλύψει τις παγκόσμιες ενεργειακές ανάγκες. Αν μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τον ήλιο θα χρειαζόταν μια έρημος με εμβαδό επιφανείας 22.000 km². Επομένως η παγκόσμια ενεργειακή κατανάλωση αντιστοιχεί στην ηλιακή ενέργεια που λαμβάνεται από το 0.005% της επιφάνειας της γης ή με άλλα λόγια η ηλιακή ακτινοβολία που φθάνει στη γη είναι 20.000 φορές περισσότερη από την παγκόσμια ενεργειακή κατανάλωση. Όμως πρέπει να λυφθεί υπ όψη ο συντελεστής απόδοσης των ηλιακών συσκευών (περίπου 20-30% για θερμική μετατροπή και 15% για ηλεκτρική μετατροπή), οι απώλειες κατά την αποθήκευση (20%) και οι μη παραγωγικοί χώροι που απαιτούνται (50% για να μην υπάρχει σκίαση από το ένα στο άλλο πάνελ). Στην περίπτωση αυτή τα ηλιακά συστήματα που θα σχεδιασθούν να καλύψουν τις παραπάνω ενεργειακές ανάγκες θα απαιτήσουν επιφάνεια 220.000 km² (και αυτό περίπου αντιστοιχεί στο 25% της επιφάνεια της Αιγύπτου). Βέβαια πρέπει να τονιστεί ότι τα παραπάνω νούμερα είναι εντελώς ενδεικτικά, αλλά μας δίνει μια εικόνα της τεράστιας ωφέλειας που κρύβει η εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας.

2.4.1 Ιστορική αναδρομή της εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας

Η απευθείας μετατροπή της ηλιακής σε ηλεκτρική ενέργεια επιτυγχάνεται με την βοήθεια των ηλιακών κυττάρων, των οποίων την αρχή λειτουργίας στηρίζεται στο φωτοβολταϊκό φαινόμενο.

Η ανακάλυψη της φωτοβολταϊκής επίδρασης ανήκει στο Γάλλο φυσικό Edmond Becquerel, ο οποίος το 1839 δημοσίευσε μια εργασία περιγράφοντας τα πειράματά του με μπαταρία υγρών κυττάρων, κατά τη διάρκεια της οποίας διαπίστωσε ότι η τάση των μπαταριών αυξήθηκε όταν εκτέθηκαν τα ασημένια φύλλα τους στο φως του ήλιου.

Πριν από τη δεκαετία του '50 ξεκίνησε η ανάπτυξη των σύγχρονων, υψηλής απόδοσης ηλιακών κυττάρων. Πραγματοποιήθηκε στα τηλεφωνικά εργαστήρια Bell στο New Jersey, όπου διάφοροι επιστήμονες ερευνούσαν τα αποτελέσματα του φωτός στους ημιαγωγούς. Η εξέλιξη της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά οδήγησε τη NASA να ασχοληθεί με το θέμα, έτσι ώστε να το εντάξει στο διαστημικό της πρόγραμμα.

Γρήγορη πρόοδος στην αύξηση της απόδοσης των ΦΒ-κυττάρων, και μείωση του κόστους και του βάρους τους, έχει σημειωθεί κατά τη διάρκεια των προηγούμενων δεκαετιών από τις βιομηχανίες αεροδιαστήματος και ηλεκτρονικής. Οι επίγειες χρήσεις τους είναι τώρα διαδεδομένες, ιδιαίτερα για τις επικοινωνίες, το φωτισμό και άλλες ηλεκτρικές συσκευές στις θέσεις όπου ένας συμβατικότερος ανεφοδιασμός ηλεκτρικής ενέργειας θα ήταν πάρα πολύ ακριβός. Τα ΦΒ-κύτταρα αρχίζουν επίσης να χρησιμοποιούνται ευρέως, στα καταναλωτικά προϊόντα όπως τα ρολόγια και οι υπολογιστές.

Η αποδοτικότητα των ηλιακών κυττάρων πυριτίου σε εργαστηριακές δοκιμές έχει φθάσει τώρα κοντά στο 23%, και τα καλύτερα ΦΒ-πλαίσια πυριτίου που είναι διαθέσιμα στο εμπόριο έχουν μια γενική απόδοση περίπου της τάξεως του 17 %

2.4.2 Εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας

Για να έχουμε όσο το δυνατό μεγαλύτερη εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας πρέπει να λάβουμε υπ όψη και να εκμεταλλευτούμε και τις δύο συνιστώσες της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτουν στη γη:

- Απ' ευθείας ακτινοβολία (η ακτινοβολία που πέφτει κατευθείαν στην υπό διερεύνηση επιφάνεια).
- Διαχεόμενη ακτινοβολία (η ακτινοβολία που πέφτει από ανακλάσεις στην υπό διερεύνηση επιφάνεια).

Εκμεταλλεούμενοι είτε την απ' ευθείας είτε την διαχεόμενη ακτινοβολία, η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας γίνεται με δυο τρόπους:

- Μετατροπή της σε θερμική ενέργεια
- Απευθείας μετατροπή της σε ηλεκτρική ενέργεια

Στα πλαίσια των παραπάνω δύο τρόπων υπάρχουν αρκετές μέθοδοι και τεχνικές εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας. Στο σημείο αυτό αξίζει να τονιστεί ότι η εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας για θέρμανση δεν πρέπει να θεωρείτε αμελητέα, ούτε άσχετη με το αντικείμενο της παρούσας εργασίας. Πρέπει να έχουμε υπ όψη μας ότι ενέργεια που γίνεται απευθείας θερμότητα είναι ηλεκτρική ενέργεια την οποία δε χρειάστηκε να δαπανήσουμε για θέρμανση. Είναι στην ουσία ηλεκτρική ενέργεια την οποία καταφέραμε να εξοικονομήσουμε, πράγμα πολύ σημαντικό σε συστήματα αυτόνομης παραγωγής.

2.4.3 Μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε θερμική για άμεση χρήση

Η μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε θερμική έχει δυο διαφορετικά επίπεδα χρήσης το πρώτο επίπεδο είναι η χρησιμοποίηση ηλιακών συλλεκτών για θέρμανση χώρου ή θέρμανση νερού.



Σχήμα 2.10 Ηλιακός θερμοσίφωνας

Οι ηλιακοί συλλέκτες του ηλιακού θερμοσίφωνα απορροφούν την ηλιακή ακτινοβολία, εκτός της υπέρυθρης, την οποία αντανακλούν και αποδίδουν συνήθως σε ένα ψυκτικό υγρό (συνήθως νερό με αντιψυκτικό), με το συντελεστή απόδοσης της τάξεως του 40-50% . Με

αυτόν τον τρόπο ελαττώνεται το ηλεκτρικό φορτίο του συστήματος και επίσης έχω εξοικονόμηση καυσίμων τα οποία θα καιγόταν για τη θέρμανση του νερού ή και του χώρου αν έχουμε τον κατάλληλο εξοπλισμό.

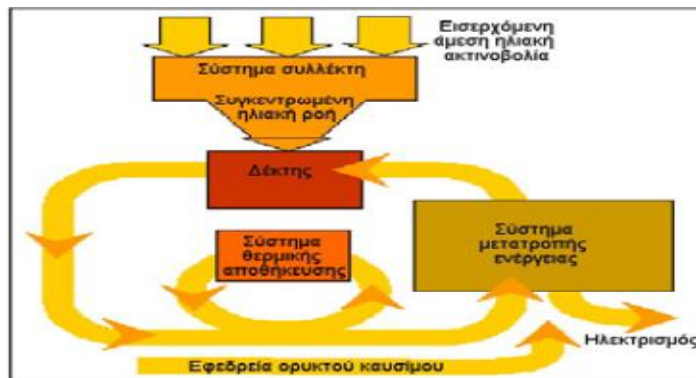
2.4.4 Μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε θερμική για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα λεγόμενα συγκεντρωτικά ηλιακά θερμικά συστήματα για την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας και την μετατροπή της σε ηλεκτρική. Οι τεχνολογίες ηλιακής συγκέντρωσης είναι διατάξεις που συγκεντρώνουν την ηλιακή ενέργεια εστιάζοντας την ηλιακή ακτινοβολία σ' ένα σημείο ή μια γραμμή εστίασης. Τα συστήματα Ηλεκτροπαραγωγής με Ηλιακή Συγκέντρωση (ΗΗΣ) βρίσκονται ήδη στο στάδιο της εμπορευματοποίησης και μονάδες ισχύος πολλών MW παράγουν τη



Σχήμα 2.11 Σταθμός παραγωγής ενέργειας 10 MW

φθηνότερη ηλιακή ηλεκτρική ενέργεια παγκοσμίως τα τελευταία 15 έτη. Τα τελικά στάδια ηλεκτροπαραγωγής με χρήση συστημάτων Ηλεκτροπαραγωγής με Ηλιακή Συγκέντρωση είναι όμοια με αυτά της συμβατικής ηλεκτροπαραγωγής (σχήμα 1.3) καθώς η τελική διεργασία ενεργειακής μετατροπής βασίζεται στη χρήση ατμού ή αερίου για την περιστροφή στροβίλων. Σε ένα σύστημα Ηλεκτροπαραγωγής Ηλιακής Συγκέντρωσης, ο ατμός ή το θερμό αέριο παράγεται μέσω της συγκέντρωσης της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας.



Σχήμα 2.12 Βασικές αρχές της τεχνολογίας Ηλεκτροπαραγωγής με Ηλιακή Συγκέντρωση

Όλες οι τεχνολογίες ηλιακής θερμικής ηλεκτροπαραγωγής περιλαμβάνουν έναν αριθμό βασικών σταδίων:

- Συλλογή της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας μέσω ενός συστήματος συλλεκτών.
- Συγκέντρωση (ή εστίαση) της ακτινοβολίας σε έναν δέκτη.
- Μετατροπή της από το δέκτη σε θερμική ενέργεια.
- Μεταφορά της θερμικής ενέργειας στο σύστημα ενεργειακής μετατροπής.
- Μετατροπή της θερμικής ενέργειας σε ηλεκτρισμό.

Πολλά τέτοια συστήματα είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν για την αποδοτική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, τα οποία μάλιστα μπορούν συνδυαζόμενα με άλλες ανανεώσιμες και μη τεχνολογίες να συνθέσουν υβριδικά συστήματα. Παρακάτω γίνεται μια συνοπτική αναφορά στις τέσσερις κυριότερες αρχιτεκτονικές θερμικής ηλιακής ηλεκτροπαραγωγής όπως αυτή παρουσιάζεται στη σχετική βιβλιογραφία. Δεν γίνεται περαιτέρω ανάλυση γιατί αυτή ξεφεύγει από τους σκοπούς της παρούσας πτυχιακής εργασίας:

- τα παραβολικά κοίλα,
- οι ηλιακοί πύργοι ισχύος,
- τα συστήματα δίσκου, και
- ο συλλέκτης Fresnel.

2.4.5 Άμεση μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική

Ο άνθρωπος τα τελευταία περίπου 100 χρόνια κάνει αρκετές προσπάθειες, έτσι ώστε να εκμεταλλευτεί την ηλιακή ενέργεια μετατρέποντας την κατευθείαν σε ηλεκτρική. Αυτό έγινε εφικτό με την ανάπτυξη της τεχνολογίας των φωτοβολταϊκών κυψελίδων, υλικά τα οποία μπορούν να χαρακτηριστούν σαν το στοιχειώδες μέσο μετατροπής της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Το υλικό κατασκευής τους ανήκει στην κατηγορία των ημιαγωγών όπου τα περισσότερα στοιχεία είναι βασισμένα στην τεχνολογία του πυριτίου (μονοκρυσταλλικό ή πολυκρυσταλλικό).

Η αξιοποίηση της ηλεκτρικής ισχύος που παράγεται από τα φωτοβολταϊκά, μπορεί να γίνει με δύο τρόπους:

1. αποθήκευση σε μπαταρίες και χρησιμοποίηση της όταν είναι ανάγκη.
2. κατευθείαν παραγωγή και παραλληλισμός της με το απείρωσ ισχυρό δίκτυο ηλεκτροδότησης.

Η πρώτη περίπτωση έχει εφαρμογές μόνο στα αυτόνομα φωτοβολταϊκά ή υβριδικά συστήματα, όπου δηλαδή δεν υπάρχει πρόσβαση στο ηλεκτρικό δίκτυο παροχής ρεύματος. Αυτό συμβαίνει συνήθως σε απομακρυσμένες και απομονωμένες περιοχές ή ακόμα και σε γεωργικές καλλιέργειες όπου γίνεται αυτόματα άντληση νερού σε μια συγκεκριμένη ώρα της μέρας και για μικρή χρονική διάρκεια.

Η δεύτερη περίπτωση έχει πολλά πλεονεκτήματα και βρίσκει πάρα πολύ μεγάλη χρήση τον τελευταίο καιρό, λόγω:

- α) της διαρκούς αυξανόμενης τιμής του πετρελαίου,
- β) λόγο αρκετών πιέσεων από την Ευρώπη λόγο και της προσπάθειας για εναρμονισμό με τη συνθήκη του Κιότο για περιορισμό των εκπομπών καυσαερίων με αύξηση της παραγωγής "πράσινης ενέργειας", στο 20% της ολικής καταναλισκόμενης,
- γ) με την προϋπόθεση κέρδους αφού η τιμή πώλησης της παραγομένης kWh είναι αρκετά ελκυστική.

Στην παρούσα εργασία μας ενδιαφέρει η πρώτη περίπτωση, δηλαδή η παραγωγή και αποθήκευση της ηλεκτρικής ενέργειας για χρήση σε αυτόνομο καταναλωτή που δεν είναι συνδεδεμένος στο δίκτυο της ΔΕΗ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3.1 Το Φωτοβολταϊκό φαινόμενο

Σε γενικές γραμμές μπορούμε να πούμε ότι με τον όρο φωτοβολταϊκό φαινόμενο εννοούμε μια φυσική διεργασία, κατά την οποία δύο ανόμοια υλικά σε στενή επαφή μεταξύ τους ενεργούν ως ένα ηλεκτρικό στοιχείο όταν εκτίθενται στο φως ή σε άλλη ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Στην περίπτωση μας τα υλικά αυτά είναι ημιαγωγοί (ένωση p-n) οι οποίοι όταν φωτίζονται παράγουν στα άκρα τους ηλεκτρική τάση. Η ιδιότητα αυτή των ημιαγωγών αναφέρεται και ως φωτοαγωγιμότητα.

3.2 Ημιαγωγοί και Νόθευση

Τα φωτοβολταϊκά κύτταρα είναι μια ένωση μεταξύ δύο λεπτών στρωμάτων διαφορετικών ημιαγωγών. Θα εξετάσουμε πρώτα τα κύτταρα που έχουν σαν πρώτη ύλη το πυρίτιο χωρίς να ξεχνούμε ότι πολλά άλλα υλικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον ίδιο σκοπό, πολλές φορές με καλύτερη μάλιστα αποδοτικότητα όπως το Γάλλιο, το Αρσένιο και άλλα.

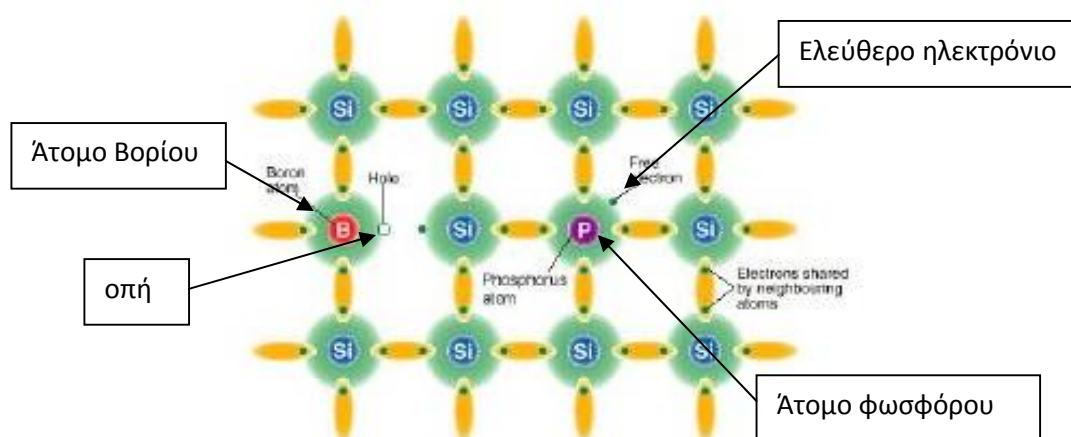
Ένας κρύσταλλος πυριτίου έχει κυβική δομή αλλά για λόγους απλοποίησης η απεικόνιση παρακάτω θα γίνεται σε δύο διαστάσεις. Στην ατομική δομή του το πυρίτιο έχει τέσσερα ηλεκτρόνια που το περιβάλλουν. Το κάθε άτομο συγκρατείται καλά στη ατομική του δομή μοιραζόμενο τα δύο ηλεκτρόνια, που βρίσκονται σε ίση απόσταση, με το γειτονικό του άτομο. Περιστασιακά θερμικοί κλυδωνισμοί ή ακτινοβολία (φωτόνια) θα δώσουν αρκετή ενέργεια που θα αναβαθμίσει ένα ηλεκτρόνιο σε υψηλότερο επίπεδο ενέργειας που ονομάζεται ζώνη επαφής. Το ηλεκτρόνιο αυτό λόγω της επιπρόσθετης ενέργειας μπορεί να ταξιδεύει σε όλο τον ατομικό κρύσταλλο με ηλεκτρικές επαφές. Η μετακίνηση του ηλεκτρονίου αφήνει πίσω του την οπή όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως. Η τοπική περιοχή είναι τώρα θετικά φορτισμένη, ενώ η πλευρά που πήγε το ελεύθερο ηλεκτρόνιο είναι αρνητικά φορτισμένη. Σύντομα όμως τα ελεύθερα ηλεκτρόνια που δημιουργούνται από αυτό το φαινόμενο θα καλύψουν μια οπή με αποτέλεσμα το υλικό να γίνει και πάλι ηλεκτρικά ουδέτερο. Είναι προφανές λοιπόν ότι τα ελεύθερα ηλεκτρόνια που δημιουργούνται με αυτό τον τρόπο δεν είναι αρκετά για να καταστήσουν το υλικό αξιοποιήσιμο. Για το λόγο αυτό πραγματοποιούμε τη διαδικασία της νόθευσης.

3.3 Διαδικασία νόθευσης ημιαγωγών

Τα δύο στρώματα των ημιαγωγών μας πρέπει να γίνουν ένα σε τύπο N (αρνητικό) και ένα σε τύπο P (θετικό).

- N (αρνητικό) - Η κατασκευή του αρνητικού κομματιού επιτυγχάνεται από κρυσταλλικό πυρίτιο σαν πρώτη ύλη που νοθεύτηκε με μικρές ποσότητες μη αγνών υλικών, συνήθως φωσφόρου. Η νόθευση προκαλεί στο πυρίτιο πλεόνασμα ηλεκτρονίων και το καθιστά αρνητικά φορτισμένο.

- P (θετικό) - Η κατασκευή του θετικού κομματιού επιτυγχάνεται από κρυσταλλικό πυρίτιο που νοθεύτηκε με άλλα μη αγνά υλικά όπως είναι το Βόριο. Η νόθευση αυτή προκαλεί έλλειψη ηλεκτρονίων και το καθιστά θετικά φορτισμένο. Αυτά τα ηλεκτρόνια που λείπουν ονομάζονται οπές.



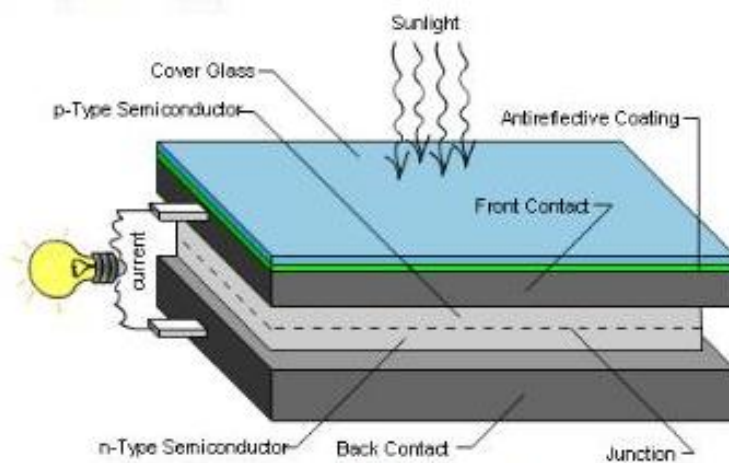
3.1. Δισδιάστατη απεικόνιση του κρυσταλλικού πλέγματος του πυριτίου νοθευμένου με φώσφορο και βόριο.

Το παραπάνω κομμάτι του πυρίτιο νοθεύτηκε με πολύ μικρές ποσότητες φωσφόρου και Βορίου. Το κάθε άτομο του φωσφόρου (**P**) έχει πέντε ηλεκτρόνια. Αφού μόνο τα τέσσερα συμμετέχουν στην κρυσταλλική δομή έχουμε πλεόνασμα ηλεκτρονίων και η περιοχή είναι αρνητικά (N) φορτισμένη. Κάτι αντίστοιχο έχει γίνει για τη δημιουργία μιας θετικής περιοχής (τύπου P) με νόθευση του πυριτίου με πολύ μικρές ποσότητες Βορίου (**B**). Το κάθε άτομο του Βορίου έχει στην ατομική του δομή τρία μόνο ηλεκτρόνια που το περιβάλλουν. Αφού λοιπόν το πυρίτιο έχει τέσσερα και το Βόριο μόνο τρία, τότε από τους τέσσερις δεσμούς που περιβάλλουν το άτομο μόνο τρεις έχουν ζεύγη ηλεκτρονίων. Στον τέταρτο δεσμό βλέπουμε την οπή που προαναφέραμε. Η έλλειψη αυτή που πετύχαμε καθιστά την περιοχή θετικά (P) φορτισμένη. Και τα δύο είδη νόθευσης φαίνονται στο παραπάνω σχήμα.

3.4 Το Φωτοβολταϊκό αποτέλεσμα

Όταν το ηλιακό φως, που αποτελείται από φωτόνια, πέσει πάνω στην ένωση P-N μεταφέρει την ενέργεια του σε μερικά από τα ηλεκτρόνια του υλικού αναβαθμίζοντας τα σε πιο ψηλά επίπεδα ενέργειας.

Συνήθως αυτά τα ηλεκτρόνια βοηθούν στο να κρατούν το υλικό συμπαγή συμμετέχοντας στους ατομικούς δεσμούς. Σε κατάσταση υπερδιέγερσης τα ηλεκτρόνια απελευθερώνονται και ταξιδεύουν μέσα στο υλικό δημιουργώντας ηλεκτρικό ρεύμα. Επιπρόσθετα όταν τα ηλεκτρόνια ταξιδεύουν αφήνουν πίσω τους οπές που και αυτές με την σειρά τους μπορούν να μετακινηθούν προς της αντίθετη κατεύθυνση από αυτή των ηλεκτρονίων.



3.2. Δομή του φωτοβολταϊκού κυττάρου.

Όπως φαίνεται και στο παραπάνω σχήμα το φωτοβολταϊκό κύτταρο είναι ένα «σάντουιτς» με ένα κομμάτι πυρίτιο τύπου P στο κάτω μέρος και ένα μικρότερο κομμάτι πυρίτιο τύπου N στο πάνω μέρος. Όταν ένα φωτόνιο, με τη σωστή ποσότητα ενέργειας, διεισδύσει στο κύτταρο κοντά στην ένωση και συναντήσει ένα άτομο του πυρίτιο τότε θα συμβούν τα ακόλουθα:

1. Ένα ηλεκτρόνιο μετατοπίζεται αφήνοντας πίσω του μία οπή. Το ηλεκτρόνιο που αναβαθμίστηκε έχει την τάση να μετακινείται στο πάνω μέρος ενώ η οπή που άφησε έχει την τάση να μετακινείται στο κάτω μέρος. Το ηλεκτρόνιο μετά ταξιδεύει στο σημείο συγκομιδής του ρεύματος, δημιουργώντας ηλεκτρικό ρεύμα στο εξωτερικό κύκλωμα και μετά επανεμφανίζεται στο κάτω κομμάτι του πυρίτιο (P) όπου μπορεί να επανασυνδεθεί με τις οπές.
2. Εάν ένα φωτόνιο με ενέργεια μεγαλύτερη από αυτή που χρειάζεται για μετατόπιση χτυπήσει πάνω στο άτομο του πυρίτιο και πάλι δημιουργεί τα δύο προαναφερθέντα, δηλαδή κίνηση ηλεκτρονίου και δημιουργία οπής. Η επιπλέον ενέργεια μετατρέπεται σε θερμότητα.
3. Εάν ένα φωτόνιο που έχει ενέργεια μικρότερη από αυτή που χρειάζεται για την μετατόπιση ενός ηλεκτρονίου χτυπήσει στο άτομο του πυρίτιο τότε περνά διαμέσου του ατόμου χωρίς να δίνει οποιαδήποτε ενέργεια.

3.5 Το φωτοβολταϊκό πλαίσιο

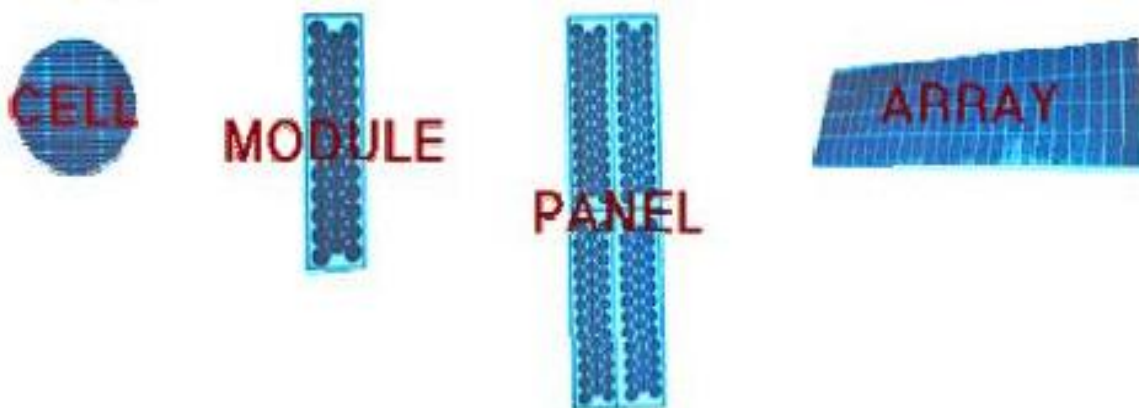
Το βασικό και χαρακτηριστικό συστατικό κάθε Φ/Β εγκατάστασης είναι η Φ/Β γεννήτρια, που αποτελείται από τους ηλιακούς συλλέκτες με τα Φ/Β ηλιακά στοιχεία. Όμως η τάση και η ισχύς τους είναι πολύ μικρή για να ανταποκριθεί στην τροφοδότηση των συνηθισμένων ηλεκτρικών καταναλώσεων ή για τη φόρτιση των συσσωρευτών. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι η τάση που αναπτύσσει ένα συνηθισμένο Φ/Β στοιχείο πυρίτιου του εμπορίου, σε κανονική ηλιακή ακτινοβολία είναι μέχρι 0,5 V περίπου και η ηλεκτρική ισχύς που παράγει είναι μέχρι 0,4 W περίπου. Για αυτό τα Φ/Β στοιχεία διατάσσονται ανά 10 έως 50 περίπου, σε ένα ενιαίο πλαίσιο με κοινή ηλεκτρική έξοδο. Στο πλαίσιο τα στοιχεία συνδέονται σε σειρά, σε ομάδες κατάλληλου πλήθους για την επίτευξη επιθυμητής τάσης.

Π.χ. η σύνδεση 35 στοιχείων σε σειρά δίνει τάση περίπου 15-20 V, που είναι κατάλληλη αν αφαιρέσουμε τις διάφορες απώλειες, για τη φόρτιση των συνηθισμένων συσσωρευτών μόλυβδου. Τα ηλιακά στοιχεία στερεώνονται με κολλητική ουσία σε ένα ανθεκτικό φύλλο από μέταλλο (συνήθως αλουμίνιο) ή από ενισχυμένο πλαστικό, που αποτελεί την πλάτη του πλαισίου, ενώ η εμπρός όψη τους καλύπτεται από ένα προστατευτικό φύλλο γυαλιού ή διαφανούς πλαστικού. Το εμπρός και το πίσω φύλλο συγκρατούνται μεταξύ τους στεγανά και μόνιμα, με τη βοήθεια μιας ταινίας από φυσικό ή συνθετικό ελαστικό και συσφίγγονται με ένα περιμετρικό μεταλλικό περίβλημα. Διαμορφώνεται έτσι το Φ/Β πλαίσιο (module), που είναι η δομική μονάδα που κατασκευάζεται βιομηχανικά και κυκλοφορεί στο εμπόριο για να χρησιμοποιηθεί ως συλλέκτης στη συγκρότηση των Φ/Β γεννητριών.

Λόγω των απαιτούμενων υλικών και εργασιών για την κατασκευή του, το κόστος των Φ/Β πλαισίων είναι σημαντικά μεγαλύτερο από το κόστος των ηλιακών στοιχείων που περιέχουν. Τα φ/β πλαίσια του εμπορίου δεν έχουν τυποποιημένες διαστάσεις και ισχύεις. Σε συμβατικές συνθήκες αιχμής έχουν συνήθως ανάλογα με τον τύπο και τον κατασκευαστή, τάση εξόδου από περίπου 4 V μέχρι 22 V και ένταση ρεύματος από περίπου 0,5 A μέχρι 2,5 A.

Η ομαδοποίηση των κυττάρων (cells) έτσι ώστε να παραγάγουμε τα επιθυμητά επίπεδα τάσης, ρεύματος και ισχύος σύμφωνα με αυτά που αναφέραμε παραπάνω, μας δίνουν πολύπλοκους συνδυασμούς (Module), (Panel), (Array) οι οποίοι φαίνονται στην παρακάτω φωτογραφία.

3.3. Ιεραρχία των φωτοβολταϊκών στοιχείων.



3.6 Απόδοση και κόστος

Ως συντελεστής απόδοσης ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου ορίζεται ο λόγος της μέγιστης ηλεκτρικής ισχύος που παράγει το στοιχείο προς την ισχύ της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται στην επιφάνειά του. Η απόδοση των ηλιακών στοιχείων δεν είναι σταθερή αλλά μεταβάλλεται σημαντικά με το φορτίο του κυκλώματος που τροφοδοτεί καθώς και από άλλους παράγοντες όπως η θερμοκρασία του στοιχείου και η μορφή της ακτινοβολίας.

Για την εκτίμηση του κόστους των ηλιακών στοιχείων χρησιμοποιείται συμβατικά ο όρος watt αιχμής (W_p , peak watt) που είναι η ελάχιστη απαιτούμενη επιφάνεια του στοιχείου για την παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος 1W όταν δέχεται ηλιακή ακτινοβολία με πυκνότητα ισχύος 1 kW/m². Π.χ. κόστος ηλιακού στοιχείου 3 ευρώ/ W_p , σημαίνει ότι το κόστος ενός ή

περισσότερων ηλιακών στοιχείων με τόση συνολική επιφάνεια ώστε να παράγουν συνολική ισχύ 1W, όταν εκτεθούν σε ακτινοβολία πυκνότητας 1 kW ανά m², είναι 3 ευρώ. Δηλαδή, το Wp εκφράζει συνδυασμένα το κόστος κατασκευής σε σχέση με την απόδοση του ηλιακού στοιχείου.

Με τη συνεχόμενη πρόοδο που παρατηρείται στον τομέα της φωτοβολταϊκής μετατροπής, η απόδοση των ηλιακών στοιχείων παρουσιάζει μία σταθερή αύξηση και πλησιάζει προς τη μέγιστη θεωρητική τιμή, η οποία, ανάλογα με τον χρησιμοποιούμενο ημιαγωγό και τη μορφή της ακτινοβολίας, υπολογίζεται σε 25% περίπου. Το υπόλοιπο της ενέργειας της ηλιακής ακτινοβολίας δεν μπορεί να αξιοποιηθεί, κυρίως λόγω της πλατιάς ενεργειακής κατανομής των φωτονίων του ηλιακού φάσματος.

Παρά την αυξημένη ζήτηση του πυριτίου τελευταία για τη μείωση του κόστους έχουμε οδηγηθεί στη χρήση άλλων υλικών, όπως πιο λεπτό πυρίτιο. Το κόστος τους αναμένεται ότι θα συνεχίσει να πέφτει και τα επόμενα χρόνια. Γενικά, στις αρχές του 2006, το μέσο κόστος ανά εγκατεστημένο watt για ένα σύστημα οικιακού μεγέθους ήταν περίπου 9 με 11 ευρώ, συμπεριλαμβάνοντας τα πανέλα, τους αντιστροφείς, τη βάση και τα ηλεκτρικά εξαρτήματα.

3.7 Φωτοβολταϊκά σε κτήρια

Τα φωτοβολταϊκά που ενσωματώνονται σε κτίρια χρησιμοποιούνται με αυξανόμενο ρυθμό σε οικιακά και βιομηχανικά κτίρια ως κύρια ή βοηθητική πηγή ηλεκτρικής ισχύος και αποτελούν ένα από τα πιο γρήγορα αναπτυσσόμενα τμήματα της βιομηχανίας Φ/Β. Τυπικά μια συστοιχία ενσωματώνεται στη στέγη ή τους τοίχους ενός κτιρίου, ενώ αυτή τη στιγμή πωλούνται και κεραμίδια στέγης με ενσωματωμένα Φ/Β κύτταρα. Οι συστοιχίες μπορούν ακόμη να τοποθετηθούν σε ήδη κτισμένα κτίρια και σε αυτήν την περίπτωση μπαίνουν συνήθως επάνω από την ήδη υπάρχουσα στέγη. Εναλλακτικά, μια συστοιχία μπορεί να τοποθετηθεί σε ξεχωριστό χώρο από το ίδιο το κτίριο και να συνδεθεί κατόπιν με καλώδιο για την παροχή της ισχύος.

Σε περιπτώσεις όπου κάποια κτίρια βρίσκονται σε αρκετά μεγάλη απόσταση από το δίκτυο και δεν είναι εύκολο να τροφοδοτηθούν όπως σε απομονωμένες ή ορεινές περιοχές, η εγκατάσταση Φ/Β αποτελεί το μόνο τρόπο για τροφοδοσία αυτών των κτιρίων με ηλεκτρισμό, ή τα Φ/Β μπορούν να χρησιμοποιηθούν ταυτόχρονα με τη χρήση αιολικής ή υδροηλεκτρικής ενέργειας. Χαρακτηριστικά παραδείγματα ενσωμάτωσης Φ/Β σε κτίρια φαίνονται στα παρακάτω σχήματα.



3.4. Εφαρμογές φωτοβολταϊκών για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε κτίρια



3.5 Εφαρμογές φωτοβολταϊκών για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε κτίρια

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Φωτοβολταϊκό σύστημα διασυνδεδεμένο στο δίκτυο

4.1 Είδη φ/β συστημάτων

Πριν μελετήσουμε αναλυτικά την περίπτωση ενός οικιακού συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας διασυνδεδεμένο με το δίκτυο της ΔΕΗ, θα γίνει αναφορά και σε άλλα είδη φωτοβολταϊκών συστημάτων.

4.1.1. Αυτόνομο φ/β σύστημα

Η συνηθέστερη, και ίσως η πληρέστερη, εφαρμογή της φ/β τεχνολογίας είναι η κατασκευή αυτόνομων φ/β συστημάτων. Δηλ. εγκαταστάσεων που λειτουργούν αυτοδύναμα για την τροφοδότηση καθορισμένων καταναλώσεων, χωρίς να συνδέονται με μεγάλα κεντρικά ηλεκτρικά δίκτυα διανομής, από τα οποία θα μπορούσαν να αντλούν συμπληρωματική ή να στέλνουν την ενδεχόμενη περίσσεια της παραγόμενης φ/β ηλεκτρικής ενέργειας.

Το βασικό συστατικό ενός αυτόνομου φ/β συστήματος, είναι φ/β γεννήτρια, στους ηλιακούς συλλέκτες της οποίας γίνεται η μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική ενέργεια. Συνήθως, όπως δείχνει το σχήμα [2.11], το σύστημα περιλαμβάνει επίσης, ανάλογα με το είδος της κατανάλωσης και το βαθμό της απαιτούμενης αξιοπιστίας, συσσωρευτές για την αποθήκευση της περίσσειας της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, ώστε να χρησιμοποιηθεί όταν η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας είναι ανεπαρκής ή ανύπαρκτη, διατάξεις για τη ρύθμιση και τη μετατροπή της τάσης και τη ρύθμιση της ισχύος της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, ώστε να αυξηθεί η απόδοση του συστήματος, άλλες διατάξεις προστασίας και ελέγχου και συχνά μια βοηθητική γεννήτρια, συνήθως ένα ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος που να λειτουργεί με καύση βενζίνης ή ντίζελ, για την αντιμετώπιση εκτάκτων περιστάσεων (συντήρηση ή βλάβη του συστήματος, τροφοδότηση πρόσθετων φορτίων, επικουρική λειτουργία σε απρόβλεπτα περιοχές χαμηλής ηλιακής ακτινοβολίας κ.λ.π.).



Σχήμα 4.1: Παραδείγματα γενικού διαγράμματος ενός αυτόνομου φ/β συστήματος

Ο συμπληρωματικός εξοπλισμός των φ/β συστημάτων ονομάζεται BOS από τα αρχικά της αγγλικής έκφρασης balance of the system (υπόλοιπα του συστήματος).

4.1.2. Υβριδικά φ/β συστήματα

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε αυτόνομους σταθμούς μπορεί να στηρίζεται στην συνεργασία ηλεκτρικών πηγών διαφόρων ειδών, όπου μια πηγή να δρα συμπληρωματικά προς την άλλη, ώστε να μειώνεται το συνολικό κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας του συστήματος. Οι σταθμοί αυτού του τύπου ονομάζονται υβριδικοί, αφού αποτελούνται από τμήματα διαφόρων τεχνολογιών. Ειδικότερα, στα αυτόνομα υβριδικά φ/β συστήματα, η συνεργασία της φ/β γεννήτριας γίνεται συνήθως με ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη ντήζελ ή με ανεμογεννήτριες ή και με τα δύο.

Ως παράδειγμα απόδειξης των οικονομικών πλεονεκτημάτων των υβριδικών συστημάτων, εξετάζεται η περίπτωση περιοχής με αρκετά καλή ηλιακή ακτινοβολία και με μέση ηλεκτρική κατανάλωση από 5 ως 10 kWh. Αν προτιμηθεί η εγκατάσταση ενός αυτόνομου φ/β συστήματος, θα απαιτηθεί μια φ/β γεννήτρια με ισχύ αιχμής, π.χ. 4kW_p και κόστος 2.000.000 δρχ. Επιπλέον, αν το σύστημα προβλέπει 8 ημέρες αυτοδυναμίας, θα απαιτηθούν συσσωρευτές με αποθηκευτική ικανότητα 80kWh και αντίστοιχο κόστος 1.600.000 δρχ. περίπου.

Αν αντίθετα, προτιμηθεί να γίνει το σύστημα υβριδικό με την ενσωμάτωση ενός ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους ντήζελ, που δεν προορίζεται να λειτουργεί μόνο βοηθητικά αλλά πρόκειται να συμμετέχει ουσιαστικά στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, τότε οι απαιτήσεις από το φ/β μέρος του συστήματος περιορίζονται. Αφού οι ανάγκες του συστήματος σε περιόδους συνεχούς νέφωσης μπορούν να καλυφθούν από την νηζελογεννήτρια, επαρκεί η αποθηκευτική ικανότητα των συσσωρευτών για την ποσότητα μιας ημερήσιας παραγωγής φ/β γεννήτριας, που είναι μέχρι 10kWh. Επομένως, το κόστος των συσσωρευτών θα μειωθεί σε 200.000 δρχ. Παράλληλα, στο υβριδικό σύστημα ο υπολογισμός της φ/β γεννήτριας μπορεί να στηριχθεί σε συντηρητικότερες εκτιμήσεις ως προς την αναμενόμενη ηλεκτρική κατανάλωση, με αποτέλεσμα τη μείωση της απαιτούμενης ισχύος αιχμής σε π.χ. 2kW_p, και επομένως την αντίστοιχη εξοικονόμηση του μισού κόστους της.

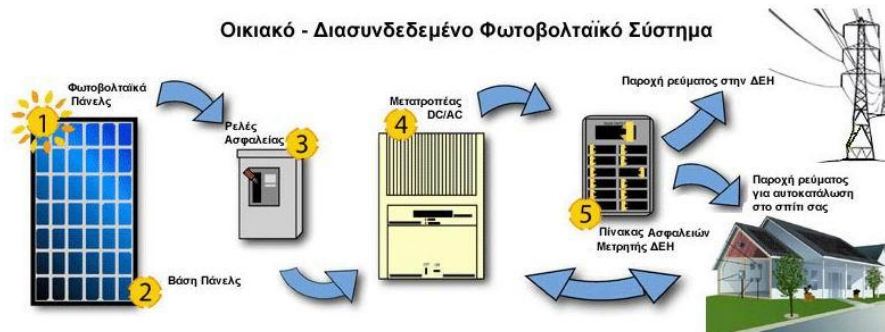
Συχνά, η ολική οικονομική σύγκριση του κόστους εγκατάστασης και λειτουργίας ενός υβριδικού σε σχέση με το αντίστοιχο καθαρά φ/β σύστημα, ή την αποκλειστική τροφοδότηση με ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος ντήζελ, είναι θετική υπέρ του υβριδικού συστήματος, ιδίως όταν το κόστος μεταφοράς του καυσίμου είναι υψηλό (π.χ. σε απομονωμένες κατοικίες ή τηλεπικοινωνιακούς αναμεταδότες)

4.1.3 Φ/β συστήματα σε σύνδεση με το δίκτυο

Όταν το τοπικό ή εθνικό δίκτυο είναι σε απόσταση αρκετά προσιτή προς την τοποθεσία της φ/β εγκατάστασης, είναι συχνά σκόπιμη και συμφέρουσα η σύνδεση μεταξύ τους και η συνεργασία τους. Η περίσσεια της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται στο σύστημα, διαβιβάζεται και πωλείται στο δίκτυο, ενώ από την άλλη μεριά, το δίκτυο συμπληρώνει της ανάγκες του συστήματος όταν δεν επαρκεί η παραγωγή της φ/β γεννήτριας. Στην περίπτωση αυτή, ο αντιστροφέας του συστήματος πρέπει να είναι ειδικού τύπου, ώστε η παρεχόμενη στο δίκτυο ηλεκτρική ενέργεια να είναι συμβατή με τις προδιαγραφές του δικτύου. Τα συστήματα της κατηγορίας αυτής είναι αναγκαστικά σχετικά μεγάλου μεγέθους, ώστε να υπάρχει αξιόλογο οικονομικό ενδιαφέρον άλλα και διότι οι ειδικοί αντιστροφείς κατασκευάζονται συνήθως για ισχύς πάνω από 1KW.

Στο σχήμα [4.2] φαίνεται ένα σχεδιάγραμμα της ροής ισχύος σε ένα συνδεδεμένο οικιακό σύστημα. Εκτός απ τα άλλα προφανή πλεονεκτήματα το κόστος του συστήματος

μειώνεται περίπου στο μισό, σε σύγκριση με ένα αυτόνομο φ/β σύστημα, διότι δεν περιλαμβάνονται συσσωρευτές, ρυθμιστές φόρτισης και βοηθητική ηλεκτρική πηγή.

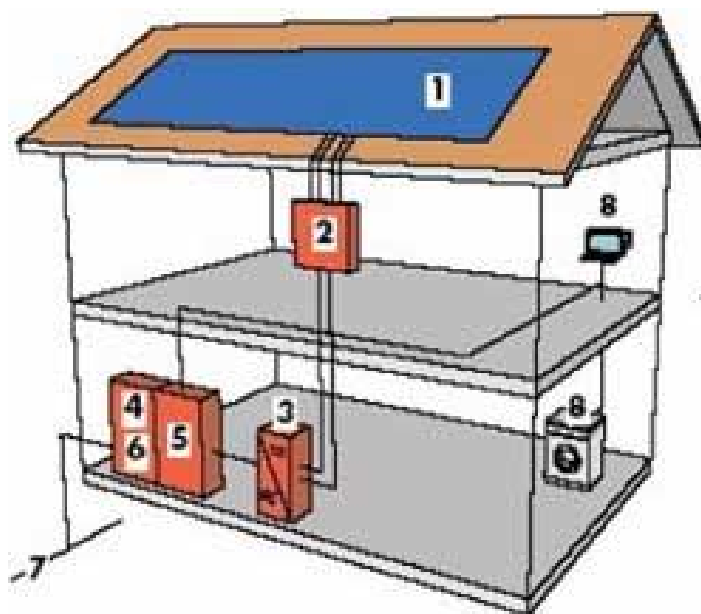


4.2. Οικιακό Διασυνδεδεμένο σύστημα

Αυτά τα συστήματα συνδέονται με το τοπικό ηλεκτρικό δίκτυο. Αυτό σημαίνει ότι κατά την διάρκεια της ημέρας ο ηλεκτρισμός που παράγεται από ένα Φ/Β σύστημα μπορεί είτε να χρησιμοποιηθεί άμεσα (κάτι που είναι σύνηθες για συστήματα που εγκαθίστανται σε κτίρια γραφείων και άλλων εμπορικών χρήσεων), είτε μπορεί να πωληθεί στην ΔΕΗ (κάτι που είναι σύνηθες για οικιακά συστήματα που ο ιδιοκτήτης μπορεί να λείπει κατά τη διάρκεια της ημέρας). Τη νύχτα, όταν το Φ/Β δεν μπορεί να παράγει ενέργεια, μπορεί να αγοραστεί πλέον ενέργεια από τη ΔΕΗ. Στην πράξη δηλ. η ΔΕΗ λειτουργεί σαν μια αποθήκη ενέργειας, γι' αυτό σε μερικές περιπτώσεις αυτά τα συστήματα δεν χρειάζονται μπαταρίες για αποθήκευση. Μπορούμε όμως να τοποθετήσουμε και μπαταρίες, οπότε πλέον το Φ/Β μας σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν σύστημα Αδιάλειπτης Παροχής Ηλεκτρικής Ενέργειας (UPS), σε περίπτωση διακοπής ρεύματος.

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι στην αντιμετώπιση από την ηλεκτρική εταιρεία ενός διασυνδεδεμένου συστήματος Φ/Β. Για παράδειγμα, στην Γερμανία, όλη η ενέργεια που παράγεται πωλείται στην ηλεκτρική εταιρεία και ο καταναλωτής αγοράζει για τις ανάγκες του. Αντίθετα στην Αυστρία, η ενέργεια που παράγεται, πρώτα καλύπτει τις ανάγκες του παραγωγού και το περίσσευμα πωλείται στο ηλεκτρικό δίκτυο.

Τέτοια διασυνδεδεμένα συστήματα με τα εξαρτήματά τους (με ένα ή δύο μετρητές) φαίνονται στα παρακάτω σχήματα



4.3 Σκαρίφημα διασυνδεδεμένου οικιακού συστήματος

1. Φ/Β γεννήτρια
2. Ηλεκτρικός Πίνακας
3. Αντιστροφέας (Inverter)
4. Κιβώτιο ασφαλειών
5. Μετρητής παραγωγής
6. Υφιστάμενος μετρητής ΔΕΗ
7. Δίκτυο ΔΕΗ
8. Εσωτερικοί καταναλωτές

Τα διασυνδεδεμένα συστήματα έχουν ως βασικό χαρακτηριστικό το γεγονός ότι υπάρχει φυσική ένωση με το δίκτυο μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας (για την Ελλάδα με την ΔΕΗ (ΔΕΣΜΗΕ)).

Η σχέση μιας εγκατεστημένης μονάδας με το δημόσιο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας είναι αμφίδρομη. Αυτό σημαίνει ότι μπορεί να απορροφά ενέργεια αλλά και να διαχέει ενέργεια προς το δίκτυο.

Ποιο συγκεκριμένα οι πιθανές περιπτώσεις που μπορεί να συναντήσουμε ένα διασυνδεδεμένο σύστημα είναι οι παρακάτω:

1. Όταν μια εγκατάσταση έχει ως αποκλειστικό στόχο την παραγωγή και πώληση ενέργειας προς το δίκτυο. Σε αυτές τις περιπτώσεις στόχος είναι η μέγιστη ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και η πώληση της σε κάποιον προμηθευτή (καταναλωτή). Τέτοιου είδους μονάδες ονομάζονται και ως Φωτοβολταϊκοί σταθμοί, Φωτοβολταϊκά πάρκα κλπ. Η ισχύς σε αυτές τις περιπτώσεις μπορεί να είναι από μερικά KW έως και αρκετά MW. Στην Ελλάδα η πιο γνωστή επένδυση σε αυτά τα επίπεδα είναι αυτή των 100 KW (γιατί συνδυάζει τα πλεονεκτήματα της υψηλής απόδοσης της KWh και της ευκολότερης αδειοδότησης του Φωτοβολταϊκού σταθμού).

2. Όταν μια εγκατάσταση χρησιμοποιεί το δίκτυο ως εναλλακτική πηγή τροφοδότησης ηλεκτρικής ενέργειας σε περίπτωση που η παραγωγή του τοπικού Φωτοβολταϊκού σταθμού δεν επαρκεί κάποιες ώρες της ημέρας (ή γενικότερα δεν επαρκεί) για να τροφοδοτήσει την ενεργειακές ανάγκες της εγκατάστασης. Στις πιο πάνω περιπτώσεις η εγκατάσταση μπορεί να απορροφά ενέργεια από το δίκτυο για να πληρώσει τις ενεργειακές της ανάγκες. Επίσης μπορεί να συμβαίνει και το αντίστροφο. Δηλαδή όταν η ενέργεια που παράγεται από την μονάδα είναι περισσότερη από αυτήν που καταναλώνεται, η περίσσεια της ενέργειας μπορεί να διοχετεύεται (πωλείται) στο δίκτυο. Ένα τέτοιο σύστημα θα πρέπει να διαθέτει δύο μετρητικά συστήματα, το ένα από τα οποία θα μετρά την εξερχόμενη ενέργεια και το άλλο την εισερχόμενη. Τα συστήματα αυτά ονομάζονται και grid interactive.

3. Όταν μια μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας έχει ως αποκλειστικό στόχο την απορρόφηση ενέργειας από το ηλεκτρικό δίκτυο γιατί η ποσότητα ενέργειας που παράγει με τα Φωτοβολταϊκά δεν καλύπτει τις ενεργειακές της ανάγκες. Αυτά τα συστήματα ονομάζονται και grid back up και στην ουσία το Φωτοβολταϊκό σύστημα παράγει ένα μέρος της ενέργειας που χρειάζονται οι καταναλώσεις του συστήματος. Στις περιπτώσεις αυτές το δίκτυο ηλεκτροδότησης (ΔΕΗ) δρα επικουρικά και συμπληρώνει τις ανάγκες για ενέργεια. Ουσιαστικά σε αυτήν την περίπτωση ο σχεδιασμός του συστήματος γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι εξασφαλισμένο ότι το σύνολο της ενέργειας που παράγεται θα απορροφάτε από τα φορτία της εγκατάστασης που τροφοδοτεί. Στην περίπτωση αυτή δεν χρειάζεται να τοποθετηθούν μπαταρίες στο σύστημα επειδή έχουμε προβλέψει να καταναλώνουμε την παραγόμενη ενέργεια (δεν υπάρχει πλεονάζουσα ενέργεια για αποθήκευση).

Σύστημα Διαχείρισης Ηλεκτρικών Δικτύων και Ένταξη Παραγωγής από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.

Πριν αναλύσουμε τη διαδικασία σχεδιασμού ενός οικιακού διασυνδεδεμένου συστήματος, ας πούμε για την εταιρία που είναι υπεύθυνη για την εύρυθμη λειτουργία του εθνικού διασυνδεδεμένου συστήματος και συνεπώς ελέγχει την ενέργεια που παράγουμε και δίνουμε στο σύστημα.

4.1.4 ΔΕΣΜΗΕ Α.Ε (ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ)

Ο Διαχειριστής του Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΔΕΣΜΗΕ) είναι ανώνυμη εταιρεία που έχει σκοπό τη λειτουργία, εκμετάλλευση, διασφάλιση της συντήρησης και μέριμνα για την ανάπτυξη του Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας, σε ολόκληρη τη χώρα, καθώς και των διασυνδέσεων του με τα άλλα δίκτυα για να διασφαλίζεται ο εφοδιασμός της χώρας με ηλεκτρική ενέργεια, κατά τρόπο επαρκή, ασφαλή, οικονομικά αποδοτικό και αξιόπιστο. Σκοπός του είναι η βέλτιστη κατανομή του φορτίου στο δίκτυο. Ταυτόχρονα ο ΔΕΣΜΗΕ μεριμνά, για την εκκαθάριση των συναλλαγών μεταξύ των παραγωγών και προμηθευτών ηλεκτρικής ενέργειας στο περιβάλλον απελευθέρωσης της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που ισχύει και στη χώρα μας τα τελευταία χρόνια. Επειδή η ακριβής κατανάλωση ρεύματος δεν μπορεί να προβλεφθεί, αναμένεται ότι κάποιοι παραγωγοί θα παράγουν περισσότερο ρεύμα απ' όσο μπορούν να διαθέσουν και το

αντίθετο. Για την κάλυψη των αναγκών τους θα προβαίνουν σε αγοραπωλησία του πλεονάζοντος/ ελλείποντος μεταξύ τους και ο ΔΕΣΜΗΕ θα καταγράφει ποιος οφείλει σε ποιον.

Η ΔΕΣΜΗΕ είναι και ο φορέας του κράτους που αγοράζει την παραγόμενη ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας σε περιοχές της χώρας που είναι διασυνδεδεμένες με το εθνικό δίκτυο ηλεκτροδότησης. Στις μη-διασυνδεδεμένες περιοχές, ο αντίστοιχος φορέας είναι η ΔΕΗ. Και οι δυο περιπτώσεις αγοραπωλησίας ενέργειας διέπονται από το νόμο για τις ΑΠΕ.

Συστάθηκε με το Προεδρικό Διάταγμα 328/12-12-2000 και ανήκει κατά 51% στο κράτος. Το υπόλοιπο 49% ανήκει στις εταιρείες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Ως τώρα η μοναδική είναι η ΔΕΗ, αλλά αυτό αναμένεται να αλλάξει σύντομα. Η ίδρυσή του εντάσσεται στο πλαίσιο της απελευθέρωσης της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας και της επιδίωξης να κυριαρχήσουν συνθήκες ανταγωνισμού στην παραγωγή και διάθεση του ρεύματος. Πριν τη σύστασή του την ευθύνη για το δίκτυο είχε η ΔΕΗ.

4.1.5 Το σύστημα διαχείρισης ηλεκτρικών δικτύων

Η ένταξη παραγωγής από ΑΠΕ στα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας, μεταφοράς και διανομής, πρέπει να εξεταστεί από την πλευρά του δικτύου, καθώς η διασύνδεσή τους με νέες μονάδες παραγωγής, μικρής ή μεγάλης εγκατεστημένης ισχύος επηρεάζει το κόστος επένδυσης των μονάδων αλλά και τα χαρακτηριστικά της παρεχόμενης ισχύος στους καταναλωτές.

Πρέπει να εξασφαλίζεται ότι το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας θα μεταφέρει με ασφάλεια τη ζητούμενη από τους καταναλωτές ισχύ σε κάθε σημείο, εξασφαλίζοντας παράλληλα στοιχεία ποιότητας ισχύος. Η διείσδυση μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ, οι οποίες χρησιμοποιούν ασύγχρονες μηχανές, δημιουργούν πρόσθετα προβλήματα ελέγχου τάσης και αέργου ισχύος. Λόγω απουσίας συστήματος διέγερσης, οι μηχανές αυτές είναι καταναλωτές αέργου ισχύος και δε συμμετέχουν στο έλεγχο τάσης – αέργου ισχύος (V-Q) του συστήματος. Το πρόβλημα γίνεται ιδιαίτερα σημαντικό σε αδύναμα ή απομονωμένα ηλεκτρικά συστήματα, όπως είναι τα δίκτυα σε περιοχές με άνεμο. Η απαίτηση άεργου ισχύος για την παραγωγή ενεργού, σε συγκεκριμένες συνθήκες, μπορεί να οδηγήσει το δίκτυο σε αστάθεια τάσης και κατάρρευση.

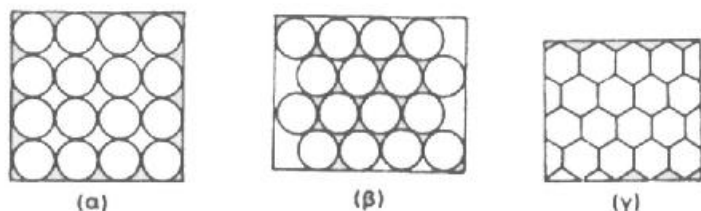
4.1.6 Διασύνδεση ενέργειας από φ/β με το δίκτυο χαμηλής τάσης

Σκοπός της διάταξης η οποία χρησιμοποιείτε για την διασύνδεση του φωτοβολταϊκού συστήματος του αγροκτήματος με το δίκτυο διανομής χαμηλής τάσης, είναι η λήψη όλων των απαραίτητων μέτρων προστασίας καθώς και η δυνατότητα μετάβασης από αυτόνομη σε διασυνδεδεμένη λειτουργία και αντίστροφα. Όσον αφορά τα θέματα προστασίας χρησιμοποιούνται ηλεκτρονόμοι προστασίας από υπόταση και υπέρταση. Επίσης γίνεται χρήση διατάξεων ελέγχου της συχνότητας για να μην παρατηρηθούν φαινόμενα υποσυχνότητας ή υπερσυχνότητας. Επιπλέον υπάρχει προστασία από υπερφόρτωση ή βραχυκύκλωμα της γραμμής διασύνδεσης. Προκειμένου να είναι δυνατή η μετάβαση από αυτόνομη σε διασυνδεδεμένη λειτουργία χρησιμοποιείται διάταξη επιτήρησης των συνθηκών παραλληλισμού (έλεγχος φάσης, μέτρου και συχνότητας της τάσης).

4.2 Το φ/β πλαίσιο, τα φ/β πανέλα και οι συστοιχίες

Το βασικό και χαρακτηριστικό συστατικό κάθε φ/β εγκατάστασης είναι η φ/β γεννήτρια, που αποτελείται από τους ηλιακούς συλλέκτες και τα φ/β/ ηλιακά στοιχεία.

Η τάση και η ισχύος των φ/β/ στοιχείων είναι πολύ μικρή για να ανταποκριθεί στην τροφοδότηση των συνηθισμένων ηλεκτρικών καταναλώσεων ή για τη φόρτιση των συσσωρευτών. Στο σημείο αυτό αξίζει να αναφέρουμε ότι η τάση παράγει ένα συνηθισμένο φωτοβολταϊκό στοιχείο πυριτίου, σε συνθήκες κανονικής ηλιακής ακτινοβολίας είναι περίπου 0,5V, ενώ η παραγόμενη ηλεκτρική ισχύς δεν ξεπερνά το 0,4W περίπου. Για τον λόγο αυτό τα φ/β/ στοιχεία που προορίζονται για τη συγκρότηση φωτοβολταϊκών γεννητριών τοποθετούνται σε ενιαίο πλαίσιο με κοινή τάση εξόδου. Στο πλαίσιο τα στοιχεία συνδέονται σε σειρά, σε ομάδες κατάλληλου πλήθους για την παραγωγή της επιθυμητής τάσης (σχήμα [4.5]). Αναφέρουμε ενδεικτικά ότι η τοποθέτηση 35 στοιχείων σε σειρά μας δίνει τάση εξόδου 15-20V περίπου, που αν αφαιρέσουμε τις απώλειες, είναι η κατάλληλη για τη φόρτιση των συνηθέστερων συσσωρευτών μολύβδου.



Σχήμα 4.4.: Τρεις συνηθισμένοι τρόποι παράθεσης των ηλιακών στοιχείων στα φ/β πλαίσια.

Τα πλαίσια κατασκευάζονται ως εξής: τα ηλιακά στοιχεία στερεώνονται με κολλητική ουσία σε ένα ανθεκτικό φύλλο από μέταλλο (συνήθως αλουμίνιο) ή από ενισχυμένο πλαστικό, που αποτελεί την πλάτη του πλαισίου, ενώ η εμπρός όψη τους καλύπτεται από ένα προστατευτικό φύλλο γυαλιού ή διαφανούς πλαστικού. Το εμπρός και πίσω φύλλο συγκρατούνται μεταξύ τους, στεγανά και μόνιμα, με τη βοήθεια μιας ταινίας αποσυνθετικό ή φυσικό ελαστικό και συσφίγγονται με ένα περιμετρικό μεταλλικό περίβλημα. Διαμορφώνεται έτσι το φ/β πλαίσιο (module), που είναι η δομική μονάδα που κατασκευάζεται βιομηχανικά και κυκλοφορεί στο εμπόριο για να χρησιμοποιηθεί ως συλλέκτης στη συγκρότηση των φ/β γεννητριών.

Πριν τα φ/β πλαίσια βγουν στο εμπόριο, υποβάλλονται συνήθως σε μια σειρά από αυστηρές δοκιμές ποιοτικού ελέγχου με θερμικές και μηχανικές καταπονήσεις, καθώς και σε δοκιμασία 5ήμερης συνεχούς παραμονής σε ατμόσφαιρα σχετικής υγρασίας 95% και θερμοκρασίας 95°C, για να ελεγχθεί η στεγανότητά τους.

Συνώνυμο σχεδόν με το φ/β πλαίσιο είναι το φ/β πανέλο (panel). Όπως και το πλαίσιο, έχει επίσης συναρμολογηθεί και προκατασκευαστεί στο εργοστάσιο και είναι έτοιμο για τοποθέτηση στη φ/β εγκατάσταση, αλλά με τη διαφορά ότι ένα πανέλο μπορεί να αποτελείται από περισσότερα χωριστά πλαίσια (το ένα δίπλα στο άλλο), που είναι σε κοινή συσκευασία και κοινή ηλεκτρική σύνδεση μεταξύ τους. Ο αριθμός των πλαισίων ενός πανέλου είναι τόσος, ώστε οι διατάξεις και το βάρος του να μην είναι εμπόδιο για την μεταφορά και την τοποθέτηση του στη φ/β εγκατάσταση.

Για την αύξηση της αξιοπιστίας ενός φ/β συστήματος, είναι σκόπιμο οι συνδέσεις των φ/β στοιχείων μέσα στα πλαίσια, αλλά και στα πανέλα ή ανάμεσα στα γειτονικά πλαίσια και πανέλα, να μην είναι μόνο στη σειρά αλλά και στις παράλληλες. Έτσι αν ένα φ/β στοιχείο σκιαστεί ή αν πάθει βλάβη, δεν θα μηδενιστεί η ισχύς που παράγει το σύστημα, όπως θα συνέβαινε αν όλα τα φ/β στοιχεία ήταν συνδεδεμένα σε σειρά.

Η φ/β γεννήτρια μιας μικρής φ/β εγκατάστασης μπορεί να αποτελείται από ένα μόνον πλαίσιο ή πανέλο. Σε μεγαλύτερες όμως εγκαταστάσεις, ομάδες περισσότερων φ/β πλαισίων (ή πανέλων) τοποθετούνται σε κοινή κατασκευή στήριξης και ονομάζονται φ/β συστοιχίες (arrays). Η σύνδεση των φ/β πλαισίων, στη σειρά ή παράλληλα, γίνεται με τρόπο που η τάση εξόδου της συστοιχίας να αποκτά την επιθυμητή τιμή. Είναι φανερό ότι η διαφορετική συνδεσμολογία των πλαισίων μιας φ/β γεννήτριας δεν μεταβάλλει την ισχύ της, αφού η οποία αύξηση της τάσης εξόδου της γεννήτριας συνεπάγεται ανάλογη μείωση της έντασης του ρεύματος που παράγει.

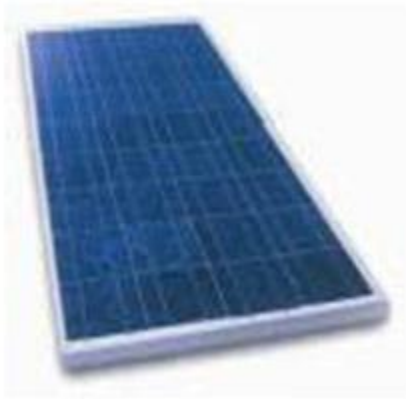
Κάθε φ/β εγκατάσταση έχει σποנדυλωτή συγκρότηση από φ/β πλαίσια, πανέλα ή συστοιχίες, που το πλήθος τους (και η συνολική επιφάνεια τους) καθορίζεται από την ποσότητα της ηλεκτρικής ενέργειας που επιδιώκεται να παραχθεί. Η δομή αυτή επιτρέπει την εύκολη επέκταση των φ/β εγκαταστάσεων, με την προσθήκη νέων συλλεκτών, για την αντιμετώπιση των αναγκών που θα προέλθουν από ενδεχόμενη μελλοντική αύξηση της ηλεκτρικής κατανάλωσης.

Φωτοβολταϊκό στοιχείο: Η ηλεκτρονική διάταξη που παράγει ηλεκτρική ενέργεια όταν δέχεται ακτινοβολία. Λέγεται ακόμα Φ/Β κύτταρο ή Φ/Β κυψέλη (PV cell).

Φωτοβολταϊκό πλαίσιο: Ένα σύνολο Φ/Β στοιχείων που είναι ηλεκτρονικά συνδεδεμένα. Αποτελεί τη βασική δομική μονάδα της Φ/Β γεννήτριας (PV module).



Φωτοβολταϊκό πανέλο: Ένα ή περισσότερα Φ/Β πλαίσια, που έχουν προκατασκευαστεί και συναρμολογηθεί σε ενιαία κατασκευή, έτοιμη για να εγκατασταθεί σε Φ/Β εγκατάσταση (PV panel).



Κατασκευή στήριξης

Τα Φ/Β πλαίσια προκειμένου να τοποθετηθούν / προσαρμοστούν στο σημείο εγκατάστασής τους εφοδιάζονται με ειδικές κατασκευές. Οι κατασκευές αυτές στήριξης πρέπει να πληρούν συγκεκριμένα κριτήρια, όπως αντοχή στα φορτία που προέρχονται από το βάρος των πλαισίων και τους τοπικούς ανέμους, να μην προκαλούν σκιασμό στα πλαίσια, να επιτρέπουν την προσέγγιση στα πλαίσια, αλλά ταυτόχρονα να διασφαλίζουν την ασφάλειά τους.

4.2.1 Τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών πλαισίων

Η τοποθέτηση των φ/β πλαισίων και των φ/β πανέλων, μόνων τους ή σε συστοιχίες, γίνεται κατά τέτοιο τρόπο ώστε κάθε φ.β πλαίσιο να έχει ανοικτό οριζοντά. Σε μια τοποθεσία με γεωγραφικό πλάτος π^0 , η προϋπόθεση του ανοικτού οριζοντά θεωρείται ότι εξασφαλίζεται όταν η γωνία του ύψους (β_ϵ) των γειτονικών συστοιχιών, δέντρων, κτιρίων ή άλλων εμποδίων, ικανοποιεί τη σχέση:

$$\beta_\epsilon \leq 48^0 - \pi^0$$

π.χ στην Αθήνα, που βρίσκεται σε γεωγραφικό πλάτος 38^0 , η γωνία του ύψους των διαφόρων εμποδίων δεν πρέπει να ξεπερνά τις 10^0 .

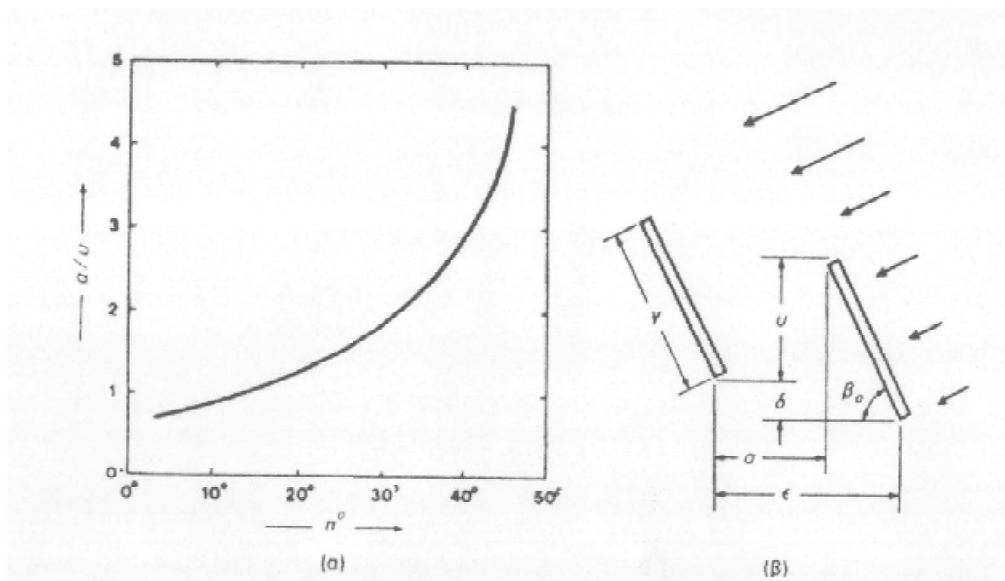
Ειδικότερα το διάγραμμα του σχήματος 4.5 βοηθά στον προσδιορισμό της απόστασης ανάμεσα στις παράλληλες σειρές των ηλιακών συλλεκτών στις φ/β/ συστοιχίες, ώστε η μια σειρά να μην σκιάζει αισθητά την επομένη. Συγκεκριμένα, το διάγραμμα δίνει, ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος του τόπου, την ελάχιστη απαιτούμενη τιμή του λόγου της ελεύθερης απόστασης ανάμεσα στις δύο σειρές (α) προς την επικάλυψη του ύψους της κατασκευής στήριξης του συλλέκτη (u). Αν γ είναι το πλάτος του στηρίγματος (που συμπίπτει με το πλάτος του συλλέκτη), β_σ είναι η κλίση του και δ είναι η υψομετρική διαφορά ανάμεσα στα στηρίγματα των δύο σειρών, τότε το u δίνεται από τη σχέση:

$$u = \gamma \cdot \eta \cdot \mu \beta_\sigma - \delta$$

Στη συνέχεια, με τη βοήθεια του παρακάτω διαγράμματος προκύπτει η αντίστοιχη τιμή του α , και από τη σχέση:

$$\epsilon = \alpha + \gamma \cdot \sigma \nu \beta_\sigma$$

υπολογίζεται η τιμή του ϵ , δηλ. η ελάχιστη απαιτούμενη απόσταση των σειρών



Σχήμα 4.5: α) Η καμπύλη του λόγου της ελεύθερης απόστασης a ανάμεσα στις γειτονικές σειρές των ηλιακών συλλεκτών μιας Φ/β συστοιχίας, προς την επικάλυψη του ύψους του u , σε συνάρτηση με το γεωγραφικό πλάτος του τόπου π^0 , ώστε να μην εμποδίζεται ουσιαστικά η πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας. β) η έννοια των μηκών $\alpha, \gamma, \delta, \epsilon$, και της γωνίας της κλίσης β_σ για τη διάταξη των ηλιακών συλλεκτών στις Φ, β συστοιχίες.

4.2.2 ΡΥΘΜΙΣΤΕΣ, ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΙΣ

Συστήματα μετατροπής ισχύος (inverters): Τα Φ/β πλαίσια παράγουν συνεχές ρεύμα ενώ τα φορτία καταναλώνουν εναλλασσόμενο ρεύμα. Για την μετατροπή της ισχύος στα Φ/β συστήματα χρησιμοποιούνται αντιστροφείς (inverters) συνεχούς σε εναλλασσόμενο (DC/AC). Σκοπός των συστημάτων μετατροπής ισχύος είναι η κατάλληλη ρύθμιση των χαρακτηριστικών του παραγόμενου ρεύματος, ώστε να καταστεί δυνατή η τροφοδοσία των διάφορων καταναλώσεων.

Τα σημαντικότερα κριτήρια για την επιλογή του αντιστροφέα είναι:

- Αξιοπιστία
- ενεργειακή απόδοση
- οι αρμονικές παραμορφώσεις
- το κόστος
- η συμβατότητα με τις τεχνικές απαιτήσεις της ΔΕΗ

Ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου προστασίας και λοιπά στοιχεία:

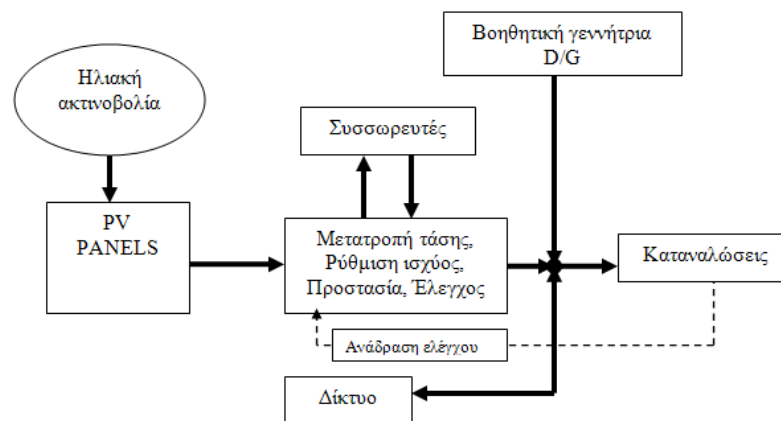
Το Φ/β σύστημα συμπληρώνουν οι ηλεκτρονικές διατάξεις ελέγχου, οι καλωδιώσεις (συνεχούς και εναλλασσόμενου ρεύματος) και σχετικό ηλεκτρολογικό υλικό, οι διατάξεις ασφαλείας, ο μετρητής ηλεκτρικής ενέργειας, το σύστημα διασύνδεσης και ανταλλαγών ενέργειας με το δίκτυο και σύστημα παρακολούθησης της λειτουργίας του Φ/β συστήματος.

Επίσης γίνεται ειδική μέριμνα για τη γείωση του συστήματος, την τοποθέτηση αντικεραυνικής προστασίας στα φωτοβολταϊκά πάνελ, την επιλογή μπαταριών καθώς και του φορτιστή τους.

Η ΔΕΗ απαιτεί την ύπαρξη προστασίας απόζευξης του συστήματος μέσω διατάξεων του αντιστροφέα, ώστε αυτό να αποσυνδέεται τόσο σε περίπτωση έλλειψης τάσης από το δίκτυο της ΔΕΗ, όσο και στην περίπτωση που η τάση και η συχνότητα αποκλίνουν των ακόλουθων ορίων:

- Τάση: από +15% έως -20% επί της ονομαστικής (230V)
 - Συχνότητα: +0,5Hz της ονομαστικής (50Hz)

Σε περίπτωση υπέρβασης των πιο πάνω ορίων ο αντιστροφέας θα πρέπει να τίθεται εκτός λειτουργίας (αυτόματη απόζευξη). Εάν κατά την λειτουργία του Φ/Β σταθμού διαπιστωθούν προβλήματα αρμονικών, έγχυσης συνεχούς τάσεως στο δίκτυο κλπ, θα πρέπει ο παραγωγός να λάβει τα κατάλληλα μέτρα που θα του υποδείξει η ΔΕΗ



4.6 Γενικό διάγραμμα ενός διασυνδεδεμένου φωτοβολταϊκού συστήματος

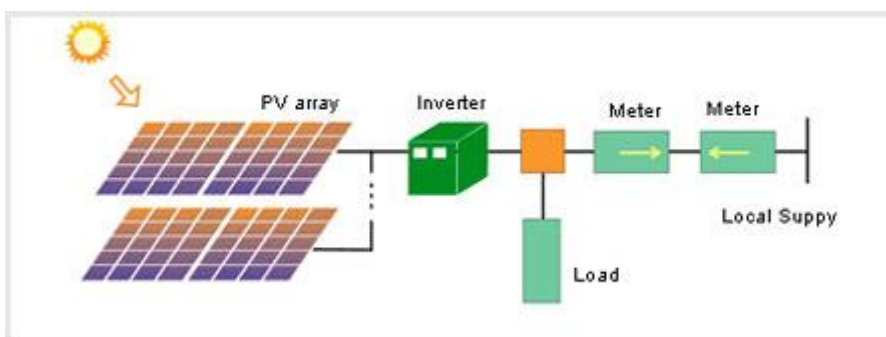
Το παραπάνω σχηματικό διάγραμμα παρουσιάζει μια πλήρη τοπολογία ενός διασυνδεδεμένου με το δίκτυο φωτοβολταϊκού συστήματος το οποίο για λόγους αδιάλειπτης παροχής ηλεκτρικής ενέργειας περιλαμβάνει συσσωρευτές και βοηθητικό ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος. Η λειτουργία του έχει ως ακολούθως. Η ηλιακή ακτινοβολία προσπίπτει στα φωτοβολταϊκά πλαίσια (PV Panels). Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια εκμεταλλευόμενα το φωτοβολταϊκό φαινόμενο παράγουν ηλεκτρική ενέργεια συνεχούς μορφής (DC τάση). Αυτή η DC Τάση μπαίνει στο τμήμα ελέγχου του συστήματος όπου συντελούνται οι παρακάτω διαδικασίες.

1. Μετατροπή της παραγόμενης συνεχούς τάσης για την αποδοτική φόρτιση των συσσωρευτών και την τροφοδότηση των καταναλώσεων συνεχούς τάσης της εγκατάστασης. (DC – DC μετατροπέας)
2. Μετατροπή της παραγόμενης συνεχούς τάσης σε εναλλασσόμενη και κατάλληλος μετασχηματισμός αυτής για την τροφοδότηση των εναλλασσόμενων καταναλώσεων της εγκατάστασης.
3. Έλεγχος αν η παραγόμενη ισχύ επαρκεί για τις ανάγκες τις εγκατάστασης. Σε αντίθετη περίπτωση γίνεται χρήση της αποθηκευμένης ισχύος στους συσσωρευτές ή

δίνεται εντολή για λειτουργία του ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους ή πραγματοποιείται διασύνδεση με το δίκτυο για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών.

4. Έλεγχος αν η παραγόμενη ισχύς είναι μεγαλύτερη από τις ανάγκες της εγκατάστασης. Στην περίπτωση αυτή φορτίζονται οι συσσωρευτές και πραγματοποιείται σύνδεση με το δίκτυο για να διατεθεί η πλεονάζουσα ενέργεια προς πώληση.

Η καλή λειτουργία και η αυξημένη απόδοση των φ/β συστημάτων υποβοηθείται συχνά με τη χρησιμοποίηση ειδικών διατάξεων, συνήθως ηλεκτρονικών ισχύος, που επεξεργάζονται την ηλεκτρική ενέργεια που παράγει η φ/β γεννήτρια. Σκοπός τους είναι η διατήρηση της τάσης εξόδου του φ/β πλαισίου σε επιθυμητή τιμή.



Σχήμα 4.7: Απλοποιημένα διαγράμματα ενός φ/β συστήματος (α) χωρίς ρυθμιστή τάσης (β) με ρυθμιστή για τη φόρτιση των συσσωρευτών στη βέλτιστη τάση. Και στις δύο περιπτώσεις προβλέπεται η τοποθέτηση μιας προστατευτικής διόδου για την αποφυγή της εκφόρτισης των συσσωρευτών διαμέσου της φ/β γεννήτριας, αν μειωθεί σημαντικά η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας.

Εκτός από το ρυθμιστή τάσης, τα φ/β συστήματα αποτελείται και από άλλες ηλεκτρονικές διατάξεις, όπως είναι οι ρυθμιστές ισχύος, γνωστοί με τη συντομογραφία MPPT (από την αγγλική έκφραση maximum power point trackers, δηλ. διατάξεις παρακολούθησης του σημείου της μέγιστης ισχύος). Ο προσδιορισμός τους είναι να επιδιώκουν την λειτουργία της φ/β γεννήτριας στο σημείο της καμπύλης τάσης – έντασης που αντιστοιχεί στη μέγιστη απόδοση.

Τέλος, στην έξοδο των φ/β συστημάτων παρεμβάλλεται συχνά ένας αντιστροφέας, που μετατρέπει το συνεχές ρεύμα της φ/β γεννήτριας σε εναλλασσόμενο, αν αυτό εξυπηρετεί καλύτερα το δίκτυο της τοπικής κατανάλωσης. Κύρια κίνητρα για την προτίμηση της εναλλασσόμενης τάσης, και την τοποθέτηση μεταλλακτών και μετασχηματιστών, είναι ότι οι ηλεκτρικές συσκευές του εμπορίου είναι συνήθως κατασκευασμένες για εναλλασσόμενο ρεύμα και έχουν μικρότερο κόστος από τις αντίστοιχες του συνεχούς ρεύματος. Επίσης, η ανύψωση της τάσης, που γίνεται συγχρόνως με τη μετατροπή της από συνεχή σε εναλλασσόμενη, συνεπάγεται μείωση των απωλειών στους αγωγούς του δικτύου.

4.3 Μεθοδολογία σχεδιασμού

Η μελέτη και ο σχεδιασμός ενός φωτοβολταϊκού συστήματος στοχεύει στο βέλτιστο συσχετισμό των προβλέψεων για τα μεγέθη της ηλεκτρικής ζήτησης από το σύστημα και της ηλιακής ακτινοβολίας που θα δέχονται οι συλλέκτες του, πάντα σε συνδυασμό με το ποσοστό της επιδιωκόμενης αυτονομίας από το δίκτυο ηλεκτροδότησης. Επιδιώκεται η κάλυψη των αναγκών, αλλά και η αποφυγή των υπερβολικών δαπανών που οφείλονται στον υπερσχεδιασμό του συστήματος π.χ. με συλλέκτες και συσσωρευτές μεγαλύτερου μεγέθους από το απολύτως απαραίτητο.

Για τον προκαταρκτικό σχεδιασμό ενός φωτοβολταϊκού συστήματος που θα λειτουργεί σε συνδυασμό με το δίκτυο απαιτείται η καλή εκτίμηση της ζήτησης που θα κλιθεί να ικανοποιήσει (π.χ. η μέση ημερήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ή τα φορτία βάσης μιας εγκατάστασης). Ταυτόχρονα είναι αναγκαία η αξιοποίηση της πληροφόρησης σχετικά με την ένταση και τη διακύμανση της ηλιακής ακτινοβολίας.

Συχνά κατά τον προκαταρκτικό σχεδιασμό ενός φωτοβολταϊκού συστήματος ακολουθούνται τα παρακάτω βήματα:

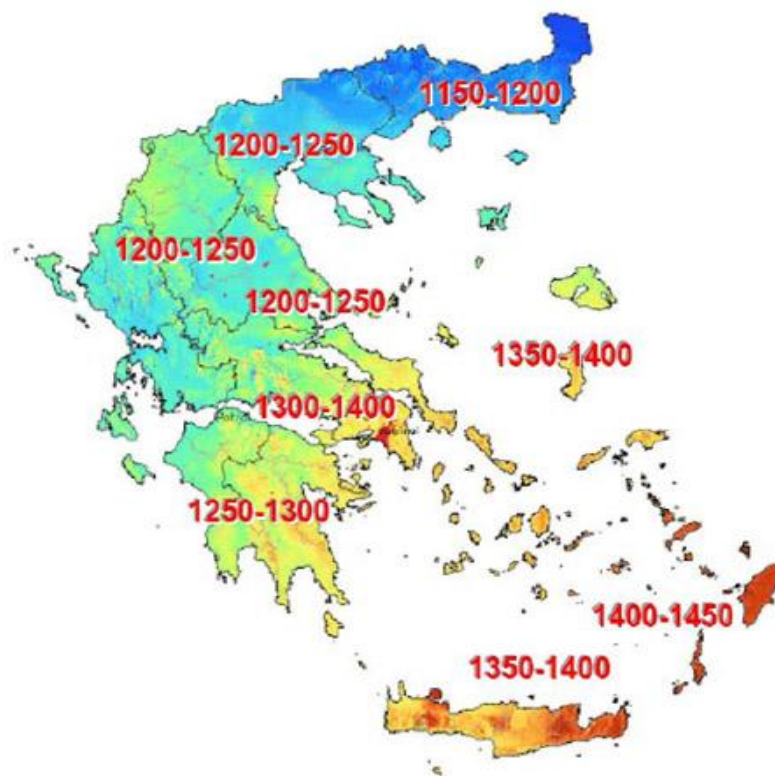
1. Επιλογή της κρίσιμης χρονικής περιόδου για την αξιόπιστη λειτουργία του συστήματος.
2. Εκτίμηση της μέσης ηλεκτρικής κατανάλωσης που ζητείται να ικανοποιεί το σύστημα.
3. Υπολογισμός της μέσης διαθέσιμης ηλιακής ενέργειας στην υπόψη τοποθεσία, στην επιλεγμένη χρονική περίοδο και για την βέλτιστη κλίση των συλλεκτών.
4. Υπολογισμός της απαιτούμενης συνολικής επιφάνειας ή της συνολικής ισχύος αιχμής των Φ/β συλλεκτών και εύρεση του αντίστοιχου πλήθους και της κατάλληλης συνδεσμολογίας των τυποποιημένων Φ/β πλαισίων ή πανέλων.
5. Επιλογή συσσωρευτών αποθήκευσης της ηλεκτρικής ενέργειας (αν η εφαρμογή το κρίνει απαραίτητο και ανάλογα με το ποσοστό της επιθυμητής αυτονομίας).
6. Υπόδειξη των διαφόρων αναγκαίων διατάξεων ρύθμισης και ελέγχου, και της ισχύος της βοηθητικής ενεργειακής πηγής.

4.3.1 Παράμετροι σχεδιασμού

- ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Δεν έχουν όλες οι περιοχές του πλανήτη κατάλληλη ηλιοφάνεια που να καταστεί συμφέρουσα και αποδοτική της εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Βέβαια η Ελλάδα είναι ιδιαίτερα ευνοημένη σε θέματα ηλιοφάνειας καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, αλλά αξίζει να αναφέρουμε ότι υπάρχουν διαφορές από περιοχή σε περιοχή. Το ηλιακό δυναμικό της Ελλάδος φαίνεται στα παρακάτω σχήματα:



4.8-4.9 Ηλιακό δυναμικό της Ελλάδας.

Ένα Φ/Β σύστημα στην Ελλάδα παράγει εν γένει ετησίως 1100-1500 KWH ανά εγκατεστημένο KW. Εννοείται ότι στις νότιες και πιο ηλιόλουστες περιοχές της χώρας μας, ένα Φ/Β παράγει περισσότερο ηλιακό ηλεκτρισμό απ' ότι στις βόρειες. Για παράδειγμα, αναφέρουμε την ετήσια απόδοση ενός Φ/Β συστήματος, ανάλογα την περιοχή που θα το εγκαταστήσουμε:

Αθήνα 1300-1400 KWH/έτος/KW
Θεσσαλονίκη 1150-1250 KWH/έτος/KW
Κρήτη ή Ρόδο 1350-1500 KWH/έτος/KW
Ζάκυνθος 1350-1450 KWH/έτος/KW.

- ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΚΑΙ ΧΩΡΟΤΑΞΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ

Γενικά στα περιβαλλοντικά και χωροταξικά θέματα εντάσσονται διάφορες τεχνικές παράμετροι και περιορισμοί που πρέπει να πληρούνται για να είναι η εγκατάσταση και λειτουργία ένα φωτοβολταϊκού συστήματος σε ένα κτίριο εφικτή και αποδοτική. Επίσης λαμβάνονται υπ όψη περιβαλλοντικά θέματα, όπως η αισθητική κάποιων περιοχών και πως αυτή επηρεάζεται από την εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος, ηχορύπανση (συνήθως από ανεμογεννήτριες) ή τα κατάλοιπα μιας γεωθερμικής εκμετάλλευσης ή μιας μονάδας που λειτουργεί με βιοκαύσιμα.

- ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ Φ/Β ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ

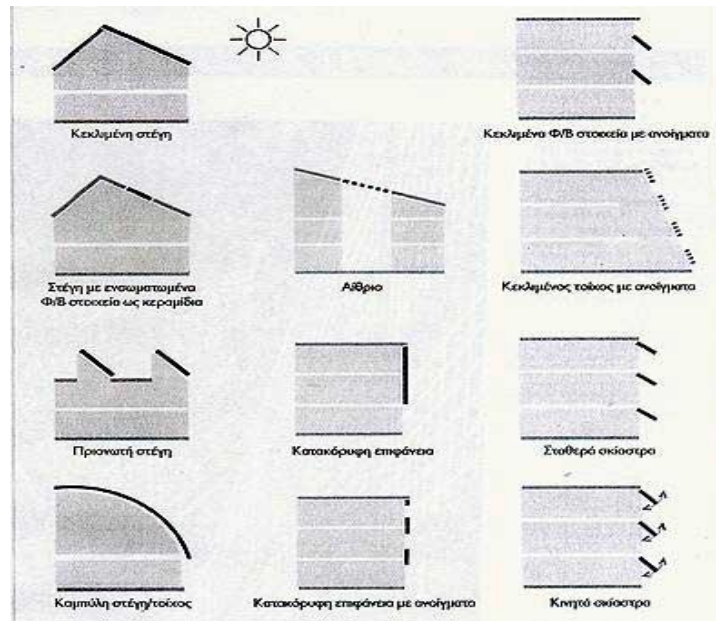
Τα Φ/Β μπορούν να τοποθετηθούν σε οικόπεδα, στέγες (επίπεδες ή κεκλιμένες) ή και σε προσόψεις κτιρίων. Παρέχονται σε διάφορα μεγέθη και μπορούν να υποκαταστήσουν τμήμα μιας κεραμοσκεπής (μειώνοντας αντίστοιχα και το κόστος της) ή τα υαλοστάσια σε μια πρόσοψη ή να χρησιμοποιηθούν σαν φωταγωγοί . Ήδη παράγονται και Φ/Β κεραμίδια που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη θέση των κανονικών κεραμιδιών. Τα Φ/Β μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν ως σκίαστρα πάνω από παράθυρα (βοηθώντας έτσι και στη μείωση των εξόδων κλιματισμού). Επίσης σε πέργκολες και στέγαστρα χώρων στάθμευσης.

Παρέχονται σε διάφορα χρώματα (κατόπιν παραγγελίας) και σε διάφορα πάχη διαφάνειας για ειδικές αρχιτεκτονικές εφαρμογές. Διατίθενται επίσης διαφανή Φ/Β πλαίσια, για προσόψεις εμπορικών κτιρίων, με θερμομονωτικές ιδιότητες αντίστοιχες με αυτές των τζαμιών χαμηλής εκπομπής (τζάμια που δεν επιτρέπουν να εκπέμπεται η θερμοκρασία από το εσωτερικό ενός χώρου και να χάνεται προς το εξωτερικό περιβάλλον). Έτσι επιτυγχάνουν πέρα από την ηλεκτροπαραγωγή και εξοικονόμηση ενέργειας 15-30% σε σχέση με κτίριο με συμβατικά τζάμια.

Για την τοποθέτηση των Φ/Β πλαισίων σε ένα κτίριο, υπάρχουν 4 βασικοί τρόποι:

- α) Τοποθέτηση σε κεκλιμένα στηρίγματα
- β) Τοποθέτηση σε ειδική βάση προσαρμοζόμενη στο εξωτερικό του κελύφους,
- γ) Απ' ευθείας τοποθέτηση και
- δ) Ενσωμάτωση των Φ/Β στο κέλυφος του κτιρίου.

Τα Φ/Β μπορεί να είναι με ή χωρίς πλαίσιο (συνήθως από αλουμίνιο). Τα πρώτα χρησιμοποιούνται σε κεκλιμένες στέγες (ενσωματωμένα ή πρόσθετα) ή σε επίπεδες οροφές, ενώ τα δεύτερα σε προσόψεις (σαν κοινό τζάμι) ή τοιχώματα.



4.10 Διάφορες δυνατότητες τοποθέτησης Φ/Β συστημάτων πάνω σε ένα κτίριο φαίνονται στο επόμενο σχήμα:

Σύστημα εγκατεστημένο σε επικλινή στέγη



Σύστημα εγκατεστημένο σε επίπεδη στέγη



4.11 Εφαρμογές φωτοβολταϊκών πλαισίων σε κτίρια

4.3.2 Βασικές προϋποθέσεις για την εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος

1. Σκίαση

Πρέπει να υπάρχει επαρκής, ελεύθερος και ασκίαστος χώρος. Χονδρικά αναφέρουμε στο σημείο αυτό ότι απαιτούνται περίπου $8 \text{ m}^2/\text{KW}$ για μονοκρυσταλλικά Φ/Β πλαίσια, $10\text{m}^2/\text{KW}$ για πολυκρυσταλλικά και περίπου το διπλάσιο για τα άμορφα.

2. Προσανατολισμός

Τα Φ/Β πρέπει να έχουν Νότιο προσανατολισμό. Αν τοποθετηθούν σε κάθετη επιφάνεια, ο προσανατολισμός είναι καλύτερα να είναι Νοτιοανατολικός ή Νοτιοδυτικός. Αν είναι κεκλιμένα, μια μεγαλύτερη ποικιλία προσανατολισμών θα δίνει ανεκτά ενεργειακά αποτελέσματα.

3. Κλίση

Μία κεκλιμένη Φ/Β μονάδα θα δέχεται περισσότερο φως από μία κατακόρυφη. Κάθε γωνία μεταξύ της ορθής και αυτής των 15° μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Οι 15° προτείνονται για να επιτρέπουν στη βροχή να ξεπλένει τη σκόνη. Η βέλτιστη γωνία είναι 30° - 40° για ένα Φ/Β που βλέπει Νότια. Κανονικά πρέπει να είναι ίση με το γεωγραφικό πλάτος του τόπου στον οποίο εγκαθίσταται.

4. Βάρος

Ένα πλήρες Φ/Β ζυγίζει 15 - 20 kg/m^2 . Αυτό δεν αποτελεί ιδιαίτερο πρόβλημα, αλλά καλό είναι να το γνωρίζουμε και να ληφθεί υπ' όψη αν πρόκειται να τοποθετηθεί στη στέγη ή στις πλευρές ενός κτιρίου.

5. Αερισμός

Η αύξηση της θερμοκρασίας ελαττώνει την απόδοση, γι' αυτό η πίσω μεριά των φωτοβολταϊκών πλαισίων θα πρέπει να αερίζεται επαρκώς.



4.12 Φωτογραφία φωτοβολταϊκών πλαισίων σε κτίριο με επίπεδη οροφή

4.4 Καταγραφή των ενεργειακών αναγκών του καταναλωτή

Σημαντικό μέρος για το σωστό σχεδιασμό και την υλοποίηση μιας μελέτης εγκατάστασης ενός φωτοβολταϊκού συστήματος αποτελεί η εκτίμηση των ηλεκτρικών καταναλώσεων του συστήματος. Ένα φωτοβολταϊκό σύστημα μπορεί να τροφοδοτεί μια μόνο αυτόνομη κατανάλωση (π.χ. ένας φάρος) ή να δρα επικουρικά με το δίκτυο σε ένα πλήθος διασυνδεδεμένων καταναλώσεων (π.χ. τα φορτία ενός αγροκτήματος ή μιας βιοτεχνίας).

Στον παρακάτω πίνακα απαριθμούνται διάφορες ενδεχόμενες χρήσεις ηλεκτρικής ενέργειας σε ηλεκτρικές συσκευές που απαντώνται σε μια οικιακή εγκατάσταση, αλλά και σε ένα αγρόκτημα ή μια μικρή βιοτεχνία.

Συσκευή	Ισχύς	Ώρες λειτουργίας	Ηλεκτρική κατανάλωση
Φώτα	1,0 kW	3,0 h	3,0 kWh
Ψυγείο	0,5 kW	24,0 h	2,7 kWh
Τηλεόραση	0,2 kW	4,0 h	0,8 kWh
Πλυντήριο	3,5 kW	0,2 h	0,7 kWh
Αντλίες	5,0 kW	12,0 h	60,0 kWh
Σύνολο	10,2 kW		67,2 kWh

Συχνά είναι χρήσιμο να γίνεται μελέτη ταυτοχρονισμού των καταναλώσεων της εγκατάστασης έτσι ώστε να μπορεί να υπολογιστεί με ακρίβεια η μέγιστη ισχύ στη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας. Η αναλυτική καταγραφή των ενεργειακών αναγκών της εγκατάστασης, καθώς και το επιδιωκόμενο ποσοστό αυτονομίας από το

διασυνδεδεμένο δίκτυο βοηθούν στον λεπτομερή σχεδιασμό. Διαχωρίζουμε ορισμένες χαρακτηριστικές περιπτώσεις:

1. Επιθυμούμε όσο το δυνατό μεγαλύτερη αυτονομία από το δίκτυο. Υπολογίζουμε τα κυμαινόμενα φορτία και φροντίζουμε να τα καλύπτει το φωτοβολταϊκό σύστημα που θα τοποθετήσουμε. Τα φορτία αιχμής θα τα καλύπτουμε παίρνοντας ενέργεια από το δίκτυο. Αν προέχει η αδιάλειπτη παροχή ηλεκτρικής ενέργειας τοποθετούμε συστοιχίες μπαταριών για να αποθηκεύουμε την πλεονάζουσα παραγόμενη ενέργεια. Σε αντίθετη περίπτωση μπορούμε να γλιτώσουμε το κόστος αγοράς και συντήρησης των μπαταριών και να πουλάμε την πλεονάζουσα ηλεκτρική ενέργεια στη ΔΕΗ.
2. Επιθυμούμε το φωτοβολταϊκό σύστημα να δρα επικουρικά με το δίκτυο και δεν μας ενδιαφέρει ο μεγάλος βαθμός αυτονομία. Υπολογίζουμε τα φορτία βάσης της εγκατάστασης και φροντίζουμε το φωτοβολταϊκό σύστημα να καλύπτει όσο γίνεται μεγαλύτερο μέρος τους. Στην περίπτωση αυτή δεν υπάρχει πλεονάζουσα ηλεκτρική ενέργεια, άρα η αγορά και χρήση συσσωρευτών κρίνεται περιττή.

4.5 Οικονομοτεχνική μελέτη

Για την πλήρη οικονομοτεχνική μελέτη με λεπτομερειακό σχεδιασμό ενός διασυνδεδεμένου συστήματος που παράγει ενέργεια από φωτοβολταϊκά πλαίσια χρειάζονται πολλά τεχνικά αλλά και οικονομικά δεδομένα, όπως:

- Η εκτίμηση για ενδεχόμενες μελλοντικές επεκτάσεις της εγκατάστασης.
- Η απαιτούμενη αξιοπιστία του συστήματος.
- Ο ακριβής υπολογισμός των απωλειών του συστήματος.
- Το κόστος τοποθέτησης του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με φωτοβολταϊκά.
- Το κόστος κτίσης των φωτοβολταϊκών πλαισίων, καθώς και ο χρόνος ζωής τους για να υπολογιστεί η απόσβεση της εγκατάστασης.
- Οι δαπάνες διαμόρφωσης του χώρου που θα τοποθετηθούν τα επιμέρους τμήματα του συστήματος (φωτοβολταϊκά πλαίσια, μπαταρίες, συστήματα ελέγχου, μετρητές, αντιστροφείς κτλ).
- Δαπάνη αντικεραυνικής προστασίας του συστήματος.
- Η ηλιακή ενέργεια

Από τους χάρτες που παριστάνουν το ηλιακό δυναμικό μπορούμε να υπολογίσουμε την ηλιακή ακτινοβολία και τη θερμοκρασία της περιοχής στην οποία θα εγκατασταθεί το φωτοβολταϊκό σύστημα. Με δεδομένο ότι η ηλιακή ακτινοβολία αλλάζει από μήνα σε μήνα σε κάθε περιοχή, επιλέγουμε την κατάλληλη γωνία κλίσης για τα φωτοβολταϊκά πλαίσια έτσι ώστε να πετύχουμε την αποδοτικότερη λειτουργία τους καθ' όλη τη διάρκεια του ημερολογιακού έτους. Κανονικά η κλίση των πλαισίων πρέπει να είναι ίση με το γεωγραφικό πλάτος του τόπου στον οποίο εγκαθίσταται, αλλά σε αρκετές περιπτώσεις υπάρχουν κατασκευαστικοί περιορισμοί που δεν μας επιτρέπουν να υλοποιήσουμε αυτή τη γωνία. Βέβαια υπάρχουν και περιπτώσεις που μπορούν να τοποθετηθούν φωτοβολταϊκά πλαίσια με δυνατότητα μεταβολής της γωνία κλίσης και έτσι να επιτυγχάνουμε μεγιστοποίηση της απόδοσης.

- Φωτοβολταϊκό πλαίσιο

Η τάση και η ισχύς των Φ/β στοιχείων είναι πολύ μικρή για να τροφοδοτήσει ένα συνηθισμένο καταναλωτή. Γι αυτό το λόγο πολλά Φ/β στοιχεία συνδέονται σε συστοιχίες σε ένα πλαίσιο, σε σειρά και παράλληλα με κοινή ηλεκτρική έξοδο με τα επιθυμητά ηλεκτρικά χαρακτηριστικά.

Τα χαρακτηριστικά κάθε πλαισίου είναι:

1. **Η μέγιστη ισχύς (PEAK POWER).** Είναι η ισχύς που θα δώσει το πλαίσιο όταν φωτίζεται με ένταση ηλιακής ακτινοβολίας 1000W σε κάθε τετραγωνικό μέτρο, όταν η θερμοκρασία του πλαισίου είναι 25 °C. Είναι φανερό ότι η ισχύς που θα δώσει ένα πλαίσιο εξαρτάται από το εμβαδόν του, το είδος του που καθορίζει την απόδοση του και από την θερμοκρασία.
2. **Η τάση λειτουργίας του πλαισίου (operating voltage).** Τα περισσότερα πλαίσια που κυκλοφορούν σήμερα στην αγορά είναι κατασκευασμένα ώστε να παρέχουν τάση λίγο μεγαλύτερη από 12 V και έτσι μπορούν να φορτίζουν μπαταρίες των 12 V.
3. **Το ρεύμα λειτουργίας του πλαισίου (operating current).** Είναι το ρεύμα που καθορίζεται από την μέγιστη ισχύ που παρέχει το πλαίσιο και την τάση που δημιουργείται στα άκρα του.

- Ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος

Όπου η εφαρμογή το απαιτεί, το σύστημα συμπληρώνεται με μια βοηθητική πηγή ηλεκτροπαραγωγής για την αντιμετώπιση ανώμαλων καταστάσεων, όπως μια σοβαρή βλάβη του συστήματος, ένα υπερβολικά παρατεταμένο διάστημα συνεχούς συννεφιάς κ.λ.π. Συνήθως για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος που καίνε πετρέλαιο ή βενζίνη και μπορούν να λειτουργούν ανεξάρτητα ή και παράλληλα με τη φωτοβολταϊκή γεννήτρια και το δίκτυο.

Η ισχύς του ζεύγους πρέπει να επαρκεί για την ηλεκτροδότηση των καταναλώσεων πρώτης προτεραιότητας καθώς και για τη φόρτιση των συσσωρευτών του συστήματος διαμέσου ενός ανορθωτή, μέσα σε ένα σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα, π.χ. σε δύο 24ωρα.

- Καταναλωτής (Load)

Ο όρος καταναλωτής ή φορτίο περιλαμβάνει όλες τις ηλεκτρικές συσκευές του συστήματος που πρέπει να λειτουργήσουν με την ηλεκτρική ενέργεια που παρέχουν τα φωτοβολταϊκά πλαίσια. Για να είναι σωστά σχεδιασμένο ένα Φ/β σύστημα, θα πρέπει η ποσότητα της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνουν όλες οι συσκευές του σε ένα μήνα, να είναι ίση ή μικρότερη από την ποσότητα της ηλεκτρικής ενέργειας που παρέχει το Φ/β σύστημα στην ίδια χρονική περίοδο. Ο σωστός σχεδιασμός προϋποθέτει τη γνώση των πιο κάτω χαρακτηριστικών κάθε ηλεκτρικής συσκευής.

1. Το είδος της τάσης λειτουργίας: Αν είναι δηλαδή συνεχής ή εναλλασσόμενη και σε περίπτωση εναλλασσόμενης να είναι γνωστή η συχνότητα για την κανονική λειτουργία της.
2. Η τιμή της κανονικής τάσης λειτουργίας:
3. Η ισχύς που καταναλώνει υπό την κανονική τάση λειτουργίας:

- Μετατροπέας συνεχούς - εναλλασσόμενου (INVERTER)

Η συσκευή αυτή είναι απαραίτητη για τη μετατροπή του συνεχούς (D.C) ρεύματος σε εναλλασσόμενο (A.C) για να μπορούν να λειτουργούν οι διάφορες συσκευές – καταναλώσεις οικιακής χρήσης. Ο μετατροπέας λειτουργεί με τη χρήση ημιαγωγικών διακοπτικών στοιχείων, η απόδοση του είναι πολύ μεγάλη, η συντήρησή του πολύ εύκολη και η ανάγκη για επιδιόρθωση πολύ σπάνια.

4.6 Χαρακτηριστικά μετατροπέα Φ/β συστήματος διασυνδεδεμένου με δίκτυο

Τα κύρια χαρακτηριστικά που πρέπει να έχει ένας μετατροπέας ενός διασυνδεδεμένου φωτοβολταϊκού συστήματος με το δίκτυο είναι δύο: Πρώτον να έχει απόδοση που είναι γύρω στο 90-95% και δεύτερο να μπορεί να μετατρέψει πλήρως τη συνεχή τάση των φωτοβολταϊκών πλαισίων σε εναλλασσόμενη, γιατί λειτουργεί με βάση το σήμα που παίρνει από το ηλεκτρικό δίκτυο. Θα πρέπει επίσης να έχει μεγάλη ισχύ για να μπορεί να μετατρέπει σε εναλλασσόμενη όλη την ισχύ που παράγουν τα Φ/β πλαίσια, καθώς και να μπορεί να αντεπεξέλθει σε περιπτώσεις πολύ μεγαλύτερων τιμών ισχύος που μπορεί να εμφανισθούν κατά τη διάρκεια ειδικών καιρικών συνθηκών. Για παράδειγμα, μεγάλη ισχύς μπορεί να δημιουργηθεί όταν ορισμένα σύννεφα που, λειτουργώντας σαν φακός, προκαλούν μεγαλύτερη συγκέντρωση ηλιακής ακτινοβολίας στα Φ/β πλαίσια από τη κανονική.

Ένα πλεονέκτημα του μετατροπέα που συνδέεται με το κεντρικό δίκτυο είναι ότι δεν χρειάζεται να αντιμετωπίσει τις μεγάλες τιμές ρεύματος που απαιτούνται για το ξεκίνημα ενός κινητήρα. Σε τέτοιες περιπτώσεις υπάρχει η δυνατότητα τα υψηλά ρεύματα να παρέχονται από το δίκτυο. Και σε αυτή την περίπτωση όμως ο μετατροπέας πρέπει να έχει σταθερή απόδοση σε πολύ μεγάλη περιοχή τιμών ισχύος.

Άλλο χαρακτηριστικό που πρέπει να έχει ένας τέτοιος μετατροπέας είναι η ικανότητα να προσαρμόζει τη λειτουργία του υπό τέτοια τάση, ώστε με οποιοσδήποτε συνθήκες, η ισχύς εξόδου να είναι πάντα η μέγιστη. Γενικά, η καλή απόδοση και η ικανότητα του μετατροπέα να χρησιμοποιεί τη μέγιστη ισχύ που παράγουν τα Φ/β πλαίσια έχει πολύ μεγάλη σημασία γιατί έχει σχέση με το οικονομικό όφελος του ιδιοκτήτη του Φ/β συστήματος.

Επειδή η ηλεκτρική ενέργεια είναι δυνατό να διατεθεί δια μέσου του ηλεκτρικού δικτύου, η μορφή του ηλεκτρικού ρεύματος που δίνει ο μετατροπέας πρέπει να είναι ημιτονοειδής όπως ακριβώς το ρεύμα που κυκλοφορεί στο ηλεκτρικό δίκτυο. Πραγματικά, με την αλματώδη ανάπτυξη της φυσικής της στερεάς κατάστασης της ύλης, αλλά και των τεχνολογιών παλμοδότησης των ημιαγωγικών στοιχείων, έχουν κατασκευασθεί μετατροπείς που δίνουν σχεδόν τέλεια ημιτονοειδή τάση με ελάχιστα αρμονικά σήματα να την παραμορφώνουν. Το αποτέλεσμα είναι ότι η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται με αυτό τον τρόπο δεν προκαλεί προβλήματα στη λειτουργία των κινητήρων και είναι πλήρως συμβατή με το ηλεκτρικό δίκτυο.

Ένας άλλος παράγοντας που λαμβάνεται υπόψη είναι ο συντελεστής ισχύος. Στην ιδανική περίπτωση ο συντελεστής αυτός πρέπει να είναι ίσος με τη μονάδα. Αυτό σημαίνει ότι η τάση και το ρεύμα παίρνουν συγχρόνως τη μέγιστη τους τιμή και

ότι όλη η ισχύς εξόδου του μετατροπέα είναι ίση με την ισχύ που καταναλώνει το φορτίο. Τελευταία έχουν κατασκευασθεί μετατροπείς που επιτυγχάνουν πολύ καλές τιμές συντελεστή ισχύος της τάξης του 0,95.

Τέλος για την εκλογή του μετατροπέα θα πρέπει να προσεχθεί ώστε κατά τη λειτουργία του να μην προκαλεί εκπομπή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Αυτά είναι δυνατό να επηρεάσουν τη λειτουργία συσκευών όπως είναι οι τηλεοράσεις, τα ραδιόφωνα, τα τηλέφωνα και οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές.

- Οδηγίες Λειτουργίας και Συντήρησης

Δεν πρέπει σε καμία περίπτωση να παραλείψουμε να διατυπώσουμε μερικές στοιχειώδεις οδηγίες λειτουργίας και συντήρησης για την καλή και αποδοτική λειτουργία του φωτοβολταϊκού συστήματος και τη συνεργασία του με το δίκτυο ηλεκτροδότησης.

1. Καθαρισμός των επιφανειών των συλλεκτών μία φορά το μήνα.
2. Αναπροσαρμογή της κλίσης των συλλεκτών αν αυτό κρίνεται απαραίτητο.
3. Έλεγχος και ενδεχόμενη συμπλήρωση της στάθμης του ηλεκτρολύτη στους συσσωρευτές κάθε τρεις μήνες.
4. Δοκιμαστική λειτουργία του ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους κάθε εβδομάδα



4.13 Μετατροπέας συνδεδεμένος στο δίκτυο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

5.1 Ενδεικτική μελέτη-Υπολογισμοί

Για την υλοποίηση της εγκατάστασης μας θα χρησιμοποιήσουμε:

5.1.1 Panel μονοκρυσταλικά της εταιρίας Bioenergy.

BIO 210-230 M

BIOENERGY Solar Photovoltaic Panels stand for quality, durability and most importantly, high-performance. Our experience, capacity of research, continuing development and improvement, have turned us into a company recognized in the sector for the high value offered to our clients through our efficient rendering of services and, especially, for the high quality of our products.

Los paneles solares BIOENERGY representan calidad, durabilidad y lo más importante, alto rendimiento. Nuestra experiencia, la capacidad de investigación, el desarrollo y la mejora continua, nos han convertido en una compañía reconocida en el sector por el alto valor que ofrecemos a nuestros clientes. A través de nuestra eficiente prestación de servicios y sobre todo, por la gran calidad de nuestros productos.



Warranties / Garantías:

Product / Producto, 10 years / 10 años

Performance / Producción:

90% during the first 10 years.

Min. 80% during the first 25 years.

10 primeros años al 90% de rendimiento.

25 primeros años al menos 80%.

Electrical Characteristics.

	210	215	220	225	230
Reference	BIO-210M	BIO-215M	BIO-220M	BIO-225M	BIO-230M
Maximum Power (Wp)	210 Wp	215 Wp	220 Wp	225 Wp	230 Wp
Maximum Power (Vmax)	27.60	27.90	28.20	28.60	29.10
Maximum Power (Imax)	7.60	7.70	7.80	7.85	7.90
Open circuit voltage (Voc)	33.00	33.30	33.70	33.90	34.40
Short circuit voltage (Isc)	8.48	8.60	8.70	8.85	8.90
Module eff (%)	14.3	14.6	15.0	15.3	15.6
Operating temperature	-40 °C + 85 °C				
Maximum System Voltage	1000V DC				
Power tolerance (%)	±3 %				

Mechanical Characteristics.

Solar Cells	Mono – crystalline
Dimensions	1482 x 992 x 40 mm
Weight	17 kg
N° Cells	54 cells (156 x 156 mm) configured geometrically for 6 x 9 matrix connected in series
Output cables lengths	900 mm
Cable cross section size	4 mm ²
Construction	Front: High transmission 3.2 mm tempered glass. Low Iron.
Junction box	3 bypass
Connectors	MC4 compatible

5.1.2 Χαρακτηριστικά Inverter.

SUNNY BOY 4000TL

Είσοδος DC

Μέγιστη ισχύς DC σε $\cos \varphi = 1$	3 200 W
Μέγιστη τάση DC*	550 V
Εύρος τάσης MPP σε ονομαστική ισχύ AC	188 V ... 440 V
Ονομαστική τάση DC	400 V
Ελάχιστη τάση DC	125 V
Αρχική τάση, ρυθμιζόμενη	150 V
Μέγιστο ρεύμα εισόδου	17 A
Μέγιστο ρεύμα εισόδου ανά στοιχειοσειρά	17 A
Αριθμός ανιχνευτών Σημείου Μέγιστης Ισχύος (MPP-Tracker)	1
Στοιχειοσειρές ανά ανιχνευτή σημείου μέγιστης ισχύος MPP-Tracker	2

Έξοδος AC

Ονομαστική ισχύς AC στα 230 V, 50 Hz	3 000 W
Μέγιστη φαινομενική ισχύς AC	3 000 VA
Ονομαστική τάση AC	220 V/230 V/240 V
Ονομαστικό ρεύμα AC 220 V/230 V/240 V	13,6 A/13 A/12,5 A
Μέγιστο ρεύμα AC	16 A
Συντελεστής θορύβου του ρεύματος εξόδου με Τάση θορύβου AC < 2 %, Ισχύς AC > 0,5 ονομαστική ισχύς AC	≤ 3 %
Εύρος τάσης AC*	180 V ... 280 V
Συχνότητα δικτύου AC*	50 Hz/60 Hz
Εύρος λειτουργίας σε συχνότητα δικτύου AC 50 Hz	45 Hz ... 55 Hz
Εύρος λειτουργίας σε συχνότητα δικτύου AC 60 Hz	55 Hz ... 65 Hz
$\cos \varphi$ σε ονομαστική ισχύ AC	1
Φάσεις τροφοδοσίας	1
Φάσεις σύνδεσης	1
Κατηγορία υπέρτασης**	III

* Ανάλογα τη ρύθμιση χώρας

** Σταθερότητα υπέρτασης σύμφωνα με το IEC 60664-1

Συστήματα προστασίας

Προστασία αντιστροφής πόλων DC	Δίοδος βραχυκύκλωσης
Διάταξη απομόνωσης όλων των πόλων DC	Electronic Solar Switch, Βύσμα DC SUNCLIX
Προστασία υπέρτασης DC	Θερμικά επιτηρούμενα βαρίστορ
Αντοχή σε βραχυκύκλωμα AC	Ρύθμιση ρεύματος
Διάταξη απομόνωσης όλων των πόλων AC	Αυτόνομη θέση μεταγωγής SMA Grid Guard 3
Μέγιστη επιτρεπτή ασφάλεια	32 A
Προστασία προσωπικού	Επιτήρηση απομόνωσης: $R_{iso} > 1 \text{ M}\Omega$, Μονάδα επιτήρησης ρευμάτων διαρροής ευαίσθητη σε όλα τα ρεύματα

Κλιματικές συνθήκες σύμφωνα με το IEC 60721-3-4, τοποθέτηση τύπου C, κατηγορία 4K4H

Διευρυμένο εύρος τιμών θερμοκρασίας	- 25 °C ... +60 °C
Διευρυμένο εύρος τιμών υγρασίας αέρα	0 % ... 100 %
Διευρυμένο εύρος τιμών ατμοσφαιρικής πίεσης	79,5 kPa ... 106 kPa

Κλιματικές συνθήκες σύμφωνα με το IEC 60721-3-4, μεταφορά τύπου E, κατηγορία 2K3

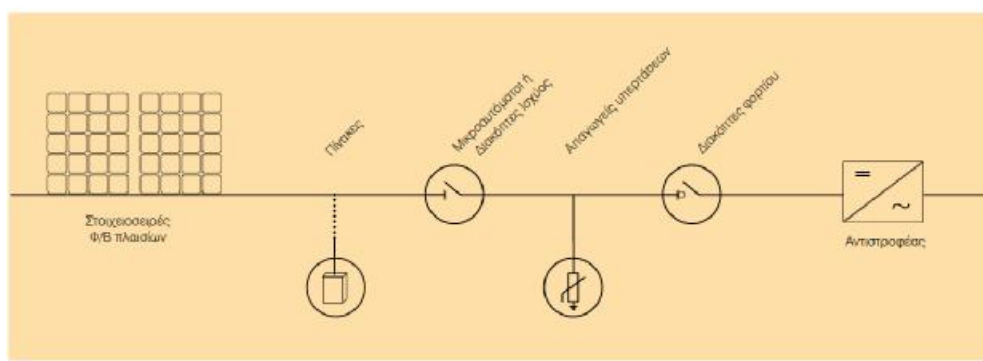
Εύρος θερμοκρασιών	- 25 °C ... +70 °C
--------------------	--------------------

Γενικά στοιχεία

Πλάτος x ύψος x βάθος, με Electronic Solar Switch	470 mm x 480 mm x 180 mm
Βάρος	25 kg
Μήκος x πλάτος x ύψος της συσκευασίας	594 mm x 594 mm x 360 mm
Βάρος μεταφοράς	28 kg
Εύρος θερμοκρασιών λειτουργίας	- 25 °C ... +60 °C
Μέγιστο υψόμετρο λειτουργίας από το επίπεδο της θάλασσας	2 000 m
Εκπομπή θορύβου, τυπική	≤ 29 dB(A)
Ιδιοκατανάλωση κατά τη νυχτερινή λειτουργία	< 0,5 W
Τοπολογικά στοιχεία	χωρίς μετασχηματιστή
Τρόπος ψύξης	OptiCool: ανεμιστήρας με έλεγχο θερμοκρασίας
Είδος προστασίας ηλεκτρονικού συστήματος*	IP65
Είδος προστασίας εύρους σύνδεσης*	IP54
Κατηγορία προστασίας**	I

5.1.3 Ηλεκτρολογικό υλικό:

Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται η βασική δομή μιας εγκατάστασης Φ/Β με όλα τα απαραίτητα μέσα για την πλήρη προστασία της. Οι λειτουργίες των διακοπών ισχύος, των απαγωγέων υπερτάσεων (αντικεραυνικά) καθώς και των διακοπών φορτίου (απομόνωσης) συνδυαζόμενες μεταξύ τους δημιουργούν ένα αδιαπέραστο εμπόδιο ικανό να αποτρέψει επικίνδυνες βλάβες ή δυσλειτουργίες. Τα περισσότερα από αυτά τα προϊόντα μπορούν να εγκατασταθούν και σε ράγα DIN διευκολύνοντας πολύ την εγκατάσταση.



5.1 Εξοπλισμός για την προστασία Φ/Β συστημάτων

5.1.4 Μικροαυτόματοι (MCB's)

Αυτόματοι διακόπτες ισχύος ανοιχτού ή κλειστού τύπου (ACB's ή MCCB's)

Οι μικροαυτόματοι και οι αυτόματοι διακόπτες ισχύος προστατεύουν μια ηλεκτρική εγκατάσταση από υπερφόρτιση ή βραχυκύκλωμα. Στο κύκλωμα συνεχούς τάσης του Φ/Β συστήματος (DC πλευρά), οι μικροαυτόματοι προστατεύουν κάθε στοιχειοσειρά Φ/Β πλαισίων (string) από ρεύματα ανάστροφης φοράς καθώς επίσης και από την έγχυση εναλλασσόμενου ρεύματος (AC) στο κύκλωμα συνεχούς σε πιθανή βλάβη του αντιστροφέα (inverter).

Κάθε στοιχειοσειρά Φ/Β πλαισίων (ηλιακοί συλλέκτες) πρέπει να προστατεύεται ξεχωριστά ώστε να εξασφαλίζεται ο περιορισμός του σφάλματος μόνο σε εκείνη τη στοιχειοσειρά που αντιμετωπίζει το πρόβλημα, επιτρέποντας την κανονική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από την υπόλοιπη εγκατάσταση. Μετά τη διόρθωση του σφάλματος είναι εφικτή η επαναλειτουργία της στοιχειοσειράς, είτε χειροκίνητα είτε με τηλεχειρισμό. Η ευκολία με την οποία μπορεί να απομονωθεί ηλεκτρικά, για λόγους συντήρησης ή επέκτασης, κάποιο μέρος του συστήματος αποτελεί ένα ακόμη σημαντικό πλεονέκτημα.

S800PV-S: Τεχνικά χαρακτηριστικά

Όνομαστικό ρεύμα	10 ... 125 A
Όνομαστική τάση	2-πολικός: έως 800 VDC (γειωμένο και αγείωτο σύστημα) 3-πολικός: έως 1.200 VDC (γειωμένο σύστημα) 4-πολικός: έως 1.200 VDC (αγείωτο σύστημα)
Θερμοκρασία λειτουργίας	-25 ... +70 °C
Πρότυπα	IEC/EN 60947-2



5.1.5 Απαγωγείς υπερτάσεων (SPD's)

Τα Φ/Β πλαίσια και οι αντιστροφείς (inverters) είναι πολύ ευαίσθητα σε μεταβατικές υπερτάσεις και κρουστικά ρεύματα που προκαλούνται από κεραυνούς ή χειρισμούς μεγάλων διακοπών. Οι απαγωγείς υπερτάσεων (αντικεραυνικά) της ABB, για κυκλώματα συνεχούς τάσης, περιορίζουν αυτές τις υπερτάσεις, προστατεύοντας τον εξοπλισμό και αποτρέποντας περαιτέρω ζημιές στην εγκατάσταση.

Για το λόγο αυτό θα πρέπει πάντα να λαμβάνεται υπόψη, κατά τη διάρκεια σχεδιασμού μιας τέτοιας επένδυσης, ο κίνδυνος οικονομικών απωλειών λόγω ανεπαρκούς προστασίας.

OVR PV: Τεχνικά χαρακτηριστικά

Όνομαστική τάση	600 V, 1.000 VDC
Τάση προστασίας	- 2,8/1,4 kV 600 VDC - 3,8 kV 1.000 VDC
Μέγιστο ρεύμα παροχέτευσης	40 kA
Πρότυπα	IEC 61643-1/EN 61643-11
Για ονομαστικό ρεύμα μεγαλύτερο από 25 A χρειάζεται απαραίτητα η χρήση απαγωγέων υπερτάσεων 1.000 VDC με ασφαλειοαποζεύκτες E90 PV.	



5.1.6 Διακόπτες φορτίου κυκλωμάτων συνεχούς τάσης (DC)

Οι διακόπτες φορτίου κυκλωμάτων συνεχούς τάσης χρησιμοποιούνται για τη ζεύξη ή απόζευξη ενός κυκλώματος υπό φορτίο, με ονομαστική τάση λειτουργίας έως και 1.200 VDC σύμφωνα με τα πρότυπα IEC 60364-7-712, IEC 60947 για εγκαταστάσεις Φ/Β συστημάτων.

Ο εύκολος χειρισμός τους διευκολύνει τις εργασίες συντήρησης ή επέκτασης ενός κυκλώματος, αυξάνοντας τη χρηστικότητα της εγκατάστασης και καθιστώντας τους μια άριστη επένδυση.

S800PV-M: Τεχνικά χαρακτηριστικά

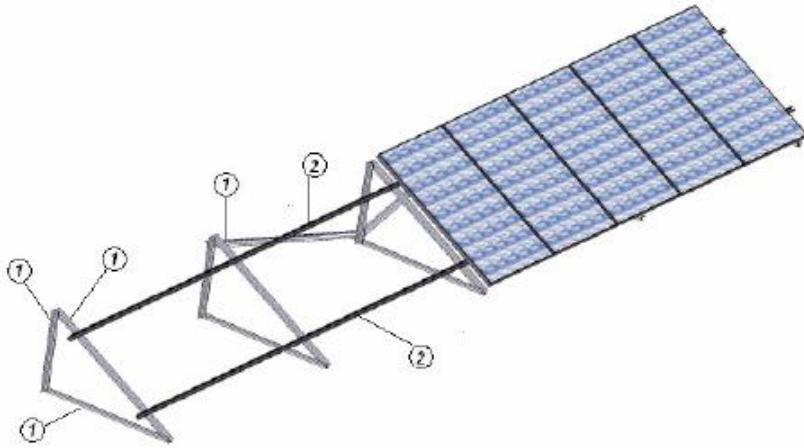
Όνομαστικό ρεύμα	32, 63, 125 A
Όνομαστική τάση	2-πολικός: έως 800 VDC (γειωμένο και αγείωτο σύστημα) 3-πολικός: έως 1.200 VDC (γειωμένο σύστημα) 4-πολικός: έως 1.200 VDC (αγείωτο σύστημα)
Πρότυπα	IEC 60947-3



5.1.7 Πίνακες

Οι πίνακες χρησιμοποιούνται τόσο στο κύκλωμα συνεχούς (DC) όσο και στο κύκλωμα εναλλασσόμενης (AC) τάσης. Συνιστάται να είναι κλάσης II και να διαθέτουν βαθμό προστασίας έναντι εισερχομένων σωματιδίων και υγρασίας IP 65, όταν τοποθετούνται σε εξωτερικούς χώρους. Ο εξοπλισμός εγκαθίσταται στο εσωτερικό τους είτε σε ράγες DIN είτε σε μεταλλικές βάσεις στήριξης.

5.1.8 Βάσεις στήριξης.



Εξαρτήματα τριγώνου

ΑΡ.ΤΕΜΑΧΙΟΥ	ΚΩΔΙΚΟΣ	ΣΧΕΔΙΟ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
1	SL05		Προφίλ Διαστάσεων 50x50x5 (πόδι κατασκευής, διαδοκίδες)
2	SL01		Τεγίδα Στήριξης Συλλεκτών Απλή (Light)
3	SL AP		Αποστάτης 5mm
4	DIN 6923		Παξιμάδι M10
5	M10X30		Βίδα M10x30
6	F10/30		Ροδέλα

Εξαρτήματα ολίσθησης

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΣΧΕΔΙΟ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
<i>SL06</i>		Κάτω Ενωτικό Τεγίδας (εξάρτημα 100 mm)
<i>SL08</i>		Άνω Ενωτικό Τεγίδας (εξάρτημα ολίσθησης 400 mm)
<i>M6X16</i>		Βίδα M6x16
<i>SL KAV</i>		Καβίλια

Εξαρτήματα στήριξης πάνελ

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΣΧΕΔΙΟ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
<i>SL02</i>		Ενδιάμεσο Ενωτικό Συλλεκτών (clamp)
<i>SL40-50</i>		Ακραίο Ενωτικό Συλλέκτη (clamp) (ύψη από 40 - 50 mm) Π.χ. κωδικός SL44 για ύψος 44mm
<i>SL KV</i>		Ταυ INOX M10X30
<i>DIN 6923</i>		Παξιμάδι M10
<i>SL EP</i>		Ελατηριωτό Παξιμάδι
<i>M8X25</i>		Βίδα M8x25 (για <i>SL40-50</i>)
<i>M8X50</i>		Βίδα M8x50 (για <i>SL02</i>)

[http(1) - Microsoft Word]

5.1.9 Καλωδιώσεις.

Η ηλεκτρολογική εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος απαιτεί τη χρήση καλωδίων DC και AC. DC καλώδια χρησιμοποιούνται για τη διασύνδεση των πάνελ μεταξύ τους και για τη σύνδεση των κλάδων/στοιχειοσειρών (string) με τις εισόδους του αντιστροφέα ενώ AC καλώδια ισχύος, συμβατικού τύπου, χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση των αντιστροφέων σε τριφασικό σύστημα και την τελική σύνδεση με τη ΔΕΗ. Τα καλώδια που χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση εν σειρά των Φ/Β πάνελ είναι συνήθως κατασκευασμένα για χρήση στον εξωτερικό χώρο. Η διατομή τους είναι συνήθως 4mm² για πάνελ κρυσταλλικού πυριτίου και ακόμη μικρότερη (της τάξης του 1,5mm²) για πάνελ άμορφου πυριτίου, λόγω του σημαντικά μικρότερου ρεύματος τους. Τα καλώδια αυτά είναι συνήθως μονοπολικά και με διπλή μόνωση, ώστε να αποφεύγονται σφάλματα μεταξύ του θετικού και του αρνητικού πόλου των Φ/Β πάνελ ή σφάλματα γης. Κατασκευάζονται επίσης πολύκλινα ώστε να διαθέτουν την απαραίτητη ευελιξία για τη σύνδεση τους, ενώ το μήκος τους κυμαίνεται γύρω



στο 1 μέτρο.

Το συχνά χρησιμοποιούμενο καλώδιο με μόνωση λάστιχο και μανδύα από νεοπρένιο τύπου H07 RN-F, στην τυπική (standard) έκδοση του επιτρέπεται σε θερμοκρασίες έως 60oC και έτσι είναι κατάλληλο για χρήση σε φωτοβολταϊκά συστήματα σε περιορισμένο εύρος. Για το σκοπό αυτό οι κατασκευαστές προχώρησαν στη δημιουργία ειδικών καλωδίων για φωτοβολταϊκές εφαρμογές (solar cables).

Τα κυριότερα χαρακτηριστικά τους είναι ότι είναι ανθεκτικά στις καιρικές συνθήκες και σε υπεριώδη (UV) ακτινοβολία με μεγαλύτερο εύρος θερμοκρασιών (της τάξης από -55oC έως 125oC). Επιπλέον κάποιοι κατασκευαστές προσφέρουν καλώδια με μεταλλικό πλέγμα για μεγαλύτερη προστασία από τα τρωκτικά και καλύτερη προστασία από υπερτάσεις. Οι διατομές των DC καλωδίων που χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση των Φ/Β πάνελ με τους αντιστροφείς κυμαίνονται συνήθως από 4-16mm². Ο ακριβής προσδιορισμός της διατομής εξαρτάται κυρίως από τις απώλειες του καλωδίου και όχι ιδιαίτερα από τη θερμική φόρτιση η οποία είναι μικρή, λόγω του μικρού σχετικά ρεύματος λειτουργίας των Φ/Β πάνελ. Έτσι, με δεδομένη την γραμμική αύξηση των απωλειών με το μήκος των καλωδίων, είναι σκόπιμο ο κάθε μελετητής να προβαίνει σε υπολογισμούς απωλειών, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις αποστάσεων αρκετών δεκάδων μέτρων, λαμβάνοντας υπόψη και την αντίσταση των καλωδίων. Είναι επίσης σκόπιμο να χρησιμοποιούνται διαφορετικοί χρωματισμοί καλωδίων για το θετικό και αρνητικό, συνήθως κόκκινο και μαύρο. Είναι δυνατόν επίσης να χρησιμοποιηθούν και μεγαλύτερες διατομές DC καλωδίων της τάξης των

25-70mm², σε περιπτώσεις που δεν επαρκεί ο αριθμός των εισόδων ενός αντιστροφέα για την απευθείας σύνδεση όλων των επιμέρους DC καλωδίων των κλάδων. Η περίπτωση αυτή είναι αρκετά συνηθισμένη κυρίως σε κεντρικούς αντιστροφείς (της τάξης ονομαστικής ισχύος των 100kW και άνω. Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιούνται κατάλληλα κιττα τα οποία ομαδοποιούν πολλά ζεύγη καλωδίων κλάδων σε ένα ζεύγος. Στις περιπτώσεις αυτές τα κιττα αυτά είναι επίσης συνήθως εφοδιασμένα με απαγωγείς υπερτάσεων και DC διακόπτες φορτίου. Επιπλέον, σε κάποιες περιπτώσεις διαθέτουν και διατάξεις επιτήρησης κλάδων (string monitoring) ώστε να δίνεται πληροφορία στον αντιστροφέα και το σύστημα εποπτείας για τη δυσλειτουργία ενός κλάδου. Στις περιπτώσεις αυτές ο μελετητής μηχανικός θα πρέπει να λαμβάνει επίσης υπόψη του για τον υπολογισμό της διατομής, πέραν των απωλειών, και το θερμικό φορτίο, λόγω του παραλληλισμού σημαντικού αριθμού κλάδων. Επιπλέον, κατά τη φάση κατασκευής του έργου, θα πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα για την προσεκτική όδευση των καλωδίων κατά τις συνήθεις πρακτικές της ηλεκτροτεχνίας, λαμβάνοντας υπόψη παράγοντες όπως η γεινίαση των καλωδίων, η χρήση σωλήνων και η ανάγκη προστασίας από τα τρωκτικά. Ιδιαίτερη μέριμνα πρέπει να λαμβάνεται για τη σωστή διασύνδεση των καλωδίων τόσο μεταξύ των πάνελ (δηλαδή από το (+) ενός πάνελ στο (-) του επόμενου κτλ) όσο και μεταξύ των κλάδων των πάνελ και των εισόδων του αντιστροφέα. Σε περίπτωση χαλαρής σύνδεσης είναι πιθανόν να εμφανιστεί τόξο αυξάνοντας τον κίνδυνο πυρκαγιάς. Επιπλέον, η ύπαρξη υψηλής σχετικά DC τάσης επιβάλλει ώστε η σύνδεση των καλωδίων να πραγματοποιείται από εξειδικευμένο προσωπικό με τη δέουσα προσοχή. Έτσι οι παραπάνω απαιτήσεις οδήγησαν στην επικράτηση στην αγορά λύσεων τύπου “plug and play” με συνδέσμους καλωδίων που εξασφαλίζουν την απουσία επαφής με γυμνό αγωγό και τη μικρή ωμική αντίσταση (της τάξης των 5m Ω και μικρότερη). Το παρακάτω Σχήμα παρουσιάζει παραδείγματα συνδέσμων καλωδίων:

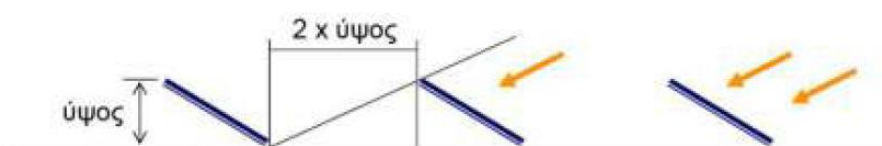


Αναφορικά με τα καλώδια του εναλλασσομένου ρεύματος (AC) χρησιμοποιούνται οι συμβατικοί τύπου καλωδίων (π.χ. NYΥ, NYM, NYCWY) εφαρμόζοντας τις συνήθεις πρακτικές της ηλεκτροτεχνίας αναφορικά με τον υπολογισμό της διατομής τους, τον τρόπο τοποθέτησης και την προστασία τους

5.2 Τοποθέτηση και εγκατάσταση.

Έχουμε μια ταράτσα 80 τ.μ. εμβαδόν, πλάτους 10m και μήκους 8m. Ο αριθμός των panel που επιλέγουμε υπολογίζεται από Ρισχυος/P_{pn}. Όπου 5kw/230w μας δίνει 22 panel.

Αναφορικά με τη σκίαση, θα πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα ώστε η εγκατάσταση να βρίσκεται σε χώρο στον οποίο απουσιάζουν εμπόδια. Επιπλέον, για την αποφυγή σκιάσεων σειρών φωτοβολταϊκών πάνελ μεταξύ τους, ένας πρακτικός κανόνας τοποθέτησης είναι ότι η απόσταση μεταξύ διαδοχικών σειρών θα πρέπει να είναι τουλάχιστον διπλάσια του ύψους της εγκατάστασης, όπως φαίνεται στο παρακάτω Σχήμα:



5.2 Πρόγραμμα Sunny Design

Βάζοντας στο πρόγραμμα υπολογισμού για φωτοβολταϊκα sunny Design όλα τα υλικά που θα χρησιμοποιήσουμε στην εγκατάσταση μας παίρνουμε τα εξής στοιχεία:

επιλέγουμε την τοποθεσία της εγκατάστασης.

Project data | **PV plant** | Cable dimensioning | Self-consumption | Overview | Print wizard

Location

Region* Southern Europe

Country* Greece

City* Athens

Create own location

Advanced Settings

Inverter grid connection

Low voltage Medium voltage

Grid voltage* 230V (230V / 400V)

Voltage tolerance: ± 10 %

Three-phase feed-in

Consider max. unbalanced load 500 kVA

Specification for displacement power factor 1.00

The set grid voltage affects the range of inverters available for selection!

επιλέγουμε πάνελ και inverter.

The screenshot shows the 'PV plant' configuration window. On the left, 'PV-array 1' is configured with Name: PV-array 1, Manufacturer: BioEnergy, PV module: B10-230M, Cell temperature: -10 ... 70 °C, and Mounting type: Roof. On the right, the 'Strings' section shows 1 x SB 4000TL-20 inverter with 1 inverter. Input A and B are both set to PV-array 1, with 1 string and 12 modules for A, and 1 string and 10 modules for B. Below is an 'Overview of inverters' table:

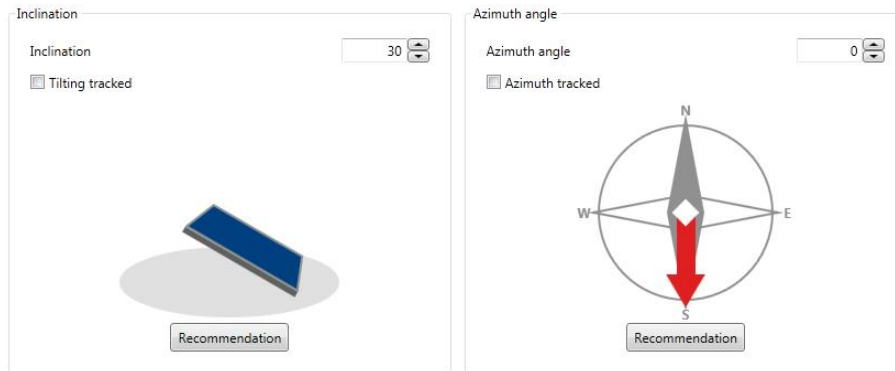
	PV-array 1 22 / 22	PV peak power	Nominal power ratio	Energy usability factor
1 x SB 4000TL-20	1 x 12 (A) 1 x 10 (B)	5,06 kWp	83 %	99,9 %

μας δίνει το πρόγραμμα της εισόδου του inverter.

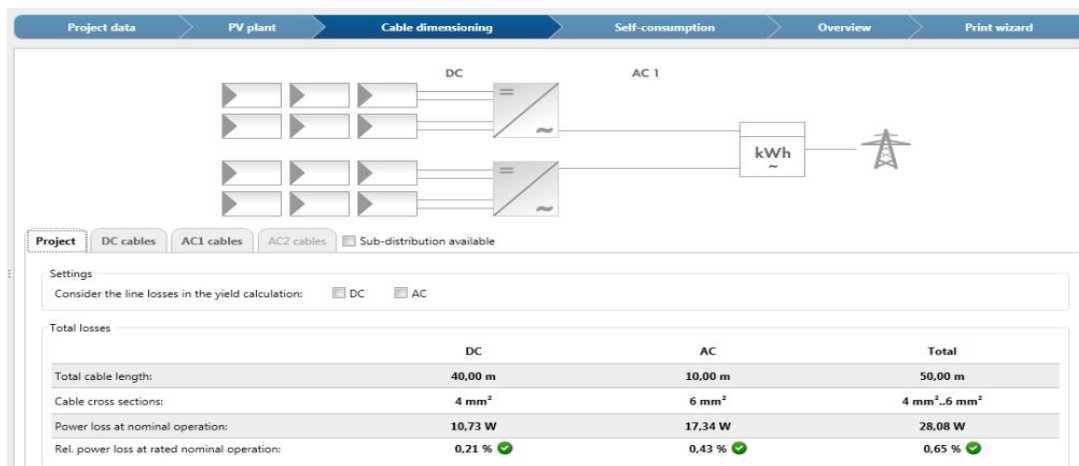
PV/inverter compatible

Configuration			Input A	Input B
Inverter:	SB 4000TL-20	PV-array:	PV-array 1	PV-array 1
Independent inputs:	2	Number of PV modules (input):	12	10
Max. DC power:	4,20 kW	Peak power (input):	2,76 kWp	2,30 kWp
Min. DC voltage:	125 V	Typical PV voltage:	313 V ✓	261 V ✓
(Grid voltage 230 V)		Min. PV voltage:	285 V ✓	237 V ✓
Max. DC voltage (inverter):	550 V	Max. PV voltage:	463 V ✓	386 V ✓
Max. DC current (A/B):	15/15 A	Max. current of PV array:	7,9 A ✓	7,9 A ✓

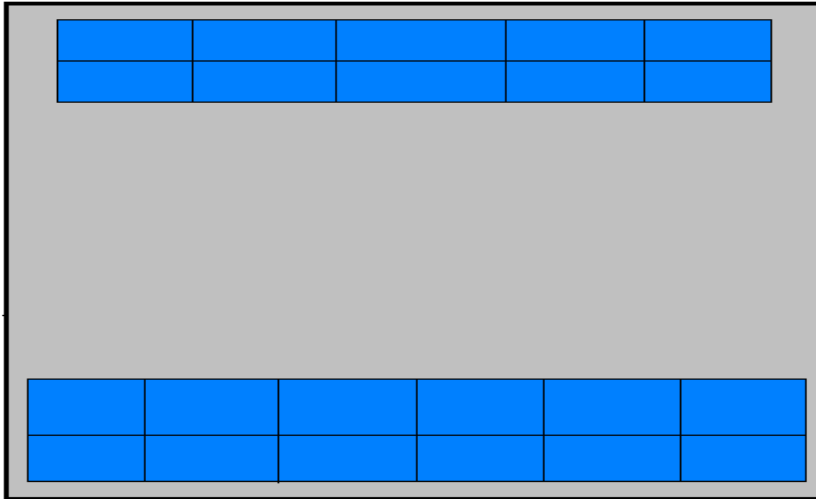
επιλέγουμε κλίση και προσανατολισμό.



και παίρνουμε τις διατομές των καλωδιώσεων



Συγκεντρώνοντας όλα τα παραπάνω στοιχεία τοποθετούμε τα πρώτα 12 πάνελ (6+6) οριζόντια ως προς το έδαφος και τα υπόλοιπα 10 (5+5), 4 μέτρα πιο πίσω, όπως στο σχήμα.



Σύμφωνα με τον νόμο είναι υποχρεωτικό να υπάρχει ένα κενό 0,5 m από την άκρη της ταράτσας.

5.4 Τρόποι σύνδεσης πάνελ

Ανάλογα με τον τρόπο που συνδυάζονται τα φωτοβολταϊκά συστήματα κατηγοριοποιούνται σε δυο τεχνολογικές τάσεις. Την τεχνολογία στοιχιοσειράς και την κατηγορία πολλαπλών στοιχιοσειρών. Η διαφοροποίηση των προαναφερθέντων τεχνολογικών έγκειται αφ ενός στον αριθμό των Φ/Π που συνδέονται ανά ηλεκτρονικό μετατροπέα και αφ ετέρου στον τρόπο που συνδέονται μεταξύ τους.

5.4.1 Συνδεσμολογία

Η σύνδεση σε σειρά χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις που θέλουμε να επιτύχουμε τάση μεγαλύτερη από την τάση που παρέχει κάθε φωτοβολταϊκό πλαίσιο χωριστά. Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια που θα συνδεθούν σε σειρά πρέπει να έχουν το ίδιο ρεύμα βραχυκυκλώματος (I_k) και το ίδιο ρεύμα μέγιστης ισχύος. Η παράλληλη σύνδεση χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις που θέλουμε να επιτύχουμε ρεύμα μεγαλύτερο από το ρεύμα που παρέχει κάθε φωτοβολταϊκό πλαίσιο χωριστά. Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια που θα συνδεθούν παράλληλα πρέπει να έχουν την ίδια τάση ανοικτού κυκλώματος.



Με τη μικτή σύνδεση πετυχαίνουμε να αυξήσουμε το ρεύμα και την τάση ταυτόχρονα, σε τιμές που δεν είναι διαθέσιμες από απλά φωτοβολταϊκά πλαίσια. Από τεχνικής απόψεως η μικτή σύνδεση είναι συνδυασμός της σύνδεσης σε σειρά και της παράλληλης σύνδεσης και κατά συνέπεια ισχύει ότι ισχύει σε αυτές τις συνδέσεις. Η τάση της συστοιχίας αυτής καθορίζεται από τα στοιχεία που είναι συνδεδεμένα σε σειρά ενώ το συνολικό ρεύμα από τις παράλληλες ομάδες.

Στην περίπτωση μας σύμφωνα με το πρόγραμμα Sunny Design συνδέουμε τα πρώτα 12 παράλληλα και τα υπόλοιπα 10 σε σειρά.

5.5 Κόστος κατασκευής.

1. Φωτοβολταϊκά πάνελ Bio energy 230 M, τιμή 600 € ανά τεμάχιο, συνολικά έχουμε 22 panels. Συνολικό κόστος 13.200€
2. Inverter sunny boy 4000TL κόστους 1.900€
3. Βάσεις στήριξης πάνελ energia by metaloumin. από αλουμίνιο άξιας 1.850€
4. Ηλεκτρολογικό υλικό ABB 1.500€

Το συνολικό κόστος του έργου ανέρχεται στις 18.450€. Στην τιμή δεν Φ.Π.Α (+23%), και το κόστος διασύνδεσης με τη Δ.Ε.Η. Η τελική τιμή αυξάνεται αν για την υλοποίηση του έργου έχει χρησιμοποιηθεί ένα «πράσινο» δάνειο, ή στην περίπτωση που έχει γίνει ασφάλιση του όλου έργου, κάτι το οποίο δεν είναι υποχρεωτικό.

5.6 Απόδοση

$$5\text{kW} * 14,5\text{kWh} / (\text{kW} / \text{έτος}) * 0,49\text{€} / \text{kWh} = 3.987,5\text{€} / \text{έτος}$$

Απόδοση για 25 χρόνια :

(κατά τα οποία παραμένει σταθερή η τιμή της πώλησης του ρεύματος στη ΔΕΗ)

$$3.987,5\text{€} / \text{έτος} * 25 = 99.687,5\text{€}$$

ΣΗΜΕΙΩΣΗ :

1. Ο αριθμός [14, 5 kW / (kW / έτος)] είναι ένα εμπειρικό νούμερο. Δείχνει την ενεργειακή απόδοση ενός πάνελ ισχύος 1kW σε ένα χρόνο
2. Ο αριθμός [0,48€ / kWh] είναι η τιμή πώλησης της kWh στη ΔΕΗ για τα φωτοβολταϊκά στη στέγη

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Φωτοβολταϊκή Τεχνολογία, Κ.Καγκάρακη, καθηγήτη ΕΜΠ, εκδόσεις Συμμετρία.
2. Θ. Ζαχαρίας: "ΗΠΙΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ Ι ΚΑΙ ΙΙ" Εκδόσεις Πανεπιστήμιου Πατρών, 2003, Πάτρα .
3. Β. Μαλάμης: "Αυτόνομες Εφαρμογές Ηλιακής Ενέργειας Μικρού & Μεσαίου Μεγέθους " Εκδόσεις Ιών, 1999, Αθήνα.
4. Οδηγός μελέτης και υλοποίησης φωτοβολταϊκών. Τεχνικό επιμελητήριο Ελλάδας.
5. Κατάλογος ABB.
6. Κατάλογος Monocrystalline.
7. Κατάλογος ENERGIA by Metaloumin.
8. Πρόγραμμα Υπολογιστή Sunny Design 2011.
9. Manual inverter Sunny Boy SMA.

Ηλεκτρονικές διευθύνσεις

1. www.kape.gr
2. www.desmie.gr
3. www.solar-systems.gr
4. www.selasenergy.gr
5. www.kape.gr
6. www.desmie.gr
7. www.solar-systems.gr
8. www.selasenergy.gr
9. <http://portal.tee.gr/>