

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΑΥΤΟΝΟΜΟ
ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕ ΤΗΝ
ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΥΜΩΝ ΠΗΓΩΝ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ**

**ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΣΠΟΥΔΑΣΤΩΝ
ΜΠΑΡΛΟΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ του ΝΙΚΟΛΑΟΥ
ΝΙΚΟΜΠΕΛΟΥ ΕΥΣΤΑΘΙΑ του ΚΥΡΙΑΚΟΥ**

**ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
ΛΙΑΡΟΠΟΥΛΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ**

ΠΑΤΡΑ – 2011

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περιεχόμενα	1
Εισαγωγή	3
Γενικά για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας	4
Χαρακτηριστικά των ΑΠΕ	5
1^ο ΜΕΡΟΣ: ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	8
1.1. Γενικά περί της ηλιακής ενέργειας	8
1.2. Συνοπτική ιστορική αναδρομή της εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας	8
1.3. Εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας	9
1.3.1 Μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε θερμική για άμεση χρήση	10
1.3.2. Μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε θερμική για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας	11
1.3.3. Άμεση μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική	13
1.3.3. Φωτοβολταϊκά σε κτίρια	20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	22
2.1 Γενικά περί της αιολικής ενέργειας	22
2.1.1 Α/Γ κατακόρυφου άξονα	23
2.1.2 Α/Γ οριζόντιου άξονα	24
2.2 Έλεγχος ισχύος ανεμογεννητριών	28
2.2.1 Αεροδυναμικός έλεγχος ισχύος Α/Γ	28
2.2.2 Παθητικές Τεχνικές Ελέγχου	30
2.2.3 Ενεργητικές τεχνικές ελέγχου	31
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΛΛΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΠΟΥ ΜΕΤΑΤΡΕΠΟΝΤΑΙ ΣΕ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ	34
3.1 Εισαγωγή	34
3.2 Ατμοηλεκτρικοί σταθμοί	36
3.3 Αεριοστροβιλικόι σταθμοί	37
3.4 Ηλεκτροπαραγωγή ζεύγη	37
3.5 Κυψέλες καυσίμου (FUEL CELLS)	38
3.5.1 Πλεονεκτήματα των κυψελών καυσίμου	38
3.5.2 Μειονεκτήματα των κυψελών καυσίμου	39
3.6 Εκμετάλλευση της Υδροηλεκτρικής ενέργειας	39
3.7 Εκμετάλλευση της Γεωθερμικής ενέργειας	45
2^ο ΜΕΡΟΣ: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΕΝΟΣ ΑΥΤΟΝΟΜΟΥ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	47

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΥΤΟΝΟΜΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	47
4.1 Αυτόνομο υβριδικό σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας	47
4.2 Αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα	50
4.2.1 Το φ/β πλαίσιο, τα φ/β πάνελα και οι συστοιχίες	53
4.2.2. Συσσωρευτές - Μπαταρίες	56
4.2.3. Ρυθμιστές, μετατροπείς και αντιστροφείς	62
4.3 Προκαταρκτικός σχεδιασμός μιας φωτοβολταϊκής εγκατάστασης	64
4.3.1 Ακτινοβολία περιοχής	66
4.3.2 Περιβαλλοντικά και χωροταξικά θέματα	67
4.3.3 Δυνατότητες εφαρμογής Φ/Β σε κτίρια	68
4.3.4 Βασικές προϋποθέσεις για την εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος σε ένα κτίριο	71
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΥΤΟΝΟΜΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	72
5.1 Γενική πορεία σχεδιασμού	73
3^ο ΜΕΡΟΣ: ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΕΝΟΣ ΑΥΤΟΝΟΜΟΥ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΤΟΥ ΒΡΙΣΚΕΤΑΙ ΣΤΟ ΒΑΡΝΑΒΑ ΑΤΤΙΚΗΣ	89
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΥΤΟΝΟΜΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	89
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	99
Παράρτημα	103
Παράρτημα υπολογισμών	112
Κάτοψη του κτιρίου	116
Αντί επιλόγου	118
Βιβλιογραφία	119

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η απελευθέρωση της αγοράς ενέργεια στη χώρα μας, έδωσε τη δυνατότητα σε ιδιώτες να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια είτε για ίδια χρήση, είτε για να την πουλούν στη ΔΕΗ. Στην παρούσα πτυχιακή εργασία θα ασχοληθούμε με το κομμάτι που αφορά την μικρής έκτασης παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ, την αποθήκευση και χρήση της, χωρίς την εμπλοκή της ΔΕΗ, περίπτωση που βρίσκει εφαρμογή ως επί το πλείστον σε απομακρυσμένα αγροκτήματα και εξοχικές κατοικίες. Αναλυτικά:

Στο πρώτο μέρος της παρούσας εργασίας θα γίνει αναφορά στις μεθόδους παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές. Θα γίνει περιγραφή του φωτοβολταϊκού φαινομένου και των τεχνολογιών των ημιαγωγών που μας δίνουν τη δυνατότητα να παράγουμε ηλεκτρική ενέργεια από την ηλιακή. Επίσης θα γίνει αναφορά στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ και ειδικότερα από ανεμογεννήτριες και υδροηλεκτρικούς σταθμούς.

Στο δεύτερο μέρος θα γίνουν όλοι οι απαραίτητοι υπολογισμοί για την υλοποίηση ενός αυτόνομου συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας για κατοικία, έτσι ώστε να καλύπτονται όλες οι ενεργειακές ανάγκες της, χωρίς να χρειάζεται να είναι συνδεδεμένη με το δίκτυο της ΔΕΗ. Αυτό προϋποθέτει ότι το σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι υβριδικό, δηλαδή θα αποτελείται από φωτοβολταϊκά πλαίσια, πιθανών μια μικρή ανεμογεννήτρια, μπαταρίες και ένα ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος για εφεδρεία. Θα υπολογιστούν τα φορτία της εγκατάστασης, η ισχύς των φωτοβολταϊκών, τα χαρακτηριστικά τοποθέτησης τους (κλίση, προσανατολισμός), η ισχύς των μπαταριών, ο αντιστροφείας, η ισχύς του ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους.

Στο τρίτο μέρος θα γίνει η παρουσίαση μιας αυτόνομης υβριδικής εγκατάστασης που είναι εγκατεστημένη στο Βαρνάβα Αττικής. Σκοπός μας είναι στο τέλος να συγκριθεί η θεωρία του δεύτερου μέρους με την πραγματικά κατασκευασμένη εγκατάσταση του τρίτου. Έτσι θα μας δοθεί η δυνατότητα να ελέγξουμε και να κρίνουμε τις επιλογές που έγιναν κατά την υλοποίηση του έργου σε αντιπαραβολή με τα θεωρητικά στοιχεία που ήδη θα έχουμε υπολογίσει.

ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΙΣ ΑΝΑΝΕΩΣΥΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

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 τους χαρακτηριστικό 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.

Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα από τη χρήση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.

α) Πλεονεκτήματα

1. Παράγουν «δωρεάν» ηλεκτρική ενέργεια από τον ήλιο.
2. Δεν έχουν κινούμενα μέρη και λειτουργούν αθόρυβα.
3. Όχι μόνο δεν ρυπαίνουν το περιβάλλον με αέρια ή άλλα κατάλοιπα, αλλά αποτρέπουν κατά μέσο όρο την έκλυση 1,5

- τόνων CO₂ κατ' έτος, όσο δηλ. θα απορροφούσαν περίπου δύο στρέμματα δάσους.
4. Μπορούν να λειτουργήσουν αυτόνομα και αξιόπιστα, χωρίς την παρουσία χειριστή.
 5. Μπορούν να εγκατασταθούν και να λειτουργήσουν σε απομονωμένες περιοχές.
 6. Δεν καταναλώνουν κάποιο είδος καυσίμου.
 7. Μπορούν να λειτουργήσουν παράλληλα με άλλα συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.
 8. Λειτουργούν χωρίς προβλήματα κάτω από όλες τις καιρικές συνθήκες.
 9. Χρειάζονται ελάχιστη συντήρηση.
 10. Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής (που φθάνει τα 30 έτη).
 11. Είναι λειτουργικά, καθώς προσφέρουν επεκτασιμότητα ανάλογα με τις ανάγκες σε φορτίο και δυνατότητα αποθήκευσης της παραγόμενης ενέργειας(σε δίκτυο ή συσσωρευτές).
 12. Δεν ελέγχονται από κανένα (ή καμία εταιρεία) και αποτελεί ανεξάντλητο εγχώριο ενεργειακό πόρο που δίνει ανεξαρτησία, προβλεψιμότητα και ασφάλεια στην ενεργειακή τροφοδοσία.
 13. Βοηθούν στην ορθολογική χρήση και εξοικονόμηση ενέργειας, κάνοντας τον καταναλωτή που διαθέτει φωτοβολταϊκά πιο προσεκτικό και ενήμερο στον τρόπο που καταναλώνει την ενέργεια, αλλά και στα στοιχεία που αφορούν την παραγόμενη και καταναλισκόμενη ενέργεια.
 14. Βοηθούν στην αποκέντρωση της ενέργειας σε μικρές τοπικές μονάδες που δεν έχουν τις μεγάλες ενεργειακές απώλειες που αντιμετωπίζει το κυρίως ηλεκτρικό δίκτυο(~12% στην Ελλάδα).Η εφαρμογή τους σε νησιά με αδύναμα δίκτυα είναι ιδιαίτερα σημαντική.
 15. Βοηθούν στην αποφυγή black out, εφ' όσον η μέγιστη παραγωγή γίνεται καλοκαίρι και μεσημέρι, ώρες δηλ. που έχουμε τις ημερήσιες αιχμές ζώνης, βοηθώντας στην εξομάλυνση των αιχμών φορτίου(μέχρι και 20%) και τη μείωση του συνολικού κόστους ηλεκτροπαραγωγής από την ΔΕΗ, δεδομένου ότι η κάλυψη των αιχμών είναι ιδιαίτερα δαπανηρή.
 16. Δίνουν κύρος στον χρήστη τους(τουλάχιστον στις προηγμένες χώρες)και βελτιώνουν το «πρόσωπο» των επιχειρήσεων που τα χρησιμοποιούν. Στις πιο ανεπτυγμένες αγορές η εγκατάσταση Φ/Β αποτελεί πλέον τον κανόνα σε κάθε νέα κτιριακή εφαρμογή.

17. Δημιουργούν σήμερα περισσότερες θέσεις εργασίας ανά MW και ανά επενδυμένο € από οποιαδήποτε άλλη ενεργειακή τεχνολογία. Η εγχώρια παραγωγή Φ/Β συνεπάγεται εκατοντάδες θέσεις εργασίας.
18. Αποτελούν μέσο εισόδου ξένων επενδύσεων στην Ελλάδα.
19. Συμβάλουν στην Περιφερειακή Ανάπτυξη και την τοπική απασχόληση, λόγω του αποκεντρωμένου χαρακτήρα της.

β) Μειονεκτήματα

1. Έχουν ακόμα υψηλό αρχικό κόστος επένδυσης(που επιδεινώνεται με την έλλειψη επιδοτήσεων-αυτό για την Ελλάδα)
2. Απαιτούν σχετικά μεγάλες επιφάνειες εγκατάστασης.
3. Έχουν ακόμη (σήμερα) σχετικά μικρό βαθμό απόδοσης.

1^ο ΜΕΡΟΣ: ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

1.1 ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

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 επιφάνειας 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 επιφάνειας 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.

1.2 ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΤΗΣ ΕΚΜΕΤΑΛΕΥΣΗΣ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

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 %.

1.3 ΕΚΜΕΤΑΛΕΥΣΗ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

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:

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

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

1. Μετατροπή της σε θερμική ενέργεια
2. 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.

1.3.1 ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΘΕΡΜΙΚΗ ΓΙΑ ΑΜΕΣΗ ΧΡΗΣΗ

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 1.1 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 η και του χώρου αν έχουμε τον κατάλληλο εξοπλισμό.

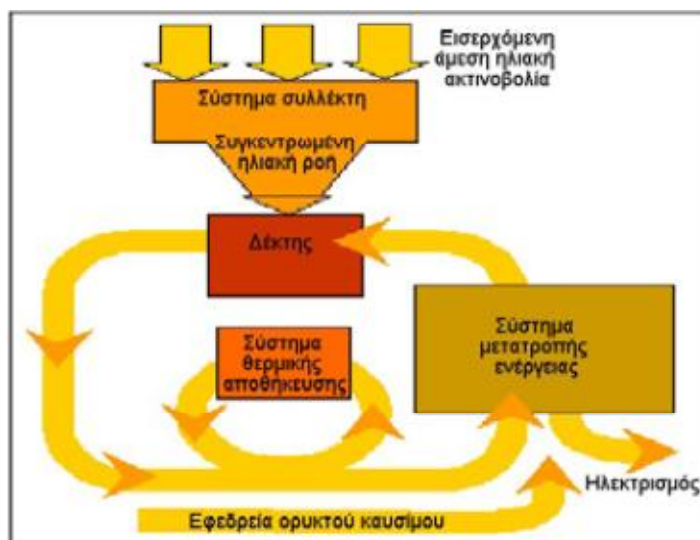
1.3.2 ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΘΕΡΜΙΚΗ ΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

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 1.2 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



Σχήμα 1.3 Βασικές αρχές της τεχνολογίας Ηλεκτροπαραγωγής με Ηλιακή Συγκέντρωση.

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.

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 απλή 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.

1.3.3 ΑΜΕΣΗ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ

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) λόγω αρκετών πιέσεων από την Ευρώπη λόγω 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.

1.3.3.1 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.

1.3.3.2. 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.

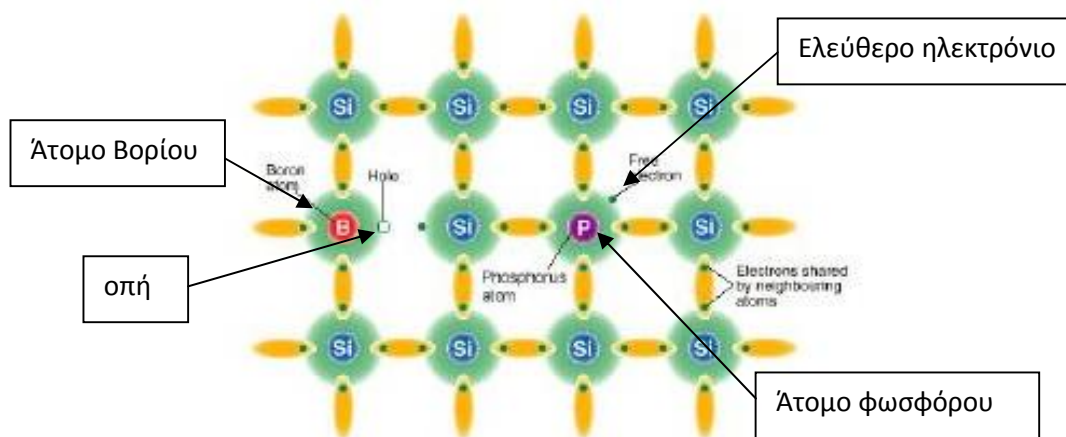
Ένας κρύσταλλος πυριτίου έχει κυβική δομή αλλά για λόγους απλοποίησης η απεικόνιση παρακάτω θα γίνεται σε δύο διαστάσεις. Στην ατομική δομή του το πυρίτιο έχει τέσσερα ηλεκτρόνια που το περιβάλλουν. Το κάθε άτομο συγκρατείται καλά στη ατομική του δομή μοιραζόμενο τα δύο ηλεκτρόνια, που βρίσκονται σε 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.

1.3.3.3 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.



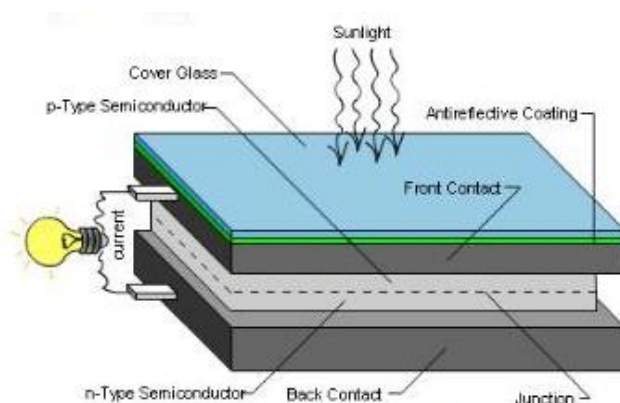
1.4. Δισδιάστατη απεικόνιση του κρυσταλλικού πλέγματος του πυριτίου νοθευμένου με φώσφορο και βόριο.

Το παραπάνω κομμάτι του πυριτίου 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.

1.3.3.4 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.



1.5. 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.

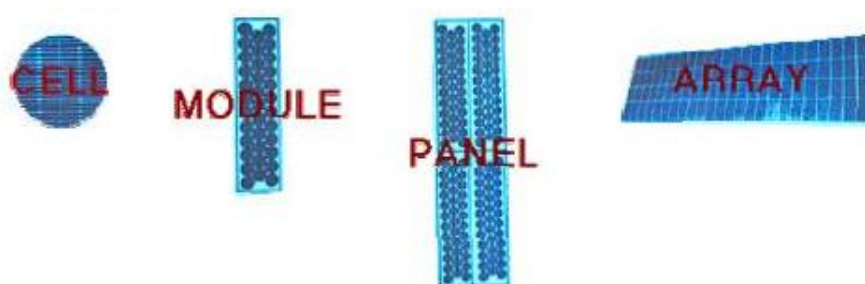
1.3.3.5 Το φωτοβολταϊκό πλαίσιο

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 πυριτίου 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.



1.6. Ιεραρχία των φωτοβολταϊκών στοιχείων.

1.3.3.6 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 περισσοτέρων 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 W_p 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 πάνελα, τους αντιστροφείς, τη βάση και τα ηλεκτρικά εξαρτήματα.

1.3.4 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ

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. Τέτοιες εγκαταστάσεις Φ/Β μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε για αυτόνομη παραγωγή σε απομακρυσμένες περιοχές είτε για παραγωγή ενέργειας στα πλαίσια κάποιου μικροδίκτυου.



1.7. Εφαρμογές φωτοβολταϊκών για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε κτίρια



1.8. Εφαρμογές φωτοβολταϊκών για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε κτίρια

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

2.1 ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΤΗΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Η αιολική ενέργεια έχει συμβάλλει 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.

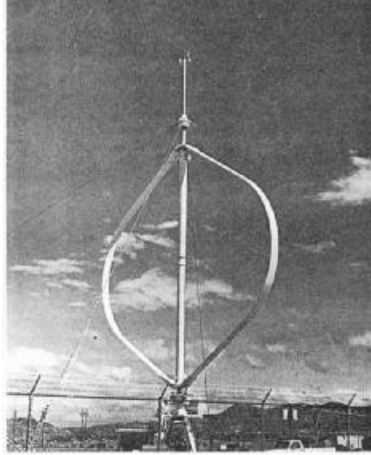
2.1.1 Α/Γ κατακόρυφου άξονα

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 προσβάση 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).

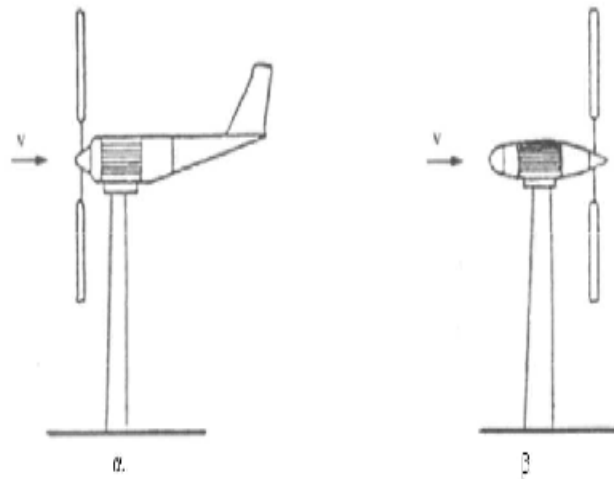


Σχήμα 2.2 Ανεμογεννήτρια οριζόντιου άξονα με τρία πτερύγια.

Οι περισσότερες από τις Α/Γ του εμπορίου είναι οριζόντιου 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.

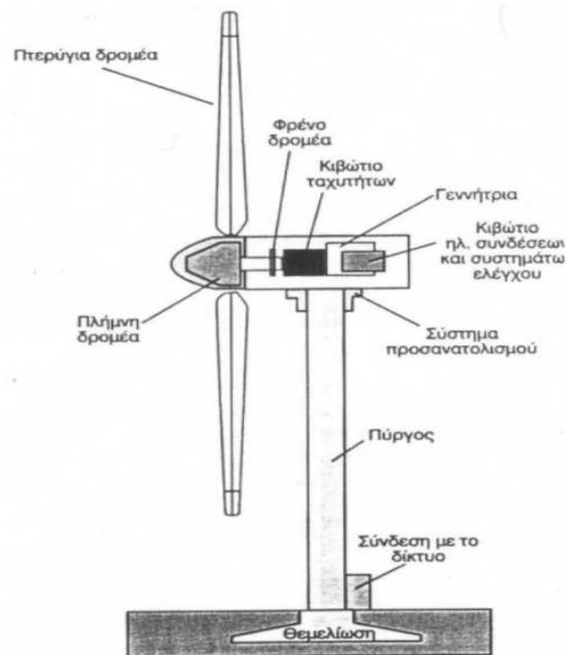
Όσον αφορά την κατεύθυνση του προσπίπτοντος ανέμου, οι Α/Γ οριζόντιου άξονα ταξινομούνται σε **ανάντι** και **κατάντι** (σχ. 2.3).



Σχήμα 2.3 α) Δρομέας ανάντι β) Δρομέας κατάντι

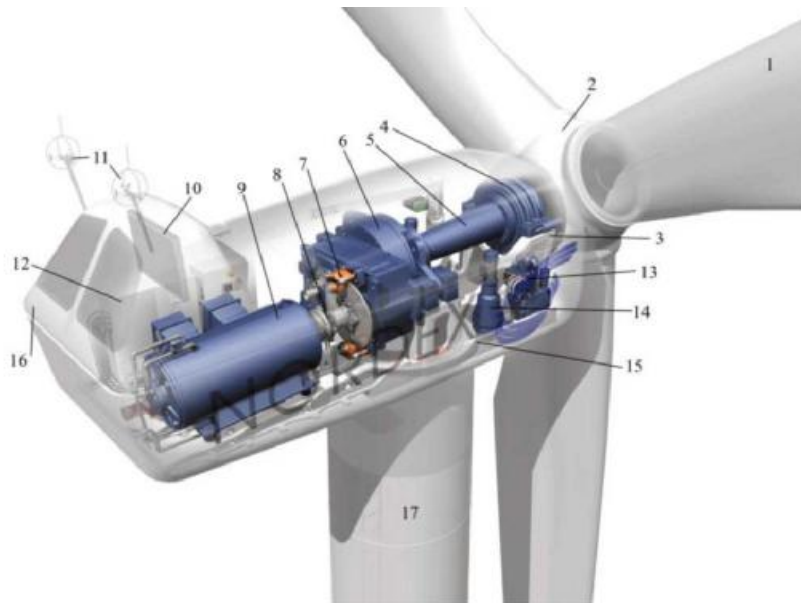
Στις ανάντι Α/Γ, ο ρότορας δέχεται τον άνεμο άμεσα. Καθώς ο άνεμος περνάει πρώτα από τον ρότορα, δεν έχουν το πρόβλημα του φαινομένου της σκίασης του πυλώνα. Ο μηχανισμός του προσανατολισμού τους όμως είναι θεμελιώδης, ώστε να διατηρεί τον ρότορα στην κατεύθυνση του ανέμου. Από την άλλη μεριά οι κατάντι 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 άτρακτου μιας μοντέρνας Α/Γ. Σε αυτό βλέπουμε ότι μία μοντέρνα Α/Γ αποτελείται από: την πλήμνη του ρότορα (2) τα τρία πτερυγία 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 άτρακτου (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 μιας 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

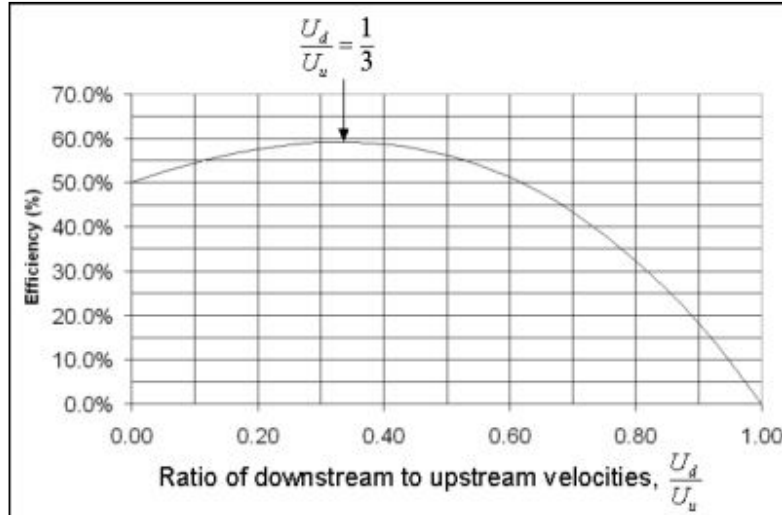
2.2 ΕΛΕΓΧΟΣ ΙΣΧΥΟΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ

Σε αυτή την ενότητα θα γίνει μια συνοπτική αναφορά στις διάφορες τεχνικές έλεγχου της ισχύος των ανεμογεννητριών που έχουν αναπτυχθεί και χρησιμοποιούνται στην πράξη.

2.2.1 Αεροδυναμικός έλεγχος ισχύος A/Γ

Γενικά σε οποιοδήποτε ανεμοκινητήρα η επιλογή του τρόπου έλεγχου της λειτουργίας του σχετίζεται με τα λειτουργικά του χαρακτηριστικά. Βέβαια σημαντικό ρόλο παίζουν και τα χαρακτηριστικά του αιολικού δυναμικού στο οποίο πρόκειται να χρησιμοποιηθεί η ανεμογεννήτρια.

Ένα σημαντικό μέγεθος για τη μελέτη της κίνησης μια ανεμογεννήτριας, άρα και της ικανότητας μας να την ελέγχουμε και να τη λειτουργούμε στο βέλτιστο σημείο λειτουργίας της είναι ο αεροδυναμικός συντελεστής C_p . Σύμφωνα με τον Γερμανό φυσικό Albert Betz η μέγιστη τιμή που μπορεί να πάρει ο αεροδυναμικός συντελεστής είναι $C_p=0,593$ όπως φαίνεται και από το παρακάτω διάγραμμα.



Σχήμα 2.11 Διάγραμμα αεροδυναμικού συντελεστή C_p

Ο αεροδυναμικός συντελεστής ισχύος C_p δεν είναι σταθερός. Εξαρτάται από τη γωνία βήματος πτερυγίου β και όπως φαίνεται και από το παραπάνω διάγραμμα από τον λόγο ταχύτητας ακροπτερυγίου λ . Πρέπει να αναφέρουμε ότι U_d είναι η ταχύτητα του αέρα που περνάει πάνω από το πτερύγιο της ανεμογεννήτριας, ενώ U_u είναι η ταχύτητα που περνάει από κάτω. Η διαφορά στις δύο αυτές ταχύτητες είναι που δημιουργεί τη δύναμη που προκαλεί την περιστροφή του πτερυγίου.

$$I = \frac{U_d}{U_u} = \frac{\omega_{rotor} \cdot R_{rotor}}{U_{wind}}$$

Όπου: ω_{rotor} η γωνιακή ταχύτητα του δρομέα σε rad/sec

R η ακτίνα του δρομέα σε μέτρα

U_u η ταχύτητα του ανέμου σε m/sec

Οι τεχνικές ελέγχου των ανεμογεννητριών που έχουν αναπτυχθεί στηρίζονται στη μεταβολή των παραπάνω μεγεθών. Ο ανεμοκινητήρας μπορεί να λειτουργήσει είτε με σταθερό λόγο ακροπτερυγίου λ ή με σταθερή γωνιακή ταχύτητα ω για δεδομένη ταχύτητα ανέμου. Σε κάθε περίπτωση πρέπει να προσαρμόζονται οι στροφές κατάλληλα διασφαλίζοντας την καλύτερη εκμετάλλευση του

αιολικού δυναμικού και ταυτόχρονα την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας υπό σταθερή τάση και συχνότητα για αυτόνομους καταναλωτές ή για δεδομένη τάση και συχνότητα σε περιπτώσεις διασυνδέσεων με το ηλεκτρικό δίκτυο. Επίσης σε υψηλές ταχύτητες ανέμου είναι απαραίτητος ο περιορισμός της παραγόμενης μηχανικής ισχύος της Α/Γ, για να μην έχουμε υπέρβαση των ονομαστικών μεγεθών της γεννήτριας. Αυτός ο έλεγχος εφαρμόζεται επίσης και για την αποφυγή υπερεπιτάχυνσης του ρότορα και την αποσύνδεση της Α/Γ στις πολύ υψηλές ταχύτητες.

Με βάση τα παραπάνω οι τρόποι ελέγχου των ανεμογεννητριών μπορούν να διαιρεθούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες.

- Παθητικές Τεχνικές Ελέγχου
- Ενεργητικές Τεχνικές Ελέγχου

2.2.2 Παθητικές Τεχνικές Ελέγχου

Έλεγχος Απώλειας Στήριξης (Passive stall control).

Είναι η απλούστερη μορφή ελέγχου της ισχύος. Η γωνία κλίσης των πτερυγίων είναι σταθερή. Σε κανονική λειτουργία επιτυγχάνεται ομαλή ροή του αέρα στα πτερύγια του ρότορα, συνεπώς διατηρείται ένας υψηλός λόγος άντωσης προς οπισθέλκουσα, που έχει σαν αποτέλεσμα έναν υψηλό βαθμό αεροδυναμικής απόδοσης. Όταν η ταχύτητα του ανέμου αυξάνει, λόγω της σχεδίασης των πτερυγίων αυξάνει η οπισθέλκουσα και η γεννήτρια φρενάρει. Έχουμε κατά κάποιο τρόπο αυτορρύθμιση της ανεμογεννήτριας για να μην υπερταχυνθεί ο άξονας της.

Η σταθερή γωνία κλίσης των πτερυγίων επιλέγεται έτσι ώστε η Α/Γ να φθάσει την ονομαστική ισχύ στην επιθυμητή ταχύτητα ανέμου. Για την επιλογή λαμβάνονται υπ όψη οι συνθήκες και η ταχύτητα του ανέμου στο σημείο που θα γίνει η τοποθέτηση της ανεμογεννήτριας.

Πλεονεκτήματα της μεθόδου απώλειας στήριξης:

- Η μέθοδος αυτή χρειάζεται από ελάχιστα έως ανύπαρκτα συστήματα ελέγχου της αεροδυναμικής ισχύος. Έχει απλή κατασκευή αφού δεν υπάρχουν στρεφόμενα μέρη και ο έλεγχος συσχετίζεται με τη σωστή σχεδίαση από αεροδυναμικής πλευράς.
- Δεν είναι ακριβός, από θέμα κόστους, τύπος ελέγχου και δεν απαιτεί ιδιαίτερη συντήρηση.

- Δεν έχει κινούμενα μέρη, η σύνδεση των πτερυγίων στην πλήμνη είναι σταθερή, άρα απλή, συμπαγής και ανθεκτική.

Μειονεκτήματα της μεθόδου απώλειας στήριξης:

- Η μεγιστοποίηση ισχύος σε συγκεκριμένη ταχύτητα ανέμου που εξαρτάται από την γεωμετρία των πτερυγίων.
- Τα σταθερά πτερύγια δεν βοηθούν στην έναρξη λειτουργίας της Α/Γ (πολλές φορές συνδέουμε τη γεννήτρια στο δίκτυο και την εκκινούμε σαν κινητήρα), χρειάζεται ξεχωριστό φρένο για προστασία έναντι υπερτάχυνσης.
- Η ονομαστική ισχύς της ανεμογεννήτριας κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα.
- 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.

2.2.3 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.

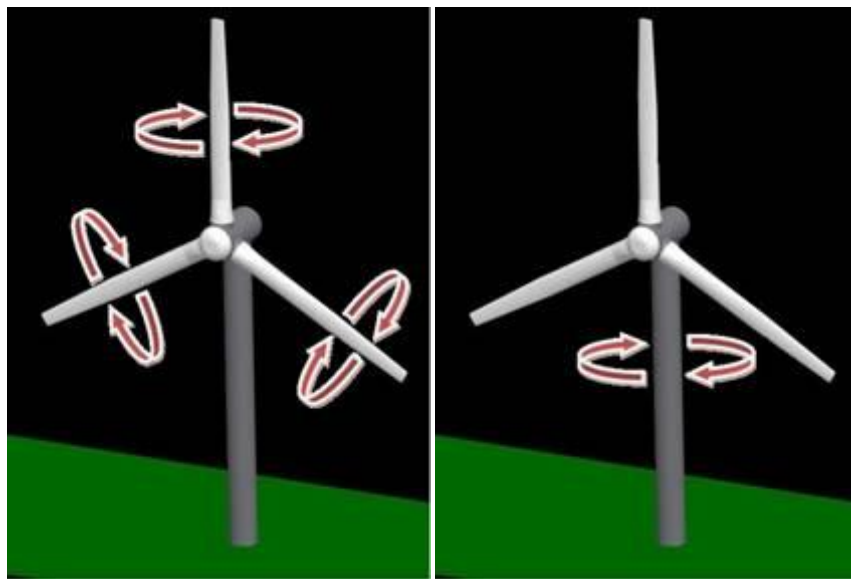
Μειονεκτήματα της μεθόδου ελέγχου βήματος πτερυγίου:

- 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 άψογη 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° η μείωση της ισχύος είναι ένα μικρό ποσοστό της ονομαστικής ισχύος, ενώ για μεταβολή της γωνίας του βήματος πτερυγίου κατά 10° η ισχύς εξόδου υποδιπλασιάζεται.



Σχήμα 2.13 Οι μέθοδοι ελέγχου βήματος πτερυγίου (**pitch control**) (αριστερά) και ελέγχου προσανατολισμού (**Yaw control**) (δεξιά) ώστε να γίνει κατανοητή η διαφορά τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΛΛΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΠΟΥ ΜΕΤΑΤΡΕΠΟΝΤΑΙ ΣΕ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Εκτός από τις μεθόδους παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που ήδη αναφέρθηκαν και είναι οι λεγόμενες «πράσινες ή ανανεώσιμες» πηγές ενέργειας, υπάρχουν και άλλες που χρησιμοποιούνται για μικρής ή μεγάλης κλίμακας παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος. Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει μια συνοπτική αναφορά σε αυτές που κατά κύριο λόγο χρησιμοποιούν ως πρωτογενή μορφή ενέργειας κάποιο ορυκτό καύσιμο, επειδή χρησιμοποιούνται ως καύσιμο για τα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη σε υβριδικά αυτόνομα συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Πετρέλαιο

Το πετρέλαιο άρχισε να «διαμορφώνεται» πριν από πολλά εκατομμύρια χρόνια, τότε που η θάλασσα σκέπαζε ακόμη ένα μεγάλο μέρος από τις σημερινές ηπείρους. Τα υπολείμματα των διαφόρων οργανισμών που ζούσαν σ' αυτές τις θάλασσες αναμίχθηκαν με την λάσπη, τις πέτρες κ.λ.π. που κατέβαζαν τα ποτάμια από την στεριά, δημιουργώντας σιγά-σιγά στρώματα πάχους εκατοντάδων μέτρων στον βυθό. Οι τεράστιες γεωφυσικές ανακατατάξεις που έγιναν στον πλανήτη μας με το πέρασμα του χρόνου είχαν σαν αποτέλεσμα την «παγίδευση» της απολιθωμένης οργανικής ύλης σε πορώδη στρώματα, όπου κάτω από την επίδραση των πιέσεων, των υψηλών θερμοκρασιών και των βακτηριδίων «μεταμορφώθηκε» σε υγρούς υδρογονάνθρακες, σε πετρέλαιο.

Το πετρέλαιο είναι το καύσιμο, που λόγω της φύσης του βοήθησε στην ανάπτυξη της βιομηχανίας και των μεταφορών. Στον τομέα της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιήθηκε αρχικά σε μεγάλη έκταση, λόγω του χαμηλού κόστους του, αλλά μετά την ενεργειακή κρίση, την αύξηση της τιμής του και την συνειδητοποίηση ότι τα αποθέματά του θα εξαντληθούν μέσα σε λίγες δεκαετίες, δημιουργήθηκε η τάση του περιορισμού και της αντικατάστασής του από άλλες πηγές ενέργειας. Εξακολουθεί όμως σε πολλές περιπτώσεις να χρησιμοποιείται, λόγω των πλεονεκτημάτων του έναντι άλλων πηγών. Είναι καύσιμο υψηλής θερμογόνου δύναμης, γι'

αυτό και είναι εύκολη η μεταφορά του σε απομακρυσμένες περιοχές, όπως τα νησιά που δεν είναι στο διασυνδεδεμένο σύστημα.

Το αργό πετρέλαιο, δηλαδή το πετρέλαιο στη φυσική του μορφή, δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Η κατεργασία του γίνεται στα διυλιστήρια, όπου με μια σειρά διεργασιών επιτυγχάνεται ο διαχωρισμός του σε υδρογονάνθρακες διαφορετικού ειδικού βάρους και διαφορετικού σημείου ζέσεως.

Τα βασικότερα προϊόντα του πετρελαίου είναι τα ακόλουθα:

- προπάνιο
- βουτάνιο
- υγραέριο
- νάφθα
- βενζίνες
- καύσιμα αεροπορίας (κηροζίνη)
- πετρέλαιο εσωτερικής καύσης (ντίζελ)
- εξωτερικής καύσης (μαζούτ)

Ανάλογα με τις εκάστοτε απαιτήσεις σε απόδοση καυσίμου, οικονομική απόδοση, ρύπανση του περιβάλλοντος, επιλέγεται για κάθε χρήση κάποιο από τα παραπάνω προϊόντα.

Για την παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας χρησιμοποιούνται το ντίζελ και το μαζούτ. Το ντίζελ χρησιμοποιείται σε αεριοστροβιλικούς σταθμούς και σε μηχανές εσωτερικής καύσης (Ηλεκτροπαραγωγά Ζεύγη). Το μαζούτ χρησιμοποιείται σε ατμοηλεκτρικούς σταθμούς (ΑΗΣ).

Φυσικό αέριο

Το φυσικό αέριο προέρχεται από την αποσύνθεση οργανικών ουσιών, διαδικασία που έλαβε χώρα σε διάστημα εκατομμυρίων χρόνων μέσα στη γη, όπου και βρίσκεται «ξηρό» ή και ανάμεικτο με πετρέλαιο. Η εξόρυξή του γίνεται όπως και στο πετρέλαιο με χερσαίες ή υποθαλάσσιες γεωτρήσεις. Στο παρελθόν η εύρεση κοιτασμάτων φυσικού αερίου χωρίς πετρέλαιο θεωρούνταν αποτυχία. Η μεγαλύτερη δε ποσότητα του φυσικού αερίου που παράγονταν στις χώρες του ΟΠΕΚ πριν δύο δεκαετίες απλά καιγόταν στον τόπο εξόρυξής του. Ο βασικός λόγος ήταν το αυξημένο κόστος μεταφοράς του αερίου από τους χώρους παραγωγής στους χώρους κατανάλωσης που είναι πολλές φορές υψηλότερο από αυτό του

πετρελαίου, το οποίο είναι υγρό σε συνθήκες περιβάλλοντος και συνεπώς μεταφέρεται ευκολότερα.

Η προοπτική εξάντλησης των πετρελαϊκών κοιτασμάτων σε λίγα χρόνια, η πολιτική και κοινωνική αστάθεια των περισσότερων πετρελαιοπαραγωγών χωρών, η μεγάλη αύξηση της τιμής του πετρελαίου και η αγωνία σχετικά με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την χρήση των διαφόρων καυσίμων ήταν οι αιτίες για την αλλαγή πολιτικής σχετικά με την χρήση του φυσικού αερίου διεθνώς. Παράλληλα, ανακαλύφθηκαν νέα μεγάλα κοιτάσματα, κυρίως στην Ρωσία, που έδωσαν μια νέα διάσταση ως προς την επάρκεια του φυσικού αερίου.

Το φυσικό αέριο έχει πολλά πλεονεκτήματα σε σχέση με άλλα καύσιμα:

- Σταθερή ποιότητα φλόγας,
- σταθερή θερμοκρασία καύσης,
- μη ύπαρξη τέφρας,
- μηδενική περιεκτικότητα σε θείο,
- άκαπνη καύση,
- δυνατότητα καύσης με ελάχιστο αέρα,
- υψηλό σημείο ανάφλεξης (640°C),
- απλή κατασκευή καυστήρων και εύκολη επιτήρησή τους.

Χρησιμοποιείται είτε σε κλασσικούς ατμοηλεκτρικούς σταθμούς, είτε σε αεριοστροβιλικούς. Ωστόσο, η πλειοψηφία των νέων σταθμών που κατασκευάζονται για χρήση φυσικού αερίου είναι σταθμοί συνδυασμένου κύκλου αεριοστροβίλου – ατμοστροβίλου.

3.2 ΑΤΜΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ

Οι ΑΗΣ χρησιμοποιούνται σαν εργοστάσια βάσης, επειδή έχουν σχετικά μεγάλο βαθμό απόδοσης όταν λειτουργούν σε πλήρη φόρτιση, μικρό συνολικό κόστος ανά παραγόμενη μονάδα ενέργειας αλλά κυρίως επειδή χρειάζονται πολλές ώρες και μια πολύπλοκη διαδικασία για την εκκίνησή τους. Λόγω του θερμικού τους μέρους η ρύθμιση ισχύος είναι πολύπλοκη και αργή. Το καύσιμο που χρησιμοποιούν είναι άνθρακας, λιγνίτης, τύρφη, μαζούτ και αέριο. Λόγω αυτών των χαρακτηριστικών ξεφεύγουν από τους σκοπούς και

το θέμα της παρούσας πτυχιακής εργασίας και οποιαδήποτε περεταίρω αναφορά ή ανάλυση κρίνεται περιττή.

3.3 ΑΕΡΙΟΣΤΡΟΒΙΛΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ

Οι αεριοστροβιλικοί σταθμοί έχουν μικρό κόστος εγκατάστασης, μικρές απαιτήσεις χώρου, χαμηλό κόστος συντήρησης, μικρές ή και καθόλου απαιτήσεις σε ψυκτικό νερό αλλά μικρό σχετικά βαθμό απόδοσης. Γι' αυτό και δεν προτιμούνται για συνεχή λειτουργία στο διασυνδεδεμένο δίκτυο.

Τα πλεονεκτήματά τους είναι

- η γρήγορη εκκίνηση,
- η γρήγορη ρύθμιση αποδιδόμενης ισχύος και
- η πλήρως αυτοματοποιημένη λειτουργία και μάλιστα με δυνατότητα τηλεχειρισμού.

Έτσι, προτιμούνται για σκοπούς ρύθμισης ισχύος, κάλυψη αιχμών ζήτησης και σε μικρά απομονωμένα νησιωτικά δίκτυα, όπου το μεγάλο επενδυτικό κόστος, οι μεγάλες μεταβολές του φορτίου και η μεταφορά του καυσίμου σε μεγάλες αποστάσεις καθιστούν ασύμφορη και προβληματική την λειτουργία ενός ΑΗΣ. Δεν χρησιμοποιούνται για εφαρμογές εξαιρετικά μικρής κλίμακας, όπως είναι ένα αυτόνομο υβριδικό σύστημα γι αυτό και δεν θα αναφερθούμε περισσότερο στη λειτουργία τους

3.4 ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΑ ΖΕΥΓΗ

Τα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη (H/Z) είναι ένας απλός τρόπος για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μικρής ισχύος. Χρησιμοποιούν ως καύσιμο πετρέλαιο και σε πολλές εφαρμογές χρησιμοποιούνται για την εφεδρική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η χρήση των H/Z σε αυτόνομα, απομονωμένα, μη διασυνδεδεμένα συστήματα είναι πάρα πολύ κοινή γιατί είναι απλά στην κατασκευή, αξιόπιστα και με πολύ καλά χαρακτηριστικά.

Μερικά από τα οφέλη της χρήσης των ηλεκτροπαραγωγών ζευγών είναι:

- Ευσταθή λειτουργία
- Σταθερή συχνότητα της παραγόμενης ενέργειας

- Έχουν μικρό χρόνο εκκίνησης και παροχής ενέργειας (από 30-180 δευτερόλεπτα).

3.5 ΚΥΨΕΛΕΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ (FUEL CELLS)

Από την δεκαετία του '60 η ανάγκη για πηγές ηλεκτρικής ενέργειας μικρού μεγέθους και υψηλής απόδοσης, κυρίως για εξοπλισμό διαστημοπλοίων και πολεμικών αεροσκαφών, οδήγησε στη δημιουργία μιας νέας γενιάς συσσωρευτών, των λεγόμενων κυψελών καυσίμου. Οι συσσωρευτές αυτοί βασίζονται στην κατανάλωση υδρογόνου, το οποίο οξειδούμενο προς νερό, δημιουργεί ρεύμα ηλεκτρονίων. Η λογική βάσει της οποίας λειτουργούν είναι ίδια με αυτή των κοινών συσσωρευτών, μόνο που στην περίπτωση των κυψελών καυσίμου η ουσία- ηλεκτρονιοδότης ανανεώνεται με συνεχή ροή, είναι δηλαδή μια μπαταρία που δεν την τροφοδοτούμε συνεχώς με υγρά για να μην τελειώσει.

Σήμερα υπάρχουν διάφορες τεχνολογίες κυψελών καυσίμου που παίρνουν το όνομά τους από το είδος του ηλεκτρολύτη που χρησιμοποιούν. Αν και αρκετές από αυτές δεν βρίσκουν εφαρμογή για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μικρής ισχύος που είναι το αντικείμενο της παρούσας εργασίας, θα τις παραθέσουμε για λόγους αρτιότητας του αντικειμένου:

- Αλκαλικές κυψέλες καυσίμου
- Κυψέλες καυσίμου μεμβράνης ανταλλαγής πρωτονίων
- Κυψέλες καυσίμου μεθανόλης
- Κυψέλες καυσίμου ανθρακικού διαλύματος υψηλής θερμοκρασίας
- Κυψέλες καυσίμου φωσφορικού οξέος
- Κυψέλες καυσίμου στερεών οξειδίων

3.5.1 Πλεονεκτήματα των κυψελών καυσίμου:

Αν και αρκετά από τα χαρακτηριστικά τους είναι αποτελεσματικά μόνο για ορισμένες εφαρμογές, τα περισσότερα πλεονεκτήματά τους είναι γενικά. Ορισμένα απ' αυτά είναι:

- η ελάχιστη εκπομπή αερίων θερμοκηπίου
- η δυνατότητα για διανεμημένη παραγωγή ηλεκτρική ενέργεια

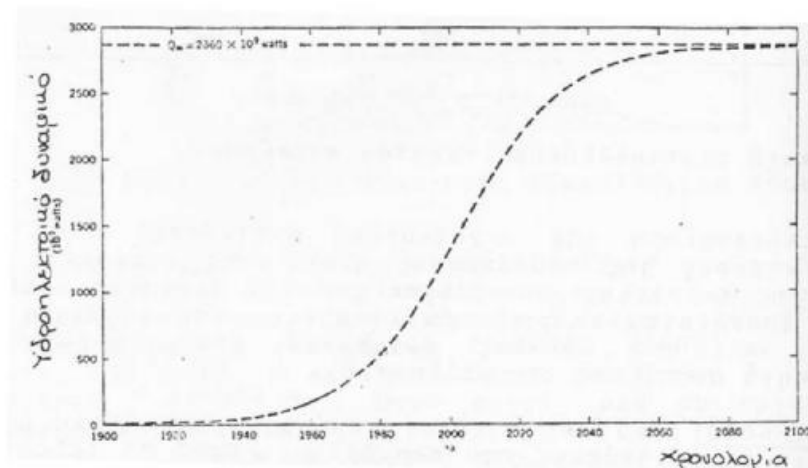
- η υψηλή απόδοση
- η αθόρυβη λειτουργία σε σύγκριση με τις μηχανές εσωτερικής καύσης
- η απλή συντήρηση.

3.5.2 Μειονεκτήματα των κυψελών καυσίμου:

Η εμπορευματοποίησή των μεθόδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από κυψέλες καυσίμου αντιμετωπίζει ορισμένα μειονεκτήματα, το βασικότερο εκ των οποίων είναι το μεγάλο τους κόστος. Καθώς όμως η τεχνολογία τους εξελίσσεται σταδιακά αναμένεται να περιοριστεί το κόστος και να γενικευτεί η εφαρμογή τους. Έτσι δεν είναι απίθανο μικρές κυψέλες καυσίμου στο μέλλον να χρησιμοποιούνται σαν ηλεκτροπαραγωγική εφεδρεία σε αυτόνομα υβριδικά συστήματα, αντικαθιστώντας τα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη.

3.6 ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΤΗΣ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

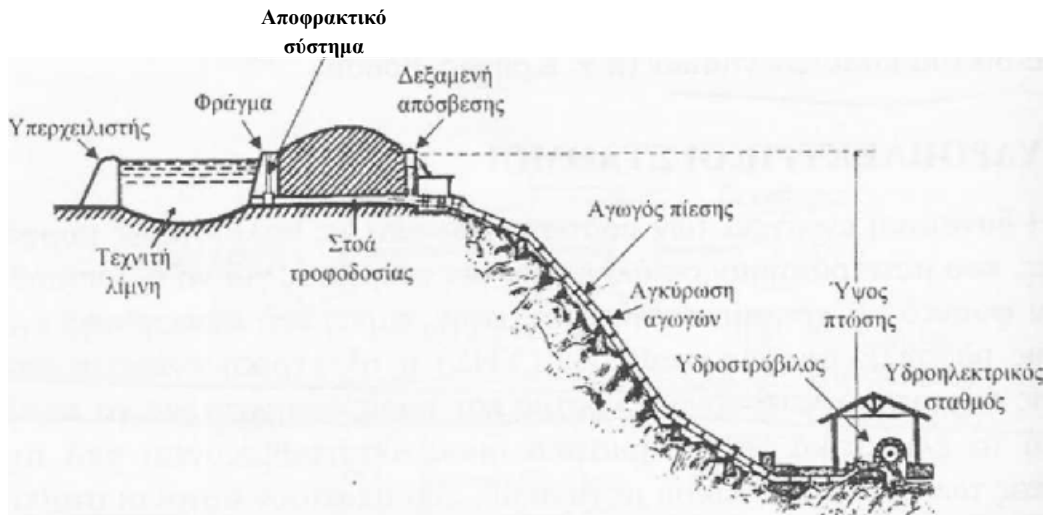
Η δυναμική ενέργεια των υδάτων είναι από τις παλαιότερες μορφές ενέργειας που μετατράπηκαν σε άλλες μορφές ενέργειας για να αξιοποιηθούν από τον άνθρωπο, μολονότι, συνεχής χρήση του υδροδυναμικού γινόταν από τους ρωμαϊκούς χρόνους, εν τούτοις, η χρήση σε ευρεία κλίμακα έγινε μετά την ανάπτυξη του ηλεκτρισμού, οπότε και κατασκευάστηκε ο πρώτος υδροηλεκτρικός σταθμός το 1895 (Νιαγάρας). Έκτοτε η ανάπτυξη της υδροηλεκτρικής ισχύος ακολουθεί την καμπύλη του σχήματος που ακολουθεί:



Σχήμα 3.1 Αύξηση της παραγομένης ενέργειας από υδροστρόβιλους με την πάροδο των χρόνων

Στους υδροηλεκτρικούς σταθμούς η ηλεκτρική ενέργεια αποκτάτε χωρίς σημαντικό λειτουργικό κόστος και το βασικότερο χωρίς ρύπανση. Αυτά τα καλά χαρακτηριστικά όμως αντισταθμίζονται από το υψηλό κόστος κατασκευής του έργου και από το ότι το νερό δεν είναι πάντα επαρκές για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και ειδικότερα σε περιόδους ξηρασίας όπως επίσης και σε χώρες με χαμηλή ετησία βροχόπτωσηση. Επίσης η κατασκευή τους απαιτεί πέντε έως οκτώ χρονιά. Άλλο ένα μειονέκτημα των υδροηλεκτρικών σταθμών είναι ότι είτε δεν υπάρχουν πάντα οι κατάλληλες εδαφικές προϋποθέσεις για την κατασκευή του υδροηλεκτρικού σταθμού.

Η υψομετρική διαφορά h , μεταξύ της επιφάνειας του νερού στη δεξαμενή αποθήκευσης και του στροβίλου, παρέχει κινητική ενέργεια στο νερό που μεταδίδεται στον υδροστρόβιλου, που περιστρέφει μία γεννήτρια. Ένα απλό σχηματικό διάγραμμα ενός Υ.Η.Σ σταθμού με δεξαμενή αποθήκευσης φαίνεται στο πιο κάτω σχήμα :



3.2 Σχηματικό διάγραμμα υδροηλεκτρικού σταθμού με δεξαμενή

Όταν προκαλούμε γρήγορες αλλαγές της ηλεκτρικής ισχύος των Η.Υ.Σ , αυτές προκαλούν γρήγορες μεταβολές της ροής του νερού στους σωλήνες προσαγωγής νερού, που είναι δυνατόν να καταστρέψει τους σωλήνες. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται η δεξαμενή εκτόνωσης κύματος.

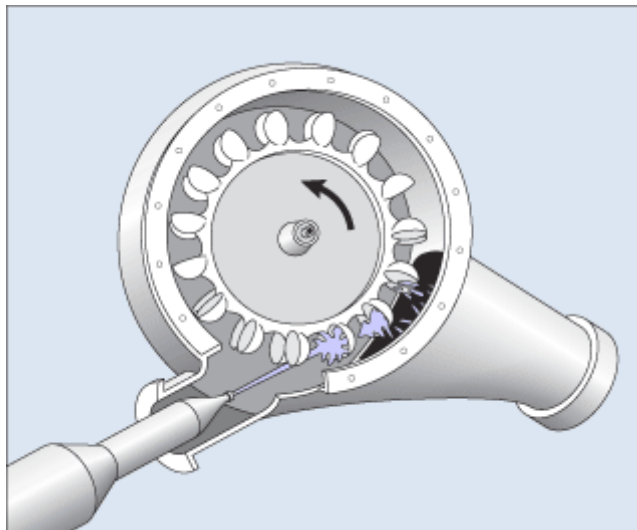
Υπάρχουν τρεις κυρίως τύποι υδροηλεκτρικών σταθμών:

1. Μεγάλη ή η μεγάλης δεξαμενής αποθήκευσης: Η δεξαμενή γεμίζει σε περισσότερες από 400 ώρες.
2. Μέσου ή η μικρής δεξαμενής αποθήκευσης: Η δεξαμενή γεμίζει σε 200 με 400 ώρες.
3. Ροής ποταμών: χρησιμοποιούν τα νερά των ποταμών όπως ρέουν, είναι δυνατόν να δημιουργείται η από τρία ως πέντε μέτρα και μικρές δεξαμενές, που γεμίζουν σε λιγότερο από δύο ώρες.

3.6.1 Είδη υδροστροβίλων

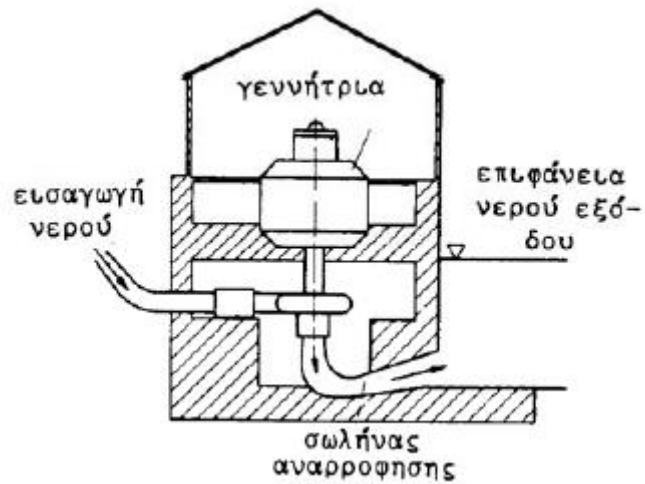
Ανάλογα με την υψομετρική διαφορά h , χρησιμοποιούνται οι ακόλουθοι τύποι στροβίλων:

1. **Pelton:** Χρησιμοποιείται για υψόμετρο h από 184 -1840 m αποτελείται από ένα υδραυλικό τροχό με σκαφίδια, στον οποίον κατευθύνεται με μεγάλη ταχύτητα το νερό με ρυθμιζόμενης ροής ακροφύσιο, είναι δηλαδή υδροστρόβιλος δράσης στον οποίο το νερό φτάνει αποκλειστικά με κινητική ενέργεια, μέσω αγωγών πίεσης. Το κύριο χαρακτηριστικό του pelton είναι ότι συνήθως είναι υδροστρόβιλος οριζοντίου άξονα.



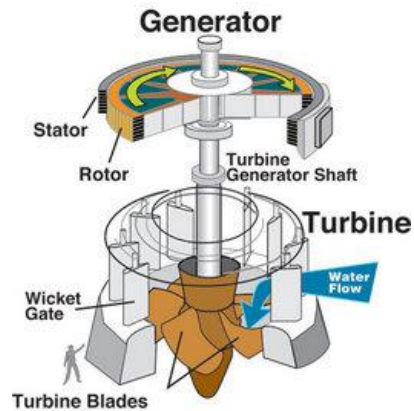
Σχήμα 3.3: υδροστρόβιλος τύπου Pelton

2. **Francis:** Χρησιμοποιείται για υψόμετρο h από 37- 90 m και είναι υδροστρόβιλος αντίδρασης, δηλαδή τον νερό έχει μικρή ταχύτητα και μεγάλη πίεση και κατά τη ροή του από τον τροχό μειώνεται η πίεση και αυξάνεται η ταχύτητα. Γύρω από τον τροχό υπάρχει ο ακίνητος μεριστής, δηλαδή ένας αριθμός πτερύγιων Π, που κατευθύνουν το νερό από τα πλάγια περιέγεια του τροχού. Το νερό μεταφέρεται από τη δεξαμενή με υπόγειες σήραγγες. Το χαρακτηριστικό του υδροστρόβιλου francis είναι ότι συνήθως είναι κατακόρυφου άξονα.



Σχήμα 3.4: υδροστρόβιλος τύπου Francis

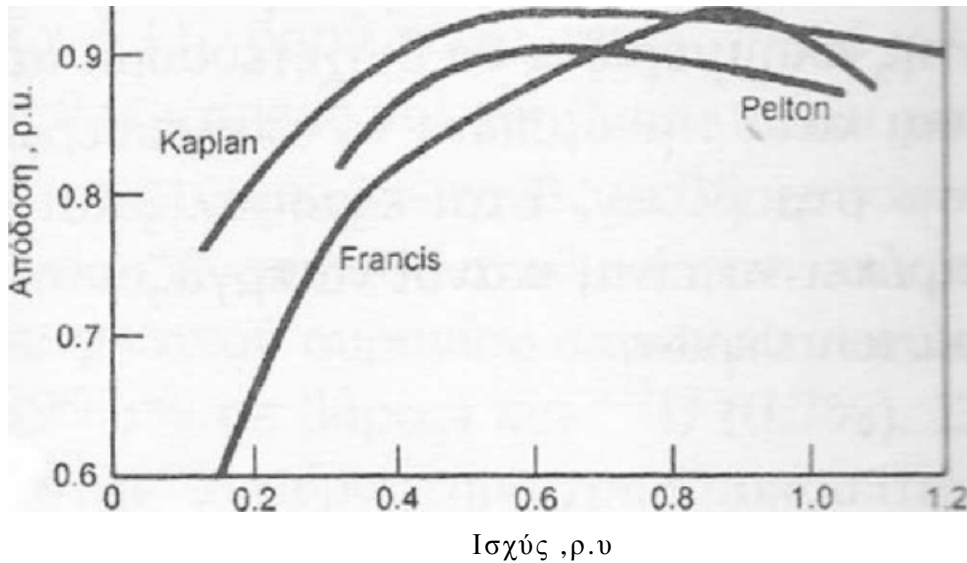
3. **Kaplan:** Είναι κατάλληλος για τη λειτουργία με τη φυσική ροή των ποταμών και μικρές δεξαμενές αποθήκευσης, με h από 0-63 m.



Σχήμα 3.5: υδροστρόβιλος τύπου Francis

Αυτός ο τύπος στροβίλου έχει στροφείο, που χρησιμοποιεί αξονική ροή νερού και μεταβλητό βήμα πτερυγίων.

3.6.2 Σύγκριση ισχύος των διαφόρων ειδών υδροστροβίλων.



Σχήμα 3.6. Τυπικές καμπύλες απόδοσης για τις τρεις κυριότερες κατηγορίες υδροστροβίλων.

Βασικό πλεονέκτημα των υδροστροβίλων είναι ότι έχουν την ικανότητα να εκκινούν γρήγορα και να αναλαμβάνουν φορτίο σε περίπου δύο λεπτά. Το μεγαλύτερο τους πρόβλημα όμως είναι ότι, όταν η λειτουργία τους εξαρτάται από τις βροχοπτώσεις και τα αποθέματα ύδατος στην περιοχή που είναι εγκατεστημένος ο σταθμός παραγωγής υδροηλεκτρικής ενέργειας.

Η απόδοση τους ανέρχεται περίπου στο 80%, ενώ μερικές περιπτώσεις μπορεί να ξεπεράσουν και το 90%.

Βέβαια η εκμετάλλευση της υδροηλεκτρικής ενέργειας δεν είναι κάτι που μπορεί να κάνει τοπικά κάποιος ιδιώτης, όμως θεωρήσαμε απαραίτητη αυτή τη μικρή αναφορά στη συγκεκριμένη μορφή ενέργειας και τις κυριότερες μεθόδους εκμετάλλευσης της.

3.7 ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΤΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Σε μερικές περιοχές του κόσμου υπάρχουν σημεία τα οποία ονομάζονται γεωθερμικά πεδία, όπου εμφανίζονται επιφανειακά θερμές πηγές νερού ή ακόμα και πίδακες.

Η ενέργεια αυτή εμφανίζεται σε τρεις μορφές :

- Υπό μορφή ζεστού νερού της τάξεως των 50-100 C
- Υπό μορφή υγρού ατμού, είναι νερό με πίεση μεγαλύτερη της ατμοσφαιρικής και θερμοκρασία μεγαλύτερη των 100 C
- Υπό μορφή ξηρού και κεκορεσμένου ατμού

Στην πρώτη περίπτωση μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το ζεστό νερό για τη θέρμανση κάποιου χώρου (είτε σπιτιού είτε θερμοκηπίου είτε βιομηχανίας) απλά αντλώντας το από το πηγάδι και κυκλοφορώντας το μέσα στο σπίτι. Φυσικά υπό την προϋπόθεση ότι το νερό δεν έχει μέσα άλατα και άλλες χημικές προσμίξεις που μπορούν να κάνουν ζημιά στις σωληνώσεις.

Όταν υπάρχουν χημικές διαβρωτικές ενώσεις μέσα στο νερό, μπορούμε απλώς να βάλουμε ένα εναλλάκτη θερμότητας έτσι ώστε να μην έρχεται σε επαφή το νερό του εδάφους με τις σωληνώσεις του σπιτιού. Έτσι και πάλι έχουμε το επιθυμητό αποτέλεσμα δηλαδή να θερμαίνεται ο χώρος μας.

Αν και σε μακροχρόνια βάση αυτό είναι αρκετά πιο οικονομικό από την συμβατική θέρμανση, απαιτείται μεγάλο αρχικό κεφάλαιο για να γίνει μία τέτοια εγκατάσταση (έξοδα γεώτρησης, εναλλάκτη, έξοδα για κυκλοφορητές) και πάρα πολλοί το αποφεύγουν, Καταφεύγουν στις γνωστές μεθόδους θέρμανσης με πετρέλαιο.

Στη δεύτερη περίπτωση για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας η θερμική ενέργεια των πετρωμάτων της γης απορροφάται με τροφοδότηση αρμυρού νερού σε γεωτρήσεις βάθους 500-3000 m και την άντληση του από κοντινή γεώτρηση. Με αυτήν τη μέθοδο έχω προθέρμανση του νερού και μετά με τις συμβατικές μεθόδους έχω παραγωγή ατμού που οδηγείται σε στρόβιλους για τη παραγωγή ενέργειας. Μπορώ ακόμα να τροφοδοτήσω έναν εναλλάκτη θερμότητας ο οποίος προσδίδει τη θερμότητα σε δευτερεύοντα υγρά εργασίας(πχ Freon), τα οποία διοχετεύονται σε στρόβιλο για την παραγωγή ενέργειας.

Στην τρίτη περίπτωση, όταν διαθέτουμε ξηρό ατμό, αυτός τροφοδοτείται απευθείας σε ένα ατμοστρόβιλο χαμηλής πίεσης, έτσι ώστε να έχω παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Παγκοσμίως, η εγκατεστημένη ισχύς ηλεκτρικών σταθμών που χρησιμοποιούν γεωθερμική ενέργεια είναι περίπου 500 MW, ενώ δυνατότητες υπάρχουν για να φτάσει μόνο μέχρι τα 2000 MW. Το γεωθερμικό δυναμικό της Ελλάδας εκτιμάται να είναι μεταξύ 200 και 300 MW, το οποίο βρίσκεται κυρίως στις νήσους Μήλο, Νίσυρο, και Λέσβο, όπου η σύνθλιψη των λιθοσφαιρικών πλακών στην περιοχή του Αιγαίου δημιούργησε το ομώνυμο ηφαιστειακό τόξο. Στην περιοχή της Κύπρου δεν υπάρχουν περιοχές με ιδιαίτερο ενδιαφέρον από άποψη γεωθερμικού δυναμικού.

Η απόδοση αυτών των σταθμών είναι μικρότερη από τους σταθμούς που χρησιμοποιούν συμβατικά καύσιμα όμως έχουν το πλεονέκτημα ότι έχουν δωρεάν καύσιμο, δεν μολύνουν και έχουν μικρότερο κόστος κατασκευής.

2^ο ΜΕΡΟΣ: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΕΝΟΣ ΑΥΤΟΝΟΜΟΥ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΥΤΟΝΟΜΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Πριν προχωρήσουμε στην μελέτη και τον υπολογισμό των τεχνικών χαρακτηριστικών ενός αυτόνομου υβριδικού συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι χρήσιμο να γίνει μια περιγραφή ενός τέτοιου συστήματος εν είδη ορισμού.

4.1 ΑΥΤΟΝΟΜΟ ΥΒΡΙΔΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Αυτόνομο σύστημα είναι μια μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που έχει τη δυνατότητα να παράγει την ενέργεια ώστε να καλύπτει τα εγκατεστημένα φορτία χωρίς να χρειάζεται να είναι συνδεδεμένη στο δίκτυο ηλεκτροδότησης της ΔΕΗ. Σε μεγάλο βαθμό η παραγωγή της ενέργειας γίνεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, χωρίς όμως αυτό να σημαίνει ότι αποκλείεται να υπάρχουν διατάξεις παραγωγής με συμβατικά καύσιμα. Τα συστήματα αυτά συνήθως έχουν κάποια αποθηκευτική διάταξη ενέργειας (συνήθως μπαταρίες) για να αποθηκεύουν την πλεονάζουσα ενέργεια και να μπορούν να τη χρησιμοποιούν όταν οι ΑΠΕ δεν μπορούν να παράγουν ισχύ. Υπάρχουν όμως και περιπτώσεις αυτόνομων υβριδικών συστημάτων όπου είναι άμεσα συνδεδεμένα με τα φορτία που τροφοδοτούν χωρίς τη χρήση αποθηκευτικής διάταξης. Στις περιπτώσεις αυτές αποφεύγουμε το κόστος κτίσης και συντήρησης των συσσωρευτών, αλλά υπάρχει περίπτωση να υπάρξουν στιγμές περιορισμένης διαθεσιμότητας ηλεκτρικής ενέργειας

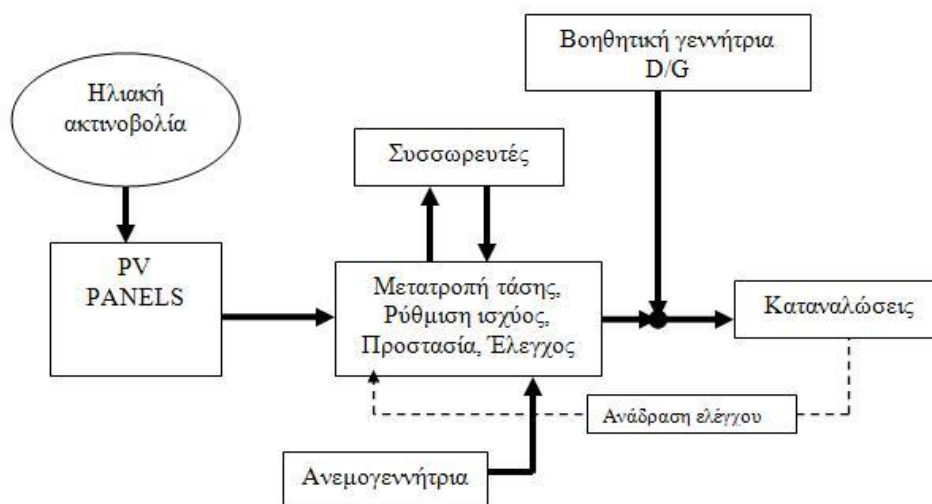


Σχήμα 4.1: Οικιακό αυτόνομο σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας

Στο πρώτο μέρος της παρούσας εργασίας έχει γίνει εκτενής αναφορά στις τεχνολογίες ηλεκτροπαραγωγής που μπορεί να συμμετέχουν σε μια αυτόνομη υβριδική εγκατάσταση. Οι πιο κοινές είναι:

- Φωτοβολταϊκά πλαίσια
- Ανεμογεννήτριες
- Μικροί υδροηλεκτρικοί σταθμοί

Στις περισσότερες περιπτώσεις παράλληλα με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας υπάρχει για εφεδρεία κάποια πηγή ενέργειας με συμβατικά καύσιμα (ντίζελ, βενζίνη, φυσικό αέριο, βιομάζα) η οποία συνήθως τροφοδοτεί ένα Ηλεκτροπαραγωγό Ζεύγος (H/Z).

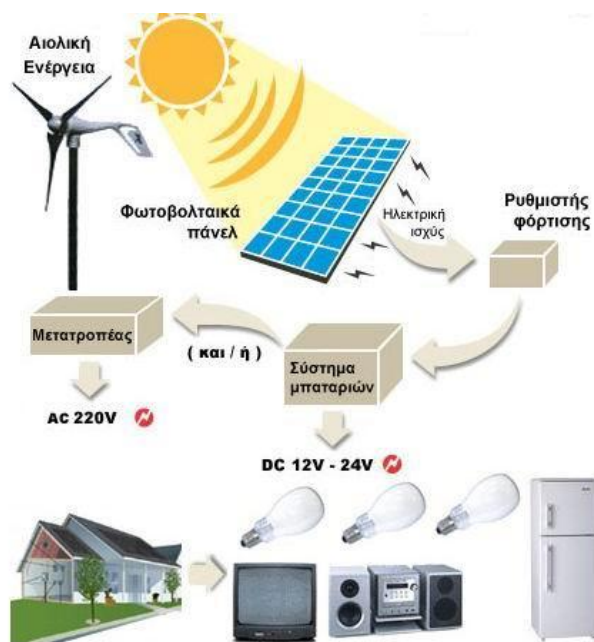


Σχήμα 4.2: Γενικό διάγραμμα ενός αυτόνομου συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας

Το παραπάνω σχηματικό διάγραμμα παρουσιάζει μια τυπική τοπολογία ενός αυτόνομου συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Η λειτουργία του έχει ως εξής. Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια (PV Panels) παράγουν ηλεκτρική ενέργεια από την ηλιακή ακτινοβολία ενώ η ανεμογεννήτρια από την αιολική ενέργεια. Η τάση από τα φωτοβολταϊκά είναι συνεχής, ενώ η τάση της ανεμογεννήτρια ανορθώνεται. Αυτή η συνεχής (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 μετατροπείας)
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 της εγκατάστασης. Σε αντίθετη περίπτωση γίνεται χρήση της αποθηκευμένης ισχύος στους συσσωρευτές ή δίνεται εντολή για λειτουργία του ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους και την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών.

4. Έλεγχος αν η παραγόμενη ισχύς είναι μεγαλύτερη από τις ανάγκες της εγκατάστασης. Στην περίπτωση αυτή φορτίζονται οι συσσωρευτές με την πλεονάζουσα ηλεκτρική ενέργεια.



Σχήμα 4.3: Ροή ενέργειας σε αυτόνομο σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

4.2 ΑΥΤΟΝΟΜΟ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Μια ειδική περίπτωση αυτόνομου παραγωγού είναι τα αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα. Αξίζει να κάνουμε μια ιδιαίτερη αναφορά σε αυτή την εφαρμογή για τους εξής τρεις λόγους:

1. Εύκολα μπορούν να ενσωματωθούν σε υπάρχουσες κατοικίες δίνοντας τους ενεργειακή αυτονομία και απεξάρτηση από το δίκτυο της ΔΕΗ. Ειδικά για εξοχικές κατοικίες που χρησιμοποιούνται λίγες μέρες το χρόνο, είναι συμφέρον να μην υπάρχει σύνδεση στη ΔΕΗ λόγω του πάγιου κόστους που αυτό συνεπάγεται.

2. Στη χώρα μας η ηλιοφάνεια είναι σημαντική σχεδόν όλες τις εποχές του χρόνου καθιστώντας συμφέρουσα μια επένδυση σε τεχνολογίες εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας.
3. Το σύστημα που θα παρουσιαστεί στο τρίτο μέρος της παρούσας εργασίας αποτελείται από φωτοβολταϊκά και ένα ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος, συνεπώς μοιάζει πολύ με ένα αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα.

Τα αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα είναι ιδανικά για απομακρυσμένες περιοχές όπου δεν υπάρχει τρόπος σύνδεσης με το δίκτυο και όπου είναι δύσκολη η μεταφορά καυσίμου σε περίπτωση χρήσης γεννήτριας ντίζελ. Το σύστημα απαιτεί και την ύπαρξη μονάδας αποθήκευσης (μπαταρίας) για την συνεχή λειτουργία του κατά τις νυκτερινές ώρες ή ώρες συννεφιάς.

Μερικές από τις χρήσεις των αυτόνομων φωτοβολταϊκών συστημάτων είναι:

- σε αναμεταδότες (ραδιοφώνου ή TV),
- σε συστήματα επιτήρησης
- σε τηλεφωνικούς θαλάμους
- σε κεραιές κινητής τηλεφωνίας
- σε φάρους
- σε φωτισμό δρόμων και εθνικών οδών
- επίσης σε τροχόσπιτα
- σε αρδεύσεις, γεωτρήσεις και πολλές άλλες εφαρμογές

Στη συνέχεια παρατίθενται μερικές εικόνες από εφαρμογές αυτόνομης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με φωτοβολταϊκά πλαίσια για συγκεκριμένες χρήσεις.



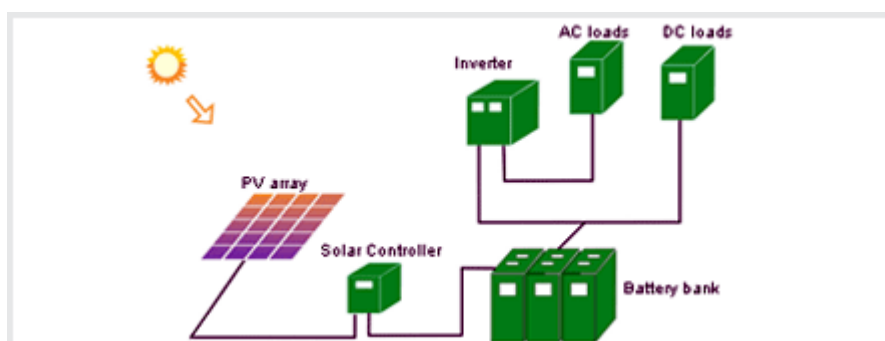
Αυτόνομο φωτιστικό οδού

Σύστημα εγκατεστημένο σε επικλινή στέγη



σχήμα 4.5 εφαρμογές αυτόνομων φωτοβολταϊκών συστημάτων

Ένα αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα με τα απαραίτητα εξαρτήματά του φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 4.4 Σχεδιάγραμμα των βασικών μερών ενός αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος.

Τα κυριότερα στοιχεία που συνθέτουν μια αυτόνομη φωτοβολταϊκή εγκατάσταση είναι τα εξής:

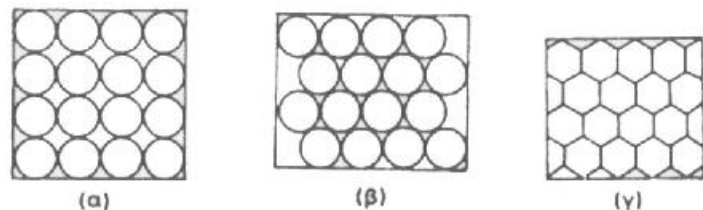
- PV array: Διάταξη φωτοβολταϊκών πλαισίων
- Solar Controller: Φορτιστής των μπαταριών (αποτελείται από ένα DC-DC μετατροπέα)
- Battery bank: Συστοιχία μπαταριών
- Inverter: Αντιστροφέας DC-AC
- AC loads: Φορτία εναλλασσόμενης ενέργειας
- DC loads: Φορτία συνεχούς ενέργειας

Παρακάτω ακολουθεί η περιγραφή των σημαντικότερων στοιχείων μια φωτοβολταϊκής εγκατάστασης είτε τροφοδοτείται αποκλειστικά από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, είτε είναι υβριδική.

4.2.1 Το ϕ/β πλαίσιο, τα ϕ/β πάνελα 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 4.5.: 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 συσυνδεδεμένα 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 σπονδυλωτή 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.

4.2.1.1 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 ορίζοντα. Σε μια τοποθεσία με γεωγραφικό πλάτος π^0 , η προϋπόθεση του ανοικτού ορίζοντα 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 .

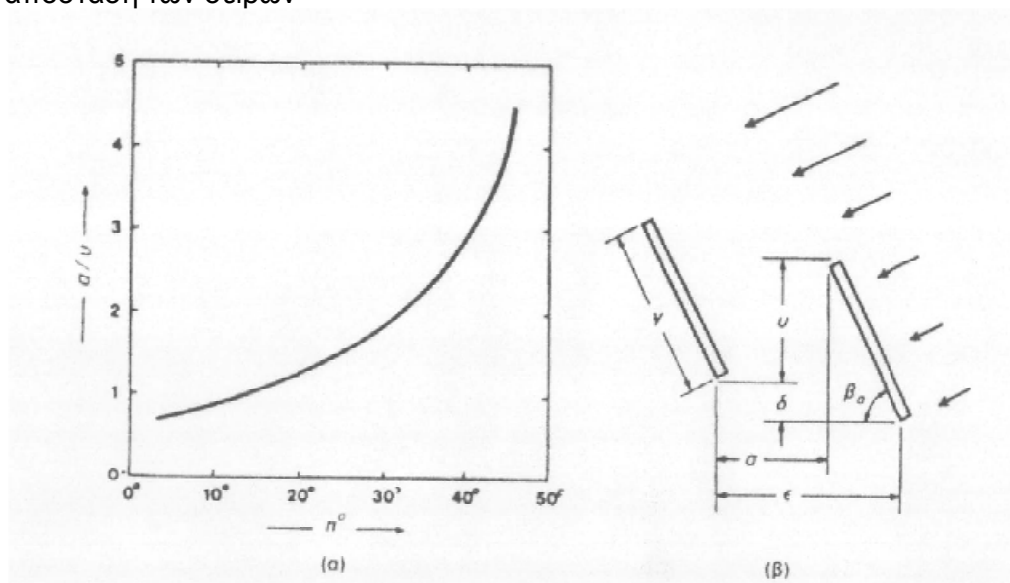
Ειδικότερα το διάγραμμα του σχήματος 4.6 βοηθά στον προσδιορισμό της απόστασης ανάμεσα στις παράλληλες σειρές των ηλιακών συλλεκτών στις φ/β/ συστοιχίες, ώστε η μια σειρά να μην σκιάζει αισθητά την επομένη. Συγκεκριμένα, το διάγραμμα δίνει, ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος του τόπου, την ελάχιστη απαιτούμενη 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:

$$\varepsilon = \alpha + \gamma \cdot \sigma \nu \beta_{\sigma}$$

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



Σχήμα 4.6: 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 $\alpha, \gamma, \delta, \varepsilon$, και της γωνίας της κλίσης β_{σ} για τη διάταξη των ηλιακών συλλεκτών στις φ,β συστοιχίες.

4.2.2. Συσσωρευτές - Μπαταρίες

4.2.2.1 Γενικά για τους συσσωρευτές

Λόγω του ότι οι συσσωρευτές, παρόλα τα μειονεκτήματά τους, χρησιμοποιούνται μέχρι σήμερα ως οι κυρίες πηγές αποθήκευσης ενέργειας, θεωρείται αναγκαίο να αναφερθούμε σε αυτό το υποκεφάλαιο περιληπτικά στα στοιχεία για τους.

Για την συνεχή λειτουργία των συστημάτων παραγωγής ενέργειας είτε από ήλιο είτε από αέρα είναι απαραίτητη η δυνατότητα συσσώρευσης μέρους της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας για να

παρέχεται αυτή στην κατανάλωση, όταν το σύστημα αδυνατεί να παράγει ηλεκτρική ενέργεια.

Κύριος σκοπός μιας μπαταρίας είναι λοιπόν η συσσώρευση της ηλεκτρικής ενέργειας (χωρητικότητα) με παράλληλη δυνατότητα συνεχούς απόδοσης της. Ο σκοπός αυτός, εκπληρώνεται σε μια κατάλληλη και σωστή μπαταρία όταν έχει τις εξής ιδιότητες:

1. Ικανοποιητικά υψηλή δεκτικότητα φόρτισης
2. Μεγάλη αντοχή σε κύκλους φόρτισης – εκφόρτισης
3. Δυνατότητα επαρκούς επαναφόρτισης
4. Απλή και αξιόπιστη λειτουργία

Ακολουθεί η αναλυτική εξήγηση των παραπάνω:

1. Ικανοποιητικά υψηλή δεκτικότητα φόρτισης χαρακτηρίζεται από την όσο το δυνατό υψηλή ένταση ρεύματος φόρτισης σε δεδομένη τάση φόρτισης με αποφυγή πτώσης τάσης στο εσωτερικό της. Ο συντελεστής απόδοσης της φόρτισης βρίσκεται στο 90 % περίπου, που σημαίνει ότι σε κατανάλωση χωρητικότητας X πρέπει να επαναφορτιστεί η μπαταρία με ενέργεια $1,1 X$ για να φτάσουμε στην αρχική κατάσταση πλήρους φόρτισης. Πέραν αυτού η μπαταρία πρέπει να μπορεί να φορτίζεται και με ρεύματα χαμηλής έντασης.
2. Μεγάλη αντοχή σε κύκλους φόρτισης - εκφόρτισης, αυτό σημαίνει ότι θέλουμε η μπαταρία να είναι σε θέση, να πετύχει μεγάλο αριθμό φορτίσεων - εκφορτίσεων. Ο αριθμός των κύκλων εξαρτάται κατά κύριο λόγο από το βάθος εκφόρτισης της. Δηλαδή, όσο πιο μικρό είναι το βάθος εκφόρτισης της, σε ποσοστά της χωρητικότητας της, τόσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των κύκλων ζωής της μπαταρίας (συνήθως ζωή μπαταρίας εμπορίου 3000 κύκλοι η αλλιώς 5-7 χρόνια).
3. Η δυνατότητα επαρκούς επαναφόρτισης μιας μπαταρίας είναι δεδομένη όταν παρατηρείται μια γρήγορη επαναφόρτιση μέχρι την ονομαστική της χωρητικότητα, με αμελητέες απώλειες στη συσσωρευμένη χωρητικότητα.
4. Η απλή και αξιόπιστη λειτουργία των συσσωρευτών είναι επιθυμητή. Αυτό σημαίνει ότι στη διάρκεια ενός χρόνου μπορεί να γίνει συμπλήρωση υγρών μια με δυο φορές (ανοιχτού τύπου μπαταρίες), χωρίς άλλη φροντίδα φυσικά, φυσικό όμως είναι ότι πρέπει να διατηρούμε την μπαταρία καθαρή, να μην έχουμε υπερχειλίση υγρών και να αποφεύγουμε τυχόν

βραχυκυκλώματα των πόλων που μπορούν να γίνουν π.χ. με κάποιο εργαλείο. Ακόμα κάτι που πρέπει να προσέξουμε είναι, το ότι πρέπει να κουνάμε μια με δυο φορές το χρόνο την μπαταρία έτσι ώστε να υπάρχει ανάμειξη του οξέος με το νερό και επίσης να πέφτουν οι σωρευμένες ακαθαρσίες που συγκεντρώνονται στα μεταλλικά στοιχεία των μπαταριών.

4.2.2.2 Κατάλληλοι συσσωρευτές για συστήματα αποθήκευσης ενέργειας που παράγεται από ΑΠΕ

Τα πλέον χρησιμοποιούμενα σήμερα συστήματα συσσωρευτών είναι οι συσσωρευτές, Μολύβδου - Θεικού Οξέος (Pb-H₂SO₄) και Νικελίου – Καδμίου (Ni-Cd). Οι ιδιαιτερότητες των συνθηκών που επικρατούν στα συστήματα ΑΠΕ, καθιστούν μη ενδεδειγμένη τη χρήση των αλκαλικών συσσωρευτών Ni-Cd.

Παρότι οι μπαταρίες αλκαλικών συσσωρευτών Ni-Cd εμφανίζουν αρκετά πλεονεκτήματα, όπως:

- ικανότητα εκτελέσεως πολλών κύκλων
- χαμηλές ανάγκες για συντήρηση (δεν έχουν διαβρωτικό ηλεκτρολύτη)
- δεν εκλύουν εκρηκτικά αέρια κατά τη φόρτιση και
- δεν καταστρέφονται εύκολα λόγω υπερφόρτισης ή πλήρους εκφόρτισης.

Παρουσιάζουν όμως και αρκετά σημαντικά μειονεκτήματα τα οποία είναι αρκετά ώστε να αποτρέπουν την χρήση τους:

- Απαιτούν 20 - 30% περισσότερη ενέργεια επαναφορτίσεως από τους ισοδύναμους συσσωρευτές μόλυβδου-οξέος
- Απαιτούν να μην υπάρχει διακοπή κατά την φόρτιση, γιατί οι μπαταρίες Ni-cd παρουσιάζουν το φαινόμενο της «μνήμης» έτσι αν διακοπεί η φόρτιση πριν την ολοκλήρωση της τότε δεν μπορούμε μετέπειτα να συνεχίσουμε την φόρτιση και να αποκτήσει την αρχική της χωρητικότητα. Η μπαταρία επανέρχεται στις αρχικές της συνθήκες, μόνο αν την εκφορτίσουμε τελείως και την φορτίσουμε χωρίς διακοπές μέχρι να φορτιστεί πλήρως. Λόγω αυτής της κατάστασης τα υπό διερεύνηση συστήματα δεν είναι σε θέση να εγυηθούν συνεχή φόρτιση μέχρι την πλήρωση της μπαταρίας.

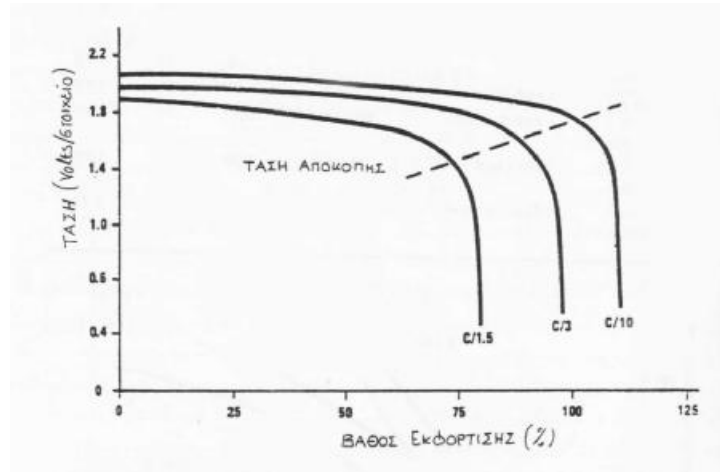
- έχουν μικρότερη τάση ανά στοιχείο (1,3 V) σε σχέση με τα στοιχειά μόλυβδου οξέος (2.25 V) και έτσι απαιτούνται περισσότερα στοιχεία ανά μπαταρία (άρα καταλαμβάνουν περισσότερο χώρο)
- έχουν υψηλότερη τιμή αγοράς από τις μπαταρίες μολύβδου-οξέος (περίπου 3 φορές πάνω).

Οι διάφοροι τύποι συσσωρευτών μόλυβδου – οξέος οι οποίοι είναι οι πλέον συμφέροντες, χωρίζονται στις εξής βασικές κατηγορίες σε σχέση με την τεχνολογία τους:

1. Συσσωρευτές "ανοιχτού τύπου" , δηλαδή χωρίς καπάκι στα στοιχεία(που έχουμε την δυνατότητα να τους ξαναγεμίσουμε με το υγρό τους).
2. Συσσωρευτές "κλειστού τύπου" με αναπνοή , με καπάκι στα στοιχεία και πώμα αναπνοής. Οι περισσότεροι τύποι τέτοιων συσσωρευτών μόλυβδου απαιτούν χαμηλή συντήρηση (μόνο προσθήκη απιονισμένου νερού) και προσφέρουν σημαντική αξιοπιστία.
3. Συσσωρευτές "στεγανού τύπου" με βαλβίδα υπερπίεσης.

4.2.2.3 Χωρητικότητα συσσωρευτών

Η χωρητικότητα C, σε Αμπερώρια (Ah) καθορίζει το χρόνο σε ώρες που μπορεί κανείς με δεδομένη ένταση ρεύματος εκφόρτισης (A) να εκφορτίσει μια μπαταρία, μέχρι το προβλεπόμενο βάθος εκφόρτισης της. Η ένδειξη (Ah) σε μια μπαταρία είναι καθορισμένη και έχει ισχύ για κάποιο συγκεκριμένο ρυθμό εκφόρτισης την ώρα, που κυμαίνεται μεταξύ 10 και 30 ωρών (μπορεί να φτάσει ο ρυθμός εκφόρτισης και μέχρι τις 100 ώρες) και για θερμοκρασίες μεταξύ, ± 20 °C . Όσο πιο χαμηλή είναι η ένταση του ρεύματος εκφόρτισης τόσο μεγαλύτερος είναι ο χρόνος εκφόρτισης και τόσο μεγαλύτερη είναι η διαθέσιμη χωρητικότητα.



Σχήμα 4.7 Στο γράφημα φαίνονται το ποσοστό της ενέργειας που μπορούμε να τραβήξουμε από μια μπαταρία σε σχέση με το ρυθμό εκφόρτισης της μπαταρίας

Όπως συμπεραίνουμε από το παραπάνω γράφημα, για να μπορούμε να εξασφαλίσουμε ένα ικανοποιητικό ποσό ρεύματος (κατ' επέκταση ενέργειας) από τις μπαταρίες για μικρά χρονικά διαστήματα, πρέπει να θυσιάσουμε κάποιο ποσοστό από το μέγιστο αποδιδόμενο ποσό ενέργειας.

Η παρακολούθηση της κατάστασης φόρτισης ενός συσσωρευτή, γίνεται κύρια με μέτρηση της πυκνότητας του ηλεκτρολύτη ή με ακριβή μέτρηση της τάσης του. Για τον προσδιορισμό της κατάστασης φόρτισης της μπαταρίας, με ακριβή μέτρηση της τάσης της, πρέπει να φροντίσουμε να έχουμε την μπαταρία, 3 ώρες πριν τη μέτρηση, σε κατάσταση ηρεμίας αυτό μπορούμε να το δούμε με τις εξής τάσεις:

- 13,5-14,1 V - Πλήρως φορτισμένη μπαταρία
- 11,5-13,0 V - Μπαταρία σε χρήση (μισοφορτισμένη)
- 0 - 11,0 V - Μπαταρία εκφορτισμένη.

4.2.2.4 Διαδικασία φόρτισης συσσωρευτών

Η φόρτιση του συσσωρευτή γίνεται με εφαρμογή συνεχούς τάσεως (ορθής πολικότητας) στους πόλους του συσσωρευτή, έτσι

ώστε το σύστημα να διαρρέεται από ορισμένο ρεύμα. Γενικά, συνιστάται φόρτιση με χαμηλό ρεύμα.

4.2.2.5 Καθορισμός συνδεσμολογίας συσσωρευτών

Σε περίπτωση που χρειαζόμαστε αύξηση της τάσης από 12 V σε 24 V (ή και παραπάνω) τότε συνδέουμε δυο μπαταρίες (ή περισσότερες) σε σειρά. Πρέπει όμως να τηρούμε τις εξής αρχές για καλύτερα αποτελέσματα:

1. Χρησιμοποιούμε μπαταρίες του ίδιου τύπου και ονομαστικής χωρητικότητας και επιπλέον ίδιας ηλικίας και πυκνότητας ηλεκτρολύτη.
2. Με τη σύνδεση στη σειρά διπλασιάζεται η ονομαστική τάση, ενώ η χωρητικότητα παραμένει η ίδια. Η σύνδεση μεταξύ τους γίνεται ενώνοντας το θετικό πόλο της μιας με τον αρνητικό πόλο της άλλης.

Σε περίπτωση που χρειαζόμαστε αύξηση της χωρητικότητας (στην ίδια ονομαστική τάση πάντα) τότε συνδέουμε μπαταρίες παράλληλα και πρέπει να τηρούμε τα εξής για καλύτερα αποτελέσματα:

1. Χρησιμοποιούμε μπαταρίες ίδιας ονομαστικής τάσης, τύπου και πυκνότητας ηλεκτρολύτη (κατάσταση φόρτισης). Οι ονομαστικές χωρητικότητες των μπαταριών συνιστάται να είναι περίπου ίδιες. Η καλωδίωση των μπαταριών σε παράλληλη σύνδεση πρέπει να είναι

συμμετρική, δηλαδή τα καλώδια πρέπει να έχουν την ίδια διατομή και το ίδιο μήκος.

2. Στην παράλληλη σύνδεση των ίδιων μπαταριών διπλασιάζεται η χωρητικότητα. Η σύνδεση γίνεται ενώνοντας τους θετικούς πόλους, καθώς επίσης και τους αρνητικούς πόλους των μπαταριών μεταξύ τους.

4.2.2.6 Μέτρα ασφαλείας για τους συσσωρευτές

Οι μπαταρίες πρέπει να τοποθετούνται σε στεγνό μέρος και να λειτουργούν σε θερμοκρασίες 15 - 30°C. Επίσης, σε υψηλές τάσεις φόρτισης (πάνω από 14,4 V που είναι η τάση σχηματισμού αερίων)

σε μπαταρίες μολύβδου-οξέος, δημιουργείται ένα επικίνδυνο μείγμα αερίου που μπορεί να εκραγεί. Για αυτό το λόγο πρέπει να υπάρχει επαρκής εξαερισμός του χώρου και η επάνω επιφάνεια της μπαταρίας πρέπει να είναι καθαρή και στεγνή.

Οι πόλοι της μπαταρίας πρέπει να είναι καθαροί κατά την διαδικασία της εγκατάστασης επίσης πρέπει να έχουν καλή επαφή με τα καλώδια σύνδεσης.

Μετά την ορθή εγκατάσταση των μπαταριών, για αποφυγή οξειδωσης των ακροδεκτών της μπαταρίας βάζουμε γράσο στους πόλους, έτσι περιορίζονται οι απώλειες ενέργειας.

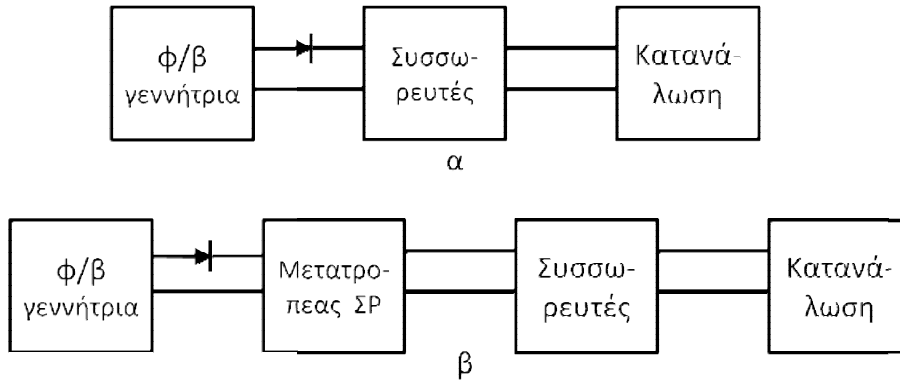
Η στάθμη του ηλεκτρολύτη πρέπει να ελέγχεται από καιρό σε καιρό και να συμπληρώνεται (σε ανοιχτού τύπου), μέχρι κάποιο συγκεκριμένο σημάδι, με αποσταγμένο νερό.

Τέλος πρέπει να φροντίζουμε για την διατήρηση της μπαταρίας σε κατάσταση πλήρους φόρτισης. Να αποφεύγουμε δηλαδή μεγάλα χρονικά διαστήματα σε κατάσταση εκφόρτισης γιατί μετά η μπαταρία καταστρέφεται.

4.2.3 ΡΥΘΜΙΣΤΕΣ, ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΙΣ

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.

Η τάση φόρτισης των συσσωρευτών μπορεί να ανεξαρτητοποιηθεί εντελώς από την τάση εξόδου της φ/β γεννήτριας, με την παρεμβολή ενός μετατροπέα συνεχούς ρεύματος. Ο μετατροπέας αυτός περιλαμβάνει την τάση που δίνει η φ/β γεννήτρια, που είναι αναγκαστικά ασταθής λόγω των διακυμάνσεων της ηλιακής ακτινοβολίας, τη μετατρέπει στην ευνοϊκή τάση για τη φόρτιση των συσσωρευτών και τη σταθεροποιεί, ώστε να εξασφαλίζονται οι βέλτιστες συνθήκες φόρτισης (σχήμα 4.8).



Σχήμα 4.8: 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.

Όταν οι συσσωρευτές του συστήματος φορτιστούν πλήρως, η περίσσεια του ηλεκτρικού ρεύματος που παράγεται στην φ/β γεννήτρια διοχετεύεται από τον ρυθμιστή προς κατάλληλες αντιστάσεις ή προς τη γη, και έτσι προστατεύονται οι συσσωρευτές από τους κινδύνους της υπερφόρτισης.

Εκτός από το ρυθμιστή τάσης, τα φ/β συστήματα μπορούν να περιέχουν και 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.

Στη συνέχεια με το μετατροπέα τάσης, η τάση εξόδου της φ/β γεννήτριας μετατρέπεται στην απαιτούμενη για την φόρτιση των συσσωρευτών του συστήματος. Πάντως, το κόστος των διατάξεων αυτών είναι σημαντικό, και έτσι συνήθως παραλείπονται στα σχετικά μικρής ισχύος συστήματα.

Τέλος, στην έξοδο των φ/β συστημάτων παρεμβάλλεται συχνά ένας αντιστροφέας, που μετατρέπει το συνεχές ρεύμα της φ/β γεννήτριας και των συσσωρευτών 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.

Σημειώνεται πάντως ότι και η λειτουργία των παραπάνω διατάξεων συνοδεύεται με συχνά αξιόλογες απώλειες Π.χ. ο συντελεστής απόδοσης των διαφόρων ηλεκτρονικών ισχύος είναι συνήθως περίπου 90-95%, εφόσον λειτουργούν κοντά στην ονομαστική τους ισχύ, αλλά γίνεται πολύ μικρότερης όταν η ισχύς είναι μειωμένη.

4.3 Προκαταρκτικός σχεδιασμός μιας φωτοβολταϊκής εγκατάστασης

Το πρώτο βήμα στην εκπόνηση της μελέτης μιας φ/β εγκατάστασης είναι ο προκαταρκτικός σχεδιασμός του συστήματος, που θα καταλήξει καταρχήν στην εκτίμηση της απαιτούμενης ισχύος αιχμής της φ/β γεννήτριας και σε ορισμένα άλλα μεγέθη, όπως η χωρητικότητα των συσσωρευτών, τα οποία χρειάζονται για την σύνταξη μιας μελέτης σκοπιμότητας για την εγκατάσταση. Προηγουμένως θα πρέπει να έχει εξαντληθεί κάθε περιθώριο δυνατότητας εξοικονόμησης στις ηλεκτρικές καταναλώσεις του συστήματος με τη χρησιμοποίηση θερμικής ενέργειας, όπου αυτό είναι τεχνικά και οικονομικά εφικτό.

Τα ζητούμενα μεγέθη στην προκαταρκτική μελέτη είναι κυρίως το πλήθος και ο τύπος των φ/β πλαισίων, η χωρητικότητα των συσσωρευτών, η ισχύς της βοηθητικής πηγής, το μέγεθος των διατάξεων ελέγχου, η έκταση του φ/β πεδίου και η χονδρική εκτίμηση του κόστους του συστήματος με σύγκριση προς τις αντίστοιχες εναλλακτικές λύσεις. Πέρα από τα συμπεράσματα για τη μελέτη σκοπιμότητας που θα προέλθουν από τα παραπάνω τεχνικά και οικονομικά μεγέθη, θα αξιολογηθεί παράλληλα η βαρύτητα των περιβαλλοντικών και άλλων κοινωνικών κριτηρίων και επιπτώσεων, που συνδέονται με την εξεταζόμενη εγκατάσταση. Τα αναγκαία

ελάχιστα στοιχεία και δεδομένα για τον προκαταρκτικό σχεδιασμό του συστήματος αφορούν τους εξής τομείς:

- Στις ηλεκτρικές καταναλώσεις του συστήματος και στον βαθμό της απαιτούμενης αξιοπιστίας για την κάλυψή τους.
- Στην ηλιακή ακτινοβολία και στις γενικές κλιματικές συνθήκες στην τοποθεσία της φ/β γεννήτριας.
- Στο κόστος προμήθειας και λειτουργίας των τμημάτων του συστήματος και για λόγους σύγκρισης, στο αντίστοιχο κόστος εναλλακτικών ανταγωνιστικών συστημάτων.

Έτσι, θα πρέπει να αναζητηθούν και να αξιολογηθούν με την καλύτερη δυνατή ακρίβεια, πληροφορίες και εκτιμήσεις που απαντούν σε ερωτήματα σχετικά με την περιοχή της εγκατάστασης του συστήματος. Ειδικότερα, για τα στοιχεία των τριών τομέων στοιχείων που αναφέρθηκαν παραπάνω, τα ερωτήματα που διατυπώνονται στοχεύουν σε πληροφορίες όπως:

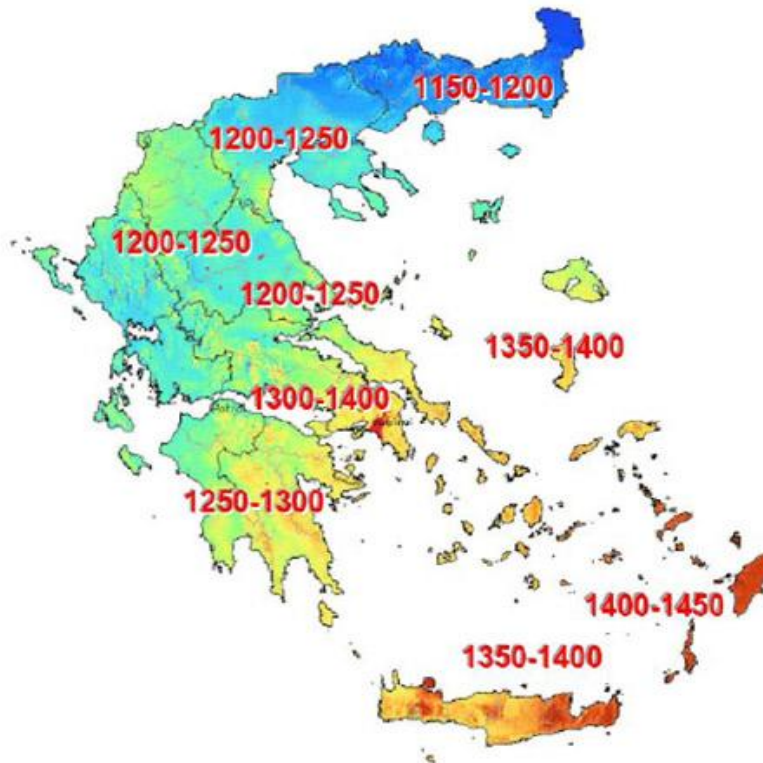
- Η μέση ημερήσια ηλεκτρική κατανάλωση στις διάφορες εποχές του έτους.
- Οι πιθανές αιχμές ισχύος.
- Οι μελλοντικές ανάγκες ηλεκτρικής ενέργειας και ισχύος.
- Η απαιτούμενη αξιοπιστία στη λειτουργία του συστήματος.
- Η μέση ενέργεια της ηλιακής ακτινοβολίας (για διάφορες κλίσεις του συλλέκτη) και η μέση θερμοκρασία στις φωτεινές ώρες της ημέρας, στις διάφορες εποχές του έτους.
- Οι τοπικές κλιματικές συνθήκες και κυρίως το πιθανό διάστημα των περιόδων με συνεχείς ημέρες νέφωσης, για τον καθορισμό της αναγκαίας αυτοδυναμίας, που θα εξασφαλίσει με αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας στους συσσωρευτές.
- Η θέση, η διαμόρφωση και οι ιδιομορφίες του χώρου του φ/β πεδίου και της ευρύτερης περιοχής. Π.χ. απόσταση από το εθνικό ή το τοπικό ηλεκτρικό δίκτυο, ύπαρξη οδού προσπέλασης ή μεταφοράς των υλικών με πλωτό ή άλλο μέσο, επίπεδο τεχνικής ανάπτυξης και περιβαλλοντική ευαισθησία της περιοχής.
- Η διαθεσιμότητα στην αγορά και το κόστος του εξοπλισμού του συστήματος (φ/β πλαίσια, συσσωρευτές, διατάξεις και όργανα ελέγχου, κ.λ.π.) καθώς και το κόστος των απαιτούμενων κτιριακών και λοιπών κατασκευών (κτίριο συσσωρευτών, στηρίγματα φ/β πλαισίων, οδοί, περίφραξη).
- Η διάρκεια ζωής και οι ετήσιες δαπάνες συντήρησης του εξοπλισμού του συστήματος, λαμβάνοντας υπόψη και την

ανάγκη μετάβασης ειδικευμένων τεχνικών και μεταφοράς εξαρτημάτων σε περίπτωση βλάβης.

- Το κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας των εναλλακτικών ανταγωνιστικών λύσεων για τη συγκεκριμένη ηλεκτροδότηση.

4.3.1 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:





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
- Κρήνη ή Ρόδο 1350-1500 KWH/έτος/KW
- Ζάκυνθο 1350-1450 KWH/έτος/KW.

4.3.2 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.

4.3.3 ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ

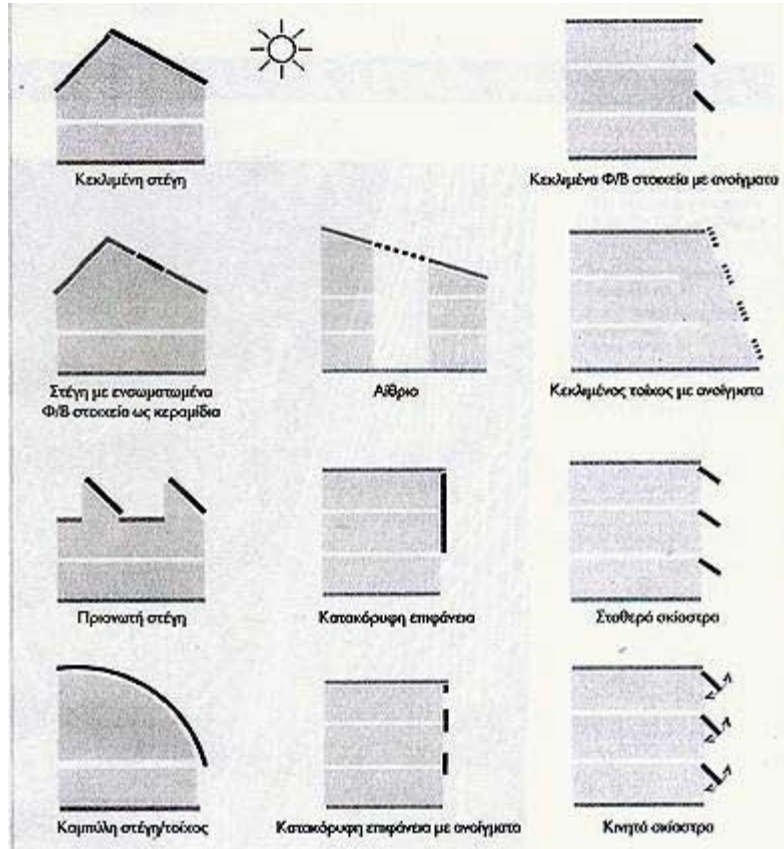
Τα Φ/Β μπορούν να τοποθετηθούν σε οικόπεδα, στέγες (επίπεδες ή κεκλιμένες) ή και σε προσόψεις κτιρίων. Παρέχονται σε διάφορα μεγέθη και μπορούν να υποκαταστήσουν τμήμα μιας κεραμοσκεπής (μειώνοντας αντίστοιχα και το κόστος της) ή τα υαλοστάσια σε μια πρόσοψη ή να χρησιμοποιηθούν σαν φωταγωγοί. Ήδη παράγονται 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:

1. Τοποθέτηση σε κεκλιμένα στηρίγματα
2. Τοποθέτηση σε ειδική βάση προσαρμοζόμενη στο εξωτερικό του κελύφους,
3. Απ' ευθείας τοποθέτηση και
4. 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.



Σχεδιάγραμμα των διάφορες τρόπων τοποθέτησης Φωτοβολταϊκών συστημάτων πάνω σε κτίρια ανάλογα με τον σχεδιασμό τους και τα κατασκευαστικά τους χαρακτηριστικά.

Σύστημα εγκατεστημένο σε επικλινή στέγη



Σύστημα εγκατεστημένο σε επίπεδη στέγη



Φωτογραφίες από εφαρμογές φωτοβολταϊκών πλαισίων σε κτίρια.

4.3.4 ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΝΟΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΕ ΕΝΑ ΚΤΙΡΙΟ

1. Σκίαση

Πρέπει να υπάρχει επαρκής, ελεύθερος και ασκίαστος χώρος. Χονδρικά αναφέρουμε στο σημείο αυτό ότι απαιτούνται περίπου 8 m²/KW για μονοκρυσταλλικά Φ/Β πλαίσια, 10m²/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. Ο Βόρειος προσανατολισμός πρέπει οπωσδήποτε να αποφεύγεται.

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 ξεπλύνει 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. Ύπαρξη κατάλληλου χώρου για τα ηλεκτρικά συστήματα και τις μπαταρίες.

Όπως είδαμε και παραπάνω, ένα φωτοβολταϊκό σύστημα, εκτός από τα πλαίσια έχει και άλλα συστήματα, ελέγχου και μετρήσεων, μπαταρίες κτλ. Αυτά αν και δεν καταλαμβάνουν πάρα πολύ μεγάλο χώρο, πρέπει να τοποθετηθούν σε ειδικό χώρο, για να προστατεύονται από τα καιρικά φαινόμενα.

5. Βάρος

Ένα πλήρες Φ/Β ζυγίζει 15-20 kg/m². 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.

6. Αερισμός

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

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΥΤΟΝΟΜΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Πρέπει να αποσαφηνίσουμε ότι σε ένα αυτόνομο (μη διασυνδεδεμένο) σύστημα, κύριο μέλημα μας είναι η ενεργειακή αυτονομία και η κάλυψη των φορτίων και δευτερευόντως η εκμετάλλευση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Βέβαια η εμπειρία έχει δείξει ότι αυτοί οι δύο στόχοι αλληλο-ικανοποιούνται με πολλαπλά οφέλη τόσο για το χρήστη, όσο και για το περιβάλλον.

Με σωστό σχεδιασμό καταφέρνουμε να εκμεταλλευτούμε στο μέγιστο δυνατό βαθμό τις ΑΠΕ που είναι διαθέσιμες κοντά στο αυτόνομο σύστημα και να ελαχιστοποιήσουμε τη χρήση των συμβατικών καυσίμων (πετρέλαιο, φυσικό αέριο) με τελικό σκοπό τη δημιουργία ενός συστήματος που δεν συνδέεται στο δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας της ΔΕΗ.

Για την υλοποίηση του σκοπού αυτού εφαρμόζουμε έξυπνες τεχνικές που μας δίνουν τη δυνατότητα να εξοικονομούμε ηλεκτρική ενέργεια. Ο σωστός σχεδιασμός ξεκινάει από την κατασκευή του κτιρίου. Αν και δεν αποτελεί αντικείμενο της παρούσας πτυχιακής εργασίας αξίζει να αναφέρουμε ότι γίνεται μέριμνα για εκμετάλλευση του φυσικού φωτός για το φωτισμό του κτιρίου. Τοποθετούνται μονώσεις για να μην γίνεται σπατάλη ενέργειας στην προσπάθεια να ζεστάνουμε το κτίριο τους χειμερινούς μήνες. Το ζεστό νερό παρέχεται στο οίκημα από ηλιακό θερμοσίφωνα καθώς και έναν εναλλάκτη που θερμαίνει το νερό όταν λειτουργεί η κεντρική θέρμανση (η οποία λειτουργεί με πετρέλαιο).

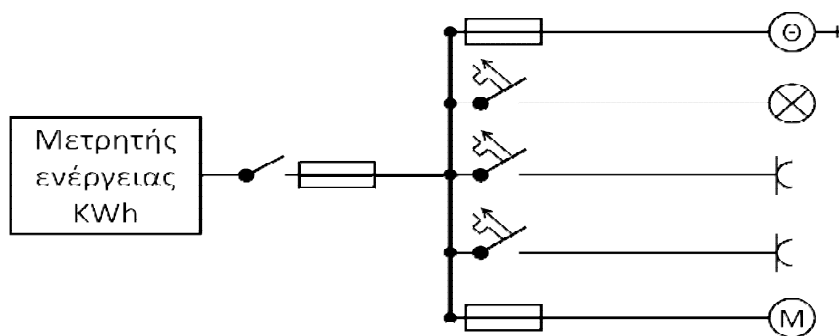
Γενικά προσπαθούμε να περιορίσουμε τα μεγάλα ωμικά φορτία καθώς και τα μεγάλα φορτία κίνησης που έχουν μεγάλο ρεύμα εκκίνησης. Για το φωτισμό χρησιμοποιούνται λυχνίες χαμηλής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ το μαγειρείο λειτουργεί με φυσικό αέριο (πετρογκάζ). Παρακάτω ακολουθεί ανάλυση των λοιπών καταναλώσεων του οικήματος και το μονογραμμικό σχέδιο του ηλεκτρικού πίνακα.

Πρώτο μας μέλημα είναι να γίνει μια αναλυτική καταγραφή των ηλεκτρικών καταναλώσεων του υπό μελέτη οικήματος των 150m², η οποία παρουσιάζεται παρακάτω.

- Θερμοσίφωνας 2000 W
- Φωτισμός 1000 W
- Πρίζες 3000 W

- Αντλία 1800 W $\cos\phi=0,8$ επαγωγικό (ασύγχρονος μονοφασικός κινητήρας)

Σύμφωνα με τα παραπάνω στοιχεία η εκτιμώμενη μέγιστη ζήτηση ηλεκτρικής ισχύος δεν θα ξεπεράσει ποτέ τα 9.000 W. Θα μπορούσε δε να ληφθεί υπ όψη και ένα συντελεστή ταυτοχρονισμού 70%.



Σχήμα 5.1 Μονογραμμικό σχέδιο του ηλεκτρικού πίνακα της εγκατάστασης

5.1 Γενική πορεία σχεδιασμού

Η πορεία του σχεδιασμού του αυτόνομου υβριδικού συστήματος έχει ως εξής:

1. θα επιλέξουμε τη χρονική περίοδο για την αξιόπιστη λειτουργία του συστήματος,
2. θα εκτιμήσουμε το μέγεθος της ηλεκτρικής κατανάλωσης
3. θα υπολογίσουμε την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας
4. θα βρούμε ποιο είναι το αναγκαίο πλήθος των φωτοβολταϊκών πλαισίων για τη συγκρότηση της φωτοβολταϊκής γεννήτριας,
5. θα καθορίσουμε τη χωρητικότητα των συσσωρευτών
6. θα υποδείξουμε τις απαιτούμενες διατάξεις ρύθμισης και ελέγχου του συστήματος, καθώς και της ισχύ της βοηθητικής ενεργειακής πηγής, για την ικανοποίηση της αξιοπιστίας του συστήματος.

Οι υπολογισμοί μας θα στηριχτούν στα τεχνικά στοιχεία που έχουμε από τεχνικά εγχειρίδια κατασκευαστών των διαφόρων εξαρτημάτων, από πίνακες ηλιακής ακτινοβολίας καθώς και σε παραδοχές που δικαιολογούνται από την κοινή λογική. Επίσης για να μπορέσει να γίνει σύγκριση θα χρησιμοποιηθούν τεχνικές πληροφορίες από την πραγματική εγκατάσταση που θα παρουσιαστεί στο τρίτο μέρος της παρούσας πτυχιακής εργασίας.

1^ο βήμα: χρονική περίοδος

Το σύστημα θα πρέπει να λειτουργεί αξιόπιστα σε όλη τη διάρκεια του έτους και να παρέχει επαρκή ενέργεια ώστε να εξυπηρετεί τις καταναλώσεις της οικίας.

2^ο βήμα: ηλεκτρικές καταναλώσεις

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται η ηλεκτρική κατανάλωση των κυριότερων ηλεκτρικών συσκευών μιας οικίας. Με βάση αυτά τα στοιχεία μπορούμε να θεωρήσουμε ότι η μέση ημερήσια ηλεκτρική κατανάλωση στην ηλεκτρική οικία την οποία μελετάμε δεν θα ξεπεράσει τις 9 kWh.

Συσκευή	Ισχύς	Ώρες λειτουργίας	Ηλεκτρική κατανάλωση
Φωτισμός	0,5 kW	4 h	2 kWh
Ψυγείο	0,3 kW	8 h	2,4 kWh
Τηλεόραση	0,2 kW	2 h	0,4 kWh
Θερμοσίφωνας	2 kW	0,5 h	1 kWh
Πλυντήριο ρούχων	2 kW	0,5 h	1 kWh
Αντλία	1,8 kW	1 h	1,8 kWh
Σύνολο	6,8 kW		8,6 kWh

Πίνακας 5.2: Πίνακας πρόβλεψης ημερήσιας ηλεκτρικής κατανάλωσης των κυριότερων ηλεκτρικών καταναλώσεων

Ειδικά για τους χειμερινούς μήνες δεν είναι υπερβολή αν θεωρήσουμε ότι η κατανάλωση είναι μικρότερη. Για το λόγο αυτό στους υπολογισμούς μας θα θεωρούμε 8,6 kWh τη μέρα για τους καλοκαιρινούς μήνες και 5 kWh για τους χειμερινούς.

Θυμίζουμε ότι δεν χρησιμοποιείται ηλεκτρική ενέργεια για το μαγείρεμα, ενώ μειώνεται στο ελάχιστο η χρήση για θέρμανση νερού, με τη χρήση ηλιακού θερμοσίφωνα. Επίσης η θέρμανση χώρων κατά

τους χειμερινούς μήνες πραγματοποιείται από καλοριφέρ που καίει πετρέλαιο.

3^ο βήμα: ηλιακή ενέργεια

Η περιοχή όπου είναι χτισμένο το οίκημα που εξετάζουμε είναι στον Βαρνάβα Αττικής. Με βάση τα μετεωρολογικά δεδομένα της περιοχής, τα οποία είναι γνωστά συνθέτουμε τον παρακάτω πίνακα μέσης ημερήσιας ηλιακής ακτινοβολίας για διαφορετικές κλίσεις του συλλέκτη. Τα στοιχεία αναφέρονται στις φωτεινές ώρες της μέρας (ανάλογα με την εποχή), ενώ υπάρχει επίσης και ένδειξη της μέσης θερμοκρασίας.

Δεν έχουμε συμπεριλάβει στον πίνακα κλίσεις μικρότερες από 30^ο επειδή στις περιπτώσεις αυτές η συγκράτηση της σκόνης πάνω στην επιφάνεια του συλλέκτη και επομένως η μείωση της ηλιακής έντασης είναι σημαντική.

	Ιαν.	Φεβ.	Μαρτ.	Απρ.	Μάϊος	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπτ.	Οκτ.	Νοέμ.	Δεκ.		Μέσος όρος	Σύνολο
Κλίση 30°	87	99	129	152	179	184	202	203	170	136	105	85		144	1.730
Κλίση 45°	95	104	128	144	162	163	179	188	167	142	115	94		140	1.680
Κλίση 60°	97	103	122	129	138	135	150	164	155	140	118	97		129	1.549
Κλίση 90°	87	86	91	83	78	72	80	97	109	114	104	89		91	1.090
Θερμοκρασία °C	10,5	11,6	12,9	17,1	21,9	26,6	29,3	29,2	25,3	20,0	16,3	12,5		19,4	2.818

Πίνακας 5.3: Η συνολική μηνιαία ηλιακή ακτινοβολία (kWh/m²), για διαφορετικές κλίσεις του συλλέκτη, και η μέση θερμοκρασία του αέρα (°C) στη διάρκεια των φωτεινών ωρών της μέρας.

	Ιαν.	Φεβ.	Μαρτ.	Απρ.	Μάϊος	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπτ.	Οκτ.	Νοέμ.	Δεκ.		Μέσος όρος	Σύνολο
Κλίση 30°	2,9	3,3	4,3	5,07	5,97	6,13	6,73	6,77	5,67	4,53	3,5	2,83		4,8	57,7

Πίνακας 5.4: Η μέση ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία (kWh/m² d), για διαφορετικές κλίσεις του συλλέκτη στη διάρκεια των φωτεινών ωρών της μέρας. Προκύπτει από υπολογισμούς και με βάση τα στοιχεία του πίνακα 5.3.

* Οι τιμές του πίνακα 5.3 προέρχονται από μια ανακοίνωση των Α. Πελεκάνου και Κ. Παπαχριστόπουλου στο 1^ο Εθνικό Συνέδριο Ήπιων Μορφών Ενέργειας (Θεσσαλονίκη 1982) με τίτλο «Σύνταξη Πινάκων Μετεωρολογικών Στοιχείων για Ηλιακές εφαρμογές» και αναδημοσιεύτηκαν στο βιβλίο Φωτοβολταϊκή Τεχνολογία, Κ. Καγκαράκη, εκδόσεις Συμμετρία.

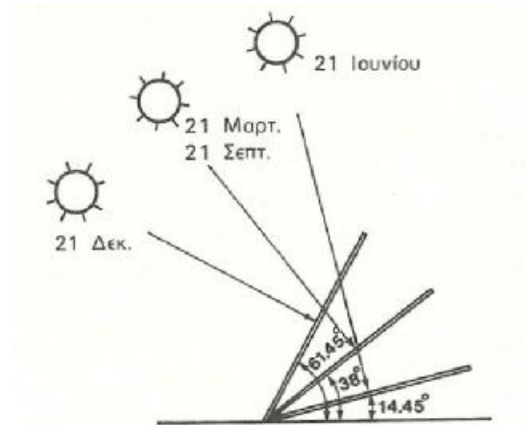
4^ο βήμα: φωτοβολταϊκή γεννήτρια

α) Επιλογή της κλίσης του συλλέκτη

Στο βόρειο ημισφαίριο η βέλτιστη κλίση του συλλέκτη για τη διάρκεια του έτους είναι ίση με το γεωγραφικό πλάτος του τόπου και η αζιμούθια γωνία είναι 0° (δηλαδή ο συλλέκτης να έχει κατεύθυνση προς το νότο). Αλλά λόγω της μεταβολής της απόκλισης του ήλιου στη διάρκεια του έτους, η βέλτιστη κλίση του συλλέκτη είναι διαφορετική για κάθε εποχή. Έτσι αν επιδιώκουμε να παράγει το σύστημα όσο το δυνατό περισσότερη ενέργεια στη διάρκεια του καλοκαιριού, η κλίση του συλλέκτη επιλέγεται περίπου 10° ως 15° μικρότερη από τον παράλληλο του τόπου, ενώ για το χειμώνα η κλίση επιλέγεται 10° ως 15° μεγαλύτερη από την παράλληλο του τόπου.

Παρατηρούμε από τον παραπάνω πίνακα 5.3 ότι η κλίση των 30° πλεονεκτεί σε 7 μήνες, η κλίση των 60° πλεονεκτεί σε 3 μήνες, ενώ η κλίση των 45° μόνο σε 2 μήνες. Αν δεν μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε κάποιο σύστημα που να δίνει τη δυνατότητα μεταβολής της κλίσης των συλλεκτών, τότε μας συμφέρει να επιλέξουμε σταθερή γωνία κλίσης 30° . Βέβαια στην περίπτωση μας τα πράγματα είναι ακόμα πιο δύσκολα καθώς περιοριζόμαστε από την κλίση της κεραμοσκεπής που έχει η οικία την οποία εξετάζουμε. Στο σημείο αυτό σταθήκαμε τυχεροί καθώς οι κλίση που έδωσε ο πολιτικός μηχανικός στη σκεπή είναι 34° και ο προσανατολισμός του κτιρίου την τοποθετεί προς το νότο.

Στις περισσότερες περιπτώσεις οι συλλέκτες τοποθετούνται σε σταθερή κλίση και αζιμούθια γωνία, που επιλέγονται ώστε η γωνία της πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας να είναι όσο το δυνατό μικρότερη, κατά τη διάρκεια του έτους.



Σχήμα 5.5: Η βέλτιστη κλίση ενός ηλιακού συλλέκτη στο θερινό (21 Ιουνίου) και το χειμερινό (21 Δεκεμβρίου) ηλιοστάσιο και στην εαρινή (21 Μαρτίου) και τη φθινοπωρινή (21 Σεπτεμβρίου) ισημερία, σε μια τοποθεσία με γεωγραφικό πλάτος 38° , όπως η Αθήνα. Τα ύψη του ηλίου που εικονίζονται αφορούν τα αντίστοιχα μεσημέρια.

Σύμφωνα και με τα παραπάνω η κλίση των 34° που έχει η σκεπή στην οποία τοποθετήθηκε ο συλλέκτης κρίνεται πάρα πολύ ικανοποιητική ειδικά για τους καλοκαιρινούς μήνες. Αν λυφθεί ως δεδομένο ότι μιλάμε για εξοχική κατοικία σε προάστιο των Αθηνών που χρησιμοποιείται κυρίως τους καλοκαιρινούς μήνες και μόνο τα σαββατοκύριακα κατά τους χειμερινούς τότε κρίνεται ότι σε καμία περίπτωση δε θα υπάρξει πρόβλημα ενεργειακής επάρκειας. Ειδικά αν υπερδιαστασιολογίσουμε λίγο τους συσσωρευτές.

β) Υπολογισμός απαιτούμενης ισχύος αιχμής

Από τον πίνακα 5.4 βλέπουμε ότι τη μικρότερη μέση τιμή της ημερήσιας ηλιακής ακτινοβολίας έχει για τους χειμερινούς μήνες ο Δεκέμβριος με $2,83 \text{ kWh}$. Με δεδομένο ότι η μέση ημερήσια κατανάλωση της οικίας έχει υπολογιστεί στις $8,5 \text{ kWh}$ τους καλοκαιρινούς και 5 kWh τους χειμερινούς μήνες, θα υπολογίσουμε την ελάχιστη ισχύ αιχμής, δηλαδή την ισχύ που πρέπει να παράγει η φωτοβολταϊκή εγκατάσταση το μήνα με τη χειρότερη ηλιοφάνεια ώστε να καλύψει την ζήτηση του φορτίου. Αυτό γίνεται από την παρακάτω σχέση.

$$P_a (kW_p) = \frac{E(kWh/d) \times 1(kW/m^2)}{\Pi(kWh/m^2 \cdot d) \times S_q \times S_r}$$

Όπου:

- P_a : η απαιτούμενη ισχύς της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης.
- E : Μέση ημερήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας του φωτοβολταϊκού. Είναι ίδια με τη μέση ημερήσια ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας των καταναλώσεων που εξυπηρετεί η φωτοβολταϊκή εγκατάσταση.
- $1 (kW/m^2)$ είναι η εκτιμώμενη ακτινοβολία που πέφτει σε επιφάνεια $1m^2$ και είναι λογική τιμή για την Ελλάδα.
- Π : μέση ημερήσια πυκνότητα ηλιακής ενέργειας που πέφτει πάνω στη φωτοβολταϊκή επιφάνεια. Την τιμή της την προσδιορίζουμε από τον πίνακα 5.4.
- σ_θ : συντελεστής θερμοκρασίας που επηρεάζει την απόδοση του φωτοβολταϊκού λόγω της αυξημένης θερμοκρασίας του περιβάλλοντος.
- σ_p : συντελεστής καθαρότητας που επηρεάζει την απόδοση του φωτοβολταϊκού λόγω της ρύπανσης της επιφάνειας του. Για κλίση 30° θεωρούμε ότι είναι 0,9.

Για τη λύση της παραπάνω σχέσης πρέπει πρώτα να γίνει ο υπολογισμός του θερμοκρασιακού συντελεστή, ο οποίος προσδιορίζεται ως εξής: θεωρούμε κανονική θερμοκρασία του ηλιακού συλλέκτη τους $20^\circ C$. Για οποιαδήποτε μέση θερμοκρασία αέρα κάθε μήνα (πίνακας 5.3) η θερμοκρασία του συλλέκτη είναι $30^\circ C$ μεγαλύτερη. Ο τύπος που δίνει το συντελεστή θερμοκρασίας είναι:

$$S_q = 1,00 - [(q_{ermaera} + 30^\circ C) - 20] \times 0,005$$

Στον παραπάνω τύπο τα στοιχεία που μεταβάλλονται κατά τη διάρκεια του έτους είναι δύο: η μέση ημερήσια πυκνότητα ηλιακής ακτινοβολίας (Π) και ο συντελεστής θερμοκρασίας (σ_θ).

Ο υπολογισμός που θέλουμε να κάνουμε πρέπει να αφορά τις χειρότερες συνθήκες ηλιοφάνειας του έτους. Αφού η ισχύς που θα παράγουμε θα είναι αρκετή στην ελάχιστη ηλιοφάνεια, τότε είναι προφανές ότι το σύστημα που σχεδιάζουμε θα είναι ικανοποιητικό για όλες τις συνθήκες ηλιοφάνειας. Θα πρέπει λοιπόν να υπολογίσουμε το P_{α} για όλους τους μήνες του έτους για να βρούμε την χειρότερη τιμή του την οποία χρειαζόμαστε για τη συνέχεια των υπολογισμών μας.

Στο σημείο αυτό αξίζει να αναφέρουμε ότι η παραμετροποίηση του προβλήματος μπορεί να γίνει ακόμα μεγαλύτερη αν έχουμε διαφορετικά φορτία κάθε εποχή ή μεταβαλλόμενες κλίσεις στους συλλέκτες ή ακόμα και διαφορετικούς συντελεστές ρύπανσης.

Στον πίνακα που ακολουθεί είναι συγκεντρωμένες οι τιμές της απαιτούμενης ισχύς της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης (P_{α}) για τη διάρκεια ενός πλήρους ημερολογιακού έτους για κλίση συλλέκτη 30° , μέση ημερήσια κατανάλωση ισχύος στη οικία 8,5 kWh κατά τους καλοκαιρινούς και 5 kWh στους χειμερινούς μήνες και συντελεστή ρύπανσης 0,9.

	Ιαν.	Φεβ.	Μαρτ.	Απρ.	Μάϊος	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπτ.	Οκτ.	Νοέμ.	Δεκ.
σ_p	0,8975	0,892	0,8855	0,8645	0,8405	0,817	0,8035	0,804	0,8235	0,85	0,8685	0,8875

Πίνακας 5.6 Συντελεστής θερμοκρασίας για ένα πλήρες ημερολογιακό έτος

	Ιαν.	Φεβ.	Μαρτ.	Απρ.	Μάϊος	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπτ.	Οκτ.	Νοέμ.	Δεκ.
E (kWh/d)	5	5	5	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	5	5	5
P_α (kW_p)	2,134	1,887	1,459	2,180	1,904	1,908	1,767	1,755	2,046	1,444	1,828	2,123

Πίνακας 5.7 Απαιτούμενη ισχύς φωτοβολταϊκής εγκατάστασης (P_α) για κάθε μήνα του έτους υπολογισμένη λαμβάνοντας υπ όψη 8,6 kWh ημερήσια κατανάλωση τους καλοκαιρινούς και 5 kWh τους χειμερινούς μήνες.

Παρατηρούμε ότι οι ισχύεις για τον χειμώνα και το καλοκαίρι περίπου συμπίπτουν. Αυτό θα έπρεπε βέβαια να το περιμένουμε, καθώς οι αυξημένες καλοκαιρινές καταναλώσεις θα αντισταθμίζονταν κατά μεγάλο ποσοστό από την αυξημένη ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που παρατίθενται συγκεντρωμένα στον πίνακα 5.7 ο μήνας βάση του οποίου θα συνεχίσουμε τους υπολογισμούς είναι ο χειρότερος, δηλαδή ο Δεκέμβριος που απαιτεί τη μέγιστη ισχύ της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης 2,212 kWp. Για να γίνει αυτό θα πρέπει να γίνει εκτίμηση των απωλειών του συστήματος. Με βάση στοιχεία που δίνουν οι κατασκευαστές του εξοπλισμού θεωρούμε:

- βαθμό απόδοσης συσσωρευτών 85%,
- βαθμό απόδοσης του μετατροπέα συνεχούς ρεύματος 90%
- βαθμό απόδοσης 90% για τον αντιστροφέα Σ.Ρ./ Ε.Ρ.
- και 5% απώλειες στους αγωγούς του συστήματος (βαθμός απόδοσης 95%).

Ο συνολικός βαθμός απόδοσης του συστήματος είναι:

$$a = 0,85 \times 0,9 \times 0,9 \times 0,95 = 0,65\%$$

Συνεπώς η ελάχιστη ισχύς αιχμής της φωτοβολταϊκής γεννήτριας θα είναι.

$$P_{\min} = \frac{P_a}{a} = \frac{2,12}{0,65} = 3,26 \text{ kWp}$$

Λέγοντας ελάχιστη ισχύ αιχμής της φωτοβολταϊκή γεννήτριας εννοούμε την αιχμή ισχύος (μέγιστη ισχύ) που παράγει η γεννήτρια κάτω από τις χειρότερες δυνατές συνθήκες (κατά το χειρότερο μήνα). Μικρότερη ισχύ από αυτή δεν πρόκειται να παράγει η διάταξη των φωτοβολταϊκών. Κατά τη διάρκεια του υπολογισμού αυτής της τιμής, έχουμε απαιτήσει να μπορεί να καλυφθεί η ζήτηση του φορτίου. Συνεπώς τώρα μένει να προσδιορίσουμε τον αριθμό των φωτοβολταϊκών πλαισίων που χρειαζόμαστε για να παράγουμε αυτή την ισχύ.

Έχοντας εξασφαλίσει την ενεργειακή επάρκεια κατά το μήνα με τις χειρότερες συνθήκες (από πλευράς ηλιοφάνειας, αλλά και

ζήτησης φορτίου), εξασφαλίζουμε την ενεργειακή επάρκεια καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

γ) Καθορισμός του πλήθους και της οργάνωσης των φωτοβολταϊκών πλαισίων.

Υπάρχουν πλήθος εταιριών που διαθέτουν στο εμπόριο μια μεγάλη γκάμα από φωτοβολταϊκές γεννήτριες. Επιλέγουμε φωτοβολταϊκές γεννήτριες της εταιρίας bp solar (BP 3210N). Στο παράρτημα της παρούσας πτυχιακής εργασίας παραθέτουμε τα τεχνικά χαρακτηριστικά της φωτοβολταϊκής γεννήτριας που επιλέξαμε. Σημειώνουμε ότι σε συνθήκες ηλιακής ακτινοβολίας $1(\text{kW/m}^2)$ το φωτοβολταϊκό έχει μέγιστη ισχύ 210 Wp. Συνεπώς για να καλυφθεί η ανάγκη των $3,26\text{kWp}=3.260\text{Wp}$ χρειαζόμαστε:

$$\text{Υπολογισμός αριθμού πλαισίων: } \frac{3260}{210} = 15,5 \square \cong 16 \text{ πλαίσια}$$

Αν τα 16 πλαίσια συνδεθούν σε σειρά και γνωρίζοντας από τον κατασκευαστή τους ότι έχουν τάση εξόδου μέγιστης λειτουργίας 28,9V τότε η τάση εξόδου της φωτοβολταϊκής γεννήτριας είναι $16 \cdot 28,9 = 462,4\text{V}$. Επειδή αυτή η τιμή είναι μεγάλη κρίνεται σκόπιμο να χωρίσουμε τα πλαίσια σε δύο συστοιχίες των 8 πλαισίων έκαστη. Οι δύο συστοιχίες θα έχουν τάση εξόδου $8 \cdot 28,9 = 231,2\text{V}$ και θα συνδεθούν παράλληλα μεταξύ τους πριν συνδεθούν στον DC/DC μετατροπέα.

δ) Χωροθέτηση των φωτοβολταϊκών στη σκεπή του κτιρίου.

Σύμφωνα με τους υπολογισμούς που προηγήθηκαν, έχουμε καταλήξει ότι χρειάζεται να τοποθετήσουμε 16 πλαίσια. Σύμφωνα πάντα με τα στοιχεία του κατασκευαστή των φωτοβολταϊκών πάνελ που είναι διαθέσιμα στο παράρτημα της παρούσας εργασίας, οι διαστάσεις κάθε πλαισίου είναι $100\text{cm} \times 166,7\text{cm}$. Το εμβαδό κάθε πλαισίου είναι $1,67\text{m}^2$ και το συνολικό εμβαδό που θα καλύψουν τα 16 πλαίσια στη καλυμμένη με κεραμίδια σκεπή του κτιρίου είναι $26,72\text{m}^2$. Συνεπώς τα πλαίσια μπορούν να τοποθετηθούν πάνω στην σκεπή έχοντας την κλίση που τους δίνει η κλίση της σκεπής. Αυτό

διευκολύνει την τοποθέτηση, τα καθιστά πιο σταθερά και δεν υπάρχει κίνδυνος σκίασης του ενός πλαισίου από κάποιο άλλο.

ε) Συσσωρευτές

Θεωρούμε ότι οι συσσωρευτές του συστήματος θα έχουν τάση 200 V που συνδυάζεται με την τάση εξόδου των φωτοβολταϊκών, σύμφωνα με τον τρόπο που επιλέξαμε να τα συνδέσουμε, λαμβάνοντας υπ όψη τις απώλειες και την απαιτούμενη αυξημένη τάση φόρτισης. Θυμίζουμε ότι η τάση φόρτισης πρέπει να είναι περίπου 10% μεγαλύτερη από την τάση λειτουργίας των μπαταριών. Συνεπώς $200 \cdot 10\% = 220V$ (εμείς έχουμε τάση εξόδου 231V, αύξηση η οποία δεν κρίνεται επισφαλής για τις διατάξεις φόρτισης ή τη διάρκεια ζωής των συσσωρευτών).

Επειδή έχουμε ορίσει διαφορετική τιμή κατανάλωσης ισχύος για τους χειμερινούς και διαφορετική για τους καλοκαιρινούς, θα πρέπει να πάρουμε δύο περιπτώσεις για τον υπολογισμό της χωρητικότητας των συσσωρευτών. Έτσι, θεωρούμε ότι τους χειμερινούς μήνες που η ισχύς είναι μικρότερη (5 kWh), αλλά και η ηλιοφάνεια πιο σπάνια, θέλουμε οι συσσωρευτές να μπορούν να καλύψουν την κατανάλωση 10 διαδοχικών ημερών, ενώ για τους καλοκαιρινούς μήνες που η ισχύς είναι 8,6 kWh μας αρκεί οι συσσωρευτές να καλύπτουν το φορτίο για 5 μέρες. Υπολογίζουμε λοιπόν την ικανότητα αποθήκευσης για τις δύο περιπτώσεις ως εξής

Χειμερινοί μήνες: $E_{\text{χειμ}} = 10 \times 5 \text{ kWh} = 50 \text{ kWh}$

Καλοκαιρινοί μήνες: $E_{\text{καλ}} = 5 \times 8,6 \text{ kWh} = 43 \text{ kWh}$

Με βάση τη μεγαλύτερη τιμή, για να καλύπτουμε τη χειρότερη περίπτωση, υπολογίζουμε την ονομαστική χωρητικότητα των συσσωρευτών από τη σχέση:

$$C_N = \frac{E}{a \times b \times V}$$

Όπου:

- C_N : η ονομαστική χωρητικότητα των συσσωρευτών
- E : το φορτίο που θέλουμε να ικανοποιούν οι συσσωρευτές

- α: συντελεστής απόδοσης των συσσωρευτών (δεχόμαστε α=85%)
- β: βάθος εκφόρτισης των συσσωρευτών (δεχόμαστε β=80%)
- V: ονομαστική τάση λειτουργίας συσσωρευτών.

$$C_N = \frac{E}{a \times b \times V} = \frac{50}{0,85 \times 0,80 \times 200} = 36,76Ah$$

Στη συνέχεια υπολογίζουμε την ισχύ που μπορούν να δίνουν οι συσσωρευτές στο μέγιστο διάστημα των 10 διαδοχικών ημερών από τη σχέση:

$$P = \frac{b \times C_N \times V}{24 \times m} = \frac{0,8 \times 36,76 \times 200}{24 \times 10} = 24,5kW$$

Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, σε ένα φ/β σύστημα, η φ/β γεννήτρια και οι ηλεκτρικές καταναλώσεις αλληλοσυνδέονται διαμέσου διατάξεων ελέγχου και διαχείρισης της ενέργειας. Συχνά το σύστημα συμπληρώνεται με βοηθητική ηλεκτρική πηγή (ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος) για την αύξηση της αξιοπιστίας του και την αντιμετώπιση ακραίων καταστάσεων, όπως η ασυνήθης και διαρκής χαμηλή ηλιακή ακτινοβολία και η περιπτώσιακά υψηλή ηλεκτρική κατανάλωση.

Η επιλογή των συσσωρευτών γίνεται με βάση την ισχύ που υπολογίσαμε και την επιθυμητή τάση λειτουργίας τους (εξαρτάται από την τάση εξόδου της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης και τον φορτιστή μπαταριών). Για τη διάταξη που μελετάμε επιλέγουμε μπαταρίες **7OPzS 490** που παρέχουν 545 Ah και έχουν τάση λειτουργίας 2V.



Σχήμα 5.8: Φωτογραφία των συσσωρευτών 7OPzS 490 που επιλέξαμε.

Για να προσδιορίσουμε το πλήθος και τη διάταξη των συσσωρευτών ακολουθούμε τον παρακάτω συλλογισμό.

Η συνολική ισχύς των συσσωρευτών πρέπει να είναι 24,5 kW.
Η τάση των συσσωρευτών αν τοποθετηθούν σε ένα κλάδο θα είναι:

$$\frac{24,5kW}{545Ah} = 44,95V$$

Αποφασίζουμε να χωρίσουμε τις μπαταρίες σε δύο παράλληλους κλάδους για να πετύχουμε μικρότερη τάση λειτουργίας.

$$\text{Συνεπώς η τάση κάθε κλάδου θα είναι: } \frac{44,95V}{2} = 22,475V$$

Το πλήθος των συσσωρευτών καθενός από τους δύο παράλληλους κλάδους δίνεται διαιρώντας την τάση του κλάδου δια την τάση κάθε συσσωρευτή:

$$\frac{22,475V}{2} = 11,24 \cong 12 \text{ συσσωρευτές}$$

Και αφού έχουμε δύο παράλληλους κλάδους ο συνολικός αριθμός των συσσωρευτών είναι 24.

Αυτή η στρογγυλοποίηση του αριθμού των συσσωρευτών μεταβάλλει λίγο όλα τα νούμερα, τα οποία συγκεντρωμένα φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

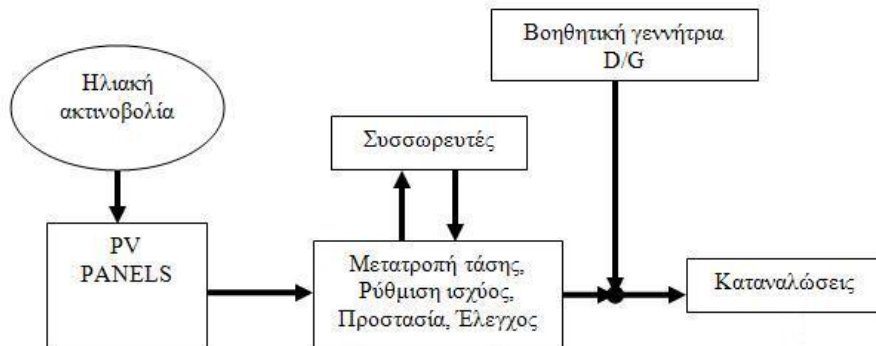
Αριθμός συσσωρευτών	24
Τάση συσσωρευτών	2 V
Ρεύμα συσσωρευτών	545 Ah
Συνολική ισχύς συσσωρευτών	26 kW
Διάταξη συσσωρευτών	2 παράλληλοι κλάδοι με 12 συσσωρευτές έκαστος
Τάση κάθε κλάδου	24 V

στ) Ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος

Για εφεδρεία, τη φόρτιση των συσσωρευτών σε συνθήκες παρατεταμένης συννεφιάς και την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της οικίας χρειάζεται να τοποθετηθεί ένα ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος. Με τη χρήση του επιτυγχάνεται η αδιάλειπτη παροχή ηλεκτρικής

ενέργειας στα φορτία. Για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του παραδείγματος κρίνεται ικανοποιητική η χρήση ενός μονοφασικού ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους ισχύος 10kVA. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά ενός μονοφασικού ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους υπάρχουν στο παράρτημα της εργασίας.

Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζεται το αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα που εξετάζουμε και η ροή ισχύος σε αυτό.



Σχήμα 5.9 Σχεδιάγραμμα ροής ισχύος του αυτόνομου συστήματος που εξετάζουμε.

Παρακάτω ακολουθεί ένας πίνακας με τα συγκεντρωτικά στοιχεία της εγκατάστασης σύμφωνα με τους υπολογισμούς που κάναμε σε αυτό το κεφάλαιο.

Ημερήσια ισχύς φορτιού	8,6kWh (καλοκαιρινοί μήνες) 5 kWh (χειμερινοί μήνες)
Κλίση φωτοβολταϊκών	30 μοίρες
Αριθμός πλαισίων	16
Τύπος φωτοβολταϊκών	BP Solar BP 3210N (τεχνικά χαρακτηριστικά του παρατίθενται στο παράρτημα της εργασίας)
Ισχύς κάθε πλαισίου	210 W
Συνολική ισχύς πλαισίων	3.360 W
Τάση εξόδου κάθε πλαισίου	28,9 V
Διάταξη φωτοβολταϊκών	2 παράλληλες συστοιχίες των 8 πάνελ έκαστη
Συνολική τάση εξόδου	$8 \cdot 28,9 = 231,2$ V
Τύπος συσσωρευτών	7 OPzS 490 (545 Ah)
Τάση συσσωρευτών	2 V έκαστος
Συνολικός αριθμός συσσωρευτών	24
Διάταξη συσσωρευτών	2 παράλληλοι κλάδοι (12 συσσωρευτές έκαστος)
Μετατροπέας	Synny Boy 4000 TL (τα τεχνικά χαρακτηριστικά του παρατίθενται στο παράρτημα της εργασίας)
Μέγιστη ισχύς μετατροπέα	4300 W
Μέγιστη τάση εισόδου μετατροπέα	550 V DC
Μέγιστη ισχύς εξόδου μετατροπέα	4000 W
Μέγιστη τάση εξόδου	220 V AC
Μέγιστο ρεύμα εφόδου	22 A
Ισχύς ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους	10 kVA

Αρκετά από τα υλικά της παρούσας μελέτης καθώς και τα τεχνικά τους χαρακτηριστικά έχουν βρεθεί και επιλεγεί από την ιστοσελίδα:

www.solar-systems.gr

3^ο ΜΕΡΟΣ: ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΕΝΟΣ ΑΥΤΟΝΟΜΟΥ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΤΟΥ ΒΡΙΣΚΕΤΑΙ ΣΤΟ ΒΑΡΝΑΒΑ ΑΤΤΙΚΗΣ

Στο τρίτο μέρος της παρούσας πτυχιακής εργασίας θα γίνει παρουσίαση ενός αυτόνομου υβριδικού συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που είναι εγκατεστημένο σε εξοχική κατοικία στο Βαρνάβα Αττικής. Το συγκρότημα δεν είναι συνδεδεμένο με το δίκτυο ηλεκτροδότησης της ΔΕΗ και καλύπτει μόνο του τις ενεργειακές του ανάγκες.

Πριν προχωρήσουμε στην παρουσίαση των λύσεων που έχουν δοθεί για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της συγκεκριμένης οικίας είναι σκόπιμο να γίνουν κάποιες διευκρινήσεις. Πρωτίστως ο ιδιοκτήτης επιθυμεί να διατηρήσει την ανωνυμία του, ενώ δεν επιθυμεί με κανένα τρόπο να γίνουν γνωστά μέσω της παρούσας εργασίας χαρακτηριστικά των εσωτερικών και εξωτερικών χώρων της περιουσίας του που δεν αφορούν το αντικείμενο της εργασίας. Επίσης υπάρχει δέσμευση του ιδιοκτήτη προς την εταιρία που έκανε τη μελέτη και την κατασκευή του έργου να μην δημοσιευτούν αναλυτικά τεχνικά στοιχεία, λεπτομέρειες σχεδιασμού και υλοποίησης, καθώς και αποδείξεις κόστους του έργου.

Σίγουρα οι ανωτέρω περιορισμοί δυσχεραίνουν το έργο μας που είναι να περιγράψουμε την παρούσα κατασκευή και να τη συγκρίνουμε με τους υπολογισμούς που κάναμε στο 2^ο μέρος της παρούσας πτυχιακής εργασίας. Όμως όπως θα διαπιστώσετε και στη συνέχεια, έχει γίνει προσπάθεια αυτές οι ελλείψεις, που εκ των πραγμάτων μας επιβάλλονται, να μην επηρεάσουν την αρτιότητα της παρούσας εργασίας και να μην υπονομεύουν την αξιοπιστία των συμπερασμάτων της.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΥΤΟΝΟΜΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Από την αρχική μελέτη του έργου η κύρια μέριμνα ήταν να είναι ενεργειακά ανεξάρτητο από το δίκτυο της ΔΕΗ και όσο το δυνατό λιγότερο ενεργοβόρο. Για το σκοπό αυτό έχει γίνει ενδελεχής σχεδιασμός όλου του κτιρίου και μέριμνα για κάλυψη των

ενεργειακών αναγκών με όσο το δυνατό πιο οικονομικό τρόπο. Πρώτη ενέργεια με βάση τα παραπάνω ήταν το κτίριο να τοποθετηθεί με νότιο προσανατολισμό, που είναι το ιδανικό για την τοποθέτηση φωτοβολταϊκών σε οικίες στο Βόρειο Ημισφαίριο. Επίσης τοποθετήθηκε κεραμοσκεπή, η οποία εκτός από μόνωση, παρέχει ιδανικό σημείο στήριξης φωτοβολταϊκών πλαισίων γιατί δίνει την απαιτούμενη κλίση, ενώ μας απαλλάσσει από τη διαδικασία κατασκευής ειδικών επικλινών βάσεων. Επιπροσθέτως με την τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών πλαισίων στην κεραμοσκεπή αποτρέπεται το ενδεχόμενο σκίασης μεταξύ τους.

Η θέρμανση των χώρων γίνεται με καλοριφέρ που καταναλώνει πετρέλαιο, ενώ υπάρχουν και δύο τζάκια. Έχει γίνει ειδική μόνωση κατά τη διαδικασία κατασκευής του κτιρίου, έτσι ώστε να ελαχιστοποιηθούν όσο το δυνατόν οι απώλειες θερμοκρασίας και να μπορεί να ζεσταθεί ο χώρος χωρίς σπατάλη ενέργειας. Ταυτόχρονα η μόνωση βοηθά το χώρο να είναι δροσερός τους καλοκαιρινούς μήνες και έτσι αποφεύγεται η δαπάνη ηλεκτρικής ενέργειας για κλιματισμό.

Το μαγείρεμα γίνεται σε εστίες με πετρογκάζ ενώ για το ψήσιμο μπορεί να χρησιμοποιηθεί και το τζάκι. Όλες οι λυχνίες που χρησιμοποιούνται είναι εξοικονόμησης ενέργειας έτσι ώστε να καταναλώνεται όσο το δυνατόν λιγότερη ενέργεια.

Για τη θέρμανση νερού χρησιμοποιείται θερμοσίφωνας που λειτουργεί είτε με πετρέλαιο, είτε ηλεκτρικά.

Τέλος υπάρχουν δύο μονοφασικά φορτία κίνησης. Το ένα είναι ο κινητήρας του ψυγείου και το άλλο ένας μονοφασικός ηλεκτροκινητήρας για την άντληση νερού από γεώτρηση.

Από τα παραπάνω εύκολα μπορούν να προσδιοριστούν οι ανάγκες για ηλεκτρική ενέργεια της οικίας που εξετάζουμε. Για την ακρίβεια είναι ίδιες με αυτές του παραδείγματος μου μελετήσαμε στο δεύτερο μέρος της παρούσας πτυχιακής εργασίας και αυτό έγινε για να έχουμε άμεσα συγκρίσιμα αποτελέσματα.

Με βάση τα παραπάνω είναι προφανές ότι τα φορτία δε διαφέρουν σημαντικά από αυτά του παραδείγματος στο δεύτερο μέρος της εργασίας. Θεωρούμε λοιπόν ότι η εγκατεστημένη ισχύς εντός της οικίας δεν πρόκειται να υπερβαίνει τα 8kW, ενώ η ημερήσια κατανάλωση ενέργειας δεν θα υπερβαίνει σε καμία περίπτωση και κάτω από οποιεσδήποτε συνθήκες τις 10kWh.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται όσα στοιχεία μπορέσαμε να συγκεντρώσουμε της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης της εξοχικής κατοικίας στο Βαρνάβα Αττικής.

Ημερήσια ισχύς φορτιού	10kWh
Κλίση φωτοβολταϊκών	34 μοίρες (λόγω σκεπής)
Αριθμός πλαισίων	16
Τύπος φωτοβολταϊκών	Sunmodule SW 185 mono (τα τεχνικά χαρακτηριστικά του παρατίθενται στο παράρτημα της εργασίας)
Ισχύς κάθε πλαισίου	185 W
Συνολική ισχύς πλαισίων	$\cong 3.000 \text{ W}$
Τάση εξόδου κάθε πλαισίου	36,3 V
Διάταξη φωτοβολταϊκών	2 παράλληλες συστοιχίες των 8 πάνελ έκαστη
Συνολική τάση εξόδου	$8 \cdot 36,3 = 290 \text{ V}$
Τύπος συσσωρευτών	Winner Ajax 10 OPzS (1000 Ah)
Τάση συσσωρευτών	2 V έκαστος
Συνολικός αριθμός συσσωρευτών	48
Διάταξη συσσωρευτών	2 παράλληλοι κλάδοι (24 συσσωρευτές έκαστος)
Τάση φόρτισης συσσωρευτών	48V
Μετατροπέας	HP COMPACT 8000-48 (τα τεχνικά χαρακτηριστικά του παρατίθενται στο παράρτημα της εργασίας)
Μέγιστη ισχύς μετατροπέα	8000 VA
Μέγιστη τάση εισόδου μετατροπέα	550 V DC
Μέγιστη ισχύς εξόδου μετατροπέα	4000 W
Μέγιστη τάση εξόδου	230 V AC
Ισχύς ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους	20 kVA

Σχήμα 6.1: πίνακας με τα συγκεντρωτικά στοιχεία της εξοχικής κατοικίας στο Βαρνάβα Αττικής

Στη συνέχεια ακολουθούν φωτογραφίες από τα διάφορα μέρη της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης της κατοικίας με όσο το δυνατόν πιο αναλυτική περιγραφή τους.



Σχήμα 6.2: Γενική άποψη του κτιρίου από τη νότια πλευρά. Διακρίνονται οι δύο συστοιχίες που αποτελούνται από 8 φωτοβολταϊκά στοιχεία έκαστη.



Σχήμα 6.3: Γενική άποψη του κτιρίου. Διακρίνονται τα φωτοβολταϊκά καθώς και το αλεξικέραυνο που προστατεύει όλη την κατασκευή.



Σχήμα 6.4: Λεπτομέρεια της στήριξης της μιας εκ των δύο συστοιχιών στη σκεπή του οικήματος. Είναι φανερό αποτελείται από 8φωτοβολταϊκά πλαίσια



Σχήμα 6.5: Λεπτομέρεια της δεύτερης συστοιχίας φωτοβολταϊκών. Στο πάνω δεξιά άκρο της φωτογραφίας διακρίνεται ο αγωγός μεταφοράς της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας.



Σχήμα 6.6: το αλεξικέραυνο που προστατεύει τη διάταξη.



Σχήμα 6.7: Λεπτομέρεια του αγωγού καθόδου του αλεξικέραυνου. Διακρίνονται τα πολλά σημεία στήριξης για να αντέχει στις μηχανικές καταπονήσεις που προκαλούν τα κρουστικά ρεύματα κεραυνών.



Σχήμα 6.8: Οι 48 συσσωρευτές της εγκατάστασης. Διακρίνονται οι 4 αγωγοί (δύο παράλληλοι κλάδοι, 24 συσσωρευτές έκαστος) που τους συνδέουν με τις διατάξεις φόρτισης.



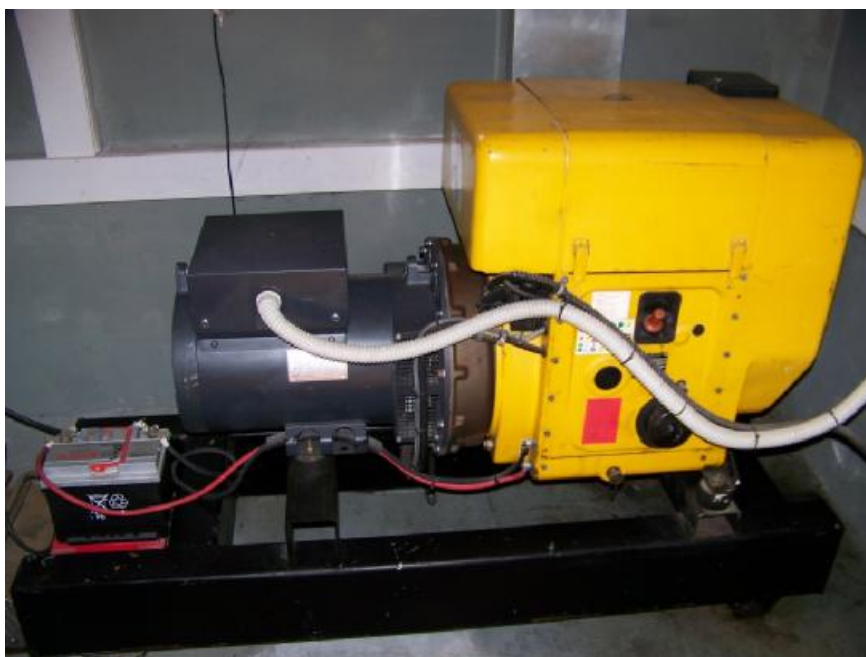
Σχήμα 6.9: Λεπτομέρεια τους ενός συσσωρευτή. Διακρίνονται τα χαρακτηριστικά του, καθώς η στάθμη του ηλεκτρολύτη.



Σχήμα 6.10: Ο Αντιστροφείας και οι φορτιστές των συσσωρευτών. Επίσης στο αριστερό μέρος της φωτογραφίας διακρίνονται οι 4 αγωγοί (2 ζεύγη) που καταλήγουν στους συσσωρευτές.



Σχήμα 6.11: Λεπτομέρεια του αντιστροφέα



Σχήμα 6.12: Το ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος. Όπως έχουμε αναφέρει παράγει τριφασική ισχύ 20 kVA. Στο αριστερό μέρος της φωτογραφίας διακρίνεται ένας συσσωρευτής που χρησιμοποιείται για την εκκίνηση του Η/Ζ.



Σχήμα 6.13: Φωτογραφία του πίνακα αυτοματισμού για το χειρισμό όλης της εγκατάστασης. Το σύστημα επιτηρεί την παραγόμενη ενέργεια, το επίπεδο φόρτισης των συσσωρευτών και τη ζήτηση ισχύος από τις καταναλώσεις και αν χρειαστεί εκκινεί το H/Z για να καλύψει τη ζήτηση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα εργασία έγινε η προσπάθεια να συνδέσουμε τη θεωρία της μελέτης ενός αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος με την πράξη. Επειδή όμως δεν είναι εφικτό να προβούμε εμείς οι ίδιοι στην κατασκευή μια φωτοβολταϊκής εγκατάστασης, αρκούμαστε στο να περιγράψουμε μια υλοποιημένη εφαρμογή.

Έτσι στο τρίτο μέρος της παρούσας εργασίας παρουσιάσαμε τα στοιχεία που συνθέτουν την φωτοβολταϊκή εγκατάσταση μιας εξοχικής κατοικίας που βρίσκεται στο Βαρνάβα Αττικής.

Προηγουμένως, στο δεύτερο μέρος της εργασίας μελετήσαμε την ενεργειακή κατανάλωση και τα στοιχεία μιας φανταστικής φωτοβολταϊκής εγκατάστασης, που όμως φροντίσαμε να έχει ίδια χαρακτηριστικά με αυτά που διαθέτει η εφαρμογή στο Βαρνάβα Αττικής.

Με τον τρόπο αυτό δημιουργήσαμε τις συνθήκες για να μπορέσει να γίνει η σύγκριση των δύο περιπτώσεων. Δηλαδή, κάναμε τη μελέτη της εγκατάστασης, όπως ακριβώς την έκανε και η κατασκευάστρια εταιρία και τώρα θα ελέγξουμε αν υπάρχει ταύτιση των αποτελεσμάτων. Τέλος θα δώσουμε μια εξήγηση στις περιπτώσεις που τα αποτελέσματα παρουσιάζουν σημαντικές αποκλίσεις.

	Μελέτη	Εξοχική Κατοικία
Ημερήσια ισχύς φορτίου	8,6kWh	≅ 9 kWh
Κλίση φωτοβολταϊκών	30 μοίρες	34 μοίρες
Αριθμός πλαισίων	16	16
Τύπος φωτοβολταϊκών	BP Solar BP 3210N	Sunmodule SW 185
Ισχύς κάθε πλαισίου	210 W	185 W
Συνολική ισχύς πλαισίων	3.360 W	≅ 3.000 W
Τάση εξόδου κάθε πλαισίου	28,9 V	36,3 V
Διάταξη φωτοβολταϊκών	2 παράλληλες συστοιχίες των 8 φ/β έκαστη	2 παράλληλες συστοιχίες των 8 φ/β έκαστη
Τάση εξόδου φωτοβολταϊκών	$8 \cdot 28,9 = 231,2 \text{ V}$	$8 \cdot 36,3 = 290 \text{ V}$
Τύπος συσσωρευτών	7 OPzS 490 (545 Ah)	Winner Ajax 10 OPzS (1000 Ah)
Τάση συσσωρευτών	2 V έκαστος	2 V έκαστος
Συνολικός αριθμός συσσωρευτών	24	48
Συνολική ισχύς συσσωρευτών	26 kW	90 kW
Διάταξη συσσωρευτών	2 παράλληλοι κλάδοι (με 12 συσσωρευτές)	2 παράλληλοι κλάδοι (με 24 συσσωρευτές)
Μετατροπέας	Synny Boy 4000 TL	HP COMPACT 8000
Μέγιστη ισχύς μετατροπέα	4300 W	8000 VA
Μέγιστη τάση εισόδου μετατροπέα	550 V DC	550 V DC
Ισχύς ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους	10 kVA Μονοφασικό	20 kVA Τριφασικό

Συμπεράσματα με βάση τα στοιχεία του παραπάνω πίνακα.

- Κλίση φωτοβολταϊκών: παρατηρούμε ότι υπάρχει διαφορά στην κλίση των φωτοβολταϊκών. Αυτό οφείλεται στους εξής λόγους. Όσον αφορά τη θεωρητική μελέτη, τα μετεωρολογικά δεδομένα που είχαμε ήταν για κλίσεις 30° , 45° , 60° , και 90° , άρα οι υπολογισμοί μας υπόκεινται σε αυτή τη δέσμευση. Όσον αφορά την κανονική μελέτη η κλίση των 34° επιλέχτηκε από τον πολιτικό μηχανικό κατά το σχεδιασμό του κτιρίου και είναι ιδανική για το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής που είναι χτισμένο.
- Αριθμός πλαισίων: η θεωρητική μελέτη επιβεβαίωσε την κατασκευή.
- Ισχύς κάθε πλαισίου και συνολική ισχύς πλαισίων. Η θεωρητική μελέτη έβγαλε ότι χρειαζόμαστε λίγο μεγαλύτερα φωτοβολταϊκά σε ισχύ απ' ότι έχουν υλοποιηθεί στην πράξη. Αυτή η διαφορά οφείλεται στη διαφορά κλίσης των φωτοβολταϊκών όπως αναφέραμε παραπάνω. Δηλαδή επειδή η κατασκευή έχει πιο ιδανική κλίση, έχουμε καλύτερη εκμετάλλευση των φωτοβολταϊκών, συνεπώς υπάρχει η δυνατότητα να αγοράσουμε μικρότερης ισχύος.
- Τάση εξόδου κάθε πλαισίου: Η τάση εξόδου των φωτοβολταϊκών είναι διαφορετική επειδή έχουν επιλεγεί διαφορετικοί τύποι φωτοβολταϊκών, λόγω της ανάγκης για διαφορετική ισχύ εξόδου.
- Διάταξη φωτοβολταϊκών: η θεωρητική μελέτη και η κατασκευή συμφωνούν και καταλήγουμε σε 2 παράλληλες συστοιχίες των 8 πάνελ έκαστη.
- Τάση εξόδου φωτοβολταϊκών: Διαφέρει επειδή έχουμε επιλέξει διαφορετικούς τύπους φωτοβολταϊκών από αυτούς που έχουν τοποθετηθεί στην εγκατάσταση. Γενικά όμως αυτή η διαφορά δεν είναι σημαντική και δεν θα επηρεάσει την επιλογή του αντιστροφέα.
- Τύπος και αριθμός συσσωρευτών: στον τύπο, τον αριθμό και όπως θα δούμε παρακάτω και στην ισχύ των συσσωρευτών υπάρχει σημαντική απόκλιση.
- Συνολική ισχύς συσσωρευτών: Η ισχύς των συσσωρευτών όπως υπολογίστηκε από τη μελέτη είναι 4 φορές μικρότερη από την ισχύ που συναντάμε στην πραγματική κατασκευή.

Αυτό οφείλεται αποκλειστικά σε επιλογή του ιδιοκτήτη της κατοικίας. Επέλεξε να κάνει υπερ-διαστασιολόγηση των συσσωρευτών για να εξασφαλίσει την αδιάλειπτη παροχή ηλεκτρικής ενέργειας ακόμα και σε εξαιρετικά δυσμενείς συνθήκες ηλιοφάνειας.

- Στη συνέχεια παρατηρούμε μια υπερ-διαστασιολόγηση και σε άλλα τεχνικά χαρακτηριστικά της οικίας που έχει κατασκευαστεί στο Βαρνάβα σε σχέση με τη θεωρητική μελέτη μας. Αυτό οφείλεται στο ότι ο ιδιοκτήτης της οικίας θέλησε να υπάρχει δυνατότητα μελλοντικής επέκτασης του κτιριακού συγκροτήματος (τροφοδοσία διπλανού κτιρίου που πιθανώς θα χτιστεί), την προσθήκη μιας μικρής ανεμογεννήτριας και μετατροπή του συστήματος σε πλήρες υβριδικό κτλ.

Παράρτημα

Στο παράρτημα παρουσιάζονται σχήματα και επεξηγήσεις που για λόγους δομής και ευμορφία της εργασίας δεν είναι δυνατόν να παρατεθούν στο κύριο σώμα της εργασίας. Ο αναγνώστης οδηγείται εδώ με κατάλληλες παραπομπές από τα αντίστοιχα κεφάλαια της εργασίας και βρίσκει εύκολα τις πληροφορίες που χρειάζεται. Στο παράρτημα υπάρχουν τα φυλλάδια του κατασκευαστή φωτοβολταϊκών γεννητριών, τα data seeds των διαφόρων εξαρτημάτων καθώς επίσης σχήματα και λοιπές πληροφορίες.

210, 220 και 230W Φ/Β πλαίσια της σειράς Poly 3 Series
BP 3210N, BP 3220N, BP 3230N



Τα BP 3210N, BP 3220N & BP 3230N είναι υψηλής απόδοσης πολυκρυσταλλικά πλαίσια με αποδόσεις των 210W, 220W & 230W αντίστοιχα. Με 60 υψηλής τάσης κυψέλες και αντανακλαστικό γυαλί, έχουν εξαιρετικές αποδόσεις ενέργειας σε διαδυνάμευμένα συστήματα. Η κατηγοριοποίησή τους περιλαμβάνει και το ποσοστό ενεργειακής απώλειας (LID effect) από τον πρώτο φθινοπώ, έτσι ώστε να έχουν μεγαλύτερη ασφάλεια ως προς την αναμενόμενη παραγωγή ενέργειας. Τα πλαίσια αυτά ενσωματώνουν τις πιο πρόσφατες τεχνολογικές καινοτομίες μας όπως: Το πλαίσιο Endura, που αναπτύσσεται από κοινού και σε συνεργασία με την Porsche Engineering, ξεπερνώντας την αυστηρότερη δοκιμή φορτίων IEC 61215 (5400Pa) ακόμη και σε μία πραγματική εγκατάσταση. Οι γωνίες απορρόφησης κρυσταλλών και η πολυεστερική πίσω πλευρά των πλαισίων, τα προστατεύουν από ένα ακιληρό και τραχύ χειρισμό. Η καλύτερη της κατηγορίας τους αναλογία βάρους ανά Watt (g/W) τα καθιστά ευκολότερα στο χειρισμό τους. Όλα αυτά τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα καθιστούν την εγκατάστασή τους ασφαλέστερη και ταχύτερη, εξοικονομώντας έτσι κόστος.

Generation Endura


- Υψηλής αντοχής πλαίσιο με ατσάλι και υψηλής αντοχής γωνίες, που έχουν αναπτυχθεί από κοινού και σε συνεργασία με την Porsche Engineering.
- Γρήγορο και εύκαμπτο μοντάρισμα τόσο από την μπροστινή πλευρά (σφιγκτήρες και κανάλια) όσο και πίσω (MB μπουλόνι που χρησιμοποιεί το πρόσθετο ατσάλι) διατηρώντας την αντοχή τους σε φορτία μέχρι 5400Pa.
- Τετράγωνες τρίτες απορροής για την καλύτερη απορροή του συμπυκνωμένου ύδατος και γαρές προστατευτικές γωνίες.
- Κουτί σύνδεσης με πλήρη ασφαλείς ηλεκτρικές συνδέσεις & υποδοχές.
- Ανθεκτική σε γρατσοειδήματα πίσω πλευρά.
- Στραγγιλοποιημένο προφίλ για μεγαλύτερη σταθερότητα κι ευκολότερο χειρισμό.
- InlograBus™ με ενσωματωμένες διόδους παράκαμψης Schottky.

Scale 1:12

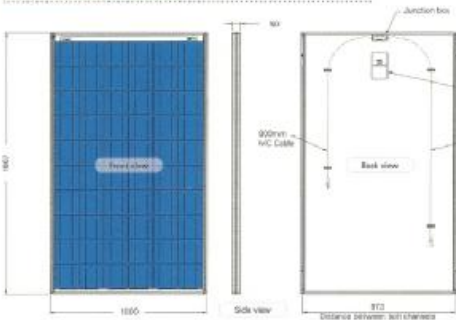

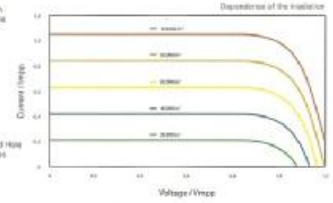



Σχήμα 1: Τεχνικά χαρακτηριστικά των φωτοβολταϊκών πλαισίων της σειράς Poly 3 Series της εταιρίας BP (BP 3210N, BP 3221N, BP 3230N).

210, 220 και 230W Φ/Β πλαίσια της σειράς Poly 3 Series
BP 3210N, BP 3220N, BP 3230N



Σχεδιάγραμμα Πλαισίου

Ηλεκτρικά Χαρακτηριστικά

	BP 3210N	BP 3220N	BP 3230N
Άνοδος		97%	
Αποδοτικότητα	12.8%	13.2%	13.8%
Μέγιστη αποδοτικότητα @ 200W/m²	3.2%	3.4% (max)	3.6%
Τύπος Φ 1000W/m² (STC)*			
Μέγιστη ισχύς (P _{max})	9.10W	10.0W	10.8W
Τάση στο P _{max} (V _{max})	26.0V	29.0V	29.2V
Ενταση στο P _{max} (I _{max})	7.3A	7.8A	7.9A
Ρεύμα βραχυκύκλωσης (I _{sc})	8.2A	8.4A	8.7A
Τάση ανοχής κυκλώματος (V _{oc})	36.1V	38.2V	36.9V
Τύπος Φ 800 W/m² (NOCT)**			
Μέγιστη ισχύς (P _{max})	18.12W	18.6W	19.8W
Τάση στο P _{max} (V _{max})	25.7V	25.8V	26.0V
Ενταση στο P _{max} (I _{max})	6.8A	6.1A	6.3A
Ρεύμα βραχυκύκλωσης (I _{sc})	6.6A	6.6A	7.0A
Τάση ανοχής κυκλώματος (V _{oc})	32.0V	32.0V	33.1V
Limiting reverse current	8.2A	8.4A	8.7A
Συντελεστής θερμοκρασίας του I _{sc}		0.069 ± 0.01 %/K	
Συντελεστής θερμοκρασίας του V _{oc}		-0.265 ± 0.02 %/K	
Συντελεστής θερμοκρασίας του P _{max}		-0.54 ± 0.03 %/K	
NOCT**		47 ± 2°C	
Maximum series fuse rating		20A	
Application class (Κατ' IEC 61730:2007)		Class A (1000V)	

*STC: Standard test conditions - irradiance of 1000W/m² at air AM(1.5) solar spectrum and a temperature of 25°C
**NOCT: Nominal Operating Cell Temperature - Sun 0.800W/m², Air 20°C, wind speed 1m/s.

Κατά EN 61215 επιβάλλεται δοκιμασία πριν ή μετά την 5-ετή εγγύηση ή το σφάλμα ή του πρώτου έτους και 6,68 ετών ή και 12 ετών ανάλογα με την επιλογή του πελάτη.

Αυτό το φύλλο προδιαγραφών είναι σύμφωνο με τις απαιτήσεις κατά EN 60380

Φωτοβολταϊκά πλαίσια κατασκευασμένα με αντανάκλαση από το πίσω μέρος

Μηχανολογικά Χαρακτηριστικά

Μόνος κρύσταλλος	60 πολυκρυσταλλικός κρύσταλλος περίπου (150mm x 150mm) σε σειρά
Πρόσκληση Επικόλληση	Υψηλής διασποράς τήξης 3,0mm ανολομμένο γυαλοκαθαριστικό υαλώ
Πρόβλεψη	EVA
Όπισθο Επικόλληση	Ρευστός πολυεστέρας
Πλαίσιο	Καλαμίσκι
Διάβρα	Insulblue™ with 5 Schottky diodes
Κουτί Σύνδεσης	Κουτί (IP67) κατασκευασμένο κατά UL 1753 Flame-retardant test. Διαστάσεις (mm) 86,60 x 100,60 x 13,20
Καλώδια σύνδεσης	3.2mm² καλώδια με κωδικοποίηση Multi-Colour 5-ακροδέκτες. Αδιάβροχο μήκος καλώδιου: 1200mm (ή ως 800mm ή)
Διαστάσεις (mm)	1667x5 x 1000x5 x 30
Βάρος (kg)	19,4

Εγγύηση

- Αρκετοετής κατασκευής για 5 έτη
- 90% της ισχύος για 12 έτη
- 80% της ισχύος για 25 έτη

Πιστοποιήσεις

Πιστοποίηση κατά IEC 61215:2005 (βήματα φωτοβολταϊκού πλαισίου κατασκευασμένο με κρύσταλλο - Σημειώσεις Πιστοποίησης) Εγκριση Τυπική

Πιστοποίηση κατά IEC 61730-1 και IEC 61730-2 (Πιστοποίηση ασφαλείας φωτοβολταϊκών πλαισίων, απαιτήσεις κατασκευής και δοκιμών)

Παράδοση και στη Ασία των Underwriters Laboratories για την προστασία και πυροσβεστική (UL 1703 - Class C fire rating)

Κατασκευάσει με κρυσταλλικό κατασκευασμένο κατά ISO 9001

Επικοινωνία

www.bp-solar.com 400204-1 0000 BP Solar 2009

Σχήμα 2: Τεχνικά χαρακτηριστικά των φωτοβολταϊκών πλαισίων της σειράς Poly 3 Series της εταιρίας BP (BP 3210N, BP 3221N, BP 3230N).

Κορυφαία τεχνολογία

- > Μέγιστος βαθμός απόδοσης 97% με μεγάλο εύρος τιμών τάσης εισόδου
- > ESS
- > Χωρίς μετασχηματιστή με τεχνολογία H5
- > Σύστημα ψύξης OptiCool
- > Σύστημα ρύθμισης σημείου μέγιστης ισχύος OptiTrac
- > Πολλαπλές στοιχειοσειρές

Απλή εγκατάσταση


- > Εύκολα προσβάσιμη περιοχή σύνδεσης
- > Καλωδίωση χωρίς εργαλεία
- > Εργονομικός σχεδιασμός



Μια συσκευή χωρίς σύνορα

- > Απλή ρύθμιση στις προδιαγραφές κάθε χώρας
- > Πολύγλωσση απεικόνιση
- > Πλήρες πρόγραμμα εγγύησης SMA

Επικοινωνία

- > Τεχνολογία Bluetooth
- > Οθόνη γραφικών



SUNNY BOY 4000TL / 5000TL

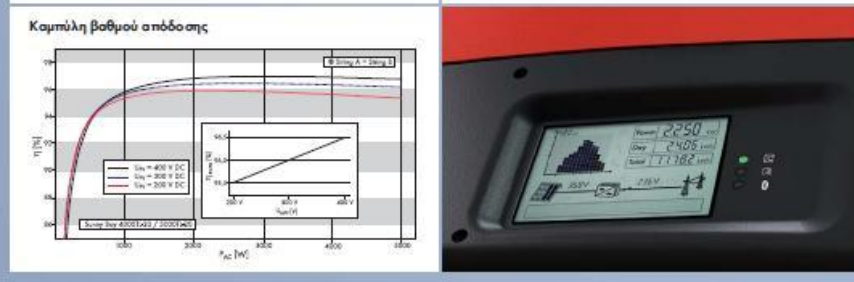
Ολοκληρωμένοι. Απλοί.

Οι μετατροπείς Sunny Boy 4000TL και 5000TL δημιουργούν νέα δεδομένα στην τεχνολογία μετατροπών: ακόμα περισσότερες δυνατότητες επικοινωνίας, αυξημένη απόδοση, ακόμα πιο φιλικό προς το χρήστη. Σύγχρονη οθόνη γραφικών, εμφάνιση των ημερήσιων τιμών ακόμη και μετά τη δύση του ηλίου, απλός σχεδιασμός συναρμολόγησης και ασύρματη επικοινωνία της εγκατάστασης μέσω του παγκόσμιου προτύπου Bluetooth: οι νέοι μετατροπείς Sunny Boy καλύπτουν όλες τις ανάγκες. Με κορυφαίο βαθμό απόδοσης 97% και εύρος τιμών τάσης εισόδου βοηθούν ως συσκευές πολλαπλών στοιχειοσειρών, χωρίς μετασχηματιστή, για τη μέγιστη φωτοβολταϊκή απόδοση, προσφέρουν μέγιστη ευελξία στο σχεδιασμό της εγκατάστασης καθώς και εξαιρετική συμβατότητα με τα φωτοβολταϊκά πλαίσια, και αποτελούν έτσι την πρώτη επιλογή για κατασκευές γεννητριών με μεγάλες απαιτήσεις.

Σχήμα 3: φυλλάδιο των τεχνικών χαρακτηριστικών του μετατροπέα που χρησιμοποιήθηκε στη θεωρητική μελέτη.

Τεχνικά χαρακτηριστικά SUNNY BOY 4000TL / 5000TL

	SB 4000TL-20	SB 5000TL-20
Είσοδος (DC)		
Μέγ. ισχύς DC	4300 W	5300 W
Μέγ. τάση DC	550 V	550 V
Περιοχή φωτοβολταϊκής τάσης, σημείο μέγιστης ισχύος (μέσω ανεγερτή MPP)	125 V - 440 V	125 V - 440 V
Συνιστώμενη περιοχή στην ονομαστική ισχύ	175 V - 440 V	175 V - 440 V
Μέγ. ρεύμα εισόδου	2 x 15 A	2 x 15 A
Αριθμός των ανεγερτών σημείων μέγιστης ισχύος	2	2
Μέγ. αριθμός στοιχείων (παράλληλη σύνδεση)	2 x 2	2 x 2
Έξοδος (AC)		
Ονομαστική ισχύς AC	4000 W	4600 W
Μέγ. ισχύς AC	4000 W	5000 W
Μέγ. ρεύμα εξόδου	22 A	22 A
Ονομαστική τάση / Περιοχή τάσεων AC	220 V - 240 V / 180 V - 280 V	220 V - 240 V / 180 V - 280 V
Συνήθιστα δίκτυα AC / Περιοχή	50 Hz, 60 Hz / ± 5 Hz	50 Hz, 60 Hz / ± 5 Hz
Συνιστώμενη ισχύς (cos φ)	1	1
Σύνδεση AC	μονοφασικό	μονοφασικό
Βαθμός απόδοσης		
Μέγ. βαθμός απόδοσης	97,0%	97,0%
Ευνοεία	96,2%	96,5%
Συστήματα προστασίας		
Προστασία αντιστροφής τάσεων DC	●	●
Διακόπτης ES απόμόνωσης φορτίου DC	●	●
Ανταρτή σε βραχυκύκλωμα AC	●	●
Επιτήρηση βραχυκυκλώματος γης	●	●
Επιτήρηση δικτύου (SMA grid guard)	●	●
Μονάδα απηλίκησης ρευστών διαρροής ενσωματωμένη σε όλα τα ρεύματα	●	●
Γενικά στοιχεία		
Διαστάσεις (Πλάτος / Ύψος / Βάθος) σε mm	470 x 445 x 180	470 x 445 x 180
Βάρος	25 kg	25 kg
Περιοχή θερμοκρασιών λειτουργίας	-25 °C ... +60 °C	-25 °C ... +60 °C
15 τα καταπόνηση, Λειτουργία (Αναμνησίς) / ηχογερνή	< 10 W / < 0,5 W	< 10 W / < 0,5 W
Τοπολογικά στοιχεία	χωρίς μετασχηματιστή	χωρίς μετασχηματιστή
Τρόπος ψύξης	OptiCool	OptiCool
Χώρος τοποθέτησης: εσωτερικά / εξωτερικά (Προστασία ηλεκτρονικών IP65, περιοχή σύνδεσης P54)	●/●	●/●
Εξοπλισμός		
Σύνδεση DC: MCB / MCA / Υγρο	○/●/○	○/●/○
Σύνδεση AC: Συνδέτμος με διακόπτη	●	●
Οθόνη γραμμών	●	●
Διασφίς: Βιολισσέ / RS485	●/○	●/○
Εγγύηση: 5 έτη / 10 έτη	●/○	●/○
Πιστοποιητικά και έγκρισεις	www.SMAHellas.com	www.SMAHellas.com



Σχήμα 4: φυλλάδιο των τεχνικών χαρακτηριστικών του μετατροπέα που χρησιμοποιήθηκε στη θεωρητική μελέτη.



YM10S
Ισχύς 10 KVA



Ανοικτού Τύπου



Με Ηχομονωτικό Κάλυμμα

Γενικά Χαρακτηριστικά



ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΚΙΝΗΤΗΡΑΣ YANMAR

- Ιαπωνικής κατασκευής
- Αρ. Κυλίνδρων 3
- Κυλινδρισμός 1,4L

1500 Στροφές / 1'

KVA	KW	Τάση V	Συχνότητα Hz	Cosφ	A
10	8	230	50	0.8	34

- 2 Χρόνια Εγγύηση χωρίς περιορισμό ωρών λειτουργίας
- Δεξαμενή καυσίμου στην βάση του Η/Ζ κατάλληλη για λειτουργία τουλάχιστον 8 ωρών
- Παραδίδεται με λιπαντικά και αντιψυκτικό στον κινητήρα
- Σε σταθερή βάση ή σε trailer
- Ηχομονωτικό κάλυμμα από γαλβανισμένη λαμαρίνα βαμμένη με πολυεστερική βαφή
- Το ηχομονωτικό κάλυμμα είναι κατάλληλο για λειτουργία σε εξωτερικό χώρο προστατεύοντας το Η/Ζ έναντι όλων των καιρικών συνθηκών

- Με πίνακες αυτόματης ή χειροκίνητης εκκίνησης προγραμματιζόμενου ψηφιακού τύπου
- Δυνατότητα κατασκευής αυτοματισμών εκκίνησης από εξωτερική εντολή (αντλία - inverter - φορτιστή μπαταρίας κλπ)
- Παραδίδονται μετά από δοκιμή σε πλήρες φορτίο
- Πλήρη εγχειρίδια εγκατάστασης - λειτουργίας - ηλεκτρολογικά σχέδια συνοδεύουν κάθε Η/Ζ
- Κατασκευή με σύστημα διαχείρισης ποιότητας παραγωγής κατά ISO 9001:2000

Διαστάσεις - Βάρος - Στάθμη Θορύβου

Ανοικτού Τύπου	
Υψος mm	950
Μήκος mm	1.270
Πλάτος mm	500
Βάρος kg (χωρίς υγρά)	380
Στάθμη Θορύβου	92dbA στα 7m

Με Ηχομονωτικό Κάλυμμα	
Υψος mm	1.200
Μήκος mm	1.880
Πλάτος mm	770
Βάρος kg (χωρίς υγρά)	550
Στάθμη Θορύβου	85dbA στα 7m

Σχήμα 5: Φυλλάδιο τεχνικών χαρακτηριστικών Ηλεκτροπαραγωγού Ζεύγους.



Χαρακτηριστικά Πετρελαιοκινητήρα



Μάρκα Κινητήρα	YANMAR
Τύπος Κινητήρα	3TNV82
Αριθμός Κυλίνδρων	3 εν σειρά
Κυλινδρισμός	1.331 cc
Αναπνοή	Φυσική
Σύστημα Ψύξης	Υδρόψυκτος με ψυγείο και ανεμιστήρα ωστικού τύπου
Κυβερνήτης Στροφών	Μηχανικός, μεγάλης ευαισθησίας
Μέγιστη Ισχύς Κινητήρα	13,2 HP (11 KW)
Ηλεκτρικό Σύστημα	12 V
Απαιτούμενος Αέρας	3.700 m³/h
Ποσότητα Λαδιού	5,5 L
Ποσότητα Αντιψυκτικού	6 L
Κύλινδροι	Αφαιρετού τύπου

YM10S Ισχύς 10 KVA

Χαρακτηριστικά Γεννήτριας



Μάρκα Γεννήτριας	MECC ALTE
Τύπος Γεννήτριας	ECO38-SN/4
Κλάση Μόνωσης	H
Ισχύς Γεννήτριας	10 KVA (cosφ 0,8)
Απόδοση Γεννήτριας 4/4	0,859
Τάση - Συχνότητα	230 V - 50 Hz
Αριθμός Πόλων	4
Σταθεροποίηση Τάσης	1,5 %
Σταθεροποιητής τάσης	Ηλεκτρονικός (AVR)
Απαιτούμενος Αέρας	318 m³/h
Βαθμός Προστασίας	IP23
Συνολική Αρμονική Παραμόρφωση (THD)	≤ 3,2%
STANDARDS	
IEC60034-1:CEI2-3:BS4999-5000:VDE0530:NF51-100:OVEM-10:NEMA:MG1.22	

Πίνακες Ελέγχου

Πίνακας Χειροκίνητου Ελέγχου

- Ψηφιακή απεικόνιση VoltAc - Hz - A - VoltDc - h.
- Προστασία του κινητήρα με αυτόματο σβήσιμο σε περίπτωση χαμηλής πίεσης λαδιού - υψηλής θερμοκρασίας.
- Μαγνητοθερμικός διακόπτης προστασίας MCB.



Πίνακας Αυτόματου Ελέγχου

- Ψηφιακή απεικόνιση Volt - Ampere - Hz .
- Μαγνητοθερμικός διακόπτης προστασίας MCB.
- Προστασία του κινητήρα με αυτόματο σβήσιμο σε περίπτωση χαμηλής πίεσης λαδιού - υψηλής θερμοκρασίας - υπερστροφίας - υποστροφίας.
- Πλήρης επίτρηση της ΔΕΗ και αυτόματη εκκίνηση σε περίπτωση βλάβης, σβήσιμο του Η/Ζ όταν αποκατασταθεί η βλάβη της ΔΕΗ.



Σταθερός Εξοπλισμός

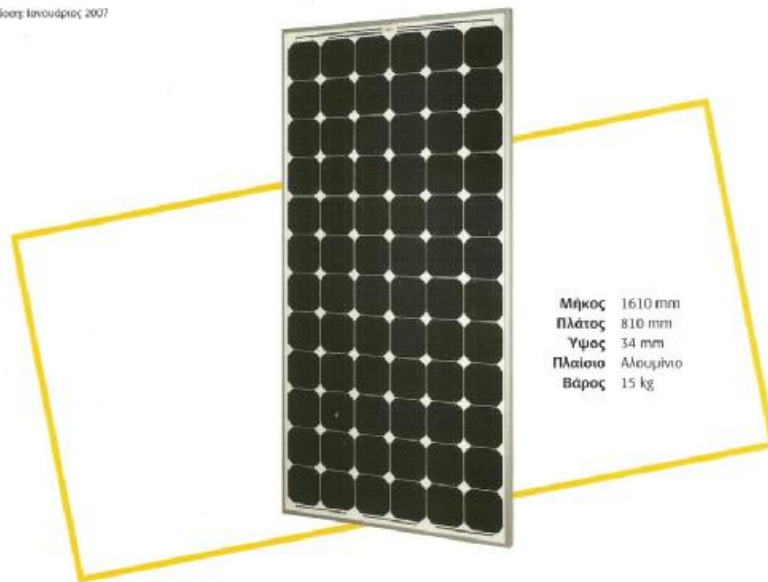
- Μπαταρία
- Εύκαμπτος μεταλλικός σωλήνας εξάτμισης
- Σιωπητήρας εξάτμισης (Industrial στα ανοικτά - Residential στα Ηχομονωμένα)
- Δεξαμενή καυσίμου
- Ελαστικές βάσεις έδρασης
- Εγχειρίδια - Σχέδια
- Λιπαντικό - Αντιψυκτικό

Προαιρετικός Εξοπλισμός

- Πεδία Ισχύος
- Trailer
- Προθέρμανση αντιψυκτικού
- Software απομακρυσμένου ελέγχου
- Σιωπητήρας Εξάτμισης residential (σε ανοικτού τύπου)

Σχήμα 6: Φυλλάδιο τεχνικών χαρακτηριστικών Ηλεκτροπαραγωγού Ζεύγους.

Έκδοση: Ιανουάριος 2007



Sunmodule® SW 160/165/170/175/180/185 mono

Το φωτοβολταϊκό στοιχείο Sunmodule Plus αποτελεί τη νέα καινοτόμο αντίληψη της εταιρίας SolarWorld AG. Η αόριστα ταξινόμηση (plus-sorting σύμφωνα με το SolarWorld flash report, κατά το οποίο κάθε Φ/Β στοιχείο μετράται πρώτου παραδίδει με ισχύ πάντα ίδια ή μεγαλύτερη της ονομαστικής), εγγυάται την υψηλή απόδοση της εγκατάστασης και αποτρέπει τη χρονοβόρα επί τόπου διάλογη των Φ/Β στοιχείων. Η πλήρως αυτοματοποιημένη διαδικασία παραγωγής στο εργοστάσιο της SolarWorld εξασφαλίζει τη σταθερά υψηλή ποιότητα των Φ/Β στοιχείων και, συνεπώς, μακροπρόθεσμα υψηλές αποδόσεις.

Το πλαίσιο των Φ/Β στοιχείων και το περιβαλλόμενο γυαλί είναι σταθερά συνδεδεμένα μεταξύ τους με σιλικόνη. Έτσι, εξασφαλίζεται η άψογη σταθερότητα ολόκληρου του Φ/Β στοιχείου, που εμποδίζει για παράδειγμα την αποκόλληση του πλαισίου σε περίπτωση μετατόπισης μόδας χιονού στην επιφάνειά του. Η επίστρωση της εμπρόσθιας πλευράς έως και 5,4 l/m², σύμφωνα με δοκιμές κατά IEC 61215, βεβαιώνει την καταλληλότητα των Φ/Β στοιχείων για αντοχή σε μεγάλες αποθέσεις χιονού και πάχους.

Το πατενταρισμένο, επίπεδο και συμπαγές κομμάτι σύνδεσης αποτρέπει τη διάβρωση και φροντίζει, αποβλάπτοντας άμεσα την πρόσθετη θερμότητα, να διατηρεί τη θερμοκρασία στο βέλτιστο επίπεδο. Όλες οι συνδέσεις έχουν σιγκαλληθεί εξασφαλίζοντας ότι οι ηλεκτρικές συνδέσεις εντός του κομπού λειτουργούν πάντα αξιόπιστα. Επιπρόσθετα, χρησιμοποιείται υψηλής ποιότητας, συνθετικά καλώδια σύνδεσης με εργασιαστικά προκατασκευασμένα βύσματα συνδέσεων. Τα 25 χρόνια εγγύησης απόδοσης και η δυνατότητα ανακύκλωσης των Φ/Β στοιχείων αλληλεργούν στο σχήμα υψηλής ποιότητας.

SolarWorld. And EveryDay is a SunDay.



www.solarworld.de

Σχήμα 7: Τεχνικά χαρακτηριστικά των φωτοβολταϊκών πλαισίων της εταιρίας Sunmodule (SW 160/165/170/175/180/185 mono).

Sunmodule®

SW 160/165/170/175/180/185 mono

Αποτελέσματα σε πρότυπες συνθήκες δοκιμών (STC)

		SW 160	SW 165	SW 170	SW 175	SW 180	SW 185
Ισχύς στο σημείο μέγιστης απόδοσης	P_{max}	160 Wp	165 Wp	170 Wp	175 Wp	180 Wp	185 Wp
Τάση ανοικτού κυκλώματος	V_{oc}	43,8 V	44,0 V	44,2 V	44,4 V	44,6 V	44,8 V
Τάση σημείου μέγιστης ισχύος	V_{mp}	35,0 V	35,3 V	35,5 V	35,8 V	36,0 V	36,3 V
Ρεύμα βραχυκύκλωσης	I_{sc}	5,00 A	5,10 A	5,20 A	5,30 A	5,40 A	5,50 A
Ρεύμα σημείου μέγιστης ισχύος	I_{mp}	4,58 A	4,68 A	4,79 A	4,89 A	5,01 A	5,10 A

Αποτελέσματα στα 800 W/m², NOCT, AM 1,5

		SW 160	SW 165	SW 170	SW 175	SW 180	SW 185
Ισχύς στο σημείο μέγιστης απόδοσης	P_{max}	114,4 Wp	118,0 Wp	121,5 Wp	125,1 Wp	128,7 Wp	132,3 Wp
Τάση ανοικτού κυκλώματος	V_{oc}	39,6 V	39,8 V	40,0 V	40,2 V	40,4 V	40,5 V
Τάση σημείου μέγιστης ισχύος	V_{mp}	31,4 V	31,6 V	31,9 V	32,1 V	32,3 V	32,5 V
Ρεύμα βραχυκύκλωσης	I_{sc}	4,13 A	4,22 A	4,30 A	4,38 A	4,46 A	4,55 A
Ρεύμα σημείου μέγιστης ισχύος	I_{mp}	3,64 A	3,71 A	3,81 A	3,90 A	3,98 A	4,06 A

Χαμηλές απώλειες απόδοσης σε μικρό φορτίο στους 25°C: στα 200 W/m² επιτυγχάνεται τα 95 % (+/- 3 %) της STC απόδοσης (1000 W/m²).

Χρησιμοποιούμενα υλικά

Κυψέλες ανά Φ/Β στοιχείο	72
Τύπος κυψελών	Μονοκρυσταλλικό πυρίτιο
Διαστάσεις κυψελών	125 x 125 mm ²

Παράμετροι για βέλτιστη εγκατάσταση συστήματος

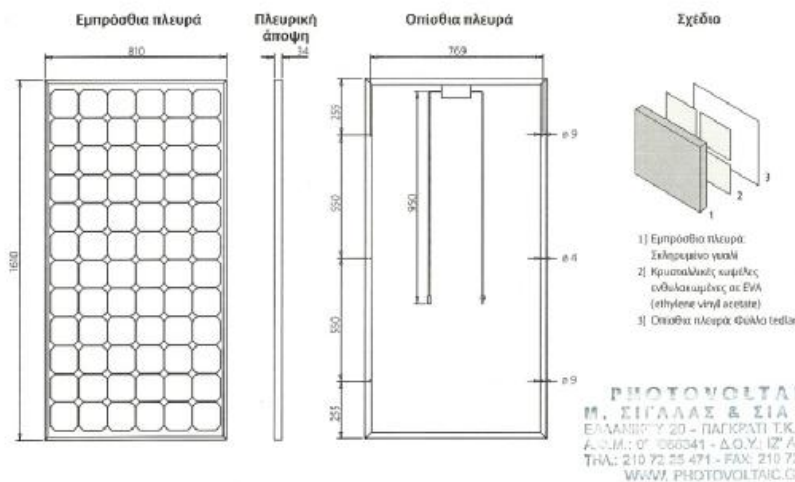
Μέγιστη τάση συστήματος SC II	1.000 V _{dc}
Ικανότητα έγχυσης αναστροφής ρεύματος	Στα 0/8 στοιχεία δεν πρέπει να φθάσει ελάχιστη τάση μεγαλύτερη από την τάση ανοικτού κυκλώματος V _{oc} .

Θερμικές παράμετροι

NOCT	46°C
TK L	0,035 %/K
TK V _c	-0,13 %/K

Λοιπές πληροφορίες

Αποκλίση απόδοσης	+/- 3,4%
Καύτη σύνδεσης	IP 65
Βύσμα	MC τύπου 4



Η SolarWorld AG διατηρεί το δικαίωμα αλλαγής των προδιαγραφών.
Το παρόν φύλλο προδιαγραφών πληρεί τα πρότυπα EN 50380.
Το παρόν φύλλο προδιαγραφών διατίθεται και στην αγγλική γλώσσα.

Σχήμα 8: Τεχνικά χαρακτηριστικά των φωτοβολταϊκών πλαισίων της εταιρίας Sunmodule (SW 160/165/170/175/180/185 mono).

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ

Υπολογισμός θερμοκρασιακού συντελεστή για κάθε μήνα:
Γίνεται από τη σχέση:

$$s_q = 1,00 - [(q_{\text{ερμαερα}} + 30^{\circ}C) - 20] \times 0,005$$

$$\text{ΙανουάριοV: } s_q = 1,00 - [(10,5 + 30^{\circ}C) - 20] \times 0,005 = 0,8975$$

$$\text{ΦεβρουάριοV: } s_q = 1,00 - [(11,6 + 30^{\circ}C) - 20] \times 0,005 = 0,892$$

$$\text{ΜάρτιοV: } s_q = 1,00 - [(12,9 + 30^{\circ}C) - 20] \times 0,005 = 0,8855$$

$$\text{ΑπρίλιοV: } s_q = 1,00 - [(17,1 + 30^{\circ}C) - 20] \times 0,005 = 0,8645$$

$$\text{ΜάιοV: } s_q = 1,00 - [(21,9 + 30^{\circ}C) - 20] \times 0,005 = 0,8405$$

$$\text{ΙούνιοV: } s_q = 1,00 - [(26,6 + 30^{\circ}C) - 20] \times 0,005 = 0,817$$

$$\text{ΙούλιοV: } s_q = 1,00 - [(29,3 + 30^{\circ}C) - 20] \times 0,005 = 0,8035$$

$$\text{ΑύγουστοV: } s_q = 1,00 - [(29,2 + 30^{\circ}C) - 20] \times 0,005 = 0,804$$

$$\text{ΣεπτέμβριοV: } s_q = 1,00 - [(25,3 + 30^{\circ}C) - 20] \times 0,005 = 0,8235$$

$$\text{ΟκτώβριοV: } s_q = 1,00 - [(20,0 + 30^{\circ}C) - 20] \times 0,005 = 0,85$$

$$\text{ΝοέμβριοV: } s_q = 1,00 - [(16,3 + 30^{\circ}C) - 20] \times 0,005 = 0,8685$$

$$\text{ΔεκέμβριοV: } s_q = 1,00 - [(12,5 + 30^{\circ}C) - 20] \times 0,005 = 0,8875$$

Υπολογισμός της απαιτούμενης ισχύος της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης.

Γίνεται από τη σχέση:

$$P_a (kW_p) = \frac{E(kWh/d) \times 1(kW/m^2)}{\Pi(kWh/m^2 \cdot d) \times S_q \times S_r}$$

Τα στοιχεία που μεταβάλλονται κάθε μήνα είναι η μέση ημερήσια κατανάλωση E , ο συντελεστής θερμοκρασίας σ_θ και η μέση ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία (Π) για την κλίση των 30° που έχουμε ήδη επιλέξει. Τα στοιχεία αυτά τα παίρνουμε από τους πίνακες 5.4, 5.6 και 5.7.

$$\text{ΙανουάριοV: } P_a (kW_p) = \frac{5(kWh/d) \times 1(kW/m^2)}{2,9(kWh/m^2 \cdot d) \times 0,8975 \times 0,9} = 2,134494 kW_p$$

$$\text{ΦεβρουάριοV: } P_a (kW_p) = \frac{5(kWh/d) \times 1(kW/m^2)}{3,3(kWh/m^2 \cdot d) \times 0,892 \times 0,9} = 1,887334 kW_p$$

$$\text{ΜάρτιοV: } P_a (kW_p) = \frac{5(kWh/d) \times 1(kW/m^2)}{4,3(kWh/m^2 \cdot d) \times 0,8855 \times 0,9} = 1,459051 kW_p$$

$$\text{AprilιοV: } P_a (kW_p) = \frac{8,6(kWh/d) \times 1(kW/m^2)}{5,07(kWh/m^2 \cdot d) \times 0,8645 \times 0,9} = 2,180133 kW_p$$

$$\text{ΜάιοV: } P_a(kW_p) = \frac{8,6(kWh/d) \times 1(kW/m^2)}{5,97(kWh/m^2 \cdot d) \times 0,8405 \times 0,9} = 1,904337 kW_p$$

$$\text{ΙούνιοV: } P_a(kW_p) = \frac{8,6(kWh/d) \times 1(kW/m^2)}{6,13(kWh/m^2 \cdot d) \times 0,817 \times 0,9} = 1,907978 kW_p$$

$$\text{ΙούλιοV: } P_a(kW_p) = \frac{8,6(kWh/d) \times 1(kW/m^2)}{6,73(kWh/m^2 \cdot d) \times 0,8035 \times 0,9} = 1,767075 kW_p$$

$$\text{ΑύγουστοV: } P_a(kW_p) = \frac{8,6(kWh/d) \times 1(kW/m^2)}{6,77(kWh/m^2 \cdot d) \times 0,804 \times 0,9} = 1,755542 kW_p$$

$$\text{ΣεπτέμβριοV: } P_a(kW_p) = \frac{8,6(kWh/d) \times 1(kW/m^2)}{5,67(kWh/m^2 \cdot d) \times 0,8235 \times 0,9} = 2,046488 kW_p$$

$$\text{ΟκτώβριοV: } P_a(kW_p) = \frac{5(kWh/d) \times 1(kW/m^2)}{4,53(kWh/m^2 \cdot d) \times 0,85 \times 0,9} = 1,442814 kW_p$$

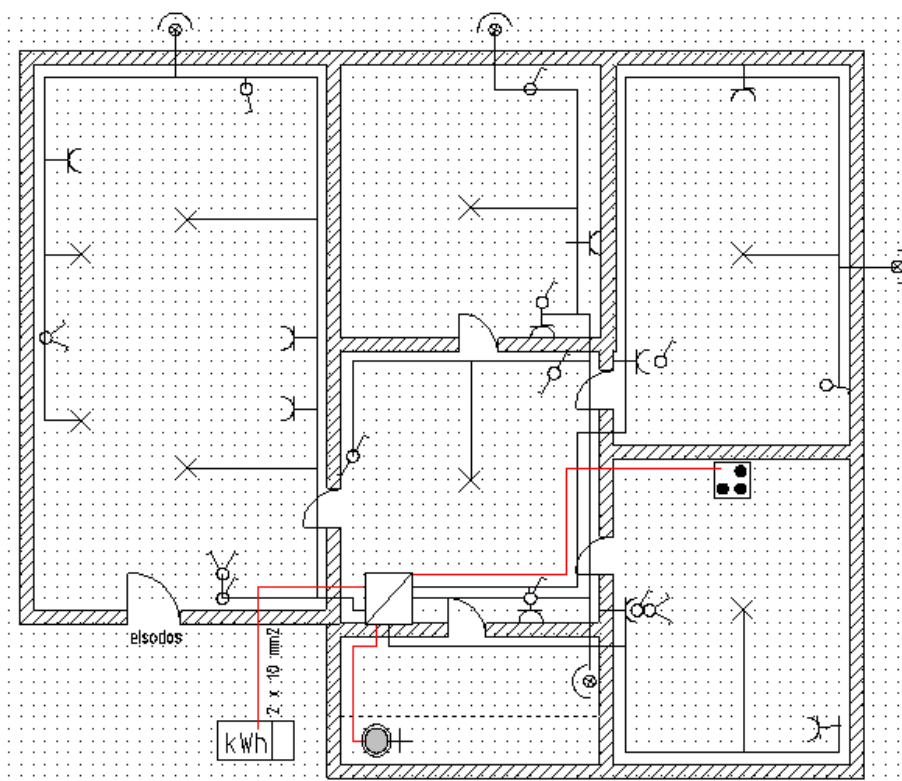
$$\text{ΝοέμβριοV: } P_a (kW_p) = \frac{5(kWh/d) \times 1(kW/m^2)}{3,5(kWh/m^2 \cdot d) \times 0,8685 \times 0,9} = 1,827636 kW_p$$

$$\text{ΔεκέμβριοV: } P_a (kW_p) = \frac{5(kWh/d) \times 1(kW/m^2)}{2,83(kWh/m^2 \cdot d) \times 0,8875 \times 0,9} = 2,211937 kW_p$$

Με τα αποτελέσματα, συμπληρώνουμε τη δεύτερη γραμμή του πίνακα 5.7

Κάτοψη του κτιρίου

Στο παρακάτω σχέδιο αποτυπώνεται η κάτοψη του κτιρίου το οποίο αποτέλεσε το αντικείμενο της μελέτης της παρούσας πτυχιακής εργασίας. Η παρούσα κάτοψη περιέχει και το ηλεκτρολογικό σχέδιο της εγκατάστασης.



σχ.1 Κάτοψη του οικήματος

Το οίκημα αποτελείται από τους εξής χώρους:

- Σαλόνι
- Χολ
- Κουζίνα
- Μπάνιο και
- δύο υπνοδωμάτια

Από την ηλεκτρολογική σκοπιά διακρίνονται:

- ο μετρητής ενέργειας για να ξέρουμε την κατανάλωση ενέργειας του οικήματος
- ο κεντρικός πίνακας ηλεκτροδότησης
- η γραμμή που τροφοδοτεί την κουζίνα
- η γραμμή που τροφοδοτεί τον θερμοσίφωνα
- και τέσσερις γραμμές για τις πρίζες και το φωτισμό. (διακρίνονται τα σημεία που τοποθετούνται τα φωτιστικά σημεία και οι διακόπτες που τα ελέγχουν, καθώς και οι πρίζες).

Αντί επιλόγου

Οι τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές είναι διαρκώς αυξανόμενες. Οι λόγοι που οδηγούν σε αυτή τη σημαντική εξέλιξη, είναι πάρα πολλοί και αναφέρθηκαν σε διάφορα μέρη της παρούσας εργασίας, όπως η ανάγκη για «καθαρή» ενέργεια, η ενεργειακή απεξάρτηση από το πετρέλαιο και τα παράγωγα του κτλ. Είναι πλέον κοινώς αποδεκτό ότι το ενεργειακό μέλλον της ανθρωπότητας στηρίζεται στο ποσοστό που θα μπορέσουμε να αξιοποιήσουμε τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Σε πολλές περιπτώσεις αυτή η ανάπτυξη έχει δώσει λύσεις σε προβλήματα ηλεκτροδότησης απομακρυσμένων περιοχών. Η κάλυψη τέτοιων ενεργειακών αναγκών, οδήγησε στην ανάπτυξη και δημιουργία των αυτόνομων παραγωγών και των αυτόνομων υβριδικών συστημάτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Τα συστήματα αυτά καλύπτουν μόνο τους τις ενεργειακές τους ανάγκες εξοικονομώντας τα χρήματα που θα δαπανούσαμε για τη σύνδεση τους στο δίκτυο ηλεκτροδότησης (ιδανικό για απομακρυσμένες περιοχές). Ταυτόχρονα μας έδωσαν τη δυνατότητα να αξιοποιήσουμε τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, καθιστώντας πολλαπλά τα οφέλη από τη χρήση τους.

Η απελευθέρωση της αγοράς ενέργειας τα τελευταία χρόνια στη χώρα μας, σε συνδυασμό με την τεχνολογική ανάπτυξη που επιφέρει πτώση των τιμών του εξοπλισμού και τη δυνατότητα δανειακής χρηματοδότησης με ευνοϊκούς όρους, καθιστούν συμφέρουσα λύση την χρησιμοποίηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και σε αρκετές περιπτώσεις την πλήρη απεξάρτηση από τη ΔΕΗ. Όπως παρουσιάσαμε στην παρούσα εργασία, τέτοιου είδους εφαρμογές δεν μένουν μόνο σε θεωρητικό επίπεδο, αλλά υλοποιούνται και χρησιμοποιούνται με μεγάλη επιτυχία.

Βιβλιογραφία:

1. Θ. Ζαχαρίας: "ΗΠΙΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ Ι ΚΑΙ ΙΙ"
Εκδόσεις Πανεπιστημίου Πατρών, 2003, Πάτρα
2. Β. Μαλάμης: "Αυτόνομες Εφαρμογές Ηλιακής Ενέργειας
Μικρού & Μεσαίου Μεγέθους " Εκδόσεις Ιών, 1999, Αθήνα
3. Ι. Καλδέλης: "ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΗΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ"
Εκδόσεις Α. Σταμούλης, 2005, Αθήνα
4. Γ. Μπεργελές: "ΑΝΕΜΟΚΙΝΗΤΗΡΕΣ" Εκδόσεις Συμεών,
2005, Αθήνα
5. Ι. Ε. Φραγκιαδάκης: "ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ"
Εκδόσεις Ζήτη, 2007, Θεσσαλονίκη

Ηλεκτρονικές διευθύνσεις:

1. www.kape.gr
2. www.solar-systems.gr
3. www.selasenergy.gr