

H/Γ
614

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΠΕΙΡΑΙΑ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ

Πτυχιακή εργασία

«Αυτόνομη και διασυνδεδεμένη με το δίκτυο της Δ.Ε.Η.
λειτουργία ηλιακών και αιολικών συστημάτων μικρής ισχύος»

ΙΩΑΝΝΗΣ Ν. ΣΠΑΝΟΣ

ΧΡΗΣΤΟΣ Ι. ΣΑΜΑΡΤΖΗΣ

Επιβλέπων: Παντελής Μαλατέστας

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	3
1 Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.....	4
1.1 οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (Α.Π.Ε).....	4
1.2 οι μορφές των ΑΠΕ.....	5
1.3 Πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα των ΑΠΕ.....	6
1.4 Οι βασικές μπρός των ΑΠΕ.....	8
1.4.1 Η ηλιακή ενέργεια	8
1.4.2 Η Αιολική ενέργεια.....	9
2 Η ηλιακή ακτινοβολία.....	11
3 Υβριδικό σύστημα ΑΓ/ΦΒ διάταξης	15
3.1 Μέρη και υποσυστήματα υβριδικής διάταξης	15
3.2 Ρυθμιστές φόρτισης	16
3.3 Οι συσσωρευτές	17
3.4 Μετατροπέας DC/AC(inverter).....	19
3.5 Υπολογισμός των καλωδιώσεων	19
3.6 Το φορτίο.....	21

ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1 Υλικά22

2 Εργασίες εγκατάστασης υβριδικού συστήματος.....25

 2.1 Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών.....25

 2.2 Ανεμογεννήτρια.....26

 2.3 Γραμμή μεταφοράς26

 2.4 Πίνακας ελέγχου και κατανομής φορτίου.....26

 2.5 Μπαταρίες-χώρος αποθήκευσης.....28

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται έντονο ενδιαφέρον όσον αφορά τη χρήση εναλλακτικών - ήπιων μορφών ενέργειας αφού επιφέρει σημαντικά οικολογικά και οικονομικά οφέλη. Η εκτίμηση για ραγδαία αύξηση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, η μείωση των αποθεμάτων των φυσικών πόρων που χρησιμοποιούνται ως "πρώτη ύλη" για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από συμβατικούς σταθμούς, και τα ολοένα αυξανόμενα περιβαλλοντικά προβλήματα οδήγησαν στην αναγκαιότητα διερεύνησης εναλλακτικών δυνατοτήτων ηλεκτροπαραγωγής. Μέχρι σήμερα, το φυσικό αέριο και οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας παρουσιάζονται ως οι πλέον χρησιμοποιούμενες λύσεις. Από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, φαίνεται ότι η αιολική και η ηλιακή ενέργεια θα διαδραματίσουν πρωτεύοντα ρόλο τα χρόνια που ακολουθούν. Ενδεικτικά μπορεί να αναφερθεί ότι τα τελευταία χρόνια η αύξηση της εγκαταστημένης ισχύος ανεμογεννητριών σε παγκόσμια κλίμακα άγγιξε ποσοστά της τάξης του 25 - 30% ανά έτος, φτάνοντας στις αρχές του 2007 τα 93 GW εγκαταστημένης ισχύος.

Ειδικότερα σε χώρες όπως η Ελλάδα, που χαρακτηρίζεται από ικανοποιητικό αιολικό δυναμικό και σχεδόν άριστο ηλιακό, τα οφέλη αυτά μπορούν να θεωρηθούν πολλαπλάσια σε σχέση με άλλες χώρες. Ένα επιπλέον σημαντικό πλεονέκτημα για τη χώρα μας είναι η χωροταξική κατανομή των νησιών, που δεν ευνοεί την αποκλειστική ύπαρξη ενός συστήματος παραγωγής, μεταφοράς και διανομής ενέργειας. Η σύνδεση απομονωμένων περιοχών με το κεντρικό δίκτυο γίνεται μόνο μέσω μια πολυέξοδης επέκτασης του υπάρχοντος και το κόστος μεταφοράς των καυσίμων καθιστά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας τεχνικοοικονομικά πολύ δαπανηρή. Συνέπεια αυτής της κατάστασης είναι ότι πολλοί μεμονωμένοι καταναλωτές αλλά και ολόκληρες κοινότητες προβληματίζονται ως προς την χρησιμοποίηση της αιολικής και της ηλιακής ενέργειας, ειδικά σε

συνδυασμό με μια βοηθητική πηγή ενέργειας, για την κάλυψη μέρους ή του συνόλου των ενεργειακών τους αναγκών. Η παγκόσμια αγορά των μικρών ανεμογεννητριών αυξάνεται πολύ γρήγορα, όλοι οι εμπειρογνώμονες συμφωνούν σε αυτό το σημείο και έρευνες αγοράς έχουν επανειλημμένα δείξει ότι σε λίγο αναμένεται και στην χώρα μας μια ανάλογη εξέλιξη

Οι μικρές ανεμογεννήτριες και τα φωτοβολταϊκά συστήματα βρίσκουν εφαρμογή ακόμα και σε οικιακή χρήση για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών οικιών. Προς αυτή την κατεύθυνση παρατηρείται μια αυξανόμενη τάση τα τελευταία χρόνια. Ειδικά σε κατοικίες που βρίσκονται σε θέσεις απομακρυσμένες από το δίκτυο διανομής της ΔΕΗ τα υβριδικά συστήματα (Υ/Σ)¹ βρίσκουν άριστη εφαρμογή, αν λάβει υπ' όψη κανείς το συνεχώς μειούμενο κόστος για την αγορά και τη συντήρησή τους σε συνδυασμό με το υψηλό κόστος ανάπτυξης του δικτύου διανομής και την υψηλή τιμή με την οποία προσφέρει η ΔΕΗ την κιλοβατώρα.

Στην παρούσα εργασία θα μελετήσουμε την εγκατάσταση ενός Υ/Σ στο Ανώτατο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ιδρυμα του Πειραιά, στην ευρύτερη περιοχή του Αιγαλεου στον νομό Αττικής.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

1.1 Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ)

Ως Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) ορίζονται οι ενεργειακές πηγές, οι οποίες υπάρχουν σε αφθονία στο φυσικό μας περιβάλλον. Είναι η πρώτη μορφή ενέργειας που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος πριν στραφεί έντονα στη χρήση του άνθρακα και των υδρογονανθράκων.

Οι ΑΠΕ πρακτικά είναι ανεξάντλητες, η χρήση τους δεν ρυπαίνει το περιβάλλον και η αξιοποίησή τους έγκειται μόνο στην ανάπτυξη αξιόπιστων και οικονομικά αποδεκτών τεχνολογιών που θα εκμεταλλεύονται το δυναμικό τους. Κάθε κιλοβατώρα που προμηθευόμαστε από το δίκτυο της ΔΕΗ και παράγεται από ορυκτά καύσιμα, επιβαρύνει την ατμόσφαιρα με ένα τουλάχιστον κιλό διοξειδίου του άνθρακα.

$$1\text{kWh} \sim 1 \text{ kg CO}_2 \text{ (διοξείδιο του άνθρακα)}$$

Το διοξείδιο του άνθρακα είναι, ως γνωστόν, το σημαντικότερο “αέριο του θερμοκηπίου” που συμβάλλει στις επικίνδυνες κλιματικές αλλαγές. Η στροφή στις καθαρές πηγές ενέργειας, όπως η ηλιακή, η αιολική κ.α., αποτελεί τη μόνη διέξοδο για την αποτροπή των κλιματικών αλλαγών που απειλούν σήμερα τον πλανήτη. Επιπλέον, η χρήση της ηλιακής ενέργειας συνεπάγεται λιγότερες εκπομπές άλλων επικίνδυνων ρύπων (όπως τα καρκινογόνα μικροσωματίδια, τα οξείδια του αζώτου, οι ενώσεις του θείου, κλπ). Οι ρύποι αυτοί επιφέρουν σοβαρές βλάβες στην υγεία και το περιβάλλον. Το ενδιαφέρον στη σύγχρονη εποχή για την ανάπτυξη των τεχνολογιών αυτών και την ευρύτερη αξιοποίηση των ΑΠΕ, παρουσιάστηκε αρχικά μετά την πρώτη πετρελαϊκή κρίση του 1974 και παγιώθηκε την τελευταία δεκαετία μετά τη συνειδητοποίηση των παγκόσμιων περιβαλλοντικών προβλημάτων.

Για πολλές χώρες, οι ΑΠΕ αποτελούν μια εγχώρια πηγή ενέργειας με ευνοϊκές προοπτικές συνεισφοράς στο ενεργειακό τους ισοζύγιο,

συμβάλλοντας στη μείωση της εξάρτησης από το ακριβό εισαγόμενο πετρέλαιο και στην ενίσχυση της ασφάλειας του ενεργειακού τους εφοδιασμού. Παράλληλα, συμβάλλουν στη βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος, καθώς έχει πλέον διαπιστωθεί ότι ο ενεργειακός τομέας είναι ο κλάδος που ευθύνεται κατά κύριο λόγο για τη ρύπανση του περιβάλλοντος. Είναι χαρακτηριστικό ότι ο μόνος δυνατός τρόπος για να μπορέσει η Ευρωπαϊκή Ένωση να ανταποκριθεί στο φιλόδοξο στόχο που έθεσε το 1992 (Clean Air Act) στη συνδιάσκεψη του Ρίο για το Περιβάλλον και την ανάπτυξη, να περιορίσει δηλαδή, μέχρι το έτος 2012 τους ρύπους του διοξειδίου του άνθρακα στα επίπεδα του 1990, είναι να επιταχύνει την ανάπτυξη των ΑΠΕ.

Υπολογίζεται ότι το πρακτικά εκμεταλλεύσιμο ενεργειακό δυναμικό απ' τις ήπιες μορφές ενέργειας είναι πολλαπλάσιοτης παγκόσμιας συνολικής κατανάλωσης ενέργειας. Η υψηλή όμως μέχρι πρόσφατα τιμή των νέων ενεργειακών εφαρμογών, τα τεχνικά προβλήματα εφαρμογής καθώς και πολιτικές και οικονομικές σκοπιμότητες που έχουν να κάνουν με τη διατήρηση του παρόντος στάτους κβο στον ενεργειακό τομέα εμπόδισαν την εκμετάλλευση έστω και μέρους αυτού του δυναμικού. Ειδικά στην Ελλάδα, που έχει μορφολογία και κλίμα κατάλληλο για νέες ενεργειακές εφαρμογές, η εκμετάλλευση αυτού του ενεργειακού δυναμικού θα βοηθούσε σημαντικά στην ενεργειακή αυτονομία της χώρας. Το

ενδιαφέρον για τις ήπιες μορφές ενέργειας ανακινήθηκε τη δεκαετία του 1970, ως αποτέλεσμα κυρίως των απανωτών πετρελαϊκών κρίσεων της εποχής, αλλά και της αλλοίωσης του περιβάλλοντος και της ποιότητας ζωής από τη χρήση κλασικών πηγών ενέργειας. Με ιδιαίτερα υψηλό κόστος στην αρχή, ξεκίνησαν σαν πειραματικές εφαρμογές. Σήμερα όμως, οι ΑΠΕ λαμβάνονται υπόψη στους επίσημους σχεδιασμούς των ανεπτυγμένων κρατών για την ενέργεια που αν και αποτελούν πολύ μικρό ποσοστό της ενεργειακής παραγωγής, ετοιμάζονται βήματα για παραπέρα αξιοποίησή τους. Το κόστος δε των εφαρμογών ήπιων μορφών ενέργειας ελαττώνεται συνέχεια τα τελευταία είκοσι χρόνια και ειδικά η αιολική και η υδροηλεκτρική ενέργεια, αλλά και η βιομάζα, μπορούν πλέον να ανταγωνίζονται ευθέως παραδοσιακές πηγές ενέργειας όπως ο άνθρακας και η πυρηνική ενέργεια. Ενδεικτικά, στις Η.Π.Α. ένα 6% της ενέργειας προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές, ενώ στην Ευρωπαϊκή Ένωση εκτιμάται το 2010 το 25% της ενέργειας θα προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές.

Η Ελληνική «αγορά» ανανεώσιμων πηγών ενέργειας δείχνει πλέον σημεία σχετικής ωριμότητας. Τα θερμικά ηλιακά συστήματα (ηλιακοί συλλέκτες) αποτελούν δόκιμες, ευρύτατα διαδεδομένες λύσεις που συνεχίζουν να βελτιώνονται τεχνικά και να αυξάνουν τη συμμετοχή τους, έστω και με λιγότερο θεαματικά αποτελέσματα, από τους εκρηκτικούς ρυθμούς αύξησης στη δεκαετία του 1980 - 1990. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα (Φ/Β) παραμένουν σχετικά δαπανηρά, κυρίως λόγω του υψηλού αρχικού κόστους αγοράς και εγκατάστασης, δεν θεωρούνται, όμως, πλέον ως «εξωτική» ή «εξεζητημένη» τεχνολογία. Η αξιοποίηση της βιομάζας αποκτά, κυρίως σε ό,τι αφορά τη δυνατότητα παραγωγής θερμότητας και ηλεκτρισμού, αυξανόμενη σημασία. Τέλος, η αιολική ενέργεια είναι μία δόκιμη, αξιόπιστη και οικονομικά ελκυστική πρόταση, που προσελκύει επενδυτές ακόμη και στο καθεστώς απελευθερωμένων αγορών. Το κόστος των ανεμογεννητριών (Α/Γ) έχει μειωθεί, ενώ χρησιμοποιούνται όλο και μεγαλύτερες από πλευράς ισχύος Α/Γ.

1.2 Οι μορφές των ΑΠΕ

Οι ΑΠΕ παρουσιάζονται με τις παρακάτω μορφές:

- Αιολική ενέργεια: Ενέργεια που προέρχεται από τον άνεμο. Χρησιμοποιήθηκε παλιότερα για την άντληση νερού από πηγάδια καθώς και για μηχανικές εφαρμογές. Έχει αρχίσει να χρησιμοποιείται πλατιά για ηλεκτροπαραγωγή.
- Ηλιακή ενέργεια: Χρησιμοποιείται περισσότερο για θερμικές εφαρμογές ενώ η χρήση της για την παραγωγή ηλεκτρισμού έχει αρχίσει να κερδίζει έδαφος, με την βοήθεια της πολιτικής προώθησης των ΑΠΕ από το ελληνικό κράτος και την Ευρωπαϊκή Ένωση.
- Υδατοπτώσεις: Είναι τα γνωστά υδροηλεκτρικά έργα, που στο πεδίο των ήπιων μορφών ενέργειας εξειδικεύονται περισσότερο στα μικρά υδροηλεκτρικά. Είναι η πιο διαδεδομένη μορφή ανανεώσιμης ενέργειας.
- Γεωθερμική ενέργεια: Προέρχεται από τη θερμότητα που παράγεται απ' τη ραδιενεργό αποσύνθεση των πετρωμάτων της γης. Είναι εκμεταλλεύσιμη εκεί όπου η θερμότητα αυτή ανεβαίνει με φυσικό

τρόπο στην επιφάνεια, π.χ. στους θερμοπίδακες ή στις πηγές ζεστού νερού. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε απευθείας για θερμικές εφαρμογές είτε για την

παραγωγή ηλεκτρισμού. Η Ισλανδία καλύπτει το 80-90% των ενεργειακών της αναγκών με γεωθερμική ενέργεια.

• **Θαλάσσια ενέργεια:** Οι ωκεανοί καλύπτουν το μεγαλύτερο μέρος του πλανήτη, και μπορεί να αποτελέσουν μια τεράστια αποθήκη ενέργειας. Η ενέργεια αυτή έχει τη μορφή κινητικής ενέργειας που λαμβάνεται από τα κύματα, τις παλίρροιας, τα θαλάσσια ρεύματα, καθώς και τη μορφή θερμικής ενέργειας, που λαμβάνεται από τη μετατροπή της θερμικής ενέργειας των ωκεανών.

- **Η κυματική ενέργεια:** Η ενέργεια που περικλείουν τα κύματα, η οποία ακόμα αποτελεί αντικείμενο έρευνας και πειραματισμού για τον ικανοποιητικό τρόπο αξιοποίησης της, αποτελεί μια άλλη μορφή ενέργειας, που έμμεσα οφείλεται στον ήλιο. Όσο μεγαλύτερο είναι το ύψος και το μήκος ενός κύματος, τόσο μεγαλύτερα ποσά ενέργειας μεταφέρει.

- **Ενέργεια από την παλίρροια:** Η παλίρροια, δηλαδή το να αποσύρεται η θάλασσα (άμπωτη) και μετά από ορισμένες ώρες, να επιστρέφει (πλημμυρίδα), αποτελεί μορφή έμμεσης ηλιακής ενέργειας. Οι παλίρροιας οφείλονται σε δυνάμεις που δημιουργούνται στις υδάτινες μάζες από το πεδίο βαρύτητας, καθώς και από την περιστροφή της γης. Διαρκούν για συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα και έχουν συγκεκριμένη κατεύθυνση. Σήμερα, για λόγους εξοικονόμησης ενέργειας καθώς και περιβαλλοντικούς, το ενδιαφέρον γι' αυτή τη μορφή ενέργειας είναι έντονο. Το κόστος των εγκαταστάσεων παλιρροϊκής ενέργειας είναι πολύ μεγάλο. Εντούτοις, μακροπρόθεσμα θεωρείται μια ενδιαφέρουσα επένδυση επειδή οι εγκαταστάσεις αυτές έχουν χαμηλό κόστος λειτουργίας και συντήρησης, όπως επίσης και το γεγονός ότι δεν υπάρχει κόστος καυσίμου και δεν δημιουργούνται καυσαέρια.

- **Θερμική ενέργεια από τους ωκεανούς:** Εκεί όπου υπάρχουν θαλάσσια ρεύματα από τους πόλους προς τονισημερινό, και όπου ο ήλιος, μεταφέροντας μεγάλα ποσά θερμότητας, θερμαίνει το νερό στην επιφάνεια της θάλασσας μέχρι και 25 °C. (Στις τροπικές περιοχές, η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ επιφάνειας και βόθρου 600 μέτρων, μπορεί να φθάνει και τους 20 °C. Αυτή η διαφορά θερμοκρασίας μπορεί να γίνει

μιαεκμεταλλεύσιμη πηγή ενέργειας σε ορισμένες περιοχές του κόσμου).

- Ενέργεια από θαλάσσια ρεύματα: Αποτελούν ένα τεράστιο ενεργειακό δυναμικό, το οποίο όμως για να αξιοποιηθεί, απαιτεί εξελιγμένη τεχνολογία, έρευνα και μελέτη. Προς το παρόν έχουν εκπονηθεί πειραματικάσχέδια για την εκμετάλλευση αυτής της ενέργειας, με την αγκυροβόληση γιγαντιαίων, χαμηλής ταχύτηταςστροβίλων, σε διάφορες περιοχές των Η.Π.Α. αξιοποιώντας το θαλάσσιο ρεύμα του Γκολφ-Στρημ.

1.3 Πλεονεκτήματα - μειονεκτήματα των ΑΠΕ

Παρακάτω συνοψίζονται τα κυριότερα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των ΑΠΕ, έτσι όπως αυτά προκύπτουν απότην υφιστάμενη τεχνολογία και τις πρακτικές αξιολόγησής τους

Πλεονεκτήματα

- Είναι φιλικές προς το περιβάλλον, έχοντας ουσιαστικά μηδενικά κατάλοιπα και απόβλητα.
- Είναι πρακτικά ανεξάντλητες σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα.
- Μπορεί να βοηθήσουν ενεργειακά μικρές και αναπτυσσόμενες χώρες, καθώς και να αποτελέσουν την εναλλακτικήπρόταση σε σχέση με την οικονομία του πετρελαίου.
- Εφαρμόζονται ευέλικτα και μπορούν να παράγουν ενέργεια ανάλογη με τις ανάγκες τοπικών πληθυσμών, καταργώνταςτην ανάγκη για τεράστιες μονάδες παραγωγής ενέργειας (καταρχήν για την ύπαιθρο) αλλά και για μεταφορά της ενέργειαςσε μεγάλες αποστάσεις.
- Ο εξοπλισμός είναι απλός στην κατασκευή και τη συντήρηση και έχει μεγάλο χρόνο ζωής.
- Απαντούν στο ενεργειακό πρόβλημα για τη σταθεροποίηση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και των υπόλοιπωναερίων του θερμοκηπίου. Επιπλέον, υποκαθιστώντας τους σταθμούς παραγωγής ενέργειας από συμβατικές πηγέςοδηγούν σε ελάττωση εκπομπών από άλλους ρυπαντές π.χ. οξείδια θείου και αζώτου που προκαλούν την όξινη βροχή.
- Είναι εγχώριες πηγές ενέργειας και συνεισφέρουν στην ενίσχυση της ενεργειακής ανεξαρτησίας και της ασφάλειας τουενεργειακού εφοδιασμού σε εθνικό επίπεδο.

- Προσφέρουν τη δυνατότητα ορθολογικής αξιοποίησης των ενεργειακών πόρων, καλύπτοντας ένα ευρύ φάσμα των ενεργειακών αναγκών των χρηστών (π.χ. ηλιακή ενέργεια για θερμότητα χαμηλών θερμοκρασιών, αιολική ενέργεια για ηλεκτροπαραγωγή).
- Έχουν συνήθως χαμηλό λειτουργικό κόστος που δεν επηρεάζεται από τις διακυμάνσεις της διεθνούς οικονομίας και ειδικότερα των τιμών των συμβατικών καυσίμων.
- Οι επενδύσεις των ΑΠΕ δημιουργούν σημαντικό αριθμό νέων θέσεων εργασίας, ιδιαίτερα σε τοπικό επίπεδο.
- Μπορούν να αποτελέσουν σε πολλές περιπτώσεις πυρήνα για την αναζωογόνηση οικονομικά και κοινωνικά υποβαθμισμένων περιοχών και πόλο για την τοπική ανάπτυξη, με την προώθηση ανάλογων επενδύσεων (π.χ. καλλιέργειες θερμοκηπίου με τη χρήση γεωθερμικής ενέργειας).
- Δίνουν τη δυνατότητα επιλογής της κατάλληλης μορφής ενέργειας που είναι προσαρμοσμένη στις ανάγκες του χρήστη.
- Οι εγκαταστάσεις εκμετάλλευσης των ΑΠΕ διατίθενται σε μικρά μεγέθη και έχουν μικρή διάρκεια κατασκευής, επιτρέποντας έτσι τη γρήγορη ανταπόκριση της προσφοράς προς τη ζήτηση ενέργειας, με επαναλαμβανόμενα συστήματα σε πολλές περιπτώσεις.

Μειονεκτήματα

- Έχουν αρκετά μικρό συντελεστή απόδοσης, της τάξης του 30% ή και χαμηλότερο. Συνεπώς απαιτείται αρκετά μεγάλο αρχικό κόστος εφαρμογής σε μεγάλη επιφάνεια γης. Γι' αυτό το λόγο μέχρι τώρα χρησιμοποιούνται σαν συμπληρωματικές πηγές ενέργειας.
- Για τον παραπάνω λόγο προς το παρόν δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κάλυψη των αναγκών μεγάλων αστικών κέντρων.
- Η παροχή και απόδοση τους εξαρτάται από την εποχή του έτους αλλά και από το γεωγραφικό πλάτος και το κλίμα της περιοχής στην οποία εγκαθίστανται.
- Για τις Α/Γ υπάρχει η άποψη ότι δεν είναι κομψές από αισθητική άποψη κι ότι προκαλούν θόρυβο και θανάτους πουλιών. Με την εξέλιξη

όμως της τεχνολογίας τους και την προσεκτικότερη επιλογή χώρων εγκατάστασης (π.χ. σε πλατφόρμες στην ανοιχτή θάλασσα) αυτά τα προβλήματα μπορούν να αντιμετωπιστούν.

- Σε περιπτώσεις διασύνδεσης της αιολικής εγκατάστασης ή της ηλιακής με το ηλεκτρικό δίκτυο η παραγόμενη ενέργεια δεν πληρεί πάντοτε τις τεχνικές απαιτήσεις του δικτύου, με αποτέλεσμα να είναι απαραίτητη η τοποθέτηση αυτοματισμών ελέγχου, μηχανημάτων ρύθμισης τάσεως και συχνότητας, καθώς και ελέγχου της άεργης ισχύος. Η εξέλιξη της τεχνολογίας σήμερα έχει δώσει λύσεις στα περισσότερα από τα αναφερόμενα προβλήματα, ιδιαίτερα με την κατασκευή Α/Γ μεταβλητού βήματος (pitch control) και μεταβλητών στροφών. Παρόλα αυτά υπάρχει κάποιο αυξημένο κόστος για τη βελτίωση των χαρακτηριστικών της παραγόμενης ενέργειας, το οποίο προστίθεται στο συνολικό κόστος της παραγόμενης kWh. Επίσης σε περιπτώσεις διασύνδεσης με το ηλεκτρικό δίκτυο, η διεύθυνση της παραγωγής από τις ΑΠΕ δεν μπορεί να ξεπερνά το 25% για λόγους ευστάθειας του συστήματος.

- Για τα υδροηλεκτρικά έργα λέγεται ότι προκαλούν έκλυση μεθανίου από την αποσύνθεση των φυτών που βρίσκονται κάτω απ' το νερό κι έτσι συντελούν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και ότι αλλάζουν το μικροκλίμα της περιοχής.

- Το διεσπαρμένο δυναμικό τους είναι δύσκολο να συγκεντρωθεί σε μεγάλα μεγέθη ισχύος, να μεταφερθεί και να αποθηκευτεί.

- Έχουν χαμηλή πυκνότητα ισχύος και ενέργειας και συνεπώς για μεγάλες ισχείς απαιτούνται συχνά εκτεταμένες εγκαταστάσεις.

- Παρουσιάζουν συχνά διακυμάνσεις στη διαθεσιμότητά τους που μπορεί να είναι μεγάλης διάρκειας απαιτώντας τη νεφεδρεία άλλων ενεργειακών πηγών (Υ/Σ) ή γενικά δαπανηρές μεθόδους αποθήκευσης.

- Η χαμηλή διαθεσιμότητά τους συνήθως οδηγεί σε χαμηλό συντελεστή χρησιμοποίησης των εγκαταστάσεων εκμετάλλευσής τους.

- Το κόστος επένδυσης ανά μονάδα εγκατεστημένης ισχύος σε σύγκριση με τις σημερινές τιμές των συμβατικών καυσίμων είναι ακόμη υψηλό.

1.4 Οι βασικές μορφές των ΑΠΕ

1.4.1 Η ηλιακή ενέργεια

Η ηλιακή ενέργεια είναι πολύ βασική για την ύπαρξη ζωής στη γη. Χωρίς την ενέργεια που μας στέλνει ο ήλιος δεν θα υπήρχε ζωή με τη μορφή που την ξέρουμε σήμερα. Ο άνθρωπος από την αρχαία εποχή προσπάθησε να αξιοποιήσει την ενέργεια του ήλιου. Ο σημερινός άνθρωπος χρησιμοποιεί πολλές και διαφορετικές εφαρμογές για την αξιοποίηση της και όσο το ενεργειακό πρόβλημα θα μεγαλώνει, αλλά και η ανάγκη για πιο καθαρές μορφές ενέργειας θα αυξάνεται τόσο και η ανάγκη για τη χρήση της θα γίνεται πιο επιτακτική. Οι τεχνολογίες που έχουν αναπτυχθεί για την αξιοποίηση αυτής της ενέργειας είναι πάρα πολλές ωστόσο διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες:

☒ Ενεργητικά ηλιακά συστήματα

☒ Παθητικά ηλιακά συστήματα

Στα ενεργητικά συστήματα συγκαταλέγονται τα συστήματα που μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε θερμική ή ηλεκτρική. Στα συστήματα της πρώτης κατηγορίας συναντάμε πολλές εφαρμογές: τα θερμοσιφωνικά συστήματα που είναι πολύ διαδεδομένα στην Ελλάδα για οικιακή χρήση, σε συνδυασμό βέβαια με κάποιο συμβατικό σύστημα για τις ανάγκες αιχμής ή τις περιόδους περιορισμένης ηλιοφάνειας, καθώς και τα -λιγότερο διαδεδομένα στη χώρα μας αλλά και παγκοσμίως- συστήματα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με την θέρμανση ενός ρευστού μέσου. Σε χώρες όπως η Ελλάδα, η περίοδος απόσβεσης είναι αρκετά μικρή, ώστε η επένδυση να γίνεται ελκυστική. Παρά το κόστος αγοράς και εγκατάστασης ενός ηλιακού συστήματος, είναι μεγαλύτερο από αυτό ενός ανάλογου συστήματος που χρησιμοποιεί συμβατικά καύσιμα, το κόστος λειτουργίας του είναι σχεδόν μηδενικό. Με τις σύγχρονες εξελίξεις της τεχνολογίας και τη μαζική παραγωγή των συστημάτων αυτών, η απόδοση τους συνεχώς βελτιώνεται και το κόστος τους περιορίζεται.

Επιπλέον, καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής τους, μπορεί να εξοικονομηθεί σημαντική ποσότητα συμβατικών καυσίμων και συγχρόνως, να

αποτραπεί η εκπομπή μεγάλων ποσοτήτων ρύπων στην ατμόσφαιρα. Στα συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από την ηλιακή (2η κατηγορία) συναντάμε τα Φ/Β στοιχεία. Η κατασκευή ενεργητικών ηλιακών συστημάτων δημιουργεί σημαντικό αριθμό θέσεων εργασίας, καθώς, μάλιστα, το μεγαλύτερο μέρος των συστημάτων που εγκαθίστανται στην Ελλάδα είναι εγχώριας προέλευσης. Σε μια εποχή που τα περιβαλλοντικά προβλήματα εντείνονται και οι συμβατικές πηγές ενέργειας έχουν αρχίσει να εξαντλούνται, τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα προσφέρουν σημαντικές δυνατότητες εναλλακτικής δράσης. Τα παθητικά ηλιακά συστήματα αφορούν κατάλληλες αρχιτεκτονικές λύσεις και χρήση κατάλληλων δομικών υλικών για τη μεγιστοποίηση της ηλιακής απολαβής για θέρμανση και φωτισμό. Τέτοιες εφαρμογές συναντάμε, σε κτήρια αλλά και τις θερμοκηπιακές κατασκευές. Όταν τα κτήρια θερμαίνονται κατά το μεγαλύτερο μέρος από την ακτινοβολία, η τεχνολογία των παθητικών συστημάτων μπορεί να αυξήσει την συνεισφορά της ηλιακής ενέργειας στις ανάγκες θέρμανσης, ελαττώνοντας την κατανάλωση καυσίμου για τη θέρμανση του χώρου. Μερικά, χαρακτηριστικά παθητικών ηλιακών συστημάτων προσθέτουν λίγο ή και καθόλου στο κόστος κατασκευής του κτιρίου και μπορούν να επιτύχουν αποτελεσματική απόσβεση κόστους σε μικρή ή σε σχετικά μικρή χρονική περίοδο.

1.4.2 Η Αιολική ενέργεια

Με τον όρο αιολική ενέργεια εννοούμε την δέσμευση της κινητικής ενέργειας του ανέμου, που προέρχεται από τη μετακίνηση αερίων μαζών της ατμόσφαιρας και τη μετατροπή της σε ηλεκτρική ή μηχανική. Η αιολική ενέργεια είναι σήμερα η πιο φτηνή απ' όλες τις υπάρχουσες ήπιες μορφές και είναι ανεξάντλητη. Η προσπάθεια για την κατασκευή ανάλογων μηχανών από τους ανθρώπους ξεκίνησε από την αρχαιότητα και συνεχίζεται μέχρι τις μέρες μας όπου η συγκεκριμένη τεχνολογία βρίσκεται σε πολύ υψηλά επίπεδα με συνεχώς αυξανόμενη τάση για περαιτέρω ανάπτυξη. Σήμερα υπάρχουν πολλοί τύποι Α/Γ οι οποίοι εφαρμόζονται ανάλογα με την επιθυμητή ισχύ, τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά και το αιολικό δυναμικό του κάθε τόπου. Το τεχνικά εκμεταλλεύσιμο συνολικό δυναμικό στην Ελλάδα, όπως προκύπτει με βάση τις σημερινές τεχνολογικές δυνατότητες και τους βασικούς περιορισμούς χωροθέτησης αιολικών πάρκων εκτιμάται σε

11.000 MW για ταχύτητες ανέμου πάνω από 6 m/sec (για σύγκριση αναφέρεται ότι η συνολική εγκατεστημένη ισχύς όλων των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων της ΔΕΗ είναι περίπου 9.500 MW). Όλες οι περιφέρειες της χώρας εμφανίζουν αξιόλογο αιολικό δυναμικό, το μεγαλύτερο όμως ποσοστό συγκεντρώνεται στις νησιωτικές περιοχές, την ανατολική Στερεά Ελλάδα και την ανατολική Πελοπόννησο. Μέχρι το 2000 είχαν εγκατασταθεί στην Ελλάδα περίπου 200 MW από τη ΔΕΗ και από ιδιωτικούς φορείς, ενώ οι εκκρεμείς αιτήσεις αδειοδότησης υπερβαίνουν τα 800 MW, γεγονός που καταγράφει την πρόθεση των επενδυτών και τη δυναμική που αναδεικνύεται. Η εμπειρία στον χώρο της αιολικής τεχνολογίας είναι ήδη σημαντική. Έτσι, κάποια προβλήματα τεχνικής φύσεως που παρουσιάστηκαν στις πρώτες απόπειρες εγκατάστασης Α/Γ, έχουν πλέον ξεπεραστεί. Σαν συνέπεια της εμπειρίας αυτής, η διάρκεια ζωής των αιολικών σταθμών παρουσιάζει συνεχώς αυξητικές τάσεις, όπως και ο αριθμός των εγκατεστημένων αιολικών σταθμών σε όλο τον κόσμο και στην Ελλάδα. Τα παραπάνω πιστοποιούν την αξιοπιστία των αιολικών συστημάτων. Τα νησιά του Αιγαίου, μαζί με την Εύβοια και την Κρήτη διαθέτουν το υψηλότερο αιολικό δυναμικό στην Ελλάδα και θεωρούνται από τις πλέον ευνοούμενες περιοχές της Ευρώπης από πλευράς αιολικής ενέργειας. Το υψηλό αυτό δυναμικό αντανακλάται στον υψηλό συντελεστή εκμετάλλευσης των Α/Γ, που δείχνει το ποσοστό της ετήσιας παραγόμενης ενέργειας σε σχέση με την ενέργεια που θα παραγόταν, εάν οι Α/Γ λειτουργούσαν συνεχώς (8760 ώρες το χρόνο) στην ονομαστική τους ισχύ. Πρέπει να τονιστεί ότι, τα υψηλά αιολικά δυναμικά δεν συνοδεύονται πάντα από εξίσου υψηλές οικονομικές αποδόσεις των επενδύσεων διότι υπεισέρχεται ο παράγοντας του κόστους εγκατάστασης και λειτουργίας των αιολικών σταθμών. Πέρα από τα οικονομικά οφέλη, υπάρχει πάντα άμεση η ανάγκη της προστασίας του περιβάλλοντος και της σημαντική απεξάρτησης από τα εισαγόμενα καύσιμα. Η αιολική ενέργεια είναι καθαρή ενέργεια, απεριόριστη, άμεσα εκμεταλλεύσιμη και φιλική προς το περιβάλλον. Γενικά, η στάση της κοινής γνώμης απέναντι στην εγκατάσταση Αιολικών Σταθμών είναι θετική. Αν και μπορεί να υπάρξουν κάποια προβλήματα οπτικής εναρμόνισης με το περιβάλλον, ιδιαίτερα σε μικρά νησιά με παραδοσιακή αρχιτεκτονική, σε γενικές γραμμές οι αιολικοί σταθμοί εγκαθίστανται μακριά από κατοικημένες περιοχές. Συνεπώς, προβλήματα θορύβου και οπτικής ενόχλησης είναι σχεδόν ανύπαρκτα. Σε ό,τι αφορά στις μηχανές αξιοποίησης του αιολικού δυναμικού, διακρίνονται τρεις κατηγορίες:

- Ανεμογεννήτριες έως 300 kW, που αποτελούν το αντιπροσωπευτικότερο εμπορικό μέγεθος της παρερχόμενης τεχνολογικής γενιάς και είναι κατ' ουσία μία μέση τιμή της αντίστοιχης περιοχής ισχύος (150 - 450 kW)

- Ανεμογεννήτριες 600 kW, που αποτελούν το αντιπροσωπευτικότερο εμπορικό μέγεθος της σημερινής αιολικής τεχνολογίας και μέση τιμή της σημερινής περιοχής ισχύων (450 - 750 kW) και

- Ανεμογεννήτριες 1500 kW, που φαίνονται να αποτελούν το αντιπροσωπευτικότερο εμπορικό μέγεθος μιας μελλοντικής γενιάς ανεμογεννητριών για μεγάλα αιολικά πάρκα.

Από συγκρίσεις που έχουν γίνει έως τώρα, σχετικά με τις 3 αυτές κατηγορίες Α/Γ παρατηρούνται τα εξής:

- Οι μικρότερες Α/Γ πετυχαίνουν μεγαλύτερη ενεργειακή απόδοση ανά εγκατεστημένο kW, συγκριτικά με εκείνες των 600 και 1500 kW. Αυτό οφείλεται στις ανεμολογικές συνθήκες που τις ευνοούν. Για το λόγο αυτό οι συγκεκριμένες Α/Γ έχουν αυξημένο συντελεστή εκμετάλλευσης.

- Παρά τη σχετικά χαμηλή ενεργειακή τους απόδοση οι Α/Γ 1500 kW, παρουσιάζουν αισθητά χαμηλότερο κόστος εγκατάστασης ανά kW από εκείνες τις Α/Γ των 600 και κυρίως 300 kW. Έτσι, αποτελούν πολύ ελκυστικότερες επενδύσεις, παρουσιάζοντας πιο σύντομη περίοδο αποπληρωμής.

Τέλος, επισημαίνεται ότι, τα αποτελέσματα των προηγούμενων μελετών, βασίζονται στην ακρίβεια και στην αξιοπιστία των διαθέσιμων ανεμολογικών στοιχείων. Η ευαισθησία των αιολικών μηχανών σε πιθανές αποκλίσεις των παραμέτρων του αιολικού δυναμικού από τις προσδοκώμενες τιμές, μπορεί να είναι μεγάλη. Επιπλέον σημειώνεται ότι, εξαιτίας της εξάρτησης των ανεμολογικών συνθηκών από το ανάγλυφο του εδάφους, απαιτούνται ξεχωριστές μετεωρολογικές μετρήσεις για κάθε τοποθεσία που κρίνεται κατάλληλη για την εγκατάσταση αιολικού σταθμού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

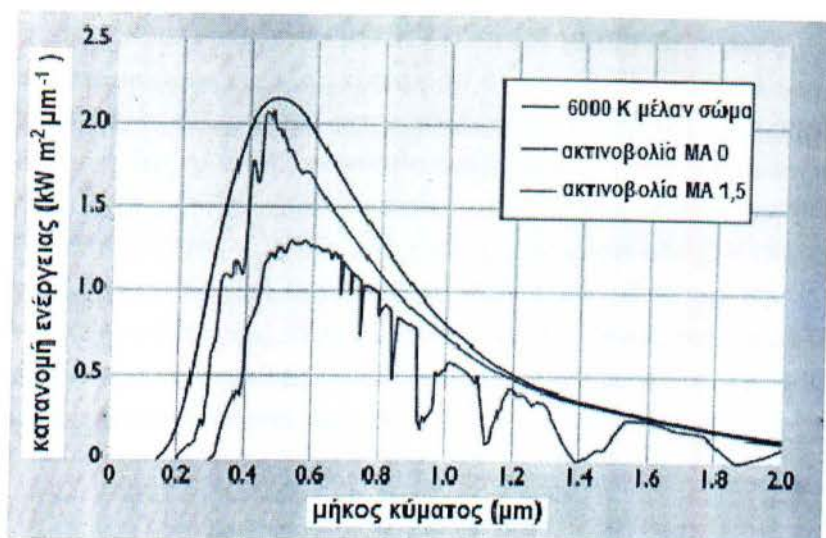
Ηλιακή ακτινοβολία

2.1 Η ηλιακή ακτινοβολία

Είναι ευρέως γνωστό ότι η μεγαλύτερη πηγή ενέργειας είναι ο ήλιος. Ο ήλιος είναι μία τεράστια και σχεδόν διαρκή πυρηνική αντίδραση που μεταφέρει τεράστια ποσά ενέργειας (περίπου 2.1×10^{15} kWh/day) στη γη σε μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Η ηλεκτρομαγνητική ενέργεια, είναι ενέργεια που περιλαμβάνει ακτίνες Χ, ακτίνες γ, φως και χαμηλής συχνότητας ραδιοκύματα. Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία συγκροτείται από ηλεκτρικά και μαγνητικά κύματα. Αυτά τα ενεργειακά κύματα έχουν την ικανότητα να μεταφέρουν ηλεκτρική και θερμική ενέργεια σε πάρα πολύ μεγάλες αποστάσεις. Παρά το γεγονός ότι η ηλιακή ακτινοβολία που φτάνει στα όρια της ατμόσφαιρας είναι παντού σταθερή, δεν συμβαίνει το ίδιο με αυτή που φτάνει στο έδαφος, η ισχύς της οποίας σπάνια ξεπερνά το 1 kW/m^2 . Αυτή εξαρτάται από την εποχή του έτους, την ώρα της ημέρας, την παρουσία νεφών, ομίχλης και σκόνης, ενώ εξασθενεί όσο μεγαλύτερη είναι η γωνία πρόσπτωσης της στην επιφάνεια του εδάφους και συνεπώς, μεγαλύτερη η διαδρομή της μέσα στην ατμόσφαιρα. Ο τελευταίος αυτός παράγοντας είναι και ο σημαντικότερος για τη διαμόρφωση της μέσης έντασης της ηλιακής ενέργειας που φτάνει στο έδαφος. Γι' αυτό, άλλωστε, το γεωγραφικό πλάτος και το υψόμετρο μιας περιοχής παίζουν τόσο σπουδαίο ρόλο στη διαμόρφωση του καιρού σ' αυτήν, καθώς επίσης και των εποχών στα δύο ημισφαίρια της γης. Όσο πιο κοντά στον ισημερινό βρίσκεται αυτή, τόσο μικραίνει η διαδρομή της ηλιακής ακτινοβολίας και αυξάνει η γωνία πρόσπτωσης έως τις 90° , με αποτέλεσμα οι συνέπειες της να γίνονται πιο έντονες. Από αυτή την άποψη, η Ελλάδα είναι μία από τις πλέον ευνοημένες περιοχές του πλανήτη μας. Ο συνδυασμός του γεωγραφικού πλάτους και της υψηλής ηλιοφάνειας έχει ως αποτέλεσμα να προσπίπτουν ημερησίως, κατά μέσο όρο, $4,3 \text{ kWh}$ ηλιακής ενέργειας σε κάθε τετραγωνικό μέτρο οριζόντιας επιφάνειάς της.

Η διαμόρφωση του φάσματος του φωτός που εκπέμπει ο ήλιος προσομοιάζεται συνήθως με την ακτινοβολία ενός μέλανος σώματος

θερμοκρασίας περίπου 5800K, όση είναι, κατά μέσο, η θερμοκρασία της φωτόσφαιρας του ήλιου. Ηπροσέγγιση αυτή είναι επαρκής για τη μελέτη των θερμικών εφαρμογών της ηλιακής ακτινοβολίας, όπως π.χ. η θέρμανσηνερού («ηλιακοί θερμοσίφωνες»). Στις περιπτώσεις αυτές ενδιαφέρει συνήθως η συνολική θερμική ισχύς της ακτινοβολίας και ο μηχανισμός μετάδοσης της θερμότητας π.χ. στους ηλιακούς συλλέκτες του «θερμοσίφωνα» ή τους θερμοσυσσωρευτικούς τοίχους του κτιρίου κλπ. Δεν είναι όμως το ίδιο και για τη Φ/Β μετατροπή της ηλιακής ενέργειαςαφού αυτή καθορίζεται από τη λεπτομερειακή φωτονική σύσταση της ακτινοβολίας. Άλλωστε, τα Φ/Β στοιχεία είναικατασκευασμένα από ημιαγωγούς, και όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η δυνατότητα της απορρόφησης των φωτονίων της ακτινοβολίας σε έναν ημιαγωγό εξαρτάται ουσιαστικά από τη σύγκριση της τιμής της ενέργειάς τους, σε σχέση με τοενεργειακό διάκενο του ημιαγωγού. Εκτός από ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, ο ήλιος εκπέμπει και μια ασθενήσωματιδιακή ακτινοβολία, που αποτελείται από ηλεκτρικά φορτισμένα σωματίδια, κυρίως ηλεκτρόνια και πρωτόνια, και ονομάζεται ηλιακός άνεμος. Σε περιπτώσεις ηλιακών εκρήξεων η ένταση του ηλιακού ανέμου αυξάνει σημαντικά καιμπορεί να φτάσει π.χ. τα 108 πρωτόνια/cm²•sec, στην απόσταση που βρίσκεται η γη. Πάντως, η μορφή αυτή της ηλιακήςακτινοβολίας δεν παρουσιάζει ενδιαφέρον από πλευράς ενεργειακής εκμετάλλευσης. Η ανάγκη για τη λεπτομερειακήεξέταση της φασματικής σύστασης της ηλιακής ακτινοβολίας στις Φ/Β εφαρμογές γίνεται φανερή στο Σχ. 2.1, που δείχνειτη μεγάλη διαφοροποίηση του πραγματικού φάσματος του ηλιακού φωτός στην επιφάνεια της γης, σε σχέση με τηνπροσέγγιση που αναφέρθηκε παραπάνω. Βλέπουμε ότι το ηλιακό φως αποκτά τελικά μία πολύ ανώμαλη φασματικήκατανομή, που οφείλεται σε εκλεκτικές απορροφήσεις και σκεδάσεις στα συστατικά της ατμόσφαιρας που διασχίζει.



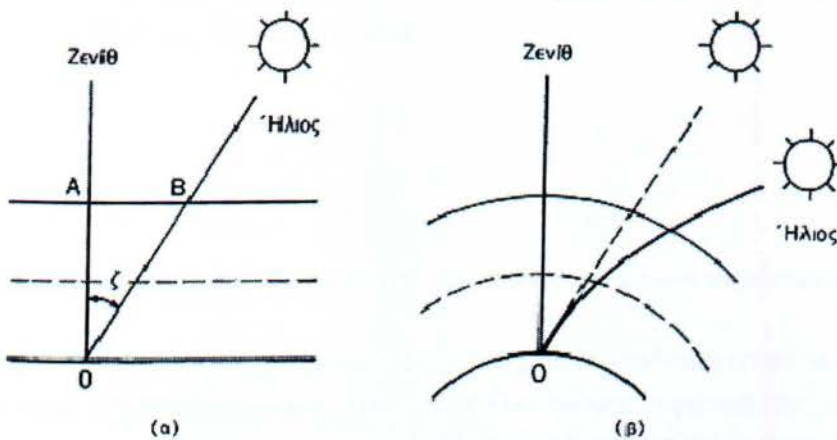
Σχ. 2.1 Το φάσμα της ακτινοβολίας που αντιστοιχεί στην εκπομπή μέλανος σώματος θερμοκρασίας 5800 K (εξωτερική συνεχής γραμμή), το φάσμα της ίδιας πηγής ύστερα από απορροφήσεις από το όζον και από σκεδάσεις από τα αιωρούμενα σωματίδια της ατμόσφαιρας (ενδιάμεση γραμμή), και το πραγματικό φάσμα της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στην επιφάνεια της γης σε συνθήκες μέτριας υγρασίας (εσωτερική συνεχής γραμμή)

Ενδεικτική, άλλωστε, της επίδρασης της ατμόσφαιρας στην ηλιακή ακτινοβολία είναι η εξάρτηση της έντασης της από το υψόμετρο της τοποθεσίας της γης, που δέχεται την ακτινοβολία. Έτσι, έχει μετρηθεί ότι ενώ στη στάθμη της θάλασσας η μέγιστη ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας φτάνει μέχρι περίπου 900 - 1000 W/m², η τιμή της αυξάνεται κατά περίπου 7W/m² για κάθε 100 m ύψους της τοποθεσίας, επειδή μειώνεται αντίστοιχα το πάχος του στρώματος της ατμόσφαιρας που διασχίζουν οι ηλιακές ακτίνες.

Το όζον, που είναι άφθονο στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας, απορροφά έντονα την υπεριώδη ακτινοβολία, και ειδικότερα στην περιοχή 0,2 - 0,35 μm, το μοριακό οξυγόνο απορροφά κυρίως στην περιοχή του ερυθρού (π.χ. 0,63 - 0,69 μm), το διοξείδιο του άνθρακα στο υπέρυθρο (2,7 - 4,3 μm) και οι υδρατμοί στο ερυθρό και στο υπέρυθρο. Επίσης, από τη συνολική ηλιακή ακτινοβολία που φτάνει στην επιφάνεια της γης συνήθως λιγότερο από το 60% είναι άμεση, σε μορφή δέσμης ακτινών, που μπορούν π.χ. να εστιαστούν με κάτοπτρα ή φακούς. Η υπόλοιπη είναι διάχυτη, διότι έχει προηγουμένως σκεδαστεί και ανακλαστεί στα διάφορα σωματίδια και σταγονίδια που αιωρούνται στον αέρα, ανάλογα βέβαια με τη σύσταση της ατμόσφαιρας και το μήκος της διαδρομής της ακτινοβολίας μέσα σ' αυτήν.

Πέρα από τη γεωγραφική θέση και το υψόμετρο, η τελική μορφή και η ενέργεια της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στην επιφάνεια της γης,

διαφέρει σημαντικά ανάλογα με τις εκάστοτε μετεωρολογικές συνθήκες, και κυρίως τη θέση του ήλιου στον ουρανό και την περιεκτικότητα της υγρασίας στην ατμόσφαιρα. Συμβατικά, το μήκος της διαδρομής της ηλιακής ακτινοβολίας μέσα στη γήινη ατμόσφαιρα μέχρι τη στάθμη της θάλασσας, που είναι άμεση συνέπεια της θέσης του ήλιου, χαρακτηρίζεται από μία κλίμακα μάζας αέρα MA (air mass, ονομάζεται επίσης οπτική αέρια μάζα) βαθμολογημένης με την τέμνουσα (το αντίστροφο του συνημίτονου) της ζενιθιακής απόστασης (ζ), δηλαδή της γωνίας ανάμεσα στη θέση του ήλιου και στην κατακόρυφο όπως φαίνεται στο Σχ. 2.2.



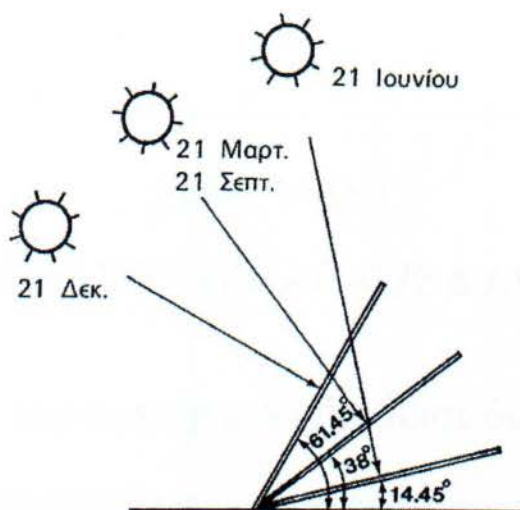
Σχ. 2.2 Η εξάρτηση της κλίμακας μάζας αέρα (MA) από τη θέση του ήλιου, (α) Απλοποιημένη απεικόνιση, με την ατμόσφαιρα να έχει επίπεδη ανάπτυξη σε άπειρη έκταση. Εξ ορισμού είναι $MA = OB/OA = 1/\cos\zeta$. (β) Η πραγματική διαμόρφωση της γήινης ατμόσφαιρας, μετα στρώματα της να ορίζονται από σφαιρικές επιφάνειες, και η αντίστοιχη ατμοσφαιρική διάθλαση της ηλιακής ακτινοβολίας κατά τη διαδρομή της μέσα από τα στρώματα αυτά

Δηλαδή η κλίμακα της μάζας αέρα δείχνει ουσιαστικά πόσες φορές μεγαλύτερη είναι η διαδρομή της ηλιακής ακτινοβολίας στην ατμόσφαιρα, σε σύγκριση με την κατακόρυφη διαδρομή της. Συγκεκριμένα, ως $MA=1$ συμβολίζεται η συνθήκη για τη θέση του ήλιου στην κατακόρυφο, στο ζενίθ, που αντιστοιχεί στο ελάχιστο μήκος

της διαδρομής της ηλιακής ακτινοβολίας στην ατμόσφαιρα. Όμοια, ως MA1,5 συμβολίζεται η διαδρομή της ακτινοβολίας με τον ήλιο σε γωνία 45° από το ζενίθ, ως MA2 με τον ήλιο σε γωνία 60° κλπ. Το μηδέν της κλίμακας (MA0) συμβολίζει την πλήρη απουσία ατμοσφαιρικής παρεμβολής, δηλαδή την ηλιακή ακτινοβολία στο διάστημα, σε θέση που να απέχει όση είναι η μέση απόσταση της γης από τον ήλιο. Στον πίνακα 2.1 παρουσιάζονται οι πυκνότητες της ισχύος και η μέση ενέργεια των φωτονίων της ηλιακής ακτινοβολίας σε διάφορες πρότυπες συνθήκες στην κλίμακα μάζας αέρα. Πάντως, η παραπάνω προτυποποίηση δεν είναι πάρα πολύ αυστηρή. Έτσι π.χ. εκτός από τις τιμές του πίνακα, η MA0 αναφέρεται επίσης ως 1353 W/m^2 , η AM2 ως 740 W/m^2 κλπ.

Πίνακας 2.1 Οι πρότυπες τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας στην κλίμακα μάζας αέρα (Air Mass)

Στις συνηθισμένες 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. Στο βόρειο ημισφαίριο, η βέλτιστη κλίση του συλλέκτη, για τη διάρκεια ολόκληρου του έτους, είναι ίση με την γεωγραφική παράλληλο του τόπου, και η αζιμούθια γωνία είναι 0° (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.



Σχ. 2.3 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 ήλιου που εικονίζονται αφορούν στα αντίστοιχα ηλιακά μεσημέρια.

Έτσι, αν επιδιώκεται να παράγει το σύστημα όσο το δυνατόν περισσότερη ενέργεια στη διάρκεια του καλοκαιριού, η κλίση του συλλέκτη επιλέγεται περίπου 10° ως 15° μικρότερη από την παράλληλο του τόπου, ενώ για τον χειμώνα η κλίση επιλέγεται περίπου 10° ως 15° μεγαλύτερη από την παράλληλο του τόπου. Στο Σχ. 2.3. δίνεται ένα παράδειγμα της βέλτιστης κλίσης για τον ηλιακό συλλέκτη στις χαρακτηριστικότερες ημερομηνίες του έτους. Στο μεγαλύτερο τμήμα της Ελλάδας, η ηλιοφάνεια διαρκεί περισσότερες από 2700 ώρες το χρόνο. Στη δυτική Μακεδονία και την Ήπειρο εμφανίζει τις μικρότερες τιμές της, κυμαινόμενη από 2200 - 2300 ώρες, ενώ στη Ρόδο και τη νότια Κρήτη ξεπερνά τις 3100 ώρες ετησίως. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να είναι δυνατή, σε όλη την ελληνική επικράτεια, η οικονομική επωφελής εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας για θερμικές χρήσεις, όπως είναι η ευρεία διάδοση των ηλιακών θερμικών συστημάτων, γνώριμοι ως ηλιακοί θερμοσίφωνες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΥΒΡΙΔΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ Α/Γ-Φ/Β ΔΙΑΤΑΞΗΣ

3.1 Μέρη και υποσυστήματα υβριδικής διάταξης

Ένα Υ/Σ Α/Γ και Φ/Β διάταξης αποτελείται από τα παρακάτω μέρη Σχ. 3.1.

- ☐ Υποσύστημα παραγωγής ενέργειας (Α/Γ και Φ/Β διάταξη).
- ☐ Υποσύστημα ρύθμισης και ελέγχου φόρτισης (charger controller).
- ☐ Υποσύστημα αποθήκευσης ενέργειας, συσσωρευτές (cells).
- ☐ Υποσύστημα μετατροπής ισχύος DC – AC, για την τροφοδοσία των φορτίων (inverter).
- ☐ Υποσύστημα φορτίων
- ☐ Υποσύστημα φορτίων ασφαλείας. Εκεί καταναλώνεται η ενέργεια από την Α/Γ σε περίπτωση που στην οικία δεν υπάρχει καμιά κατανάλωση και οι συσσωρευτές είναι πλήρως φορτισμένοι, χρησιμοποιούνται επίσης για την πέδη της Α/Γ



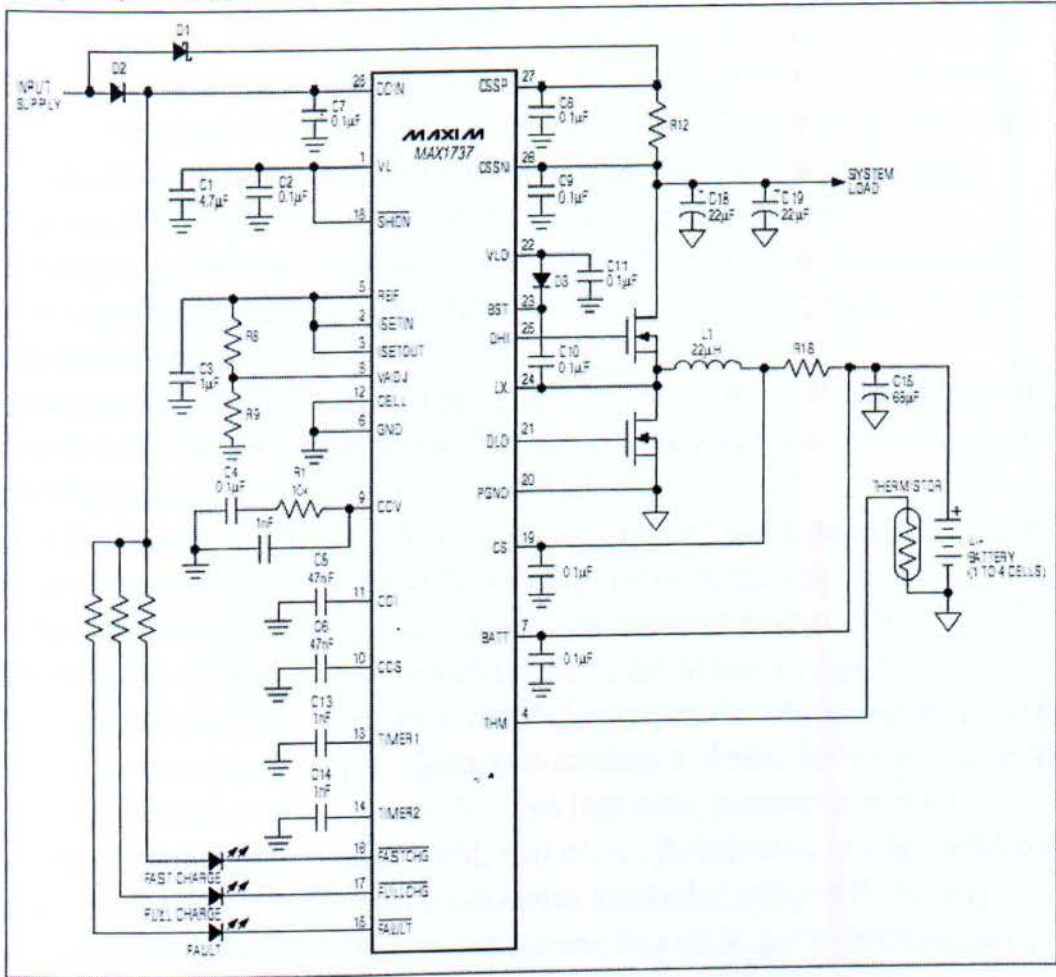
Σχ. 3.1 Μέρη μιας υβριδικής διάταξης

3.2 Ρυθμιστής φόρτισης

Ο ρυθμιστής φόρτισης Σχ. 3.2 είναι μια ηλεκτρονική διάταξη η οποία διαχειρίζεται την ροή ισχύος στο σύστημα. Κύρια αποστολή του είναι να επιβλέπει τη διαδικασία της φόρτισης και εκφόρτισης καθώς και την ενεργειακή κατάσταση των συσσωρευτών και να παρεμβαίνει όποτε απαιτείται. Πιο συγκεκριμένα ο ρυθμιστής φόρτισης όταν η τάση των συσσωρευτών υπερβεί μια μέγιστη τιμή, σταματάει τη διαδικασία της φόρτισης. Όταν η τάση των συσσωρευτών πέσει κάτω από μια προκαθορισμένη τιμή τότε ξεκινάει τη διαδικασία της φόρτισης. Όταν δεν υπάρχει διαθέσιμη ενέργεια από τις ΑΠΕ και η τάση των

συσσωρευτών πέσει κάτω από μια ελάχιστη τότε για λόγους προστασίας των συσσωρευτών από υπερφόρτιση διακόπτει την τροφοδοσία των φορτίων της οικίας.

Στα αυτόνομα Υ/Σ χρησιμοποιούνται τέσσερα είδη ρυθμιστών φόρτισης, α) ο παράλληλος ρυθμιστής, β) ο ρυθμιστής σε σειρά με ημιαγωγό, γ) ο ρυθμιστής σε σειρά με ηλεκτρομηχανική λειτουργία και δ) ο ρυθμιστής με αυτόματο άνοιγμα κυκλώματος.



ΣΧ 3.2 Διάγραμμα ρυθμιστή φόρτισης

Πηγή: <http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/MAX1737.pdf>

3.3 Οι συσσωρευτές

Οι συσσωρευτές - μπαταρίες (cells) χρησιμοποιούνται συχνά στα Φ/Β συστήματα, στις Α/Γ καθώς και στα Υ/Σ μεσκοπό την αποθήκευση της ενέργειας που παράγεται από το εκάστοτε σύστημα για να την παρέχουν στα ηλεκτρικά φορτία. Για άλλους λόγους που οι συσσωρευτές χρησιμοποιούνται στα Φ/Β συστήματα είναι για την λειτουργία της Φ/Βδιάταξης κοντά στο μέγιστο σημείο ισχύος της, για την ισχύ των ηλεκτρικών φορτίων με \ σταθερές ηλεκτρικές τάσεις, και για την τροφοδοσία του ρυθμιστή φόρτισης. Ο συσσωρευτής είναι μια συσκευή η οποία αποθηκεύει ηλεκτρική ενέργεια με τη μορφή χημικής ενέργειας. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται ηλεκτροχημικές διατάξεις όπως η γαλβανική στήλη. Η ανάπτυξη των συσσωρευτών άρχισε με την κατασκευή της Βολταϊκής στήλης από τον Αλεσάντρο Βόλτα. Εικάζεται όμως ότι κάποια αντικείμενα ,που χρονολογούνται από το 600 μ.Χ. είναι γνωστά σαν **μπαταρίες της Βαγδάτης**, είχαν χρησιμοποιηθεί τότε για την αποθήκευση μικρής ποσότητας ηλεκτρισμού.

Ο συσσωρευτής στην ηλεκτρολογία είναι χημική πηγή ρεύματος, ικανή να αποθηκεύει ηλεκτρική ενέργεια με τη μορφή χημικής ενέργειας, στους χημικούς δεσμούς των ουσιών που σχηματίζονται στα ηλεκτρόδια. Οι ουσίες αυτές κατά τη λειτουργία του στοιχείου, μετατρέπονται ηλεκτροχημικά, αποδίδοντας την υποθηκευμένη χημική ενέργεια σαν ηλεκτρική σε εξωτερικό κύκλωμα. Αποτελείται από δοχείο κατασκευασμένο από μονωτικό υλικό (εβονίτη, πλαστικό, γυαλί) μη ηλεκτρολύτη (οξύ ή αλκαλικό), στο οποίο βυθίζονται τα ηλεκτρόδια. Η σύνδεση τους σε εξωτερικό κύκλωμα προκαλεί σε αυτό διέλευση ρεύματος με επακόλουθο την εκφόρτιση του ηλεκτρικού συσσωρευτή. Εν τέλει στο συσσωρευτή γίνονται χημικές διεργασίες που έχουν σαν αποτέλεσμα τη μετατροπή της χημικής ενέργειας σε ηλεκτρική. Ο εκφορτισμένος συσσωρευτής φορτίζεται όταν περάσει από αυτόν συνεχές ρεύμα από άλλη πηγή, ενώ ταυτόχρονα στο συσσωρευτή γίνονται αντίστροφες χημικές διεργασίες, με τις οποίες η ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται σε χημική.

Τρόποι σύνδεσης συσσωρευτών

Στην πράξη προκειμένου να αυξηθεί η χωρητικότητα ή η τάση, οι συσσωρευτές ενώνονται μεταξύ τους με τους εξής τα ρόπους:

Σε σειρά: Εάν συνδεθούν n όμοια στοιχειά τάσης E , χωρητικότητας C και εσωτερικής αντίστασης R σε σειρά τότε προκύπτουν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

Η τάση αυξάνεται: $EO = nE$

Η χωρητικότητα παραμένει αμετάβλητη: $CO = C$

Η εσωτερική αντίσταση αυξάνεται: $RO = nR$

Εάν οι χωρητικότητες των στοιχείων δεν είναι ίσες, τότε η ολική χωρητικότητα είναι ίση με τη χωρητικότητα του ασθενέστερου στοιχείου της συστοιχίας δηλαδή $CO = C(\min)$

Παράλληλα: Εάν συνδεθούν n όμοια στοιχειά τάσης E , χωρητικότητας C και εσωτερικής αντίστασης R παράλληλα τότε προκύπτουν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

Η τάση παραμένει αμετάβλητη: $EO = nE$

Η χωρητικότητα αυξάνεται: $CO = C$

Η εσωτερική αντίσταση μειώνεται: $RO = nR$

Μεικτή συνδεσμολογία: Εάν p κλάδοι με s όμοια στοιχειά σε σειρά ο καθένας, συνδεθούν παράλληλα, τότε έχουμε ps n στοιχειά και προκύπτουν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά για την συνδεσμολογία:

Η τάση παραμένει αυξάνεται: $EO = sE$

Η χωρητικότητα αυξάνεται: $CO = pC$

Η εσωτερική αντίσταση μεταβάλλεται: $RO = (s/p)R$

Ο τρόπος που θα επιλεγεί για τη σύνδεση των στοιχείων θα εξαρτηθεί από τα ονομαστικά μεγέθη των στοιχείων και από το είδος της εφαρμογής για την οποία προορίζονται.

3.4 Μετατροπές DC - AC (Inverter)

Η ηλεκτρική ενέργεια που παρέχεται από τους συσσωρευτές είναι σε μορφή συνεχούς τάσης (DC). Η μετατροπή της συνεχούς τάσης σε εναλλασσόμενη (AC), που απαιτείται, από πολλές κοινές συσκευές, επιτυγχάνεται με τον μετατροπέα. Η αποδοτικότητα των μετατροπέων είναι γενικά μεγαλύτερη από 90%, ενώ όταν λειτουργεί πάνω από το 10% της

εκτιμημένης εξόδου του, μπορεί να φτάσει ως και το 96%. Οι μετατροπείς ανήκουν σε δύο βασικές κατηγορίες:

αυτόματου μετατροπέα και σε μετατροπέα γραμμής συγχρονισμού. Ο πρώτος μπορεί να λειτουργήσει ανεξάρτητα, ενεργοποιημένος απλώς από την πηγή ισχύος εισόδου, ενώ οι συγχρονισμένοι μετατροπείς προκαλούνται άμεσα από το σύστημα.

Βασικό κριτήριο για την εκλογή κατάλληλου μετατροπέα που θα τοποθετηθεί σε αυτόνομο σύστημα είναι το είδος της εναλλασσόμενης τάσης που χρειάζεται για να λειτουργήσει ο καταναλωτής. Για τα αυτόνομα συστήματα υπάρχουν δύο ειδών μετατροπείς: με «καθαρή ημιτονική κυματομορφή εξόδου» και με «τροποποιημένη ημιτονική κυματομορφή εξόδου». Ο μετατροπέας με «τροποποιημένη ημιτονική κυματομορφή εξόδου» μπορεί να τροφοδοτήσει τις περισσότερες συσκευές μιας οικίας εκτός από εκείνες που περιλαμβάνουν ευαίσθητα ηλεκτρονικά κυκλώματα (π.χ. υπολογιστής), σε αυτή την περίπτωση είναι απαραίτητος ένας μετατροπέας με

«καθαρή ημιτονική κυματομορφή εξόδου». Άλλο

χαρακτηριστικό μετατροπέα αυτόνομου συστήματος είναι η σταθερότητα τάσης που δίνει στον καταναλωτή, επειδή η κατάσταση φόρτισης των συσσωρευτών δεν είναι ίδια υπάρχουν αυξομειώσεις στην τάση που δέχεται ο μετατροπέας. Η ισχύς του μετατροπέα πρέπει να υπερκαλύπτει την μέγιστη ισχύ ζήτησης, που προσδιορίζεται από το σύνολο των συσκευών κατανάλωσης καθώς επίσης και την ισχύ της υπέρτασης, που είναι συνήθως η τριπλάσια της ονομαστικής και μάλιστα για αρκετά δευτερόλεπτα. Τα κύρια χαρακτηριστικά ενός μετατροπέα αυτοτελούς συστήματος είναι τα εξής: η ονομαστική ισχύς (VA), η μέγιστη ισχύς (VA) η ονομαστική τάση εισόδου (V), τα όρια της τάσης εισόδου (V), η μέγιστη ένταση εισόδου (A), η τάση εξόδου (V), η ένταση εξόδου (A), η συχνότητα εξόδου (Hz), η κυματομορφή εξόδου και η απόδοση (%)

Παραδοσιακά, ένας μετατροπέας χρησιμοποιούταν για μια ολόκληρη Φ/Β διάταξη. Τώρα οι χωριστοί μετατροπείς μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να συνδέσουν κάθε "σειρά" των πλαισίων ή ακόμα και να επικολληθούν στην πλάτη των μεμονωμένων πλαισίων ("πλαίσια εναλλασσόμενου ρεύματος"). Οι σειρές των μετατροπέων και τα πλαίσια εναλλασσόμενου ρεύματος είναι πιθανό να χρησιμοποιηθούν όλο και περισσότερο στην αγορά ενσωματωμένων Φ/Β συστημάτων σε κτήρια επειδή επιτρέπουν την εύκολη επέκταση του συστήματος, την ανεξάρτητη λειτουργία και την ευκολότερη εγκατάσταση.

3.5 Υπολογισμός των καλωδιώσεων

Στην πλευρά της Φ/Β συστοιχίας και της Α/Γ ο σχεδιασμός και η υλοποίηση της εγκατάστασης της καλωδίωσης θα πρέπει να εξασφαλίζει προστασία ισοδύναμη με μόνωση Class II. Η καλωδίωση περιλαμβάνει τις συνδέσεις μεταξύ των Φ/Β πλαισίων, τις συνδέσεις από τα άκρα κάθε εν σειρά κλάδου μέχρι το κουτί παραλληλισμού, αν χρησιμοποιείται, τις συνδέσεις από τα άκρα της Φ/Β συστοιχίας, (το κουτί παραλληλισμού), μέχρι τον ρυθμιστή φόρτισης και τις συνδέσεις από την έξοδο της Α/Γ μέχρι τον ρυθμιστή φόρτισης. Όλα τα καλώδια τα οποία είναι εκτεθειμένα στην ηλιακή ακτινοβολία θα πρέπει να είναι ανθεκτικά στην υπεριώδη ακτινοβολία (αποκλείοντας έτσι τα κοινά καλώδια με μόνωση από PVC). Τα καλώδια τα οποία χρησιμοποιούνται για τις συνδέσεις των πλαισίων θα πρέπει να έχουν μόνωση ανθεκτική τουλάχιστον έως 70 °C ή και περισσότερο αν δεν υπάρχει ελεύθερη κυκλοφορία του αέρα. Η επιλογή του κατάλληλου είδους καλωδίου είναι σημαντική για την ασφάλεια και τη διάρκεια της εγκατάστασης όπως και την ικανοποίηση της απαίτησης για μόνωση ισοδύναμη με Class II. Για τις συνδέσεις μεταξύ των πλαισίων χρησιμοποιούνται συνήθως εύκαμπτα μονοπολικά καλώδια με ενισχυμένη μόνωση, με τις ανωτέρω τουλάχιστον απαιτήσεις. Ο συνδυασμός αυτός των απαιτήσεων είναι δύσκολο να ικανοποιηθεί από κοινά τυποποιημένα καλώδια και απαιτεί τη χρήση ειδικών μειγμάτων πλαστικών για μόνωση. Τα καλώδια μπορούν να είναι εναέρια, αλλά πρέπει να παρέχεται στήριξη, ώστε να μην καταπονούνται οι συνδέσεις. Τα Φ/Β πλαίσια θα πρέπει να διαθέτουν διόδους παράκαμψης (bypass diodes), για ελάττωση των συνεπειών σκίασης. Για τις συνδέσεις των καλωδίων μεταξύ τους συνιστάται να χρησιμοποιούνται οικατάλληλοι

ειδικοί σύνδεσμοι ταχείας σύνδεσης (κλέμες). Τα προεγκατεστημένα καλώδια των Φ/Β πλαισίων δε θα πρέπει να αφαιρούνται και να αντικαθίστανται από καλώδια άλλης διατομής ή τύπου. Η όδευση των καλωδίων από το κουτί παραλληλισμού μέχρι τον ρυθμιστή φόρτισης θα πρέπει να εξασφαλίζει προστασία ισοδύναμη με Class II. Τα καλώδια θα πρέπει να είναι μονοπολικά, με διπλή ή ενισχυμένη μόνωση. Σε διαφορετική περίπτωση θα πρέπει να τοποθετούνται διαφορετικά κανάλια. Στα κιβώτια διασύνδεσης πρέπει να χρησιμοποιούνται διαφορετικές περιοχές με μονωτικό/διαχωριστικό για τη σύνδεση των αρνητικών και θετικών αγωγών. Εναλλακτικά μπορούν να χρησιμοποιούνται ξεχωριστά

κουτιά σύνδεσης για τους θετικούς και τους αρνητικούς αγωγούς. Τα κιβώτια που θα χρησιμοποιηθούν θα πρέπει να είναι μονωτικά. Η διατομή του καλωδίου καθορίζεται από το μέγιστο αναμενόμενο ρεύμα σε ένα κλάδο. Θα πρέπει να ληφθεί υπόψη τουλάχιστον η διόρθωση λόγω θερμοκρασίας, η οποία για τα καλώδια πλησίον των Φ/Β πλαισίων μπορεί

να φθάσει τους 70 °C. Σημειώνεται ότι στους 70 °C ο διορθωτικός συντελεστής για καλώδια με μόνωση ανθεκτική ως τους 90 °C είναι 0,58. Δηλαδή στην περίπτωση αυτή η διατομή του καλωδίου θα πρέπει να διαστασιολογηθεί με βάση τη τιμή του μέγιστου αναμενόμενου ρεύματος πολλαπλασιασμένη επί 1,72 ($=1/0,58$), για να μην υπερβούν τα όρια αντοχής

της μόνωσης. Ένα άλλο κριτήριο που εξετάζεται για τη διαστασιολόγηση των καλωδίων είναι αυτό της απώλειας ισχύος. Συνήθως θεωρείται ότι η απώλεια ισχύος στο συνολικό μήκος των DC καλωδίων υπό ονομαστικές τιμές λειτουργίας δεν πρέπει να υπερβαίνει το 1% της ονομαστικής ισχύος του Φ/Β συστήματος. Το κριτήριο αυτό συνήθως οδηγεί σε επιλογή μεγαλύτερης διατομής. Στην πλευρά του DC θα πρέπει να εγκαθίσταται διακόπτης (όταν αυτός δεν εμπεριέχεται στον ρυθμιστή φόρτισης) ο οποίος θα απομονώνει τον ρυθμιστή από τη Φ/Β συστοιχία και την Α/Γ. Ο διακόπτης θα πρέπει να έχει την ικανότητα να απομονώνει τον αντιστροφέα υπό φορτίο

Η μέγιστη αναμενόμενη τιμή του ρεύματος μιας σειράς Φ/Β πλαισίων, προκύπτει από το ρεύμα βραχυκύκλωσης (ISC) του ενός πλαισίου πολλαπλασιασμένο επί τον συντελεστή 1,25. Για παράλληλους κλάδους η μέγιστη αναμενόμενη τιμή

του συνολικού ρεύματος, προκύπτει από την αντίστοιχη τιμή του ενός κλάδου πολλαπλασιασμένη επί τον αριθμό των παράλληλων κλάδων. Ο συντελεστής ασφαλείας 1,25 καλύπτει ειδικές συνθήκες ατμόσφαιρας

και ανακλάσεων οι οποίεςμπορούν να παρουσιαστούν σε καθαρό ουρανό μετά από βροχή (ένταση ακτινοβολίας μεγαλύτερη από 1000 W/m²). Η τιμή του ρεύματος που υπολογίζεται με αυτό τον τρόπο θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στη διαστασιολόγηση των καλωδίων και των προστασιών. Για την Α/Γ προκύπτει από την τιμή του μέγιστου ρεύματος εξόδου (Παράρτημα Πίνακας 6).

3.6 Το φορτίο

Το φορτίο το αποτελούν όλες οι ηλεκτρικές συσκευές τις οποίες καλείται το Υ/Σ να τροφοδοτήσει. Από το σύστημα, όπως έχει αναφερθεί δεν θα τροφοδοτηθούν συσκευές οι οποίες είναι ενεργόβορες και για τις οποίες υπάρχει εναλλακτικός τρόπος τροφοδοσίας τους. Για παράδειγμα θα ήταν ανούσιο και σχεδόν απαγορευτικό (από άποψη κόστους) να χρησιμοποιούταν ηλεκτρική κουζίνα για το μαγείρεμα, αντ' αυτού χρησιμοποιείται κουζίνα με υγραέριο. Το ίδιο συμβαίνει και με τον ηλεκτρικό θερμοσίφωνα, ο οποίος αντικαθίσταται με ηλιακό θερμοσίφωνα ή με θερμοσίφωνα φυσικού αερίου. Ακόμα το πλυντήριο και το ηλεκτρικό σίδερο (αφού δεν υπάρχει κάποιος άλλος τρόπος αντικατάστασης τους) θα πρέπει να χρησιμοποιούνται στη μικρότερη δυνατή θερμοκρασία. Ανάλογα με το μέγεθος της αυτονομίας του συστήματος που θα εγκαταστήσουμε τελικά, καθώς και της διαθεσιμότητας του ανέμου και του ήλιου σε διάστημα μιας δυο ή τριών ημερών, θα πρέπει να είναι και η χρήση της εγκατάστασης μας. Αν για παράδειγμα δυο ή τρεις ημέρες δεν υπάρξουν επαρκείς ποσότητες ηλιακής ακτινοβολίας και ανέμου θα πρέπει να υπάρξει κάποια μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας καθώς και ιεράρχηση των αναγκών του νοικοκυριού

ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Κεφαλαίο 1

ΥΛΙΚΑ

Παρακάτω περιγράφουμε τα υλικά που χρησιμοποιήσαμε στην εγκατάσταση, κάθε υλικό το περιγράφουμε με την προέλευση του, τα τεχνικά χαρακτηριστικά του.

▪ ΦΟΤΟΒΑΛΤΑΙΚΑ

Τα φωτοβολταϊκά που εγκαταστήσαμε είναι της αιτερίας **TOTALENERGY** γαλλικής προέλευσης. Εχούμε 8 φωτοβολταϊκά του τύπου **TE 1250** τα οποία έχουν 125Wattspεak. Το κάθε στοιχείο έχει διαστάσεις 150×150 mm και σύνολο το κάθε πάνελ έχει 36 από αυτά και εξωτερικές διαστάσεις του πάνελ είναι

Το κάθε πάνελ μας δίνει 125Wp και στην κανονική λειτουργία δίνει 7 A. Εμείς έχουμε 8 από αυτά τα πάνελ, τα συνδέσαμε 2 μαζί εν σειρά και τα παραλληλίσαμε μεταξύ τους, έτσι επιτύχαμε να έχουμε σύστημα 24 volt που να μας δίνει $8 \times 125 = 1000 \text{Wp}$

Πίνακας χαρακτηριστικών

Module Code TE 1250		
Encapsulation		Glass/ Tedlar
Size of cells	mm	150×150
Number of cells	pcs	36/4×9
Typical power	Wp	125
Nominal voltage battery	V	12
Voltage at typical power	V	17.80
Current at typical power	A	7.00
Open circuit voltage	V	22.10
Short circuit current	A	7.50
Connection	Junction box or 2 Tyco connectors	
Maximum syst. Oper. Voltage	V	600
Diodes	2 by-pass	
Weight	kg	11.4
Using+Storage Temp.	°C	-40/ +85
Relative Humidity	0 to 100%	
Warranty	Year	

Για τον έλεγχο φόρτισης των μπαταριών από τα φωτοβολταϊκά εγκαταστήσαμε τον **PROSTARCONTROLLERPS-30**.

Τεχνικά χαρακτηριστικά **PROSTARCONTROLLERPS-30**

ΠΡΟΣΟΧΗ

Οι τιμές δίνονται για την 24V εκδοχή

Electrical	
Accuracy	60mV
Min. Voltage to operate	8V
Self-consumption	25mA
LVD current coefficient	-40mV/-80mV
High temp shutdown disconnect solar	70 °C
disconnect load	80 °C
reconnect load	60 °C
reconnect solar	50 °C
Voltage Drops (max.) Solar/battery	0.2 V
Battery/load	0.12 V
Operating life	15 years
Transient surge protect- pulse power rating	1500 W
-response	< 5 nanosec

METER DISPLAY	
Type	LCD
Temp. Rating	-30 to +85 °C
Voltage accuracy	0.5%
Current accuracy	2.0%
Self-consumption	1 mA

BATTERY STATUS LEDS			
Leds	Falling V	Rising V	leds
G to Y	24.2	26.2	Y to G
Y to blink R	23.4	25.2	Blink R to Y
Blink R to R	22.8	25.2	R to Y

Battery set points			
Type	GEL	SEALD	FLOODED
LVD	22.8	22.8	22.8
LVD RECONNECT	25.2	25.2	25.2
PWM REGULATION	28.0	28.30	28.8
FLOAT	27.4	27.4	27.2
Equalization	N/A	28.70	29.8/30.2
HVD(solar)	30.4	30.4	30.4
HVD (load)	30.6	30.6	30.6
BATTERY CHARGING			
Charge algorithm	PWM, constant voltage		
Tempcomp. Coefficient	-5mV/°C/cell(25°C ref)		
Temp. Comp. range	-30°C to +80°C		
Temp. Comp. setpoints	PWM,float,equalizeHVD		

MECHANICAL	
Dimensions(mm)	153×105×55
Weight (kg)	0.34
Wire terminals	-solid 16 mm ² -multistrand 16 mm ² -fine strand 10 mm ²
Terminal diameter	5.4 mm ²
Torque terminals	Up to 35in-lb

ENVIROMENTAL	
Ambient temperature	-40 to +60 °C
Storage temperature	-55 to +85 °C
Humidity	100% (NC)

- **Ανεμογενήτρια**

Η ανεμογενήτρια που έχουμε είναι της αιτερίας **SouthwestWindpower ,Inc** και ο τύπος **Whisper 200**. Η ανεμογενήτρια είχε τοποθετηθεί στο κτήριο οπότε θα ασχοληθούμε μόνο με την καλωδίωση της και τον controller της , **SouthwestWindpowerWhisper 200**.

- **INVERTER**

Για την μετατροπή της συνεχούς τάσης των μπαταριών σε τάση δικτύου 230V/50Hz εγκαταστήσαμε τον Αντιστροφέα **PhoinixInverter 230 Vac 24Vdc/1600W**

- **Πίνακας έλεγχου και κατανομής φορτίων**

Για την σύνδεση των φορτίων με την πάροχή από τον αντιστροφέα κατασκευάσαμε μεταλικό κουτι, τοποθετήσαμε σε αυτό τους διακόπτες και τις αφαλείες για τον έλεγχο των φορτίων και την τροφοδοσία των ρυθμιστών φόρτισης.

Κεφάλαιο 2

ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

2.1 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ

Η εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών έγινε στην ταράτσα του κτηρίου β στο ΤΕΙ Πειραιά. Η στήριξη έγινε με ουπα 12mm και μεταλλικά βύσματα 12mm. Για την χάραξη της οπής χρησιμοποιήσαμε κρουστικό δράπανο με διαμαντοτρύπανο διαστάσεων 12mm. Για την μόνωση των οπών στην πλακά της ταράτσας τοποθετήσαμε μονωτική σιλικόνη στην περιοχή της οπής μεταξύ της πλάκας και στηρίγματος σκελετού.

Τα φωτοβολταϊκα τοποθετήθηκαν με προσανατολισμό σε γωνία 30..?? με τέτοια απόσταση μεταξύ τους έτσι ώστε να μην έχουμε σκίαση στην επιφάνεια τους.

Έχουμε 8πανελ ισχύος 125w και τάση λειτουργίας 14V. τα συνδέσαμε ανά δυο σε σειρά έτσι ώστε να έχουμε 4ζευγη των 28V. τα ζεύγη αυτά τα συνδέσαμε παράλληλα για να αυξήσουμε την ισχύ του συστήματος με τάση 28V.

Η σύνδεση με την γραμμή μεταφοράς έγινε σε στεγανό κουτί διακλαδώσεως Χρησιμοποιήθηκαν εύκαμπτοι αγωγοί με ενισχυμένης μόνωση διατομής 4mm.

Το κουτί διακλαδώσεως το στερεώσαμε με πλαστικό ουπα και βίδα 6mm. σε επιφάνεια μπετόν.

2.2 ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑ

Η ανεμογεννήτρια είναι στερεωμένη στην ίδια περιοχή της οροφής του κτηρίου με μεταλλική βάση. Η παροχή της αποτελείται από 3 εύκαμπτους αγωγούς των 4mm. με ενισχυμένη μόνωση μέσα σε πλαστικό σωλήνα τύπου (kubidi). Η παροχή της ανεμογεννήτριας κατέληξε στο κουτί διακλαδώσεως μας και συνδέθηκε με την γραμμή μεταφοράς.

2.3 ΓΡΑΜΜΗ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

Αποτελείται από 6 αγωγούς εύκαμπτους 4mm. με ενισχυμένη μόνωση.

Οι αγωγοί αυτοί περνάνε μέσα σε πλαστικό σωλήνα που κατεβαίνει κάθετα στην πλαϊνή όψη του κτηρίου και καταλήγει στο δωμάτιο ελέγχου το οποίο βρίσκεται στο εργαστήριο Ηλεκτρικών μηχανών στον 1^ο όροφο του κτηρίου. Από εκεί συνδέεται με τον πίνακα ελέγχου.

Στον πίνακα ελέγχου γίνεται ο παραλληλισμός των Φ/Β.

Οι αγωγοί υπολογίστηκαν έτσι ώστε να έχουμε μία ελάχιστη πτώση τάσης.

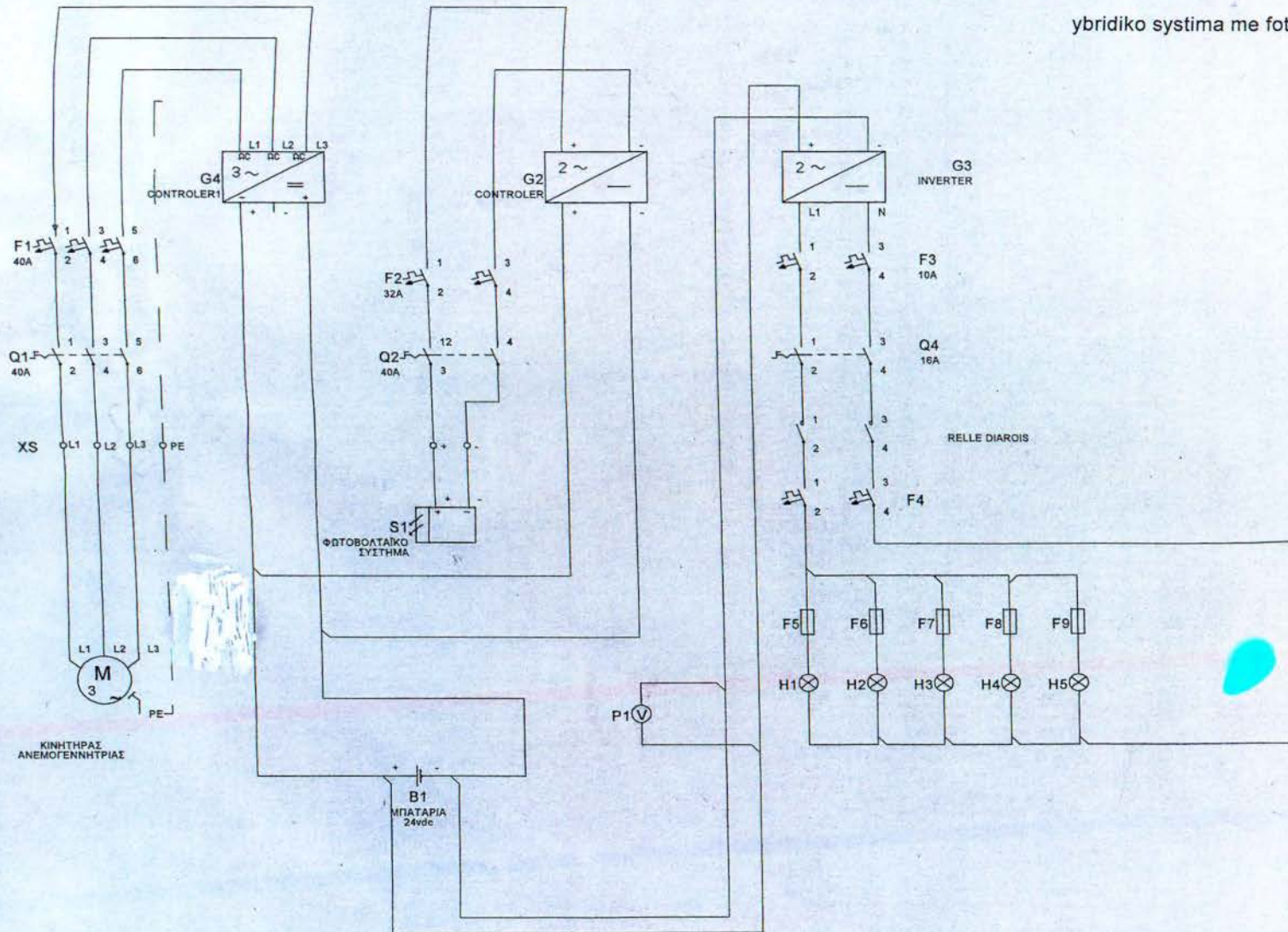
2.4 ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΦΟΡΤΙΩΝ

Για τον έλεγχο-κατανομής φορτίων και τροφοδοσίας Έχουμε εγκαταστήσει έναν πίνακα μεταλλικό

Ο πίνακας περιέχει:

- Τρείς ασφάλειες των 10Α.Για τον έλεγχο της εισόδου του ελεγκτή ρύθμισης(controller)των Φ/Β.
- Έναν 5πολικό διακόπτη με τον οποίο διακόπτουμε την παροχή Α/Γ,Φ/Β σε περίπτωση εργασιών στον πίνακα μας.
- Έναν 3πολικό διακόπτη ο οποίος διακόπτει την παροχή της Α/Γ.
- Έναν 2πολικό διακόπτη ο οποίος διακόπτει την παροχή των Φ/Β.
- Έναν 1πολικό διακόπτη 10Α. Ο οποίος ελέγχει-διακόπτει την παροχή μας από τον inverter (αντιστροφή) για να απομονώσουμε την τάση στα φορτία.
- Ένα ρελλε διαφυγής για τον έλεγχο του κυκλώματος των φορτίων.
- Μία ασφάλεια 10 A για τον έλεγχο των φορτίων ρευματοδότη (πρίζα).
- Μία ασφάλεια 10 A για τον έλεγχο των φορτίων φωτισμού
- Ένα βολτόμετρο το οποίο μας δείχνει την τάση των μπαταριών.

ybridiko systima me fotovoltaika kai anemogennitria



2.5 ΜΠΑΤΑΡΙΕΣ-ΧΩΡΟΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ

Έχουμε 12 μπαταρίες 12V/115 Ah η κάθε μια. Τις συνδέσαμε ανά δύο σε σειρά και τα 6 ζεύγη μεταξύ τους παράλληλα αυτή την σύνδεση έχουμε ένα σύστημα 24V το οποίο μας δίνει 725Ah.

Ο χώρος αποθήκευσης των μπαταριών έγινε σε μεταλλικό κουτί από αλουμινένιο σκελετό και σιδερένια πλαιϊνά.

Για τον εξαερισμό του χώρου έχουμε τοποθετήσει περσίδες στην πόρτα.

Επίσης έχουμε βάλει έναν ανεμιστήρα ο οποίος ελέγχεται από έναν ρυθμιστή στροφών έτσι ώστε να επιτυγχάνουμε κατάλληλο αερισμό στον χώρο των μπαταριών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Εγχειρίδιο εγκατάστασης φωτοβολταϊκών TOTALENERGY TE 1250

Εγχειρίδιο εγκατάστασης PROSTAR CONTROLER PS-30

Εγχειρίδιο εγκατάστασης SouthwestWindpowerWhisper 200

Εγχειρίδιο εγκατάστασης PhoinixInverter 230 Vac 24Vdc/1600W