

ΤΕΧΝΟΛΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

**ΣΧΟΛΗ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ
ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΕ**

**ΥΒΡΙΔΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΟΙΚΙΑ
(HYBRID ELECTRICAL POWER GENERATOR SYSTEM IN
RESIDENCE)**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:
ΜΑΡΝΕΛΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ:
ΣΧΟΙΝΑΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ, ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ**

ΠΑΤΡΑ, 2015

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της εκπόνησης της παρούσας πτυχιακής εργασίας, είναι η μελέτη αυτόνομου υβριδικού συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, αποτελούμενου από μια συστοιχία φωτοβολταϊκών πλαισίων και ενός ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους. Το μελετώμενο σύστημα καλείται να τροφοδοτήσει οικία 140 m² στην περιοχή του νομού Ηρακλείου Κρήτης. Το παρόν τεύχος αναπτύσσεται σε επτά (7) κεφάλαια όπως φαίνεται παρακάτω:

- Στο **κεφάλαιο 1**, πραγματοποιείται εισαγωγή στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, συνοδευόμενη από ορισμούς, πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα έναντι των συμβατικών πηγών, καθώς και σύντομη περιγραφή για καθεμία από τις πιο διαδεδομένες ήπιες πηγές.
- Στο **κεφάλαιο 2**, παρουσιάζονται επι μέρους πληροφορίες που αφορούν στην ηλιακή ακτινοβολία και τη λειτουργία των φωτοβολταϊκών συστημάτων, ορισμοί αυτών και παράμετροι που λαμβάνονται υπόψη κατά τη διαστασιολόγησή τους.
- Στο **κεφάλαιο 3**, αναπτύσσεται περιγραφή της γεωθερμίας, τους τύπους γεωθερμικών εγκαταστάσεων καθώς και τα συστατικά μέρη μιας γεωθερμικής εγκατάστασης.
- Στο **κεφάλαιο 4**, αναλύεται η λειτουργία του ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους, τα κύρια μέρη που το αποτελούν και οι παράμετροι που είναι απαραίτητες κατά τη μελέτη και την τοποθέτησή του στο σύστημα.
- Στο **κεφάλαιο 5**, παρουσιάζεται η αρχή λειτουργίας των συσσωρευτών, τα συστατικά τους μέρη, καθώς και οι πιο διαδεδομένοι τύποι συσσωρευτών ακολουθούμενοι από μια σύντομη περιγραφή για το κάθε είδος.
- Το **κεφάλαιο 6**, αποτελείται από την εκπόνηση μελέτης του παρόντος συστήματος, δηλαδή τη συγκέντρωση και καταγραφή των καταναλώσεων της οικίας, την αναλυτική διαστασιολόγηση του συστήματος και την οικονομική ανάλυση της εγκατάστασης.
- Στο **κεφάλαιο 7**, πραγματοποιείται μια ανακεφαλαίωση της μελέτης και παρατίθενται τα συμπεράσματα σχετικά με την εγκατάσταση αυτή.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1. Ιστορική αναδρομή της παραγωγής ενέργειας.....	σελ. 5
1.2. Ορισμός των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.....	σελ. 5
1.2.1. Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα ήπιων μορφών ενέργειας.....	σελ. 6
1.3. Είδη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.....	σελ. 7
1.3.1. Ηλιακή ενέργεια.....	σελ. 7
1.3.2. Αιολική ενέργεια.....	σελ. 8
1.3.3. Γεωθερμική ενέργεια.....	σελ. 9
1.3.4. Βιομάζα.....	σελ. 10
1.3.5. Υδροηλεκτρική ενέργεια.....	σελ. 10
1.3.6. Ενέργεια κυμάτων, θαλάσσιων ρευμάτων και παλιρροϊκών κινήσεων.....	σελ. 11
1.4. Σταδιακή υποκατάσταση συμβατικών καυσίμων με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.....	σελ. 13
1.5. Υβριδικά συστήματα παραγωγής ενέργειας.....	σελ. 13

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.1. Ήλιος και ηλιακή ακτινοβολία.....	σελ. 14
2.2. Στοιχεία προσδιορισμού ηλιακής ακτινοβολίας.....	σελ. 14
2.3. Φωτοβολταϊκό φαινόμενο.....	σελ. 15
2.4. Το φωτοβολταϊκό στοιχείο.....	σελ. 15
2.4.1. Ισοδύναμο κύκλωμα Φ/Β στοιχείου.....	σελ. 15
2.4.2. Σχέση έντασης-τάσης – Χαρακτηριστική ισχύος Φ/Β στοιχείου.....	σελ. 16
2.4.3. Ισχύς αιχμής.....	σελ. 17
2.4.4. Παράγοντας πλήρωσης και βαθμός απόδοσης Φ/Β στοιχείου.....	σελ. 17
2.5. Φ/Β στοιχεία σε πλαίσια και συλλέκτες.....	σελ. 18
2.6. Σύνδεση Φ/Β πλαισίων.....	σελ. 19
2.7. Προβλήματα σκίασης ή βλάβης Φ/Β στοιχείων.....	σελ. 20
2.8. Είδη Φ/Β πλαισίων.....	σελ. 21
2.8.1. Φ/Β πλαίσια πυριτίου.....	σελ. 21
2.8.2. Πλαίσια άλλων υλικών.....	σελ. 23

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3.1. Γενικά για τη γεωθερμία.....	σελ. 24
3.2. Αξιοποίηση γεωθερμικών πηγών.....	σελ. 24
3.3. Γεωθερμική εγκατάσταση χαμηλής ενθαλπίας.....	σελ. 25
3.4. Συστατικά μέρη μιας γεωθερμικής εγκατάστασης.....	σελ. 26
3.4.1. Σύστημα απαγωγής θερμότητας (γεωθερμικοί εναλλάκτες)	σελ. 26
3.4.2. Ηλεκτρική αντλία θερμότητας.....	σελ. 27
3.4.3. Σύστημα διανομής της θερμότητας.....	σελ. 28
3.5. Κατηγορίες γεωθερμικών συστημάτων.....	σελ. 29
3.5.1. Εγκατάσταση συστήματος με κάθετους γεωεναλλάκτες.....	σελ. 29
3.5.2. Γεωθερμικό Σύστημα Οριζόντιων Γεωεναλλακτών.....	σελ. 30
3.5.3. Αξιοποίηση του νερού ως πηγή θερμότητας.....	σελ. 30
3.6. Χειμερινή – Θερινή λειτουργία.....	σελ. 31
3.6.1. Χειμερινή λειτουργία.....	σελ. 31
3.6.2. Θερινή λειτουργία.....	σελ. 31
3.7. Αξιολόγηση κόστους γεωθερμικής εγκατάστασης σε κατοικία.....	σελ. 32
3.7.1. Η ισχύουσα κατάσταση σχετικά με τις εγχώριες γεωθερμικές εγκαταστάσεις... ..	σελ. 32

3.7.2. Συμπεράσματα – Προτάσεις.....	σελ. 32
--------------------------------------	---------

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4.1. Ορισμός ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους.....	σελ. 33
4.2. Κύρια μέρη ενός Η/Ζ.....	σελ. 34
4.2.1. Σύγχρονη γεννήτρια.....	σελ. 34
4.2.2. Κινητήρες εσωτερικής καύσης.....	σελ. 35
4.2.3. Πίνακας ελέγχου και μεταγωγής ισχύος.....	σελ. 36
4.2.4. Αντικραδασμική βάση στήριξης.....	σελ. 37
4.3. Ισχύς και φόρτιση.....	σελ. 38
4.4. Αυτόματα/Χειροκίνητη λειτουργία.....	σελ. 38
4.4.1. Αυτόματα.....	σελ. 38
4.4.2. Χειροκίνητη.....	σελ. 39
4.5. Συντήρηση.....	σελ. 39

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

5.1. Γενικά για τους συσσωρευτές.....	σελ. 40
5.2. Αρχή λειτουργίας.....	σελ. 40
5.3. Δομή κυψελίδων (cells).....	σελ. 41
5.4. Συνδεσμολογία κυψελίδων.....	σελ. 42
5.5. Είδη συσσωρευτών - Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα.....	σελ. 42
5.5.1. Συσσωρευτές μολύβδου-οξέως (Lead-Acid).....	σελ. 42
5.5.2. Συσσωρευτές Νικελίου-Υδρογόνου (Nickel - Hydrogen).....	σελ. 44
5.5.3. Συσσωρευτές Νικελίου-Καδμίου (Nickel-Cadmium).....	σελ. 44
5.5.4. Συσσωρευτές ροής.....	σελ. 45
5.5.5. Κυψέλες καυσίμου.....	σελ. 46
5.6. Χαρακτηριστικά των συσσωρευτών.....	σελ. 47
5.7. Συσσωρευτές στα Φ/Β.....	σελ. 48
5.7.1. Λειτουργίες συσσωρευτών σε Φ/Β σύστημα.....	σελ. 48
5.7.2. Προϋποθέσεις που πρέπει να καλυφθούν.....	σελ. 48

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

6.1. Εισαγωγή μελέτης.....	σελ. 50
6.2. Συγκέντρωση-Καταγραφή καταναλώσεων.....	σελ. 52
6.3. Διαστασιολόγηση συστήματος.....	σελ. 54
6.3.1. Κλίση φωτοβολταϊκών πάνελ.....	σελ. 54
6.3.2. Ισχύς αιχμής φωτοβολταϊκής συστοιχίας.....	σελ. 55
6.3.3. Επιλογή Φωτοβολταϊκών πάνελ.....	σελ. 56
6.3.4. Επιλογή συσσωρευτών.....	σελ. 60
6.3.5. Ελεγκτής φόρτισης συσσωρευτών.....	σελ. 61
6.3.6. Επιλογή αντιστροφέα (inverter).....	σελ. 62
6.3.7. Ηλεκτροπαραγωγό Ζεύγος (H/Z).....	σελ. 63
6.3.8. Σχέδιο εγκατάστασης.....	σελ. 66
6.4. Καλωδίωση.....	σελ. 68
6.4.1. Πλευρά συνεχούς ρεύματος (DC).....	σελ. 68
6.4.2. Πλευρά εναλλασσόμενου ρεύματος (AC).....	σελ. 70
6.5. Γειώσεις.....	σελ. 70
6.5.1. Τύποι γειώσεων.....	σελ. 70
6.5.2. Γείωση της εγκατάστασης.....	σελ. 71
6.6. Οικονομική ανάλυση του συστήματος.....	σελ. 71

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

7.1. Ανακεφαλαίωση.....	σελ. 74
7.2. Συμπεράσματα – Παρατηρήσεις.....	σελ. 75

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	σελ. 76
--------------------------	----------------

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Ιστορική αναδρομή της παραγωγής ενέργειας.

Η εξέλιξη του ανθρώπινου είδους υπήρξε πάντοτε στενά συνδεδεμένη με τη χρήση ενέργειας. Σε όλη του την ιστορική πορεία, ο άνθρωπος χρησιμοποίησε με εφευρετικότητα τις δυνατότητες που του παρείχε ο περιβάλλον χώρος (φωτιά, νερό, άνεμος, ήλιος), με σκοπό την βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης του. Στους πιο πρόσφατους αιώνες, χρησιμοποίησε την καύση του κάρβουνου και του πετρελαίου με σκοπό την παραγωγή ενέργειας και στη συνέχεια βρήκε τρόπο να την μετατρέψει σε ηλεκτρική ενέργεια.

Στα μέσα του 20ου αιώνα μια νέα μορφή ενέργειας δημιούργησε ελπίδες, για ριζική αντιμετώπιση του παγκόσμιου ενεργειακού προβλήματος. Η πυρηνική ενέργεια. Πολύ γρήγορα όμως, δραματικά γεγονότα επιβεβαίωσαν αδιαμφισβήτητα την αδυναμία μας να διασφαλίσουμε την ελεγχόμενη παραγωγή της πυρηνικής ενέργειας. Επίσης, άρχισαν να τεκμηριώνονται με επιστημονικό τρόπο οι προβλέψεις για σημαντικές συνέπειες της μέχρι σήμερα συμπεριφοράς του ανθρώπου στο οικοσύστημα, εξαιτίας της αλόγιστης χρήσης των συμβατικών καυσίμων και πολλών άλλων, φαινομενικά αθώων, τεχνολογικών προϊόντων. Η παραγωγή ενέργειας με την χρήση συμβατικών καυσίμων, οδήγησαν σε παραγωγή αυξημένης ποσότητας διοξειδίου του άνθρακα, το οποίο εισερχόμενο στην ατμόσφαιρα προκαλεί ισχυρές κλιματικές αλλαγές και επιβαρυντική απόκλιση από τις κανονικές συνθήκες ισορροπίας του φαινομένου του θερμοκηπίου.

Φθάνοντας στο σήμερα, ο άνθρωπος επιστρέφει στην απ ευθείας χρήση των φυσικών πόρων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, καθιστώντας βιώσιμες, ύστερα από μελέτες, τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.

Τον περασμένο χρόνο, η παραγόμενη από ΑΠΕ ισχύς άγγιξε το 22 τοις εκατό της συνολικής παραγόμενης ισχύος σε παγκόσμια κλίμακα, το ίδιο δηλαδή ποσοστό ισχύος από Φυσικό Αέριο. Μέχρι το 2020, αναμένεται να μπορεί να καλυφθεί το 25 τοις εκατό των ενεργειακών αναγκών με την αξιοποίηση των Ανανεώσιμων πηγών.

1.2. Ορισμός των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Οι όροι “Ανανεώσιμες μορφές ενέργειας” και “Ήπιες μορφές ενέργειας”, χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν τις μορφές εκμεταλλεύσιμης ενέργειας που προέρχονται από διάφορες φυσικές διαδικασίες, όπως η ηλιακή ακτινοβολία, ο άνεμος, η γεωθερμία, η κυκλοφορία του νερού και άλλες.

Συγκεκριμένα σύμφωνα με την οδηγία 2009/28/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου, ως ενέργεια από ανανεώσιμες μη ορυκτές πηγές θεωρείται η αιολική, ηλιακή, αεροθερμική, γεωθερμική, υδροθερμική και ενέργεια των ωκεανών, υδροηλεκτρική, από βιομάζα, από τα εκλυόμενα στους

χώρους υγειονομικής ταφής αέρια, από αέρια μονάδων επεξεργασίας λυμάτων και από βιοαέρια.

Ήπιες μορφές, ονομάζονται διότι αφενός για την εκμετάλλευσή τους δεν απαιτείται κάποια ενεργητική παρέμβαση (όπως εξόρυξη, άντληση ή καύση) όπως συμβαίνει με τις έως τώρα χρησιμοποιούμενες πηγές, αρκεί η εκμετάλλευση της ήδη υπάρχουσας ροής ενέργειας στη φύση. Αφετέρου, πρόκειται για καθαρές μορφές ενέργειας, οι οποίες δεν αποδεσμεύουν υδρογονάνθρακες, διοξείδιο του άνθρακα ή τοξικά και ραδιενεργά απόβλητα σε αντίθεση με τις συμβατικές πηγές. Ορθώς λοιπόν θεωρείται πως οι ΑΠΕ είναι μια αφετηρία για την επίλυση των οικολογικών προβλημάτων που αντιμετωπίζει ο πλανήτης.

Όσον αφορά τη χρήση τους, αυτή πραγματοποιείται είτε άμεσα (κυρίως για θέρμανση), είτε μέσω της μετατροπής σε άλλες μορφές ενέργειας, όπως η ηλεκτρική ή η μηχανική ενέργεια. Υπολογίζεται πως η τεχνικά εκμεταλλεύσιμη ενέργεια που παράγεται από ήπιες μορφές έχει πολλαπλάσια τιμή της παγκοσμίως ζητούμενης ενέργειας. Το υψηλό -μέχρι πρόσφατα- κόστος υλικών και εγκατάστασης των νέων ενεργειακών εφαρμογών, ορισμένα τεχνικά προβλήματα, καθώς και διάφορες οικονομικές και πολιτικές σκοπιμότητες έχουν καθυστερήσει σημαντικά την ανάπτυξη των Ανανεώσιμων Πηγών.

1.2.1. Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα ήπιων μορφών ενέργειας

Πλεονεκτήματα:

- Φιλικές προς το περιβάλλον αφού δεν παράγουν απόβλητα και δεν αφήνουν κατάλοιπα.
- Ανεξάντλητες, αντίθετα με τα ορυκτά καύσιμα.
- Υπάρχει η δυνατότητα κάλυψης των ενεργειακών αναγκών ακόμα και σε επίπεδο πόλεων και χρήση στη θέρμανση αντί του πετρελαίου.
- Καταργούν την αναγκαιότητα ύπαρξης μεγάλων μονάδων παραγωγής ενέργειας και ότι αυτή συνεπάγεται (όπως αχανή δίκτυα μεταφοράς και διανομής της ενέργειας).
- Απλή κατασκευή και εύκολη συντήρηση, αντοχή στο χρόνο.
- Επιδότησεις ένεκα κατασκευής ΑΠΕ από τις περισσότερες κυβερνήσεις.

Μειονεκτήματα:

- Μικρός συντελεστής απόδοσης στις περισσότερες μορφές, συνεπώς υψηλό κόστος εφαρμογής.
- Η απόδοση και η παροχή αρκετών ηπίων μορφών εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος και από τις καιρικές συνθήκες της εκάστου περιοχής εγκατάστασης.
- Από πολλούς κάποιες εγκαταστάσεις θεωρούνται αντιαισθητικές και άκομψες.
- Για τα υδροηλεκτρικά έργα λέγεται πως προκαλούν έκλυση μεθανίου και συντελούν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

1.3. Είδη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

Οι ανανεώσιμες πηγές παράγουν ουσιαστικά χρησιμοποιώντας την ηλιακή ακτινοβολία, εκτός αν πρόκειται για παραγωγή ενέργειας μέσω παλιρροϊκών κινήσεων όπου γίνεται εκμετάλλευση της βαρυτικής δράσης στους υδάτινους όγκους της επιφάνειας της γης, καθώς και στην περίπτωση της γεωθερμίας όπου η ηλιακή ενέργεια παίζει δευτερεύοντα ρόλο.

Επιγραμματικά, οι κύριες μορφές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι η ηλιακή ενέργεια, η αιολική, η γεωθερμική ενέργεια, η βιομάζα, η υδροηλεκτρική, η ενέργεια κυμάτων, παλιρροϊκών κυμάτων και θαλάσσιων ρευμάτων.

1.3.1. Ηλιακή ενέργεια

Ηλιακή καλείται η παραγόμενη ενέργεια που προέρχεται από εκμετάλλευση των ιδιοτήτων του ήλιου όπως το φως (φωτεινή ενέργεια), η θερμότητα (θερμική ενέργεια) και η ενέργεια ακτινοβολίας.

Η συνολική ενέργεια που ακτινοβολεί ο ήλιος στην επιφάνεια της γης κατά 10000 φορές πολλαπλάσια της παγκόσμιας ενεργειακής κατανάλωσης. Το φως του ήλιου χαρακτηρίζεται έμμεσο ή άμεσο ανάλογα με τον τρόπο που φθάνει στην επιφάνεια της γης.



Εικόνα 1. Φωτοβολταϊκά πάνελ

Οι φωτοβολταϊκές κυψέλες παράγουν ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιώντας την άμεση, αλλά και την έμμεση ακτινοβολία. Δηλαδή όταν το φως προσπίπτει σε μια κυψέλη, παράγεται συνεχές ρεύμα (DC), το οποίο μπορεί να αξιοποιηθεί, εάν συνδεθεί σε ηλεκτρικό φορτίο.

Το ποσό της ωφέλιμης ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από φωτοβολταϊκό στοιχείο είναι ανάλογο της έντασης φωτεινής ενέργειας που προσπίπτει στην επιφάνεια της μετατροπής. Άρα όσο μεγαλύτερο μέγεθος έχει ο διαθέσιμος ηλιακός πόρος, τόσο μεγαλύτερο θα είναι το δυναμικό της ηλεκτροπαραγωγής. Για βέλτιστη απόδοση δηλαδή, πρέπει οι κυψέλες να προσανατολίζονται προς τον ήλιο. Η ιδανική κατασκευή περιέχει κυψέλες που ακολουθούν την πορεία του ήλιου κατά τη διάρκεια της ημέρας, ωστόσο εάν αυτές είναι σταθερές, είναι σημαντικό να βελτιστοποιηθεί ο προσανατολισμός τους ως προς το νότο και η γωνία κλίσης τους ως προς το οριζόντιο επίπεδο.

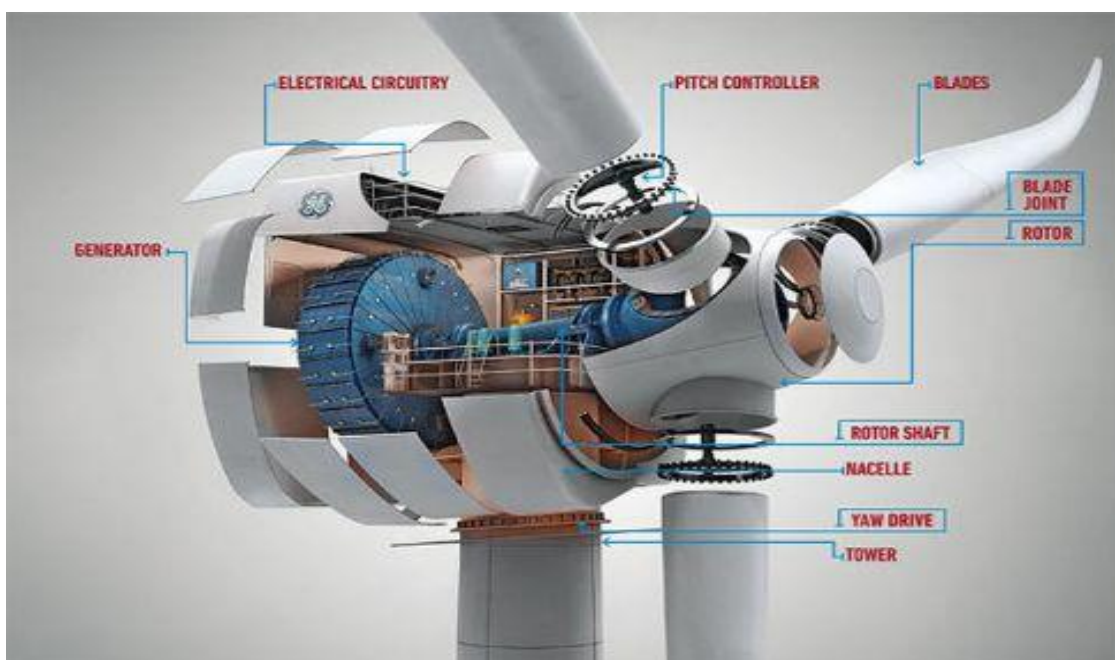
Ένας άλλος παράγοντας που επηρεάζει την απόδοση των φωτοβολταϊκών συστημάτων είναι η θερμοκρασία. Πιο συγκεκριμένα, η απόδοση αυξάνεται σε χαμηλότερες θερμοκρασίες. Συμπερασματικά, οι ιδανικές συνθήκες λειτουργίας ενός Φ/Β είναι οι σχετικά ψυχρές, φωτεινές και ηλιόλουστες ημέρες.

Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των φωτοβολταϊκών συστημάτων στην Ελλάδα μέχρι και το 2013 είναι 2.578,8 MW_p. Από αυτή το 94% (2419 MW) προέρχεται από το δίκτυο, (ηπειρωτική Ελλάδα) ενώ μόλις το 6% (160 MW) αντιστοιχεί σε μη διασυνδεδεμένα συστήματα παραγωγής (μη διασυνδεδεμένα νησιά).

1.3.2. Αιολική ενέργεια

Η αιολική ενέργεια έχει χρησιμοποιηθεί στο παρελθόν σε διάφορες εφαρμογές κυρίως σχετικές με τα μέσα μεταφοράς κάθε εποχής (ιστιοφόρα πλοία, αερόστατα κ.τ.λ.), ωστόσο στις μέρες μας χρησιμοποιείται μέσω ανεμογεννητριών για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Η λειτουργία της ανεμογεννήτριας βασίζεται στη μετατροπή ενέργειας από κινητική σε μηχανική και κατ' επέκταση σε ηλεκτρική. Αυτό συμβαίνει ως εξής, ο αέρας περιστρέφει τα πτερύγια της ανεμογεννήτριας, τα οποία κινούν άξονα συνδεδεμένο σε κιβώτιο μετάδοσης κίνησης, και μέσω μικρότερου άξονα δίνεται κίνηση στο εσωτερικό της γεννήτριας κι έτσι παράγεται ηλεκτρικό ρεύμα.



Εικόνα 2. Δομή ανεμογεννήτριας

Στην Ελλάδα λειτουργούν αρκετά αιολικά πάρκα, ισχύος από μερικές δεκάδες ή εκατοντάδες W μέχρι μερικά MW. Στο μεγαλύτερο ποσοστό είναι διασυνδεδεμένα στο δίκτυο χωρίς αυτό να σημαίνει πως δεν λειτουργούν και αυτόνομα ή σε συνδυασμό με άλλες πηγές.

Το αιολικό δυναμικό, δηλαδή η μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου, σε πολλά σημεία της χώρας μας βρίσκεται σε εξαιρετικά υψηλά επίπεδα στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Κυρίως στα νησιά του Αιγαίου η ταχύτητα ανέμου είναι μεγάλη (6-12 m/sec) η οποία υπερκαλύπτει την αποδοτική περιοχή ταχυτήτων ανέμου για τις ανεμογεννήτριες και κατ' επέκταση ο νησιωτικός χώρος αποτελεί ιδανικό πεδίο εφαρμογής της τεχνολογίας των αιολικών συστημάτων.

1.3.3. Γεωθερμική ενέργεια



Εικόνα 3. Φυσική πηγή γεωθερμίας

Γεωθερμία καλείται η φυσική θερμική ενέργεια της Γης που εκπέμπεται στην επιφάνεια μέσω του θερμού εσωτερικού του πλανήτη. Αυτό συμβαίνει με δύο τρόπους:

- Μέσω αγωγής από το εσωτερικό προς την επιφάνεια με ρυθμό 0,04-0,06 W/m²
- Μέσω ρευμάτων μεταφοράς, κυρίως στις ζώνες κοντά στα όρια των λιθοσφαιρικών πλακών.

Ανάλογα με το θερμοκρασιακό της επίπεδο, χωρίζεται σε τρεις κατηγορίες:

α. Η υψηλής ενθαλπίας (>150 °C), που χρησιμοποιείται κυρίως για παραγωγή ενέργειας.

β. Η μέσης ενθαλπίας (80 έως 150 °C), η οποία χρησιμοποιείται για θέρμανση ή ξήρανση ξυλείας και αγροτικών προϊόντων και σπανιότερα σε παραγωγή ηλεκτρισμού.

γ. Η χαμηλής ενθαλπίας (25 έως 80 °C), που χρησιμοποιείται για θέρμανση εσωτερικών χώρων, θερμοκηπίων, νερού κ.ά.

Το μεγάλο πλεονέκτημα της γεωθερμίας είναι το ότι αποτελεί μια πρακτικά ανεξάντλητη πηγή

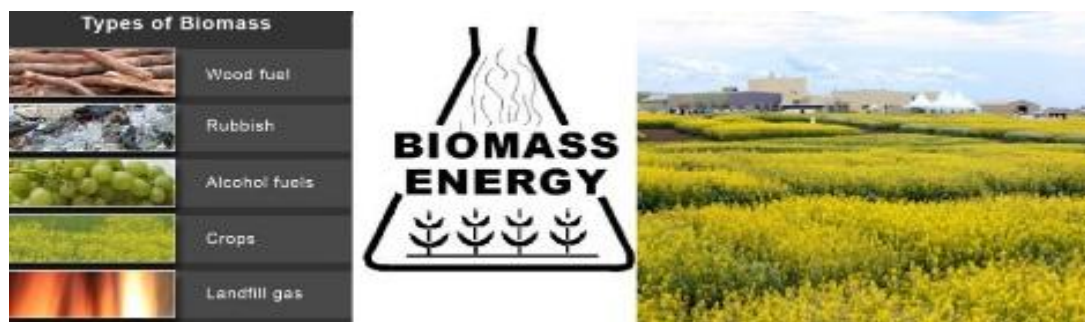
ενέργειας, ενώ το κύριο μειονέκτημα είναι το κόστος εγκατάστασης.

1.3.4. Βιομάζα

Ονομάζεται η ενέργεια η οποία παράγεται από υλικά οργανικής προέλευσης, δηλαδή υπολείμματα από γεωργικές καλλιέργειες, δασικές εργασίες, ζωικά απόβλητα, παραπροϊόντα γεωργικών βιομηχανιών, το οργανικό τμήμα των αστικών απορριμμάτων και τις ενεργειακές καλλιέργειες.

Η ενέργεια βιομάζας είναι δεσμευμένη και αποθηκευμένη μορφή της ηλιακής ενέργειας και βασίζεται στη λειτουργία της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτικών οργανισμών. Η χλωροφύλλη μετασχηματίζει την ηλιακή ενέργεια με μια σειρά διεργασιών, χρησιμοποιώντας ως πρώτες ύλες διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα καθώς και νερό και ανόργανα συστατικά του εδάφους.

Σήμερα η βιομάζα καλύπτει περίπου το 15% της παραγόμενης ενέργειας παγκοσμίως. Η καύση της αποτελεί ουσιαστικά, ουδέτερη διαδικασία από άποψη του φαινομένου του θερμοκηπίου, αρκεί να μη διαταράσσεται η ισορροπία στο φυσικό περιβάλλον.



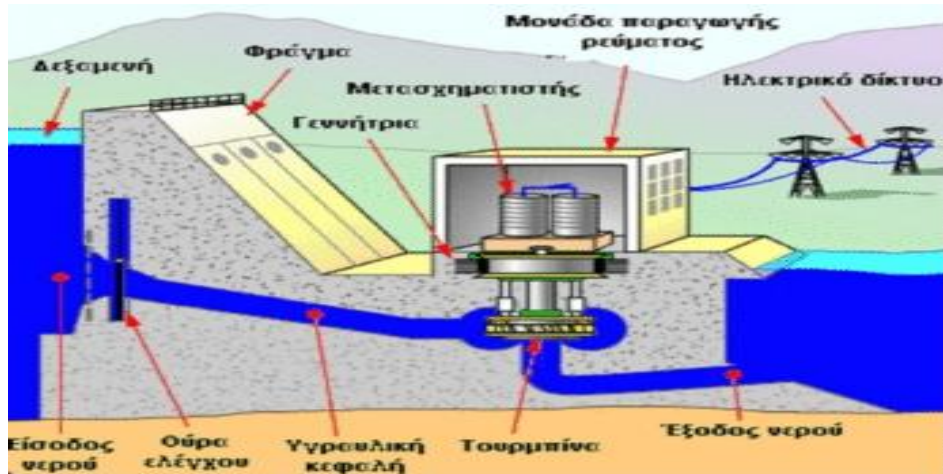
Εικόνα 4. Βιομάζα

Στην Ελλάδα, η βιομάζα χαρακτηρίζεται από πολυμορφία πρώτων υλών, με τοπικό χαρακτήρα συγκέντρωσης, και μπορεί να έχει πολλαπλές χρήσεις ανάλογα με το είδος και τις δυνατότητες αξιοποίησης της όπως: παραγωγή θερμικής κι ηλεκτρικής ενέργειας, παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων και βιοαερίου, κτλ. Η προέλευση, καθώς και το είδος των πρώτων υλών βιομάζας συνδέεται με πληθώρα αγροτικών δραστηριοτήτων (υλοτομίες δασικών συμπλεγμάτων, συγκομιδή υπολειμμάτων καλλιεργειών όπως το άχυρο σιτηρών και τα στελέχη του βαμβακιού, διάθεση αποβλήτων κτηνοτροφικών μονάδων κ.ά.) καθώς και με την εισαγωγή νέων ενεργειακών καλλιεργειών στο γεωργικό σύστημα. Μεγάλο πλεονέκτημα της αξιοποίησης της βιομάζας είναι ότι λόγω της σύνδεσής της με την αγροτική παραγωγή μπορεί να αποτελέσει πηγή συμπληρωματικού εισοδήματος και δημιουργίας θέσεων εργασίας για τις τοπικές κοινωνίες.

1.3.5. Υδροηλεκτρική ενέργεια

Είναι η μορφή ενέργειας της οποίας η παραγωγή βασίζεται στην μετατροπή της δυναμικής ενέργειας του νερού των λιμνών, καθώς και της κινητικής ενέργειας του τρεχούμενου νερού (ποτάμια) σε ηλεκτρική.

Η διαδικασία εκτελείται ουσιαστικά σε δύο στάδια. Σε πρώτη φάση, τα κινούμενα ύδατα περιστρέφουν τη φτερωτή ενός στροβίλου. Στη συνέχεια, μέσω γεννήτριας η κίνηση του στροβίλου μετατρέπει την ενέργεια αυτή σε ηλεκτρική. Το σύνολο του εξοπλισμού μέσω των οποίων γίνεται η μετατροπή, ονομάζεται Υδροηλεκτρικό Έργο. Στην πράξη τα έργα αυτά είναι διαδεδομένα ως Υδροηλεκτρικά Φράγματα.



Εικόνα 5. Υδροηλεκτρικός σταθμός

Ο πρώτος υδροηλεκτρικός σταθμός, ο οποίος χτίστηκε το 1882 στο Appleton, παρήγαγε 12,5 kw, παρείχε φως σε δύο χαρτοβιομηχανίες και ένα σπίτι.

Σήμερα στη χώρα μας σχεδόν το 1/10 των ενεργειακών αναγκών καλύπτεται από την υδροηλεκτρική ενέργεια, με ένα σημαντικό αριθμό κατασκευών Υ/Η σταθμών σε συγκροτήματα, όπως του Αχελώου, του Αλιάκμονα, Αράχθου, Νέστου κ.α.

1.3.6. Ενέργεια κυμάτων, θαλάσσιων ρευμάτων και παλιρροϊκών κινήσεων

Η παραγωγή ενέργειας από τα κύματα ή τις παλιρροϊκές κινήσεις, μπορεί να αξιοποιηθεί σε συγκεκριμένες τοποθεσίες, όπου το ύψος των κυμάτων, η διάρκεια κυματισμού καθώς και η ταχύτητα των θαλασσιών ρευμάτων επιτρέπουν την ενεργειακή αξιοποίησή της. Οι ωκεανοί μπορούν να προσφέρουν τεράστια ποσά ενέργειας.

Οι τρεις βασικοί τρόποι εκμετάλλευσης της θαλάσσιας ενέργειας είναι:

α) Τα κύματα:

Σ' αυτήν την περίπτωση εκμεταλλευόμαστε ουσιαστικά τη μετατροπή κινητικής ενέργειας σε μηχανική. Δηλαδή, η κινητική ενέργεια των κυμάτων περιστρέφει μια τουρμπίνα. Η ανυψωτική κίνηση του κύματος πιέζει τον αέρα προς τα

πάνω, μέσα στο θάλαμο και θέτει σε περιστροφική κίνηση την τουρμπίνα, έτσι ώστε η γεννήτρια να παράγει ρεύμα. Αυτός είναι ένας μόνο τύπος εκμετάλλευσης της ενέργειας των κυμάτων. Η παραγόμενη ενέργεια είναι σε θέση να καλύψει τις ανάγκες μιας οικίας, ενός φάρου, κ.λπ.

β) Η παλίρροια:

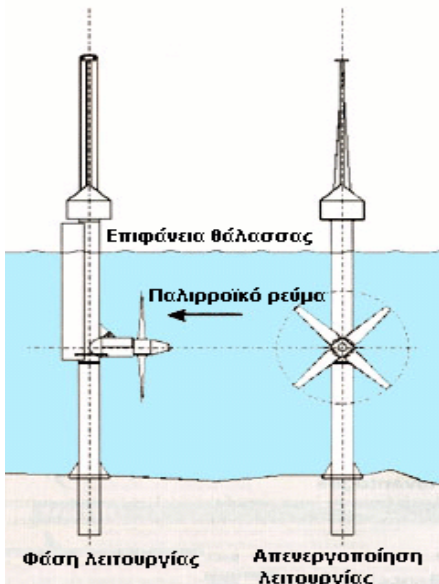
Η παλιρροϊκή ενέργεια έχει ανακαλυφθεί και χρησιμοποιηθεί εκατοντάδες χρόνια πριν, αφού με τα νερά που δεσμεύονταν στις εκβολές ποταμών από την παλίρροια, λειτουργούσαν οι νερόμυλοι. Η λειτουργία της βασίζεται στο ότι τα εισερχόμενα νερά της παλίρροιας στην ακτή κατά την πλημμυρίδα μπορούν να παγιδευτούν σε φράγματα. Κατά την άμπωτη τα αποθηκευμένα νερά ελευθερώνονται και κινούν υδροστρόβιλο, όπως στα υδροηλεκτρικά εργοστάσια. Τα καταλληλότερα μέρη για κατασκευή σταθμών ηλεκτροπαραγωγής είναι οι στενές εκβολές ποταμών, όπου η διαφορά μεταξύ της στάθμης του νερού κατά την άμπωτη και την πλημμυρίδα είναι τουλάχιστον 10 μέτρα. Σήμερα οι μικροί σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από το

θαλασσινό νερό βρίσκονται σε πειραματικό στάδιο. Η παραγόμενη ενέργεια είναι ικανή να καλύψει τις ανάγκες μιας πόλης μέχρι και 240 χιλιάδων κατοίκων. Ο πρώτος παλιρροϊκός σταθμός κατασκευάστηκε στον ποταμό La Rance στις ακτές της Βορειοδυτικής Γαλλίας το 1962 και οι υδροστρόβιλοί του μπορούν να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια καθώς το νερό κινείται κατά τη μια ή την άλλη κατεύθυνση. Άλλοι τέτοιοι σταθμοί λειτουργούν στη Ρωσία, στη θάλασσα Barents και στον κόλπο Fuhdy της Νότιας Σκωτίας.

γ) Διαφορές θερμοκρασίας του νερού:

Η θερμική ενέργεια των ωκεανών μπορεί όμως να αξιοποιηθεί με την εκμετάλλευση της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ του θερμότερου επιφανειακού νερού και του ψυχρότερου νερού του πυθμένα. Η διαφορά αυτή πρέπει να είναι τουλάχιστον 3,5 °C.

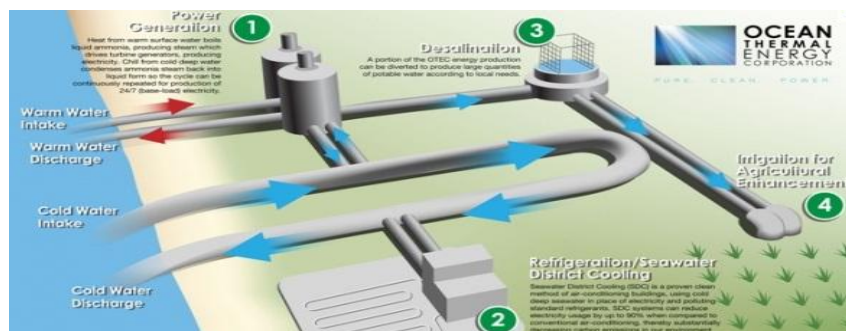
Τα πλεονεκτήματα της χρήσης της ενέργειας των ωκεανών, εκτός από το ότι αποτελεί ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, είναι το σχετικά μικρό κόστος κατασκευής των απαιτούμενων εγκαταστάσεων, η μεγάλη απόδοση (40-70kW ανά μέτρο μετώπων κύματος) και η δυνατότητα παραγωγής υδρογόνου με ηλεκτρόλυση από το θαλασσινό νερό, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο. Ως μειονέκτημα θεωρείται το κόστος μεταφοράς της ενέργειας στη στεριά.



Εικόνα 6α. Παραγωγή ενέργειας με εκμετάλλευση παλιρροϊκών ρευμάτων



Εικόνα 6β. Παραγωγή ενέργειας μέσω θαλάσσιων κυμάτων



Εικόνα 6γ. Χρήση διαφοράς θερμοκρασίας νερού για παραγωγή ενέργειας

1.4. Σταδιακή υποκατάσταση συμβατικών καυσίμων με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Το μεγαλύτερο ποσοστό ηλεκτροπαραγωγής στη χώρα μας μέχρι πρόσφατα ανήκε στις λιγνιτικές μονάδες και ένα μικρότερο ποσοστό στις πετρελαϊκές, ενώ τα τελευταία χρόνια έχει αναπτυχθεί και η παραγωγή από μονάδες φυσικού αερίου. Αυτές οι εφαρμογές αφορούν κυρίως το διασυνδεδεμένο ηπειρωτικό τμήμα της χώρας.

Όσον αφορά όμως τα μη διασυνδεδεμένα δίκτυα της Κρήτης, της Ρόδου και των υπόλοιπων νησιών και απομακρυσμένων περιοχών πραγματοποιείται σε ποσοστό 90% από πετρελαϊκούς σταθμούς και μερικά αιολικά πάρκα.

Η ανάπτυξη των ΑΠΕ παρέμεινε περιορισμένη για αρκετά χρόνια λόγω γραφειοκρατικών, πολιτικών και θεσμικών αιτιών ωστόσο η πετρελαϊκή κρίση που ξέσπασε το 2005, επανέφερε το θέμα της προώθησης των ΑΠΕ, όχι μόνο στην Ελλάδα, αλλά και παγκόσμια. Εκτός αυτού η ανάγκη της χώρας για απεξάρτηση από εισαγόμενα καύσιμα, το πρόβλημα της εξάντλησης των φυσικών πόρων και η ανάγκη για επίλυση περιβαλλοντικών θεμάτων, έχει επιφέρει την ανάγκη για αξιοποίηση, του αιολικού δυναμικού που διαθέτει η Ελλάδα καθώς και του ηλιακού με τη μορφή φωτοβολταϊκών πάρκων, αν λάβουμε υπόψη την πτώση κόστους κατασκευής τους.

Η υποκατάσταση συμβατικής ενέργειας μπορεί να επιφέρει σημαντικά οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη στην εθνική οικονομία και την κοινωνία, εφόσον ρυθμίζονται παράγοντες όπως το κόστος καυσίμου, οι εκπεμπόμενοι ρύποι των συμβατικών σταθμών και η απασχόληση στο συμβατικό τομέα.

Με το πλούσιο δυναμικό των ΑΠΕ στην Ελλάδα, καθώς και με ένα ευνοϊκό νομοθετικό πλαίσιο δημιουργείται η δυνατότητα, στην περίοδο της μεγάλης πετρελαϊκής κρίσης, η παραγωγή ενέργειας της χώρας να στραφεί στις ΑΠΕ, κι εκμεταλλευόμενοι την ωριμότητα της τεχνολογίας να επωφεληθούμε από αυτήν με την παραγωγή ενός τόσο σημαντικού αγαθού για τον άνθρωπο, την ηλεκτρική ενέργεια.

1.5. Υβριδικά συστήματα παραγωγής ενέργειας

Ο όρος αναφέρεται σε δυναμικά συστήματα ισχύος τα οποία χρησιμοποιούν περισσότερες από μία μεθόδους παραγωγής ενέργειας ώστε να καλυφθεί η απαιτούμενη ενέργεια. Συνήθως, εκτός από τα φωτοβολταϊκά, συνδυάζονται και άλλες πηγές ενέργειας, όπως ανεμογεννήτριες, γεωθερμία, υδροηλεκτρική ισχύς, βιομάζα. Συχνά όμως, συνδυάζεται μία ανανεώσιμη πηγή ενέργειας με μία συμβατική πηγή όπως η τροφοδοσία από το τοπικό δίκτυο ή από ηλεκτρογεννήτριες πετρελαίου (ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος ή H/Z), γεννήτριες μετατροπής και μπαταρίες. Τα υβριδικά συστήματα συνδυάζουν τις διάφορες μορφές ενέργειας για να τροφοδοτούν το σύστημα συνεχώς με σταθερή τάση, ελαχιστοποιώντας τους κινδύνους διακοπής της τροφοδοσίας. Χαρακτηρίζονται και ως δυναμικά συστήματα, καθώς είναι σχεδιασμένα έτσι ώστε να συνδυάζουν ταυτόχρονα τις διαθέσιμες πηγές ενέργειας, με αποτέλεσμα να εξαρτώνται όσο το δυνατό λιγότερο από τις μεταβολές των εξωγενών παραγόντων, όπως το τοπικό δίκτυο, η ηλιοφάνεια, η ένταση του ανέμου, η ροή του νερού κ.τ.λ.

Τα υβριδικά συστήματα χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο για την αδιάλειπτη λειτουργία σημαντικών οικιακών και επαγγελματικών εφαρμογών, ή σε εφαρμογές πρώτης ανάγκης όπως στρατιωτικές μονάδες, νοσοκομεία καθώς και σε περιοχές όπου το δίκτυο παρουσιάζει προβλήματα (διακοπές ή μεταβολές τάσης). Η εφαρμογή των υβριδικών συστημάτων εξελίσσεται με αργούς ρυθμούς, κυρίως λόγω του κόστους εγκατάστασης, το οποίο είναι αρκετά υψηλό για εφαρμογές που αφορούν ιδιώτες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

2.1. Ήλιος και ηλιακή ακτινοβολία

Ο ήλιος είναι ο αστέρας που έχει μάζα 2×10^{30} κιλά και διάμετρο 1.400.000 χιλιόμετρα, ηλικίας 5 δισεκατομμυρίων ετών και αποτελεί το 99,86% της μάζας του ηλιακού συστήματος. Η θερμοκρασία στην επιφάνειά του φτάνει τους 5.800 K, ενώ η εσωτερική του θερμοκρασία, μέχρι και 15.000.000. Τέτοιου μεγέθους θερμοκρασίες οφείλονται στις αυτοσυντηρούμενες πυρηνικές αντιδράσεις του εσωτερικού του ήλιου, κατά τις οποίες μετατρέπεται το υδρογόνο σε ήλιο. Η ηλιακή ενέργεια διαδίδεται στο σύμπαν, κυρίως με ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία αλλά και με σωματιδιακή μορφή. Η τροχιά της γης, καθώς κινείται γύρω από τον ήλιο είναι ελλειπτική. Ο ήλιος βρίσκεται στην μία από τις εστίες της, με μήκος μεγάλου ημιάξονα, $a=149,6 \times 10^6$ km και εκκεντρότητα $e=0,01673$. Η μεταβολή της απόστασης μεταξύ ηλίου και γης ανά έτος, ένεκα ελλειπτικής μορφής της τροχιάς της γης, είναι $\pm 1,7$ % και επαναλαμβάνεται με μικρές μεταβολές ανά έτος. Σε αντιστοιχία, η διακύμανση της έντασης ηλιακής ακτινοβολίας, η οποία καταλήγει στην επιφάνεια της γης εκτιμάται περίπου στο $\pm 3,4$ %. Η ακτινοβολία εκπομπής απομακρύνεται ακτινικά από τον αστέρα στο διάστημα, με αποτέλεσμα η ένταση (J) της ακτινοβολίας του να μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα με την απόσταση, όπως δίνεται από την εξίσωση:

$$J=P/(4\pi d^2)$$

Όπου P η ολική ισχύς της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και d η απόσταση από τον ήλιο.

2.2. Στοιχεία προσδιορισμού ηλιακής ακτινοβολίας

Η σημαντικότερη παράμετρος για τη διαμόρφωση ισχύος της ηλιακής ακτινοβολίας, είναι η θέση του ήλιου συγκριτικά με την περιοχή της γης που δέχεται την ακτινοβολία. Βάση αυτής της αρχής μπορούν να γίνουν διακριτές οι παρακάτω παράμετροι:

- **Το γεωγραφικό πλάτος** της τοποθεσίας, είναι η γωνία που σχηματίζει ο ισημερινός με την τοποθεσία. Κυμαίνεται από -90° έως 90° .
- **Η ζενιθιακή γωνία**, είναι η γωνία μεταξύ της ευθείας που ενώνει τη θέση ενός παρατηρητή ή μιας επιφάνειας με τον ήλιο και του τοπικού ζενίθ. Τοπικό ζενίθ καλείται ο νοητός άξονας που τέμνει κάθετα τον ορίζοντα μιας περιοχής κι εκτείνεται έως τον ουράνιο θόλο.
- **Το ηλιακό ύψος**, είναι η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ ορίζοντα και της ευθείας που ενώνει τον ήλιο με μια επιφάνεια, ή έναν παρατηρητή. Η γωνία αυτή είναι συμπληρωματική της ζενιθιακής γωνίας. Παίρνει τιμές από 0° έως και 90° , οι οποίες

μεταβάλλονται κατά τη διάρκεια του έτους. Δηλαδή κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού ο ήλιος έχει μεγαλύτερο ύψος σε σχέση με τον ορίζοντα, άρα και η τιμή της γωνίας είναι σχετικά υψηλή (περίπου 70°), ενώ τον χειμώνα η πορεία του ήλιου σε σχέση με τον ορίζοντα είναι χαμηλή, άρα οι τιμή του ηλιακού ύψους είναι σχετικά χαμηλή (περίπου 35°). Η διαφοροποίηση των τιμών αυτών εξηγείται αν λάβουμε υπόψη τη μετατόπιση του άξονα περιστροφής της γης σε σχέση με το επίπεδο περιστροφής της γύρω από τον ήλιο, δηλαδή την ηλιακή απόκλιση.

- **Το αζιμούθιο** , είναι η γωνία που σχηματίζουν ο τοπικός μεσημβρινός (νότος) και η προβολή της κάθετης ευθείας μιας επιφάνειας στον ορίζοντα. Αζιμούθια γωνία , καλείται η γωνία μεταξύ του επιπέδου του μεσημβρινού (νότος) του παρατηρητή και του επιπέδου που ορίζεται από τον κύκλο που διέρχεται από το τοπικό ζενίθ και τον ήλιο. Οι τιμές που μπορεί να πάρει η αζιμούθια γωνία είναι 0° - 180° , ξεκινώντας με αρνητικές τιμές στα ανατολικά, θετικές τιμές στα δυτικά και σημείο αναφοράς των μετρήσεων το νότο.
- **Η ωριαία γωνία ηλιακής απόκλισης** , μετριέται στους πόλους του θόλου μεταξύ του τοπικού μεσημβρινού του παρατηρητή και του ηλιακού μεσημβρινού. Η απόκλιση του ήλιου ανατολικά ή δυτικά του τοπικού μεσημβρινού, λόγω της περιστροφής της γης εκφράζεται με την ωριαία γωνία . Η γωνία αυτή μεταβάλλεται κατά 15 ανα ώρα, με αρνητικές τιμές το πρωί, θετικές το απόγευμα και μηδενικές κατά τη μεσημβρία.
- **Η γωνία κλίσης** , είναι η γωνία ανάμεσα στο επίπεδο αναφοράς και το οριζόντιο επίπεδο και κυμαίνεται μεταξύ 0° - 180° .
- **Η γωνία πρόσπτωσης** , είναι η αντίστοιχη γωνία της ζενίθιας, αλλά σε κεκλιμένο επίπεδο. Δηλαδή, είναι η γωνία μεταξύ ενός σημείου κεκλιμένης επιφάνειας με τον ήλιο και της κάθετης ευθείας στην κεκλιμένη επιφάνεια.

2.3. Φωτοβολταϊκό φαινόμενο

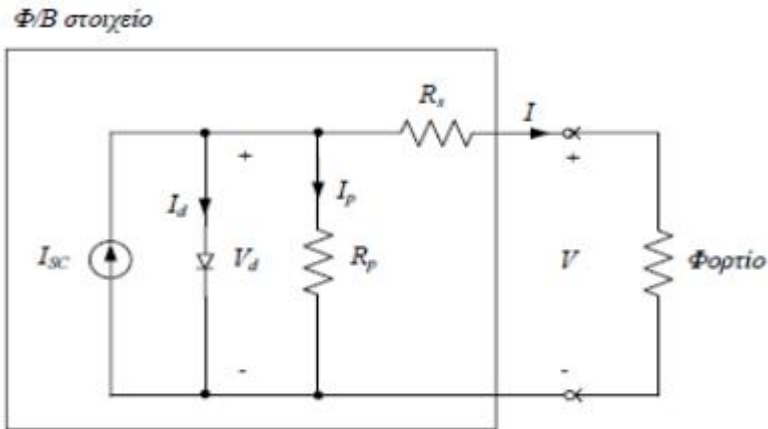
Είναι η μετατροπή της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας που απορροφάται στο εσωτερικό μιας διάταξης ημιαγωγικών υλικών σε επαφή. Η διάταξη αυτή ονομάζεται φωτοβολταϊκό στοιχείο. Το φαινόμενο προκαλείται από ενέργεια που εκλύεται από μια φωτεινή πηγή, άρα μια προϋπόθεση είναι τα υλικά της διάταξης να είναι φωτοαγωγιμα.

Η τάση και το ρεύμα του φωτοβολταϊκού στοιχείου έχουν κάτω από συνήθη φωτισμό κατάλληλες τιμές ώστε αυτό να χρησιμοποιηθεί ως πηγή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο συμπερασματικά είναι αποτέλεσμα δύο εσωτερικών φαινομένων, δηλαδή της φωτοαγωγιμότητας και της δημιουργίας εσωτερικού ηλεκτρικού πεδίου κατά την επαφή δυο ημιαγωγών.

2.4. Το φωτοβολταϊκό στοιχείο

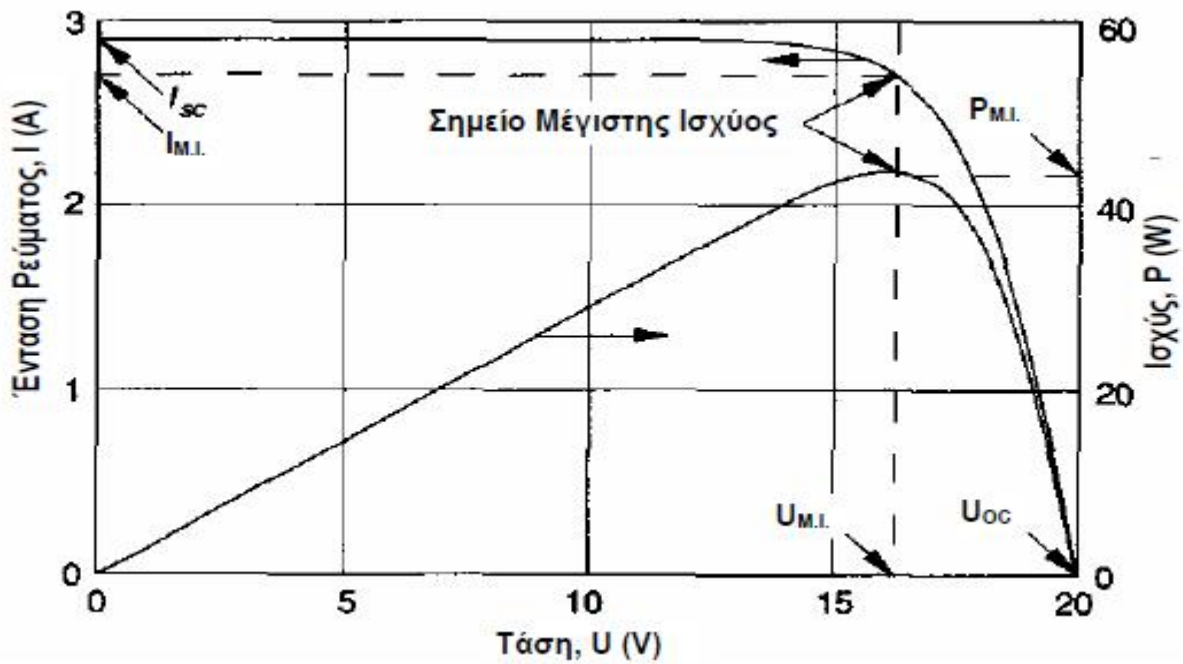
2.4.1. Ισοδύναμο κύκλωμα Φ/Β στοιχείου

Το ισοδύναμο ηλεκτρικό κύκλωμα ενός Φωτοβολταϊκού Στοιχείου δίνεται στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 1.) Απαρτίζεται από μια πηγή σταθερού ρεύματος (I_L) παράλληλα συνδεδεμένη με μια ιδανική δίοδο. Στη συνέχεια τοποθετείται το μη ιδανικό τμήμα του Φ/Β στοιχείου, το οποίο περιλαμβάνει την αντίσταση απωλειών διαρροής του ρεύματος μεταξύ των άκρων του, η οποία τίθεται παράλληλα συνδεδεμένη, στα άκρα της δίοδου, που απεικονίζεται με αντίσταση συνδεδεμένη σε σειρά με τη δίοδο (R_s) και την αντίσταση απωλειών στο δρόμο ροής του ρεύματος δίοδου (R_p).



Σχήμα 1. Ισοδύναμο κύκλωμα Φ/B στοιχείου.

2.4.2. Σχέση έντασης-τάσης (I-V) – Χαρακτηριστική Ισχύος Φ/B στοιχείου



Σχήμα 2. Καμπύλη Ισχύος

Η σχέση έντασης, ρεύματος και τάσης καθώς και η καμπύλη ισχύος $P = V \cdot I$ φαίνεται στο παραπάνω σχήμα (Σχήμα 2). Παρατηρούμε ότι η τιμή της έντασης φορτίου παραμένει σταθερή σε

μεγάλο εύρος τιμών της τάσης και ότι για τιμές τάσης μεγαλύτερες από κάποιο όριο αρχίζει να μειώνεται μέχρι να μηδενιστεί για άπειρη αντίσταση φορτίου.

Σε κάθε περίπτωση, επιδιώκουμε τη συνεχή σύμπτωση του σημείου λειτουργίας του συστήματος με το εκάστοτε σημείο μέγιστης ισχύος, ώστε να αποδίδεται στο φορτίο η μέγιστη δυνατή ισχύς

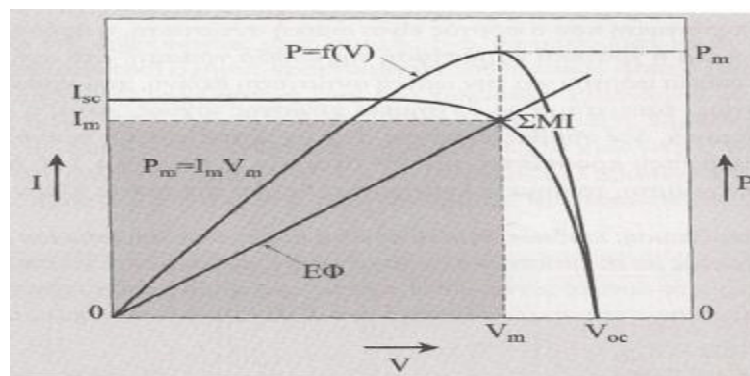
2.4.3. Ισχύς αιχμής

Γνωρίζοντας τα χαρακτηριστικά μεγέθη των Φ/Β στοιχείων (τάση ανοιχτού κυκλώματος, ρεύμα βραχυκύκλωσης, απόδοση κ.α) είναι εφικτός ο έλεγχος της αποδοτικότητας ενός Φ/Β στοιχείου υπό ορισμένες συνθήκες, που να αντιπροσωπεύουν τυπικές καταστάσεις εκμετάλλευσης της ηλιακής ακτινοβολίας. Για το λόγο αυτό, καθορίστηκαν διεθνώς οι παρακάτω πρότυπες συνθήκες ελέγχου των χαρακτηριστικών ενός Φ/Β στοιχείου (Standard Test Conditions, STC):

- Θερμοκρασία του Φ/Β στοιχείου $\theta_{STC} = 25 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$
- Κάθετη πρόσπτωση της ακτινοβολίας στην όψη του Φ/Β στοιχείου
- Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία δέσμης παραλλήλων ακτινών, πυκνότητας ισχύος $ESTC = 1 \text{ kW/m}^2$ και φάσματος αντίστοιχου του ηλιακού με AM1,5

Σύμφωνα με τις πρότυπες συνθήκες, εισάγεται, ως χαρακτηριστικό του Φ/Β στοιχείου η έννοια της ισχύος αιχμής (PP). Η μονάδα της στο SI, είναι Wp (Watt Peak). Ισχύς αιχμής (Peak Power), σε ένα Φ/Β στοιχείο, ελέγχου (STC, $PP=P_m,STC$). Η έννοια αυτή χρησιμοποιείται ομοίως, για το είναι η μέγιστη ηλεκτρική ισχύς που μπορεί να αποδώσει, κάτω από τις πρότυπες συνθήκες χαρακτηρισμό ενός Φ/Β πλαισίου ή Φ/Β συστοιχίας. Αποτελεί βασικό χαρακτηριστικό, σύμφωνα με το οποίο προσδιορίζεται το μέγεθος της Φ/Β συστοιχίας ενός Φ/Β συστήματος.

2.4.4. Παράγοντας πλήρωσης και βαθμός απόδοσης του Φ/Β στοιχείου



Σχήμα 3.

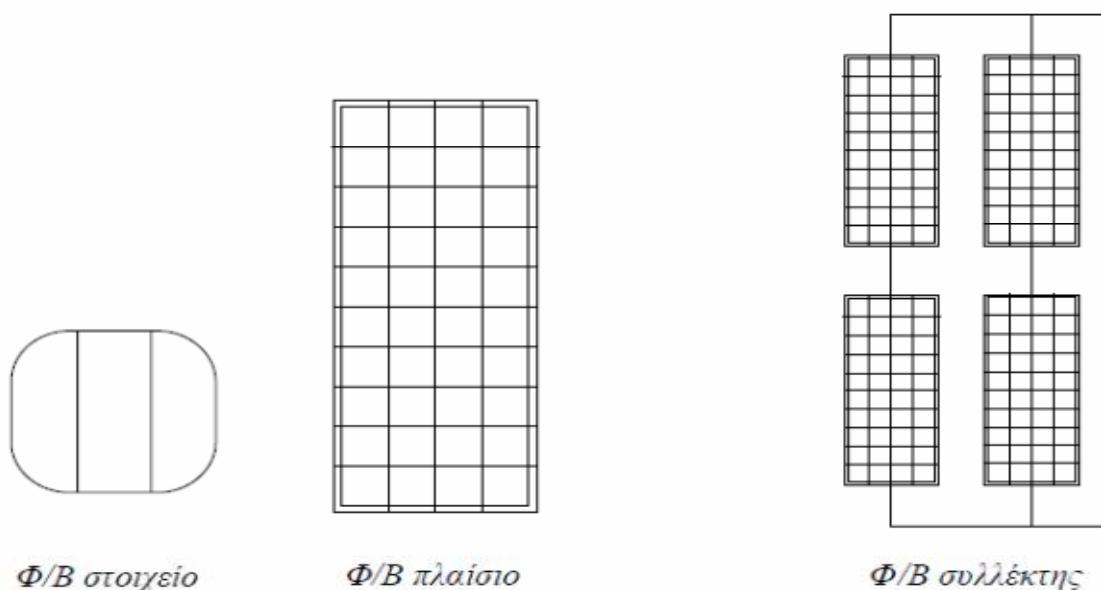
Το διαγραμμισμένο παραλληλόγραμμο μέσα στην καμπύλη I-V του παραπάνω σχήματος (Σχήμα 3), με πλευρές I_m και V_m , έχει εμβαδόν ίσο με τη μέγιστη αποδιδόμενη ισχύ από το Φ/Β στοιχείο. Το πηλίκο του εμβαδού αυτού προς το εμβαδόν ενός άλλου παραλληλογράμμου με πλευρές I_{sc} και V_{oc} , που περιγράφει την ιδανική συμπεριφορά του Φ/Β στοιχείου, ως πηγή σταθερού ρεύματος, δίνει το μέτρο προσέγγισης αυτής της λειτουργίας της επαφής. Αυτό το πηλίκο ονομάζεται παράγοντας πλήρωσης, FF (Fill Factor) και οι τιμές του, που καθορίζονται από το υλικό του Φ/Β στοιχείου και τις συνθήκες, είναι μεταξύ 0 και 1.

$$FF = \frac{P_R}{V_{OC} * I_{SC}} = \frac{V_R * I_R}{V_{OC} * I_{SC}}$$

Η τιμή του δίνεται σε πρότυπες συνθήκες ελέγχου (STC). Όσο πιο κοντά στη μονάδα είναι οι τιμές του FF, τόσο περισσότερο η λειτουργία του Φ/Β στοιχείου πλησιάζει την ιδανική συμπεριφορά της πηγής σταθερού ρεύματος, στην περιοχή τάσεων 0- V_{oc} . Σε αυτήν την περίπτωση η διάταξη χαρακτηρίζεται αφενός από μικρή ισοδύναμη αντίσταση εν σειρά, αφετέρου από μεγάλη τιμή παράλληλης αντίστασης. Τυπικές τιμές 0,7-0,9 χαρακτηρίζουν Φ/Β στοιχεία με αποδέκτη έως πολύ καλή ενεργειακή απόδοση, αντίστοιχα.

2.5 Φωτοβολταϊκά στοιχεία σε πλαίσια και συλλέκτες

Καθώς ένα ατομικό φ/β στοιχείο παράγει μόνο περίπου 0.5 V, το φ/β στοιχείο από μόνο του δεν έχει πρακτικές εφαρμογές. Αντίθετα, η βασική δομική μονάδα για φ/β εφαρμογές είναι το φ/β πλαίσιο που αποτελείται από προκαλωδιωμένα φ/β στοιχεία σε σειρά. Ένα τυπικό φ/β πλαίσιο έχει 36 φ/β στοιχεία στη σειρά και συχνά ονομάζεται “φ/β πλαίσιο 12 V” αν και μπορεί να παράγει πολύ μεγαλύτερες τάσεις (από 12 V). Πολλά φ/β πλαίσια μπορούν να συνδεθούν σε σειρά για να αυξηθεί η τάση. Επίσης πολλά φ/β πλαίσια μπορούν να συνδεθούν παράλληλα για να αυξηθεί το ρεύμα. Μία σημαντική παράμετρος στη σχεδίαση των φ/β συστημάτων είναι η απόφαση για το πλήθος των φ/β πλαισίων που θα πρέπει να συνδεθούν σε σειρά καθώς και για το πλήθος των φ/β πλαισίων που θα πρέπει να συνδεθούν παράλληλα για να παράγεται η ζητούμενη ενέργεια. Ένας τέτοιος συνδυασμός φ/β πλαισίων ονομάζεται φ/β συλλέκτης. Στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 4) φαίνεται η διάκριση ανάμεσα στο φ/β στοιχείο, το φ/β πλαίσιο, και το φ/β συλλέκτη.



Σχήμα 4.

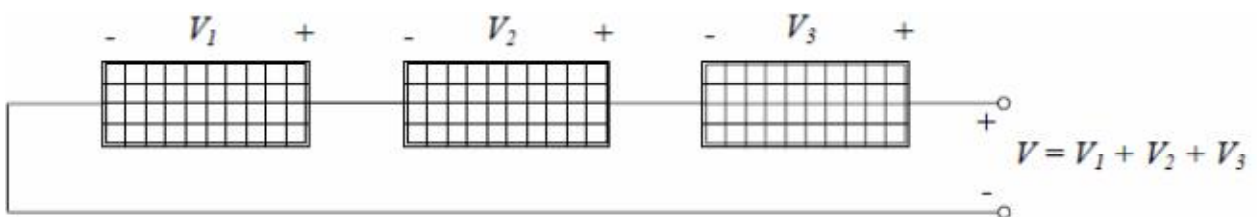
Όταν τα φ/β στοιχεία συνδέονται σε σειρά για να σχηματίσουν το φ/β πλαίσιο, όλα τα φ/β στοιχεία μεταφέρουν το ίδιο ρεύμα. Η συνολική τάση, V_{module} , του φ/β πλαισίου δίνεται από τη σχέση:

$$V_{module} = n * (V_d - I * R_S)$$

όπου n είναι ο αριθμός των φ/β στοιχείων που συνδέονται σε σειρά για να σχηματιστεί το φ/β πλαίσιο.

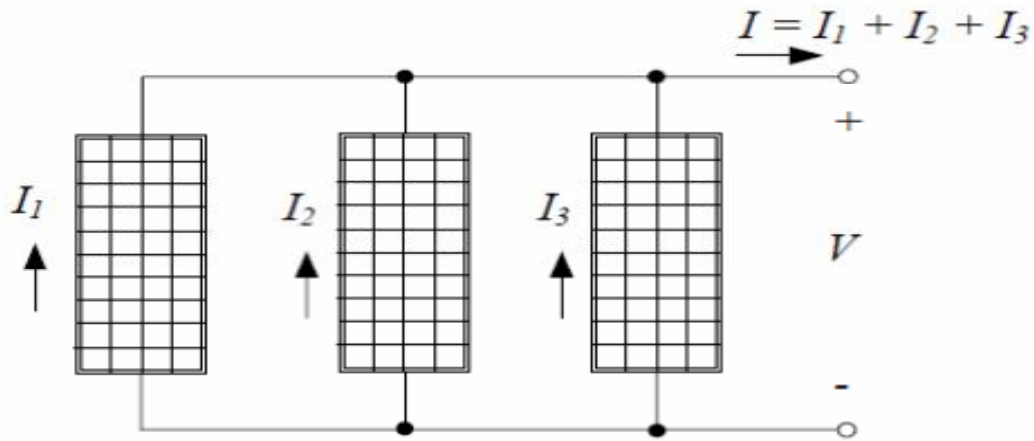
2.6. Σύνδεση Φ/Β πλαισίων

Τα φ/β πλαίσια συνδέονται στη σειρά για αύξηση της τάσης, και παράλληλα για αύξηση του ρεύματος. Οι φ/β συλλέκτες αποτελούνται από συνδυασμό φ/β πλαισίων συνδεδεμένων σε σειρά και παράλληλα για αύξηση της ισχύος. Στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 5α) φαίνονται τρία φ/β πλαίσια συνδεδεμένα σε σειρά. Για κάθε ρεύμα, το οποίο ρέει μέσα από κάθε ένα από τα φ/β πλαίσια, η συνολική τάση είναι ίση με το άθροισμα των τάσεων των ατομικών φ/β πλαισίων.



Σχήμα 5α. Συνδεσμολογία σε σειρά

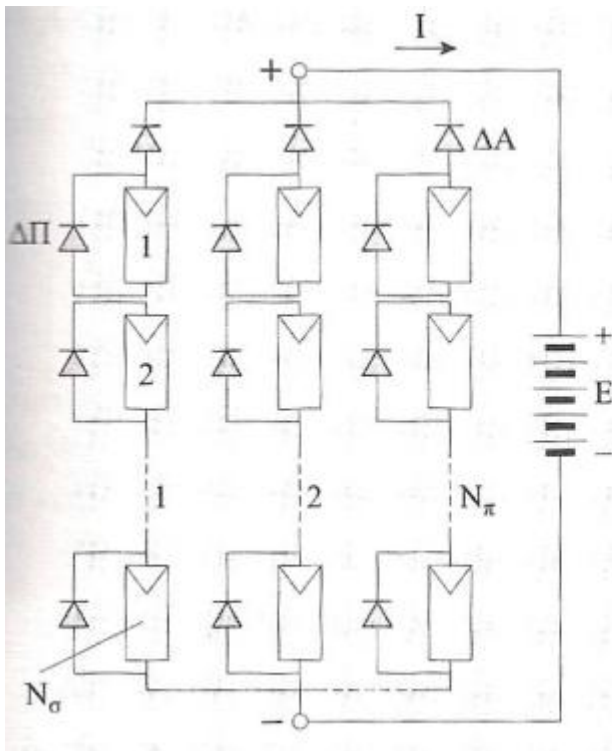
Στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 5β) φαίνονται τρία φ/β πλαίσια συνδεδεμένα παράλληλα. Για κάθε τάση, η οποία εφαρμόζεται στα άκρα κάθε ενός από τα φ/β πλαίσια, το συνολικό ρεύμα είναι ίσο με το άθροισμα των ρευμάτων των ατομικών φ/β πλαισίων.



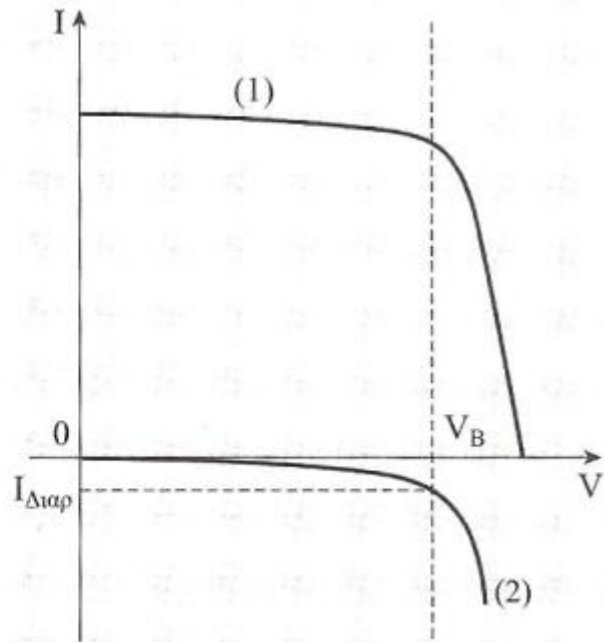
Σχήμα 5β. παράλληλη συνδεσμολογία

2.7. Προβλήματα σκίασης ή βλάβης των Φ/Β πλαισίων

Ένα Φ/Β πλαίσιο αποτελείται από Φ/Β στοιχεία ίδιων ηλεκτρικών χαρακτηριστικών, συνδεδεμένων σε σειρά. Συνεπώς, η σκίαση ή βλάβη ενός και μόνο Φ/Β στοιχείου του, θα μπορούσε να επιφέρει ολική αχρήστευση του. Μία σκιασμένη επιφάνεια συμπεριφέρεται, κατά βάση, όπως η απλή διόδος p-n, η οποία, όταν το κύκλωμα είναι κλειστό, δέχεται από τις άλλες, τις "υγιείς", μόνες τους ή σε συνδυασμό με την τάση των συσσωρευτών, στους οποίους πιθανόν να συνδέονται, μια υψηλή ανάστροφη τάση. Αν τα υπόλοιπα φωτιζόμενα Φ/Β στοιχεία του πλαισίου είναι μεγάλου πλήθους, αυτή η τάση, μπορεί να φτάσει την τάση διάσπασης της σκιασμένης διόδου, προκαλώντας την καταστροφή της (breakdown). Στην πράξη, για τα τυπικά Φ/Β πλαίσια, η σκιασμένη κυψελίδα λειτουργεί ως μια μεγάλη αντίσταση, όπου αποδίδει ενέργεια, που προσφέρουν οι υπόλοιπες. Παρατεταμένος σκιασμός της, σε συνδυασμό με έντονο φωτισμό των υπόλοιπων κυψελίδων, μπορεί να οδηγήσει σε καταστροφή του στοιχείου αυτού και κατά συνέπεια στην αχρήστευση όλου του πλαισίου, επειδή δεν υπάρχει η δυνατότητα αντικατάστασης ενός καταστραμμένου στοιχείου του. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται κατάσταση "θερμής κηλίδας" (hot spot). Για την αποτροπή του φαινομένου αυτού, το Φ/Β πλαίσιο εφοδιάζεται με διόδους, οι οποίες συνδέονται παράλληλα σε τμήματα των εν σειρά συνδεδεμένων Φ/Β στοιχείων του πλαισίου, ακόμη και αν κάποιο Φ/Β στοιχείο του υστερεί ή καταστραφεί. Οι διόδους αυτοί ονομάζονται διόδους παράκαμψης (bypass diodes). Τοποθετούνται στο κιβώτιο συνδέσεων, που βρίσκεται στο πίσω μέρος του Φ/Β πλαισίου. Σε περιπτώσεις που είναι πιθανή παροδική, μερική σκίαση μέρους των Φ/Β πλαισίων μιας συστοιχίας, καθένα απ' αυτά παραλληλίζεται, με διόδους παράκαμψης (Σχήμα 6α.)



Σχήμα 6α.



Σχήμα 6β.

Τα Φ/Β πλαίσια μιας Φ/Β συστοιχίας, συνδέονται έτσι ώστε να σχηματίζουν παράλληλους κλάδους, που καταλήγουν, μέσω του φορτιστή, στον συσσωρευτή. Προκειμένου να αποκλειστεί, αφενός η εκφόρτιση του συσσωρευτή μέσω των Φ/Β πλαισίων του κλάδου, κατά τη διάρκεια της νύχτας, αφετέρου η κυκλοφορία ρευμάτων που επιβάλλουν ένας ή περισσότεροι κλάδοι στους υπόλοιπους, κάθε κλάδος εφοδιάζεται με μια διόδο αντεπιστροφής ή απομόνωσης (blocking or isolation diode), τοποθετημένη στο αντίστοιχο κιβώτιο συνδέσεων του κλάδου. Αν οι γραμμές μεταφοράς από κάθε κλάδο καταλήγουν σε κεντρικό κιβώτιο, τότε σ' αυτό τοποθετούνται και οι διόδοι αντεπιστροφής. Σε περίπτωση που δεν υπάρχουν διόδοι αντεπιστροφής, το ρεύμα διαρροής της εγκατάστασης, $I_{\Delta\text{ιαρ}}$ (Σχήμα 6β), προσδιορίζεται από την επιβαλλόμενη στο Φ/Β συγκρότημα τάση ορθής πόλωσης, δηλαδή, την τάση V_B , του συσσωρευτή, κατά τη διάρκεια της νύχτας. Η παρουσία της διόδου αντεπιστροφής μηδενίζει το ρεύμα διαρροής τις νυχτερινές ώρες. Στις περισσότερες περιπτώσεις, για λόγους περιορισμού των πτώσεων τάσης στα κυκλώματα σύνδεσης των Φ/Β πλαισίων και στις γραμμές μεταφοράς και άρα των αντίστοιχων καταναλώσεων, προτιμούνται οι διόδοι Schottky, οι οποίες χαρακτηρίζονται από μικρότερη τάση λειτουργίας σε ορθή πόλωση (περίπου 0,3 V), σε αντίθεση με τις κοινές διόδους πυριτίου (περίπου 0,7 V).

2.8. Είδη Φ/Β

2.8.1. Φ/Β πλαίσια Πυριτίου

Το πιο διαδεδομένο υλικό στο κρυσταλλικό Φ/Β στοιχείο είναι το πυρίτιο το οποίο είναι το δεύτερο σε αφθονία στοιχείο στη γη μετά το οξυγόνο. Στην άμμο, το πυρίτιο περιέχεται με την μορφή οξειδίου (SiO_2) και με διαδοχικές εργασίες καθαρισμού του προκύπτει το πυρίτιο (Si) με

υψηλή καθαρότητα (99,9%). Τα Φ/Β στοιχεία πυριτίου διακρίνονται σε τέσσερις κατηγορίες ανάλογα με τη δομή του βασικού υλικού ή τον ιδιαίτερο τρόπο παρασκευής τους:

▼ Κρυσταλλικού πυριτίου (single-crystal silicon)

Το βασικό υλικό αυτού του είδους είναι το μονοκρυσταλλικό πυρίτιο και έχει σχετικά μεγάλο πάχος. Στο κρυσταλλικό πυρίτιο τα άτομα είναι τοποθετημένα σε ορισμένη κανονική δομή που επαναλαμβάνεται σε όλο το στερεό. Η απόδοση τους σε μορφή κυψέλης είναι 21-24% ενώ με τη μορφή Φ/Β πλαισίου είναι μεταξύ 13-16% και έχει υψηλό κόστος κατασκευής.

▼ Πολυκρυσταλλικού πυριτίου (multicrystalline silicon)

Το πολυκρυσταλλικό πυρίτιο παρέχει τη δυνατότητα κατασκευής μεγάλων επιφανειών. Αυτό το είδος αποτελείται από λεπτά επιστρώματα πάχους 10-55 μm . Η κρυσταλλική δομή του πολυκρυσταλλικού πυριτίου δεν είναι η ίδια σε όλο το στερεό αλλά παίρνει διαφορετικό προσανατολισμό σε διάφορες περιοχές του στερεού που χωρίζονται μεταξύ τους με συγκεκριμένες νοητές γραμμές. Στην επιφάνεια της κυψέλης διακρίνονται διαφορετικές μονοκρυσταλλικές περιοχές. Τα όρια των περιοχών αυτών αποτελούν θέσεις παγίδευσης. Άρα όσο μικρότερο είναι το μήκος των οριακών περιοχών τόσο καλύτερη είναι η ηλεκτρική αγωγιμότητα τους. Η απόδοση κυμαίνεται από 17-20% σε εργαστηριακή μορφή κυψελίδας και από 10-14% σε βιομηχανική μορφή Φ/Β πλαισίου. Ακόμα χαρακτηρίζεται από σχετικά υψηλή χρονική σταθερότητα ενώ το κόστος παρασκευής τους είναι χαμηλότερο σε σχέση με το μονοκρυσταλλικό.

▼ Άμορφου πυριτίου (Amorphous silicon)

Πρόκειται για τεχνολογία λεπτών επιστρώσεων ή υμενίων με πολύ χαμηλό κόστος παρασκευής λόγω της μικρής χρησιμοποιούμενης μάζας υλικού. Το λεπτό επίστρωμα σχηματίζεται πάνω σε υπόστρωμα υποστήριξης χαμηλού κόστους. Στα Φ/Β πλαίσια άμορφου πυριτίου τα άτομα καταλαμβάνουν τυχαίες θέσεις και η δομή τους είναι τελείως ακανόνιστη (σχήμα 3.8). Η απόδοση των Φ/Β στοιχείων αυτών μειώνεται έντονα στα αρχικά στάδια φωτισμού τους, στα επίπεδα του 6-8%. Η τεχνολογία αυτή χρησιμοποιείται για την παρασκευή σύνθετων Φ/Β στοιχείων με διαδοχικές ενώσεις δύο ή τριών στρωμάτων με διαφορετικό ενεργειακό χάσμα με σκοπό την αύξηση του αξιοποιήσιμου τμήματος του ηλιακού φάσματος. Για παράδειγμα παρασκευάζονται Φ/Β στοιχεία από κράμα πυριτίου με άνθρακα και γερμάνιο, τριών επαφών, a-SiGe (1,4 eV), a-SiC(1,85 eV), με σταθερή απόδοση 13%. Κύριο χαρακτηριστικό τους είναι η δυνατότητα δημιουργίας διαδοχικών Φ/Β στοιχείων σε μεγάλες επιφάνειες πλαισίων.

▼ Φ/Β στοιχεία ταινίας (ribbon silicon).

Δημιουργείται λεπτή ταινία από τηγμένο υλικό. Είναι πολυκρυσταλλικό πυρίτιο με απόδοση κοντά στο 13%, έχει πολύ υψηλό κόστος και περιορισμένη βιομηχανική παραγωγή.

2.8.2.Φ/B πλαίσια άλλων υλικών

Εκτός από τα Φ/B πλαίσια πυριτίου, τα οποία αποτελούν και τα πιο διαδεδομένα σήμερα στο κόσμο, κατασκευάζονται Φ/B πλαίσια και από άλλα υλικά, τα οποία προς το παρόν εμφανίζουν μειονεκτήματα που περιορίζουν την χρήση τους. Επιγραμματικά, βάσει κατασκευής τους, αυτά είναι:

- ✓ Δισεληνοειδιούχου Χαλκού (CIS)
- ✓ Τελουριούχου Καδμίου (CdTe)
- ✓ Αρσενιούχου Γαλλίου (GaAs)
- ✓ Θειούχου Χαλκού-Θειούχου Καδμίου (Cu₂S/CdS)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

3.1. Γενικά για τη γεωθερμία

Γεωθερμία ή Γεωθερμική ενέργεια καλείται η θερμική ενέργεια που προέρχεται από το εσωτερικό της γης και εμφανίζεται με τη μορφή θερμού νερού ή ατμού. Η ενέργεια αυτή σχετίζεται με την ηφαιστειότητα και τις ειδικότερες γεωλογικές και γεωτεκτονικές συνθήκες της κάθε περιοχής. Είναι μια ήπια και σχετικά ανανεώσιμη ενεργειακή πηγή, που με τα σημερινά τεχνολογικά δεδομένα μπορεί να καλύψει σημαντικές ενεργειακές ανάγκες. Οι γεωθερμικές περιοχές συχνά εντοπίζονται από τον ατμό που βγαίνει από σχισμές του φλοιού της γης ή από την παρουσία θερμών πηγών. Για να υφίσταται διαθέσιμο θερμό νερό ή ατμός σε μια περιοχή πρέπει να υπάρχει κάποιος υπόγειος ταμιευτήρας αποθήκευσης του κοντά σε ένα θερμικό κέντρο. Στην περίπτωση αυτή, το νερό του ταμιευτήρα (συνήθως είναι βρόχινο νερό που έχει διεισδύσει στους βαθύτερους ορίζοντες της γης), θερμαίνεται και ανεβαίνει προς την επιφάνεια. Τα θερμικά αυτά ρευστά εμφανίζονται στην επιφάνεια είτε με τη μορφή θερμού νερού ή με τη μορφή ατμού, είτε αντλούνται με γεώτρηση και αφού χρησιμοποιηθεί η θερμική τους ενέργεια, γίνεται επανέγχυση του ρευστού στο έδαφος με δεύτερη γεώτρηση. Έτσι ενισχύεται η μακροβιότητα του ταμιευτήρα και αποφεύγεται η θερμική ρύπανση του περιβάλλοντος.

Η μετάδοση θερμότητας πραγματοποιείται με δύο τρόπους:

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

3.2. Αξιοποίηση γεωθερμικών πηγών

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

- Η *Υψηλής Ενθαλπίας* ($>150 \text{ }^\circ\text{C}$), χρησιμοποιείται συνήθως για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η ισχύς τέτοιων εγκαταστάσεων το 1979 ήταν 1.916 MW με παραγόμενη ενέργεια $12 \times 10^6 \text{ kWh/yr}$.
- Η *Μέσης Ενθαλπίας* (80 έως $150 \text{ }^\circ\text{C}$), που χρησιμοποιείται για θέρμανση ή και ξήρανση ξυλείας και αγροτικών προϊόντων καθώς και μερικές φορές και για την παραγωγή ηλεκτρισμού (π.χ. με κλειστό κύκλωμα φρέον που έχει χαμηλό σημείο ζέσεως).
- Η *Χαμηλής Ενθαλπίας* (25 έως $80 \text{ }^\circ\text{C}$) που χρησιμοποιείται για θέρμανση χώρων (κατοικιών, θερμοκηπίων κ.α.), για ιχθυοκαλλιέργειες και για παραγωγή γλυκού νερού.

Υπάρχουν δύο κύριοι τρόποι εκμετάλλευσης της γεωθερμικής ενέργειας:

- ✚ Ο πρώτος συνίσταται στη χρήση της θερμότητας των γεωθερμικών ρευστών για την παραγωγή ηλεκτρισμού και τη θέρμανση νερού και χώρων. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται διεργασίες τόσο ανοικτού όσο και κλειστού κυκλώματος. Στην πρώτη περίπτωση το γεωθερμικό ρευστό εκτονώνεται σε δοχείο διαχωρισμού ατμού υγρού και ο παραγόμενος ατμός οδηγείται σε στρόβιλο για την παραγωγή ηλεκτρισμού, ενώ το θερμό υγρό σε εναλλάκτη θερμότητας. Στην περίπτωση της διεργασίας κλειστού κυκλώματος το γεωθερμικό ρευστό οδηγείται σε εναλλάκτη θερμότητας προσδίδοντας θερμική ενέργεια σε κατάλληλο ρευστό το οποίο ατμοποιείται και οδηγείται στον στρόβιλο. Την απαιτούμενη παραγόμενη θερμότητα του κυκλώματος την αποδίδει σε συμπτυκνωτή προτού διέλθει εκ νέου από τον εναλλάκτη του γεωθερμικού ρευστού.
- ✚ Κατά τον δεύτερο γίνεται εκμετάλλευση των θερμών μαζών του υπεδάφους ή υπόγειων υδάτων για την κίνηση αντλιών θερμότητας (γεωθερμικές αντλίες) για εφαρμογές θέρμανσης και ψύξης. Οι γεωθερμικές αντλίες θεωρούνται ως από τις πλέον αποδοτικές ενεργητικές τεχνολογίες για τη θέρμανση και ψύξη χώρων. Χρησιμοποιούν τη φυσική θερμοκρασία του υπεδάφους εκμεταλλευόμενες το γεγονός ότι η τελευταία δεν ποικίλλει σημαντικά στη διάρκεια ενός έτους. Κατά τη χειμερινή περίοδο λαμβάνει χώρα μεταφορά θερμότητας από τη γη στο κτίριο μέσω κλειστού κυκλώματος νερού, ενώ κατά τη θερινή περίοδο αντιστρέφεται η διαδικασία. Θεωρούνται πιο αποτελεσματικές από τα κοινά κλιματιστικά καθώς απλώς μεταφέρουν τη θερμότητα αντί να καταναλώνουν ενέργεια για να τη δημιουργήσουν.

3.3. Γεωθερμική εγκατάσταση χαμηλής ενθαλπίας

Στην παρούσα εγκατάσταση, θα αξιοποιήσουμε τη γεωθερμική ενέργεια για την κάλυψη αναγκών ψύξης – θέρμανσης. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, για τη συγκεκριμένη λειτουργία θα εγκατασταθεί γεωθερμικό σύστημα χαμηλής θερμοκρασίας.

Στην ουσία μια τέτοιου είδους εγκατάσταση βασίζεται στην εκμετάλλευση της σταθερής θερμοκρασίας του εδάφους καθ όλη τη διάρκεια του έτους, από την επιφάνεια της γης έως περίπου βάθος των 100 μέτρων. Στην Ελλάδα αυτό κυμαίνεται μεταξύ 12 °C και 170 °C. Βάσει αυτής της χαρακτηριστικής ιδιότητας του επιφανειακού εδάφους, παρέχεται η δυνατότητα εξαγωγής θερμότητας από αυτό κατά τους χειμερινούς μήνες ενώ κατά τη θερινή περίοδο χρησιμοποιείται ως πηγή ψύξης.

Εναλλακτικά, ως πηγή ψύξης/θέρμανσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί η εκμετάλλευση υπογείων υδάτων εφόσον υπάρχουν, με αντίστοιχες τεχνικές λύσεις.

Η γεωθερμία χαμηλής ενθαλπίας είναι ιδανική για κατασκευές μικρής κλίμακας (όπως μονοκατοικίες), καθώς και για εφαρμογές μεγαλύτερης κλίμακας (πολυκατοικίες, βιομηχανία). με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται σταθερή θέρμανση το χειμώνα, δροσισμό το καλοκαίρι και ταυτόχρονα ζεστό νερό χρήσης.

Για να είναι εφικτή η χρήση της φυσικής ενέργειας του υπεδάφους, είναι απαραίτητη η συνδρομή γεωθερμικών αντλιών θερμότητας και γεωθερμικών εναλλακτών. Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας αποτελούν το κύριο στέλεχος του συστήματος, αφού επιτρέπουν τη μετάβαση της θερμικής ενέργειας του εδάφους στους χώρους προς θέρμανση το χειμώνα, και αντίστροφα το καλοκαίρι.

Είναι σημαντικό πως η θερμότητα απλά μεταφέρεται, δεν δημιουργείται. Στη φύση η θερμότητα διαδίδεται από μια περιοχή υψηλότερης θερμοκρασίας σε μια χαμηλότερης.

Η αντλία θερμότητας, με τη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας μεταβιβάζει τη θερμότητα από μια ψυχρή πηγή (πηγή με χαμηλότερη θερμοκρασία), σε μια θερμή πηγή (πηγή με υψηλότερη

θερμοκρασία). Στην περίπτωση των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας, η γη αντιστοιχεί στην ψυχρή πηγή, ενώ ο αέρας και το νερό εντός των μονάδων θέρμανσης αντιστοιχούν στη θερμή πηγή.

Παρότι οι γεωθερμικές εγκαταστάσεις λειτουργούν με τη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας, θεωρούνται Ανανεώσιμη Πηγή Ενέργειας διότι η παραγόμενη ποσότητα θερμικής ενέργειας είναι κατά πολύ μεγαλύτερη από την αντίστοιχη πρωτογενή (πετρέλαιο, φυσικό αέριο) που θα χρησιμοποιούταν για την τροφοδότηση της ίδιας αντλίας θερμότητας. Αυτή είναι η αιτία για τη μείωση κατανάλωσης σε σχέση με τα συμβατικά συστήματα ψύξης/θέρμανσης.

3.4.Συστατικά μέρη μιας γεωθερμικής εγκατάστασης

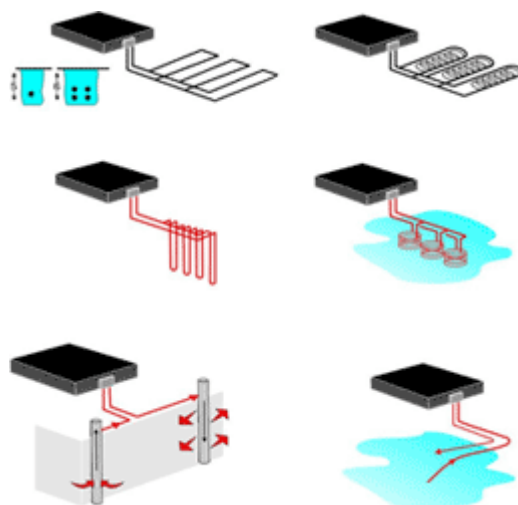
Μια γεωθερμική εγκατάσταση αποτελείται από τρία βασικά μέρη:

- Ένα σύστημα απαγωγής της θερμότητας
- Μια ηλεκτρική αντλία θερμότητας
- Ένα σύστημα διανομής θερμότητας

3.4.1. Σύστημα απαγωγής θερμότητας (γεωθερμικοί εναλλάκτες)

Είναι το βασικό μέρος μιας γεωθερμικής εγκατάστασης. Η λειτουργία του είναι να επιτρέπει τη μετάβαση της θερμότητας από μια κατάσταση ελεύθερης διάχυσης στο εσωτερικό του εδάφους ή ενός υδροφόρου ορίζοντα, σε κατάσταση ελεγχόμενης συγκέντρωσης και κατά συνέπεια ωφέλιμη στο εσωτερικό της εγκατάστασης κλιματισμού.

Οι γεωθερμικοί εναλλάκτες κατασκευάζονται συνήθως από πλαστικό ή χαλκό. Έχουν μικρή διάμετρο (0,3-0,4 m), και εισάγονται στο έδαφος πλησίον του κτηρίου που θα τροφοδοτηθεί, δημιουργώντας ένα κύκλωμα. Στο κύκλωμα αυτό κυκλοφορεί ρευστό το οποίο παίζει το ρόλο του διακομιστή θερμότητας, δηλαδή ανταλλάσσει θερμότητα με το έδαφος.



Εικόνα 7. Γεωθερμικός εναλλάκτης

Υπάρχουν δύο τρόποι εγκατάστασης των γεωθερμικών εναλλακτών:

- Γεωθερμικοί εναλλάκτες κλειστού κυκλώματος:
Αποτελούνται από ένα υπόγειο ή υποθαλάσσιο δίκτυο από υψηλής αντοχής πλαστικούς σωλήνες, που λειτουργεί ως εναλλάκτης θερμότητας. Για να συλλέξουμε θερμότητα από τη γη τροφοδοτούμε το δίκτυο με νερό το οποίο αποκτά τη θερμοκρασία της γης. Όπου εφαρμόζονται γεωθερμικοί εναλλάκτες κλειστού κυκλώματος χρησιμοποιείται και ένας κυκλοφορητής για την ομαλή τροφοδοσία της Αντλίας Θερμότητας. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα της εγκατάστασης είναι ότι το κύκλωμα της γης και του σπιτιού, είναι κλειστά και κατά συνέπεια δεν παρουσιάζονται επικαθίσεις αλάτων σε αυτά, με αποτέλεσμα η συντήρηση του συστήματος να είναι μηδαμινή.
- Γεωθερμικοί εναλλάκτες ανοιχτού κυκλώματος:
Χρησιμοποιούν επιφανειακά ή υπόγεια ύδατα ως πηγή ψύξης - θερμότητας και χώρους απόθεσης του νερού που επιστρέφει υποβαθμισμένο. Τέτοιες πηγές είναι η λίμνη, το πηγάδι, το ποτάμι, η γεώτρηση ή και η ίδια η θάλασσα. Ενδεικτικά ένα σπίτι 280 τετραγωνικών μέτρων απαιτεί περίπου 30 με 57 λίτρα ανά λεπτό παροχής νερού.

3.4.2. Ηλεκτρική αντλία θερμότητας

Η αντλία θερμότητας είναι η συσκευή που αντλεί θερμική ενέργεια από μια θερμή δεξαμενή (πηγή) που βρίσκεται σε χαμηλή θερμοκρασία προς μια καταβόθρα (συνήθως αέρας ή νερό) που βρίσκεται σε υψηλότερη θερμοκρασία είτε με την χρήση μηχανικού έργου είτε με την βοήθεια μιας θερμής δεξαμενής πολύ υψηλής θερμοκρασίας.

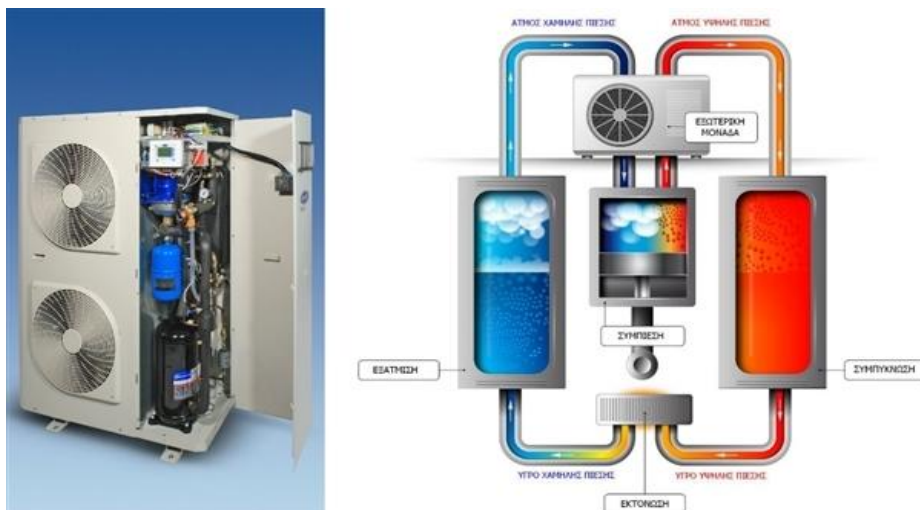
Η αρχή λειτουργίας της αντλίας θερμότητας εφαρμόστηκε αρχικά στα συνήθη ψυγεία και καταψύκτες, τα κλιματιστικά και εν συνεχεία σε συσκευές παραγωγής ζεστού νερού χρήσης. Πολλές φορές ταυτίζεται ο όρος Αντλία Θερμότητας με το κλιματιστικό.

Η διαφορά μεταξύ μιας αντλίας θερμότητας και ενός κοινού κλιματιστικού είναι ότι η αντλία θερμότητας μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για θέρμανση όσο και για ψύξη λειτουργώντας βάση του ίδιου θερμοδυναμικού κύκλου του οποίου η λειτουργία μπορεί να αντιστραφεί ανάλογα με την ανάγκη (θέρμανση ή ψύξη).

Σε ψυχρά κλίματα είναι μάλιστα σύνηθες να σχεδιάζονται και να κυκλοφορούν στην αγορά αντλίες θερμότητας μόνο για θέρμανση ενώ στα θερμότερα κλίματα είναι συνήθης η χρήση αυτών των μηχανών τόσο για θέρμανση όσο και για ψύξη.

Στη μηχανή κλιματισμού που απαιτεί μηχανικό έργο (που με τη σειρά του απαιτεί συνήθως κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας) για την συντήρηση του θερμοδυναμικού κύκλου, ο όρος αντλία θερμότητας αναφέρεται σε μηχανές που λειτουργούν με την χρήση συμπιεσμένου αερίου ως μέσο μεταφοράς της ενέργειας ανάμεσα σε πηγή και καταβόθρα.

Η μηχανή αυτή αποτελείται από ένα κυκλοφορητή, ένα συμπιεστή, μια βαλβίδα εκτόνωσης και εναλλάκτες θερμότητας, ώστε η κατεύθυνση άντλησης της θερμικής ενέργειας να μπορεί να αντιστραφεί. Για το λόγο αυτό συνήθως παρέχει θέρμανση και ψύξη εσωτερικών χώρων αλλά και ζεστό νερό χρήσης. Οι πιο κοινές πηγές άντλησης θερμότητας για τέτοιες μηχανές είναι ο ατμοσφαιρικός αέρας και το έδαφος. Ανάλογα με την φύση της πηγής και αντίστοιχα της καταβόθρας οι αντλίες θερμότητας διαχωρίζονται σε αέρα-αέρα, αέρα-νερού, εδάφους-αέρα και εδάφους-νερού.



Εικόνα 8. Αντλία θερμότητας

Το σύστημα χρησιμοποιεί έναν ανεμιστήρα, ο οποίος ωθεί τον εξωτερικό αέρα στην αντλία θερμότητας, όπου συναντά τον εξατμιστή. Αυτός είναι συνδεδεμένος σε ένα κλειστό σύστημα που περιέχει ένα ψυκτικό μέσο που μπορεί να μετατραπεί σε αέριο σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες. Όταν ο εξωτερικός αέρας συναντάται με τον εξατμιστή το ψυκτικό μέσο μετατρέπεται σε αέριο. Στη συνέχεια, χρησιμοποιώντας ένα συμπιεστή, το αέριο φτάνει σε υψηλή θερμοκρασία ώστε να μπορεί να μεταφερθεί στο συμπυκνωτή του συστήματος θέρμανσης του σπιτιού.

Ταυτόχρονα, το ψυκτικό μέσο, με τη βοήθεια του συμπυκνωτή, επανέρχεται σε υγρή μορφή, έτοιμο να μετατραπεί σε αέριο για άλλη μια φορά και να συλλέξει νέα θερμότητα.

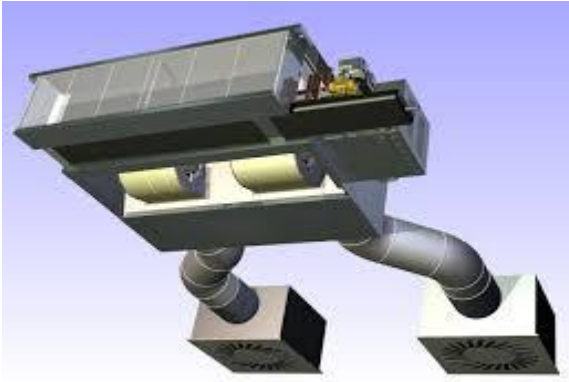
Το καλοκαίρι, το κύκλωμα ψύξης είναι ικανό να λειτουργήσει αντίστροφα ώστε να παρέχει ψύξη ανάλογα με τις εκάστοτε ανάγκες.

3.4.3. Σύστημα διανομής της θερμότητας

Οι γεωθερμικές εγκαταστάσεις είναι κατασκευασμένες ώστε να συντονίζονται πλήρως με μονάδες ψύξης/θέρμανσης σε χαμηλές θερμοκρασίες, όπως ενδοδαπέδια θέρμανση και fan coils.

Η ενδοδαπέδια θέρμανση είναι η πιο αποτελεσματική μορφή θέρμανσης που συνδυάζει συνθήκες θερμικής άνεσης και οικονομικής λειτουργίας. Στο σύστημα αυτό, ζεστό νερό θερμοκρασίας 35-45°C κυκλοφορεί μέσα σε κύκλωμα σωληνώσεων που είναι ενσωματωμένο στο δάπεδο του χώρου, μετατρέποντας το ίδιο το δάπεδο σε θερμαντικό σώμα. Η μετάδοση της θερμότητας πραγματοποιείται με ακτινοβολία από το δάπεδο προς τον θερμαινόμενο χώρο, από τα χαμηλότερα στρώματα προς τα υψηλότερα σε όλη την επιφάνεια του χώρου χωρίς ισχυρά ρεύματα. Επιτυγχάνεται με αυτόν τον τρόπο η επιθυμητή διαστρωμάτωση της θερμοκρασίας, δηλαδή στο ύψος της κεφαλής η θερμοκρασία ανέρχεται στους 18-20°C.

Fan coil είναι μια διάταξη ανεμιστήρα - στοιχείου. Λειτουργεί περίπου όπως ένα καλοριφέρ, δηλαδή παίρνει νερό στο στοιχείο του, όμως χαμηλότερης θερμοκρασίας (περίπου 50°C) και με τη συμβολή του ανεμιστήρα διανέμει τη θερμότητα στο χώρο. Σε αντίθεση, τα απλά σώματα λειτουργούν με συναγωγή χωρίς εξαναγκασμένη ροή. Σημαντικό πλεονέκτημα επίσης είναι ότι με χρήση αντλίας θερμότητας μπορούμε να έχουμε και ψύξη. Υπάρχουν διάφορες κατασκευαστικές μορφές τερματικών μονάδων ανάλογα με τον χώρο εγκατάστασης, τις ανάγκες θέρμανσης και την αρχιτεκτονική.



Εικόνα 9. Fan coil



Εικόνα 10. Ενδοδαπέδια θέρμανση

3.5. Κατηγορίες γεωθερμικών συστημάτων

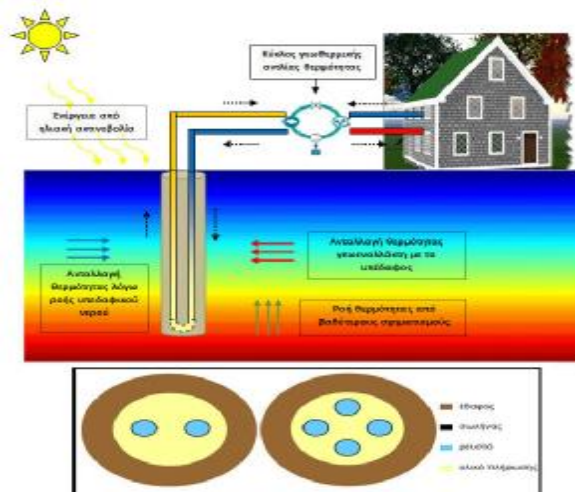
Οι γεωλογικές και κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στον τόπο εγκατάστασης ενός γεωθερμικού συστήματος είναι αυτές που υπαγορεύουν τον τρόπο με τον οποίο θα κατασκευαστεί η εγκατάσταση. Οι πιο διαδεδομένες τεχνικές κατασκευής είναι:

- Κάθετων Γεωεναλλακτών
- Οριζόντιων Γεωεναλλακτών
- Αξιοποίηση του νερού ως πηγή θερμότητας

3.5.1. Εγκατάσταση συστήματος με κάθετους γεωεναλλάκτες

Χρησιμοποιείται κυρίως σε μικρές εδαφικές εκτάσεις. Η λειτουργία ενός τέτοιου συστήματος βασίζεται στην αξιοποίηση της διαθέσιμης θερμότητας εντός του εδάφους, το οποίο σε βάθη έως 100-130 m, παρουσιάζει σταθερή θερμοκρασία (περίπου 12 με 17 °C). Όσον αφορά στην κατασκευή, πρώτα δημιουργείται γεώτρηση, εντός της οποίας εισάγεται ένας γεωθερμικός εναλλάκτης.

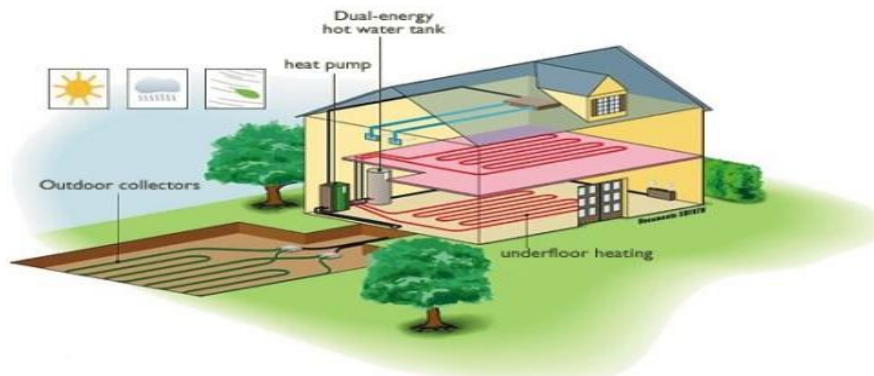
Θέτοντας σε κυκλοφορία το ρευστό θερμαντικό μέσο στο βάθος της γεώτρησης απορροφάται θερμότητα, η οποία ανταλλάσσεται καθώς φθάνει στην επιφάνεια, στο εσωτερικό μιας γεωθερμικής αντλίας θερμότητας. Η εν λόγω εγκατάσταση καλύπτει μικρή επιφάνεια σε ένα οικόπεδο, ενώ σε περίπτωση ανέγερσης νέου κτιρίου οι γεωτρήσεις δύνανται να διανοιχθούν κάτω από τη θεμελίωση και πριν αυτής.



Εικόνα 11. Σύστημα κάθετων γεωεναλλακτών

3.5.2. Γεωθερμικό Σύστημα Οριζόντιων Γεωεναλλακτών

Οι οριζόντιοι γεωεναλλάκτες κατασκευάζονται συνήθως σε σκάμμα ορισμένης επιφάνειας στον περιβάλλοντα χώρο του κτιρίου σε βάθος 1,0-2,5m και με πυκνότητα σωληνώσεων 0,5-0,8m. Στο επίπεδο αυτό αναπτύσσεται το οριζόντιο σύστημα αποτελούμενο από κυκλώματα σωλήνων δικτυωμένου πολυαιθυλενίου υψηλής πυκνότητας μέγιστου μήκους 100m, τα οποία μέσω των επιμέρους συλλεκτών οδηγούνται στην αντλία θερμότητας.



Εικόνα 12. Σύστημα οριζόντιων γεωεναλλακτών

Στο οριζόντιο κλειστό γεωθερμικό σύστημα το υπέδαφος λειτουργεί και ως εποχιακή αποθήκη θερμικής και ψυκτικής ενέργειας, γεγονός που συμβάλλει σημαντικά στην υψηλότερη απόδοση της εγκατάστασης.

Η απαιτούμενη έκταση που είναι αναγκαία, είναι συνάρτηση των θερμικών και ψυκτικών απαιτήσεων του κτιρίου. Για την διαστασιολόγηση του γεωθερμικού εναλλάκτη, απαιτείται η γνώση των θερμοκρασιών του εδάφους και των θερμικών αποκρίσεων στο βάθος εγκατάστασης. Επιπρόσθετα, καθορίζονται η περιοχή εγκατάστασης, η αντίσταση του εδάφους και του σωλήνα, καθώς και τα όρια μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας του διαλύματος που εισέρχεται στην αντλία θερμότητας. Η απόδοση του οριζοντίου εναλλάκτη κυμαίνεται μεταξύ $20-35\text{w/m}^2$, ανάλογα με τα γεωλογικά στοιχεία του υπεδάφους.

3.5.3. Αξιοποίηση του νερού ως πηγή θερμότητας

Εκτός του εδάφους, μπορεί να είναι εφικτή η εκμετάλλευση του νερού, ως πηγή θερμότητας. Προϋπόθεση όμως είναι, οι γεωτρήσεις να βρίσκονται πλησίον του κτιρίου που θα εγκατασταθεί

η αντλία θερμότητας. Σε περίπτωση εγκατάστασης όπου χρησιμοποιείται νερό υδροφόρου ορίζοντα, το ίδιο νερό αναλαμβάνει το ρόλο του θερμικού φορέα, όσο και της πηγής θερμότητας. Τα συστήματα αυτά ονομάζονται συστήματα κλειστού κυκλώματος και στην περίπτωση αυτή θα πρέπει να γίνεται ορθή εκτίμηση της ποιότητας του νερού αλλά και της διαθέσιμης ποσότητας για την αποφυγή βλαβών του υδροφόρου ορίζοντα.

Συνήθως η κατασκευή περιλαμβάνει δύο γεωτρήσεις, μια για την υδροληψία και μια για την επιστροφή. Οι γεωθερμικές εγκαταστάσεις νερού υδροφόρου ορίζοντα επιλέγονται κυρίως για κατασκευές κτιρίων μέσης και μεγάλης κλίμακας, διότι εκτός από τη μικρή κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος της αντλίας θερμότητας προστίθεται και η λειτουργία του αντλητικού συστήματος μέσα στη γεώτρηση.

3.6. Χειμερινή – Θερινή λειτουργία

3.6.1. Χειμερινή λειτουργία

Κατά τους χειμερινούς μήνες δημιουργείται η ανάγκη για την θερμαντική λειτουργία του συστήματος. Κατά τη λειτουργία αυτή, Η θερμοκρασία του θερμαντικού υγρού μειώνεται μέσω του γεωεναλλάκτη επαναδιοχέτευσης, ενώ η θερμοκρασία του ρευστού ανεβαίνει κατά 4-5 °C, εφόσον έχει αποσπάσει θερμότητα από το έδαφος μέσω της αγωγιμότητας. Η αντλία θερμότητας έχει την ικανότητα μεταφοράς της αφαιρούμενης θερμότητας του εδάφους στην εγκατάσταση διανομής, διοχετεύοντας νερό σε θερμοκρασίες 30-35 °C, μέσω ενδοδαπέδιας σωλήνωσης. Το νερό που επιστρέφει από την εγκατάσταση διανομής στην αντλία θερμότητας, έχει απώλεια θερμότητας 4-5 °C , αυτή δηλαδή που διέθεσε στο χώρο.

3.6.2. Θερινή λειτουργία

Κατά τη θερινή λειτουργία, ο ενεργητικός δροσισμός προϋποθέτει η λειτουργία της αντλίας θερμότητας να είναι συνεχής και το καλοκαίρι. Το θερμαντικό ρευστό πρέπει να μειώσει τη θερμοκρασία του, μέσω του γεωεναλλάκτη, σε επίπεδα θερμοκρασίας ανώτερης του εδάφους, και να επιστρέψει στην επιφάνεια κατά 4-5 °C ψυχρότερο, εφόσον έχει αποδώσει θερμότητα στο έδαφος. Σε αυτήν την περίπτωση, έχουμε ακριβώς την αντίστροφη λειτουργία από τη χειμερινή, χρησιμοποιώντας πάντα την αντλία θερμότητας , η οποία διοχετεύει τη θερμότητα της πιο θερμής περιοχής (σε αυτήν την περίπτωση το εσωτερικό του κτιρίου) στην ψυχρότερη περιοχή (έδαφος). Το νερό κατά την έξοδό του από την αντλία θερμότητας, μπορεί να φτάσει σε κατάλληλη θερμοκρασία για δροσισμό, της τάξεως των 16- 20 °C με χρήση ενδοδαπέδιας σωλήνωσης και 7-12 °C με χρήση fancoil.

Εναλλακτική πρακτική φυσικού δροσισμού αποτελεί ο παθητικός δροσισμός. Λειτουργεί με την κυκλοφορία του νερού του υδροφόρου ορίζοντα μέσω της ενδοδαπέδιας σωλήνωσης. Στην προκειμένη περίπτωση είναι αναγκαία η εφαρμογή παράκαμψης της αντλίας θερμότητας.

3.7. Αξιολόγηση κόστους γεωθερμικής εγκατάστασης σε κατοικία

3.7.1. Η ισχύουσα κατάσταση σχετικά με τις εγχώριες γεωθερμικές εγκαταστάσεις

Η εγκατεστημένη ισχύς των γεωθερμικών συστημάτων στην χώρα μας είναι ιδιαίτερα χαμηλή. Υπάρχουν περίπου 30-35 καταγεγραμμένα οριζόντια συστήματα γεωθερμίας και εκτιμάται να υπάρχουν άλλα τόσα σε όλη τη χώρα. Δυστυχώς στην Ελλάδα η ενημέρωση που υπάρχει γύρω από το θέμα αυτό είναι σχεδόν ανύπαρκτη, ενώ σε πολλές χώρες της Κεντρικής και Βόρειας Ευρώπης και της Βόρειας Αμερικής η τεχνολογία αυτή έχει σημειώσει σημαντική διείσδυση. Βεβαίως, το υψηλό κόστος εγκατάστασης, αλλά και το γεγονός ότι πρόκειται για «νέα» ουσιαστικά τεχνολογία στη χώρα μας, οδηγεί ορισμένους υποψήφιους που διερεύνησαν την περίπτωση εγκατάστασης συστήματος γεωθερμίας να μη προχωρήσουν στην υλοποίησή τους. Μέχρι τώρα και με την απουσία οποιουδήποτε κινήτρου για εγκατάσταση ανανεώσιμης τεχνολογίας, γεωθερμικά συστήματα έχουν εγκατασταθεί σε μονοκατοικίες από ιδιώτες με σχετικά υψηλή οικονομική κατάσταση. Τέλος, σχεδόν όλοι όσοι εγκατέστησαν ένα τέτοιο σύστημα έχουν μείνει απόλυτα ικανοποιημένοι από την απόδοσή του.

3.7.2. Συμπεράσματα – Προτάσεις

Η διείσδυση των γεωθερμικών συστημάτων στη χώρα μας είναι εξαιρετικά χαμηλή, και οι όποιες προσπάθειες έχουν γίνει μέχρι σήμερα οφείλονται στο προσωπικό ενδιαφέρον των ανθρώπων που προχώρησαν σε εγκατάσταση τέτοιων συστημάτων. Η τεχνολογία της αβαθούς γεωθερμίας έχει μεγάλες προοπτικές ανάπτυξης, κυρίως στην ορεινή και τη Βόρεια Ελλάδα για θέρμανση, αλλά και στη Νότια Ελλάδα για ψύξη/θέρμανση. Βασική προϋπόθεση βεβαίως για τη διείσδυση της νέας (για τη χώρα μας) αυτής τεχνολογίας αποτελεί η ύπαρξη κινήτρων, η ενημέρωση του κόσμου και η εγκατάσταση και λειτουργία επιδεικτικών έργων σε όλη τη χώρα.

Ιδιαίτερα, η προώθηση της αβαθούς γεωθερμίας με τα συστήματα κλειστού βρόχου στον οικιακό τομέα θα μπορούσε να γίνει με το συνδυασμό των παρακάτω μέτρων, ορισμένα από τα οποία εφαρμόζονται με επιτυχία σε πολλές χώρες:

- Έκπτωση του κόστους εγκατάστασης από το φορολογητέο εισόδημα εφ' άπαξ ή κατανομή του σε χρονικό ορίζοντα 2-3 ετών. Από φέτος αυτό γίνεται εν μέρει, θα ήταν όμως ευκαταίω να αυξανόταν το ποσό που εκπίπτει από το φορολογητέο εισόδημα.
- Μείωση του Φ.Π.Α. από 19% σε 9% για όλες τις μηχανολογικές εγκαταστάσεις (κυρίως αντλίες θερμότητας με πηγή το νερό).
- Εναλλακτικά του πρώτου μέτρου, θα μπορούσε να γίνει επιδότηση των εγκαταστάσεων με 1500-3000 € για κάθε αυτόνομη εγκατάσταση σε νέα οικία, όπως γίνεται σε άλλες χώρες της Ε.Ε.
- Εφαρμογή ευνοϊκών τιμολογίων ηλεκτρισμού από τη ΔΕΗ, η οποία ευνοείται άμεσα από την ανάπτυξη της αβαθούς γεωθερμίας με τη βελτίωση των συνθηκών ζήτησης ηλεκτρισμού κατά ώρες αιχμής (στις ημέρες καύσωνα και παγετού).
- Προσφορά δανείων με μηδενικό ή μικρό επιτόκιο για την εγκατάσταση του συστήματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΟ ΖΕΥΓΟΣ

4.1. Ορισμός

Οι καταναλωτές ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιούν συνήθως το δίκτυο μιας εταιρίας παραγωγής και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας (στην Ελλάδα ΔΕΔΔΗΕ) ως κύρια πηγή για την τροφοδότηση της εγκατάστασης τους. Η εταιρία αυτή προσφέρει μονοφασικό και τριφασικό εναλλασσόμενο ρεύμα, ημιτονοειδούς μορφής με ονομαστικές τιμές:

Συχνότητα (f): 50Hz, Ενεργό τιμή τάσης (V_{rms}): φασική 230V/πολική 400V

Στην πράξη, υπάρχουν εφαρμογές στις οποίες δεν επιτρέπεται ούτε η παραμικρή διακοπή ηλεκτρικής ενέργειας, όπως :

- σε ευαίσθητες βιομηχανικές και στρατιωτικές εγκαταστάσεις
- σε δορυφορικούς σταθμούς
- στα χειρουργεία ενός νοσοκομείου
- στα on-line συστήματα των τραπεζών κ.λπ.

Υπάρχουν επίσης περιπτώσεις που το δίκτυο παροχής ηλεκτρικής ενέργειας για πολλούς λόγους δεν μπορεί να μας εξυπηρετήσει, όπως συμβαίνει για παράδειγμα:

- σε μικρές (ορεινές ή νησιωτικές κυρίως) και απομονωμένες περιοχές
- στις υπαίθριες συναυλίες και εκδηλώσεις
- σε απομονωμένες κατοικίες
- σε κατασκηνώσεις κ.τ.λ.



Εικόνα 13. Ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος

Για να περιορισθούν τα παραπάνω προβλήματα που οφείλονται σε ακατάλληλη τάση, συχνότητα και σε διακοπές της κύριας πηγής ηλεκτρικής ενέργειας, χρησιμοποιούνται ειδικά ζεύγη μηχανών, μιας κινητήριας μηχανής και μιας ηλεκτρογεννήτριας τα οποία παράγουν ηλεκτρική ενέργεια. Αυτά ονομάζονται **ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη (H/Z)**. Το ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος είναι ανεξάρτητη πηγή ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία χρησιμοποιείται:

- ✓ Ως εφεδρική πηγή στις εγκαταστάσεις με κύρια πηγή το δίκτυο μιας εταιρίας (όπως ο ΔΕΔΔΗΕ) και τροφοδοτεί μέρος ή ολόκληρη την ηλεκτρική εγκατάσταση ενός κτιρίου, όταν η τάση και η συχνότητα γίνουν ακατάλληλες ή διακοπεί η παροχή από την κύρια πηγή.
- ✓ Ως κύρια πηγή ηλεκτρικής ενέργειας στις εγκαταστάσεις όπου δεν φθάνει το δίκτυο της εταιρίας διανομής.
- ✓ Σε ειδικές περιπτώσεις, παράλληλα με το δίκτυο της εταιρίας διανομής, για να καλύψει την αιχμή του φορτίου της ηλεκτρικής εγκατάστασης.

4.2. Κύρια μέρη ενός H/Z

Τα κύρια μέρη ενός ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους είναι :

- Η σύγχρονη γεννήτρια
- Ο κινητήρας εσωτερικής καύσης
- Ο πίνακας ελέγχου και μεταγωγής ισχύος
- Η βάση στήριξης

4.2.1. Σύγχρονη γεννήτρια

Όπως αναφέρεται παραπάνω, στα H/Z χρησιμοποιούνται **σύγχρονες γεννήτριες** εναλλασσομένου ρεύματος, με σκοπό τη μετατροπή της μηχανικής ενέργειας του κινητήρα σε ηλεκτρική.

Η απλούστερη μορφή γεννήτριας αποτελείται από έναν αγωγό σε μορφή πηνίου (επαγωγικό τύλιγμα ή τύλιγμα τυμπάνου) και ένα μόνιμο μαγνήτη (διέγερση), ο οποίος περιστρέφεται με σταθερή ταχύτητα. Στον αγωγό παράγεται τάση, λόγω του φαινομένου της επαγωγής. Εάν στον αγωγό δεν είναι συνδεδεμένο φορτίο, η τάση παραμένει σταθερή, επειδή η ένταση του μαγνητικού πεδίου παραμένει σταθερή. Αν όμως εφαρμοσθεί φορτίο στον αγωγό, το ρεύμα που τον διαρρέει προκαλεί πτώση τάσης.

Για να διατηρηθεί σταθερή η τάση της γεννήτριας, πρέπει για κάθε μεταβολή του φορτίου να μεταβάλλεται αντίστοιχα και η ένταση του μαγνητικού πεδίου. Για να γίνει εφικτή αυτή η μεταβολή, αρκεί να αντικαταστήσουμε το μόνιμο μαγνήτη με έναν ηλεκτρομαγνήτη, δηλαδή ένα πηνίο στο οποίο ρέει συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα. Το πηνίο αυτό ονομάζεται **πηνίο διέγερσης**. Μεταβάλλοντας την ένταση του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο διέγερσης, μεταβάλλεται και η ένταση του μαγνητικού πεδίου και με αυτόν τον τρόπο διατηρείται σταθερή η τάση. Συμπερασματικά, για να σταθεροποιηθεί η τάση, χρειάζεται εξωτερική μεταβλητή πηγή συνεχούς ρεύματος.

Για να τροφοδοτηθεί το περιστρεφόμενο πηνίο διέγερσης από τη σταθερή εξωτερική πηγή συνεχούς ρεύματος (DC), χρησιμοποιούνται δακτυλίδια και ψήκτρες. Τα άκρα του πηνίου συνδέονται σε δακτυλίδι, στα οποία ολισθαίνουν οι ψήκτρες, οι οποίες είναι συνδεδεμένες στους πόλους της πηγής συνεχούς ρεύματος. Με τον τρόπο αυτό εφαρμόζεται η τροφοδότηση του πηνίου διέγερσης. Όμως η χρήση δακτυλιδιών και ψηκτρών παρουσιάζει τα εξής μειονεκτήματα:

- Απαιτείται συχνή αντικατάσταση των ψηκτρών λόγω φθοράς από τριβή
- Προκαλούν μεγάλη πτώση τάσης, ιδιαίτερα όταν το συνεχές ρεύμα έχει μεγάλη ένταση

Τα παραπάνω μειονεκτήματα είναι ο λόγος για τον οποίο οι σύγχρονες γεννήτριες με ψηκτρες κατασκευάζονται μόνο για μικρή ισχύ. Σε περιπτώσεις μεγαλύτερης ισχύος, χρησιμοποιείται μια δεύτερη γεννήτρια εναλλασσομένου ρεύματος (**διεγέρτρια γεννήτρια**), η οποία τροφοδοτεί τη διέγερση της κύριας γεννήτριας.

Η διεγέρτρια γεννήτρια είναι μικρής ισχύος και ο δρομέας της τοποθετείται στον ίδιο άξονα με αυτόν της κύριας γεννήτριας. Το τύλιγμα πεδίου μιας διεγέρτριας βρίσκεται στο στάτη, ενώ το τύλιγμα τυμπάνου στο δρομέα. Επίσης, μεταξύ του επαγωγικού τυλίγματος της διεγέρτριας και του τυλίγματος πεδίου της κύριας γεννήτριας παρεμβάλλεται ανορθωτική γέφυρα η οποία μετατρέπει το εναλλασσόμενο ρεύμα σε συνεχές.

Η τροφοδοσία του τυλίγματος πεδίου της διεγέρτριας γίνεται είτε από την κύρια γεννήτρια, (αυτοδιεγειρόμενη), είτε από ανεξάρτητη γεννήτρια εναλλασσομένου ρεύματος με διέγερση από μόνιμους μαγνήτες που βρίσκονται στο δρομέα (**πιλότος**).

Οι γεννήτριες των οποίων το τύλιγμα πεδίου περιστρέφεται, δηλαδή βρίσκεται στο δρομέα χαρακτηρίζονται ως γεννήτριες περιστρεφόμενου πεδίου ή εσωτερικών πόλων, ενώ οι γεννήτριες των οποίων το τύλιγμα τυμπάνου βρίσκεται στο δρομέα, χαρακτηρίζονται ως γεννήτριες περιστρεφόμενου επαγωγικού τυλίγματος ή εξωτερικών πόλων.

Στα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη χρησιμοποιούνται κυρίως αυτοδιεγειρόμενες γεννήτριες περιστρεφόμενου πεδίου.

4.2.2. Κινητήρες εσωτερικής καύσης

Στα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη, χρησιμοποιούνται μηχανές εσωτερικής καύσης, κινητήρες οι οποίοι τροποποιούνται για συγκεκριμένη χρήση (στα Η/Ζ). Στους κινητήρες των Η/Ζ, η καύση του καυσίμου γίνεται σε περιορισμένο χώρο και τα αέρια προϊόντα της καύσης χρησιμοποιούνται άμεσα για την παραγωγή μηχανικής ισχύος. Τα κύρια μέρη ενός κινητήρα εσωτερικής καύσης είναι:

- **Σύστημα Εκκίνησης**

Είναι το σύστημα που περιστρέφει το στροφαλοφόρο άξονα του κινητήρα μέχρι να φθάσει στο κατάλληλο αριθμό στροφών, για να τεθεί ο κινητήρας σε λειτουργία. Μπορεί να είναι **υδραυλικό**, το οποίο χρησιμοποιείται σε πολύ μεγάλης ισχύος Η/Ζ ή **ηλεκτρικό**, το οποίο είναι παρόμοιο με το σύστημα εκκίνησης των αυτοκινήτων, δηλαδή τα βασικά μέρη του είναι ο κινητήρας συνεχούς ρεύματος (μίζα) και οι συσσωρευτές που το τροφοδοτούν.

- **Σύστημα ψύξης**

Οι μηχανές εσωτερικής καύσης ψύχονται με *αέρα (αερόψυκτες)* ή με *νερό (υδρόψυκτες)*. Οι κινητήρες πετρελαίου που χρησιμοποιούνται κυρίως στα Η/Ζ διατίθενται με σύστημα ψύξης κλειστού κυκλώματος βεβιασμένης κυκλοφορίας νερού. Το σύστημα αυτό αποτελείται από την αντλία, το ψυγείο και τον ανεμιστήρα. Η αντλία μεταφέρει το νερό από τη μηχανή, στο ψυγείο όπου αποδίδει θερμότητα στον αέρα και ξανά πίσω στη μηχανή, για να επαναληφθεί ο κύκλος.

- **Σύστημα λίπανσης**

Οι μηχανές εσωτερικής καύσης χρησιμοποιούν σύστημα λίπανσης με φίλτρο λαδιού, βαλβίδα και μανόμετρο για προστασία σε περίπτωση χαμηλής πίεσης του λιπαντικού ελαίου.

- **Σύστημα ρύθμισης ταχύτητας**

Όταν προστίθεται ή αφαιρείται ηλεκτρικό φορτίο από το Η/Ζ, η ταχύτητα του κινητήρα μειώνεται ή αυξάνεται αντίστοιχα. Η μεταβολή της ταχύτητας του κινητήρα έχει ως αποτέλεσμα τη

μεταβολή της ηλεκτρικής συχνότητας. Η συχνότητα όμως πρέπει να διατηρείται σταθερή, διαφορετικά οι ηλεκτρικές συσκευές δε λειτουργούν σωστά. Για να διατηρηθεί σταθερή η ταχύτητα, ο κινητήρας εξοπλίζεται με **ρυθμιστή ταχύτητας**. Ο ρυθμιστής ταχύτητας είναι σύστημα αυτοματισμού που παρακολουθεί και ελέγχει αυτόματα την ταχύτητα του κινητήρα, με σκοπό να τη διατηρεί σταθερή. Όταν προστίθεται ή αφαιρείται φορτίο, η ταχύτητα και η συχνότητα βυθίζονται ή ανυψώνονται στιγμιαία (1-3 sec), πριν ο ρυθμιστής ταχύτητας τις σταθεροποιήσει. Διακρίνουμε δύο τρόπους λειτουργίας των ρυθμιστών ταχύτητας:

- i. με πτώση ταχύτητας
- ii. ισόχρονη

Συναντώνται τρεις βασικές κατηγορίες κινητήρων εσωτερικής καύσης, ανάλογα με το είδος του καυσίμου:

· **Κινητήρες πετρελαίου (Diesel)**

Δηλαδή παλινδρομικές μηχανές εσωτερικής καύσης στις οποίες η ανάφλεξη του καυσίμου γίνεται με συμπίεση στο εσωτερικό του συστήματος εμβόλου-κυλίνδρου. Διακρίνονται σε δίχρονους ή τετράχρονους, ανάλογα με το αν ο κύκλος καύσης πραγματοποιείται σε δύο ή τέσσερις χρόνους. Έχουν μεγαλύτερο κόστος και είναι βαρύτεροι από τους αντίστοιχους κινητήρες βενζίνης και αερίου. Πλεονεκτούν όσον αφορά τη στιβαρότητα και αξιοπιστία και διαθέτουν μεγάλη διάρκεια ζωής. Έχουν μικρό λειτουργικό κόστος και είναι κατάλληλοι για συνεχή λειτουργία. Τα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη κινητήρα πετρελαίου καλύπτουν φάσμα ισχύος από 2,5 kW έως και μερικά MW.

· **Κινητήρες βενζίνης**

Είναι παλινδρομικές μηχανές εσωτερικής καύσης, οι οποίες χρησιμοποιούν ως καύσιμο τη βενζίνη και η ανάφλεξη πραγματοποιείται με σπινθήρα. Κοστίζουν λιγότερο από τους κινητήρες πετρελαίου και διαθέτουν γρήγορη εκκίνηση. Χαρακτηρίζονται όμως από σοβαρά μειονεκτήματα, όπως μεγάλο λειτουργικό κόστος, μικρό μέσο χρόνο συντήρησης και μικρό χώρο αποθήκευσης καυσίμου. Τα Η/Ζ με κινητήρα βενζίνης καλύπτουν φάσμα ισχύος μέχρι 100 kW.

· **Κινητήρες αερίου**

Είναι παλινδρομικές μηχανές εσωτερικής καύσης οι οποίες χρησιμοποιούν ως καύσιμο το φυσικό αέριο και η ανάφλεξη πραγματοποιείται με σπινθήρα. Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής, χαμηλό κόστος συντήρησης και προσφέρουν γρήγορη εκκίνηση ύστερα από μακρά περίοδο διακοπής της λειτουργίας τους. Κατασκευάζονται για ισχύ μέχρι 600 kW και κοστίζουν το ίδιο με τους αντίστοιχους κινητήρες βενζίνης.

4.2.3. Πίνακας ελέγχου και μεταγωγής ισχύος

Ο πίνακας ελέγχου έχει την μορφή ερμαρίου, κατασκευάζεται από φύλλα χάλυβα, διαθέτει πόρτα επιθεώρησης και περιέχει τα όργανα, τις συσκευές και τις διατάξεις που είναι απαραίτητα για την προστασία, καθώς και για τη χειροκίνητη ή αυτόματη λειτουργία του Η/Ζ.

Το εξωτερικό ενός πίνακα ελέγχου Η/Ζ αποτελείται από:

- Συχνόμετρο 43-57 Hz
- Αμπερόμετρα, ένα για κάθε φάση
- Βολτόμετρο 0-500V
- Μεταγωγέα Βολτομέτρου (συνήθως 6 θέσεων)
- Βολτόμετρο, για την μέτρηση της τάσεως των συσσωρευτών
- Μανόμετρο λαδιού, το οποίο μετράει την πίεση του λαδιού
- Ωρομετρητή, για μέτρηση των ωρών λειτουργία του κινητήρα
- Θερμόμετρο για την μέτρηση της θερμοκρασίας του νερού ψύξης
- Λυχνίες υπερτάχυνσης, υπερθέρμανσης, μπαταρίας και χαμηλής πίεσης
- Διακόπτη εκκίνησης

Το εσωτερικό σύστημα του πίνακα περιλαμβάνει:

- Το σύστημα προστασίας της γεννήτριας από υπερφόρτιση και βραχυκύκλωμα. Χρησιμοποιείται συνήθως αυτόματος τριπολικός διακόπτης (circuit breaker), ο οποίος διαθέτει θερμικό στοιχείο για την προστασία από υπερφόρτιση και ηλεκτρομαγνητικό στοιχείο για προστασία από βραχυκυκλώματα.
- Τα συστήματα προστασίας του κινητήρα από υπερτάχυνση, χαμηλή πίεση λαδιού και υψηλή θερμοκρασία νερού
- Κύκλωμα αυτοματισμού αποτελούμενο από τους ηλεκτρονόμους των βοηθητικών κυκλωμάτων, τα ρυθμιζόμενα χρονικά για την εκκίνηση και το σταμάτημα του Η/Ζ, και τις ασφάλειες των βοηθητικών κυκλωμάτων
- Φορτιστή 12 ή 24 V (DC) για συντηρητική φόρτιση των συσσωρευτών από το δίκτυο
- Μετασχηματιστές ρεύματος (ένας για κάθε αμπερόμετρο)
- Κύκλωμα ισχύος στο οποίο περιέχεται ο μεταγωγικός διακόπτης, που αποτελείται από δύο αυτόματους ισχύος με μηχανική και ηλεκτρική μανδάλωση για τον αποκλεισμό της τροφοδοσίας του φορτίου ταυτόχρονα από το δίκτυο της ΔΕΗ και από το Η/Ζ.

4.2.4. Αντικραδασμική βάση στήριξης

Τα σώματα του κινητήρα και της γεννήτριας συνδέονται σταθερά μεταξύ τους. Ο στροφαλοφόρος άξονας του κινητήρα συνδέεται μέσω πολύφυλλου μεταλλικού συνδέσμου με τον άξονα του ρότορα της γεννήτριας και το συνδεδεμένο ζεύγος κινητήρα-γεννήτριας τοποθετείται σε μεταλλική βάση. Η βάση αυτή έχει τη μορφή πλαισίου και φέρει πλαστικά αντικραδασμικά

στηρίγματα, έτσι ώστε να μην μεταφέρονται οι κραδασμοί στον περιβάλλοντα χώρο, ενώ διαθέτει υποδοχές για την ανύψωση και μεταφορά του ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους. Οι σύγχρονες βάσεις κατασκευάζονται με χρήση δύο πλαισίων, μεταξύ των οποίων τοποθετούνται τα αντικραδασμικά στηρίγματα.

4.3. Ισχύς και φόρτιση

Ανατρέχοντας σε κάποιο τεχνικό φυλλάδιο κατασκευαστή H/Z, μπορούμε να εντοπίσουμε την ισχύ, η οποία συνοδεύεται με έναν χαρακτηρισμό που καθορίζει τον τρόπο και το χρόνο φόρτισης του H/Z, σύμφωνα με ο διεθνή κανονισμό ISO 3046. Ο χαρακτηρισμός αυτός μας οδηγεί σε δύο κατηγορίες ισχύος:

- **Κύρια (Prime power).** Το ζεύγος με κύρια ισχύ είναι κατασκευασμένο για συνεχή λειτουργία με μεταβαλλόμενο φορτίο. Δεν πρέπει να λειτουργεί με το 100% της ισχύος του για περισσότερες από 500 ώρες το χρόνο, ενώ μπορεί να υπερφορτίζεται κατά 10% για 1 ώρα ανά 12 ώρες συνεχούς λειτουργίας και οι συνολικές ώρες υπερφόρτισης το χρόνο δεν πρέπει να ξεπερνούν τις 25.
- **Εφεδρική (Stand-by power).** Το ζεύγος με εφεδρική ισχύ είναι κατασκευασμένο για 200 ώρες λειτουργίας το χρόνο, δεν πρέπει να λειτουργεί για περισσότερες από 25 ώρες το χρόνο στο 100% της ισχύος του και πρέπει να χρησιμοποιείται μόνο ως εφεδρική πηγή.

Όσον αφορά τη φόρτιση, εάν το H/Z με κύρια ισχύ πρόκειται να χρησιμοποιηθεί ως κύρια μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας για συνεχή λειτουργία επί 24 ώρες την ημέρα, δεν πρέπει να φορτίζεται στο 100% της ισχύος, αλλά σε μικρότερη (85-90%), ανάλογα με τις δυνατότητες του κινητήρα.

4.4. Αυτόματη/Χειροκίνητη λειτουργία

4.4.1. Αυτόματη

Κατά την αυτόματη λειτουργία, ύστερα από αποτυχία σύνδεσης στο δίκτυο (διακοπή ή ακαταλληλότητα τάσης), τίθεται αυτόματα σε λειτουργία το H/Z με χρονική καθυστέρηση μερικών δευτερολέπτων. Η καθυστέρηση αυτή έχει σκοπό την αποφυγή περιττών εκκινήσεων του H/Z, που θα μπορούσαν να δημιουργηθούν λόγω διακοπών μικρής διάρκειας της κύριας πηγής. Σε περίπτωση αποτυχίας της πρώτης αυτόματης εκκίνησης του H/Z, προβλέπονται συνήθως άλλες δύο αυτόματες προσπάθειες εκκίνησης. Ύστερα από την εκκίνηση του H/Z, γίνεται μεταγωγή του ηλεκτρικού φορτίου από την κύρια πηγή στη γεννήτρια. Όταν η τάση στην κύρια πηγή αποκατασταθεί, η μεταγωγή του φορτίου στο δίκτυο της κύριας πηγής γίνεται με χρονοκαθυστέρηση (συνήθως 60 sec). Μετά από τη μεταγωγή του φορτίου στο δίκτυο της κύριας πηγής, το H/Z συνεχίζει να λειτουργεί για μερικά λεπτά, ένεκα ψύξης του κινητήρα.

4.4.2.Χειροκίνητη

Κατά τη χειροκίνητη λειτουργία, τα στάδια λειτουργίας του Η/Ζ, καθώς και η μεταγωγή του φορτίου από την κύρια πηγή στο Η/Ζ, πραγματοποιούνται από αρμόδιο τεχνικό, με κατάλληλους χειρισμούς. Η μεταγωγή του ηλεκτρικού φορτίου πραγματοποιείται εφόσον διαπιστωθεί από τον τεχνικό, ελέγχοντας τα όργανα, ότι η τάση και η συχνότητα της γεννήτριας έχουν σταθεροποιηθεί και έχουν τις σωστές τιμές.

4.5.Συντήρηση

Η συντήρηση αποτελεί βασικό συστατικό της διατήρησης βέλτιστης λειτουργίας ενός Η/Ζ. Επίσης συντελεί στην πρόληψη κατά πιθανών βλαβών στα μέρη του Η/Ζ. Για να δημιουργηθεί πρόγραμμα προληπτικής συντήρησης, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη:

- Το εγχειρίδιο συντήρησης της γεννήτριας
- Το εγχειρίδιο συντήρησης του κινητήρα
- Αν το Η/Ζ χρησιμοποιείται ως κύρια ή εφεδρική πηγή, πράγμα το οποίο καθορίζει το χρόνο λειτουργίας του

Ο παρακάτω πίνακας (Πίνακας 1) περιέχει μια ενδεικτική συντήρηση ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους ανά ημέρα, εξάμηνο, έτος:

ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ	ΕΞΑΜΗΝΙΑΙΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ	ΕΤΗΣΙΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ
Έλεγχος στάθμης λαδιού και καυσίμου	Αλλαγή λαδιών	Έλεγχος ιμάντων
Έλεγχος μπαταριών και οργάνων	Αλλαγή φίλτρων λαδιού	Έλεγχος αντικραδασμικών στηριγμάτων βάσης
Έλεγχος ψυγείου	Αλλαγή φίλτρων πετρελαίου	Αλλαγή φίλτρου αέρα
Έλεγχος κολάρων		
Έλεγχος καλωδιώσεων		

Πίνακας 1. Ενδεικτική συντήρηση ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους ανά ημέρα, εξάμηνο, έτος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΕΣ

5.1. Γενικά

Οι συσσωρευτές παίζουν το σημαντικότερο ίσως ρόλο στο σύνολο μιας αυτόνομης εγκατάστασης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, και συνεπώς καλύπτουν ένα μεγάλο μέρος του κόστους μιας τέτοιας εγκατάστασης. Στα διασυνδεδεμένα συστήματα, η χρήση συσσωρευτών είναι ανούσια, εκτός αν υπάρχει ανάγκη για άμεση τροφοδότηση φορτίων των οποίων η λειτουργία δεν πρέπει να διακοπεί σε περίπτωση βλάβης.

Ένα αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα είναι αναγκαίο να αποθηκεύει ένα μέρος της παραγόμενης ενέργειας η οποία θα καταναλωθεί είτε σε περίοδο όπου η παραγωγή της Φ/Β γεννήτριας είναι μικρότερη των ενεργειακών απαιτήσεων είτε σε περίπτωση που η εγκατάσταση παύσει να παράγει ένεκα βλάβης. Η ποσότητα της ηλεκτρικής ενέργειας που πρέπει να αποθηκεύεται, εξαρτάται από τις τοπικές συνθήκες και απαιτήσεις, όπως το μέγιστο πλήθος των ημερών με συννεφιά, ο βαθμός αξιοπιστίας του συστήματος, καθώς και η ύπαρξη ή η ποσότητα βοηθητικών πηγών ενέργειας του συστήματος.

Μια λύση όσον αφορά τη μείωση του κόστους είναι η χρησιμοποίηση των διαφόρων τύπων συσσωρευτών, οι οποίοι χαρακτηρίζονται από αντιστρεπτότητα των χημικών αντιδράσεων στα ηλεκτρόδια τους. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν οι συσσωρευτές μολύβδου - οξέως, οι συσσωρευτές νικελίου-καδμίου κ.α. Εκτός από τους ηλεκτρικούς συσσωρευτές, (**δευτερογενή στοιχεία ή ηλεκτρικά στοιχεία δευτέρας τάξεως**), χρησιμοποιούνται επίσης εκείνοι οι οποίοι δίνουν ηλεκτρική ενέργεια, μετατρέποντας την δυναμική ενέργεια που αποθηκεύεται στο εσωτερικό τους, κατά τις χημικές αντιδράσεις, οι οποίες δημιουργούνται μεταξύ ενώσεων ή στοιχείων. Ονομάζονται **πρωτογενή στοιχεία ή στοιχεία πρώτης τάξεως**. Διαφοροποιούνται από τους ηλεκτρικούς συσσωρευτές στο ότι δεν έχουν τη δυνατότητα επαναφόρτισης και χρησιμοποιούνται κυρίως σε συστήματα που απαιτούν μικρούς ρυθμούς εκφόρτισης και μικρό αρχικό κόστος.

5.2. Αρχή λειτουργίας

Η αρχή λειτουργίας των συσσωρευτών βασίζεται στην δημιουργία διαφοράς δυναμικού (τάσης) μεταξύ δύο διαφορετικών στοιχείων (ηλεκτρόδια), όταν αυτά βρίσκονται σε ένα διάλυμα ηλεκτρολύτη. Μία μπαταρία αποτελείται από ένα ή περισσότερα ηλεκτροχημικά στοιχεία τα οποία εν ολίγοις μετατρέπουν την χημική ενέργεια σε ηλεκτρική. Υπάρχουν πολλών ειδών μπαταρίες, κλίμακας από μια απλή μπαταρία ρολογιού έως μια πολύ μεγάλη βιομηχανική μπαταρία. Όλες όμως διαθέτουν κάποια χαρακτηριστικά σχετικά τη δομή τους. Αποτελούνται λοιπόν από το δοχείο (ή κουτί) όπου περιέχονται τα υλικά της μπαταρίας. Μέσα στο δοχείο

υπάρχουν 2 μεταλλικά ηλεκτρόδια ή πλάκες, το ένα παίζει το ρόλο του θετικού πόλου (+, άνοδος) ενώ το δεύτερο του αρνητικού πόλου (-, κάθοδος). Ακόμη υπάρχει ένα υγρό ή στερεό υλικό που χρησιμοποιείται ως ηλεκτρολύτης, ώστε να πραγματοποιηθεί η αντίδραση με τα ηλεκτρόδια και κατά συνέπεια να υπάρξει ροή ιόντων. Ένα εξίσου σημαντικό χαρακτηριστικό τους είναι οι κύκλοι λειτουργίας τους. Μπορούν να έχουν ρηχούς κύκλους λειτουργίας μεταξύ 10-15% της συνολικής δυναμικότητας της μπαταρίας ή βαθύτερους κύκλους λειτουργίας (50-80%). Για τους ρηχούς κύκλους λειτουργίας (για παράδειγμα ένα αυτοκίνητο όταν ξεκινά), οι μπαταρίες είναι σχεδιασμένες να προσφέρουν υψηλές τιμές στην ένταση του ρεύματος, σε μικρό χρονικό διάστημα και εν συνεχεία το δυναμό επαναφορτίζει την μπαταρία άμεσα. Αυτές με βαθύ κύκλο λειτουργίας παρέχουν λίγα Ampere για μακρά χρονικά διαστήματα. Στην περίπτωση χρήσης τους με φωτοβολταϊκά συστήματα, καταλληλότερες είναι οι μπαταρίες με βαθύ κύκλο λειτουργίας.

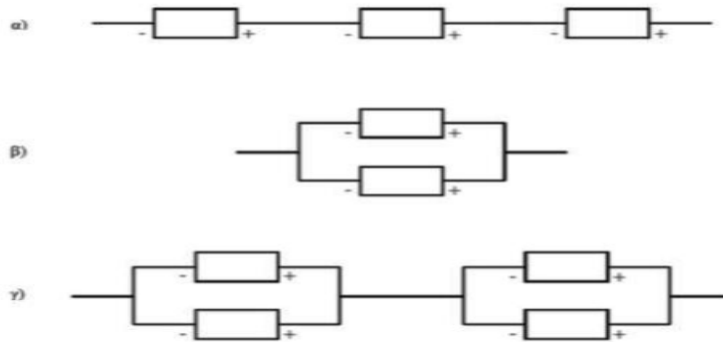
5.3. Δομή κυψελίδων (cells)

Η κατασκευή των δευτερευόντων συσσωρευτών είναι μία βαριά βιομηχανική διαδικασία, συνήθως μαζική η οποία συνδυάζει πλήθος σειριακών και παραλλήλων επεξεργασιών. Επίσης η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει τη χρήση επικίνδυνων και τοξικών ουσιών. Αν και η κατασκευή ποικίλει από κατασκευαστή σε κατασκευαστή, ωστόσο ορισμένα χαρακτηριστικά είναι κοινά στις περισσότερες μπαταρίες. Δομική μονάδα του συσσωρευτή είναι η κυψελίδα (cell). Η κυψελίδα είναι η βασική ηλεκτροχημική μονάδα της μπαταρίας, αποτελείται από μία θετική και μία αρνητική πλάκα που είναι βυθισμένες σε διάλυμα ηλεκτρολύτη, εντός δοχείου. Είναι απαραίτητο να πραγματοποιηθεί μία περιγραφή των συστατικών μερών της κυψελίδας ώστε να γίνεται στη συνέχεια, πιο εύκολα και κατανοητά η αναφορά σε σχετικά θέματα. Συνοπτικά, μια κυψελίδα αποτελείται από τα παρακάτω:

- **Ενεργό υλικό (Active material):** Είναι ένας συνδυασμός υλικών τα οποία αποτελούν τους βασικούς συντελεστές της ηλεκτροχημικής αντίδρασης μέσα στην κυψελίδα. Η ποσότητα του ενεργού υλικού σε μία μπαταρία είναι ανάλογη της χωρητικότητας της. Σε μία τυπική μπαταρία μολύβδου για παράδειγμα, το ενεργό υλικό είναι συνδυασμός διοξειδίου του μολύβδου (PbO_2) στη θετική πλάκα με μεταλλικό πορώδη μολύβδο (Pb) στην αρνητική, που αντιδρούν σε διάλυμα θειικού οξέος (H_2SO_4) κατά τη λειτουργία της μπαταρίας.
- **Ηλεκτρολύτης (Electrolyte):** Είναι το αγωγίμο μέσο που επιτρέπει τη ροή ηλεκτρικού ρεύματος, μέσω της ιοντικής ανταλλαγής ή της ανταλλαγής ηλεκτρονίων, επάνω στις πλάκες της κυψελίδας. Στις μπαταρίες μολύβδου είναι διάλυμα θειικού οξέος (H_2SO_4) σε υγρή μορφή ή σε μορφή gel, ενώ στις μπαταρίες νικελίου (Ni) είναι διάλυμα υδροξειδίου του καλίου (KOH).
- **Διαχωριστής (Separator):** Είναι ένα πορώδες απομονωτικό μέσο, τοποθετημένο μεταξύ των πλακών της μπαταρίας, το οποίο εμποδίζει την αγωγή επαφή μεταξύ θετικού και αρνητικού ηλεκτροδίου. Σε πολλές περιπτώσεις ο διαχωριστής τοποθετείται ώστε να περικλείει ολόκληρο το ηλεκτρόδιο και να εμποδίζει τη δημιουργία βραχυκυκλώματος, λόγω των διαχεόμενων υλικών στο κάτω μέρος των πλακών.
- **Πλάκες (Plates):** Αποτελούνται από το πλέγμα και το ενεργό υλικό, και είναι το βασικό στοιχείο της μπαταρίας. Συνήθως αναφέρονται ως ηλεκτρόδια. Γενικά, υπάρχει ένα πλήθος θετικών και αρνητικών πλακών, συνδεδεμένων παράλληλα, μέσα σε μία κυψελίδα. Το πάχος τους και η σχέσεις των επιφανειών μεταξύ των αρνητικών και των θετικών πλακών, έχουν καθοριστική επίδραση στα χαρακτηριστικά της μπαταρίας.
- **Τερματικοί πόλοι (Terminal poles):** Είναι οι εξωτερικές θετικές ή αρνητικές, ηλεκτρικές συνδέσεις της μπαταρίας. Οποιοδήποτε φορτίο συνδέεται με τη μπαταρία μέσω των πόλων.

5.4. Συνδεσμολογία κυψελίδων

Συνήθως η μπαταρίες αποτελούνται από μία ή περισσότερες κυψέλες συνδεδεμένες σε σειρά ή παράλληλα. Αν τα κύτταρα συνδεθούν παράλληλα, η συνολική χωρητικότητα της μπαταρίας αυξάνεται, ενώ η τάση παραμένει ίδια. Αντιθέτως η σύνδεση των κυττάρων σε σειρά έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της συνολικής τάσης, ενώ η χωρητικότητα παραμένει η ίδια. Σε διάφορες περιπτώσεις χρησιμοποιούνται συνδυασμοί σε σειρά και παράλληλα οι οποίοι έχουν σχεδιαστεί για να ταιριάζουν σε εφαρμογές χειρισμού. Οι συνδεσμολογίες των κυψελίδων φαίνονται στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 7).



Σχήμα 7. Συνδεσμολογία κυψελίδων

5.5. Είδη συσσωρευτών - Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα

5.5.1 Συσσωρευτές μολύβδου-οξέως (Lead-Acid)

Η μπαταρία μολύβδου-οξέως έχει μια επιτυχημένη παρουσία στο εμπόριο πάνω από έναν αιώνα. Η παραγωγή και η χρήση του συνεχίζει να αυξάνεται λόγω των νέων εφαρμογών στο τομέα της αποθήκευσης της ενέργειας, της ηλεκτρικής ενέργειας έκτακτης ανάγκης, σε ηλεκτρικά και υβριδικά οχήματα και τύπους SLI (Starting, Lighting, Ignition), στην επικοινωνία, σε συστήματα φωτισμού έκτακτης ανάγκης και σε πολλές ακόμη εφαρμογές. Η πληθώρα των μεγεθών και σχεδίων καθώς και η μεγάλη γκάμα τάσεων συνοδεύονται από χαμηλό κόστος, εύκολη κατασκευή και εξακολουθούν να έχουν καλή απόδοση και ικανοποιητική διάρκεια ζωής. Με την εξέλιξη της κατασκευής έχουν επιτευχθεί τάσεις από 100 έως 300 Volt και με ομοιόμορφη απόδοση καθώς έχουν και υψηλή ηλεκτρική αποδοτικότητα ανάκαμψης 75-80%.

Αυτό καθιστά τις μπαταρίες αυτές ελκυστικές για εφαρμογές σε ηλεκτρικά οχήματα και εφαρμογές αποθήκευσης ενέργειας. Για κάθε τύπο εφαρμογής οι μπαταρίες αυτές έχουν και διαφορετικά χαρακτηριστικά επιδόσεων. Μερικοί τύποι μπαταριών μολύβδου-οξέως είναι οι:

- ✓ Εκκίνησης, φωτισμού και έναυσης, SLI (αυτοκίνητα, αεροσκάφη)
- ✓ Διατάξεις έκτακτης τροφοδοσίας ηλεκτρικής ενέργειας (τηλεφωνία, UPS)
- ✓ Ηλεκτρικών οχημάτων (οχήματα φόρτωσης-εκφόρτωσης, ηλεκτρικά οχήματα)
- ✓ Στατικής ή βιομηχανικής χρήσης (τραίνα, υποβρύχια)
- ✓ Αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας (Αυτόνομα Φ/Β συστήματα και υβριδικά συστήματα)

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 2.) παρατίθενται επιγραμματικά τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των συσσωρευτών μολύβδου – οξέως:

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Χαμηλό κόστος δευτεροβάθμιας μπαταρίας - ικανότητας παραγωγής της σε τοπικό και παγκόσμιο επίπεδο σε χαμηλούς ή υψηλούς ρυθμούς παραγωγής	Σχετικά χαμηλό κύκλο ζωής 50-500 κύκλοι (μέχρι τους 2.000 κύκλους μπορεί να επιτευχθεί με ειδικούς σχεδιασμούς)
Διατίθεται σε μεγάλες ποσότητες και ποικιλία μεγεθών που ξεκινούν από 1Ah και φθάνουν μέχρι μερικές χιλιάδες Ah	Η μακροχρόνια αποθήκευση σε μια κατάσταση εκφόρτισης μπορεί να οδηγήσει σε μη αναστρέψιμη πόλωση των ηλεκτροδίων (αυλάκωση)
Υψηλό ποσοστό απόδοσης, κατάλληλο για την εκκίνηση του κινητήρα (αλλά πολύ καλύτερες επιδόσεις από μερικούς τύπους νικελίου-καδμίου και νικελίου-υδριδίου μετάλλου μπαταριών)	Παραγωγή υδρογόνου σε ορισμένα σχέδια που μπορεί να υπάρξει κίνδυνος έκρηξης (έχουν εγκατασταθεί ανασχετικά φλόγας για την αποτροπή αυτού του κινδύνου)
Μέτρια έως καλή επίδοση σε χαμηλές και υψηλές θερμοκρασίες	Θερμικές απώλειες σε ακατάλληλα σχεδιασμένες μπαταρίες ή εξοπλισμό φόρτισης
Ηλεκτρικά αποτελεσματικό/ικανότητα ανάκαμψης της αποδοτικότητας πάνω από 70%, συγκρίνοντας την ενέργεια εκφόρτισης με αυτήν της ενέργειας φόρτισης	Περιορισμένη πυκνότητα ενέργειας, συνήθως 30-40 Wh/kg
Υψηλής τάσης στοιχείων/τάση ανοικτού κυκλώματος >2 V που είναι το υψηλότερο όλων των υδατικών ηλεκτρολυτών	Δύσκολο στην κατασκευή πολύ μικρών μεγεθών
Εύκολη ένδειξη κατάστασης φόρτισης	
Χαμηλό κόστος σε σύγκριση με άλλες δευτερεύουσες μπαταρίες	
Εύκολη ανακυκλωσιμότητα των στοιχείων του συσσωρευτή	

Πίνακας 2. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα συσσωρευτών μολύβδου – οξέως

5.5.2. Συσσωρευτές Νικελίου-Υδρογόνου (Nickel - Hydrogen)

Μια μπαταρία νικελίου-υδρογόνου (Ni-H₂) κλειστού τύπου είναι μια υβριδική μπαταρία βασισμένη στην τεχνολογία κυψέλης καυσίμου. Το οξείδιο του νικελίου (θετικό ηλεκτρόδιο) προέρχεται από το στοιχείο νικελίου-καδμίου και το αρνητικό από την κυψέλη καυσίμου υδρογόνου - οξυγόνου.

Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά μιας μπαταρίας Ni-H₂ είναι η μακρά διάρκεια του κύκλου ζωής της που ξεπερνά οποιαδήποτε άλλη μπαταρία Β' τάξης. Ένα άλλο χαρακτηριστικό είναι η υψηλή ειδική ενέργεια και η σταθερή πυκνότητα ενέργειας σε σύγκριση με άλλες μπαταρίες με υδατικούς ηλεκτρολύτες. Τέλος, έχουν υψηλή πυκνότητα ισχύος (παλμός ή μέγιστη ικανότητα ισχύος) καθώς και ανοχή σε υπερφόρτιση ή αναστροφή.

Αυτά τα χαρακτηριστικά είναι που κάνουν αυτό τον τύπο μπαταριών και το υποσύστημα αποθήκευσης ενέργειας να χρησιμοποιούνται σε πολλές απαιτητικές εφαρμογές και ιδιαίτερα σε διαστημικές, όπως αεροδιαστημική, εμπορικούς δορυφόρους επικοινωνιών, ακόμη και στο σύγχρονο διαστημικό τηλεσκόπιο Hubble. Πρόσφατα όμως προγράμματα έχουν ξεκινήσει και για επίγειες εφαρμογές όπως η μεγάλη διάρκεια ζωής για αυτόνομα συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Υψηλή ειδική ενέργεια (60 Wh/kg)	Υψηλό αρχικό κόστος
Μεγάλη διάρκεια κύκλων ζωής για διαστημικές εφαρμογές	Αυτοεκφόρτιση με ανάλογη πίεση του υδρογόνου
Η πίεση του υδρογόνου δίνει μια ένδειξη της κατάστασης της φόρτισης της μπαταρίας.	Χαμηλή ογκομετρική πυκνότητα ενέργειας: 50-90 Wh/L(στοιχείων), 20-40 Wh/L (μπαταρία)
Τα στοιχεία των μπαταριών μπορούν να ανεχτούν επιπλέον επιβάρυνση	
Μεγάλη διάρκεια ζωής (περισσότερα από 15 χρόνια)	

Πίνακας 3. Πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα συσσωρευτή Νικελίου-Υδρογόνου

5.5.3. Συσσωρευτές Νικελίου-Καδμίου (Nickel-Cadmium)

Είναι ένα αξιόπιστο και ανθεκτικό σύστημα μπαταρίας, με μεγάλη διάρκεια ζωής ενώ μπορούν να λειτουργούν αποτελεσματικά σε σχετικά υψηλά ποσοστά εκφορτίσεων για ευρύ φάσμα θερμοκρασιών. Έχουν καλές συνθήκες διατήρησης της φόρτισης και μπορούν να αποθηκεύουν για μεγάλα χρονικά διαστήματα σε οποιαδήποτε κατάσταση χωρίς η μπαταρία να υποστεί

αλλοίωση. Τα θυλάκια των πλακών του συσσωρευτή παρουσιάζουν αντοχή στη μηχανική και την ηλεκτρική καταπόνηση όπως βραχυκυκλώματα, υπερφορτίσεις ή αντιστροφές. Αυτά πάντα με την προϋπόθεση ότι τηρείται η τακτική προβλεπόμενη συντήρηση. Το κόστος είναι χαμηλότερο από οποιοδήποτε τύπο αλκαλικής μπαταρίας αποθήκευσης, υψηλότερο όμως από τις μπαταρίες μολύβδου-οξέος. Κατασκευάζονται σε ένα ευρύ φάσμα δυναμικότητας από 5 έως και περισσότερα από 1200 Ah (αμπερώρες) και χρησιμοποιούνται σε διάφορες εφαρμογές, όπως σε σιδηροδρομικά έργα, λειτουργία διακοπών, των τηλεπικοινωνιών, Φ/Β πάρκων, τροφοδοσία συνεχούς παροχής ισχύος και φωτισμού ασφαλείας. Επίσης γίνεται χρήση και σε στρατιωτικές και διαστημικές εφαρμογές.

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Μεγάλη διάρκεια ζωής κύκλων λειτουργίας	Υψηλότερο κόστος από τις μπαταρίες μολύβδου-οξέος
Άριστη μακροπρόθεσμη αποθήκευση	Χαμηλή πυκνότητα ενέργειας
Καλή διατήρηση φόρτισης.	Περιέχουν κάδμιο, ιδιαίτερα επιβλαβές για την υγεία
Ανθεκτικές σε μηχανικές και ηλεκτρικές καταπονήσεις	
Χαμηλή συντήρηση, αξιοπιστία	

Πίνακας 4.Πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα συσσωρευτή Νικελίου-Καδμίου

5.5.4. Συσσωρευτές ροής

Η μπαταρία ροής μετατρέπει τη χημική ενέργεια σε ηλεκτρική. Ηλεκτρολύτης που περιέχει ένα ή περισσότερα είδη διαλυμένου ηλεκτρικού πολυμερούς ρέει μέσα σε ένα ηλεκτροχημικού στοιχείου. Πρόσθετος ηλεκτρολύτης αποθηκεύεται εξωτερικά, και αντλείται μέσω του αντιδραστήρα. Τα μεγέθη της ενέργειας και της ισχύος είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους. Οι μπαταρίες ροής τείνουν να επαναφορτίζονται γρήγορα με την αντικατάσταση του υγρού ηλεκτρολύτη, ενώ ταυτόχρονα ανακτάται το υλικό που ήδη έχει χρησιμοποιηθεί για εκ νέου φόρτιση.

Το βανάδιο μπορεί να υπάρχει σε τέσσερις διαφορετικές καταστάσεις οξειδωσης, έτσι η οξειδοαναγωγική μπαταρία βαναδίου (vanadium redox battery) το χρησιμοποιεί ώστε να περιέχει ένα χημικό ηλεκτρολύτη, αντί για δύο . Ιόντα υδρογόνου (πρωτόνια) ανταλλάσσονται μεταξύ των δύο δεξαμεμών ηλεκτρολύτη μέσω της διαπερατής μεμβράνης πολυμερούς. Η καθαρή απόδοση της μπαταρίας αυτής μπορεί και να φτάσει και το 85%.

5.5.5. Κυψέλες καυσίμου

Μια κυψέλη καυσίμου είναι μια γαλβανική συσκευή η οποία μετατρέπει συνεχώς τη χημική ενέργεια ενός καυσίμου σε ηλεκτρική ενέργεια. Οι κυψέλες καυσίμου μετατρέπουν την ενέργεια αυτή ηλεκτροχημικά, όπως οι μπαταρίες, προσφέροντας έτσι δυνατότητες για μετατροπή υψηλής απόδοσης. Η βασική διαφορά μεταξύ κυψέλης καυσίμου και μπαταριών είναι ο τρόπος παροχής της πηγής ενέργειας. Σε μια κυψέλη καυσίμου, το καύσιμο και το οξειδωτικό παρέχονται συνεχώς από μια εξωτερική πηγή ενέργειας όταν είναι επιθυμητό. Η κυψέλη καυσίμου μπορεί να παράγει ηλεκτρική ενέργεια για όσο διάστημα τα ενεργά υλικά τροφοδοτούν τα ηλεκτρόδια. Σε μια μπαταρία, το καύσιμο και το οξειδωτικό αποτελούν αναπόσπαστο μέρος της συσκευής. Η μπαταρία σταματά να παράγει ηλεκτρική ενέργεια όταν το περιοριστικό αντιδρών καταναλώνεται και τότε θα πρέπει να αντικατασταθεί ή να επαναφορτιστεί. Το υλικό του ηλεκτροδίου της κυψέλης καυσίμου είναι αδρανές, δηλαδή δεν καταναλώνεται κατά τη διάρκεια της αντίδρασης των κυψελών, αλλά έχει καταλυτικές ιδιότητες που ενισχύουν την ηλεκτρική οξείδωση των αντιδρώντων (ενεργά υλικά). Τα ενεργά υλικά ανόδου τα οποία χρησιμοποιούν οι κυψέλες καυσίμων είναι κυρίως αέρια ή υγρά καύσιμα όπως υδρογόνο, μεθανόλη, υδρογονάνθρακες και φυσικό αέριο, τα οποία τροφοδοτούν την πλευρά της ανόδου στην κυψέλη καυσίμου. Δεδομένου ότι πρόκειται για υλικά όπως τα συμβατικά καύσιμα που χρησιμοποιούνται σε μηχανές εσωτερικής καύσης, ο όρος «κυψέλη καυσίμου» έχει γίνει δημοφιλής για να περιγράψει αυτές τις συσκευές. Το οξυγόνο είναι το επικρατέστερο οξειδωτικό και τροφοδοτείται στην κάθοδο. Τα συστήματα κυψελών καυσίμου, ανάλογα με τον τρόπο καύσης διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

- Άμεσα συστήματα στα οποία τα καύσιμα όπως το υδρογόνο, μεθανόλη και υδραζίνη αντιδρούν άμεσα στην κυψέλη καυσίμου.
- Έμμεσα συστήματα, στα οποία το καύσιμο, μετασχηματίζεται πρώτα σε πλούσιο σε υδρογόνο αέριο το οποίο εν συνεχεία διοχετεύεται στη κυψέλη καυσίμου.

Τα συστήματα κυψελών καυσίμου μπορούν να λαμβάνουν σειρά από διαμορφώσεις, ανάλογα με τους συνδυασμούς καυσίμων και οξειδωτικών, τον τύπο του ηλεκτρολύτη, την θερμοκρασία λειτουργίας, την εφαρμογή κ.α. Σύμφωνα με αυτές τις διαμορφώσεις δημιουργούνται οι παρακάτω κατηγορίες:

- ✚ Στερεού οξειδίου (SOFC)
- ✚ Λιωμένου ανθρακικού άλατος (MCFC)
- ✚ Φωσφορικού οξέως (PAFC)
- ✚ Άμεσης μεθανόλης (DMFC)
- ✚ Αλκαλικοί (AFC)
- ✚ Μεμβράνης ανταλλαγής πρωτονίου (PEM)
- ✚ Αναγεννητικοί (RFC)

5.6. Χαρακτηριστικά των συσσωρευτών

Οι συσσωρευτές ποικίλουν ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας τους, ωστόσο για να προσδιορισθεί το που θα χρησιμοποιηθεί μια μπαταρία είναι αναγκαίο πρώτα να γνωρίζουμε τις μεταβλητές που τη χαρακτηρίζουν.

§ **Τάση:** Η διαφορά δυναμικού που παρατηρείται ανάμεσα στο θετικό και το αρνητικό ηλεκτρόδιο καλείται τάση του ηλεκτροχημικού στοιχείου (ή συσσωρευτή). Η μονάδα μέτρησης της τάσης είναι τα Volts (V). Η τιμή της τάσης εξαρτάται από τη χημική σύνθεση των ηλεκτροδίων, τη συγκέντρωση των υλικών των ηλεκτροδίων και τη θερμοκρασία.

§ **Χωρητικότητα:** Η χωρητικότητα ενός πυκνωτή εκφράζει την ποσότητα ηλεκτρικού φορτίου που μπορεί να αποθηκεύσει. Σε ένα συσσωρευτή, χωρητικότητα θεωρείται η ποσότητα των ελεύθερων ηλεκτρικών φορτίων που παράγονται από το ενεργό υλικό του αρνητικού ηλεκτροδίου και καταναλώνονται από το ενεργό υλικό του θετικού ηλεκτροδίου. Η μονάδα μέτρησης της είναι το Coulomb (C), επειδή όμως το 1 Coulomb είναι μικρή μονάδα, για διευκόλυνση χρησιμοποιούνται τα Αμπερώρια (1 Ah=3600C). Η χωρητικότητα εξαρτάται άμεσα από την ποσότητα των ενεργών υλικών του συσσωρευτή. Επιπλέον η χωρητικότητα επηρεάζεται από τις συνθήκες εκφόρτισης, δηλαδή το ρυθμό εκφόρτισης (μεγάλος ρυθμός εκφόρτισης συνεπάγεται μικρή χωρητικότητα συσσωρευτή), το ρεύμα εκφόρτισης, την τάση και τη θερμοκρασία.

§ **Ειδική ενέργεια – Ενεργειακή πυκνότητα:** Ειδική ενέργεια ενός συσσωρευτή ονομάζεται η ενεργειακή χωρητικότητα ανά μονάδα βάρους του συσσωρευτή (Wh/kg). Θεωρητικά, η ειδική ενέργεια είναι η μέγιστη ενέργεια που μπορεί να παραχθεί ανά μονάδα βάρους του ενεργού υλικού του συσσωρευτή. Οι πρακτικές τιμές της ειδικής ενέργειας είναι αρκετά χαμηλότερες από τις θεωρητικές. Για παράδειγμα, στο συσσωρευτή μολύβδου-οξέος που χρησιμοποιείται σε κάποιο όχημα αποδεικνύεται ότι μόνο το 26% του συνολικού του βάρους συμμετέχει στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Ως ενεργειακή πυκνότητα ορίζεται η ενέργεια που παρέχεται ανά μονάδα όγκου του συσσωρευτή (Wh/L ή Wh/cm³).

§ **Ειδική ισχύς:** Είναι η μέγιστη ισχύς ανά μονάδα βάρους που μπορεί να παραχθεί σε σύντομο χρονικό διάστημα. Είναι χαρακτηριστικό της χημικής σύστασης του συσσωρευτή. Εξαρτάται κατά κύριο λόγο από την εσωτερική του αντίσταση. Μονάδα μέτρησης της ειδικής ισχύος είναι το W/kg και καθορίζει το βάρος του συσσωρευτή που απαιτείται για να επιτευχθεί η απαιτούμενη απόδοση.

§ **Εσωτερική αντίσταση:** Διαφέρει συνήθως στη φόρτιση και την εκφόρτιση (χαμηλότερη για την εκφόρτιση, υψηλότερη στη φόρτιση). Εξαρτάται από τη χημική σύσταση της μπαταρίας και επηρεάζεται από τη θερμοκρασία, το μέγεθος της μπαταρίας, την ηλικία της και το ρεύμα εκφόρτισης. Είναι απαραίτητο η εσωτερική αντίσταση κάθε συσσωρευτή να είναι σημαντικά μικρότερη της αντίστασης του φορτίου. Διαφορετικά, καθώς αυξάνεται η εσωτερική αντίσταση του συσσωρευτή, η απόδοση του συσσωρευτή μειώνεται ενώ και η θερμική του ευστάθεια ελαττώνεται, διότι η ενέργεια που παρέχει η μπαταρία μετατρέπεται σε θερμότητα.

§ **Βαθμός απόδοσης:** Οι απώλειες ενέργειας και ισχύος κατά την φόρτιση ή την εκφόρτιση εμφανίζονται με τη μορφή απώλειας τάσης. Συνεπώς η απόδοση του συσσωρευτή κατά την εκφόρτιση ή τη φόρτιση, μπορεί να οριστεί ως ο λόγος της τάσης λειτουργίας του συσσωρευτή προς τη θερμοδυναμική του τάση. Θερμοδυναμική είναι η τάση ανοιχτού κυκλώματος του συσσωρευτή σε θερμοκρασία 25°C και πίεση 1atm.

5.7. Συσσωρευτές στα Φ/Β

5.7.1. Λειτουργίες συσσωρευτών σε Φ/Β σύστημα

Υπάρχουν δύο τρόποι με τους οποίους μια μπαταρία μπορεί να συμβάλει σε ένα φωτοβολταϊκό σύστημα:

- Δρα σαν ένα εφεδρικό ποσό ενέργειας ώστε να μπορεί το σύστημα να ευσταθεί και να είναι βιώσιμο. Μία φωτοβολταϊκή συστοιχία δεν μπορεί να παράγει ενέργεια σε πολλές περιπτώσεις. Αυτό σημαίνει πως δεν έχει τη δυνατότητα να καλύψει συνεχείς ενεργειακές ανάγκες, άρα μόνο ένα Φ/β σύστημα για συνεχή κατανάλωση δεν είναι βιώσιμο. Ο ρόλος της μπαταρίας είναι η παροχή αποθεματικού ενέργειας (αυτονομία του συστήματος) το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί κατά τη διάρκεια της νύχτας ή μερικών ημερών πολύ συννεφιασμένου καιρού.
- Η μπαταρία αποτρέπει μεγάλες, πιθανόν καταστροφικές, διακυμάνσεις τάσης. Μια φωτοβολταϊκή συστοιχία μπορεί να αποδώσει ισχύ σε όλο το φάσμα τιμών μεταξύ βραχυκυκλώματος και ανοικτού κυκλώματος, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του φορτίου που είναι συνδεδεμένο σε αυτήν. Πολλά φορτία δεν είναι κατασκευασμένα ώστε να λειτουργήσουν σε μεγάλο εύρος τάσεων. Η τοποθέτηση μιας μπαταρίας μεταξύ της φωτοβολταϊκής συστοιχίας και του φορτίου διασφαλίζει ότι το φορτίο δε θα παρεκκλίνει από το εύρος τάσεων στο οποίο η μπαταρία μπορεί να λειτουργήσει.

5.7.2. Προϋποθέσεις που πρέπει να καλυφθούν

Οι προϋποθέσεις που πρέπει να ικανοποιούν τα συστήματα αποθήκευσης σε ένα αυτόνομο σύστημα παραγωγής ισχύος είναι πολυάριθμες. Οι πιο σημαντικές απαιτήσεις παρουσιάζονται παρακάτω:

- Υψηλή ενεργειακή απόδοση
- Μεγάλη διάρκεια ζωής (σε χρόνια)
- Μεγάλη διάρκεια ζωής από την άποψη της απόδοσης χωρητικότητας
- Χαμηλό κόστος
- Καλή αποδοτικότητα φόρτισης ακόμα και σε πολύ μικρά ρεύματα
- Χαμηλός ρυθμός αυτοεκφόρτισης
- Μικρές απαιτήσεις συντήρησης
- Υψηλή διαθεσιμότητα παγκοσμίως
- Υψηλή διαθεσιμότητα ενέργειας
- Εύκολη εκτίμηση της κατάστασης φόρτισης
- Χαμηλή έκθεση σε ακατάλληλες συνθήκες
- Εύκολα ανακυκλώσιμη
- Χαμηλή τοξικότητα των υλικών
- Ασφαλής συμπεριφορά σε περίπτωση υπερφόρτισης ή βαθειάς εκφόρτισης
- Εύκολη επεκτασιμότητα τάσης και χωρητικότητας μέσω συνδέσεων σε σειρά και παράλληλα
- Μικρό χάσμα τάσης μεταξύ φόρτισης και εκφόρτισης (επιτρέπει τη σύνδεση φορτίων κατευθείαν στη μπαταρία)
- Ικανότητα γρήγορης φόρτισης
- Κανένα φαινόμενο μνήμης

- Χαμηλές εκρηκτικές δυνατότητες
- Υψηλή αξιοπιστία στη λειτουργία – πολύς χρόνος μεταξύ αστοχιών

Κατά το σχεδιασμό αυτόνομων συστημάτων παροχής ενέργειας θα πρέπει να εξετάζονται οι ιδιότητες και οι απαιτήσεις του συστήματος αποθήκευσης εξ αρχής. Αν σχεδιαστεί το σύστημα και στη συνέχεια προστεθεί το σύστημα αποθήκευσης, θα έχουμε αμελήσει τις αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στη μπαταρία, τα περιφερειακά και συνολικά στο σχεδιασμό και τον έλεγχο όλου του συστήματος. Ως εκ τούτου, μόνο ένας ολοκληρωμένος προγραμματισμός του συστήματος μας επιτρέπει να σχεδιάσουμε συστήματα τα οποία θα είναι σε θέση να λειτουργούν με το βέλτιστο δυνατό τρόπο και είναι μακροβιότερα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΜΕΛΕΤΗ ΑΥΤΟΝΟΜΟΥ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΕ ΚΑΤΟΙΚΙΑ

6.1. Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο πραγματοποιείται μελέτη της ηλεκτρικής τροφοδότησης κατοικίας στο Ηράκλειο της Κρήτης σε περιοχή απομακρυσμένη από το δίκτυο διανομής της ΔΕΗ. Οι ανάγκες όσον αφορά την κατανάλωση υπολογίζονται βάσει τυπικής τετραμελούς οικογένειας σε κατοικία 140 m².

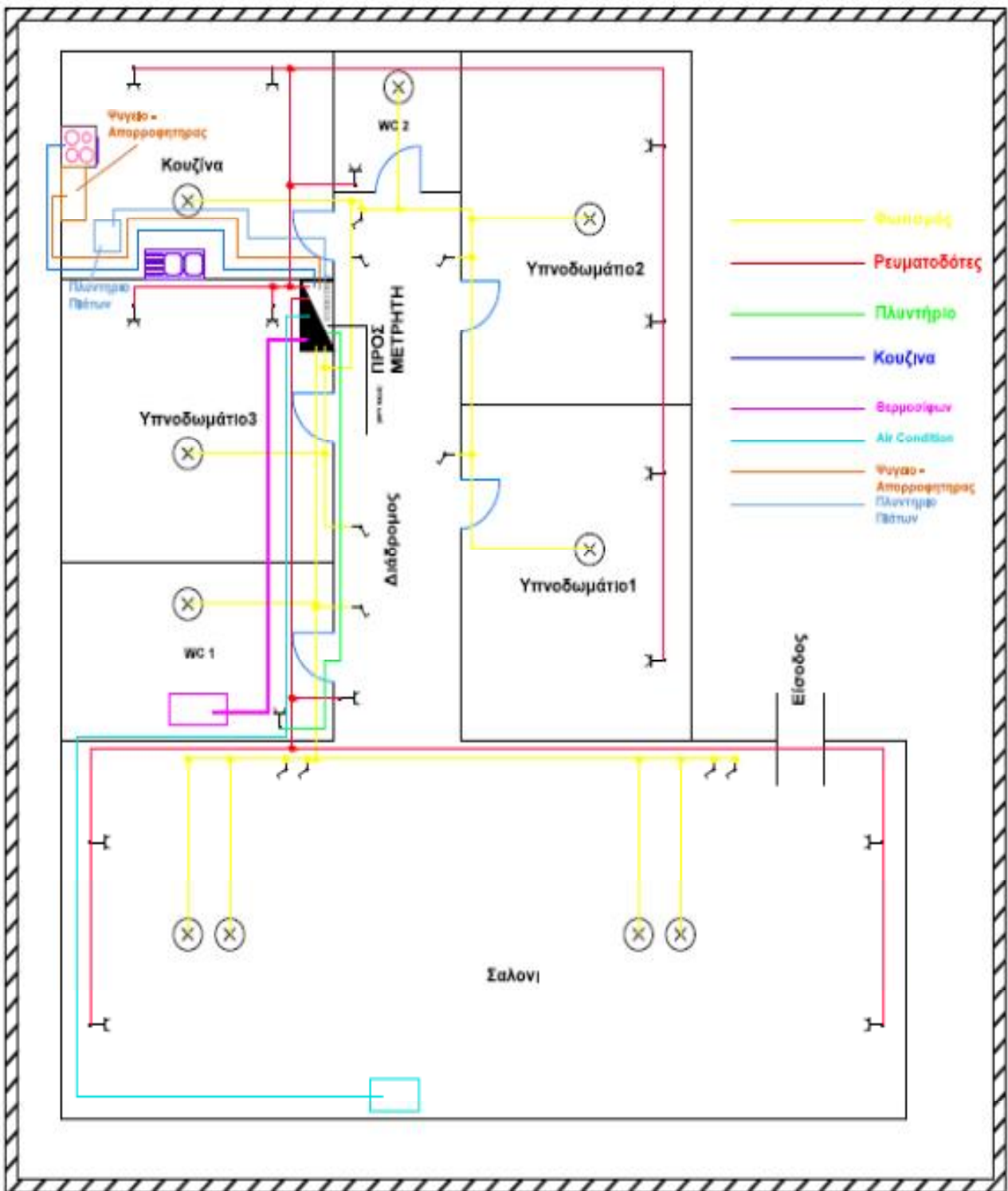
Η εν λόγω οικία είναι ισόγεια σε οικόπεδο 1.000 m², κατασκευασμένη το 2014 με μόνωση, στέγη και κουφώματα κατάλληλα για τη μεγαλύτερη δυνατή εξοικονόμηση ενέργειας. Επίσης έχει πραγματοποιηθεί ήδη γεωθερμική εγκατάσταση κλειστού βρόχου, ώστε να καλύπτονται οι ανάγκες ψύξης και θέρμανσης όλων των εσωτερικών χώρων.

Το εσωτερικό αποτελείται από σαλόνι-τραπεζαρία, κουζίνα, 3 υπνοδωμάτια, 2 μπάνια κι ένα διάδρομο. Το παρακάτω σχέδιο (Σχέδιο 1), αποτελεί κάτοψη της υπό μελέτη κατοικίας με τα κύρια οικοδομικά στοιχεία της, καθώς και την βασική της ηλεκτρολογική εγκατάσταση.

Όλα τα φορτία, καθώς και το γεωθερμικό σύστημα θα έχουν ως κύρια πηγή τροφοδοσίας μια συστοιχία φωτοβολταϊκών πάνελ.

Κατά τους χειμερινούς μήνες όπως είναι φυσικό η ηλιοφάνεια είναι αρκετά περιορισμένη, άρα οι κάτοικοι θα πρέπει δίνουν την ανάλογη προσοχή σχετικά με τις ποσότητες ενέργειας που θα καταναλώνουν.

Εκτός των φωτοβολταϊκών στοιχείων και των συσσωρευτών, πρόκειται να εγκατασταθεί και να συνδεθεί στο σύστημα ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος (ντιζελογεννήτρια) το οποίο θα τροφοδοτεί φορτία αιχμής, δηλαδή θα λειτουργεί σε περιπτώσεις όπου το Φ/Β σύστημα αδυνατεί να καλύψει τις ενεργειακές ανάγκες της κατοικίας, είτε σε περίπτωση βλάβης του συστήματος. Πρακτικά το Η/Ζ θα αναλάβει την εναλλακτική φόρτιση των συσσωρευτών.



Σχέδιο1. Κάτοψη οικίας προς μελέτη – βασικά ηλεκτρικά φορτία

Η εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών μπορεί να πραγματοποιηθεί με δύο τρόπους:

- Εγκατάσταση στη στέγη του οικήματος σε πλαίσια
- Εγκατάσταση σε οικόπεδο με πλαίσια ή trackers

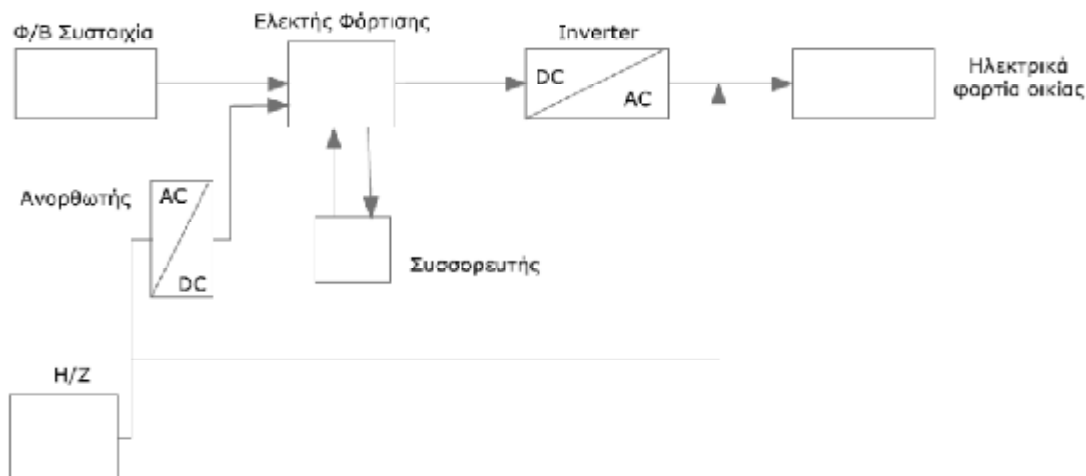
Σε περίπτωση εγκατάστασης των πάνελ στη στέγη αφ' ενός επιτυγχάνεται εξοικονόμηση χώρου και αφ' εταίρου μειώνεται το κόστος συγκριτικά με αυτό της εγκατάστασης των trackers.

Με τη χρήση των trackers επιτυγχάνεται απόδοση έως και 40% μεγαλύτερη σε σχέση με τα απλά πλαίσια για την ίδια παραγόμενη ενέργεια, με το κόστος όμως να αυξάνεται.

Στην περίπτωση εγκατάστασης σε ελεύθερο χώρο του οικοπέδου σε πλαίσια επιτυγχάνεται το χαμηλό κόστος χωρίς να υπάρξει επέμβαση στην αρχιτεκτονική του οικήματος.

Εφόσον υπάρχει ανεκμετάλλευτος χώρος στο οικοπέδο, και για να διατηρηθεί το κόστος όσο το δυνατόν χαμηλότερο, η εγκατάσταση θα γίνει σε έκταση του οικοπέδου με χρήση πλαισίων.

Στο παρακάτω σχέδιο (σχέδιο 2) αποτυπώνεται η εγκατάσταση με τα επιμέρους τμήματα και τη διασύνδεση αυτών. Είναι σημαντικό να σημειωθεί πως στα φορτία της κατοικίας προστίθεται και αυτό της αντλίας θερμότητας, το οποίο για ετήσιες ανάγκες θερμότητας 9.000 kW, απαιτεί κατανάλωση περίπου 3.000 kW.



Σχέδιο 2. Σκαρίφημα – αποτύπωση των στοιχείων της εγκατάστασης και της διασύνδεσης αυτών

6.2. Συγκέντρωση-Καταγραφή καταναλώσεων

Για να πραγματοποιηθεί ορθά η διαστασιολόγηση του συστήματος επιβάλλεται να γνωρίζουμε αναλυτικά την ποσότητα των καταναλώσεων που πρόκειται να τροφοδοτηθούν, ώστε να υπάρχει εικόνα της απαιτούμενης ισχύος προς κατανάλωση.

Όπως προαναφέρθηκε, το σύστημα που θα εγκατασταθεί πρόκειται να καλύπτει τις ανάγκες τετραμελούς οικογένειας σε οικία 140 m², άρα είναι λογικό να υπάρξουν υψηλές απαιτήσεις φορτίου.

Για να αφαιρεθούν κάποια από τα φορτία, έχει τοποθετηθεί στην οικία κουζίνα υγραερίου και σύστημα ψύξης-θέρμανσης γεωθερμίας - που εξασφαλίζει και ζεστό νερό αντικαθιστώντας τον ηλεκτρικό θερμοσίφωνα - του οποίου η αντλία θερμότητας θα προστεθεί στις καταναλώσεις της οικίας. Οι υπόλοιπες συσκευές είναι ενεργειακής κλάσης A++, δηλαδή κατασκευασμένες με τις μικρότερες δυνατές ενεργειακές απαιτήσεις.

Οι ενεργειακές ανάγκες διαφοροποιούνται ανάλογα με τις εποχές του χρόνου, δηλαδή το

καλοκαίρι για παράδειγμα υπάρχει μεγαλύτερη κατανάλωση για τις ανάγκες δροσισμού της οικίας, ενώ το χειμώνα περισσότερη ανάγκη για φωτισμό.

Θα ήταν αναγκαίο να διαχωρίσουμε τις καταναλώσεις σε χειμερινή και εαρινή περίοδο λόγω των προαναφερθέντων αλλαγών, ωστόσο χρησιμοποιώντας το σύστημα γεωθερμίας η κατανάλωση διατηρεί σταθερό μέσο όρο κατανάλωσης για ανάγκες ψύξης – θέρμανσης καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου. Η διαφορά κατανάλωσης των λαμπτήρων θεωρείται αμελητέα οπότε οι καταναλώσεις καταγράφηκαν στον παρακάτω πίνακα (πίνακας 5) για μια τυπική μέρα του χρόνου. Στην ουσία λέγοντας τυπική ημέρα εννοούμε ένα μέσο όρο κατανάλωσης σε διάρκεια 24ώρου.

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ	ΠΛΗΘΟΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΩΝ	ΙΣΧΥΣ (W)	ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙΑΣ (h)	ΗΜΕΡΙΣΙΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (Wh)
Ηλεκτρικό ψυγείο	1	100	8	800
Καφετιέρα	1	800	0,3	240
Αποροφητήρας κουζίνας	1	300	1	300
Τοστιέρα	1	700	0,1	70
Πλυντήριο πιάτων	1	1000	0,6	600
Πλυντήριο ρούχων	1	1600	0,8	1280
Φούρνος μικροκυμάτων	1	700	0,2	140
Ηλεκτρική σκούπα	1	1500	0,5	750
Ατμοσίδερο	1	1800	0,4	720
Βραστήρας	1	1000	0,1	100
Σεσουάρ	1	1600	0,1	160
Τηλεόραση LED 40"	1	60	2	120
Τηλεόραση LED 32"	1	60	1	60
Ηχοσύστημα	1	60	1	60
Ηλεκτρονικός υπολογιστής	2	80	2	320
Φορτιστής κινητού τηλεφώνου	2	15	1	30
Λαμπτήρες εσωτερικών χώρων	20	18	5	1800
Λαμπτήρες εξωτερικών χώρων	5	12	1	60
Αντλία θερμότητας	1	900	5	4500
ΣΥΝΟΛΟ		12305		12110

Πίνακας 5. Καταναλώσεις οικίας

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του πίνακα 5, η κατά μέσο όρο καταναλισκόμενη ενέργεια ημερησίως κυμαίνεται στις 12,1 KWh (Κιλοβατώρες). Εδώ παρατηρείται η διαφορά κατανάλωσης με τη χρήση γεωθερμικού συστήματος, διότι αφενός εξοικονομείται ενέργεια έως 40% όσον αφορά τον κλιματισμό και αφ' εταίρου 100% εξοικονόμηση καυσίμου στη θέρμανση, εφόσον υπάρχει εγκατάσταση κυκλοφορίας θερμού νερού στην οικία.

6.3. Διαστασιολόγηση συστήματος

6.3.1. Κλίση φωτοβολταϊκών πάνελ

Η ηλιακή ακτινοβολία που δέχεται μια επιφάνεια, εξαρτάται ως επί το πλείστον από τον προσανατολισμό της, καθώς και την κλίση της. Για κάθε επιφάνεια που βρίσκεται σε συγκεκριμένο τόπο, η αύξηση της κλίσης έχει ως αποτέλεσμα την απορρόφηση περισσότερης ακτινοβολίας κατά τη χειμερινή περίοδο σε σχέση με τη θερινή. Όσο μεγαλύτερη όμως η κλίση, τόσο πιο πιθανό είναι να μειώνεται η απόδοση ενός τυπικού φωτοβολταϊκού πλαισίου.

ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	ΚΛΙΣΗ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟ ΕΠΙΠΕΔΟ		
	0°	30°	90°
Ανατολικός - Δυτικός	90%	85%	50%
Νοτιοανατολικός - Νοτιοδυτικός	90%	95%	60%
Νότιος	90%	100%	60%
Βορειοανατολικός - Βορειοδυτικός	90%	67%	30%
Βόρειος	90%	60%	20%

Πίνακας 6. Προσανατολισμός Φ/Β πάνελ - απόδοση

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα (πίνακας 6), για μέγιστη απόδοση του συστήματος θα πρέπει η εγκατάσταση να έχει νότιο προσανατολισμό και κλίση 30°. Επίσης, λόγω της γεωγραφικής θέσης της Ελλάδας (βόρειο ημισφαίριο), θα επιλέξουμε αζιμούθια γωνία 0°.

Στη συνέχεια θα επιλέξουμε ποιους μήνες θα μελετήσουμε ως προς την απόδοση, ώστε το σύστημα να είναι ευσταθές. Γι αυτό το σκοπό, χρησιμοποιούμε το πρόγραμμα PVGIS (<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>) με στοιχεία την κλίση των πάνελ (30°), και την αζιμούθια γωνία (0°). Στον παρακάτω πίνακα (πίνακας 7) καταγράφεται η ηλιακή ακτινοβολία για αυτές τις συνθήκες (Wh/m²/day) και η μέση θερμοκρασία της περιοχής καθ'όλο το 24ωρο (°C). Οι τιμές της μέσης θερμοκρασίας για την περιοχή Ηράκλειο Κρήτης προέρχονται από τον ιστότοπο της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας.

ΜΗΝΑΣ	ΜΕΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ (Wh/m ² /day)	ΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)
Ιανουάριος	3,47	12,1
Φεβρουάριος	4,24	12,2
Μάρτιος	5,99	13,5
Απρίλιος	6,51	16,5
Μάιος	6,98	20,3
Ιούνιος	7,53	24,4
Ιούλιος	7,32	26,1
Αύγουστος	7,41	26,0
Σεπτέμβριος	6,87	23,5
Οκτώβριος	5,50	20,0
Νοέμβριος	4,10	16,6
Δεκέμβριος	3,05	13,7

Πίνακας 7. Ηλιακή ακτινοβολία – μέση θερμοκρασία ανά μήνα

Σύμφωνα με τις τιμές του πίνακα (πίνακας 7), ο Ιούνιος είναι ο μήνας με την υψηλότερη τιμή ηλιακής ακτινοβολίας (7,53 Wh/m²/day), ενώ ο Δεκέμβριος ο μήνας με τη χαμηλότερη (3,05 Wh/m²/day). Για να ευσταθεί το παρόν σύστημα αρκεί να μελετήσουμε την εγκατάσταση για τους δύο αυτούς μήνες με μεγαλύτερη έμφαση στο Δεκέμβριο λόγω ελάχιστης τιμής της ακτινοβολίας.

6.3.2. Ισχύς αιχμής φωτοβολταϊκής συστοιχίας

Βάσει των παραπάνω πινάκων, με δεδομένα την κλίση των πάνελ (30⁰) και την αζιμούθια γωνία (0⁰), για το μήνα Δεκέμβριο έχουμε:

- Μέση ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία: $E_{HA} = 3,05 \text{ Wh/m}^2/\text{day}$
- Μέση θερμοκρασία: $t_a = 13,7 \text{ }^\circ\text{C}$

Η ισχύς αιχμής του φωτοβολταϊκού συστήματος για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών σε μια ημέρα (σε αυτονομία) δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$P_{p\Sigma} = \frac{E_K * P_{STC}}{E_{HA} * \sigma_\theta * \sigma_{AS} * \sigma_\mu} * \frac{N}{N-n}$$

Όπου:

- $E_k = 12,11 \text{ kWh}$, ημερήσια ηλεκτρική κατανάλωση της οικίας
- $P_{STC} = 1 \text{ kW/m}^2$, ισχύς προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας στις πρότυπες συνθήκες ελέγχου (STC)
- $E_{HA} = 3,05 \text{ kWh/m}^2/\text{day}$, η μέση ημερήσια ενέργεια προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολία για τον μήνα Δεκέμβριο
- $\sigma_\mu = 0,9$, συντελεστής απωλειών μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας της εγκατάστασης, η οποία περιλαμβάνει ηλεκτρικό συσσωρευτή, ελεγκτή φόρτισης και μετατροπέα τάσεως DC-AC (Inverter).
- $\sigma_{ΑΣ} = 0,77 * \sigma_\theta$, συντελεστής απωλειών Φ/Β συστοιχίας για ελαφρώς σκονισμένα πλαίσια (όπου $\sigma_\theta =$ συντελεστής θερμοκρασίας)
 $\sigma_\theta = 1 - [(t_a + 30) - 25] * 0,004 \leftrightarrow \sigma_\theta = 1 - [(13,7 + 30) - 25] * 0,004 \approx 0,93$
Άρα, $\sigma_{ΑΣ} = 0,72$
- $N=31$ ημέρες (χρονική περίοδος αναφοράς)
- $n=1$ ημέρα (αριθμός ημερών αυτονομίας)

Άρα από την παραπάνω σχέση :

$$P_{p\Sigma} = [(12,11 * 1) / (3,05 * 0,93 * 0,72 * 0,9)] * [31 / (31 - 1)] = 6,8 \text{ kW}_p$$

Όσον αφορά τους θερινούς μήνες (Ιούνιος), υπάρχουν οι εξής διαφοροποιήσεις:

- $E_{HA} = 7,53 \text{ kWh/m}^2/\text{day}$
- $\sigma_\theta = 1 - [(t_a + 30) - 25] * 0,004 \leftrightarrow \sigma_\theta = 1 - [(24,4 + 30) - 25] * 0,004 \approx 0,88$
- $\sigma_{ΑΣ} = 0,68$

Άρα η ισχύς αιχμής για τη θερινή περίοδο θα είναι:

$$P_{p\Sigma} = [(12,11 * 1) / (7,53 * 0,88 * 0,68 * 0,9)] * [31 / (31 - 1)] = 3,1 \text{ kW}_p$$

Συμπερασματικά, αρκεί να εξετασθεί η κάλυψη των ενεργειακών αναγκών το μήνα Δεκέμβριο, ώστε να καλυφθεί όλο το έτος.

6.3.3. Επιλογή Φωτοβολταϊκών πάνελ

Η επιλογή του φωτοβολταϊκού πλαισίου αποτελεί γενικά ένα πολυσύνθετο πρόβλημα. Η πληθώρα κατασκευαστικών εταιριών και πλαισίων δυσκολεύουν ακόμα περισσότερο στο θέμα της επιλογής

καταλληλότερου πάνελ.

Οι παράμετροι που ελήφθησαν υπόψη για την επιλογή των πλαισίων ήταν η τεχνογνωσία της κατασκευάστριας εταιρίας καθώς και η αξιοπιστία της, η μέγιστη ισχύς που παράγουν, η απόδοσή τους και το κόστος.

Το αρχικό ερώτημα που τέθηκε είχε να κάνει με τη επιλογή του είδους του φωτοβολταϊκού πλαισίου όσον αφορά την τεχνολογία κατασκευής του, το οποίο οδήγησε ανάμεσα σε πλαίσια μονοκρυσταλλικού πυριτίου και πολυκρυσταλλικού πυριτίου, καθώς όλες οι άλλες κατηγορίες (όπως αναφέρθηκαν στο κεφάλαιο 2) έχουν χρησιμοποιηθεί σε περιορισμένες εφαρμογές, δεν εμφανίζουν υψηλή απόδοση, είτε είναι οικονομικά ασύμφορες.

Ύστερα από μια στοιχειώδη έρευνα αγοράς διαπιστώνεται ότι το κόστος των μονοκρυσταλλικών πάνελ είναι αρκετά υψηλότερο από αυτό των πολυκρυσταλλικών (τάξεως του 10-15% ακριβότερα). Παρουσιάζουν όμως καλύτερη απόδοση κατά 1,5-3% από τα πολυκρυσταλλικά. Εύκολα διαπιστώνει κανείς ότι η καλύτερη απόδοση που εμφανίζουν δεν αντισταθμίζει το κόστος αγοράς τους.

Άρα αποφασίζεται η επιλογή ενός πολυκρυσταλλικού πλαισίου. Στη συνέχεια, για να υπολογίσουμε τον ακριβή τύπο, αριθμό και συνδεσμολογία φωτοβολταϊκών πλαισίων πρέπει να ορίσουμε τη μέγιστη τάση $V_{m\Sigma}$ της φωτοβολταϊκής συστοιχίας.

Ισχύει ότι:

$$V_{m\Sigma} \geq 1,2 * V_B$$

Όπου $V_B = 48$ V, η ονομαστική τάση του ηλεκτρικού συσσωρευτή, άρα η μέγιστη τάση της Φ/Β συστοιχίας θα πρέπει να είναι:

$$V_{m\Sigma} \geq 57,6$$

Θα επιλέξουμε πολυκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά πάνελ 60 κυψελών, της εταιρίας SHARP, ισχύος 245 Wp/ πλαίσιο. Στον παρακάτω πίνακα αναφέρονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου τύπου πλαισίου.

PANEL SHARP 60 CELLS 245 Wp	
Ονομαστική μέγιστη ισχύς Pmax	245 Wp
Ονομαστική τάση φόρτισης Vmp	30,8 V
Ονομαστικό ρεύμα φόρτισης Imp	8,0 A
Τάση ανοιχτού κυκλώματος Voc	37,3 V
Ρεύμα βραχυκύκλωσης Isc	8,36 A
Πλήθος Φ/Β στοιχείων ανά πλαίσιο	60
Τεχνολογία κατασκευής	Si, Πολυκρυσταλλικό
Διαστάσεις	165,2 x 99,4 x 4,5 cm

Πίνακας 8. Τεχνικά χαρακτηριστικά των Φ/Β πλαισίων

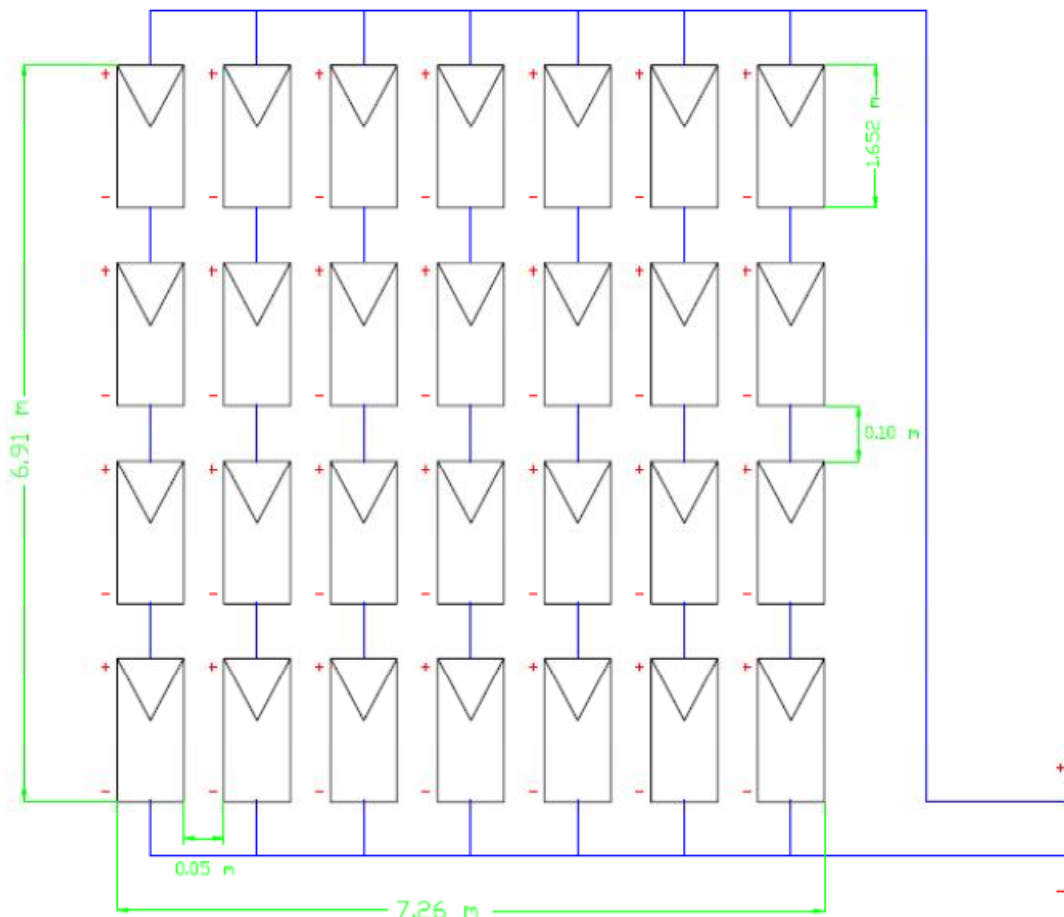


Εικόνα 14. Φ/Β πλαίσιο SHARP 245 Wp

Το επόμενο βήμα είναι ο υπολογισμός του αριθμού πλαισίων που θα συνδεθούν ώστε να τροφοδοτήσουν το σύστημα:

$$N = \frac{P_{p\Sigma}}{P_{p\Pi}} = \frac{6.800}{245} = 27,75 \approx 28 \text{ πλαίσια}$$

Η συνδεσμολογία θα γίνει σε επτά (7) παράλληλους κλάδους, με τέσσερα πλαίσια ανά κλάδο, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχέδιο (σχέδιο 3).



Σχέδιο 3. Συνδεσμολογία Φ/Β πλαισίων

ΜΗΝΑΣ	ΜΕΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ (KWh)	ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ (KWh)
Ιανουάριος	18,7	578
Φεβρουάριος	22,3	623
Μάρτιος	31,1	965
Απρίλιος	33,3	1000
Μάιος	35,3	1100
Ιούνιος	37,4	1120
Ιούλιος	36,3	1120
Αύγουστος	36,7	1140
Σεπτέμβριος	34,2	1030

Οκτώβριος	27,8	863
Νοέμβριος	21,2	636
Δεκέμβριος	16,3	505
Ετήσιο	29,2	889

Πίνακας 9. Μέση ημερήσια και μηνιαία παραγόμενη ενέργεια

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του πίνακα 9, οι τιμές απόδοσης του συστήματος είναι επαρκείς, ώστε να καλύπτονται οι ενεργειακές απαιτήσεις της οικίας. Ως μονάδα παραγωγής ισχύος αιχμής θα χρησιμοποιείται το ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος, το οποίο θα μπαίνει σε λειτουργία κατά τις ημέρες αυτονομίας, δηλαδή σε περιπτώσεις που το κυρίως σύστημα δεν δύναται να τροφοδοτήσει τις καταναλώσεις.

6.3.4. Επιλογή συσσωρευτών

Για να μπορεί ένας συσσωρευτής να χρησιμοποιηθεί σε αυτόνομο σύστημα φωτοβολταϊκών, επιβάλλεται να πληρεί κάποιες προδιαγραφές. Αυτές έχουν να κάνουν κυρίως με:

- την διάρκεια ζωής της μπαταρίας
- το κόστος και ιδιαίτερα σε συνδυασμό με την απόδοση
- την ικανότητα φόρτισης (όσο το δυνατό χαμηλότερα ρεύματα)
- την ενέργεια και την πυκνότητα ισχύος
- την ανθεκτικότητα

Στην επιλογή των συσσωρευτών συνέβαλαν σημαντικά τα παραπάνω κριτήρια, καταλήγοντας στην εταιρία Concorde, και συγκεκριμένα στον PVX-2580L, με ονομαστική τάση 12V και χωρητικότητα 236Ah. Στον παρακάτω πίνακα (πίνακας 10) φαίνονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά του:

CONCORDE PVX - 2580L	
Μήκος	0,527 m
Πλάτος	0,277 m
Ύψος	0,247 m
Βάρος	75 kg

Ονομαστική Τάση	12 V
Χωρητικότητα	236 Ah

Πίνακας 10. Τεχνικά χαρακτηριστικά συσσωρευτή

Εφόσον έχουμε επιλέξει τιμή για την τάση της Φ/Β συστοιχίας και των συσσωρευτών ίση με 48V και η ονομαστική τάση ανά συσσωρευτή είναι 12V, θα πρέπει να συνδεθούν ανά 4 εν σειρά σε κάθε κλάδο. Θα θεωρήσουμε το βαθμό απόδοσης $\alpha=0,9$ και το βάθος εκφόρτισης $\beta=40\%$, ώστε να επιτευχθεί αύξηση του χρόνου ζωής των συσσωρευτών.

Το σύστημα θα πρέπει να σχεδιαστεί έτσι ώστε να μπορεί να παράγει ενέργεια $E_k=12,11$ KWh και σε περιπτώσεις παρατεταμένης συννεφιάς, καλύπτοντας τόσο τη θερινή, όσο και τη χειμερινή λειτουργία. Η ονομαστική χωρητικότητα των συσσωρευτών υπολογίζεται από τη σχέση:

$$C_N = \frac{n * E_k}{\alpha * \beta_{εκ} * V_B}$$

Όπου:

- $E_k=12,11$ KWh, η μέση ημερήσια κατανάλωση της οικίας
- $\beta_{εκ}=0,4$, το βάθος εκφόρτισης του συσσωρευτή
- $\alpha=0,9$, ο βαθμός απόδοσης του συσσωρευτή
- $n=1$, αριθμός ημερών αυτονομίας

Άρα η Ονομαστική χωρητικότητα θα είναι:

$$C_N = (1 * 12.110) / (0,9 * 0,4 * 48) = 700 \text{ Ah}$$

και το πλήθος των συσσωρευτών:

$$N = 700 / 236 = 3 \text{ κλάδοι}$$

Άρα θα χρησιμοποιηθούν 3 κλάδοι με 4 συσσωρευτές ανά κλάδο εν σειρά.

6.3.5. Ελεγκτής φόρτισης συσσωρευτών

Ο ελεγκτής φόρτισης, είναι μια συσκευή η οποία ρυθμίζει ουσιαστικά την φόρτιση των συσσωρευτών. Αυτό συμβαίνει με έλεγχο φόρτισης και διακοπή αυτής όταν διαπιστωθεί πληρότητα, διότι σε αντίθετη περίπτωση οι συσσωρευτές φθείρονται και ο χρόνος ζωής τους μειώνεται σημαντικά. Επίσης, εκκινεί αυτόματα τη διαδικασία φόρτισης, όταν διαπιστωθεί πως η τιμή της τάσης βρίσκεται κάτω από τα επίπεδα φόρτισης.

Στην παρούσα μελέτη έχει τοποθετηθεί συστοιχία 7 παράλληλων κλάδων των 4 πάνελ έκαστος.

Βάσει των προδιαγραφών των πάνελ έχουμε τις εξής τιμές:

- Ονομαστικό ρεύμα φόρτισης: $I_{mpp} = 8,0 \text{ A}$
- Ρεύμα βραχυκυκλώματος: $I_{sc} = 8,36 \text{ A}$
- Τάση ανοιχτού κυκλώματος: $V_{oc} = 37,3 \text{ V}$

Για να καθοριστεί το είδος του ελεγκτή φόρτισης πρέπει να ληφθούν υπόψη τα παρακάτω:

- Η ονομαστική τάση συσσωρευτών: Η ονομαστική τάση του ελεγκτή πρέπει να είναι ίση με την ονομαστική τάση των συσσωρευτών, δηλαδή **48 V**.
- Μέγιστη τάση ανοιχτού κυκλώματος: Η τάση ανοιχτού κυκλώματος της συστοιχίας είναι $V_{oc\Sigma} = 4 * 37,3 = \mathbf{149,2 \text{ V}}$
- Ρεύμα φόρτισης: Το ρεύμα φόρτισης από τα Φ/Β είναι $I_{max\Sigma} = 8 * 8 = \mathbf{64 \text{ A}}$
- Ρεύμα βραχυκυκλώματος: Το ρεύμα βραχυκυκλώματος της Φ/Β συστοιχίας είναι $I_{sc\Sigma} = 8 * 8,36 = \mathbf{66,88 \text{ A}}$

Σύμφωνα με τις παραπάνω τιμές, θα χρησιμοποιήσουμε τον ελεγκτή FLEXmax 80 , της εταιρίας OutBack Power Systems με τα εξής χαρακτηριστικά (πίνακας 11):

OutBack FLEXmax - 80	
Τάση συσσωρευτών	48 V
Μέγιστη τάση ανοιχτού κυκλώματος	150 V
Ρεύμα φόρτισης	80 A
Μέγιστο ρεύμα βραχυκύκλωσης	100 A
Βαθμός απόδοσης	97,50%
Βάρος	5,53 kg

Πίνακας 11. Τεχνικά χαρακτηριστικά ελεγκτή φόρτισης

6.3.6. Επιλογή αντιστροφέα (inverter)

Ο αντιστροφέας, είναι ηλεκτρικό κύκλωμα το οποίο μετατρέπει μια συνεχή τάση (DC) σε εναλλασσόμενη (AC). Με αυτόν τον τρόπο, το σύστημα είναι ικανό να τροφοδοτήσει μέσω των συσσωρευτών όλα τα φορτία της κατοικίας που απαιτούν εναλλασσόμενη τροφοδοσία. Δεν έχει σημασία πόσες συσκευές θα συνδεθούν ταυτόχρονα, αρκεί να μην ξεπερασθεί η ισχύς του μετατροπέα. Για την επιλογή του αντιστροφέα πρέπει να ισχύουν τα εξής:

- **Ονομαστική τάση:** Η ονομαστική τάση του αντιστροφέα πρέπει να είναι ίση με την ονομαστική τάση των συσσωρευτών, δηλαδή 48 V.

- **Ισχύς αιχμής:** Η ισχύς αιχμής πρέπει να ισούται με την συνολική εγκατεστημένη ισχύ κατανάλωσης (12.305 W), έστω και για μικρό χρονικό διάστημα
- **Ισχύς εξόδου:** Η ισχύς εξόδου πρέπει να είναι ίση με την ισχύ των φορτίων κατανάλωσης που λειτουργούν ταυτόχρονα. Θεωρώντας ότι ο συντελεστής ταυτοχρονισμού των φορτίων της οικίας είναι 0,47, η ισχύς εξόδου του inverter είναι $12.305 \text{ W} \times 0,47 = 5783 \text{ W}$.
- **Τάση εξόδου:** Η τάση εξόδου του μετατροπέα πρέπει να είναι ίση με την τάση των φορτίων κατανάλωσης, δηλαδή 230 V.

Ως βέλτιστη λύση επιλέχθηκε ο αντιστροφέας **QUATTRO 48/8000/110** της εταιρίας VICTRON, του οποίου τα χαρακτηριστικά φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

VICTRON QUATTRO 48/8000/110	
Τάση εισόδου	38 - 66 V
Συνεχής ισχύς εξόδου	8000 VA
Συνεχής ισχύς	6300 - 7000 W
Ισχύς εκκινήσεως	16000 W
Μέγιστη Απόδοση	96%
Είσοδος AC	187 - 265 Vac

Πίνακας 12. Τεχνικά χαρακτηριστικά αντιστροφέα

6.3.7. Ηλεκτροπαραγωγό Ζεύγος (H/Z)

Κατά τον σχεδιασμό αυτόνομου υβριδικού Φ/Β συστήματος, λαμβάνεται υπόψη η δυνατότητα λειτουργίας μέχρι μερικών μερών αυτονομίας, προκειμένου ο συσσωρευτής να μπορεί να καλύψει τις ενεργειακές ανάγκες της οικίας κατά την περίοδο των μη ηλιοφανών ημερών. Πέραν όμως του χρόνου αυτονομίας, ή σε περιπτώσεις όπως κάποια βλάβη στο κύριο σύστημα παραγωγής, η κάλυψη των απαιτήσεων πραγματοποιείται από το H/Z. Η επιλογή του διέπεται από κάποιες προϋποθέσεις:

- Οφείλει να εξασφαλίζει τη λειτουργία της εγκατάστασης όταν το Φ/Β σύστημα δεν μπορεί να ανταποκριθεί σε επιπλέον ζήτηση της ηλεκτρικής ενέργειας.
- Να επαναφέρει τον εκφορτισμένο ηλεκτρικό συσσωρευτή στην κατάσταση πλήρους φόρτισης.

Ο χρόνος φόρτισης (t_{φ}) του συσσωρευτή από το ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος δίνεται από την σχέση:

$$t_{\varphi} = \frac{C_N * \beta_{\epsilon\kappa}}{I_{\varphi} * \eta_q}$$

Όπου:

- $C_N = 700 \text{ Ah}$, η ονομαστική χωρητικότητα των συσσωρευτών
- $\beta_{εκ} = 0,4$, βάθος εκφόρτισης συσσωρευτή
- $I_\phi \leq C_N/10 = 70 \text{ A}$, ρεύμα φόρτισης
- $\eta_q = 0,9$, βαθμός απόδοσης φορτίου

Άρα ο χρόνος φόρτισης είναι:

$$t_\phi = (700 * 0,4) / (70 * 0,9) = 4,44 \text{ h}$$

Εφόσον ο χρόνος φόρτισης των συσσωρευτών είναι 4,44 ώρες, ο ελάχιστος χρόνος λειτουργίας του Η/Ζ θα πρέπει να είναι 5 ώρες σε συνεχή λειτουργία.

Η Ισχύς του Η/Ζ για τη φόρτιση των συσσωρευτών είναι:

$$P_\phi = I_\phi * V_o$$

Όπου:

- $V_o = 1,25 * V_B$, η τάση εξόδου του Η/Ζ
- $V_B = 48 \text{ V}$, η τάση των συσσωρευτών

Άρα:

$$P_\phi = 70 * 1,25 * 48 = 4.200 \text{ W}$$

Έχοντας ως δεδομένα την ισχύ του Η/Ζ, καθώς και την ισχύ των φορτίων σε ταυτόχρονη λειτουργία ($P_\kappa = 5783 \text{ W}$), μπορούμε να θέσουμε την κατώτατη τιμή για την απαιτούμενη ισχύ του Η/Ζ:

$$P_{\text{H/Z}} \geq P_\phi + P_\kappa \quad \text{ὅ} \quad P_{\text{H/Z}} \geq 9.983 \text{ W}$$

Επομένως η ισχύς της γεννήτριας που θα χρησιμοποιηθεί, θα πρέπει να είναι τουλάχιστον **10 kW**.

Το Η/Ζ που θα χρησιμοποιηθεί είναι της εταιρίας **ENERGEN**, και τα χαρακτηριστικά του παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα (πίνακας 13) :

LDE - 12 T3	
Μέγιστη απόδοση	12 KVA / 11 KW
Τάση	400 V
Στροφές	1500 rpm
Καύσιμο	Πετρέλαιο
Ονομαστικό ρεύμα/φάση	18 A
cosφ	0,8
Στάθμη θορύβου	68 - 70 db
Βάρος	700 kg
Τύπος	Κλειστού Τύπου

Πίνακας 13. Τεχνικά χαρακτηριστικά ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους



Εικόνα 15. Ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος ENERGEN

6.3.8. Σχέδιο εγκατάστασης

Στο παρακάτω μονογραμμικό διάγραμμα αποτυπώνεται η συνολική εγκατάσταση, συνοδευόμενη από το σχετικό υπόμνημα, η οποία αποτελείται από:

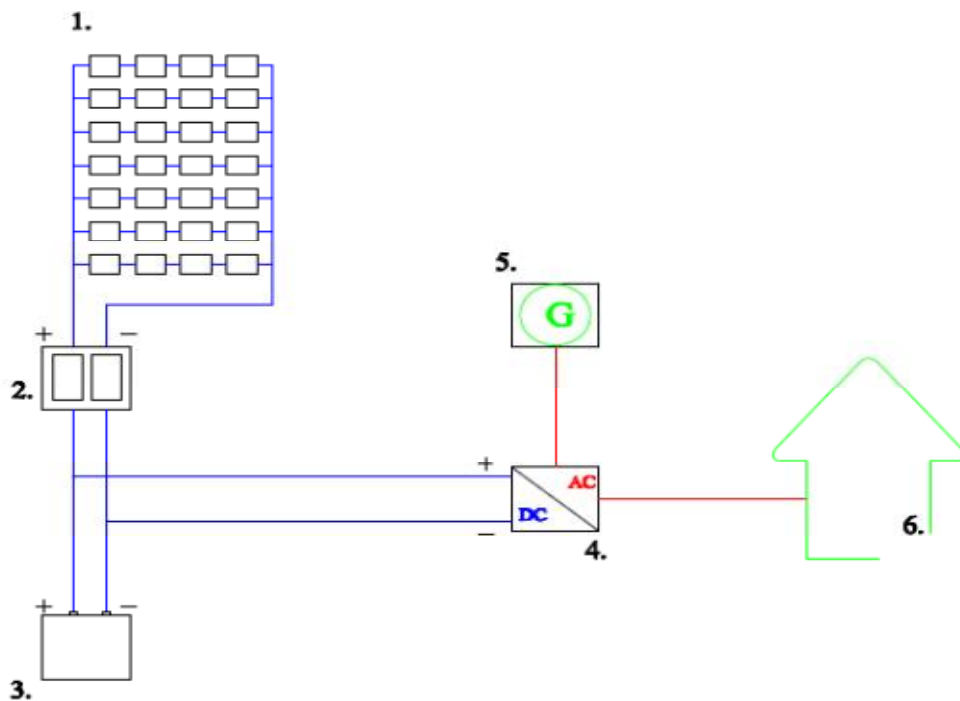
1. Τη συστοιχία των φωτοβολταϊκών πλαισίων, 7 παραλλήλων κλάδων με 4 πλαίσια εν σειρά (28 πλαίσια συνολικά).
2. Τον ελεγκτή φόρτισης, ο οποίος όπως αναφέρθηκε παραπάνω χρησιμοποιείται για έλεγχο φόρτισης και προστασία των συσσωρευτών.
3. Τους 3 παράλληλους κλάδους συσσωρευτών, με 4 στοιχεία εν σειρά, για αποθήκευση της παραγόμενης ενέργειας.
4. Τον αντιστροφέα, ο οποίος χρησιμοποιείται για την μετατροπή της παραγόμενης συνεχούς τάσης σε εναλλασσόμενη, με σκοπό την ασφαλή τροφοδότηση των φορτίων της οικίας, καθώς και για την μετατροπή της εναλλασσόμενης τάσης σε συνεχή για την φόρτιση των αποφορτισμένων συσσωρευτών όταν λειτουργεί το Η/Ζ.
5. Το ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος (Η/Ζ), για την τροφοδότηση των φορτίων της οικίας και την φόρτιση των συσσωρευτών, σε περιόδους παρατεταμένης συννεφιάς.
6. Την συνεχή και εναλλασσόμενη καλωδίωση.

ΜΟΝΟΓΡΑΜΜΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

1. ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΠΛΑΞΙΩΝ
2. ΕΛΕΓΚΤΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ
3. ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ
4. ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΑΣ
5. ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΟ ΖΕΥΓΟΣ
6. ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ ΟΙΚΙΑΣ

— ΚΑΛΩΔΙΩΣΗ DC

— ΚΑΛΩΔΙΩΣΗ AC



Σχέδιο 4. Μονογραμμικό διάγραμμα εγκατάστασης

6.4. Καλωδίωση

Στην πλευρά της συστοιχίας των φωτοβολταϊκών πλαισίων, ο σχεδιασμός καθώς και η υλοποίηση της καλωδίωσης θα πρέπει να εξασφαλίζει προστασία ισοδύναμη με μόνωση κλάσης N_o 2 (Class II).

Η μόνωση των καλωδίων που θα χρησιμοποιηθούν για τις συνδέσεις των πλαισίων, θα πρέπει να είναι ανθεκτική τουλάχιστον έως 70 °C ή και περισσότερο, σε περίπτωση που δεν υπάρχει ελεύθερη κυκλοφορία του αέρα.

Για τις συνδέσεις μεταξύ των πλαισίων, συνήθως χρησιμοποιούνται εύκαμπτα μονοπολικά καλώδια με ενισχυμένη μόνωση, τα οποία θα πρέπει να ικανοποιούν τις προαναφερθείσες απαιτήσεις. Ο συνδυασμός των απαιτήσεων αυτών, είναι δύσκολο να ικανοποιηθεί με χρήση κοινών τυποποιημένων καλωδίων, άρα απαιτείται η χρήση ειδικών μειγμάτων πλαστικών για μόνωση.

Τα καλώδια μπορούν να είναι εναέρια, με την προϋπόθεση ότι θα παρέχεται στήριξη ώστε να μην καταπονούνται οι συνδέσεις. Για τη στήριξη χρησιμοποιούνται υλικά ανθεκτικά στην υπεριώδη ακτινοβολία, την υγρασία, την υψηλή θερμοκρασία και τη διάβρωση. Τα πλαίσια θα πρέπει να διαθέτουν διόδους παράκαμψης (bypass diodes), για τη μείωση των συνεπειών σκίασης.

Για να συνδεθούν τα καλώδια μεταξύ τους, συνιστάται να χρησιμοποιούνται οι κατάλληλοι ειδικοί σύνδεσμοι ταχείας σύνδεσης. Τα προεγκατεστημένα καλώδια των πλαισίων δε θα πρέπει να αφαιρούνται ή να αντικαθίστανται από καλώδια άλλης διατομής ή τύπου.

6.4.1 Πλευρά συνεχούς ρεύματος (DC)

Στην πλευρά συνεχούς ρεύματος, η καλωδίωση περιλαμβάνει τις συνδέσεις μεταξύ των πλαισίων από τα άκρα κάθε εν σειρά κλάδου έως τα άκρα της συστοιχίας και τις συνδέσεις από τα άκρα της Φ/Β συστοιχίας μέχρι την είσοδο των αντιστροφών.

Τα καλώδια για τις συνδέσεις των πλαισίων (παράλληλοι κλάδοι και όλα τα εν σειρά στοιχεία) περιλαμβάνονται στα πάνελ μαζί με την αγορά τους. Η εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών αποτελείται από 28 πλαίσια, τα οποία έχουν συνδεθεί σε 7 παράλληλους κλάδους με 4 πλαίσια σε σειρά ανά κλάδο.

Το μέγιστο ρεύμα της Φ/Β συστοιχίας δίνεται από τον παρακάτω τύπο:

$$I_{max} = 1,25 * I_{sc} * N_{\pi}$$

Όπου:

- $I_{sc} = 8,36 \text{ A}$, το ρεύμα βραχυκύκλωσης Φ/Β πλαισίου
- $N_{\pi} = 7$, ο αριθμός των παράλληλων κλάδων της Φ/Β συστοιχίας

Άρα:

$$I_{max} = 1,25 * 8,36 * 7 = 73,15 \text{ A}$$

Τα καλώδια που επιλέχθηκαν για τη διασύνδεση των πάνελ με τον ελεγκτή φόρτισης, τους συσσωρευτές και όλα τα παραπάνω με τον αντιστροφέα, είναι τύπου **H07RN-F** της εταιρίας **CABLEL**. Η επιλογή έγινε βάσει της ανθεκτικότητας του συγκεκριμένου τύπου καλωδίων σε

μεταβολές θερμοκρασίας, σε υγρασία και διάφορους εξωγενείς παράγοντες, δηλαδή την καταλληλότητά τους για εξωτερικές εγκαταστάσεις.



1. Λεπτοπολύκλωνος αγωγός.
2. Μόνωση ελαστικού.
3. Μανδύας ελαστικού.

ΤΥΠΟΣ ΚΑΛΩΔΙΟΥ: H07RN-F
ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΤΑΣΗ: 450/750 V
ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ: ΕΛΟΤ 623.4, HD 22.4

Εικόνα 16. Καλώδιο H07RN - F

Για καλώδιο διατομής $1 \times 50\text{mm}^2$, η αναγραφόμενη μέγιστη συνεχής φόρτιση είναι $I_{\max} = 198 \text{ A}$. Το γινόμενο της μέγιστης φόρτισης και του συντελεστή θερμοκρασίας για 70°C , είναι $198 * 0,57 = 112,9 \text{ A} > 73,15 \text{ A}$, άρα το συγκεκριμένο καλώδιο καλύπτει τις ανάγκες της εγκατάστασης.

ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΔΙΑΤΟΜΗ ΚΑΛΩΔΙΟΥ	ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ (ΠΕΡΙΠΟΥ)	ΒΑΡΟΣ ΚΑΛΩΔΙΟΥ (ΠΕΡΙΠΟΥ)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΩΜΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΣΕ DC ΣΕ 20°C	ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΗ ΣΥΝΕΧΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗ	ΠΤΩΣΗ ΤΑΣΗΣ	
					1 ΦΑΣΗ AC ή DC	3 ΦΑΣΕΙΣ AC
mm^2	mm	kg/km	Ω/km	A	mV/A/m	mV/A/m
1x1,5	6,1	50	13,7	22	31,0	
1x2,5	6,7	65	8,21	31	19,0	
1x4,0	7,7	90	5,09	41	12,0	
1x6,0	8,9	120	3,39	53	7,8	
1x10	10,4	165	1,95	73	4,6	
1x16	12,3	260	1,24	98	2,9	
1x25	14,4	375	0,795	129	1,85	
1x35	16,0	495	0,565	158	1,37	
1x50	18,6	665	0,393	198	1,02	
1x70	20,9	910	0,277	245	0,71	
1x95	23,0	1170	0,210	292	0,53	
1x120	26,5	1485	0,164	344	0,44	
1x150	28,8	1820	0,132	391	0,37	
1x185	30,2	2180	0,108	448	0,33	
1x240	32,9	2735	0,0817	528	0,26	

Πίνακας 14. Χαρακτηριστικά καλωδίου H07RN - F

6.4.2 Πλευρά εναλλασσόμενου ρεύματος (AC)

Το ρεύμα του ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους που τροφοδοτεί τον αντιστροφέα είναι περίπου 27,5 A. Ύστερα από την προσαύξηση 25% η τιμή του ρεύματος γίνεται **34,4 A** ενώ το ρεύμα εξόδου του αντιστροφέα είναι $8000 / 230 = 35 \text{ A}$.

Ο τύπος καλωδίου που επιλέχθηκε για την σύνδεση του Η/Ζ με τον αντιστροφέα, καθώς και για την τροφοδότηση των φορτίων της οικίας είναι ο **H07V-K** διατομής $3 \times 16\text{mm}^2$ της εταιρίας **CABLEL**, και η λειτουργία της εγκατάστασης θα ασφαλιστεί με μικροαυτόματους 40 A.



Εικόνα 17. Καλώδιο H07V - K

6.5. Γειώσεις

Γείωση ονομάζεται η αγωγή σύνδεση ενός ακροδέκτη ηλεκτρικού κυκλώματος με οποιοδήποτε αντικείμενο μηδενικού δυναμικού, με συνηθέστερο το έδαφος της γης, το οποίο είναι συμβατά μηδενικό. Έτσι, κάθε αγωγός που συνδέει κάποιο κύκλωμα ή ένα μεταλλικό αντικείμενο με το έδαφος ονομάζεται γειωμένος και το κύκλωμα ή το αντικείμενο αποκτούν το ίδιο δυναμικό με τη γη. Ο αγωγός που τοποθετείται στο έδαφος και το επάνω μέρος του συνδέεται με τον γειωμένο αγωγό, ονομάζεται γειωτής. Τα Φ/Β συστήματα πρέπει να γειώνονται για τους εξής λόγους:

- Αποφυγή οποιασδήποτε ζημιάς μπορεί να υποστεί ο ηλεκτρονικός εξοπλισμός από κρουστικές υπερτάσεις, όπως οι απότομες αυξήσεις της απόλυτης τιμής του δυναμικού από μερικά Volt έως χιλιάδες Volt, των οποίων η διάρκεια δεν ξεπερνάει τα 10-3 sec. Οι κρουστικές υπερτάσεις δημιουργούνται από κεραυνούς, αστραπές, βραχυκυκλώματα κ.τ.λ
- Ασφάλεια του προσωπικού συντήρησης από ηλεκτροπληξία λόγω διαρροής ρευμάτων.

6.5.1. Τύποι γειώσεων

Συνήθως σε βιομηχανικές και κτιριακές εγκαταστάσεις, διακρίνονται τρεις κατηγορίες γειώσεως: τις γειώσεις λειτουργίας, προστασίας και ασφαλείας.

- ✚ **Γείωση λειτουργίας:** η γείωση που χρησιμοποιείται στη λειτουργία ενός συστήματος (π.χ. γείωση ουδετέρου). Διακρίνεται στην **άμεση γείωση**, όταν δεν περιλαμβάνει άλλη αντίσταση πλην αυτή της γείωσης, και την **ουδετέρωση**, όταν εκτός της αντίστασης της γείωσης υπάρχουν κι άλλες ωμικές, επαγωγικές ή χωρητικές αντιστάσεις.
- ✚ **Γείωση προστασίας:** είναι η αγώγιμη σύνδεση των μεταλλικών μερών μιας εγκατάστασης, τα οποία δεν ανήκουν στο κύκλωμα λειτουργίας. Με τη γείωση προστασίας εξασφαλίζεται η προστασία των ανθρώπων που μπορεί να έρθουν σε επαφή με αυτά.
- ✚ **Γείωση ασφαλείας ή αντικεραυνικής προστασίας:** χρησιμεύει στην ασφάλεια των παρευρισκόμενων, σε κάποια ακτίνα εντός του περιβάλλοντος που έχει κατασκευαστεί. Ενδεικτικά παραδείγματα της αντικεραυνικής είναι οι γειώσεις των αλεξικέραυνων, οι γειώσεις των αντιστατικών δαπέδων των χώρων επείγουσας ιατρικής και των χώρων με μηχανήματα προηγμένης τεχνολογίας.

6.5.2. Γείωση της εγκατάστασης

Για την γείωση της παρούσας εγκατάστασης, θα πραγματοποιηθεί γείωση προστασίας των μεταλλικών εξαρτημάτων και γείωση του αντιστροφέα. Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια γειώνονται στο περίβλημά τους, ενώ ο αντιστροφέας περιέχει ακροδέκτη για καλώδιο γείωσης. Θα δημιουργηθεί κοινός κόμβος γείωσης για όλη την εγκατάσταση. Με δύο μονωμένους χάλκινους αγωγούς, πολύκλινους, διατομής 100 mm^2 , θα συνδεθούν οι αντιστροφείς στον κόμβο γείωσης. Επίσης με χάλκινο μονωμένο πολύκλινο αγωγό διατομής 100 mm^2 , γειώνονται και τα μεταλλικά μέρη (Φ/Β, βάσεις), στον ίδιο κόμβο γείωσης ο οποίος καταλήγει σε ένα τρίγωνο ηλεκτροδίων στο έδαφος. Ο αγωγός αυτός θα συνδέεται με το τρίγωνο γείωσης, συνολικής αντίστασης περίπου $4,5 \Omega$, το οποίο αποτελείται από 3 ράβδους χαλκού, οι οποίες θα συνδέονται εις διπλούν με αγωγό χαλκού γαλβανισμένο σε απόσταση 6 m η καθεμία μεταξύ τους.

6.6. Οικονομική ανάλυση του συστήματος

Η παρούσα εγκατάσταση μπορεί να κοστολογηθεί, λαμβάνοντας υπόψη τα κόστη εξοπλισμού, εγκατάστασης υλικού, έκδοσης αδειών, το κόστος παρακολούθησης, λειτουργίας, ασφάλειας και συντήρησης. Αναλυτικότερα, το κόστος εξοπλισμού αφορά τη δαπάνη για αγορά των υλικών, συμπεριλαμβανομένων των φόρων και των τελών μεταφοράς.

Το συνολικό κόστος εξοπλισμού μπορεί να διαχωριστεί στα εξής κόστη για:

- Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια
- Το ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος
- Τους συσσωρευτές
- Τον ελεγκτή φόρτισης
- Τον αντιστροφέα
- Τον ηλεκτρολογικό εξοπλισμό (καλωδιώσεις, πίνακες, ασφάλειες, βάσεις στήριξης)
- Το κόστος εγκατάστασης / εργασίας

1.Φωτοβολταϊκά: Για τον συγκεκριμένο τύπο Φ/Β πλαισίου των 245 W της εταιρίας SHARP το κόστος αγοράς είναι **235 euro / panel**. Στην τιμή αυτή συμπεριλαμβάνεται ο ΦΠΑ, καθώς και το κόστος μεταφοράς. Η συνολική τιμή για όλα τα πλαίσια είναι:

$$235 \text{ €/ panel} * 28 \text{ panels} = 6.580 \text{ €}$$

2.Ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος: Για το Η/Ζ της εταιρίας ENERGEN, το κόστος αγοράς, συμπεριλαμβανομένου ΦΠΑ και με ενός έτους εγγύηση, είναι **5.810 €** Τα έξοδα αποστολής δεν συμπεριλαμβάνονται στην τιμή και είναι **140 €** Άρα το κόστος μαζί με τα έξοδα αποστολής θα είναι:

$$5.810 \text{ €} + 140 \text{ €} = 5.950 \text{ €}$$

3.Συσσωρευτές: Όσον αφορά τους συσσωρευτές, το κόστος για κάθε έναν είναι **593 €** με ΦΠΑ και τα έξοδα αποστολής. Η συστοιχία αποτελείται από 12 συσσωρευτές, άρα το συνολικό κόστος θα είναι:

$$12 * 593 \text{ €} = 7.116 \text{ €}$$

4.Ελεγκτής φόρτισης: Το κόστος αγοράς του OutBack FLEXmax – 80, με ΦΠΑ καθώς και τα έξοδα αποστολής είναι **610 €**

5.Αντιστροφέας: Ομοίως, το συνολικό κόστος αγοράς για τον VICTRON QUATTRO 48/8000/110, μαζί με τα έξοδα αποστολής (110 €) είναι:

$$(2.100 \text{ €} \text{ ó } 2.880 \text{ €}) + 110 \text{ €} = 2.990 \text{ €}$$

6.Λοιπά υλικά – ηλεκτρολογικός εξοπλισμός: Όσον αφορά τον πίνακα, τις καλωδιώσεις και τις βάσεις στήριξης των πλαισίων που θα χρειαστούν, συγκεντρωτικά το κόστος ανέρχεται στα **2.700 €** συμπεριλαμβανομένου του ΦΠΑ. Στην τιμή αυτή περιλαμβάνονται τα στηρίγματα καλωδίων καθώς και τα βύσματα.

7.Κόστος εγκατάστασης συστήματος: Ύστερα από αξιολόγηση διαφόρων προσφορών, για εργασία περίπου μιας εβδομάδας συνεργείου εγκατάστασης και διασύνδεσης του συστήματος, η πιο συμφέρουσα δόθηκε με τιμή **1.800 €**.

Το συνολικό κόστος του συστήματος, με υλικά και εγκατάσταση, φαίνεται στον παρακάτω συγκεντρωτικό πίνακα:

ΕΙΔΟΣ	ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΡΙΑ ΕΤΑΙΡΙΑ - ΜΟΝΤΕΛΟ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΤΙΜΗ (€)
Φωτοβολταϊκά	SHARP 60 CELLS 245 Wp	28	6.580,00
Ηλεκτροπαραγωγό Ζεύγος	ENERGEN LDE - 12 T3	1	5.950,00
Συσσωρευτές	CONCORDE PVX - 2580L	12	7.116,00
Ελεγκτής Φόρτισης	OutBack FLEXmax - 80	1	610,00
Αντιστροφέας	VICTRON QUATTRO 48/8000/110	1	2.990,00
Λοιπά υλικά / Ηλεκτρολογικός εξοπλισμός	-	-	2.700,00
Εγκατάσταση συστήματος	-	-	1.800,00
ΣΥΝΟΛΟ			27.746,00

Πίνακας 15. Ανάλυση κόστους εγκατάστασης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

7.1. Ανακεφαλαίωση

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η εξομοίωση μιας μελέτης για αυτόνομο υβριδικό σύστημα. Στην ουσία είναι ένα παράδειγμα για το πώς μπορεί να αξιοποιηθεί μια εναλλακτική πηγή ενέργειας σε συνδυασμό με κάποια συμβατική (H/Z), ώστε να τροφοδοτήσει επαρκώς τα φορτία μιας κατοικίας, χωρίς αυτή να χρειαστεί να συνδεθεί στο δίκτυο. Στο παράδειγμα αυτό αναφέρεται επιγραμματικά μια ακόμη επιλογή ανανεώσιμης πηγής, η γεωθερμία, η οποία παρουσιάζεται μόνο ως φορτίο και η χρήση της για ψύξη – θέρμανση. Σκοπός αυτής της αναφοράς είναι μια επιπλέον πρόταση για μια εναλλακτική πηγή θέρμανσης και δροσισμού, η οποία όμως προς το παρόν δεν είναι διαδεδομένη στη χώρα μας, κυρίως λόγω υψηλού κόστους. Αναλυτικότερα, η μελέτη δομήθηκε ως εξής:

Αρχικά, πραγματοποιήθηκε καταγραφή των καταναλώσεων της οικίας κατά τη διάρκεια του έτους. Λόγω χρήσης της γεωθερμίας για ψύξη και θέρμανση, η μεταβολή των καταναλώσεων από τη χειμερινή στη θερινή περίοδο θεωρήθηκε αμελητέα, άρα υπολογίστηκε μια τυπική ημερήσια κατανάλωση, η οποία στην ουσία είναι ένας μέσος όρος κατανάλωσης των ημερών του έτους.

Στη συνέχεια, επιλέχθηκε ο προσανατολισμός και η κλίση της φωτοβολταϊκής συστοιχίας με κριτήριο την απόδοσή της (νότιος προσανατολισμός και κλίση 30°). Χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα PVGIS, πραγματοποιήθηκε μελέτη των μετεωρολογικών δεδομένων για την περιοχή του Ηρακλείου Κρήτη. Από τα παραπάνω συμπεράναμε πως οι κρίσιμοι μήνες όσον αφορά την απόδοση του συστήματος είναι ο Δεκέμβριος και ο Ιούνιος. Με βάση τα δεδομένα αυτά και έχοντας ήδη υπολογίσει τη μέση ημερήσια κατανάλωση της οικίας, υπολογίστηκε και η ισχύς αιχμής του Φ/Β συστήματος, και αποφασίστηκε πως αρκεί η διαστασιολόγηση να πραγματοποιηθεί για τον μήνα Δεκέμβριο, κατά τον οποίο η ισχύς αιχμής είναι μεγαλύτερη (6,8 kW_p).

Ύστερα έρευνα αγοράς, επιλέχθηκαν φωτοβολταϊκά πάνελ της εταιρίας SHARP, ισχύος 245 W έκαστο. Η επιλογή έγινε με γνώμονα την υψηλότερη δυνατή απόδοση σε συνδυασμό με χαμηλότερο κόστος. Για να καλυφθούν οι ανάγκες της παραγόμενης ενέργειας, υπολογίστηκε εγκατάσταση 28 πλαισίων, τα οποία τοποθετήθηκαν σε 7 παράλληλους κλάδους των 4 εν σειρά μονάδων. Μέσω της χρήσης του PVGIS για ακόμα μια φορά υπολογίστηκε η μέση ημερήσια και μηνιαία ηλεκτροπαραγωγή της Φ/Β εγκατάστασης.

Ομοίως για τους συσσωρευτές, επιλέχθηκαν στοιχεία της εταιρίας CONCORDE, και συγκεκριμένα το μοντέλο PVX-2580L. Για την κάλυψη των αναγκών αποθήκευσης της παραγόμενης ενέργειας, υπολογίστηκε η εγκατάσταση 3 παράλληλων κλάδων αποτελούμενων από 4 συσσωρευτές εν σειρά έκαστος.

Από τη διαστασιολόγηση των συσσωρευτών προέκυψε ότι φορτίζουν με τάση 48V. Ελέγχοντας τη μέγιστη τάση που παράγουν τα φωτοβολταϊκά, την τάση ανοιχτού κυκλώματος και το ρεύμα βραχυκυκλώματος της συστοιχίας, επιλέχθηκε ο ελεγκτής φόρτισης της εταιρίας Outback και μοντέλο FLEXmax 80 ονομαστικής τάσης 48 V και μεγίστου ρεύματος φόρτισης 80 A.

Στη συνέχεια επιλέχθηκε ο αντιστροφέας QUATTRO 48/8000/110 της εταιρίας VICTRON, ώστε να καλύπτονται οι προϋποθέσεις τάσεις και ισχύος σχετικά με το σύστημα και να είναι εφικτό να τροφοδοτηθούν όλα τα εναλλασσόμενα φορτία της οικίας.

Χρησιμοποιήθηκε το ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος LDE - 12 T3 της εταιρίας ENERGEN, ονομαστικής ισχύος 11 kW, για την φόρτιση των συσσωρευτών, αλλά και την κάλυψη των φορτίων σε περιόδους παρατεταμένης συννεφιάς. Μπορεί να έχει συνεχή λειτουργία για 5 ώρες, ώστε να φορτίσουν πλήρως οι συσσωρευτές. Η γεννήτρια συνδέεται στον αντιστροφέα (όπου έχει υποδοχή γεννήτριας), έτσι ώστε σε περίπτωση που αδειάσουν οι συσσωρευτές να τεθεί σε λειτουργία με μια ελάχιστη χρονοκαθυστέρηση.

Αφού επιλέχθηκε και ο τύπος των καλωδίων για τη συνεχή και την εναλλασσόμενη πλευρά, πραγματοποιήθηκε οικονομική αξιολόγηση του συστήματος, όπου υπολογίστηκε το κόστος των επιμέρους μονάδων που το απαρτίζουν καθώς και το συνολικό κοστολόγιο του συστήματος που ανέρχεται στα 27.746 € συμπεριλαμβανομένου και του κόστους εγκατάστασης.

7.2. Συμπεράσματα - Παρατηρήσεις

Όσον αφορά τη μελέτη, είναι μια διαδικασία που απαιτεί πληθώρα υπολογισμών, κατά τους οποίους είναι αναγκαίο να λαμβάνονται υπόψη όλες οι απαραίτητες συνιστώσες ώστε να επιτευχθεί ορθή διαστασιολόγηση του συστήματος. Πάντοτε η μελέτη έχει ως γνώμονα τις ενεργειακές απαιτήσεις των φορτίων και είναι σημαντικό να πραγματοποιηθούν σωστοί υπολογισμοί, ώστε να υπάρξει όσο το δυνατό καλύτερη αναλογία κόστους και ποιότητας. Σε αυτήν την αναλογία συμβάλει και η εκτενής αναζήτηση κυρίως σε ότι αφορά τα υλικά του συστήματος.

Όσον αφορά το κόστος τοποθέτησης ενός αυτόνομου συστήματος τροφοδότησης μιας οικίας, η μελέτη δείχνει ότι είναι αρκετά υψηλό. Ειδικά αν συμψηφιστεί με το κόστος της γεωθερμικής εγκατάστασης και των υπολοίπων κατασκευών που απαιτούνται ώστε να είναι η κατοικία ενεργειακά άρτια συμπεραίνεται ότι είναι οικονομικά ασύμφορη για μια μέση οικογένεια, τουλάχιστον με τα σημερινά δεδομένα. Ωστόσο, αν υπάρχει το απαιτούμενο κεφάλαιο για την ενεργειακή αυτονομία, είναι μία πολύ καλή λύση η οποία λύνει τα προβλήματα της διασύνδεσης στο δίκτυο, ειδικά σε απομακρυσμένες περιοχές, και σε βάθος χρόνο πραγματοποιείται η απόσβεση της εν λόγω επένδυσης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ι.Καλδέλλης, Κ.Καβαδίας, "Εργαστηριακές εφαρμογές ήπιων μορφών ενέργειας", Εκδόσεις Σταμούλη (2001)
- Π.Ντοκόπουλος, "Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις καταναλωτών μέσης και χαμηλής τάσης", Εκδόσεις Ζήτη (1992)
- Σ.Ν.Καπλάνης, "Ήπιες Μορφές Ενέργειας ΙΙΙ, Μηχανική των Φωτοβολταϊκών Συστημάτων. Τεχνολογία, Μελέτες, Εφαρμογές", Εκδόσεις ΙΩΝ (2004)
- "Οδηγίες για την εγκατάσταση Φ/Β συστημάτων σε κτηριακές εγκαταστάσεις", Εκδόσεις ΚΑΠΕ (2009)
- Ι.Ε Φραγκιαδάκης, "Φωτοβολταϊκά συστήματα", Εκδόσεις Ζήτη (2009)
- Σ.Περδίδης, "Φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις", Εκδόσεις ΣΕΛΚΑ-4Μ (2010)
- Ηλεκτρικές Μηχανές AC-DC, Stephen J. Chapman, 3η έκδοση, Εκδόσεις Τζιόλα
- <http://agreenenergy.gr>
- <http://nemertes.lis.upatras.gr>
- <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis>
- <http://energy.gov/eere/geothermal/geothermal-energy-us-department-energy>
- <http://geo-energy.org/Basics.aspx>
- <http://www.4green.gr>
- <http://www.civicsolar.com>
- <http://www.karaferis.gr>
- <http://www.econews.gr>
- <http://www.electrotech.gr/outback.htm>
- <http://solar.smps.us>
- <http://dspace.library.iitb.ac.in>
- <http://www.victronenergy.gr>
- <http://www.e-toolsmarket.com>
- <http://www.cablel.gr>