



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΚΑΙ ΑΕΡΟΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ , ΑΕΡΟΝΑΥΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Βιβλιογραφική διερεύνηση των φωτοβολταϊκών συστημάτων
(BIBLIOGRAPHIC RESEARCH OF PHOTOVOLTAIC SYSTEMS)**

ΓΕΩΡΓΟΥΛΙΑΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

A.M. :1058137

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: ΜΙΧΑΛΑΚΑΚΟΥ ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ

ΠΑΤΡΑ, ΙΟΥΝΙΟΣ/2022

Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Μηχανολόγων και Αεροναυπηγών Μηχανικών
Γεωργούλιας Δημήτριος
© 2022 – Με την επιφύλαξη παντός δικαιώματος

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας δεν υποδηλοί την αποδοχή των γνωμών του συγγραφέα. Κατά τη συγγραφή τηρήθηκαν οι αρχές της ακαδημαϊκής δεοντολογίας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Βιβλιογραφική διερεύνηση των φωτοβολταϊκών συστημάτων

ΓΕΩΡΓΟΥΛΙΑΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

Η παρούσα σπουδαστική εργασία πραγματεύεται την βιβλιογραφική ανασκόπηση της τεχνολογίας των φωτοβολταϊκών συστημάτων. Αναζητώντας δημοσιευμένα άρθρα σε επιστημονικά περιοδικά γίνεται μια εκτενής ανάλυση των Φ/Β συστημάτων σε Ελλάδα και Εξωτερικό.

Η εργασία ξεκινά στο πρώτο κεφάλαιο με την αξία των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας παρουσιάζοντας κάποιες από τις βασικότερες πηγές δίνοντας έμφαση στην **ηλιακή ενέργεια**.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται μια ιστορική αναδρομή ξεκινώντας από την πρώτη μελέτη για την ανακάλυψη της τεχνολογίας των Φ/Β συστημάτων. Ορίζοντας το **φωτοβολταϊκό φαινόμενο** παρουσιάζεται η αρχή λειτουργίας τους καθώς και κάποιες εφαρμογές τους δίνοντας έμφαση στα **φωτοβολταϊκά πάρκα**.

Στο τρίτο κεφάλαιο πραγματοποιείται μια κατηγοριοποίηση των Φ/Β συστημάτων στην οποία αναλύονται τα αυτόνομα και τα συνδεδεμένα στο δίκτυο συστήματα. Επίσης, γίνεται μια κατηγοριοποίηση των πλαισίων έχοντας ως βασικό υλικό το πυρίτιο, έναν από τους πιο συνηθισμένους **ημιαγωγούς** για τη δημιουργία των Φ/Β συστημάτων.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι τρόποι σύνδεσης των φωτοβολταϊκών πλαισίων καθώς και διάφορα **συστήματα στήριξης**.

Η εργασία ολοκληρώνεται με τα συμπεράσματα.

Λέξεις κλειδιά

Ηλιακή Ενέργεια, Φωτοβολταϊκό Φαινόμενο, Ημιαγωγοί, φωτοβολταϊκό πάρκο, Συστήματα στήριξης

ABSTRACT

BIBLIOGRAPHIC RESEARCH OF PHOTOVOLTAIC SYSTEMS

GEORGOULIAS DIMITRIOS

This thesis deals with the bibliographic research of photovoltaic systems. We searched for published articles in scientific journals and carried out an extensive analysis of PV systems in Greece and abroad.

The report begins in the first chapter with the value of renewable energy sources. We present some of the most basic sources with an emphasis on **solar energy**.

In the second chapter we do a historical review and we talk about the discovery of PV system technology. We define the **photovoltaic effect** and we present the principle of operation of photovoltaic systems. We also explain some of their applications. The most popular application of PV systems is **photovoltaic parks**.

In the third chapter we categorize PV systems and we analyze the technology of off grid connected systems and on grid connected systems. Also, we categorize the frames that have silicon as the main material, one of the most common **semiconductors** for the creation of PV systems.

In the fourth chapter we present the ways of connecting the photovoltaic panels. In the same chapter we will also talk about the various **support systems**.

Keywords

Solar energy, Photovoltaic effect, semiconductor, photovoltaic park, support systems

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΕΙΚΟΝΩΝ

EIKONA 1. Μορφές Πηγών Ενέργειας.....	13
EIKONA 2. Πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας στη γη.....	14
EIKONA 3. Αιολικό Πάρκο Παναχαϊκού όρους.....	15
EIKONA 4. Αρχή Λειτουργίας Υδροηλεκτρικού Εργοστασίου.....	16
EIKONA 5. Alessandro Volta (1745-1827).....	18
EIKONA 6. Edmund Becquerel (1820-1891).....	18
EIKONA 7. Charles Edgar Fritts (1850-1903).....	19
EIKONA 8. BELL LABORATORY (1954).....	20
EIKONA 9. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ.....	22
EIKONA 10. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ-ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ.....	23
EIKONA 11. ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΑΡΙΘΜΟΜΗΧΑΝΗ ΤΡΟΦΟΔΟΤΟΥΜΕΝΗ ΑΠΟ ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ.....	26
EIKONA 12. ΠΡΟΒΟΛΕΙΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΜΕ ΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗ ΑΠΟ ΜΙΚΡΟ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΠΑΝΕΛ	26
EIKONA 13. ΠΡΟΒΟΛΕΑΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΜΕ ΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗ ΑΠΟ ΜΙΚΡΟ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΠΑΝΕΛ (ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ).....	27
EIKONA 14. ΗΛΙΑΚΑ ΠΑΝΕΛ ΣΕ ΣΤΕΓΗ ΜΟΝΟΚΑΤΟΙΚΙΑΣ.....	28
EIKONA 15. ΗΛΙΑΚΑ ΠΑΝΕΛ ΣΕ ΤΑΡΑΤΣΑ ΠΟΛΥΚΑΤΟΙΚΙΑ.....	28
EIKONA 16. ΗΛΙΑΚΑ ΠΑΝΕΛ ΣΕ ΧΩΡΟ ΣΤΑΘΜΕΥΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ.....	29
EIKONA 17. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ.....	31
EIKONA 18. ΗΛΙΑΚΟΣ ΣΥΛΛΕΚΤΗΣ.....	32
EIKONA 19. ΑΥΤΟΝΟΜΟ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ.....	34
EIKONA 20. ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΑΥΤΟΝΟΜΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	34
EIKONA 21. ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ.....	35
EIKONA 22. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ ΣΕ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΑΧΑΪΑΣ.....	37

ΕΙΚΟΝΑ 23. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΠΑΡΚΟ ΣΤΟΝ ΠΥΡΓΟ ΗΛΕΙΑΣ.....	37
ΕΙΚΟΝΑ 24. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΜΟΝΟΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΟΥ ΠΥΡΙΤΙΟΥ (sc-Si)	38
ΕΙΚΟΝΑ 25. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΠΟΛΥΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΟΥ ΠΥΡΙΤΙΟΥ (sc-Si).....	39
ΕΙΚΟΝΑ 26. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΑΜΟΡΦΟΥ ΠΥΡΙΤΙΟΥ (a-Si)	40
ΣΧΗΜΑ 1. ΣΥΝΔΕΣΗ ΤΕΣΣΑΡΩΝ Φ/Β ΠΛΑΙΣΙΩΝ ΣΕ ΣΕΙΡΑ	41
ΣΧΗΜΑ 2. ΣΥΝΔΕΣΗ ΤΕΣΣΑΡΩΝ Φ/Β ΠΛΑΙΣΙΩΝ ΠΑΡΑΛΛΗΛΑ.....	42
ΣΧΗΜΑ 3. ΜΕΙΚΤΗ ΣΥΝΔΕΣΗ ΔΕΚΑΕΞΙ Φ/Β ΠΛΑΙΣΙΩΝ.....	43
ΕΙΚΟΝΑ 27. ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ Φ/Β ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ ΣΕ ΒΑΣΗ ΜΕ ΣΤΑΘΕΡΗ ΚΛΙΣΗ....	45
ΕΙΚΟΝΑ 28. ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ Φ/Β ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ ΣΕ ΒΑΣΗ ΕΝΟΣ ΑΞΟΝΑ.....	46
ΕΙΚΟΝΑ 29. ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΤΟΥΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΕ ΕΝΑ ΑΞΟΝΑ....	46
ΕΙΚΟΝΑ 30. ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ Φ/Β ΣΥΛΛΕΚΤΗ ΣΕ ΒΑΣΗ ΔΥΟ ΑΞΟΝΩΝ.....	47

Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	5
ABSTRACT	7
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΕΙΚΟΝΩΝ	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ^ο	13
ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (Α.Π.Ε).....	13
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	13
1.2 ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	13
1.3 ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	14
1.4 ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	15
1.5 ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΠΟ ΒΙΟΜΑΖΑ	15
1.6 ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	16
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο	17
ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	17
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	17
2.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ.....	17
2.3 ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	21
2.3.1 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ	21
2.3.2 ΒΑΣΙΚΑ ΜΕΡΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ	23
2.4 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ	23
2.4.1 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	24
2.4.2 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	25
2.5 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ	25
2.5.1 ΑΠΛΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ	25
2.5.2 ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΕ ΣΤΕΓΕΣ ΚΤΗΡΙΩΝ	27
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ^ο	31
ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΣΕ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ	31
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	31

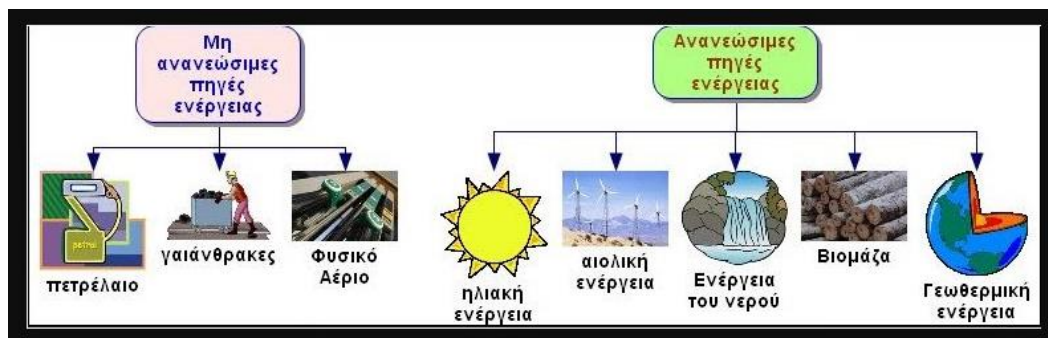
3.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ	31
3.3 ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	32
3.4 ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ.....	32
3.5 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	33
3.5.1 ΑΥΤΟΝΟΜΟ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	33
3.5.2 ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ (ΜΕ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ)	35
3.5.3 ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ (Η ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΔΙΟΧΕΤΕΥΕΤΑΙ ΕΞ ΟΛΟΚΛΗΡΟΥ ΣΤΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ).....	36
3.6 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ Φ/Β ΠΛΑΙΣΙΩΝ	38
3.6.1 Φ/Β ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΟΝΟΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΟΥ ΠΥΡΙΤΙΟΥ (SINGLE CRYSTALLINE SILICON)	38
3.6.2 Φ/Β ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΟΛΥΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΟΥ ΠΥΡΙΤΙΟΥ (MULTI CRYSTALLINE SILICON)	39
3.6.3 ΑΜΟΡΦΟΥ ΠΥΡΙΤΙΟΥ (THIN FILM SILICON)	39
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ^ο	41
ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΣΤΗΡΙΞΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ	41
4.1 ΤΡΟΠΟΙ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ ΠΛΑΙΣΙΩΝ.....	41
4.1.1 ΣΥΝΔΕΣΗ Φ/Β ΠΛΑΙΣΙΩΝ ΣΕ ΣΕΙΡΑ.....	41
4.1.2 ΣΥΝΔΕΣΗ Φ/Β ΠΛΑΙΣΙΩΝ ΠΑΡΑΛΛΗΛΑ	42
4.1.3 ΜΕΙΚΤΗ ΣΥΝΔΕΣΗ Φ/Β ΠΛΑΙΣΙΩΝ.....	43
4.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΤΗΡΙΞΗΣ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ.....	44
4.2.1 ΒΑΣΕΙΣ ΣΤΑΘΕΡΗΣ ΚΛΙΣΗΣ	45
4.2.2 ΒΑΣΕΙΣ ΕΝΟΣ ΑΞΟΝΑ (ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ, ΚΕΚΛΙΜΕΝΟΥ)	45
4.2.3 ΒΑΣΕΙΣ ΔΥΟ ΑΞΟΝΩΝ	47
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	48
ΠΗΓΕΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	49
ΠΗΓΕΣ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ	52
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΚΑΙ ΔΗΜΟΣΙΕΥΜΕΝΑ ΑΡΘΡΑ.....	52

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (Α.Π.Ε)

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία χρόνια είναι ευρέως αποδεκτό από την επιστημονική κοινότητα αλλά και γενικά από το παγκόσμιο πληθυσμό ότι η εκτεταμένη χρήση συμβατικών καυσίμων για παραγωγή ενέργειας αποτελεί ένα βασικό πρόβλημα που αν δεν λυθεί θα ταλαιπωρεί τις επόμενες γενιές. Οι μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας σύντομα θα εξαντληθούν αφού οι ποσότητες των συμβατικών καυσίμων είναι περιορισμένες. Ταυτόχρονα από τη καύση των καυσίμων αυτών εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα ρύποι οι οποίοι ευθύνονται για το φαινόμενο του θερμοκηπίου αλλά και της όξινης βροχής. Με τις Α.Π.Ε η ανθρωπότητα μπορεί να οραματίζεται ένα πλανήτη φιλικό προς το περιβάλλον με ανεξάντλητα ποσά ενέργειας. Στο κεφάλαιο αυτό θα αναφερθούμε σύντομα στις βασικές μορφές των Α.Π.Ε.

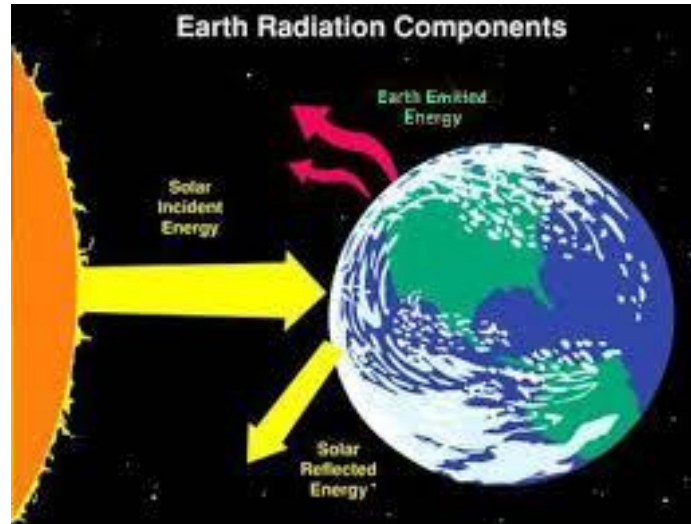


ΕΙΚΟΝΑ 1.1. Μορφές Πηγών Ενέργειας

1.2 ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η **ηλιακή ενέργεια** προέρχεται από τον ήλιο που αποτελεί βασική πηγή ενέργειας του πλανήτη μας. Η ενέργεια που απελευθερώνεται στον πυρήνα του από τη σύντηξη του υδρογόνου και τη μετατροπή του σε ήλιο ακτινοβολείται στο διάστημα προς όλες τις κατευθύνσεις. Με λίγα λόγια, ο ήλιος είναι ένας τεράστιος πυρηνικός αντιδραστήρας. Παρόλο που ο ήλιος

ακτινοβολεί τόσα εκατομμύρια χρόνια εκτιμάται πως υπάρχουν αποθέματα ενέργειας για τουλάχιστον άλλα τόσα χρόνια. Έτσι μιλάμε για μια ατελείωτη πηγή ενέργειας.



ΕΙΚΟΝΑ 1.2. Πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας στη γη

Η ηλιακή ενέργεια μπορεί να εκμεταλλευτεί από εφαρμογές όπως τα θερμικά ηλιακά συστήματα και τα φωτοβολταϊκά συστήματα. Τα πρώτα δεσμεύουν την ηλιακή ακτινοβολία και στη συνέχεια τη μεταφέρουν σε νερό όπως γίνεται για παράδειγμα στους ηλιακούς θερμοσίφωνες οι οποίοι μας παρέχουν ζεστό νερό χρήσης. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα που θα αναλύσουμε και παρακάτω εκτενέστερα μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια απευθείας σε ηλεκτρική μέσω του φωτοβολταϊκού φαινομένου.

1.3 ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Ο ήλιος θερμαίνει ανομοιόμορφα την επιφάνεια της γης κι έτσι προκαλεί την μετακίνηση μεγάλων μαζών αέρα από την μια περιοχή στην άλλη, δημιουργεί δηλαδή τους ανέμους. Ο άνεμος αποδίδει την αιολική ενέργεια, μια ανανεώσιμη και ανεξάντλητη πηγή ενέργειας. Έχει τη δυνατότητα να περιστρέφει ανεμοτροχούς, να κινεί μικρά αντικείμενα ακόμα και μεγάλες μάζες. Με τον τρόπο αυτό παρατηρήθηκε πως η ενέργεια του μπορεί να

καταστεί εκμεταλλεύσιμη. Βασικές εφαρμογές τις αιολικής ενέργειας είναι οι οι διαφόρων τύπων ανεμογεννήτριες καθώς και τα αιολικά πάρκα.



ΕΙΚΟΝΑ 1.3. Αιολικό Πάρκο Παναχαϊκού όρους

1.4 ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Γεωθερμική ενέργεια ονομάζεται η θερμική ενέργεια που προέρχεται από το εσωτερικό της γης. Για να εκμεταλλευτούμε τη γεωθερμική ενέργεια συνήθως αναζητούμε περιοχές της γης με θερμά νερά ή ατμούς που υπάρχουν σε υπόγειους ταμιευτήρες. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν οι θερμές ιαματικές πηγές τις οποίες βρίσκουμε σε διάφορα μέρη της χώρας. Η θερμοκρασία που βρίσκονται τα ρευστά είναι αυτή που καθορίζει και το είδος της εφαρμογής που μπορεί να πραγματοποιηθεί. Για παράδειγμα, σε θερμοκρασίες 120 °C είναι εφικτή η παραγωγή πόσιμου νερού με απόσταξη. Η γεωθερμία αποτελώντας μια ανανεώσιμη και καθαρή πηγή ενέργειας είναι πολύτιμη για τις περιοχές που έχουν τη τύχη να τη διαθέτουν.

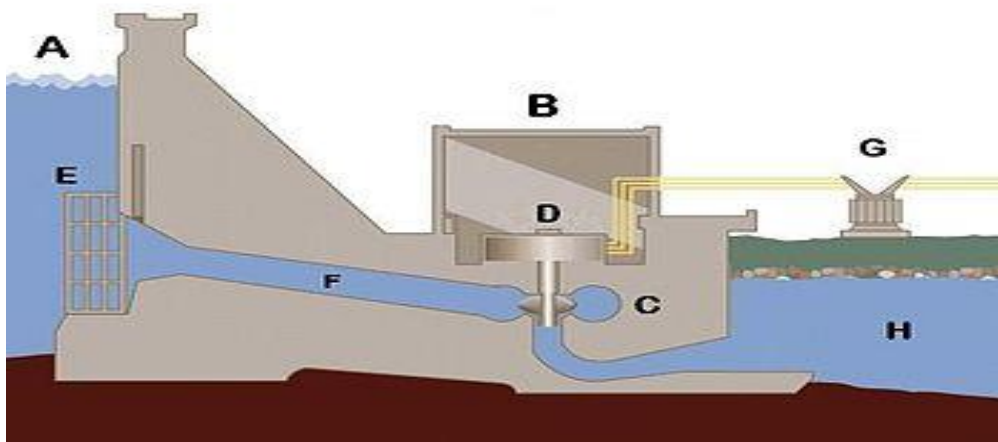
1.5 ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΠΟ ΒΙΟΜΑΖΑ

Με τον όρο **Βιομάζα** εννοούμε οποιοδήποτε υλικό προέρχεται άμεσα ή έμμεσα από το φυτικό κόσμο. Τα υλικά αυτά εμπεριέχουν χημική ενέργεια η

οποία, με τη καύση της βιομάζας, αποδίδει θερμική ενέργεια η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ποικιλία εφαρμογών. Η βιομάζα αποτελεί μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας αφού για τη δημιουργία της τα βασικά συστατικά είναι το νερό, το διοξείδιο του άνθρακα, ηλιακή ενέργεια (φωτόνια) και ανόργανα στοιχεία. Μερικές βασικές εφαρμογές είναι η τηλεθέρμανση κατοικημένων περιοχών, η θέρμανση θερμοκηπίων και παραγωγή υγρών καυσίμων με βιοχημική μετατροπή βιομάζας (παραγωγή βιοαιθανόλης δηλαδή οινόπνευμα).

1.6 ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η **υδροηλεκτρική ενέργεια** στηρίζεται στην εκμετάλλευση της μηχανικής ενέργειας του νερού των ποταμών και της μετατροπής της σε ηλεκτρική ενέργεια με τη βοήθεια στροβίλων και ηλεκτρογεννητριών. Λόγω των χιονιών και των βροχών σε οποιαδήποτε ύψη πάνω από τη στάθμη της θάλασσας τα νερά αντιπροσωπεύουν αποθηκευμένη βαρυτική ενέργεια. Με τη ροή του νερού μέσω των ποταμών και των χειμάρρων διαχέεται αυτή η ενέργεια. Για την απόληψη αυτής της ενέργειας σε μια ελεγχόμενη μορφή μπορεί να εκτραπεί ένας μέρος ή όλο το νερό σε ένα σωλήνα ο οποίος στη συνέχεια να ρίχνει το νερό σε έναν υδροτροχό ή στροβιλοτροχό. Με τον τρόπο αυτό το νερό θα πέφτει στα πτερύγια του υδροτροχού θα τον περιστρέφει και θα παράγεται μηχανική ενέργεια. Η μηχανική αυτή ενέργεια μέσω ενός σύγχρονου στροβίλου ο οποίος συνδέεται με μια γεννήτρια μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια.



ΕΙΚΟΝΑ 1.4. Αρχή Λειτουργίας Υδροηλεκτρικού Εργοστασίου

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα αποτελούν μία από τις βασικές εφαρμογές της ηλιακής ενέργειας. Η εκμετάλλευση της αποτελεί μονόδρομο για την δημιουργία ενός πράσινου πλανήτη με τεχνολογίες φιλικές προς το περιβάλλον καθώς είναι μια ανεξάντλητη μορφή ενέργειας. Έτσι, στηριζόμενοι στο φωτοβολταϊκό φαινόμενο που θα αναλύσουμε παρακάτω, μπορούμε να μετατρέψουμε την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική με μοναδικό κόστος το κόστος εγκατάστασης αφού η πρώτη ύλη-καύσιμο διατίθεται δωρεάν.

Στο κεφάλαιο αυτό θα ξεκινήσουμε αρχικά από μια ιστορική αναδρομή με σκοπό να δούμε πώς ξεκίνησε η μελέτη για την ανάπτυξη της τεχνολογίας των Φ/Β συστημάτων. Στη συνέχεια θα εξηγήσουμε το φωτοβολταϊκό φαινόμενο και την φωτοβολταϊκή διάταξη. Στη τελευταία θα αναφερθούμε στα μέρη που απαρτίζουν ένα ολόκληρο Φ/Β μηχανισμό καθώς και στο τρόπο λειτουργίας του. Θα μιλήσουμε για τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα τους και τέλος θα παρουσιάσουμε διαφόρων ειδών τέτοιες εγκαταστάσεις ξεκινώντας από τις πιο μικρές και τις πιο απλές μέχρι ολόκληρα Φ/Β πάρκα σε Ελλάδα και εξωτερικό.

2.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Η ονομασία φωτοβολταϊκό σύστημα βασίζεται στον **Alessandro Volta (1745-1827)** έναν πρωτοπόρο στη μελέτη του ηλεκτρισμού. Ο επιστήμονας αυτός έγινε κυρίως γνωστός για την εύρεση της ηλεκτρικής μπαταρίας το 1800. Ο όρος "φωτό" προέρχεται από το φως, το δε "βολτ" οφείλεται στο μεγάλο αυτόν εφευρέτη. Έτσι "φωτοβολταϊκό" στη κυριολεξία σημαίνει "φωτο-ηλεκτρικό".



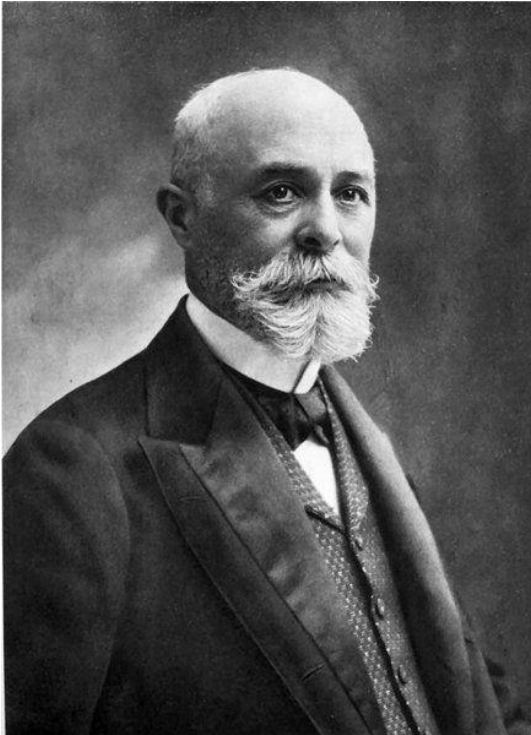
ΕΙΚΟΝΑ 2.1. Alessandro Volta (1745-1827)

Το 1839 ξεκινά η επιστημονική έρευνα για το φωτοβολταϊκό φαινόμενο όταν ο 19χρονος Γάλλος φυσικός **Edmund Becquerel (1820-1891)** ανακαλύπτει ότι το ηλεκτρικό ρεύμα θα μπορούσε να παραχθεί από τη λάμψη ενός φωτός επάνω σε ορισμένες χημικές ουσίες. Συγκεκριμένα, παρατήρησε ότι το ηλεκτρικό ρεύμα αυξάνεται σε ένα ηλεκτρόδιο πλατίνας, υπό την παρουσία φωτός, όταν αυτό είναι βυθισμένο σε ηλεκτρολύτη.



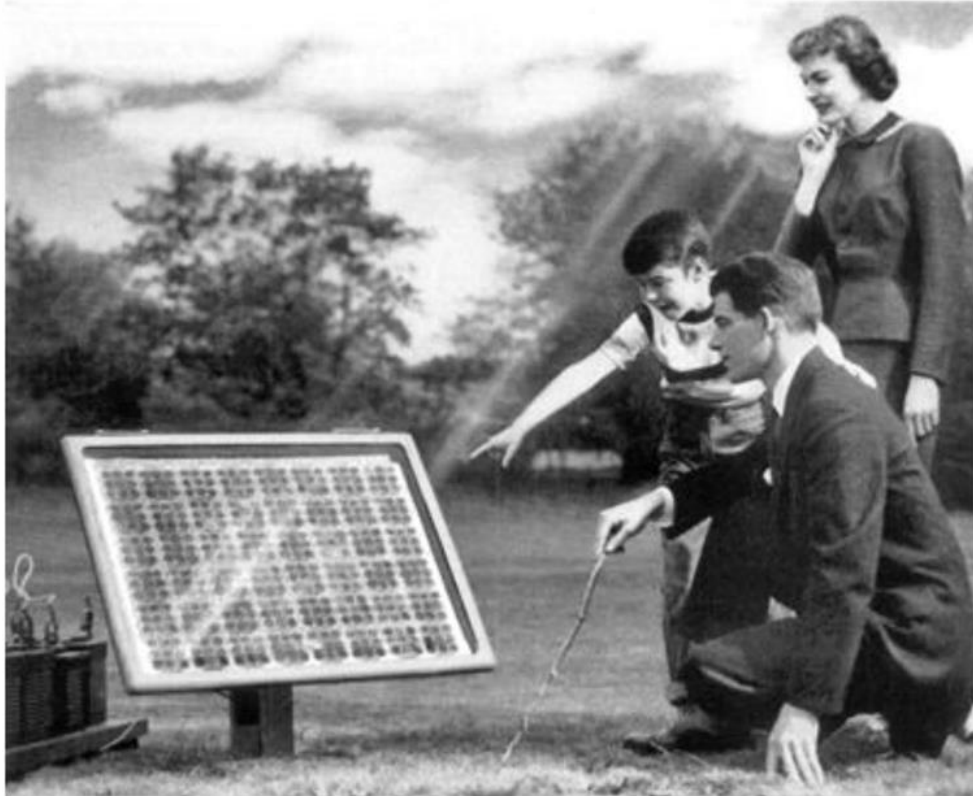
ΕΙΚΟΝΑ 2.2. Edmund Becquerel (1820-1891)

Το **1883** πραγματοποιείται η πρώτη σημαντική προσπάθεια παραγωγής φωτοβολταϊκού στοιχείου από τον **Charles Edgar Fritts** όταν κατασκευάζει ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο χρησιμοποιώντας κρύσταλλο από σελήνιο με απόδοση μικρότερη του 1%.



ΕΙΚΟΝΑ 2.3. *Charles Edgar Fritts (1850-1903)*

Το **1904** ο Einstein γράφει τη πληρέστερη θεωρία γύρω από το **φωτοηλεκτρικό φαινόμενο** και στη συνέχεια το **1954** οι **Chapin, Fuller και Pearson** αναπτύσσουν τη πρώτη κυψέλη πυριτίου (Silicon Solar Cell) που μετατρέπει το 6% της ηλιακής ενέργειας που πέφτει πάνω της σε ηλεκτρική ενέργεια. Από το 1958 ξεκινά να χρησιμοποιείται σε εξειδικευμένες εφαρμογές, όπως οι διαστημικοί δορυφόροι.



IN 1954, BELL LABORATORIES BUILT THE
FIRST EVER SILICON SOLAR CELL.

www.ibsolar.co.in

EIKONA 2.4. BELL LABORATORY (1954)

Το 1976 ξεκινούν οι πρώτες εφαρμογές φωτοβολταϊκών για την τροφοδότηση ψυγείων, τηλεπικοινωνιακού & ιατρικού εξοπλισμού, άντλησης νερού και φωτισμού. Το **1983** η παγκόσμια παραγωγή φωτοβολταϊκών ξεπερνά τα **21,3MW** ενώ **σήμερα** η συνολική παγκόσμια εγκατεστημένη ισχύς ξεπερνάει τα **230.000MW**.

2.3 ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

2.3.1 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ

Το ηλιακό φως είναι ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία η οποία αποτελείται από πακέτα ενέργειας που ονομάζονται φωτόνια. Αυτή η ποσότητα ενέργειας εξαρτάται από τη συχνότητα του φωτός. Τα φωτόνια περιέχουν αρκετή ενέργεια ώστε να διεγείρουν τα ηλεκτρόνια των στερεών σωμάτων.

Τα στερεά σώματα χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες βάσει της ηλεκτρικής αγωγιμότητας που παρουσιάζουν: μονωτές, αγωγούς και ημιαγωγούς. Όταν τα φωτόνια προσπίπτουν σε υλικά με ημιαγώγιμες ιδιότητες άλλα τα διαπερνούν άλλα ανακλώνται και άλλα απορροφώνται. Τα φωτόνια με μεγάλη ενέργεια, που απορροφώνται, είναι και αυτά που προκαλούν τη παραγωγή του ηλεκτρικού ρεύματος.

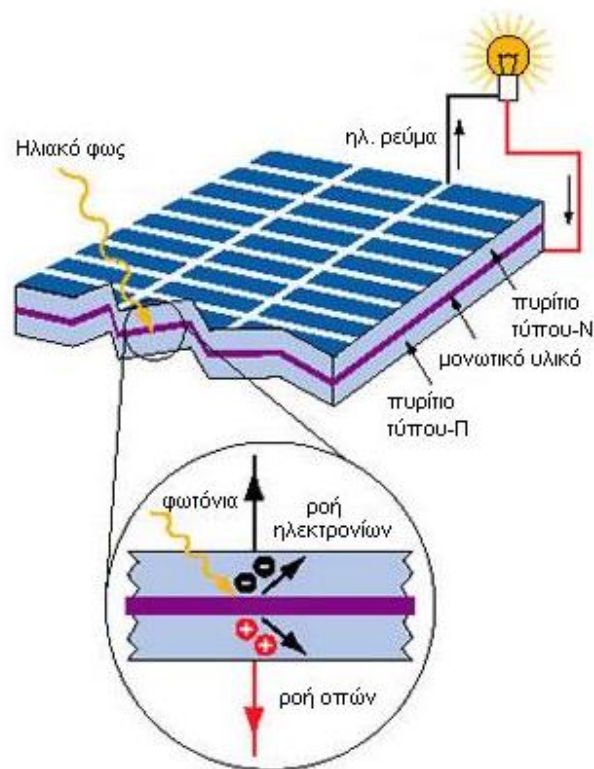
Μεταξύ δύο πλακών ημιαγωγών συνήθως πυριτίου εμπλουτίζουμε την άνω πλάκα (τύπου n) με πολύ μικρή ποσότητα μορίων αρσενικού (As) ή Φωσφόρου (P) τα οποία διαθέτουν 5 ηλεκτρόνια στην εξωτερικής τους στιβάδα σε σχέση με το πυρίτιο (Si) που περιέχει 4 ηλεκτρόνια. Αντίθετα στη κάτω πλάκα (τύπου p) προστίθενται προσμείξεις Βόριου που διαθέτει 3 ηλεκτρόνια στην εξωτερική του στιβάδα.

Στην επιφάνεια επαφής των δύο πλακών συγκεντρώνονται τα περίσσια ηλεκτρόνια της πλάκας τύπου n που έλκονται από τις κενές θέσεις ηλεκτρονίων της πλάκας τύπου p. Με την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας στην άνω πλάκα τα φωτόνια που απορροφώνται από τον ημιαγωγό ενεργοποιούν ορισμένο αριθμό ηλεκτρονίων, τα οποία συσσωρεύονται κοντά στην επιφάνεια επαφής των δύο πλακών. Επειδή δημιουργούνται απωστικές δυνάμεις από τα ομώνυμα φορτία αδειάζουν επιπλέον θέσεις ηλεκτρονίων της κάτω πλάκας και δημιουργούνται περισσότερα κενά. Έτσι δημιουργείται διαφορά τάσης, μεταξύ της άνω και κάτω πλάκας, που ονομάζεται τάση ανοικτού κυκλώματος <<UOC>>.

Στο σημείο επαφής των δύο αντιθέτως φορτισμένων πλευρών δημιουργείται ένα πολύ μικρού πάχους ενεργειακό φράγμα όπου, λόγω της ισχυρής διαφοράς δυναμικού που εμφανίζεται εκεί, τα ηλεκτρόνια μπορούν να κινηθούν από τη θετικά στην αρνητικά φορτισμένη πλευρά, αλλά όχι και κατά την αντίθετη κατεύθυνση. Αυτή είναι και η βασική ιδιότητα ενός

ημιαγωγού, δηλαδή να επιτρέπει την κίνηση ηλεκτρονίων κατά μόνο κατεύθυνση.

Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο και η λειτουργία του φωτοβολταϊκού συστήματος στηρίζονται στις βασικές ιδιότητες των ημιαγωγίμων υλικών ή κοινώς ημιαγωγών. Η τεχνολογία και η επιστήμη έχουν κάνει τεράστια βήματα με τη συμβολή αυτών των υλικών και στη συγκεκριμένη περίπτωση με την αρωγή του πυριτίου για την ανάπτυξη των φωτοβολταϊκών.



ΕΙΚΟΝΑ 2.5. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ

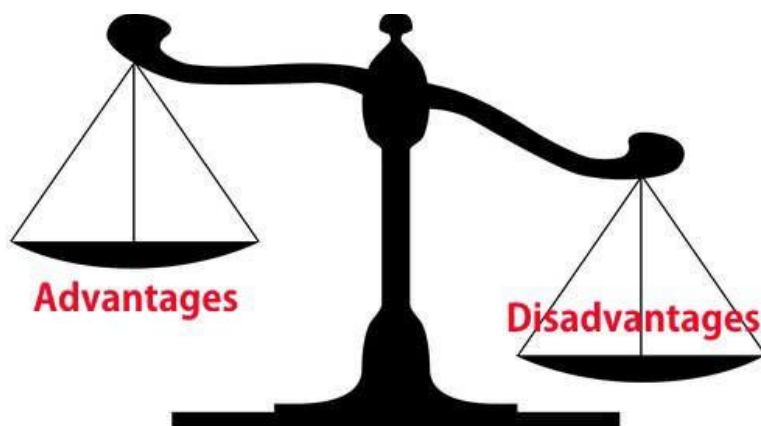
2.3.2 ΒΑΣΙΚΑ ΜΕΡΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ

Η μικρότερη μονάδα στην οποία διαιρείται ένα φωτοβολταϊκό πλαίσιο λέγεται φωτοβολταϊκό στοιχείο και αποτελείται από :

1. Τον ημιαγωγό τύπου p ο οποίος είναι θετικά φορτισμένος.
2. Τον ημιαγωγό τύπου n ο οποίος είναι αρνητικά φορτισμένος.
3. Την ηλεκτρική επαφή στη κάτω πλάκα που εφάπτεται στον ημιαγωγό τύπου p.
4. Το πλέγμα ηλεκτρικών επαφών πάνω από τον ημιαγωγό τύπου n.
5. Το αντιανακλαστικό στρώμα.
6. Το προστατευτικό γυαλί.

2.4 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Για να κατανοήσουμε πλήρως την αξία της τεχνολογίας των συστημάτων αυτών είναι αναγκαίο να γίνει μία σύγκριση ανάμεσα στα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους. Παρακάτω παρουσιάζουμε τα πιο σημαντικά από αυτά.



ΕΙΚΟΝΑ 2.6. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ-ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

2.4.1 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Τα φωτοβολταϊκά παρέχουν σημαντικά οφέλη για το περιβάλλον, για τις αγορές ενέργειας και για τη βιώσιμη ανάπτυξη. Μερικά από αυτά είναι τα εξής:

- Διαθέτουν τεχνολογία φιλική προς το περιβάλλον αφού δεν προκαλούνται ρύποι από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.
- Η ηλιακή ενέργεια είναι ανεξάντλητη ενεργειακή πηγή, διατίθενται παντού και δε στοιχίζει απολύτως τίποτα.
- Δεν απαιτούν συχνή συντήρηση.
- Η λειτουργία του συστήματος είναι ολοσχερώς αθόρυβη.
- Με την κατάλληλη γεωγραφική κατανομή, κοντά στους αντίστοιχους καταναλωτές ενέργειας, τα Φ/Β συστήματα μπορούν να εγκατασταθούν χωρίς να απαιτείται ενίσχυση του δικτύου διανομής.
- Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής αφού μπορούν με τη κατάλληλη συντήρηση να διατηρηθούν για τουλάχιστον 20 χρόνια.
- Υπάρχει πάντα η δυνατότητα μελλοντικής επέκτασης, ώστε να ανταποκρίνονται στις αυξανόμενες ανάγκες των χρηστών.
- Μπορούν να εγκατασταθούν σε ήδη υπάρχουσες κατασκευές, είτε αυτές είναι στέγες σπιτιών είτε προσόψεις κτιρίων είτε ακόμα και σε επιβατηγά οχήματα.
- Διαθέτουν ευελιξία στις εφαρμογές αφού μπορούν να λειτουργήσουν άριστα τόσο ως αυτόνομα συστήματα όσο και ως αυτόνομα υβριδικά συστήματα όταν συνδυάζονται με άλλες πηγές ενέργειας (συμβατικές ή ανανεώσιμες) και συσσωρευτές για την αποθήκευση της παραγόμενης ενέργειας. Επιπλέον, ένα μεγάλο πλεονέκτημα του Φ/Β συστήματος είναι ότι μπορεί να διασυνδεθεί με το δίκτυο ηλεκτροδότησης, καταργώντας με τον τρόπο αυτό την ανάγκη για εφεδρεία και δίνοντας επιπλέον τη δυνατότητα στον χρήστη να πουλήσει τυχόν πλεονάζουσα ενέργεια στον διαχειριστή του ηλεκτρικού δικτύου.

2.4.2 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Ως μειονέκτημα θα μπορούσε να καταλογίσει κανείς το αρχικό κόστος εγκατάστασης το οποίο παρά τις τεχνολογικές εξελίξεις παραμένει αρκετά υψηλό. Μια γενική ενδεικτική τιμή είναι 2700 ευρώ ανά εγκατεστημένο κιλοβάτ (KW) ηλεκτρικής ισχύος. Λαμβάνοντας υπόψη ότι μια τυπική οικιακή κατανάλωση απαιτεί από 1,5 έως 3,5 KW, το κόστος της εγκατάστασης δεν είναι αμελητέο. Το ποσό αυτό, ωστόσο, μπορεί να αποσβεστεί σε περίπου 5-6 χρόνια και το Φ/Β θα συνεχίσει να παράγει δωρεάν ενέργεια για τουλάχιστον άλλα 25 χρόνια.

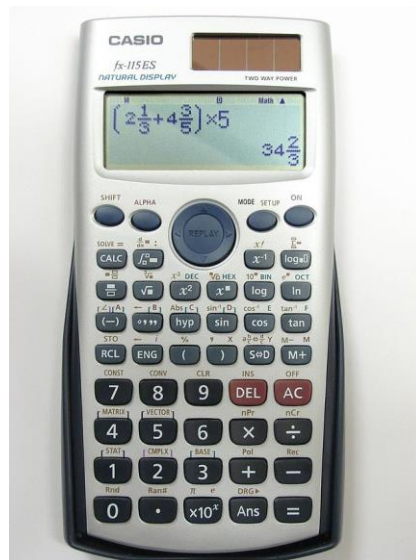
Τα πλεονεκτήματα παρατηρούμε πως υπερिशύουν και το ευρύ κοινό έχει αρχίσει να στρέφεται όλο και περισσότερο στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, και ειδικότερα στα φωτοβολταϊκά, για την κάλυψη ή την συμπλήρωση των ενεργειακών του αναγκών.

2.5 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Η τεχνολογία των Φ/Β έχει εισχωρήσει στη καθημερινότητα μας αφού αρκετές από τις συσκευές που χρησιμοποιούμε τροφοδοτούνται από ηλιακά πάνελ. Μικρά συστήματα μέχρι μεγάλες εγκαταστάσεις έχουν υλοποιηθεί με σκοπό την σταδιακή απεξάρτηση από τις πηγές ενέργειας που δεν είναι ανανεώσιμες. Παρακάτω παρουσιάζουμε μερικές σημαντικές εφαρμογές που τις συναντάμε τόσο σε ξένες χώρες όσο και στην Ελλάδα.

2.5.1 ΑΠΛΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Μία συσκευή που χρησιμοποιούμε στη καθημερινότητα μας για μαθηματικούς υπολογισμούς είναι η ηλεκτρονική αριθμομηχανή. Πολλές από αυτές λειτουργούν με ηλιακή ενέργεια όπως και αυτή παρακάτω. Εισήχθησαν στο εμπόριο στα τέλη της δεκαετίας του 1970 και χρησιμοποιούνται μέχρι και σήμερα. Οι αριθμομηχανές τσέπης είναι συσκευές που απαιτούν πολύ χαμηλή ισχύ για να λειτουργήσουν και για αυτό δίνεται η δυνατότητα στο κατασκευαστή να ενσωματώσει στη μπροστινή όψη ηλιακές κυψέλες από άμορφο πυρίτιο, ένα υλικό που είναι φθηνό και δεν αυξάνει τη τιμή του προϊόντος.

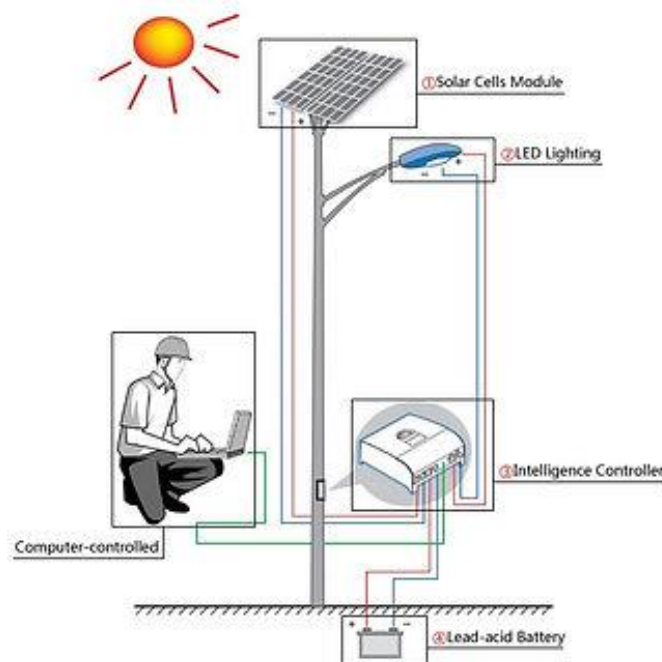


ΕΙΚΟΝΑ 2.7. ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΑΡΙΘΜΟΜΗΧΑΝΗ ΤΡΟΦΟΔΟΤΟΥΜΕΝΗ ΑΠΟ ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Άλλη μια βασική εφαρμογή των φωτοβολταϊκών συστημάτων που παρατηρούμε στη καθημερινότητα μας είναι οι προβολείς φωτισμού σε κεντρικούς δρόμους πόλεων. Τροφοδοτούνται από ηλιακά πάνελ που συλλέγουν την ηλιακή ενέργεια και τη μετατρέπουν σε ηλεκτρική. Παρέχουν ισχυρό φωτισμό και διαθέτουν εύκολη εγκατάσταση αφού δεν χρειάζονται εργασίες για να τοποθετηθούν καλώδια ρεύματος, σημεία διανομής μετασχηματιστών κλπ.



ΕΙΚΟΝΑ 2.8. ΠΡΟΒΟΛΕΙΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΜΕ ΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗ ΑΠΟ ΜΙΚΡΟ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΠΑΝΕΛ



ΕΙΚΟΝΑ 2.9. ΠΡΟΒΟΛΕΑΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΜΕ ΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗ ΑΠΟ ΜΙΚΡΟ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΠΑΝΕΛ (ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ)

2.5.2 ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΕ ΣΤΕΓΕΣ ΚΤΗΡΙΩΝ

Τα τελευταία χρόνια η Ευρωπαϊκή Ένωση κάνει προσπάθειες έτσι ώστε να ωθήσει τους πολίτες της να αξιοποιήσουν την ηλιακή ενέργεια. Το νέο "Ειδικό Πρόγραμμα Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Συστημάτων μικρής ισχύος σε κατοικίες συνδεδεμένες, με αντίστοιχη παροχή οικιακής χρήσης" που θεσμοθέτησε το υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων στέγης μέχρι 6 kWp αφορά οικιακούς καταναλωτές από όλη τη χώρα.

Το νέο ειδικό πρόγραμμα έχει ήδη ξεκινήσει να υλοποιείται από το Φεβρουάριο 2022 και θα είναι ανοιχτό για αιτήσεις τουλάχιστον μέχρι το 2023. Η εγκατάσταση των Φ/Β μπορεί να γίνει επί κτιρίων (στο δώμα ή τη στέγη κτιρίου, συμπεριλαμβανομένων των στεγάστρων βεραντών, προσόψεων και σκιάστρων). Επίσης, εφικτή είναι η εγκατάσταση σε χώρους στάθμευσης και αποθήκες.

Όπως φαίνεται και στις ενδεικτικές φωτογραφίες παρακάτω ο επιβλέπων μηχανικός για την εγκατάσταση τους λαμβάνει υπόψη του το

προσανατολισμό του κτιρίου καθώς και τη κατάσταση της σκεπής έτσι ώστε να είναι ασφαλής η λειτουργία της κατασκευής.



ΕΙΚΟΝΑ 2.10. ΗΛΙΑΚΑ ΠΑΝΕΛ ΣΕ ΣΤΕΓΗ ΜΟΝΟΚΑΤΟΙΚΙΑΣ

Εκτός από τις στέγες μονοκατοικιών, τα φωτοβολταϊκά μπορούν να τοποθετηθούν σε στέγες και σε δώματα πολυκατοικιών.



ΕΙΚΟΝΑ 2.11. ΗΛΙΑΚΑ ΠΑΝΕΛ ΣΕ ΤΑΡΑΤΣΑ ΠΟΛΥΚΑΤΟΙΚΙΑΣ

Ταυτόχρονα σε χώρες του εξωτερικού έχουν κάνει την εμφάνιση τους τα ηλιακά πάνελ σε χώρους στάθμευσης οχημάτων έχοντας διπλό ρόλο. Όχι μόνο μετατρέπουν ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική αλλά και σκιάζουν το χώρο στάθμευσης.



ΕΙΚΟΝΑ 2.12. ΗΛΙΑΚΑ ΠΑΝΕΛ ΣΕ ΧΩΡΟ ΣΤΑΘΜΕΥΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΣΕ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

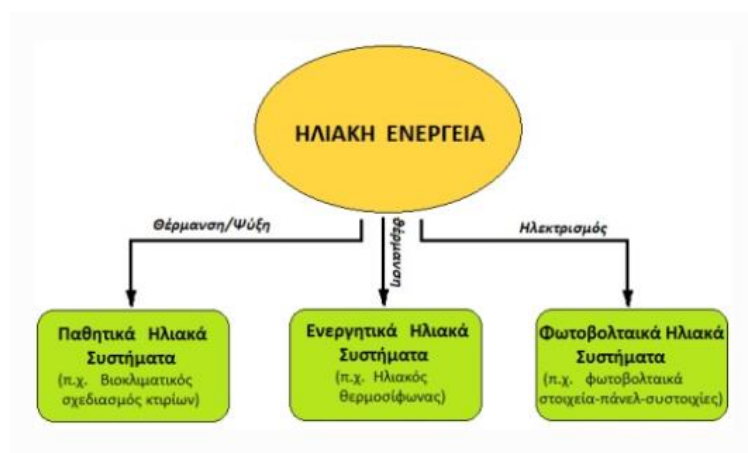
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο θα πραγματοποιήσουμε ένα διαχωρισμό στα ηλιακά συστήματα. Συγκεκριμένα θα αναφέρουμε τις κατηγορίες των συστημάτων αυτών για την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας. Θα δούμε επιγραμματικά τα ενεργητικά και παθητικά ηλιακά συστήματα και θα μιλήσουμε για τις υποκατηγορίες των φωτοβολταϊκών ηλιακών συστημάτων. Στη συνέχεια θα διακρίνουμε τις κατηγορίες των φωτοβολταϊκών πλαισίων καθώς και τους τρόπους σύνδεσής τους. Τέλος, θα ολοκληρώσουμε το κεφάλαιο αυτό με τις βάσεις στήριξης και ορισμένα είδη στήριξης φωτοβολταϊκών.

3.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Τα Ηλιακά συστήματα διακρίνονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες με βάση τη λειτουργία τους :

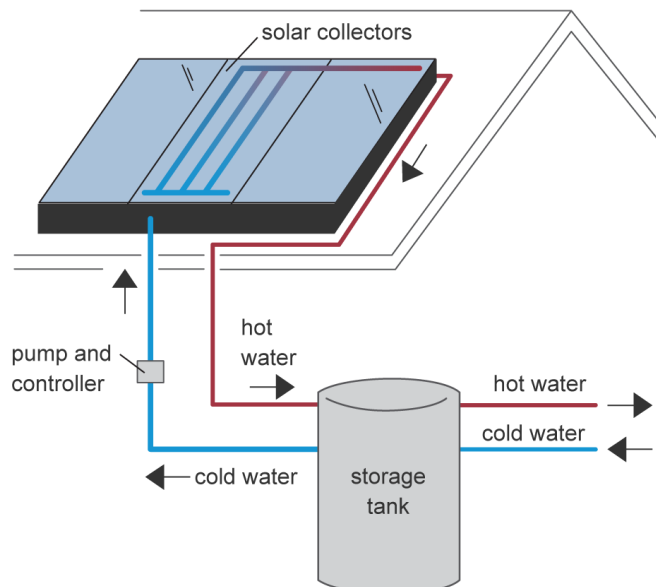
- Παθητικά Ηλιακά συστήματα
- Ενεργητικά Ηλιακά συστήματα
- Φωτοβολταϊκά ηλιακά συστήματα



ΕΙΚΟΝΑ 3.1. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

3.3 ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα αποτελούν μηχανικές κατασκευές ικανές να συλλέγουν την ηλιακή ενέργεια, να τη μετατρέπουν σε αξιοποιήσιμη (θερμική, ψυκτική), να αποθηκεύουν τμήμα αυτής και να τη διανέμουν προς χρήση. Τα πλέον διαδεδομένα ενεργητικά ηλιακά συστήματα αποτελούν οι ηλιακοί συλλέκτες για παραγωγή θερμού νερού χρήσης. Η καρδιά κάθε θερμικού ηλιακού συστήματος είναι ο ηλιακός συλλέκτης, ο οποίος μετατρέπει την ηλιακή ακτινοβολία σε θερμότητα και τη μεταφέρει σε κάποιο ρευστό (νερό, ηλιακό ρευστό, αέρα).



ΕΙΚΟΝΑ 3.2. ΗΛΙΑΚΟΣ ΣΥΛΛΕΚΤΗΣ

3.4 ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα είναι κατεξοχήν δομικά στοιχεία των κτηρίων, που εκμεταλλεύονται τους μηχανισμούς μεταφοράς θερμότητας. Συγκεκριμένα, αξιοποιούν την ηλιακή ενέργεια, που προέρχεται από την ηλιακή ακτινοβολία, την αποθηκεύουν σε μορφή θερμότητας και στη συνέχεια τη διανέμουν στο χώρο. Η συλλογή της ηλιακής ενέργειας βασίζεται στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και ειδικότερα, στην είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας μέσω του γυαλιού ή άλλου διαφανούς υλικού και τον

εγκλωβισμό της προκύπτουσας θερμότητας στο εσωτερικό του χώρου που καλύπτεται από το γυαλί.

3.5 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

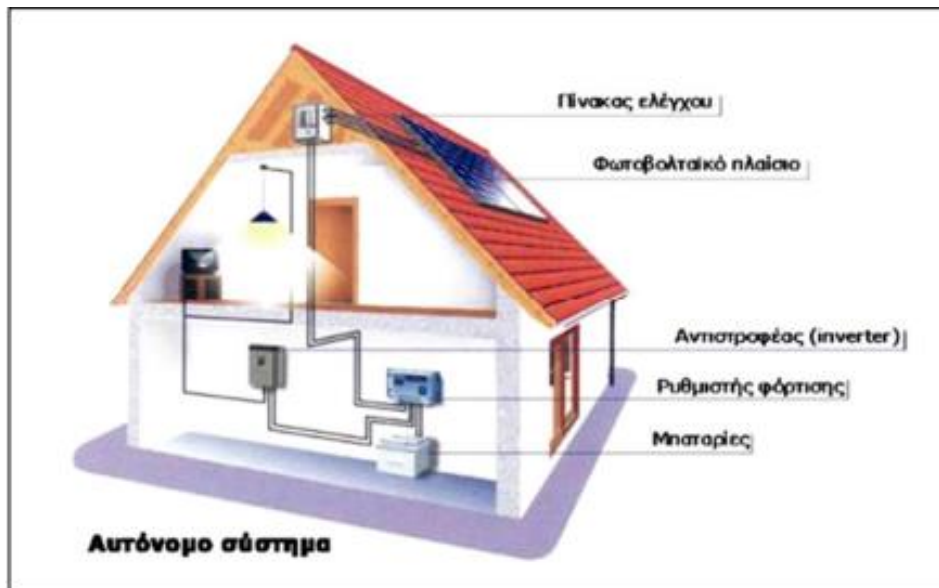
Τα φωτοβολταϊκά ηλιακά συστήματα αποτελούν τη τρίτη κατηγορία συστημάτων που παρέχουν ηλεκτρική ενέργεια η οποία προέρχεται από την ηλιακή ακτινοβολία μέσω του φωτοβολταϊκού φαινομένου. Στη συνέχεια θα παρουσιάσουμε τις τρεις υποκατηγορίες των φωτοβολταϊκών συστημάτων.

3.5.1 ΑΥΤΟΝΟΜΟ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

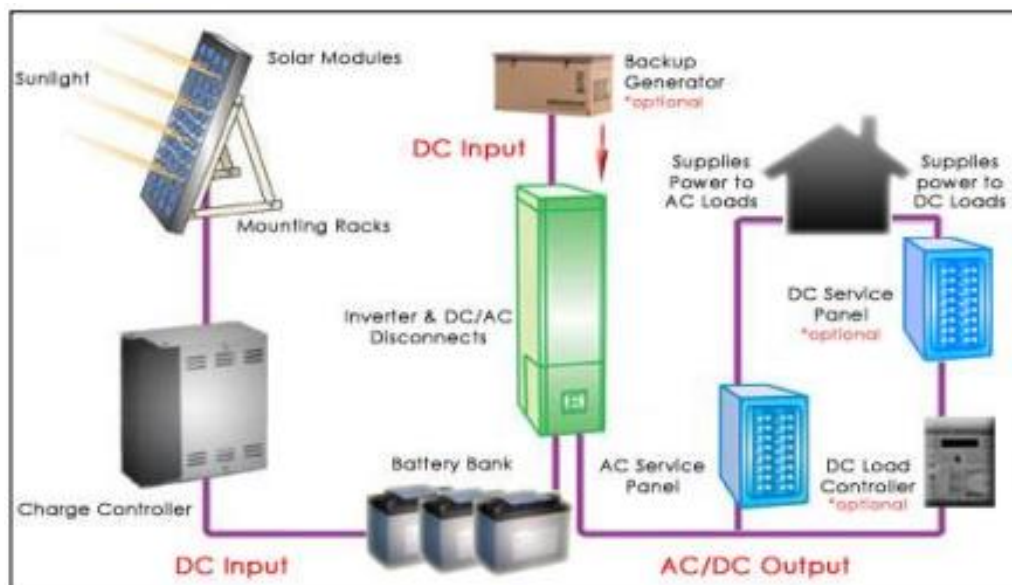
Τα αυτόνομα Φ/Β συστήματα είναι κατάλληλα για εφαρμογές που δεν είναι συνδεδεμένες στο κεντρικό δίκτυο και βρίσκονται εγκατεστημένες κυρίως σε απομακρυσμένες ή απομονωμένες περιοχές. Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από αυτά καταναλώνεται εξολοκλήρου από το χρήστη, ενώ στη συντριπτική τους πλειοψηφία, τα συστήματα αυτά διαθέτουν και διατάξεις αποθήκευσης της παραγόμενης ενέργειας. Συνηθέστερα ηλεκτροδοτούν ηλεκτρικές ή ηλεκτρονικές συσκευές που λειτουργούν με συνεχή τάση, αν και είναι δυνατό, με την εγκατάσταση κατάλληλου μετατροπέα να παρέχουν ηλεκτρική ισχύ και σε συσκευές που λειτουργούν με εναλλασσόμενη τάση.

Τα βασικά εξαρτήματα των αυτόνομων Φ/Β συστημάτων είναι τα ακόλουθα:

- i. Φωτοβολταϊκά πλαίσια για την παραγωγή της αναγκαίας ποσότητας ηλεκτρικής ενέργειας.
- ii. Μπαταρίες (συσσωρευτές)
- iii. Ελεγκτές φόρτισης.
- iv. Αντιστροφείς (inverters)
- v. Τον πίνακα ελέγχου και λειτουργίας των καταναλώσεων της ηλεκτρικής εγκατάστασης.
- vi. Τον πίνακα ελέγχου και λειτουργίας ορισμένων καταναλώσεων που θα λειτουργούν με συνεχή τάση 24 ή 48 V.



ΕΙΚΟΝΑ 3.3. ΑΥΤΟΝΟΜΟ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ



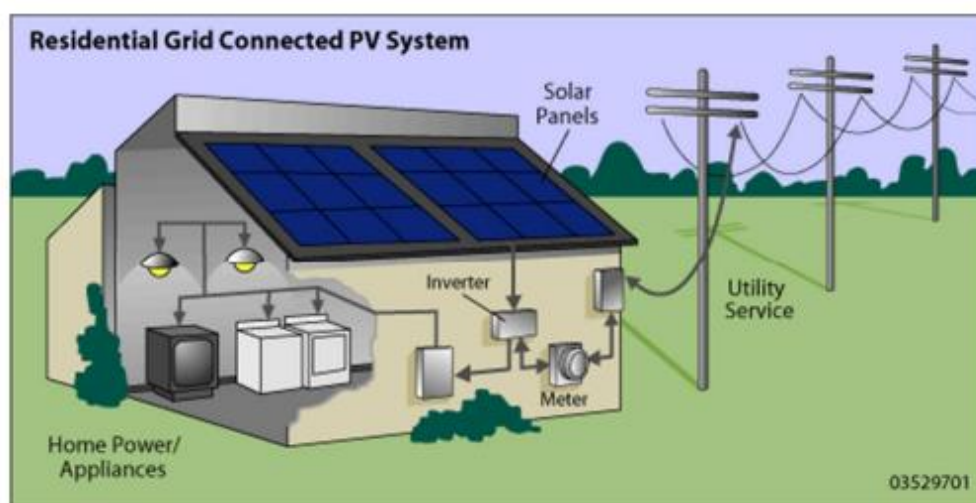
ΕΙΚΟΝΑ 3.4. ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΑΥΤΟΝΟΜΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

3.5.2 ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ (ΜΕ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ)

Κατασκευάζεται συνήθως για ισχύ από 10 kWp και πάνω, με σύνδεση στο βασικό δίκτυο. Ο ιδιοκτήτης του συστήματος που είναι αυτοπαραγωγός, μπορεί, εφόσον το επιθυμεί, να καταναλώσει όση ηλεκτρική ενέργεια χρειάζεται και να πουλάει την υπόλοιπη, έναντι προσυμφωνημένης τιμής (με κέρδος) στο βασικό δίκτυο (π.χ. τις ηλιόλουστες ημέρες ή όταν απουσιάζει). Επίσης έχει τη δυνατότητα, όταν δεν παράγει ηλεκτρική ενέργεια, να καλύπτει τις ανάγκες από το βασικό δίκτυο, με χρέωση σε αυτόν από την εταιρεία που εκμεταλλεύεται το βασικό δίκτυο (όταν έχει συννεφιά ή κατά τη διάρκεια της νύχτας). Η διαφορά της κατηγορίας αυτής με τη προηγούμενη είναι ότι δεν απαιτούνται συσσωρευτές αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας.

Ένα διασυνδεδεμένο Φ/Β σύστημα αποτελείται από:

- i. Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια για την παραγωγή μεγάλης ποσότητας ηλεκτρικής ενέργειας.
- ii. DC/DC μετατροπείς και αντιστροφείς (inverters) για τη μετατροπή του συνεχούς ρεύματος σε εναλλασσόμενο.
- iii. Σύστημα γείωσης.
- iv. Αντικεραυνική προστασία.
- v. Ενδεχομένως μετασχηματιστή 0.4/20 kV.
- vi. Μετρητή της παραγόμενης ενέργειας που εγχέεται στο δίκτυο
- vii. Διατάξεις ελέγχου, καταγραφής και απεικόνισης δεδομένων.



ΕΙΚΟΝΑ 3.5. ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

3.5.3 ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ (Η ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΔΙΟΧΕΤΕΥΕΤΑΙ ΕΞ ΟΛΟΚΛΗΡΟΥ ΣΤΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ)

Κατασκευάζεται συνήθως για ισχύ από 50 KWp και πάνω με σκοπό να διοχετεύει όλη την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια στο κεντρικό δίκτυο.

Ανάλογα με την ισχύ των φωτοβολταϊκών συλλεκτών ο μετατροπέας δικτύου μπορεί να είναι:

- a. Μικρής ισχύος χαμηλής τάσης μονοφασικός ή τριφασικός.
- b. Μέσης ισχύος χαμηλής τάσης τριφασικός (3X400V).
- c. Μεγάλης ισχύος μέσης τάσης τριφασικός (3X20KV).

Ο μετατροπέας δικτύου συνδέεται με το πεδίο ζεύξης και φέρει ηλεκτρονική διάταξη, που σε περίπτωση διακοπής ρεύματος του κεντρικού δικτύου διανομής, θέτει την Φ/Β εγκατάσταση αυτομάτως εκτός.

Ένα τέτοιο φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελείται από:

- I. Τις ομάδες (σειρές) των φωτοβολταϊκών πάνελ για εγκατεστημένη ισχύ από 50 KWp και πάνω.
- II. Το μετατροπέα δικτύου με το πεδίο ζεύξης και το μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας.
- III. Την κεντρική παροχή σύνδεσης πεδίου ζεύξης και τον μετασχηματιστή κεντρικού βασικού δικτύου.

Στις παρακάτω εικόνες βλέπουμε φωτοβολταϊκούς σταθμούς στους οποίους η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια διοχετεύεται εξ ολοκλήρου στο ηλεκτρικό δίκτυο.

Συγκεκριμένα στην εικόνα 3.6 έχουμε μια φωτοβολταϊκή διάταξη 100 kWp διασυνδεδεμένη με το δίκτυο της ΔΕΔΔΗΕ σε περιοχή του Νομού Αχαΐας.

Στην 3.7 βλέπουμε έναν αγροτικό φωτοβολταϊκό σταθμό 100 KWp στην περιοχή της Ξυλοκέρας, λίγα χιλιόμετρα από τον Πύργο Ηλείας. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς ανέρχεται στα 99,84 KWp.



ΕΙΚΟΝΑ 3.6. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ ΣΕ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΑΧΑΪΑΣ



ΕΙΚΟΝΑ 3.7. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΠΑΡΚΟ ΣΤΟΝ ΠΥΡΓΟ ΗΛΕΙΑΣ

3.6 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ Φ/Β ΠΛΑΙΣΙΩΝ

Το υλικό που χρησιμοποιείται περισσότερο για την κατασκευή φωτοβολταϊκών στοιχείων στην βιομηχανία είναι το πυρίτιο. Είναι ίσως και το μοναδικό υλικό που παράγεται με τόσο μαζικό τρόπο. Οι μεγάλες (συγκριτικά) αποδόσεις των φωτοβολταϊκών πλαισίων πυριτίου στο εμπόριο δίνουν και ένα σημαντικό πλεονέκτημα στο συγκεκριμένο υλικό. Το πυρίτιο σήμερα αποτελεί την πρώτη ύλη για το 90% της αγοράς των φωτοβολταϊκών.

Παρακάτω παρουσιάζουμε μερικούς τύπους φωτοβολταϊκών συστημάτων πυριτίου. Οι δύο πρώτοι συγκαταλέγονται στη κατηγορία «μεγάλου πάχους» ενώ ο τρίτος στη κατηγορία «λεπτών επιστρώσεων».

3.6.1 Φ/Β ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΟΝΟΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΟΥ ΠΥΡΙΤΙΟΥ (SINGLE CRYSTALLINE SILICON)

Τα μονοκρυσταλλικού πυριτίου φωτοβολταϊκά στοιχεία έχουν πάχος περίπου στα 0,3mm και η απόδοση τους στη βιομηχανία κυμαίνεται από 15% έως 19% ενώ σε εργαστηριακές μελέτες έχουν επιτευχθεί αποδόσεις μέχρι και 24,7%. Χαρακτηρίζονται από υψηλό κόστος κατασκευής σε σχέση με τα πολυκρυσταλλικά.

Βασικές τεχνολογίες παραγωγής μονοκρυσταλλικών φωτοβολταϊκών είναι η μέθοδος CZ (Czochralski) και η μέθοδος FZ (float zone). Τόσο η μία όσο και η άλλη βασίζονται στην ανάπτυξη ράβδου πυριτίου. Τα μοντέλα X-Series Solar Panels της SunPower αποτελούνται από μονοκρυσταλλικό πυρίτιο με απόδοση πλαισίου 21,5%.



ΕΙΚΟΝΑ 3.8. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΜΟΝΟΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΟΥ ΠΥΡΙΤΙΟΥ (sc-Si)

3.6.2 Φ/Β ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΟΛΥΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΟΥ ΠΥΡΙΤΙΟΥ (MULTI CRYSTALLINE SILICON)

Τα πολυκρυσταλλικού πυριτίου φωτοβολταϊκά στοιχεία έχουν πάχος περίπου στα 0,3mm. Έχουν χαμηλό κόστος παραγωγής σε σχέση με τα μονοκρυσταλλικά για αυτό και η τιμή τους είναι λίγο χαμηλότερη. Η απόδοση τους στη βιομηχανία κυμαίνεται από 11% έως 16% για τα φωτοβολταϊκά πλαίσια (πάνελ) ενώ σε εργαστηριακές μελέτες έχουν επιτευχθεί αποδόσεις μέχρι και 20%.

Βασικές τεχνολογίες παραγωγής πολυκρυσταλλικών φωτοβολταϊκών είναι η μέθοδος απευθείας στερεοποίησης DS (directional solidification), η ανάπτυξη λιωμένου πυριτίου (χύτευση) και η ηλεκτρομαγνητική χύτευση EMC.



ΕΙΚΟΝΑ 3.9. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΠΟΛΥΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΟΥ ΠΥΡΙΤΙΟΥ (sc-Si)

3.6.3 ΑΜΟΡΦΟΥ ΠΥΡΙΤΙΟΥ (THIN FILM SILICON)

Τα άμορφου πυριτίου φωτοβολταϊκά στοιχεία έχουν πάχος πυριτίου 0,0001 mm ενώ το υπόστρωμα από 1mm έως 3mm. Έχουν γενικότερα χαμηλότερο κόστος παραγωγής σε σχέση με τις δύο προηγούμενες

κατηγορίες. Αυτό συμβαίνει διότι αποτελούνται από ταινίες λεπτών επιστρώσεων οι οποίες παράγονται με την εναπόθεση ημιαγωγού υλικού πάνω σε υπόστρωμα υποστήριξης, χαμηλού κόστους όπως γυαλί ή αλουμίνιο. Με τον τρόπο αυτό χρειαζόμαστε μικρότερη ποσότητα πυριτίου με επακόλουθο το χαμηλότερο κόστος παραγωγής. Η απόδοση τους στη βιομηχανία κυμαίνεται από 6% έως 8% ενώ σε εργαστηριακές μελέτες έχουν επιτευχθεί αποδόσεις μέχρι και 14%.

Ο χαρακτηρισμός άμορφο φωτοβολταϊκό προέρχεται από τον τυχαίο τρόπο με τον οποίο είναι διατεταγμένα τα άτομα του πυριτίου. Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία άμορφου πυριτίου δεν επηρεάζονται πολύ από τις υψηλές θερμοκρασίες, κάτι που τους δίνει ένα ισχυρό πλεονέκτημα σε σχέση με τα κρυσταλλικά. Επίσης, όταν υπάρχει διάχυτη ακτινοβολία (συννεφιά) δείχνουν να είναι πιο αποδοτικά από τα μονοκρυσταλλικά και πολυκρυσταλλικά Φ/Β. Το μειονέκτημα τους είναι η χαμηλή τους ενεργειακή πυκνότητα, δηλαδή για να παράγουμε την ίδια ενέργεια χρειαζόμαστε σχεδόν διπλάσια επιφάνεια από αυτή που χρειαζόμαστε στα κρυσταλλικά. Επίσης, υπάρχουν αμφιβολίες όσων αφορά την διάρκεια ζωής των άμορφων πλαισίων μιας και δεν υπάρχουν στοιχεία από παλιές εγκαταστάσεις αφού η τεχνολογία είναι σχετικά καινούρια.



ΕΙΚΟΝΑ 3.10. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΑΜΟΡΦΟΥ ΠΥΡΙΤΙΟΥ (a-Si)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΣΤΗΡΙΞΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο θα δούμε τρεις διαφορετικούς τρόπους σύνδεσης φωτοβολταϊκών πλαισίων. Συγκεκριμένα θα αναλύσουμε τη σύνδεση σε σειρά, τη παράλληλη και τη μεικτή. Επίσης, θα παρουσιάσουμε ποικίλα είδη και βάσεις στήριξης τους.

4.1 ΤΡΟΠΟΙ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ ΠΛΑΙΣΙΩΝ

Στις περισσότερες περιπτώσεις ηλεκτροδότησης με τη χρήση Φ/Β πλαισίων, η ηλεκτρική ισχύς που απαιτείται παρέχεται από περισσότερα του ενός πλαισίου κατάλληλα συνδεδεμένα μεταξύ τους.

Οι τρόποι που μπορούν να συνδεθούν είναι : σε σειρά, παράλληλα και μεικτά.

4.1.1 ΣΥΝΔΕΣΗ Φ/Β ΠΛΑΙΣΙΩΝ ΣΕ ΣΕΙΡΑ

Η σύνδεση αυτή χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις που θέλουμε να επιτύχουμε τάση μεγαλύτερη από την τάση που παρέχει κάθε φωτοβολταϊκό πλαίσιο χωριστά. Αυτό προϋποθέτει ότι οι συνθήκες λειτουργίας για τις κυψέλες είναι οι ίδιες και ότι οι κυψέλες έχουν παρόμοια χαρακτηριστικά I-V.



ΣΧΗΜΑ 1. ΣΥΝΔΕΣΗ ΤΕΣΣΑΡΩΝ Φ/Β ΠΛΑΙΣΙΩΝ ΣΕ ΣΕΙΡΑ

Το ρεύμα σε μία εν σειρά συνδεσμολογία κυψελών είναι το ίδιο σε κάθε σημείο της συνδεσμολογίας, ίδιο με αυτό που παράγεται από μία κυψέλη. Σε μια συνδεσμολογία με δύο κυψέλες, όπου η μία είναι χαμηλού ρεύματος και η άλλη υψηλού, η εγκατάσταση θα περιοριστεί στο ρεύμα της κυψέλης χαμηλού ρεύματος.

$$I_{\text{σειράς}} = I_1 = I_2 = \dots = I_n$$

Η τάση είναι ίση με το άθροισμα των τάσεων κάθε κυψέλης. Δηλαδή:

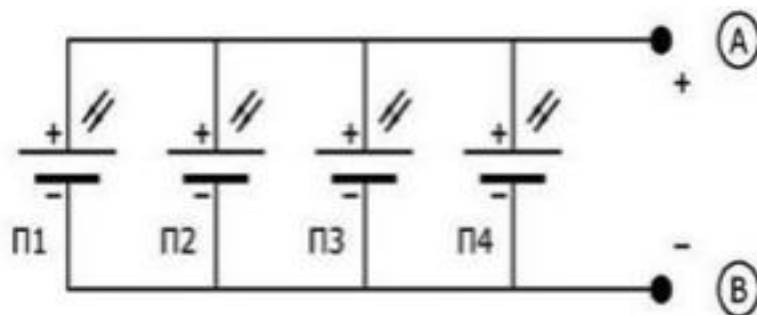
$$V_{\text{σειράς}} = V_1 + V_2 + \dots + V_n$$

Η παραγόμενη ισχύς από μία συνδεσμολογία κυψελών σε σειρά είναι η εξής:

$$P_{\text{σειράς}} = I_{\text{σειράς}} * V_{\text{σειράς}}$$

4.1.2 ΣΥΝΔΕΣΗ Φ/Β ΠΛΑΙΣΙΩΝ ΠΑΡΑΛΛΗΛΑ

Η σύνδεση αυτή χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις που θέλουμε να επιτύχουμε ρεύμα μεγαλύτερο από το ρεύμα που παρέχει κάθε πλαίσιο χωριστά. Αυτό προϋποθέτει ότι οι συνθήκες λειτουργίας για τις κυψέλες είναι οι ίδιες και ότι οι κυψέλες έχουν παρόμοια χαρακτηριστικά I-V.



ΣΧΗΜΑ 2. ΣΥΝΔΕΣΗ ΤΕΣΣΑΡΩΝ Φ/Β ΠΛΑΙΣΙΩΝ ΠΑΡΑΛΛΗΛΑ

Το παραγόμενο ρεύμα από μια ομάδα κυψελών συνδεδεμένων παράλληλα ισούται με το άθροισμα των μεμονωμένων ρευμάτων κάθε κυψέλης.

$$I_{\text{παράλληλα}} = I_1 + I_2 + \dots + I_n$$

Η τάση μεταξύ δύο κόμβων μιας ομάδας κυψελών συνδεδεμένων εν παραλλήλω είναι ίση με την τάση κάθε κυψέλης:

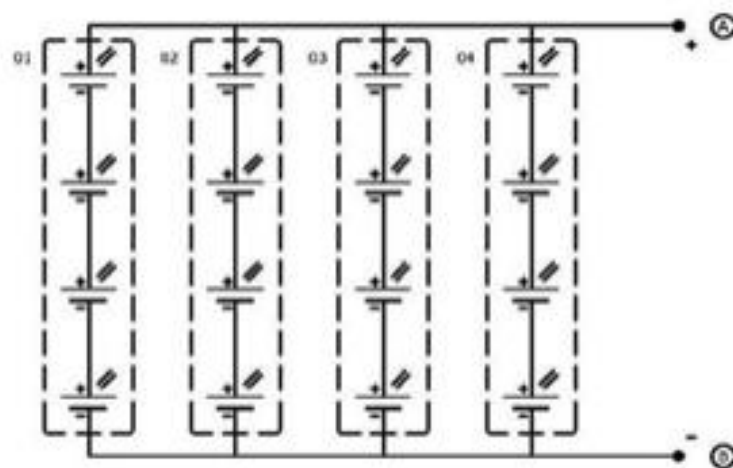
$$V_{\text{παράλληλα}} = V_1 = V_2 = \dots = V_n$$

Η παραγόμενη ισχύς από μία συνδεσμολογία κυψελών εν παραλλήλω είναι η εξής:

$$P_{\text{σειράς}} = I_{\text{σειράς}} * V_{\text{σειράς}}$$

4.1.3 ΜΕΙΚΤΗ ΣΥΝΔΕΣΗ Φ/Β ΠΛΑΙΣΙΩΝ

Με τη μεικτή σύνδεση πετυχαίνουμε την αύξηση του ρεύματος και της τάσης ταυτόχρονα, σε τιμές που δεν είναι διαθέσιμες από απλά πλαίσια.



ΣΧΗΜΑ 3. ΜΕΙΚΤΗ ΣΥΝΔΕΣΗ ΔΕΚΑΕΞΙ Φ/Β ΠΛΑΙΣΙΩΝ

Η τάση καθορίζεται από τα στοιχεία που είναι σε σειρά, ενώ το συνολικό ρεύμα από τις παράλληλες ομάδες. Η συνολική ισχύς για αυτού του είδους τη σύνδεση προκύπτει από το άθροισμα της ισχύος κάθε πλαισίου χωριστά. Τα πλαίσια που αποτελούν μια συστοιχία πρέπει να εργάζονται όλα κάτω από τις ίδιες συνθήκες.

4.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΤΗΡΙΞΗΣ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Πριν την εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών πλαισίων γίνεται μελέτη για τον τρόπο στήριξης τους. Για την εγκατάσταση ενός τέτοιου συστήματος μας ενδιαφέρει να γνωρίζουμε εάν θέλουμε μια εγκατάσταση σταθερή και πακτωμένη στο έδαφος ή μια που θα αλλάζει η θέση της και θα ακολουθεί τη πορεία του ηλίου. Στις επόμενες παραγράφους παρουσιάζουμε τόσο σταθερές εγκαταστάσεις όσο κινούμενες.

4.2.1 ΒΑΣΕΙΣ ΣΤΑΘΕΡΗΣ ΚΛΙΣΗΣ

Οι σταθερές βάσεις αποτελούν τον απλούστερο και οικονομικότερο τρόπο έδρασης Φ/Β πάνελ. Τα πλαίσια τοποθετούνται με συγκεκριμένο προσανατολισμό και επιλεγμένη κλίση που γενικά δεν μπορούν να μεταβληθούν. Η τοποθέτησή τους γίνεται με νότιο προσανατολισμό για τη βέλτιστη απόδοση. Οι βάσεις είναι μεταλλικές χωρίς να αποκλείονται και πλαστικές για ιδιαίτερες περιπτώσεις.



ΕΙΚΟΝΑ 4.1. ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ Φ/Β ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ ΣΕ ΒΑΣΗ ΜΕ ΣΤΑΘΕΡΗ ΚΛΙΣΗ

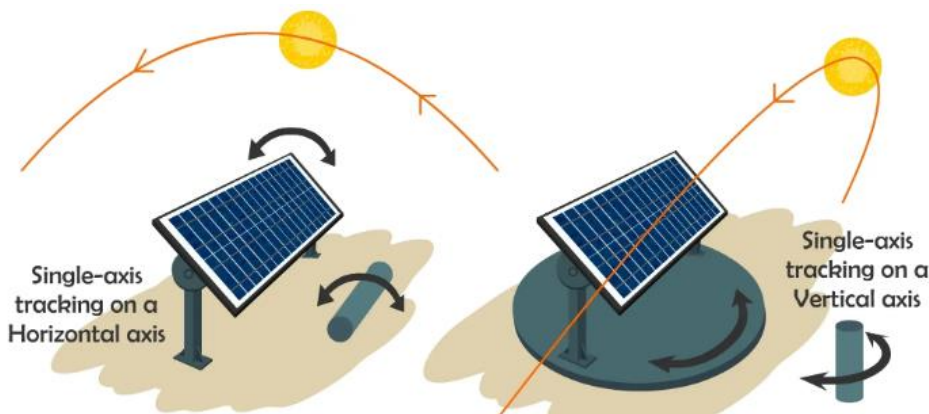
Λόγω της σταθερής εγκατάστασης βασικό μειονέκτημα αυτής της διάταξης αποτελεί ο περιορισμένος χώρος για την ανάπτυξη πολλών Φ/Β συλλεκτών.

4.2.2 ΒΑΣΕΙΣ ΕΝΟΣ ΑΞΟΝΑ (ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ, ΚΕΚΛΙΜΕΝΟΥ)

Στα συστήματα μονού άξονα (single axis) λαμβάνει χώρα κίνηση των πάνελ γύρω από έναν άξονα, είτε τον οριζόντιο είτε τον κάθετο. Βασικό πλεονέκτημα αυτής της διάταξης αποτελεί η αύξηση της παραγωγής κατά 20 – 25% κατά μέσο όρο το χρόνο και κατά 55% την καλοκαιρινή περίοδο σε σχέση με τα συστήματα σταθερών βάσεων.



ΕΙΚΟΝΑ 4.2. ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ Φ/Β ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ ΣΕ ΒΑΣΗ ΕΝΟΣ ΑΞΟΝΑ



ΕΙΚΟΝΑ 4.3. ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΤΟΥΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΕ ΕΝΑ ΑΞΟΝΑ

Επίσης, η εγκατάσταση αυτή παρέχει εύκολη διαδικασία ρύθμισης της κλίσης ως προς το οριζόντιο επίπεδο με τη βοήθεια ηλεκτρομηχανικών ή ηλεκτρο-υδραυλικών μέσων.

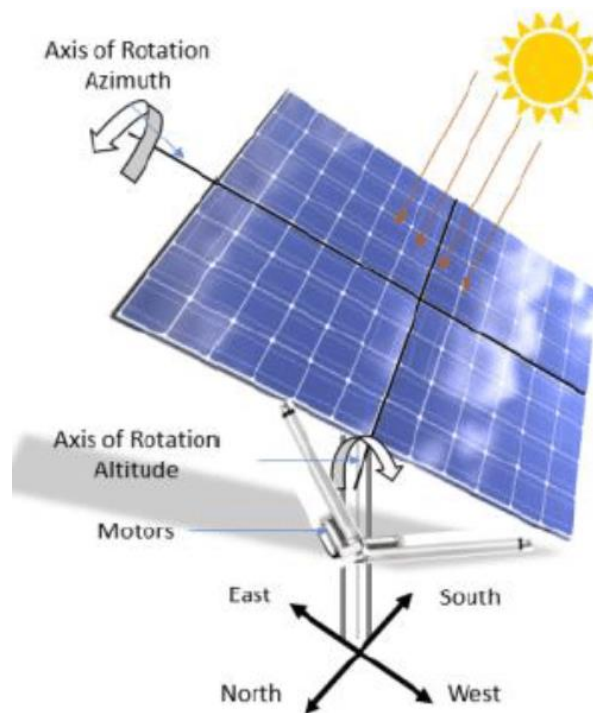
Στα μειονεκτήματα συγκαταλέγονται το μεγάλο κόστος των κινούμενων βάσεων, το μεγάλο κόστος εγκατάστασης και η περισσότερη συντήρηση λόγω των κινούμενων εξαρτημάτων (λίπανση άξονα κίνησης).

Για την επιτυχή εγκατάσταση του συστήματος χρειάζεται προσοχή στις αποστάσεις ανάμεσα στις κινούμενες βάσεις για την αποφυγή σκίασης κατά τη μεταβολή της κλίσης των φωτοβολταϊκών.

4.2.3 ΒΑΣΕΙΣ ΔΥΟ ΑΞΟΝΩΝ

Οι βάσεις στήριξης δύο αξόνων αποτελούν πλέον την ακριβή αλλά και την αποδοτικότερη λύση των Φ/Β εγκαταστάσεων. Οι συλλέκτες τοποθετούνται σε ειδικά διαμορφωμένη βάση η οποία εκτελεί ταυτόχρονα δύο κινήσεις. Η μια κίνηση περιστρέφει τα πάνελ από ανατολικά προς δυτικά και η άλλη κίνηση μεταβάλλει συνεχώς τη γωνία ως προς το οριζόντιο επίπεδο διατηρώντας πάντα τους συλλέκτες στην κατάλληλη θέση ώστε να δέχονται συνεχώς κάθετα την ηλιακή ακτινοβολία.

Βασικό πλεονέκτημα των συστημάτων κίνησης είναι η αυξημένη παραγωγή ενέργειας σε σχέση με ένα σύστημα σταθερής στήριξης ενώ στα μειονεκτήματα συγκαταλέγονται το αυξημένο κόστος, η συντήρηση και η πιθανή αντικατάσταση εξοπλισμού. Επίσης, η συνολική κατασλευή πρέπει να είναι ιδιαίτερα ανθεκτική σε ισχυρούς ανέμους λόγω της μεγάλης επιφάνειας που προσφέρουν.



ΕΙΚΟΝΑ 4.4. ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ Φ/Β ΣΥΛΛΕΚΤΗ ΣΕ ΒΑΣΗ ΔΥΟ ΑΞΟΝΩΝ

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ως επόμενο αυτής της ανάλυσης καταλήγουμε σε κάποια συμπεράσματα τα οποία δίνουν και την αφορμή για περαιτέρω ανάλυση.

Η σύγχρονη εποχή απαιτεί τη στροφή της τεχνολογίας προς την χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας καθώς η ενεργειακή κρίση απειλεί τον πλανήτη. Η τεχνολογία των Φ/Β συστημάτων συμπεραίνουμε ότι αποτελεί μια φιλική προς το περιβάλλον ενεργειακή μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρικό ρεύμα. Επίσης, λόγω της μεγάλης διάρκειας ζωής των Φ/Β συστημάτων καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι μπορούν να επιστρέψουν στον ιδιώτη παραγωγό το αρχικό κεφάλαιο που διέθεσε για την υλοποίηση της εγκατάστασης στα πρώτα 5 χρόνια λειτουργίας έχοντας έτσι για τα υπόλοιπα τουλάχιστον 20 χρόνια καθαρό κέρδος.

Μεγάλο ενδιαφέρον για μελλοντική έρευνα θα έχει η ενσωμάτωση Φ/Β συστημάτων σε κτηριακά κελύφη καθώς και η ενεργειακή μελέτη των κτηρίων.

ΠΗΓΕΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

ΕΙΚΟΝΑ 1.1 :

https://ucy.ac.cy/teamEE/documents/mathimata_epa/uliko_ana_thematikes_en_otites/Ananeosimes_Piges_Energieias_presentation.pdf

ΕΙΚΟΝΑ 1.2 : <http://www.physics.uoi.gr/seci/clim3.pdf>

ΕΙΚΟΝΑ 1.3 :

https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CE%B9%CE%BF%CE%BB%CE%B9%CE%BA%CF%8C_%CE%A0%CE%AC%CF%81%CE%BA%CE%BF_%CE%A0%CE%B1%CE%BD%CE%B1%CF%87%CE%B1%CF%8A%CE%BA%CE%BF%CF%8D_-_media/%CE%91%CF%81%CF%87%CE%B5%CE%AF%CE%BF:%CE%98%CE%AD%CE%B1_%CF%80%CF%81%CE%BF%CF%82_%CE%92%CE%91_%CE%B1%CF%80%CF%8C_%CF%84%CE%B7%CE%BD_%CE%BA%CE%BF%CF%81%CF%85%CF%86%CE%AE_%CF%84%CE%BF%CF%85_%CE%A0%CE%B1%CE%BD%CE%B1%CF%87%CE%B1%CF%8A%CE%BA%CE%BF%CF%8D..._-_panoramio.jpg

ΕΙΚΟΝΑ 1.4 :

https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A5%CE%B4%CF%81%CE%BF%CE%B7%CE%BB%CE%B5%CE%BA%CF%84%CF%81%CE%B9%CE%BA%CF%8C_%CE%B5%CF%81%CE%B3%CE%BF%CF%83%CF%84%CE%AC%CF%83%CE%B9%CE%BF

ΕΙΚΟΝΑ 2.1 :

https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CE%BB%CE%B5%CF%83%CE%AC%CE%BD%CF%84%CF%81%CE%BF_%CE%92%CF%8C%CE%BB%CF%84%CE%B1

ΕΙΚΟΝΑ 2.2 : https://en.wikipedia.org/wiki/Edmond_Becquerel

ΕΙΚΟΝΑ 2.3 : <https://gr.pinterest.com/pin/245235142187747925/>

ΕΙΚΟΝΑ 2.4 : <https://www.ibsolar.co.in/blogs/in-1954-bell-laboratories-built-the-first-ever-silicon-solar-cell/>

ΕΙΚΟΝΑ 2.5 : <http://www.ostriasolar.gr/index.php/2011-03-04-23-37-35>

ΕΙΚΟΝΑ 2.6 : <https://stangarfield.medium.com/what-are-the-advantages-and-disadvantages-of-knowledge-management-317171df8d14>

ΕΙΚΟΝΑ 2.7 : https://www.wikiwand.com/en/Solar-powered_calculator

ΕΙΚΟΝΑ 2.8 : <https://www.cirarenewable.com/solar-street-lighting-system>

ΕΙΚΟΝΑ 2.9 : <https://www.cirarenewable.com/solar-street-lighting-system>

EIKONA 2.10 : <https://cer.bg/en/tips-to-use-solar-energy-in-newly-built-homes-efficiently/>

EIKONA 2.11 : <https://mercomindia.com/top-states-rooftop-solar-installations-infographics/>

EIKONA 2.12 : <https://ghhllc.com/blog/solar-panel-parking-lots>

EIKONA 3.1 : <https://www.mep.gr/services/erga-i-m-kataskeyi/iliaki-energeia/>

EIKONA 3.2 : <https://www.eia.gov/energyexplained/solar/solar-thermal-collectors.php>

EIKONA 3.3 : <https://www.energeiakes-lyseis.gr/%CE%B1%CF%85%CF%84%CF%8C%CE%BD%CE%BF%CE%BC%CE%B1-%CF%86%CF%89%CF%84%CE%BF%CE%B2%CE%BF%CE%BB%CF%84%CE%B1%CF%8A%CE%BA%CE%AC-%CF%83%CF%85%CF%83%CF%84%CE%AE%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1/>

EIKONA 3.4 : <https://www.slideshare.net/MMEMANMADEENERGY/mme-solar-off-grid-on-grid-solar-system>

EIKONA 3.5 : <https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/42986-residential-grid-connected-pv-system-with-mppt>

EIKONA 3.6 : <https://xenakisenergy.gr/portfolio/%CF%86%CF%89%CF%84%CE%BF%CE%B2%CE%BF%CE%BB%CF%84%CE%B1%CE%B9%CE%BA%CF%8C-%CF%80%CE%AC%CF%81%CE%BA%CE%BF-100kw-%CF%83%CF%84%CE%BF-%CE%BB%CE%B9%CE%BC%CE%BD%CE%BF%CF%87%CF%8E%CF%81%CE%B9-%CE%B1%CF%87/>

EIKONA 3.7 : <https://www.oleng.eu/fotovoltaiko-parko-100kwp-trackers-pyrgos-iliias/>

EIKONA 3.8 : <https://www.tech-energy.gr/photovoltaics/photovoltaic-solar-panels.html>

EIKONA 3.9 : <https://www.tech-energy.gr/photovoltaics/photovoltaic-solar-panels.html>

EIKONA 3.10 : https://selasenergy.gr/fv_systems.php

EIKONA 4.1 : <https://www.solarbase.gr/>

EIKONA 4.2 : <https://www.saurenergy.com/solar-energy-news/edf-renewables-array-technologies-sign-2-gw-solar-tracker-agreement>

ΕΙΚΟΝΑ 4.3 : <https://www.solarreviews.com/blog/are-solar-axis-trackers-worth-the-additional-investment>

ΕΙΚΟΝΑ 4.4 : https://www.researchgate.net/figure/Dual-axis-active-solar-tracker_fig8_332823130

ΠΗΓΕΣ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ

- <https://www.omniphos.gr/%CE%B7-%CE%B9%CF%83%CF%84%CE%BF%CF%81%CE%AF%CE%B1-%CF%84%CF%89%CE%BD-%CF%86%CF%89%CF%84%CE%BF%CE%B2%CE%BF%CE%BB%CF%84%CE%B1%CF%8A%CE%BA%CF%8E%CE%BD/>
- https://www.wikiwand.com/en/Solar-powered_calculator
- http://www.cres.gr/kape/energeia_politis/energeia_politis_photovol.htm
- <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A6%CF%89%CF%84%CE%BF%CE%B2%CE%BF%CE%BB%CF%84%CE%B1%CF%8A%CE%BA%CE%AC>
- <http://www.ostrisolar.gr/index.php/2011-03-04-23-37-35>

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΚΑΙ ΔΗΜΟΣΙΕΥΜΕΝΑ ΑΡΘΡΑ

- “Φωτοβολταϊκά Συστήματα”, Ι. Φραγκιαδάκης, Εκδόσεις ΖΗΤΗ, ISBN 960-456-007-7.
- Μπιτζιώτης Β., & Μπιτζιώτης Δ. (2011), Εναλλακτικές μορφές ενέργειας, Θεσσαλονίκη : Τζιόλα.
- Περδίοις, Δ.Σ. (2007), Φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις, Αθήνα ΤεκΔΟΤΙΚΗ.
- Φώτης Μαυροματάκης, <<ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΤΗΡΙΞΗΣ>>, Εργαστήριο ενεργειακών και Φωτοβολταϊκών Συστημάτων, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ιδρυμα Κρήτης.
- <<Εγχειρίδιο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για δυνητικούς χρήστες>>, Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, 2006
- << Photovoltaics in Buildings>>, Frierich Sick and Thomas Erge, James & James Ltd, London, 1996

- << Stand – Alone Photovoltaic Systems handbook of recommended design practices>>, Sandia National Laboratories, 1995
- Industrial application of PV/T solar energy systems
S.A. Kalogirou , Y. Tripanagnostopoulos
Higher Technical Institute, P.O. Box 20423, Nicosia 2152, Cyprus
Physics Department, University of Patras, Patra 26500, Greece
Received 5 August 2005; accepted 10 November 2006 Available online 3 January 2007
- Investigation into the impacts of design, installation, operation and maintenance issues on performance and degradation of installed solar photovoltaic (PV) systems
Bernard Aboagye , Samuel Gyamfi , Eric Antwi Ofosu , Sinisa Djordjevic
A. Regional Centre for Energy and Environmental Sustainability (RCEES), School of Engineering, University of Energy and Natural Resources (UENR), P. O. Box 214, Sunyani, Ghana
B. Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Sunyani Technical University, P. O. Box 206, Sunyani, Ghana
C. C-COAT Liquid Ceramic Nanotechnology Coating, Sydney, 4/128 Station Road, Seven Hills, NSW 2147, Australia
- Solar PV systems to eliminate or reduce the use of diesel generators at no additional cost: A case study of Lagos, Nigeria
Abisoye Babajide , Miguel Centeno Brito
Instituto Dom Luiz, Faculdade de Ci^encias da Universidade de Lisboa, Campo Grande, 1749-016, Lisboa, Portugal
- Solar PV design aid expert system
N.D. Kaushika, Anil K. Rai
Centre for Energy Studies, Indian Institute of Technology, Hauz-Khas, New Delhi 110016, India
Received 31 December 2005; received in revised form 24 April 2006; accepted 24 April 2006 Available online 30 June 2006
- Review of solar PV training manuals and development of survey based solar PV system training formats for beginners

Shivanshu Sharma , Namrata Sengar
Department of Pure and Applied Physics, University of Kota, M.B.S.
Marg, Kota 324005, Rajasthan, India