

2013



Σπουδαστής: Βάλβης Χρήστος

Υπ. Καθηγητής : Πουλής Δημήτριος

Ημε/νια ανάληψης: 20/12/2012

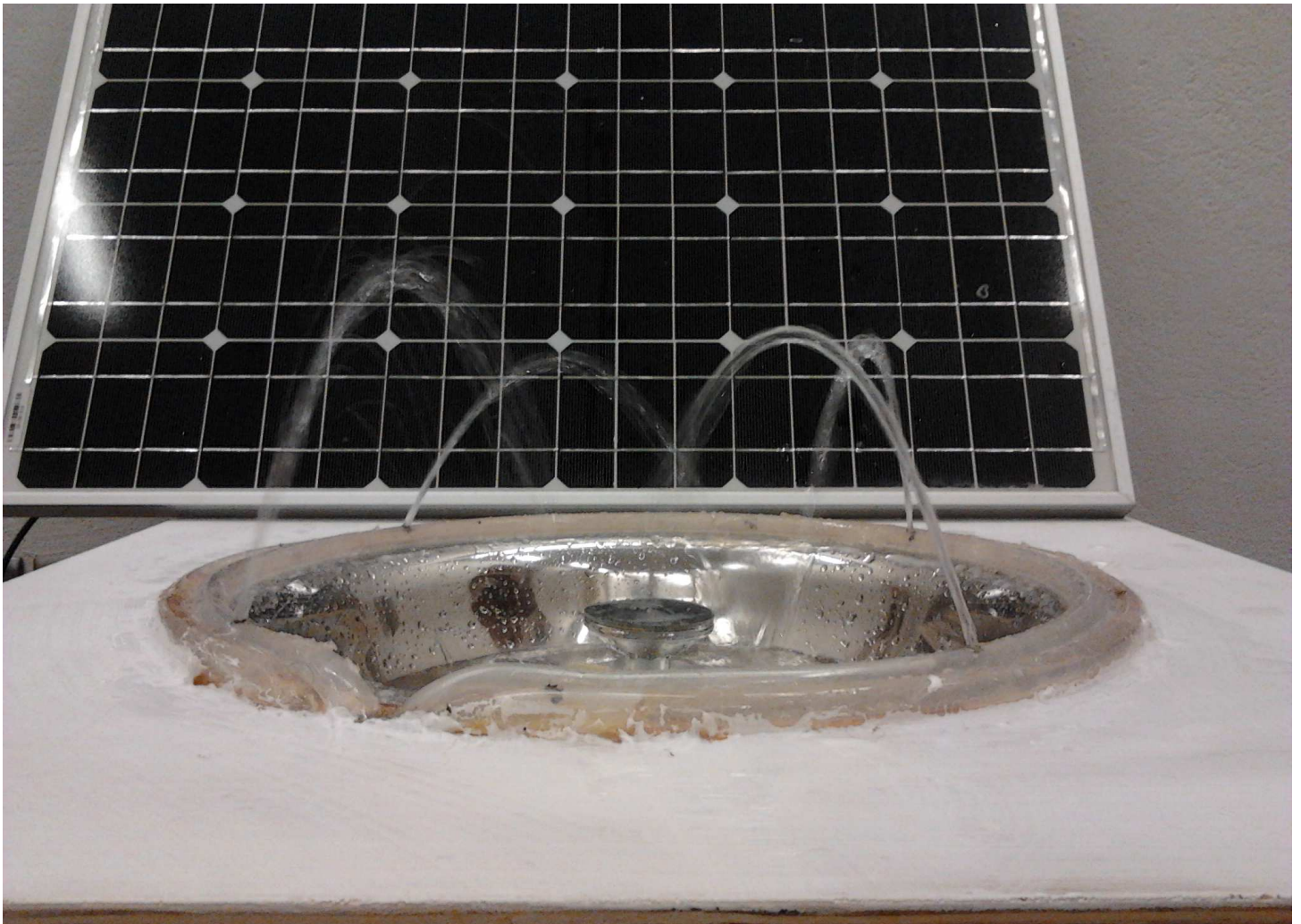
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΗΛΙΑΚΟΥ ΣΥΝΤΡΙΒΑΝΙΟΥ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	σελ
1. Πρόλογος.....	2
2. Ιστορική αναδρομή.....	3
3. Εισαγωγή.....	7
4. Αντλία.....	10
5. Φωτοβολταϊκό φαινόμενο.....	10
5.1 Ημιαγωγοί.....	12
5.2 Ημιαγωγικές ομάδες.....	12
5.3 Η αγωγιμότητα τους	13
5.4 Κίνηση φορέων	14
5.5 Ολίσθηση	14
5.6 Διάχυση	14
5.7 Επαφή P-N.....	14
6 Δημιουργία φωτοβολταϊκού στοιχείου.....	15
6.1 Κατασκευαστικές λεπτομέρειες ΦΒ στοιχείου...	15
6.2 Χαρακτηριστική καμπύλη V-I.....	18
7 Ρυθμιστής φόρτισης.....	19
8 Ανάλυση φωτοβολταϊκού σιντριβανιού.....	20
8.1 Προγραμματισμός PLC σιντριβανιού.....	25

1 ΠΡΟΛΟΓΟΣ

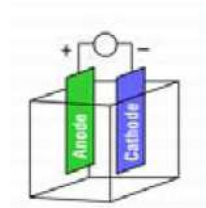
Σκοπός της παρούσας πτυχιακή εργασίας είναι η κατασκευή ενός σιντριβανιού το οποίο θα τροφοδοτείται με ηλιακή ενέργεια . Το ηλιακό σιντριβάνι αποτελείται από ένα Φ/Β πάνελ συνδεδεμένο μέσω μπαταρίας σε μια αντλία, αναλυτικά η λειτουργία του θα αναλυθεί στο κεφάλαιο 8, ακόμα θα παρουσιαστεί η καμπύλη απόδοσης Φ/Β κατά την διάρκεια της ημέρας. Στο θεωρητικό μέρος της εργασίας θα γίνει αναλυτική περιγραφή του φωτοβολταϊκού φαινομένου όπως και σε ποια φαινόμενα που συμβάλουν στην δημιουργία του, στην κατασκευή των φωτοβολταϊκών πάνελ, στην δυνατότητα χρήσης των φωτοβολταϊκών για ύδρευση και άρδευση, τους παράγοντες επιλογής της καταλληλότερης αντλίας.



2. Μια σύντομη ματιά στην ιστορία των φωτοβολταϊκών

Η ουσία ενός φαινομένου γίνεται καλύτερα αντιληπτή όταν το ερευνούμε από την γένεσή του."

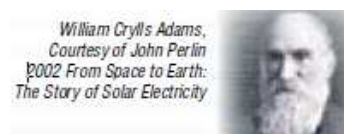
Αριστοτέλης



1839 Ο 19χρονος φυσικός Edmund Becquerel ανακαλύπτει το φωτοβολταϊκό φαινόμενο, καθώς πειραματιζόταν με ηλεκτρολυτικό στοιχείο αποτελούμενο από δύο μεταλλικά ηλεκτρόδια σε αγώγιμο υγρό. Η ροή αυξανόταν με την έκθεση στον ήλιο. Οι σημειώσεις του γύρω από το φαινόμενο, είχαν φανεί πολύ ενδιαφέρουσες στην επιστημονική κοινότητα αλλά χωρίς πρακτική εφαρμογή.



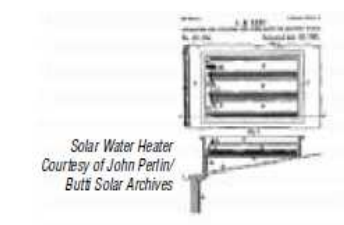
Το **1873** ο Willoughby Smith ανακάλυψε την φωτοαγωγιμότητα του σεληνίου



1876 William Grylls Adams και ο Richard Evans Day ανακαλύπτουν ότι το σελήνιο παράγει ηλεκτρισμό όταν εκτίθεται στο φως



1883 Ο Charles Fritz ένας Αμερικανός εφευρέτης παράγει τις πρώτες ηλιακές κυψέλες κατασκευασμένες από γκοφρέτες σεληνίου με απόδοση 1-2%.



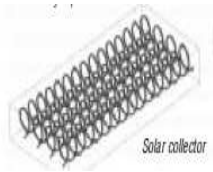
1891 Clarence Kemp κατοχυρώνει με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας τον πρώτο εμπορικό ηλιακό θερμοσίφωνα.



Albert Einstein, courtesy of the Lotte Jacobi Archives, University of Hampshire

1905

Άλμπερτ Αϊνστάιν δημοσίευσε έγγραφο του για το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο (μαζί με ένα έγγραφο σχετικά με τη θεωρία της σχετικότητας). τιμήθηκε με βραβείο Nobel το 1921.



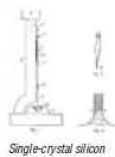
1908 William J. Bailey της εταιρείας Carnegie Steel εφευρίσκει έναν ηλιακό συλλέκτη με σπείρες χαλκού σε μονωμένο πλαίσιο, περίπου όπως είναι το παρόν σχέδιο.

1916

Robert Millikan παρέχει πειραματική απόδειξη του φωτοηλεκτρικού φαινομένου.



Jan Czochralski, courtesy of Debra Kaiser, AACG newsletter



Single-crystal silicon

1918 Ο Πολωνός Jan Czochralski κατασκευάζει το πρώτο στοιχείο μονοκρυσταλλικού πυριτίου.

1932 Παρατηρείται το φωτοβολταϊκό φαινόμενο στο κάδμιο σελήνιο. Σήμερα το CdS αποτελεί πολύ σημαντικό υλικό παραγωγής φωτοβολταϊκών panel.

1953 Ο Dr. Dan Trivich, Wayne State University, κάνει το πρώτο θεωρητικό υπολογισμό της βελτίωσης της αποτελεσματικότητας των διαφόρων υλικών διαφορετικού χάσματος με βάση το φάσμα του ήλιου.



Bell Labs scientists, Daryl Chaplin, Calvin Fuller, and Gerald Pearson, courtesy of John Doolin

1954 Στα Bell Laboratories, ανακαλύπτουν ότι το πυρίτιο μαζί με συγκεκριμένα ρυπαρότητες είναι πολύ ευαίσθητο στο φως. Το αποτέλεσμα είναι τα πρώτα πρακτικά φωτοβολταϊκά στοιχεία με απόδοση 6%.

1957 Η Hoffman Electronics κατασκευάζει φωτοβολταϊκά στοιχεία με απόδοση 8% και μέσα σε δυο χρόνια καταφέρνει να φτάσει την απόδοση των φωτοβολταϊκών στοιχείων στο 10%.



Courtesy of <http://www.suile101.com>

1959. Η Αμερική εκτοξεύει τους δορυφόρους Explorer VI & VII με 9.600 φωτοβολταϊκά στοιχεία.

1960 Παράγονται φωτοβολταϊκά με 14% απόδοση.

SHARP

1963 Sharp Corporation πετυχαίνει την παραγωγή φωτοβολταϊκών πυριτίου

1963 Η Ιαπωνία εγκαθιστά φωτοβολταϊκά σε φάρους - η μεγαλύτερη φωτοβολταϊκή διάταξη της εποχής.

1964

NASA εκτοξεύει τον πρώτο διαστημικό σκάφος Nimbus ένας δορυφόρος που τροφοδοτείται από μια φωτοβολταϊκή συστοιχία 470 watt.

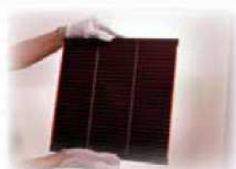
1970

Ο Dr. Elliot Berman, με τη βοήθεια από την Exxon Corporation, σχεδιάζει τα πρώτα οικονομικά ηλιακά κύτταρα, φέρνοντας την τιμή από τα 100 δολάρια το watt σε \$ 20 watt. Τα ηλιακά κύτταρα αρχίζουν την τροφοδοτήσε σε προειδοποιητικά φώτα ναυσιπλοΐας και κόρνες, σε φάρους, διαβάσεις σιδηροδρόμων. Οι ηλιακές εφαρμογές άρχισαν να θεωρούνται ως λογικές εφαρμογές σε απομακρυσμένες περιοχές, όπου δεν συνδέονται στο δίκτυο.

1972 Οι Γάλλοι εγκαθιστούν άμορφα CdS φωτοβολταϊκά σε ένα σχολείο στην επαρχία Niger.

1976 Η NASA Lewis Research Center ξεκινά την εγκατάσταση 83 φωτοβολταϊκών συστημάτων ενέργειας

σε όλες τις ηπείρους εκτός από την Αυστραλία. Και ξεκινούν οι πρώτες εφαρμογές φωτοβολταϊκών για την τροφοδότηση ψυγείων, τηλεπικοινωνιακού & ιατρικού εξοπλισμού, άντλησης νερού και φωτισμού. Το έργο ολοκληρώθηκε το 1995,



Warren Gretz, NREL / P/K04501

1976 David Carlson και Christopher Wronski, RCA Laboratories, κατασκευάζουν τα πρώτα φωτοβολταϊκά κύτταρα άμορφου πυριτίου.

1977 Η συνολική παραγωγή φωτοβολταϊκών ξεπερνά τα 500 kW.

1981 Paul MacCready κατασκευάζει το πρώτο ηλιακό αεροσκάφος το Solar Challenger και πετά από τη Γαλλία στην Αγγλία. Το αεροσκάφος είχε πάνω από 16.000 ηλιακές κυψέλες τοποθετούνται στα φτερά του, τα οποία παράγαν 3.000 Watt

1982

Australian Hans Tholstrup οδηγεί το πρώτο ηλιακό αυτοκίνητο το Quiet Achiever σχεδόν 2.800 μιλίων μεταξύ Σίδνεϊ και Περθ σε 20 ημέρες, 10 ημέρες ταχύτερα από ό, τι το πρώτο βενζινοκίνητο αυτοκίνητο που το εκανε.

Επίσης την ίδια χρονιά η παγκόσμια παραγωγή των φωτοβολταϊκών υπερβαίνει 9,3 μεγαβάτ.

1983 ARCO Solar αφιερώνει 6 μεγαβάτ φωτοβολταϊκών στο κεντρικό υποσταθμό της Καλιφόρνια. Έκτασης 120 στρεμμάτων, που τροφοδοτεί 2000-2500 σπίτια. Η παγκόσμια παραγωγή φωτοβολταϊκών ξεπερνά τα 21,3 MW.

1984 Κυκλοφορούν τα άμορφα φωτοβολταϊκά.

1996 Πιο εξελιγμένο ηλιακό αεροπλάνο στον κόσμο, το Icare, πέταξε πάνω από Γερμανία. Τα φτερά και επιφάνειες ουρά του Icare καλύπτεται από 3,000 υπερ απόδοσης ηλιακά κύτταρα, με συνολική έκταση 21 m²

1999 Η συνολική παγκόσμια εγκατεστημένη ισχύ σε φωτοβολταϊκά φτάνει τα 1000 MW.



2000 Στο Διεθνή Διαστημικό Σταθμό, οι αστροναύτες έχουν αρχίσει την εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών η συστοιχία αποτελείται από 32.800 ηλιακές κυψέλες.

2000 Sandia National Laboratories αναπτύσσει ένα νέο inverter για τα ηλιακά ηλεκτρικά συστήματα που θα αυξήσει την ασφάλεια των συστημάτων κατά τη διάρκεια μιας διακοπής ρεύματος. inverters

μετατρέπουν το συνεχές ρεύμα (DC) ηλεκτρική ισχύ από ηλιακά συστήματα σε εναλλασσόμενο ρεύμα (AC), το οποίο είναι το τρέχον πρότυπο για την καλωδίωση των νοικοκυριών

2002 Η συνολική παγκόσμια εγκατεστημένη ισχύ σε φωτοβολταϊκά φτάνει τα 2000MW.

Σήμερα Μια από τις πιο σημαντικές εφαρμογές φωτοβολταϊκών είναι η συμπληρωματική παραγωγή ενέργειας. Στην Βόρεια Αμερική πολλές εταιρείες παραγωγής ενέργειας (αντίστοιχες ΔΕΗ) υποστηρίζουν τα φορτία του κλιματισμού τους θερινούς μήνες με φωτοβολταϊκά συστήματα.

Ο

αυριανός

στόχος

Το 20% της συνολικής παραγωγής ενέργειας να προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές.

3 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σ' όλη την ιστορική πορεία του ο άνθρωπος χρησιμοποιούσε όλες τις δυνατότητες που του παρείχε η φύση για να βελτιώσει τις συνθήκες διαβίωσης του.

Τους ποιο πρόσφατους αιώνες χρησιμοποίησε την ενέργεια από τα ορυκτά καύσιμα και βρήκε τρόπο την ενέργεια αυτή να την μετατρέπει σε ηλεκτρισμό. Η ενέργεια αυτή έγινε θεμελιώδη ανάγκη για την ανάπτυξη κάθε κοινωνίας και πολιτισμού σε όλο τον κόσμο.

Οι πηγές ενέργειας που διαθέτει σήμερα ο άνθρωπος χωρίζονται σε δυο κατηγορίες, στην πρώτη κατηγορία βρίσκονται τα καύσιμα που υπάρχουν διαθέσιμα στο φλοιό της γης (κάρβουνο, πετρέλαιο, φυσικό αέριο, πυρηνική ενέργεια). και στη δεύτερη κατηγορία η ενέργεια που πηγάζει από τον ήλιο, του οποίου η ακτινοβολούμενη ενέργεια εκτός από την συμβολή της στη δημιουργία και διατήρηση της ζωής στον πλανήτη, προκαλεί την εξάτμιση του θαλασσινού νερού και συντηρεί τον γνωστό φυσικό κύκλο της δημιουργίας των ποταμών και λιμνών, τα οποία εκμεταλλευόμαστε για να παράγουμε ενέργεια μέσω των **υδατοπτώσεων**. Ακόμα η ηλιακή ενέργεια θέτει σε κίνηση τις αέριες μάζες της ατμόσφαιρας και μας παρέχει την **(αιολική ενέργεια)**, δημιουργεί κύματα **(ενέργεια κυμάτων)**, επίσης η απορρόφηση της από συγκεκριμένα υλικά παράγει ηλεκτρισμό **(φωτοβολταϊκό φαινόμενο)**. Μια ακόμα πηγή ενέργειας που χρησιμοποιούμε είναι η **(γεωθερμική ενέργεια)** που προέρχεται από ηφαιστειακά ρήγματα.

Η στροφή ωστόσο προς τα ορυκτά καύσιμα είχε και τις δυσάρεστες πλευρές της. Τα αποθέματά τους, που στην αρχή έμοιαζα τεράστια, με τους υπερβολικούς ρυθμούς κατανάλωσης της σημερινής ανάπτυξης, δεν φαίνεται να επαρκούν για το κοντινό μέλλον. Οι πετρελαϊκές κρίσεις του 1971 (μετά τη συμφωνία της Τεχεράνης που μετέβαλε ριζικά τις σχέσεις πετρελαιοπαραγωγών χωρών και εταιρειών πετρελαίου) και του 1973 (μετά τον αποκλεισμό που προκάλεσε ο τελευταίος Αραβοϊσραηλινός πόλεμος και τον απότομο τετραπλασιασμό της τιμής του πετρελαίου) έδειξαν στη Δύση πολύ καθαρά ότι στο εξής δεν μπορούσε να υπολογίζει σε μια εύκολη κάλυψη των ενεργειακών της αναγκών.

Μια άλλη δυσμενής συνέπεια της στροφής προς τα ορυκτά καύσιμα είναι τα σοβαρά περιβαλλοντικά προβλήματα που δημιούργησαν.

Η καύση τους, αποδεσμεύει ουσίες, που η συγκέντρωσή τους μέσα στην ατμόσφαιρα είναι ιδιαίτερα επικίνδυνη για τους ζωντανούς οργανισμούς και τον ίδιο τον άνθρωπο.

Επίσης η στροφή στην πυρηνική ενέργεια προσκρούει και αυτή στο γεγονός ότι τα αποθέματα ουρανίου είναι επίσης πολύ περιορισμένα και συγκεντρωμένα σε ορισμένες μόνο χώρες. Επιπλέον, η χρήση της πυρηνικής ενέργειας δεν είναι βέβαιο ότι είναι ακίνδυνη, γιατί η διαφυγή ραδιενέργειας από ένα θερμοπυρηνικό εργοστάσιο δεν είναι σπάνια. Σοβαρότερη, εντούτοις, απειλή για τη ζωή στον πλανήτη μας αποτελούν τα ραδιενεργά κατάλοιπα και ιδιαίτερα το πλουτόνιο. Ήδη, βέβαια, σε πολλές χώρες λειτουργούν μονάδες ηλεκτροπαραγωγής με πυρηνική ενέργεια. Ο πολλαπλασιασμός τους όμως δεν είναι επιθυμητός σε όλες τις χώρες. Λιγότερα προβλήματα θα παρουσίαζε ίσως η πυρηνική σύντηξη, αλλά ο έλεγχος της δεν έχει ακόμη επιτευχθεί, ώστε να αντιμετωπίζεται ως πιθανή λύση για το άμεσο μέλλον.

Οι δυσκολίες που συναντούν οι δύο αυτές κατευθύνσεις οδηγούν προς την αξιοποίησης εναλλακτικών πηγών ενέργειας, όπως είναι η ηλιακή ακτινοβολία, ο άνεμος, η φυσική κίνηση του νερού (ποτάμια, κυματισμός της θάλασσας, παλίρροια), η γεωθερμία και η χημική ενέργεια της βιομάζας.

Από αυτές το μεγαλύτερο ενδιαφέρον συγκεντρώνουν η ηλιακή ακτινοβολία και ο άνεμος, πηγές κατεξοχήν φυσικές, ανεξάντλητες και ελεύθερες. Αυτοί οι ενεργειακοί πόροι εκτός από την αφθονία τους, παρουσιάζουν δύο ακόμη σημαντικά πλεονεκτήματα. Η εκμετάλλευσή τους δεν δημιουργεί σοβαρούς κινδύνους στο περιβάλλον. Και ακόμη, μπορεί να γίνεται αποκεντρωμένα, με σχετικά απλές και μικρής κλίμακας εγκαταστάσεις. Γι' αυτό και οι ήπιες αυτές μορφές ενέργειας απέκτησαν ένθερμους υποστηρικτές.

Τα πλεονεκτήματα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας συνοψίζονται παρακάτω.

- Είναι πολύ φιλικές προς το περιβάλλον, έχοντας ουσιαστικά μηδενικά κατάλοιπα και απόβλητα.
- Δεν πρόκειται να εξαντληθούν ποτέ, σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα.
- Μπορούν να βοηθήσουν την ενεργειακή αυτάρκεια μικρών και αναπτυσσόμενων χωρών, καθώς και να αποτελέσουν την εναλλακτική πρόταση σε σχέση με την οικονομία του πετρελαίου.
- Είναι ευέλικτες εφαρμογές που μπορούν να παράγουν ενέργεια ανάλογη με τις ανάγκες του επί τόπου πληθυσμού, καταργώντας την ανάγκη για τεράστιες μονάδες παραγωγής ενέργειας αλλά και για μεταφορά της ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις.
- Ο εξοπλισμός είναι απλός στην κατασκευή και τη συντήρηση και έχει μεγάλο χρόνο ζωής.

Ωστόσο, έχουν και κάποια μειονεκτήματα, όπως αυτά που αναφέρονται παρακάτω:

- Έχουν αρκετά μικρό συντελεστή απόδοσης, της τάξης του 30% ή και χαμηλότερο. Συνεπώς απαιτείται αρκετά μεγάλο αρχικό κόστος εφαρμογής σε μεγάλη επιφάνεια γης. Γι' αυτό το λόγω μέχρι τώρα χρησιμοποιούνται σαν συμπληρωματικές πηγές ενέργειας.
- Για τον παραπάνω λόγο προς το παρόν δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κάλυψη των αναγκών μεγάλων αστικών κέντρων.
- Η παροχή και απόδοση της αιολικής, υδροηλεκτρικής και ηλιακής ενέργειας εξαρτάται από την εποχή του έτους αλλά και από το γεωγραφικό πλάτος και το κλίμα της περιοχής στην οποία εγκαθίστανται.

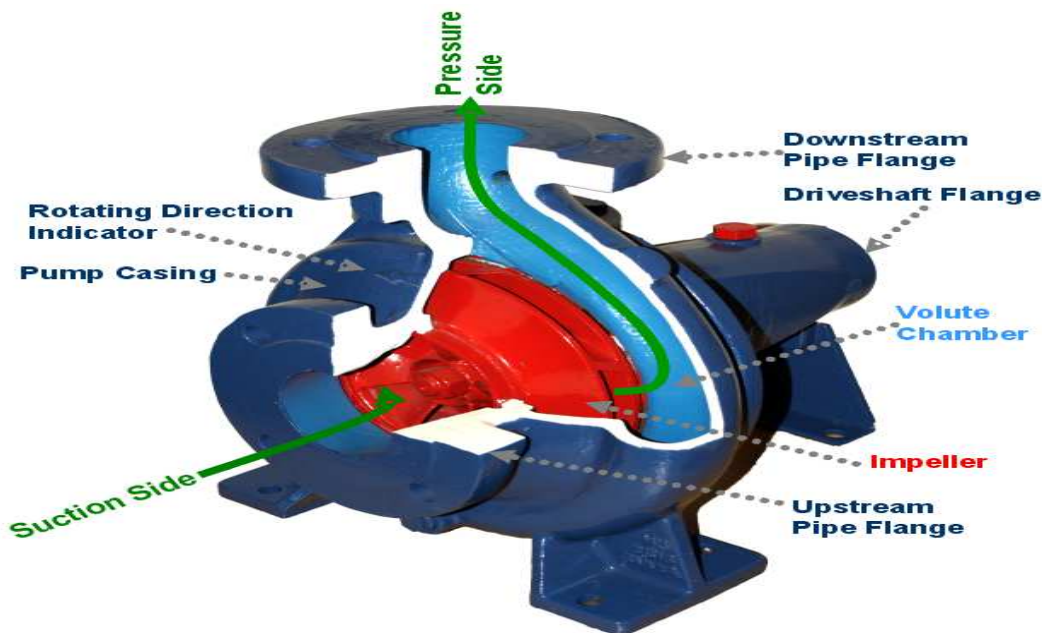
Ένα σοβαρό θέμα με το οποίο αξίζει να ασχοληθούμε είναι η άντληση του νερού με φωτοβολταϊκά κυρίως για χρήση στην ύδρευση και άρδευση. Το νερό είναι πηγή ζωής και αναγκαίο για την ανάπτυξη και τον πολιτισμό. Ειδικότερα στην Ελλάδα όπου η οικονομία της χώρας στηρίζεται στην γεωργία, η ανάπτυξη των συστημάτων άρδευσης είναι σημαντική.

Η χρήση φωτοβολταϊκών για ύδρευση και άρδευση είναι από τις πιο δημοφιλείς εφαρμογές. Τα φωτοβολταϊκά είναι η τέλεια λύση λόγω της απλής εφαρμογής τους, την μεγάλη διάρκεια ζωής τους, δεν απαιτούν κανένα καύσιμο και μπορούν να τοποθετηθούν όπου υπάρχει αρκετή ηλιοφάνεια, επίσης οι ανάγκες ποτίσματος είναι μεγάλες κατά την διάρκεια των ηλιόλουστων περιόδων της άνοιξης και του καλοκαιριού όπου τα φωτοβολταϊκά αποδίδουν τη μέγιστη ισχύ τους.

Για να γίνει μια άντληση το σημαντικότερο ρόλο τον παίζει η αντλία που θα χρησιμοποιήσουμε. Η επιλογή του τύπου και του μεγέθους της αντλίας θα γίνει βάση στοιχείων που θα μας οδηγήσουν στην σωστή επιλογή εκείνη που θα καλύπτει τις ανάγκες μας.

Γι' αυτό πριν από την επιλογή της αντλίας θα πρέπει να λάβουμε υπόψη τα εξής στοιχεία :

- a) Το βάθος άντλησης : δεν μπορούμε να αντλήσουμε νερό από οποιοδήποτε βάθος με οποιαδήποτε αντλία
- b) Η απαιτούμενη παροχή νερού (υγρού) ανα ώρα: κάθε τύπος αντλίας έχει διαφορετικές ικανότητες.
- c) Το ολικό μανομετρικό ύψος : κάθε τύπος και μέγεθος αντλίας έχει ορισμένες δυνατότητες στο μανομετρικό ύψος.
- d) Η καθαρότητα του αντλούμενου νερού: διαφέρουν οι τύποι αντλιών που χρησιμοποιούνται για την άντληση νερού με αιωρήματα, άμμο κλπ.
- e) Ρευστότητα υγρού : οι κοινές φυγόκεντρες αντλίες δεν μπορούν να αντλήσουν πηκτά υγρά γι' αυτό απαιτούνται ειδικού τύπου αντλίες.
- f) Οι πιέσεις : πρέπει να επιλεγεί η κατάλληλη αντλία για να αντέχει τις πιέσεις που δημιουργούνται όταν η αντλία τροφοδοτεί κλειστό κύκλωμα.
- g) Η διαβρωτικότητα του υγρού : η άντληση οξέων και ηλεκτρολυτικών διαλυμάτων καθώς και η άντληση θαλασσινού νερού προκαλούν ταχεία φθορά σε μια κοινή αντλία.



4 ΑΝΤΛΙΑ

Υπάρχουν πολλών ειδών αντλίες αναλόγως την περίπτωση και την εφαρμογή για την οποία θέλουμε να την χρησιμοποιήσουμε. Οι σύγχρονες αντλίες χωρίζονται σε δυο κατηγορίες, τις δυναμικές και τις αντλίες θετικής μετατόπισης.

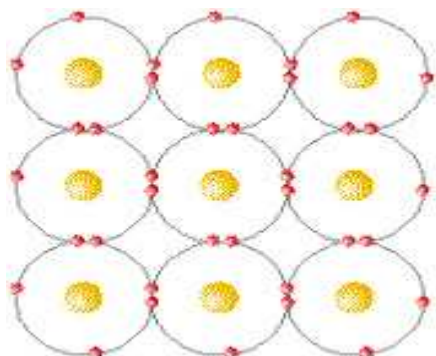
Δυναμικές αντλίες, στις οποίες παρέχεται συνεχώς ενέργεια στο ρευστό. με αποτέλεσμα η ταχύτητα του ρευστού στο εσωτερικό της αντλίας συνεχώς αυξάνεται λαμβάνοντας τιμές μεγαλύτερες από την ταχύτητα του ρευστού στην έξοδο της αντλίας. Η ενδιάμεση μείωση της ταχύτητας (έτσι ώστε να ικανοποιείται η συνέχεια της ροής), έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της πίεσης του ρευστού. Οι αντλίες αυτής της κατηγορίας μπορούν να διαχωριστούν παραπέρα στις φυγόκεντρες (αξονικού, ακτινικού και μεικτού τύπου, μονοβάθμιων και πολυβάθμιων), στις στροβιλαντλίες.

Αντλίες θετικής εκτόπισης, στις οποίες παρέχεται περιοδικά ενέργεια στο ρευστό μέσω ενός ή περισσότερων κινούμενων μερών της αντλίας. Με αποτέλεσμα η πίεση αυξάνεται λαμβάνοντας τιμή μεγαλύτερη από αυτή που απαιτείται για τη διακίνηση του υγρού κατά μήκος της σωλήνωσης κατάθλιψης. Οι αντλίες αυτής της κατηγορίας μπορούν να χωριστούν παραπέρα στις εμβολοφόρες παλινδρομικές αντλίες (αντλίες ατμού, αντλίες διαφράγματος, κ.ά.) και στις περιστροφικές αντλίες (γρاناζωτές, ογκομετρικές, εμβολοφόρες ακτινικές με σφαιρικά έμβολα, εμβολοφόρες με περιστροφικά έμβολα που κινούνται από εκκεντροφόρο).

5 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ

Η φωτοβολταϊκή μετατροπή της ηλιακής ενέργειας στηρίζεται μεν στην ηλιακή ακτινοβολία, αλλά και στις ιδιότητες των ημιαγωγικών υλικών.

Συγκεκριμένα, στο άτομο πυριτίου το οποίο έχει 14 ηλεκτρόνια τοποθετημένα κατά τέτοιο τρόπο ώστε τα 4 εξωτερικά, που λέγονται και ηλεκτρόνια σθένους να μπορούν να μοιραστούν με ένα άλλο άτομο. Ένας μεγάλος αριθμός ατόμων μπορούν να αλληλοσυνδεθούν και να σχηματίσουν ένα κρυσταλλικό πλέγμα όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



Όταν το ηλιακό φως πέσει σε κρυσταλλικό πυρίτιο, είναι δυνατό να ανακλαστεί, να διαπεράσει τον κρύσταλλο ή να απορροφηθεί. Στην τελευταία περίπτωση αν το φως είναι χαμηλής ενέργειας τα άτομα του πυριτίου ταλαντώνονται περί την σταθερή θέση τους χωρίς να χαλαρώνουν οι δεσμοί μεταξύ τους, ενώ τα ηλεκτρόνια των δεσμών αποκτώντας μεγαλύτερη ενέργεια ανεβαίνουν σε υψηλότερες ενεργειακές στάθμες που δεν είναι ευσταθείς οπότε τα ηλεκτρόνια επιστρέφουν σύντομα στις αρχικές χαμηλότερες ενεργειακές στάθμες, αποδίδοντας υπό μορφή θερμότητας την ενέργεια που είχαν κερδίσει.

Από την άλλη μεριά, αν το φως έχει αρκετή ενέργεια είναι δυνατόν να αλλάξει τις ηλεκτρικές ιδιότητες του κρυστάλλου. Έτσι το ηλεκτρόνιο ενός δεσμού είναι δυνατόν να αποχωρισθεί της θέσης του και να μετακινηθεί στην ζώνη αγωγιμότητας αφήνοντας πίσω στη ζώνη σθένους ένα δεσμό από τον οποίο λείπει ένα ηλεκτρόνιο δηλαδή **οπή**.

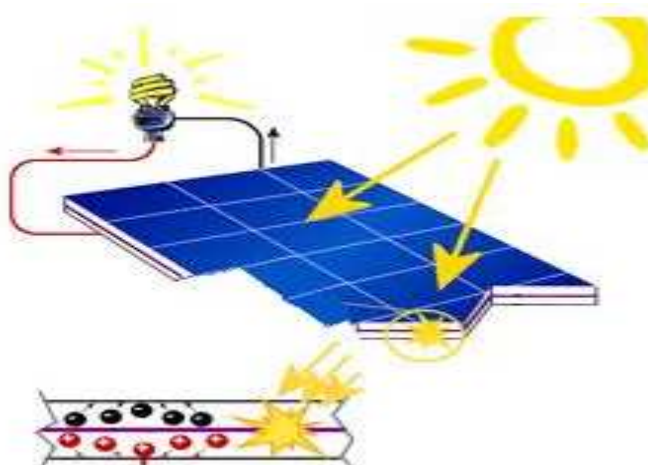
Οπές στη ζώνη σθένους και ηλεκτρόνια στη ζώνη αγωγιμότητας είναι ελεύθερα να μετακινηθούν δια μέσω του κρυστάλλου και παίζουν σημαντικό ρόλο στην ηλεκτρική συμπεριφορά των ηλιακών κυττάρων. Τα παραγόμενα, με την βοήθεια του ηλιακού φωτός ζεύγη ηλεκτρονίων- οπών αποτελούν τη βασική διαδικασία του φωτοβολταϊκού φαινομένου, χωρίς όμως να είναι σε θέση από μόνα τους να δώσουν ρεύμα. Εάν δεν υπήρχε και ένα άλλο φαινόμενο να συμβάλει τα ζεύγη ηλεκτρονίων-οπών θα εκτελούσαν για σύντομο χρονικό διάστημα τυχαίους ελιγμούς μέσα στον κρύσταλλο και τελικά θα επανερχόντουσαν στις αρχικές τους θέσεις στη ζώνη σθένους αποδίδοντας θερμική ενέργεια. Για την παραγωγή του ρεύματος είναι απαραίτητη η ύπαρξη ενός δυναμικού φράγματος.

Φράγμα δυναμικού έχουν όλα τα ηλιακά κύτταρα και η δουλειά του είναι να διαχωρίζει τα παραγόμενα ζεύγη ηλεκτρονίων- οπών, στέλνοντας περισσότερα ηλεκτρόνια στην μια πλευρά του κυττάρου και περισσότερες οπές στην άλλη έτσι ώστε να υπάρχει μικρή πιθανότητα επανασύνδεσης μεταξύ τους.

Με την δράση του φωτός δημιουργούνται επιπλέον 'ελεύθεροι' ηλεκτρικοί φορείς οι οποίοι με την επίδραση του πεδίου επαφής τίθενται σε προσανατολισμένη κίνηση και δημιουργούν ηλεκτρικό ρεύμα.

Συμπερασματικά, σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν , κατά την δημιουργία επαφής δυο σωμάτων, προκαλείται διάχυση των ελεύθερων ηλεκτρικών φορέων από την μια μεριά στην άλλη, με αποτέλεσμα τη δημιουργία ηλεκτρικού πεδίου., που εμποδίζει την παραπέρα διάχυση των ηλεκτρονίων οπών. Στην περίπτωση που η επαφή φωτίζεται η κατάσταση τροποποιείται. Με την δράση του φωτός δημιουργούνται επιπλέον ελεύθεροι φορείς, οι οποίοι με την επίδραση του πεδίου επαφής << κινούνται σε αντίθετοι κατεύθυνση από το πεδίο πηγαίνοντας στην πλευρά που αντιστοιχεί ο κάθε ένας, δημιουργώντας μια περιοχή θετικά φωτισμένη και μια αρνητική, αυτό στην ουσία είναι μια πηγή τάσεις . αυτό το φαινόμενο ονομάζεται: **φωτοβολταϊκό φαινόμενο**.

Αν στα άκρα της φωτιζόμενης επαφής συνδεθεί μια αντίσταση τότε το ρεύμα θα περάσει μέσα από αυτή. Η διάταξη αυτή ονομάζεται φωτοβολταϊκό στοιχείο.



5.1 Ημιαγωγοί

Ημιαγωγός είναι κάθε υλικό, όπως το γερμάνιο ή το πυρίτιο, που επιτρέπει να περνά το ηλεκτρικό φορτίο από μέσα του με κάποιες προϋποθέσεις, όπως είναι αύξηση της θερμοκρασίας ή η πρόσπτωση φωτός. Η ειδική αντίσταση των ημιαγωγών κυμαίνεται μεταξύ των αγωγών και των μονωτών.

Ένας ημιαγωγός, όπως το πυρίτιο, στην καθαρή κρυσταλλική του μορφή, είναι καλός μονωτής. Ωστόσο, όταν έστω και ένα άτομο μέσα σε εκατομμύρια αντικατασταθεί από μία πρόσμιξη (φωσφόρος ή αρσενικό) που προσθέτει ένα ηλεκτρόνιο από την κρυσταλλική δομή τότε η αγωγιμότητά τους αυξάνεται θεαματικά. Το ίδιο συμβαίνει αν η πρόσμιξη γίνει με άτομο που αφαιρεί ηλεκτρόνιο (βόριο, αργίλιο ή γάλλιο). Στην πρώτη περίπτωση, προκύπτει ημιαγωγός τύπου n (n από negative καθώς έχουμε παραπάνω ηλεκτρόνια άρα και φορείς αρνητικού φορτίου) και στη δεύτερη τύπου p (p από positive καθώς έχουμε επιπλέον οπές που δηλώνουν απουσία ηλεκτρονίων άρα ύπαρξη θετικού φορτίου). Αυτός ο τρόπος πρόσμιξης ονομάζεται doping (νόθευση).

Από άποψης χρησιμότητας οι ημιαγωγοί έχουν πολύ μεγάλη σημασία, καθώς βρίσκουν μεγάλο πλήθος εφαρμογών.

5.2 Ημιαγωγικές Ομάδες

Ως υλικά παρουσιάζουν αρκετές διαφορές ως προς τη δομή και τις ιδιότητές τους και ανάλογα με τη θέση τους στον περιοδικό πίνακα των στοιχείων, κατατάσσονται σε ομάδες, τα στοιχεία των οποίων εμφανίζουν παρόμοια συμπεριφορά.

Αυτές είναι

- οι ημιαγωγοί της τέταρτης ομάδας (ομάδα IV) του περιοδικού πίνακα, όπως το γερμάνιο (Ge), το πυρίτιο (Si), ο αδάμας (κρυσταλλική δομή του άνθρακα) και ο κασσίτερος (Sn). Όλα αυτά τα στοιχεία είναι ομοιοπολικοί κρύσταλλοι και έχουν την κρυσταλλική δομή του αδάμαντα. Τα άτομά τους δεν εμφανίζουν ηλεκτρικό φορτίο.
- Οι ημιαγωγοί που αποτελούνται από ενώσεις μεταξύ στοιχείων της τρίτης και της πέμπτης ομάδας του περιοδικού πίνακα, όπως το αρσενικούχο γάλλιο (GaAs), το αρσενικούχο ίνδιο (InAs) κ.ά. Τα άτομα τους είναι φορτισμένα αρνητικά.
- Οι ημιαγωγοί που αποτελούνται από ενώσεις στοιχείων μεταξύ της δεύτερης και της έκτης ομάδας του περιοδικού πίνακα, όπως το θειούχο κάδμιο (CdS) και ο θειούχος ψευδάργυρος (ZnS).
- Οι ημιαγωγοί που προκύπτουν από ορισμένα άλατα του μολύβδου (Pb). Οι σημαντικότεροι ημιαγωγοί είναι αυτοί της πρώτης ομάδας και κυρίως το γερμάνιο και το πυρίτιο, που χρησιμοποιούνται πολύ περισσότερο από τους άλλους ημιαγωγούς σε πρακτικές εφαρμογές.

5.3Η αγωγιμότητα τους

Για να γίνει κατανοητός ο μηχανισμός αγωγιμότητας των ημιαγωγών, είναι απαραίτητο να περιγραφεί η έννοια των ζωνών ενέργειας στους κρυστάλλους. Σε ένα μεμονωμένο άτομο, τα ηλεκτρόνια κινούνται γύρω από τον πυρήνα σε καθορισμένες τροχιές, σύμφωνα με την απαγορευτική αρχή του Πάουλι (Pauli). Όλες οι τροχιές χαρακτηρίζονται από αντίστοιχες διακεκριμένες στάθμες ενέργειας, κάθε μια από τις οποίες καταλαμβάνει ένας καθορισμένος αριθμός ηλεκτρονίων. Όταν όμως ένα άτομο βρεθεί σε περιοχή όπου υπάρχουν και άλλα άτομα γύρω του, όπως για παράδειγμα σε έναν κρύσταλλο, οι στάθμες ενέργειας, ειδικά των ηλεκτρονίων σθένους των ατόμων (δηλαδή των ηλεκτρονίων των εξωτερικών στιβάδων), υφίστανται σημαντική μετατόπιση, γιατί τα ηλεκτρόνια σθένους ανήκουν πλέον σε περισσότερα από ένα άτομα. Έτσι δημιουργούνται ζώνες σταθμών ενέργειας, οι οποίες απέχουν ελάχιστα, σε αντίθεση με τις στάθμες ενέργειας των μεμονωμένων ατόμων. Όταν οι αποστάσεις μεταξύ των ατόμων μειωθούν αρκετά, κάθε ζώνη χωρίζεται σε δύο ζώνες, τη ζώνη σθένους και τη ζώνη αγωγιμότητας. Στο απόλυτο μηδέν, δηλαδή στη θερμοκρασία των μηδέν βαθμών Κέλβιν η ζώνη σθένους είναι πλήρης, δηλαδή όλες οι διαθέσιμες στάθμες ενέργειας καταλαμβάνονται από ηλεκτρόνια, ενώ η ζώνη αγωγιμότητας είναι κενή. Ανάμεσα στις ζώνες σθένους και στις ζώνες αγωγιμότητας, βρίσκονται οι απαγορευμένες ζώνες, όπου δεν υπάρχουν επιτρεπόμενες ενεργειακές στάθμες. Το πλάτος της απαγορευμένης ζώνης λέγεται ενεργειακό χάσμα.

Με βάση το ενεργειακό χάσμα στα διάφορα στοιχεία, μπορούμε να τα διαχωρίσουμε σε αγωγούς, ημιαγωγούς και μονωτές. Στους αγωγούς (μέταλλα), δεν υπάρχει ενεργειακό χάσμα κι έτσι η ζώνη σθένους και η ζώνη αγωγιμότητας είναι ενωμένες. Κάτω από την επίδραση ενός ηλεκτρικού πεδίου, κάποια ηλεκτρόνια της ζώνης σθένους αποκτούν την απαιτούμενη ενέργεια ώστε να μεταπηδήσουν εύκολα στη ζώνη αγωγιμότητας, όπου και μπορούν να κινηθούν υπό την επίδραση του ηλεκτρικού πεδίου, οπότε δημιουργείται ηλεκτρικό ρεύμα.

Στους μονωτές αντίθετα, το ενεργειακό χάσμα είναι μεγάλο, της τάξης των μερικών ηλεκτρονιοβόλτ (eV). Η ενέργεια που μπορεί να προσφερθεί από ένα εξωτερικό ηλεκτρικό πεδίο δεν μπορεί αν υπερκαλύψει το ενεργειακό χάσμα, κι έτσι τα ηλεκτρόνια δεν μπορούν να μεταπηδήσουν στη ζώνη αγωγιμότητας, οπότε στα υλικά αυτά δεν επιτρέπεται η ροή ηλεκτρικού ρεύματος.

Τέλος, στους ημιαγωγούς, το ενεργειακό χάσμα είναι σχετικά μικρό, περίπου ένα ηλεκτρονιοβόλτ (eV). Στη θερμοκρασία του απόλυτου μηδενός, οι ημιαγωγοί φέρονται ως μονωτές, αλλά η αγωγιμότητά τους αυξάνει σημαντικά με την άνοδο της θερμοκρασίας. Όσο αυξάνει η θερμοκρασία, τα ηλεκτρόνια σθένους αποκτούν μεγαλύτερη ενέργεια και έτσι είναι δυνατόν μερικά από αυτά να μπορέσουν να υπερπηδήσουν το ενεργειακό χάσμα και να βρεθούν στη ζώνη αγωγιμότητας. Όσο πιο μεγάλη είναι η θερμοκρασία, τόσο πιο πολλά ηλεκτρόνια είναι σε θέση να κάνουν το άλμα αυτό, οπότε η αγωγιμότητα των ημιαγωγών αυξάνεται.

5.4 Κίνηση των φορέων

Σε ένα ημιαγωγό, όταν υπάρχει απουσία εξωτερικού ηλεκτρικού πεδίου οι φορείς αγωγιμότητας, είτε ηλεκτρόνια είτε οπές, κινούνται σε τυχαίες διευθύνσεις. Κάθε φορέας κινείται σε ευθεία γραμμή, μέχρι να συγκρουστεί με ένα άτομο του κρυστάλλου και να αλλάξει πορεία. Ο χρόνος μεταξύ δύο συγκρούσεων λέγεται μέσος χρόνος ελεύθερης διαδρομής. Μετακίνηση φορτίου σε μία ορισμένη διεύθυνση δεν υπάρχει συνολικά στον ημιαγωγό, λόγω της τυχαίας κίνησης των φορέων. Όταν οι φορείς κινούνται σε ορισμένη κατεύθυνση υπό την επίδραση ηλεκτρικού πεδίου, η κίνηση λέγεται ολίσθηση (drift), ενώ υπάρχει η δυνατότητα κίνησης σε μία διεύθυνση και χωρίς την παρουσία εξωτερικού πεδίου, με μία διαδικασία που λέγεται διάχυση (diffusion).

5.5 Ολίσθηση

Κατά την εφαρμογή ενός ηλεκτρικού πεδίου, οι φορείς αγωγιμότητας δεν κινούνται ακριβώς στην κατεύθυνση του πεδίου, αλλά η κίνησή τους είναι πολύπλοκη, λόγω των συγκρούσεών τους με τα άτομα του κρυστάλλου. Μεταξύ δύο συγκρούσεων, επιταχύνονται από το πεδίο, ενώ οι συγκρούσεις προκαλούν αλλαγή της διεύθυνσής τους, μέχρι να επιταχυνθούν ξανά στη διεύθυνση του πεδίου. Γενικά, οι φορείς αποκτούν μία συνιστώσα ταχύτητας που είναι παράλληλη στη διεύθυνση του πεδίου. Αυτή η συνιστώσα ταχύτητας λέγεται ταχύτητα ολισθήσεως, η οποία όμως είναι μικρή σε σχέση με την ταχύτητα που έχουν οι φορείς λόγω της τυχαίας θερμικής τους κίνησης μέσα στη μάζα του ημιαγωγού.

5.6 Διάχυση

Η ροή φορέων χωρίς τη μεσολάβηση ηλεκτρικού πεδίου είναι πολύ σημαντική στις εφαρμογές των ημιαγωγών. Η διάχυση συνίσταται στην έγχυση φορέων στους ημιαγωγούς ή στη δημιουργία από τον ίδιο τον ημιαγωγό στην περιοχή όπου η συγκέντρωση φορέων δεν είναι ομοιόμορφη, έτσι ώστε οι φορείς να κινούνται από τις περιοχές μεγάλης συγκέντρωσης προς περιοχές μικρής συγκέντρωσης, ώστε η πυκνότητα φορέων να γίνει η ίδια σε όλη τη μάζα του ημιαγωγού. Το ρεύμα που δημιουργείται από αυτή την κίνηση των φορέων λέγεται ρεύμα διαχύσεως.

5.7 Επαφή pn

Είναι επαφή που προκύπτει όταν έλθουν σε επαφή δύο εξωγενείς ημιαγωγοί, ένας τύπου p και ένας τύπου n. Η επαφή pn είναι πολύ σημαντική στην τεχνολογία των ημιαγωγών, αφού αποτελεί τη βάση κατασκευής διόδων (κρυσταλλοδιόδοι), τρανζίστορς και ολοκληρωμένων κυκλωμάτων. Αν συγκολλήσουμε δύο κρυστάλλους γερμανίου, έναν τύπου p και έναν τύπου n, τότε στο συνδυασμό αυτό, η επιφάνεια επαφής παίζει σπουδαίο ρόλο. Ο κρύσταλλος τύπου n έχει περίσσειμα ηλεκτρονίων και μικρό αριθμό οπών, ενώ ο κρύσταλλος τύπου p έχει περίσσειμα οπών και λίγα ηλεκτρόνια. Έτσι, ορισμένα ηλεκτρόνια από την περιοχή n διαχέονται προς την περιοχή p, διασχίζοντας την επαφή, και εκεί επανασυνδέονται με οπές, ενώ μερικές οπές της περιοχής p διαχέονται στην περιοχή n και επανασυνδέονται με ηλεκτρόνια. Υπάρχει δηλαδή διάχυση των φορέων πλειονότητας κάθε ημιαγωγού. Λόγω των επανασυνδέσεων που πραγματοποιούνται σε μικρή απόσταση από την επαφή, δημιουργείται μία

περιοχή γύρω από την επαφή στην οποία υπάρχουν πολύ λίγοι φορείς (περιοχή έλλειψης φορέων). Μετά από λίγο, η διάχυση σταματά και οι δύο πλευρές της επαφής φορτίζονται με αντίθετα φορτία. Έτσι ανάμεσα στις δύο πλευρές της επαφής αναπτύσσεται μια ηλεκτρική τάση (φράγμα δυναμικού), που λέγεται τάση επαφής και είναι θετική στην περιοχή n, λόγω των οπών και αρνητική στην περιοχή p, λόγω των ηλεκτρονίων. Η τάση επαφής εμποδίζει την παραπέρα διάχυση ηλεκτρονίων και οπών. Μπορούν να περάσουν από την επαφή μόνο εκείνοι οι φορείς πλειονότητας που έχουν αρκετά μεγάλη ενέργεια. Αντίθετα, οι φορείς μειονότητας κάθε ημιαγωγού μπορούν να περάσουν πιο εύκολα από την επαφή, λόγω της πολικότητας της τάσης επαφής.

6 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ

δομή και η λειτουργία των φωτοβολταϊκών στοιχείων ή ηλιακών κυψελών βασίζεται στους ημιαγωγούς που έχει σαν βασικό στοιχείο συνήθως το πυρίτιο και οι οποίοι συνδέονται σε ζεύγη αρνητικής και θετικής φόρτισης (p-n), ώστε να διαμορφώσουν μεγάλης επιφάνειας ηλεκτροδιόδους. Το πυρίτιο (Si) είναι η βάση για το 90% περίπου της παγκόσμιας παραγωγής Φ/Β. Η κυριαρχία αυτή οφείλεται αρχικά στην τεράστια παγκόσμια επιστημονική και τεχνική υποδομή για το υλικό αυτό από τη δεκαετία του '60. Μεγάλες κυβερνητικές και βιομηχανικές επενδύσεις έγιναν σε προγράμματα για τις χημικές και ηλεκτρονικές ιδιότητες του Si, ώστε να δημιουργηθεί ο εξοπλισμός που απαιτείται στα βήματα της επεξεργασίας για την απόκτηση της απαραίτητης καθαρότητας και της κρυσταλλικής δομής του υλικού.

Σήμερα το πυρίτιο παρασκευάζεται βιομηχανικά σε ηλεκτρικό κλίβανο με συνθέρμανση χαλαζία και μεταλλουργικού άνθρακα σε θερμοκρασία περίπου 2500°C: Κατά τη διαδικασία παρασκευής στο κατώτερο σημείο του κλιβάνου συλλέγεται σε υγρή μορφή και καθαρότητα περίπου 98%, λόγω της αντίδρασης του με τον άνθρακα, με τον οποίο σχηματίζει το καρβίδιο του πυριτίου (carborundum). Για την παρασκευή του σε απόλυτα καθαρή μορφή, το συλλεγέν μίγμα ξαναθερμαίνεται στον κλίβανο με χαλαζία:

Η ορθή κατασκευή της ηλεκτροδιόδου αποτελεί βασική προϋπόθεση της επιτυχούς λειτουργίας της φωτοβολταϊκής κυψέλης ως ημιαγωγού.

6.1 ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΕΣ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ Φ/Β ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ

- Η όψη του ΦΒ καλύπτεται από διαφανή ουσία (π.χ. SiO_2 , Al_2O_3 , TiO_2), η οποία χαρακτηρίζεται από δείκτη διάθλασης τέτοιο ώστε να ελαχιστοποιείται η ανακλώμενη ακτινοβολία, σε περιοχή μήκους κύματος γύρω στο 600nm, κοντά στο μέγιστο της ηλιακής ακτινοβολίας (450nm).
- Το πάχος του ΦΒ στοιχείου μειώνεται στην περιοχή όπου δημιουργείται το φωτοβολταϊκό φαινόμενο.
- Τα μεταλλικά ηλεκτρόδια συλλογής των φορέων πρέπει να βρίσκονται κοντά στην ενεργό περιοχή.

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία χωρίζονται σε δυο βασικές κατηγορίες

1. Κρυσταλλικού Πυριτίου

- Μονοκρυσταλλικού πυριτίου,

- Πολυκρυσταλλικού πυριτίου.

2. Λεπτών Μεμβρανών

- Άμορφου Πυριτίου,
- Χαλκοπυριτών CIS / CIGS

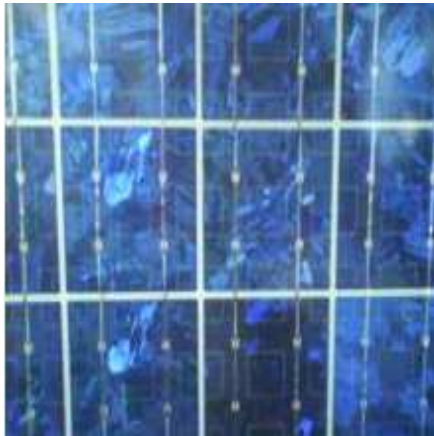
A. ΦΒ στοιχεία μονοκρυσταλλικού πυριτίου (εικόνα α): Απόδοση: 13-16%

Το πάχος του υλικού είναι σχετικά μεγάλο (Wafer ~ 300μm). Στα μονοκρυσταλλικά πλαίσια χρησιμοποιείται κρυσταλλικό πυρίτιο που παράγεται σε μεγάλα φύλλα τα οποία μπορούν να «κοπούν» στο μέγεθος ενός ολόκληρου φωτοβολταϊκού στοιχείου. Αγωγίμες μεταλλικές λωρίδες τοποθετούνται πάνω στο ηλιακό πλαίσιο για να «αιχμαλωτίσουν» τα ηλεκτρόνια στο ηλεκτρικό κύκλωμα. Αυτά τα πλαίσια είναι πιο ακριβά στην κατασκευή τους σε σύγκριση με άλλα πλαίσια κρυσταλλικού πυριτίου αλλά έχουν μεγάλα επίπεδα απόδοσης και σαν αποτέλεσμα είναι οικονομικά πιο αποδοτικά σε βάθος χρόνου.



Εικόνα α)

- ### B. ΦΒ στοιχεία πολύ κρυσταλλικού πυριτίου (εικόνα β) : Απόδοση:11-14%
- Δυνατότητα κατασκευής μεγάλων επιφανειών, συνήθως κόβονται σε στοιχεία τετραγωνικής μορφής. Αποτελούνται από λεπτά στρώματα πάχους 10 έως 50 μm. Τα πολυκρυσταλλικά πλαίσια, σε αντίθεση με τα μονοκρυσταλλικά, αποτελούνται από μία σειρά από διαφορετικούς κρυστάλλους πυριτίου που ενώνονται για να σχηματίσουν ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο τα όρια τους αποτελούν θέσεις παγίδευσης των φορέων. Άρα όσο μεγαλύτερες είναι οι διαστάσεις των μονοκρυσταλλικών περιοχών του πολύ κρυσταλλικού ΦΒ στοιχείου τόσο υψηλότερη η απόδοσή του. Τα πλαίσια αυτά είναι πιο οικονομικά στην κατασκευή τους παρ'όλο που το κόστος της παραγωγής των ηλιακών κυψελών μπορεί να είναι αρκετά υψηλό. Επίσης, έχουν χαμηλότερη απόδοση σε σύγκριση με τα μονοκρυσταλλικά



εικόνα β)

C. ΦΒ στοιχεία άμορφου πυριτίου (εικόνα γ) : Απόδοση: 5-9 %

Τα πλαίσια λεπτού υμενίου παράγονται πολύ διαφορετικά από τα πλαίσια κρυσταλλικού πυριτίου. Δεν απαιτείται ιδιαίτερη επεξεργασία αφού το πυρίτιο δεν έχει κρυσταλλική δομή (είναι άμορφο) και εφαρμόζεται σαν λεπτός υμένας κατευθείαν πάνω στο εκάστοτε υλικό. Πέραν του πυριτίου, παρόμοια τεχνολογία εφαρμόζεται και σε άλλα ημιαγώγιμα υλικά σαν το CIS και το CdTe. Στα ημιαγώγιμα αυτά υλικά τοποθετούνται μεταλλικές αγωγίμες λωρίδες για την εκμετάλλευση της κίνησης των ηλεκτρονίων και κατά συνέπεια την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος. Τα κύρια πλεονεκτήματα των φωτοβολταϊκών τεχνολογίας thin-film είναι το χαμηλό κόστος κατασκευής τους και η προσαρμοστικότητά τους. Λόγω του ότι το άμορφο πυρίτιο και τα άλλα αντίστοιχα ημιαγώγιμα υλικά δεν υποβάλλονται στην ακριβή διαδικασία της μετατροπής τους σε κρυστάλλους, η παραγωγή των thin-film στοιχείων γίνεται με μεγαλύτερη ταχύτητα και μεγαλύτερη απόδοση. Ακόμα, λόγω της εύκολης εφαρμογής τους σε διάφορα υλικά, μπορούν να οδηγήσουν ακόμα και στην κατασκευή εύκαμπτων φωτοβολταϊκών στοιχείων.



Εικόνα γ)

Τα Φ/Β στοιχεία ομαδοποιούνται κατάλληλα και συγκροτούν τα φωτοβολταϊκά πλαίσια ή γεννήτριες (module), τυπικής ισχύος από 20W έως 300W. Οι Φ/Β γεννήτριες συνδέονται ηλεκτρολογικά μεταξύ τους και δημιουργούνται οι φωτοβολταϊκές συστοιχίες (arrays).

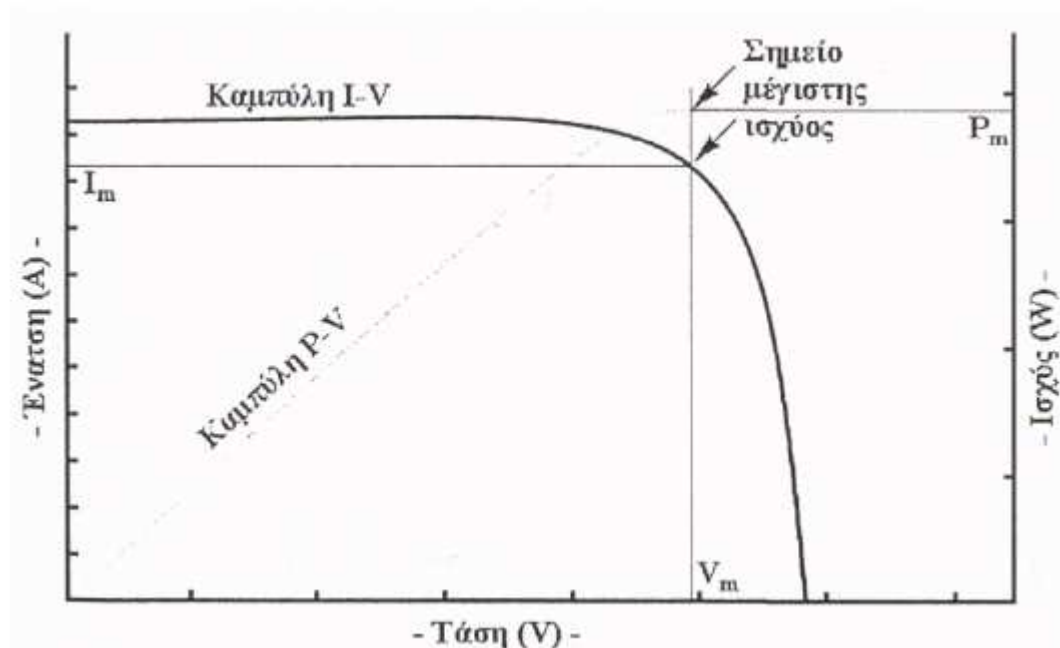
Ο αριθμός των ηλεκτρικών στοιχείων μέσα σε μια βασική μονάδα ρυθμίζεται από την τάση της βασικής μονάδας. Η ονομαστική τάση λειτουργίας του συστήματος συνήθως πρέπει να ταιριάζει με την ονομαστική τάση του υποσυστήματος αποθήκευσης. Οι περισσότερες εκ των φωτοβολταϊκών βασικών μονάδων, που κατασκευάζονται βιομηχανικά έχουν σταθερές διατάξεις, οι οποίες μπορούν να συνεργασθούν ακόμη και με μπαταρίες των 12Volt. Έτσι η ισχύς των βασικών μονάδων πυριτίου συνήθως κυμαίνεται μεταξύ 40 και 60 W. Οι παράμετροι της βασικής μονάδας καθορίζονται από τον κατασκευαστή κάτω από τις ακόλουθες κανονικές συνθήκες:

- Ακτινοβολία 1 KW/m²
- Φασματική κατανομή AM 1,5
- Θερμοκρασία ηλιακού στοιχείου 25°C

Πρόκειται για τις ίδιες συνθήκες με αυτές που χρησιμοποιούνται για να χαρακτηρισθούν τα ηλιακά στοιχεία. Η ονομαστική έξοδος συνήθως ονομάζεται ισχύς κορυφής μιας βασικής μονάδας και εκφράζεται σε W κορυφής (Wp)

6.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗ ΚΑΜΠΥΛΗ V-I

Για να ορίσουμε το σημείο λειτουργίας στο οποίο το φωτοβολταϊκό αποδίδει την μέγιστη ισχύ του σχεδιάζουμε την καμπύλη V-I. Η χαρακτηριστική χαράζεται συλλέγοντας τις τιμές της τάσης και του ρεύματος μεταβάλλοντας την τιμή της αντίστασης από πολύ μικρή (μηδέν) έως πολύ μεγάλη (άπειρο).



Στο σημείο που η χαρακτηριστική τέμνει τον άξονα της τάσεις η τιμή της αντίστασης είναι πολύ υψηλή (ανοιχτό κύκλωμα) το ρεύμα είναι μηδέν και τάση ανοιχτού κυκλώματος, όταν η χαρακτηριστική τέμνει τον άξονα του ρεύματος τότε η τιμή της αντίστασης είναι μηδενική (βραχυκύκλωμα) για αυτόν το λόγο η τάση είναι 0 το ρεύμα αυτό ονομάζεται ρεύμα βραχυκυκλώσεως.

7 ΡΥΘΜΙΣΤΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ

Σε ένα αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα, η ζωή των μπαταριών εξαρτάται από το βάθος εκφόρτωσης όπως και την ταχύτητα φόρτο- εκφόρτωσης. Για να την προστατέψουμε από υπερφόρτιση ή από βαθιά εκφόρτωση, χρησιμοποιούμε ένα ηλεκτρικό σύστημα παρακολούθησης το ρυθμιστή φόρτωσης. Ο οποίος συνδέεται μεταξύ φωτοβολταϊκού στοιχείου και μπαταρίας με σκοπό να προστατεύει την μπαταρία από υπερφόρτωση. Όταν η μπαταρία είναι πλήρως φορτισμένη ο ρυθμιστής φόρτωσης αποσυνδέει τα φωτοβολταϊκά από το κύκλωμα, αντίθετα όταν η τάση της μειωθεί τότε επανασυνδέει τα φωτοβολταϊκά.



8 ΗΛΙΑΚΟ ΣΙΝΤΡΙΒΑΝΙ

Όπως αναφέρθηκε στην αρχή σκοπός της πτυχιακής είναι η κατασκευή ενός ηλιακού σιντριβανιού.

Για την κατασκευή του ηλιακού σιντριβανιού χρησιμοποιήθηκαν τα εξής υλικά:

- 1) Ηλιακό πάνελ 55Wp
- 2) Μπαταρία 55Ah
- 3) Ένας επιτηρητής φόρτισης
- 4) Αντλία 12volt, 3,5 A(max.) , 2,3bar,
- 5) PLC της Schneider electric ο τύπος SR3B261JD
- 6) 1 ρελέ 12volt τύπου λυχνίας
- 7) 3 μαγνητικές βάνες των 9W 12Volt
- 8) Θερμικό
- 9) Ασφάλεια 10 A

Για την υλοποίηση του σιντριβανιού χρειάστηκαν: ένα φωτοβολταϊκό πάνελ **55Wp**, μια μπαταρία **55Ah**, μια αντλία στα 12Volt και μέγιστο ρεύμα **3,5 A**.

Το σιντριβάνι ελέγχεται μέσω ενός **12Volt PLC** της Schneider electric το οποίο έχει προγραμματιστεί για 2 προγράμματα λειτουργίας, η επιλογή του προγράμματος γίνεται από ένα διακόπτη **on-off-on (manual-off-auto)**, στη λειτουργία manual το σιντριβάνι τίθεται σε λειτουργία αμέσως.

Στην λειτουργία **auto** το σιντριβάνι έχει προγραμματιστεί από το PLC να τίθεται σε λειτουργία κάθε μέρα 17:00- 20:00.

Ακόμα το PLC ελέγχει κάποιες παραμέτρους για να θέσει το σιντριβάνι σε λειτουργία και αυτοί οι παράμετροι ισχύουν και στα δυο προγράμματα λειτουργίας, αυτοί οι παράμετροι είναι.

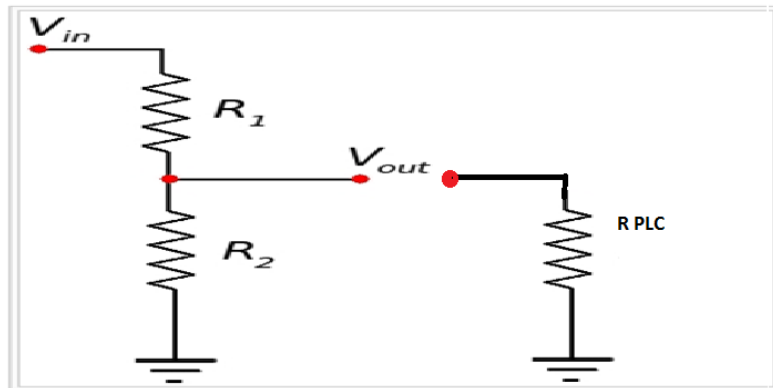
- I. **Έλεγχος τάσης μπαταρίας:** έχει προγραμματιστεί μια από τις αναλογικές εισόδους (IB) του PLC να ελέγχει την τάση στα άκρα της αντίστασης ενός διαιρέτη τάσης και σε περίπτωση που η μπαταρία έχει ξεφορτώσει σε τάση περίπου 9,8volt τότε το σιντριβάνι θα τεθεί εκτός λειτουργίας μέχρι να ξανά φορτίσει η μπαταρία του και να φτάσει σε τάση περίπου 10,8volt, αν δεν υπήρχε αυτή η παράμετρος και το σιντριβάνι έκλεινε για παράδειγμα σε τάση κάτω των 10 volt και άνοιγε για τάση πάνω των 10 volt θα υπήρχε ασάφεια κατάστασης όταν η μπαταρία κατά την φόρτιση και εκφόρτωση αντίστοιχα έφτανε σε αυτό το όριο. Όσον αφορά την αναλογική είσοδο του PLC IB το εύρος της τάσης που

διαβάζει είναι από 0-10volt γιατί το λόγω έχει χρησιμοποιηθεί ένας διαιρέτης τάσης, το εύρος των από 0-10 volt απεικονίζετε στο PLC με αριθμούς από 0 -255 αυτή η τιμή που λαμβάνει το PLC στη συνέχεια και όπως φαίνεται στον προγραμματισμό του που φαίνεται αναλυτικά στις επόμενες σελίδες, έχει αυξηθεί κατά 5 και έχει πολλαπλασιαστεί με τον αριθμό 100 στη συνέχεια έχει διαιρεθεί με τον αριθμό 17 ο λόγος που έγινε αυτό ήταν για να επιτευχθεί μεγαλύτερη ακρίβεια στην απεικόνιση του PLC στο σημείο λειτουργίας του. Παρακάτω είναι τα μηνύματα που εμφανίζονται στην οθόνη του PLC.

- I. **BATTERY LOW** όταν η μπαταρία είναι κάτω των 9,82 volt
- II. **BATTERY OK**: όταν η μπαταρία είναι πάνω από 10,82 volt
- III. **(+12.00)** : τρέχουσα τιμή τάσης μπαταρίας το PLC.
- IV. **BATTERY OVERLOAD**: όταν η μπαταρία είναι υπερφορτισμένη
- V. **OPERATION MANUAL PUMP ON** : όταν δοθεί στην αντλία εντολή να δουλέψει στο πρόγραμμα MANUAL
- VI. **OPERATION AUTO PUMP ON**: όταν δοθεί στην αντλία εντολή να δουλέψει στο πρόγραμμα AUTO
- VII. **PUMP OFF**: όταν η αντλία δεν δουλεύει.
- VIII. **Έλεγχος πτώσης θερμικού**: υπάρχει ένα θερμικό στα 4 A το οποίο σε περίπτωση που πέσει, το PLC θα ενημερώσει με μήνυμα στην οθόνη του το οποίο θα λέει **(THERM)**
- IX. **Έλεγχος response** : ο έλεγχος response γίνεται μέσω μίας ανοιχτής επαφής ενός 12Volt relle το οποίο αν δεν κουμπώσει κατά την εντολή εκκίνησης τότε μετά από 5 sec θα ενημερώσει για την κατάσταση με το μήνυμα **(RESPONSE)**

Για τον έλεγχο της τάσης της μπαταρίας μέσω του PLC επιτεύχθηκε με την βοήθεια δυο αντιστάσεων που υπολογίστηκαν από τον τύπο του **διαιρέτη τάσης**.

$$\text{Τάση εξόδου: } V_{out} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot V_{in}$$



$V_{out} = V_{aip} = V \text{ analog input plc}$
 $V_{in} = V_{bat} = V \text{ battery}$

$V_{out} = V_{aip} = V \text{ analog input plc}$
 $V_{in} = V_{bat} = V \text{ battery}$

Ακολουθούν υπολογισμοί: η τάση της μπαταρίας είναι 12volt όμως μετά την φόρτωση μπορεί να πάρει και μεγαλύτερη τιμή, **συγκεκριμένα η μέγιστη και ελάχιστη τιμή της τάσης αποκοπής κυμαίνεται από 11-12Volt ελάχιστη τιμή και από 14,5-15Volt μέγιστη τάση αποκοπής** η αναλογική είσοδος του plc είναι από 0-10volt, άρα θέλουμε μέγιστη τάση στο V_{aip} τα 10 Volt όταν η τάση μπαταρίας έχει φτάσει τα 15volt. Αν θεωρήσουμε την αντίσταση R_1 γνωστή ο τύπος για να ορίσουμε την R_2 διαμορφώνεται ως εξής:

$V_{aip} = V_{bat} * R_2 / (R_1 + R_2) \Rightarrow$
 $V_{aip} * (R_1 + R_2) = V_{bat} * R_2 \Rightarrow$
 $(V_{bat} * R_2) - (V_{aip} * R_2) = (V_{aip} * R_1) \Rightarrow \underline{R_2 = (V_{aip} * R_1) / (V_{bat} - V_{aip})}$

Ενδεικτικά στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα αποτελέσματα των υπολογισμών για την εύρεση των αντιστάσεων R_1 και R_2 , όπως επίσης και το ρεύμα που θα διαρρέει τον διαιρέτη με και χωρίς την R_2 . οι υπολογισμοί έγιναν για τάσεις $V_{bat} = 15V$ και $V_{aip} = 10V$. Το I υπολογίστηκε από τον τύπο:

$$I = V / (R_{ολικο})$$

Όπου $R_{ολικο}$ συμπεριλαμβανομένης της αντίστασης του PLC = $(R_1 // R_2) // R_{PLC} = 261 \Omega$
 Και το $R_{ολικο}$ χωρίς την αντίσταση $R_2 = R_1 // R_{PLC} = 388,8 \Omega$.

Va_{ip} (Volt)	10	8	6,67	6
V_{bat} (Volt)	15	12	10	9
R1 (Ωμ)	400	400	400	400
R2 (Ωμ)	800	800	800	800
R_{plc}	14KΩ	14KΩ	14KΩ	14KΩ
I(mA) με R2	57,3	45,8	38,2	22,9
I(mA) χωρίς R2	38	30,8	25,7	15,4

Μετά από μετρήσεις που έγιναν στο σιντριβάνι το ρεύμα που τραβάει κατά την λειτουργίας του είναι 3 A, η μπαταρία που χρησιμοποιώ είναι 55 Ah, αυτό σημαίνει ότι έχει εφεδρεία γύρο στις 18 ώρες συνεχούς λειτουργίας.

Στα παρακάτω γραφήματα φαίνεται η απόδοση του φωτοβολταϊκού στοιχείου κατά την διάρκεια της ημέρας και με τέσσερις διαφορετικές κλίσης. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση αναλογικού αμπερομέτρου DC και ενός ψηφιακού βολτομέτρου. Ο πρώτος πίνακας μας δείχνει τα επίπεδα της τάσης ο δεύτερος μας δείχνει τα αμπέρ που τράβαγε το σιντριβάνι κατά την διάρκεια της ημέρας και ο τρίτος πίνακας μας δείχνει την ισχύ που τελικά απόδιδε το φωτοβολταϊκό πάνελ. Ακόμα οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν κάθε μια ώρα από της 8 το πρωί έως της 18:00 ο λόγος που έγιναν μετρήσεις αυτό το διάστημα είναι λόγω θέσης πριν της 8 ο ήλιος εμποδιζόταν από γειτονικά κτήρια και μετά της 18:00 κρυβόταν πίσω από βουνό.

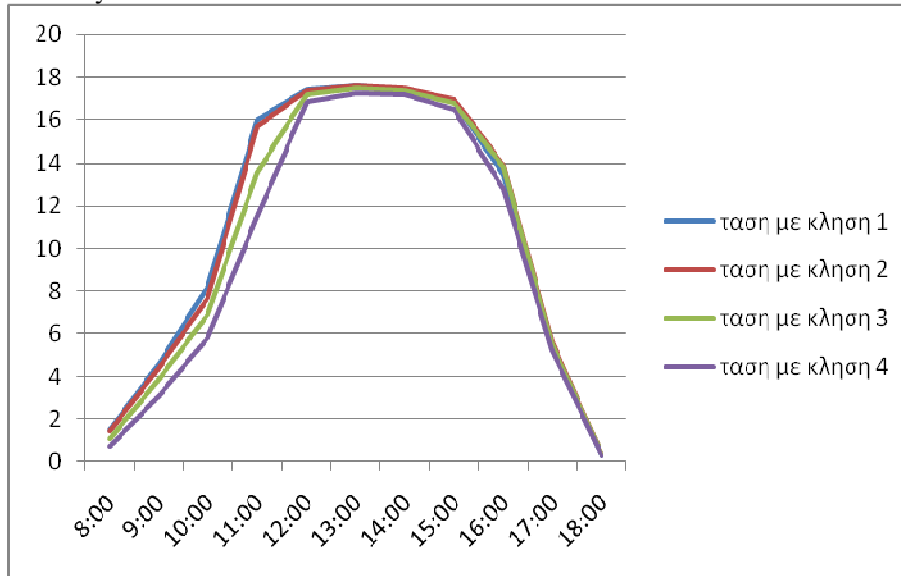
Η κλίση 1 αντιστοιχεί σε :25°

Η κλίση 2 αντιστοιχεί σε:35°

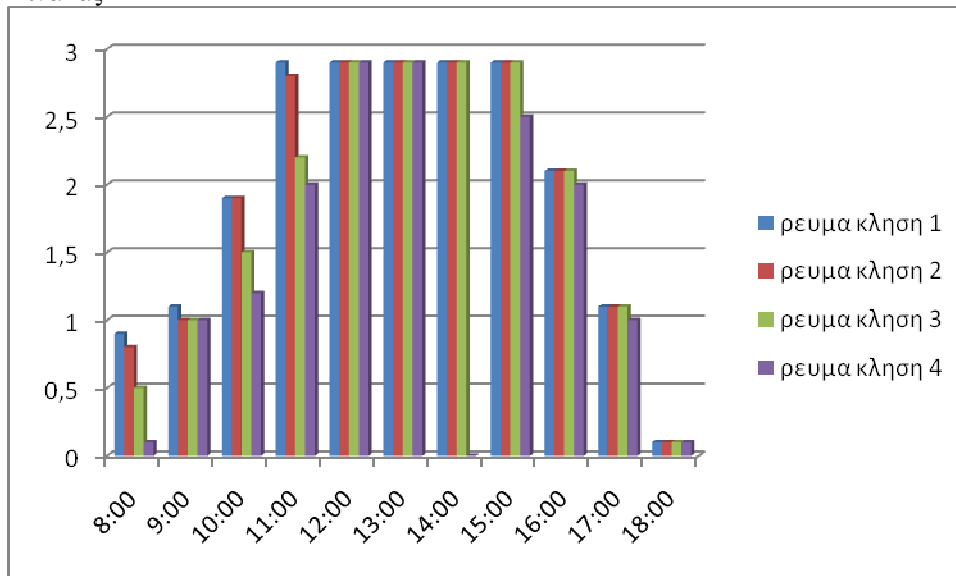
Η κλίση 3 αντιστοιχεί σε:45°

Η κλίση 4 αντιστοιχεί σε:55°

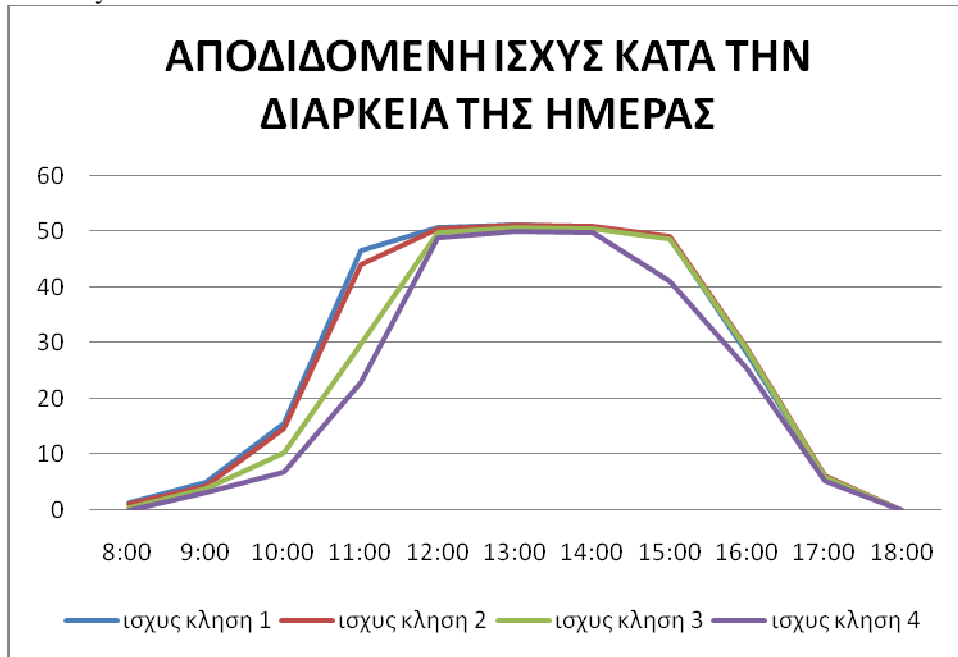
Πίνακας 1



Πίνακας 2



Πίνακας 3



Σύμφωνα με τις παραπάνω καμπύλες συμπεραίνουμε ότι η βέλτιστη γωνία του φωτοβολταϊκού είναι η κλήση 1 δηλαδή 25°

Στις επόμενες σελίδες φαίνεται αναλυτικά ο προγραμματισμός του PLC.

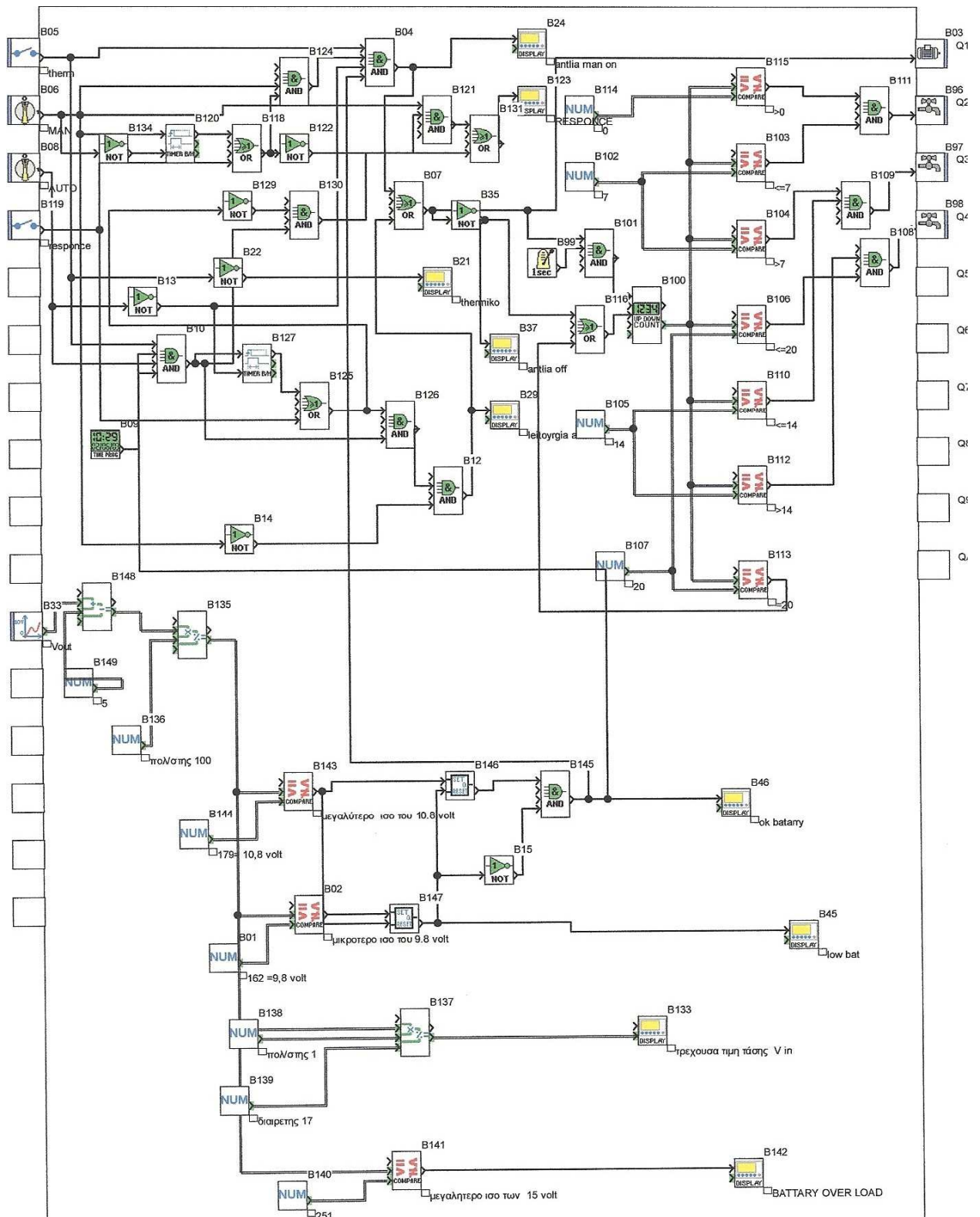
Program information

Author : CHRISTOS VALVIS
Project name : SOLAR FOUNTAIN
Version : 0.0






Module : SR3B261JD
Cycle time in the module : 5 x 2 ms
WATCHDOG action : Inactive
Type of Hardware Input Filtering : Slow (3ms)
<input type="checkbox"/> Locking of module front panel
Date format : dd/mm/yyyy
<input type="checkbox"/> Daylight Saving Time change activated
Zone : Europe
Change to Daylight Saving Time : March, Last Sunday
Return to winter time : October, Last Sunday

Comments





σιντριβανι με δυνατοτητα λειτουργιας χειροκινητα και με εβδομαδιαιο προγραμμα, βγαζει μηνυματα (πχ: θερμικό, response, κατάσταση μπαταρίας, θέση λειτουργίας)













Physical inputs

Input	No	Symbol	Function	Lock	Parameters	Comment
I1	B05		Contact	—	No parameters	them
I2	B06		Selector switch	—	No parameters	MAN
I3	B08		Selector switch	—	No parameters	AUTO
I4	B119		Contact	—	No parameters	responce
IB	B33		Analog input 0...10V	—	Electrical connection at input : 0 - 10 V	Vout

Physical outputs


Output	No	Symbol	Function	Comment
Q1	B03		Motor	
Q2	B96		Valve	
Q3	B97		Valve	
Q4	B98		Valve	

Configurable functions


No	Symbol	Function	Lock	Latching	Parameters	Comment
B01	NUM	Numerical constant	No	—	Value of the constant : 16200	162 =9,8 volt
B02		Comparison of 2 values	—	—	VALEUR 1 ≤ VALEUR 2	μικροτερο ισο του 9.8 volt
B09		Daily, weekly and yearly programmer	No	—	See details below	
B21		LCD display	—	—	See details below	themiko
B24		LCD display	—	—	See details below	antlia man on
B29		LCD display	—	—	See details below	leitoyrgia auto
B37		LCD display	—	—	See details below	antlia off
B45		LCD display	—	—	See details below	low bat
B46		LCD display	—	—	See details below	ok batary
B100		Up/down counter	—	No	No parameters	
B102	NUM	Numerical constant	No	—	Value of the constant : 7	7
B103		Comparison of 2 values	—	—	VALEUR 1 ≤ VALEUR 2	<=7


No	Symbol	Function	Lock	Latching	Parameters	Comment
B104		Comparison of 2 values	—	—	VALEUR 1 > VALEUR 2	>7
B105	NUM	Numerical constant	No	—	Value of the constant : 14	14
B106		Comparison of 2 values	—	—	VALEUR 1 ≤ VALEUR 2	≤20
B107	NUM	Numerical constant	No	—	Value of the constant : 20	20
B110		Comparison of 2 values	—	—	VALEUR 1 ≤ VALEUR 2	≤14
B112		Comparison of 2 values	—	—	VALEUR 1 > VALEUR 2	>14
B113		Comparison of 2 values	—	—	VALEUR 1 = VALEUR 2	=20
B114	NUM	Numerical constant	No	—	Value of the constant : 0	0
B115		Comparison of 2 values	—	—	VALEUR 1 > VALEUR 2	>0
B120		Timer B/H	No	No	On time : 0H 0M 5S Function B	
B123		LCD display	—	—	See details below	RESPONCE
B127		Timer B/H	No	No	On time : 0H 0M 5S Function B	
B133		LCD display	—	—	See details below	τρεχουσα τιμη τάσης V in
B136	NUM	Numerical constant	No	—	Value of the constant : 100	πολ/στης 100
B138	NUM	Numerical constant	No	—	Value of the constant : 1	πολ/στης 1
B139	NUM	Numerical constant	No	—	Value of the constant : 17	διαιρετης 17
B140	NUM	Numerical constant	No	—	Value of the constant : 25140	251
B141		Comparison of 2 values	—	—	VALEUR 1 ≥ VALEUR 2	μεγαλητερο ισο των 15 volt
B142		LCD display	—	—	See details below	BATTARY OVER LOAD
B143		Comparison of 2 values	—	—	VALEUR 1 ≥ VALEUR 2	μεγαλύτερο ισο του 10.8 volt
B144	NUM	Numerical constant	No	—	Value of the constant : 17900	179= 10,8 volt
B146		RS switching	—	—	Priority : RESET has priority	
B147		RS switching	—	—	Priority : RESET has priority	
B149	NUM	Numerical constant	No	—	Value of the constant : 5	5


TIME PROG (Daily, weekly and yearly programmer)


B09		Daily, weekly and yearly programmer		
Number	Change to	Daily	Day(s)	Week(s)
00	ON	17:00	MON,TUE,WEDS,THURS,FRI,SAT,SUN	1,2,3,4,5
01	OFF	20:00	MON,TUE,WEDS,THURS,FRI,SAT,SUN	1,2,3,4,5


DISPLAY (LCD display)


B21		LCD display thermiko
T H E R M		


B24		LCD display antlia man on
L E I T O Y R G I A M A N A N T L I A O N		


B29		LCD display leitoyrgia auto
L E I T O Y R G I A A U T O A N T L I A O N		

B37		LCD display antlia off
A N T L I A O F F		


B45		LCD display low bat
L O W B A T T A R Y		

B46		LCD display ok batary
B A T T A R Y O K		

B123		LCD display RESPONSE
R E S P O N C E		

B133		LCD display τρεχουσα τιμη τάσης V in
* * * * . * *		

Modification authorized in L1C1

B142		LCD display BATTERY OVER LOAD
B A T T O V E R L O A D		