

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ
ΑΠΟΜΑΚΡΥΣΜΕΝΟΥ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΗ ΜΙΚΡΗΣ ΙΣΧΥΟΣ (ΕΚΚΛΗΣΙΑ ΣΕ
ΒΡΑΧΟΝΗΣΙΔΑ).

ΤΟΥ ΣΠΟΥΔΑΣΤΗ :
ΛΕΩΝΙΔΑ ΚΑΡΑΝΤΑΝΗ

ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2009

Πίνακας περιεχομένων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	7
ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ Φ/Β	7
ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ	7
ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	9
ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ Φ/Β ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	11
ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ:	11
ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	13
ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ Φ/Β	13
ΠΙΘΑΝΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΑΥΤΟΝΟΜΩΝ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ	15
ΤΑ ΒΑΣΙΚΑ ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΝΟΣ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	17
ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΑ Φ/Β ΚΑΙ ΤΗΝ ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	17
ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ	17
ΔΟΜΗ & ΒΑΣΙΚΗ ΘΕΩΡΙΑ ΗΜΙΑΓΩΓΩΝ	18
ΈΝΩΣΗ P-N -ΔΙΟΔΟΣ ΗΜΙΑΓΩΓΩΝ	22
ΟΡΘΗ ΠΟΛΩΣΗ , ΑΝΑΣΤΡΟΦΗ ΠΟΛΩΣΗ	25
Φ/Β ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ	25
Φ/Β ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ	25
ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΣΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ ΤΗΣ Φ/Β ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ	27
ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ	28
ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ	28
ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΣΕ ΚΕΚΛΙΜΕΝΟ ΕΠΙΠΕΔΟ	29
ΩΡΙΑΙΑ ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΣΕ ΚΕΚΛΙΜΕΝΟ ΕΠΙΠΕΔΟ	30
ΜΗΝΙΑΙΑ ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΣΕ ΚΕΚΛΙΜΕΝΟ ΕΠΙΠΕΔΟ	34
ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΟΛΙΚΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΣΤΟ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟ ΕΠΙΠΕΔΟ	37
ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΕΣ ΚΛΙΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥΣ	38
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	42
ΣΥΣΩΡΕΥΤΕΣ	42
ΓΕΝΙΚΑ	42
ΕΙΔΗ ΜΠΑΤΑΡΙΑΣ	42
ΠΡΩΤΟΓΕΝΕΙΣ (ΜΙΑΣ ΧΡΗΣΕΩΣ)	43
ΔΕΥΤΕΡΟΓΕΝΕΙΣ (ΕΠΑΝΑΦΟΡΤΙΖΟΜΕΝΕΣ)	43
ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΑ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΣΥΣΩΡΕΥΤΕΣ	44
ΜΠΑΤΑΡΙΕΣ ΣΤΕΓΑΝΕΣ	47
ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΙΑΣ ΜΠΑΤΑΡΙΑΣ	47
ΓΙΑΤΙ ΜΙΑ ΜΠΑΤΑΡΙΑ ΚΑΤΑΣΤΡΕΦΕΤΑΙ Ή ΓΕΡΝΑΕΙ	48
ΟΙ ΙΔΙΑΙΤΕΡΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΣΥΣΩΡΕΥΤΕΣ ΜΙΑΣ Φ/Β ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	49
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	50

Φ/Β ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΙ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ ΑΠΟ ΣΥΝΕΧΕΣ ΣΕ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟ (DC/AC):	
ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΙΣ (INVERTERS)	50
THYRISTOR (SCR).....	50
ΓΕΝΙΚΑ.....	50
ΙΣΟΔΥΝΑΜΟ SCR.....	51
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΤΟΥ SCR.....	52
ΙΔΕΩΔΗΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗ.....	53
ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΟΥ SCR.....	53
INVERTERS ΓΕΝΙΚΑ.....	54
INVERTERS ΣΤΑΘΕΡΗΣ ΠΗΓΗ ΤΑΣΗΣ (VSI).....	55
INVERTERS ΣΤΑΘΕΡΗΣ ΠΗΓΗΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ (CSI)	56
INVERTERS DC ΖΕΥΞΗΣ (DC LINK).....	56
ΜΟΝΟΦΑΣΙΚΟΣ INVERTER ΤΥΠΟΥ ΗΜΙΓΕΦΥΡΑΣ	56
ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ.....	60
ΜΟΝΟΦΑΣΙΚΟΣ INVERTER ΤΥΠΟΥ ΓΕΦΥΡΑΣ ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΟΥ ΚΥΜΑΤΟΣ (SQUARE WAVE INVERTER)	62
ΜΟΝΟΦΑΣΙΚΟΣ INVERTER ΠΛΗΡΟΥΣ ΓΕΦΥΡΑΣ ΜΕ ΦΟΡΤΙΟ ΩΜΙΚΟ- ΕΠΑΓΩΓΙΚΟ.....	65
ΜΟΝΟΦΑΣΙΚΟΣ INVERTER ΤΥΠΟΥ ΓΕΦΥΡΑΣ ΗΜΙΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΟΥ ΚΥΜΑΤΟΣ	66
Φ/Β ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΕΠΙΛΟΓΗ INVERTER	70
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	71
ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΩΝ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ.....	71
ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ.....	71
ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ ΣΕ ΕΝΑ ΑΠΛΟ ΑΥΤΟΝΟΜΟ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑ.....	73
ΡΥΘΜΙΣΤΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ.....	74
ΕΙΔΗ ΡΥΘΜΙΣΤΩΝ.....	75
ΜΕΛΕΤΗ ΔΥΟ ΕΙΔΙΚΩΝ ΤΥΠΩΝ	76
ΚΥΡΙΟ ΚΥΚΛΩΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΡΥΘΜΙΣΤΗ ΦΟΡΤΙΣΗΣ.....	76
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΙ ΡΥΘΜΙΣΤΕΣ.....	77
ΡΥΘΜΙΣΤΕΣ ΜΕ ΗΛΕΚΤΡΟΝΟΜΟΥΣ.....	78
ΚΥΚΛΩΜΑ - ΣΚΛΑΒΟΣ ΡΥΘΜΙΣΤΗ ΦΟΡΤΙΣΗΣ	79
ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΔΥΟ ΤΥΠΩΝ ΡΥΘΜΙΣΤΩΝ (ΜΕ ΗΛΕΚΤΡΟΝΟΜΟ - ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΙ).....	80
ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ.....	80
ΓΕΝΙΚΑ.....	80
ΚΑΤΑΛΛΗΛΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΓΙΑ ΦΟΡΤΙΣΗ ΜΠΑΤΑΡΙΩΝ ΜΟΛΥΒΔΟΥ- ΟΞΕΩΣ	81
ΠΑΛΜΙΚΟΙ ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΤΕΣ.....	83
ΒΑΣΙΚΕΣ ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΕΣ.....	83
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΠΑΛΜΙΚΟΥ ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΤΗ ΥΠΟΒΙΒΑΣΜΟΥ ΤΑΣΗΣ	84
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	86
ΕΦΑΡΜΟΓΗ: ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΜΙΑΣ ΕΚΚΛΗΣΙΑΣ ΣΕ ΒΡΑΧΟΝΗΣΙΔΑ ΜΕ ΧΡΗΣΗ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ.....	86

Ο ΤΟΠΟΣ	86
Η ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	88
ΤΑ ΒΑΣΙΚΑ ΤΜΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ	89
ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	90
ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ ΓΙΑ ΤΑ ΦΟΡΤΙΑ	90
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΣΤΗΝ ΓΡΑΜΜΗ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ	91
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΠΑΝΕΛ	93
ΔΙΑΦΟΡΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	97
Φ/Β ΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ	97
ΒΑΣΕΙΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ Φ/Β ΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ	99
Ο ΡΥΘΜΙΣΤΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ	99
ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΕΣ	101
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	103
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ:	104
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: ΠΙΝΑΚΕΣ ΜΕ ΤΙΜΕΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ	106
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ :	110

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα τελευταία χρόνια η χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας απασχολεί ολοένα και περισσότερο το πλατύ κοινό –αλλά και την επιστημονική κοινότητα και άλλους αρμόδιους φορείς. Οι αιτίες για την «συζήτηση» αυτή είναι πολλές, μερικές από τις οποίες είναι το κόστος της συμβατικά παραγόμενης ενέργειας και η μόλυνση του περιβάλλοντος. Η Φ/Β ενέργεια, σαν μια μορφή ανανεώσιμης πηγής αποτελεί και αυτή πεδίο συζήτησης αλλά και έρευνας και εφαρμογής. Η παρούσα εργασία διαπραγματεύεται τις βασικές αρχές των υποσυστημάτων που απαρτίζουν ένα Φ/Β σύστημα και παρουσιάζει την μελέτη και κατασκευή ενός τέτοιου συστήματος για την τροφοδοσία ενός απομακρυσμένου καταναλωτή μικρής ισχύος και συγκεκριμένα τον φωτισμό μιας εκκλησίας η οποία βρίσκεται πάνω σε μια βραχονησίδα. Η συγκεκριμένη εφαρμογή είναι αρκετά επίκαιρη αλλά και τυπική για την ελληνική θαλάσσια επικράτεια όπου κυριαρχεί ένα μεγάλο σύμπλεγμα νησίδων ή απομακρυσμένων σημείων που αποτελούν εν δυνάμει τέτοιου τύπου καταναλωτές. Η εργασία αποτελείται από τα κεφάλαια τα οποία παρουσιάζουν το βασικό θεωρητικό πλαίσιο λειτουργίας και το κεφάλαιο της εφαρμογής. Τέλος εξάγονται τα απαραίτητα συμπεράσματα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ Φ/Β

ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ

Η μεγάλη και συνεχώς αυξανόμενη κατά κεφαλή κατανάλωση ενέργειας, καθώς και η ανάπτυξη του πληθυσμού έχουν σαν άμεσο αποτέλεσμα την επιβάρυνση του περιβάλλοντος με αρκετά υψηλά ποσοστά ρύπων, που σε πολλές περιοχές της υφηλίου έχουν ξεπεράσει τα επιτρεπτά όρια. Μακροπρόθεσμα, η απορρόφηση αυτών των ρυπογόνων ουσιών από τη φύση δεν καθίσταται δυνατή αφού προκύπτουν από ευρεία κατανάλωση οργανικών και μη οργανικών υλικών. Οι αρνητικές επιπτώσεις που είχε τον περασμένο αιώνα η βιομηχανική ανάπτυξη εις βάρος της φύσης παρατηρούνται πλέον σε κάθε έκφανση και μπορούν να μετρηθούν τόσο σε τοπικό επίπεδο όσο και σε παγκόσμια κλίμακα. Έως σήμερα αυτά τα προβλήματα έμειναν άλυτα, ειδικά σε περιπτώσεις που ήλθαν σε αντιπαράθεση με οικονομικά συμφέροντα. Η ανάπτυξη και η οικονομική ευημερία φαίνεται να λειτουργεί ως μόνος γνώμονας και να έχει προτεραιότητα έναντι της ποιότητας ζωής, της διαφύλαξης της ανθρώπινης υγείας αλλά και της διάσωσης σπάνιων και υπό εξαφάνιση ειδών του ζωικού και φυτικού βασιλείου. Καλούμαστε, λοιπόν, να δούμε με υπευθυνότητα το πρόβλημα της ρύπανσης τόσο γιατί το περιβάλλον γίνεται άμεσα επικίνδυνο για την υγεία όσο και επειδή η ρύπανση έρχεται σε αντίθεση με την οικονομική ανάπτυξη του πρωτογενούς τομέα και της βιομηχανίας τροφίμων. Συνεπώς η μελέτη πρέπει να επικεντρωθεί σε τεχνολογίες που αν όχι ελαχιστοποιούν, εκμηδενίζουν τις ρυπογόνες παραγωγικές διαδικασίες και αντικαθιστούν τις ρυπογόνες ύλες με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Η σπουδαιότερη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας είναι ο ήλιος καθώς οι περισσότεροι ενεργειακοί πόροι του πλανήτη σχετίζονται με αυτόν, άλλοι σε μεγαλύτερο και άλλοι σε μικρότερο βαθμό. Η ακτινοβολία που δέχεται η γη από τον ήλιο είναι της τάξης των 10^{14} kWh/h ($2.6 \cdot 10^{15}$ kWh/year).

Η πιθανή πλέον απειλή της παγκόσμιας κλιματικής αλλαγής, η ρύπανση της ατμόσφαιρας, η συνεχώς αυξανόμενη ενεργειακή ζήτηση του αναπτυσσόμενου κόσμου και αναπόφευκτα η

εξάντληση των ορυκτών καυσίμων έχουν κάνει το βιώσιμο ενεργειακό εφοδιασμό ένα από τα σημαντικότερα ζητήματα ολόκληρου του πλανήτη. Όπως έχει ήδη αναφερθεί και αναλυθεί, η μοναδική διέξοδος από την καταστροφή του περιβάλλοντος και την κατασπατάληση των αποθεμάτων ενέργειας είναι η στροφή στις καθарές – ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Μια εκ των οποίων είναι και η ηλιακή ενέργεια, η χρήση της έχει ως αποτέλεσμα την μείωση των εκπομπών επικίνδυνων ρύπων, όπως των οξειδίων του αζώτου, των ενώσεων του θείου, των καρκινογόνων μικροσωματιδίων, κ.λ.π.

Βασικό κριτήριο της Φ/Β επιλογής έναντι κάποιας άλλης ηλεκτροπαραγωγικής διάταξης είναι η ηλιοφάνεια και το κόστος. Στην Ελλάδα η ηλιοφάνεια είναι υψηλή, οπότε απομένουν οι συγκρίσεις στο κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας μεταξύ των διαφόρων μεθόδων ηλεκτροπαραγωγής. Οι συγκρίσεις όμως αυτές έχουν πολλές παραμέτρους τόσο από την πλευρά των εφαρμογών με Φ/Β, όσο και από τις άλλες πηγές, έτσι η απόφαση είναι σχεδόν πάντοτε περιπτωσιακή.

Και στις ημέρες μας προστίθεται και ένας ακόμη λόγος για την υιοθέτηση της χρήσης της ηλιακής ενέργειας; ο λόγος αυτός είναι η μεγάλη αύξηση σε αυτές τις νέες τιμές πετρελαίου. Η εκτόξευση των τιμών του πετρελαίου στο ύψος των 150 δολαρίων το βαρέλι καθιστά τις συμβατικές ενεργειακές ακριβότερες και τον χρόνο απόσβεσης μιας Φ/Β επένδυσης μικρότερο. Μα και τώρα που οι τιμές υποχώρησαν σε χαμηλότερα επίπεδα το ιστορικό προηγούμενο της αύξησης παραμένει πάντα σαν μια εν δυνάμει κατάσταση.

Τα Φ/Β συστήματα ανήκουν και αυτά με τη σειρά τους στις πολλά υποσχόμενες και σταθερά αναπτυσσόμενες τεχνολογίες παραγωγής ενέργειας. Στηρίζονται εξ ολοκλήρου στην ηλιακή ενέργεια, μια ήπια & ανεξάντλητη & ανανεώσιμη ενεργειακή πηγή. Αποτέλεσμα; Να αποτελούν έναν ενεργειακό πόρο ασφαλούς, συνεχούς ενεργειακής τροφοδοσίας, ιδιαίτερα φιλικής με το περιβάλλον. Ο ήλιος είναι αναμφισβήτητα μία ανεξάντλητη πηγή ενέργειας, και η εκμετάλλευσή του μπορεί να συμβάλει καθοριστικά στην κάλυψη σημαντικού μέρους των ενεργειακών αναγκών της χώρας, τόσο σε βιομηχανικό όσο και οικιακό επίπεδο. Οι επιστήμονες εκτιμούν πως η χώρα μας δεν έχει εκμεταλλευτεί την ηλιακή ενέργεια στο βαθμό που θα μπορούσε, δεδομένου ότι η συμβολή της δεν εξαντλείται στη χρήση ηλιακού θερμοσίφωνα, αλλά μπορεί να λειτουργήσει για τη γενικότερη θέρμανση ή και ηλεκτροδότηση ενός χώρου. Τονίζουν δε, ότι

απομονωμένα σπίτια, φάρoi ακόμα και ολόκληροι οικισμοί μπορούν να καλύψουν τις ανάγκες τους μέσω του ήλιου κάνοντας χρήση των Φ/Β. Με τη μέθοδο αυτή μπορεί να καλυφθούν μικρές ενεργειακές ανάγκες σε ορισμένες ειδικές περιοχές της Ελλάδας, ούτως ώστε να επιτευχθεί τόσο αναβάθμιση στην ποιότητα ζωής των κατοίκων και όσο και στην τουριστική υποδομή. Πιο συγκεκριμένα δίδεται η δυνατότητα χρήσης οικιακών ή αγροτικών ηλεκτρικών συσκευών, ενώ παράλληλα δημιουργούνται προϋποθέσεις βελτίωσης των υπηρεσιών που παρέχουν οι τοπικές αρχές, όπως οι τηλεπικοινωνιακοί φορείς και τα μέσα γενικής ενημέρωσης. Τα Φ/Β μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ως δομικά υλικά παρέχοντας τη δυνατότητα για καινοτόμους αρχιτεκτονικούς σχεδιασμούς. Υπάρχει μεγάλη ποικιλία χρωμάτων, μεγεθών, σχημάτων και μπορούν να παρέχουν ευελιξία και πλαστικότητα στη φόρμα, ενώ δίνουν και δυνατότητα διαφορικής διαπερατότητας του φωτός ανάλογα με τις ανάγκες του σχεδιασμού. Αντικαθιστώντας άλλα δομικά υλικά συμβάλλουν στη μείωση του συνολικού κόστους μιας κατασκευής (ιδιαίτερα σημαντικό στην περίπτωση των ηλιακών προσόψεων σε εμπορικά κτίρια).

ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Το Φ/Β φαινόμενο παρατηρήθηκε για πρώτη φορά το 1839, από τον Γάλλο επιστήμονα Becquerel, σε μεταλλικά ηλεκτρόδια Pt, Ag μέσα σε ηλεκτρολύτη. Κάνοντας πειράματα πάνω στις χημικές αντιδράσεις διαφόρων στοιχείων παρατήρησε ότι τα διάφορα μίγματα απέδιδαν μεγαλύτερη ηλεκτρική έξοδο όταν τα εξέθετε στο ηλιακό φως. Το επόμενο βήμα μπροστά έγινε το 1870 όταν ο Γερμανός φυσικός Hertz μελέτησε το φαινόμενο στα στερεά υλικά και συγκεκριμένα στο Σελήνιο και βρήκε αποδόσεις του υλικού της τάξης του 1 -2 %. Εξίσου αξιόλογη πρόοδος έγινε την περίοδο 1937-1954 όταν και κατασκευάστηκαν διάφορα Φ/Β στοιχεία. Ενδεικτικά αναφέρονται τα ακόλουθα^{1 2}:

- **1873** Ο Willoughby Smith ανακαλύπτει το Φ/Β φαινόμενο στο σελήνιο
- **1937** Κατασκευή Φ/Β στοιχείου από PbS (Fischer & Godden).
- **1939** Κατασκευή Φ/Β στοιχείου από Se με απόδοση 1% .

¹ <http://www.pvresources.com/en/history.php>

² <http://www.selasenergy.gr/history.php#bookmark1>

- **1941** Κατασκευή του πρώτου Φ/Β στοιχείου από Si.
- Στην δεκαετία **1910 – 1920** ο Τσογράλσκι ανέπτυξε τη διαδικασία παραγωγής μονοκρυστάλλων πυριτίου υψηλής καθαρότητας που έφτανε σε απόδοση κοντά στο 4 %. Τα επόμενα χρόνια οι εξελίξεις ήταν ραγδαίες και έφεραν την επιστήμη των Φ/Β πολύ κοντά στην σημερινή της κατάσταση.
- Το 1954 οι Fuller, Pearson, Chapin κατασκεύασαν Φ/Β στοιχείο από Si με σχηματισμό ένωσης p-n και με απόδοση 6%. Έκτοτε τα Φ/Β επιτεύγματα χρησιμοποιήθηκαν για πρακτικούς σκοπούς, ενώ στα τέλη της δεκαετίας του '50 αξιοποιήθηκαν σε διαστημικές εφαρμογές.
- Το 1956 πραγματοποιήθηκε η πρώτη εμπορική παραγωγή ηλιακών στοιχείων από την εταιρεία Hoffmann.
- Το 1958 χρησιμοποιήθηκαν τα Φ/Β στοιχεία για τηλεπικοινωνιακούς σκοπούς όταν έγινε η εκτόξευση του αμερικάνικου δορυφόρου Vanguard I ο οποίος έχει ως βοηθητική πηγή ενέργειας 6 στοιχεία Si, καθώς και η εκτόξευση σοβιετικού δορυφόρου με μοναδική πηγή ενέργειας τα ηλιακά στοιχεία.
- Την ίδια χρονιά έγινε η πρώτη εφαρμογή των Φ/Β στοιχείων στην τέχνη της φωτογραφίας και συγκεκριμένα στην υλοποίηση του φωτόμετρου.
- Το 1959 κατασκευάστηκε Φ/Β στοιχείο από CdS με απόδοση 5%. Η τεχνολογία και η τεχνική κατάρτιση συνεχίζονταν με σταθερά αλλά ανοδικά βήματα και έτσι
- Το 1972 επετεύχθη, από τους Lindmayer & Allison, η κατασκευή ιώδους ηλιακού στοιχείου Si με απόδοση 14%.
- Στη συνέχεια το 1977 κατασκευάστηκε από τον Kameth, ηλιακό στοιχείο από GaAs με απόδοση 16%
- Στις αρχές της δεκαετίας του '80, το 1981 πραγματοποίησε πτήση πάνω από την Μάγχη το αεροπλάνο Solar Challenger εξοπλισμένου με 16.128 Φ/Β στοιχεία Si συνολικής ισχύος 2,7kW.
- Το 1983 ξεκίνησε η λειτουργία ενός Φ/Β σταθμού ισχύος 1MW στην Βικτροβίλ.

Παρ' όλα αυτά η παραγωγή ενέργειας μέσω της χρήσης των Φ/Β γεννητριών, άνθισε ουσιαστικά κατά τη διάρκεια της κρίσης πετρελαίου (αυτό αναπόφευκτα δημιουργεί συνειρμούς για την σημερινή εποχή) δηλαδή της χρονιάς 1973/1974, και αυτό ήταν το γεγονός που έκτοτε οδήγησε στην παρουσία πολυάριθμων ερευνητικών και αναπτυξιακών έργων.

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ Φ/Β ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Η χρήση της ηλιακής ενέργειας έχει κατά βάση μόνο μεγάλα πλεονεκτήματα . το μόνο και σημαντικό μειονέκτημα είναι για την ώρα το κόστος κτήσης. Συνοπτικά τα πλεονεκτήματα της χρήσης Φ/Β είναι τα εξής :

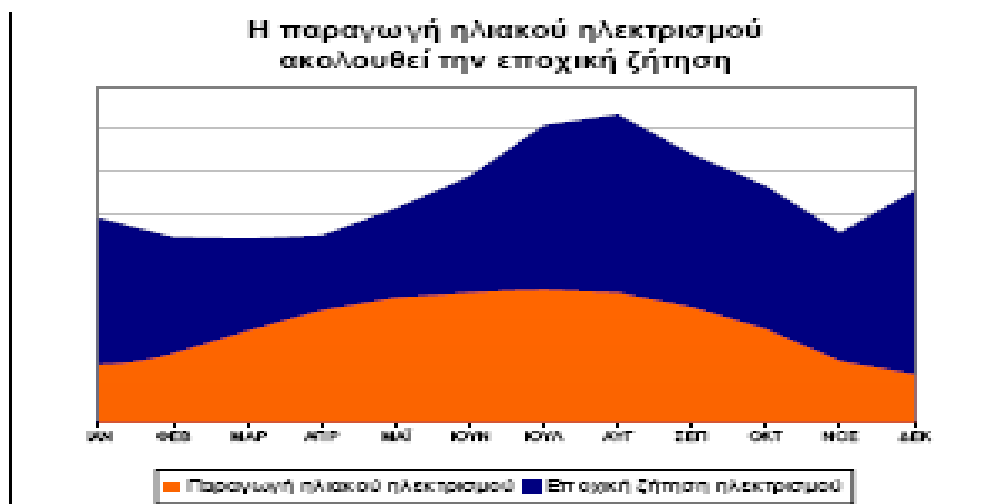
ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ:

- Ανανεώσιμη και ελεύθερα διαθέσιμη ενεργειακή πηγή.
- Ικανοποιητική απόδοση μετατροπής.
- Σχετικά εύκολη μέθοδος κατασκευής των ηλιακών στοιχείων από πρώτες ύλες που αφθονούν.
- Πρακτικά απεριόριστη διάρκεια ζωής των ηλιακών στοιχείων. (Τουλάχιστον 20- 30 χρόνια)
- Τα ηλιακά στοιχεία δεν έχουν κινούμενα μέρη, επομένως είναι σχεδόν απαλλαγμένα από την ανάγκη επίβλεψης και συντήρησης (αρκεί συνήθως η επιθεώρηση τους μια φορά κάθε εξάμηνο. Αλλά και σε περίπτωση βλάβης, η αποκατάσταση της λειτουργίας γίνεται εύκολα λόγω της σπονδυλωτής μορφής της Φ/Β διάταξης.)
- Η Φ/Β μετατροπή δεν προκαλεί ρύπανση στο περιβάλλον (πλην της φωτορύπανσης) ούτε θόρυβο ή άλλη ενόχληση και δεν δημιουργεί άχρηστα παραπροϊόντα.
- Δίνει τη δυνατότητα ανεξαρτησίας από κεντρικά ηλεκτρικά δίκτυα διανομής.
- Οι Φ/Β σταθμοί μπορούν να λειτουργούν με όσο μικρή ισχύ ζητηθεί.

- Η αναλογία της παραγόμενης ισχύος προς το βάρος της διάταξης είναι αρκετά μεγάλη, που είναι σημαντική ιδιότητα για τις διαστημικές εφαρμογές.
- Το μέγιστο της παραγωγής ενέργειας συμπίπτει με μέγιστο της κατανάλωσης (τόσο σε ημερήσια βάση όσο και σε ετήσια). Αυτό φαίνεται και στα δύο σχήματα που ακολουθούν:



Εικόνα 1 Ταύτιση των μεγίστων της προσφοράς και της ζήτησης



Εικόνα 2 Ταύτιση των μεγίστων της προσφοράς και της ζήτησης

ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

- Υψηλό κόστος κατασκευής των ηλιακών στοιχείων.
- Για τις περισσότερες εφαρμογές απαιτείται η δαπανηρή αποθήκευση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, λόγω της αστάθειας και της μεγάλης διακύμανσης της ισχύος της ηλιακής ακτινοβολίας.
- Απαιτείται η χρησιμοποίηση μεγάλων σχετικά επιφανειών, λόγω της μικρής πυκνότητας της ισχύος της ηλιακής ακτινοβολίας

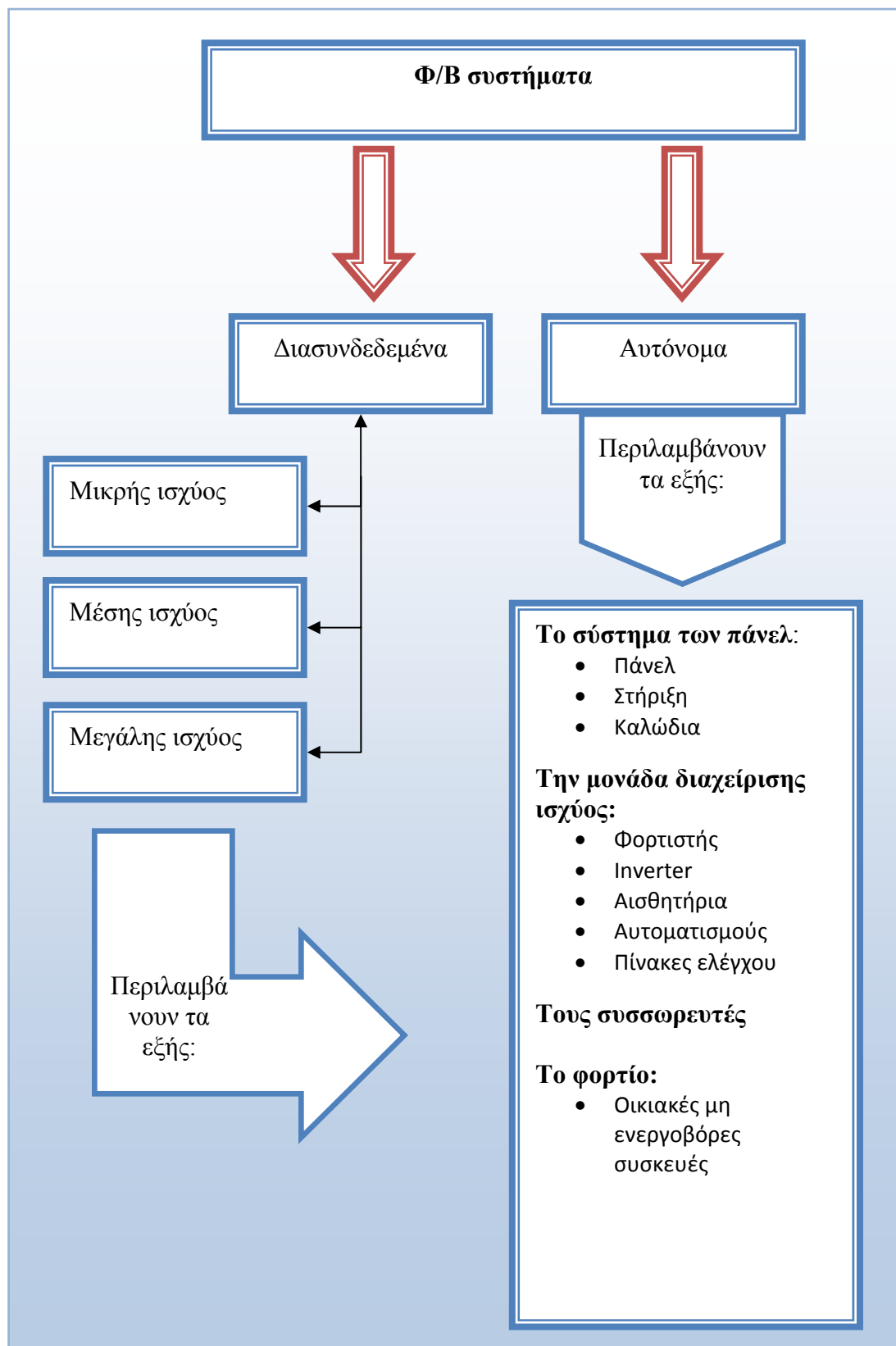
ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ Φ/Β

Ανάλογα με τον βαθμό πολυπλοκότητας στην κατασκευή και τη λειτουργία, μπορούμε να κατατάξουμε τις Φ/Β γεννήτριες σε 3 κυρίως κατηγορίες:

1. Τις απλές διατάξεις, όπου τα ηλιακά στοιχεία είναι τοποθετημένα σε σταθερά πλαίσια και δέχονται την ηλιακή ακτινοβολία με τη φυσική της πυκνότητα και διακύμανση στη διάρκεια της ημέρας.
2. Τις διατάξεις με κινητά πλαίσια που περιστρέφονται αυτόματα και παρακολουθούν συνεχώς την πορεία του ήλιου στον ουρανό, ώστε τα ηλιακά στοιχεία να δέχονται κάθετα την ηλιακή ακτινοβολία σε όλη τη διάρκεια της ημέρας. Με τον τρόπο αυτό αυξάνεται η ηλεκτρική ενέργεια που παράγει ένα ηλιακό στοιχείο μέχρι 30 % περίπου, αφού δέχεται πυκνότερη ακτινοβολία, ανά μονάδα εμβαδού της επιφανείας του.
3. Τις διατάξεις που με τη χρησιμοποίηση φακών ή κατόπτρων συγκεντρώνουν την ηλιακή ακτινοβολία και την στέλνουν πολύ συμπυκνωμένη πάνω στα ηλιακά στοιχεία. Για την αποφυγή θέρμανσης, στις συγκεντρωτικές Φ/Β διατάξεις απαιτείται συνήθως η τεχνική ψύξη των ηλιακών στοιχείων με κυκλοφορία ψυχρού αέρα ή ψυκτικών υγρών.

Ένας άλλος διαχωρισμός των συστημάτων είναι με βάση την διασύνδεση στο δίκτυο της ΔΕΗ ή όχι: έτσι διακρίνονται σε δυο κατηγορίες: τα διασυνδεδεμένα και τα αυτόνομα.

Παρακάτω ακολουθεί ένα σχέδιο στο οποίο δίνεται συνοπτικά η βασική κατηγοριοποίηση των Φ/Β συστημάτων σε σχέση με την διασύνδεσή τους ή όχι:



Εικόνα 3 Αυτόνομα και διασυνδεδεμένα συστήματα

ΠΙΘΑΝΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΑΥΤΟΝΟΜΩΝ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Τα διασυνδεδεμένα Φ/Β συστήματα μπορούν μεταξύ άλλων να χρησιμοποιηθούν και για παραγωγή και πώληση ενέργειας. Τα αυτόνομα συστήματα όμως μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μια σειρά απομακρυσμένες εφαρμογές όπως :

- Φάροι , σηματοδότες , ραδιοβοηθήματα ,κλπ
- Τηλεπικοινωνιακές εφαρμογές όπως
 - Αναμεταδότες
 - Τηλέφωνα
 - Δικτυακοί κόμβοι
- Σηματοδότηση συγκοινωνιακών αρτηριών
- Απομακρυσμένοι μετρητικοί σταθμοί όπως
 - Σεισμογράφοι
 - Μετεωρολογικοί σταθμοί
 - Συστήματα προειδοποίησης ανοικτής θαλάσσης
- Άντληση υδάτων για διάφορες εφαρμογές
- Τροφοδοσία απομακρυσμένων κατοικιών

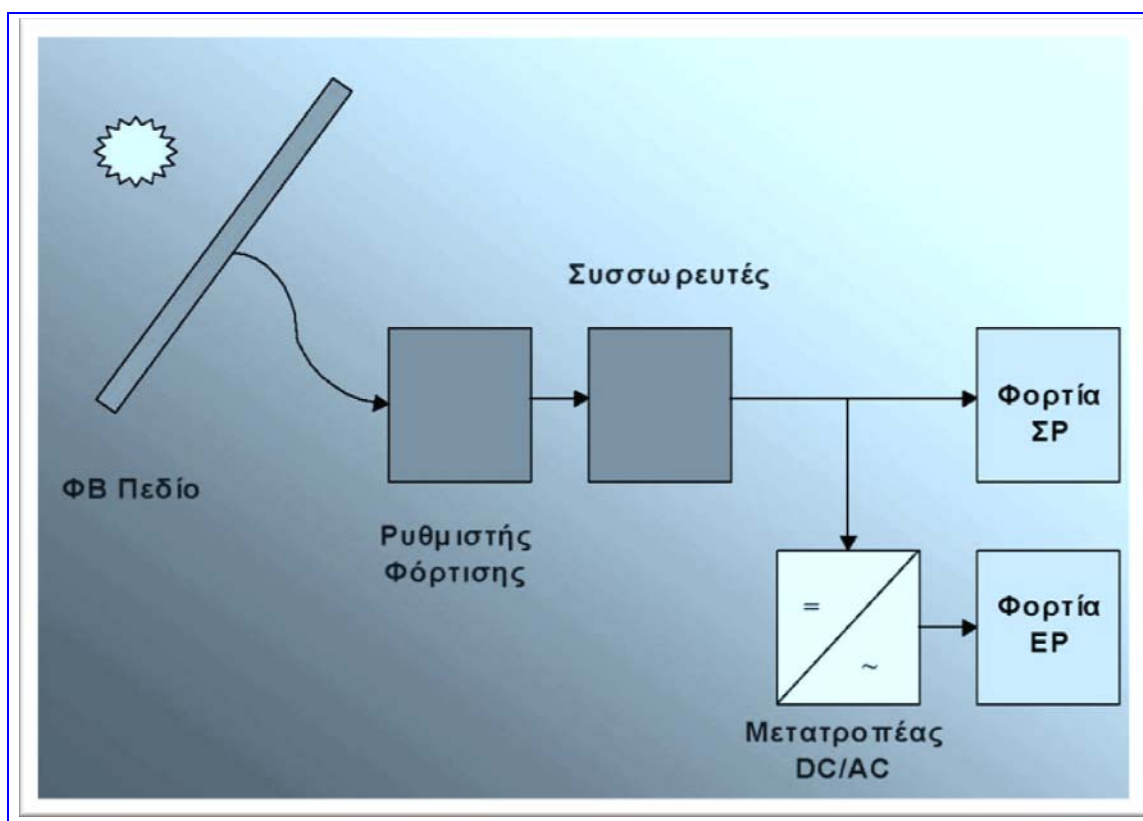
Ειδικά για την περίπτωση των απομακρυσμένων εφαρμογών η περίπτωση χρήσης των Φ/Β συστημάτων γίνεται ποιο συμφέρουσα γιατί στο κόστος της ΔΕΗ συνυπολογίζεται και το κόστος διασύνδεσης με το δίκτυο το οποίο αν δεν υπάρχει δίκτυο είναι τεράστιο.

ΤΑ ΒΑΣΙΚΑ ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΝΟΣ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Τα βασικά μέρη ενός Φ/Β συστήματος, όπως φαίνεται και στο σχήμα 3, είναι στις περισσότερες των περιπτώσεων τα εξής :

- Υποσύστημα παραγωγής ενέργειας
- Υποσύστημα ρύθμισης και ελέγχου φόρτισης
- Υποσύστημα αποθήκευσης ενέργειας
- Υποσύστημα μετατροπής ισχύος
- Υποσύστημα φορτίων

Κάθε ένα από αυτά τα υποσυστήματα θα εξεταστεί ξεχωριστά στα επόμενα κεφάλαια



Εικόνα 4 βασικά μέρη ενός συστήματος

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΑ Φ/Β ΚΑΙ ΤΗΝ ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ.

ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ

Με τον γενικό όρο Φ/Β χαρακτηρίζονται οι διατάξεις μετατροπής της ηλιακής σε ηλεκτρική ενέργεια. Το Φ/Β φαινόμενο αφορά τη μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική και ανακαλύφθηκε το 1839 από τον Μπεκερέλ (Becquerel).

Τα Φ/Β συστήματα έχουν ως βασικό μέρος το ηλιακό στοιχείο (solar cell) που είναι ένας κατάλληλα επεξεργασμένος ημιαγωγός λεπτού πάχους σε επίπεδη επιφάνεια. Η πρόσπτωση ηλιακής ακτινοβολίας δημιουργεί ηλεκτρική τάση και με την κατάλληλη σύνδεση σε φορτίο παράγεται ηλεκτρικό ρεύμα.

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

Τα Φ/Β στοιχεία, ανάλογα με την κατασκευή τους, χωρίζονται στις βασικές κατηγορίες:

- Κρυσταλλικού Πυριτίου: Μονοκρυσταλλικού πυριτίου με αποδόσεις πλαισίων 14,5% έως 21% και Πολυκρυσταλλικού πυριτίου με αποδόσεις πλαισίων 13% έως 14,5%.
- Λεπτών Μεμβρανών: Άμορφο Πυρίτιο a-Si με ονομαστική απόδοση ~7%, Χαλκοπυρίτες CIS / CIGS με ονομαστική απόδοση από 7% έως 11% κ.α.

Συνήθως τα ηλιακά στοιχεία σε μια βασική μονάδα συνδέονται μεταξύ τους σε σειρά. Αυτό οφείλεται στα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά του κάθε ηλιακού στοιχείου. Ένα τυπικό (διαμέτρου 4

ιντσών) ηλιακό στοιχείο κρυσταλλικού πυριτίου ή ένα (10 cm * 10 cm) πολυκρυσταλλικό στοιχείο θα παρέχουν κάτω από κανονικές συνθήκες ισχύ μεταξύ 1 και 1.5 Watt, εξαρτώμενη από την κατά περίπτωση απόδοση του ηλιακού στοιχείου. Αυτή η ισχύς παρέχεται συνήθως υπό τάση 0.5 ή 0.6 V. Από τη στιγμή που υπάρχουν πολύ λίγες εφαρμογές, οι οποίες εκτελούνται σε αυτή την τάση, η άμεση λύση είναι να συνδεθούν τα ηλιακά στοιχεία σε σειρά για να επιτευχθεί η επιθυμητή τάση..

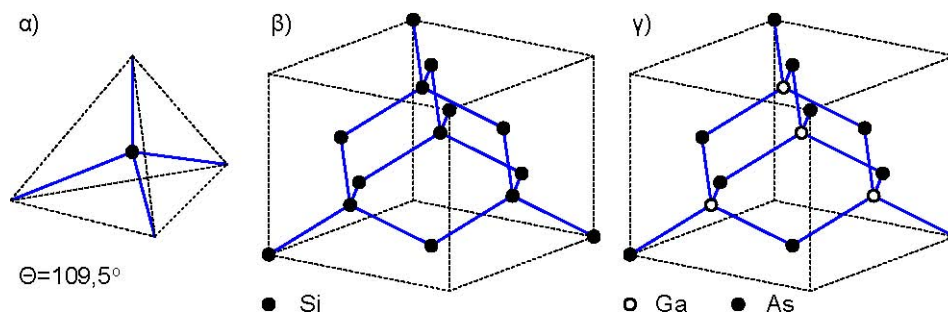
Ο αριθμός των ηλεκτρικών στοιχείων μέσα σε μια βασική μονάδα ρυθμίζεται από την τάση της βασικής μονάδας. Η ονομαστική τάση λειτουργίας του συστήματος συνήθως πρέπει να ταιριάζει με την ονομαστική τάση του υποσυστήματος αποθήκευσης. Οι περισσότερες εκ των Φ/Β βασικών μονάδων, που κατασκευάζονται βιομηχανικά έχουν σταθερές διατάξεις, οι οποίες μπορούν να συνεργασθούν ακόμη και με μπαταρίες των 12Volt. Φροντίζουν όμως να υπάρχει κάποια υπέρταση προκειμένου να φορτισθεί η μπαταρία και να αντισταθμιστεί τυχόν χαμηλότερη έξοδος από συνθήκες χαμηλότερες των κανονικών . Εξασφαλίζουν έτσι αξιόπιστη λειτουργία.

ΔΟΜΗ & ΒΑΣΙΚΗ ΘΕΩΡΙΑ ΗΜΙΑΓΩΓΩΝ

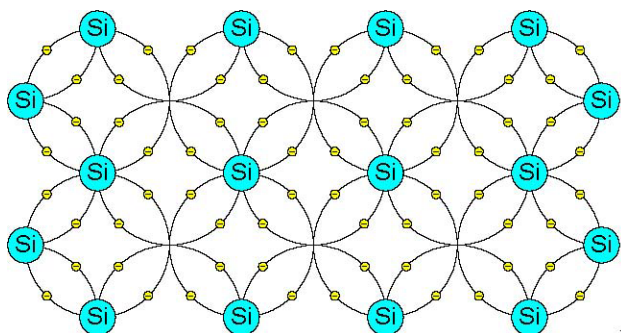
Οι Φ/Β κυψέλες κατασκευάζονται από ημιαγωγούς που αποτελούν σώματα με ενδιάμεση ηλεκτρική αγωγιμότητα, μεταξύ αγωγών (μέταλλα) και μονωτών (πολυμερή, κεραμικά υλικά). Οι κυριότεροι ημιαγωγοί είναι τετρασθενή στοιχεία, όπως το πυρίτιο (Si) και το γερμάνιο (Ge) ή ακόμα και χημικές ενώσεις με τετραεδρική δομή (εικόνα 5), όπως το αρσενιούχο γάλλιο και το θειούχο κάδμιο.

Συγκεκριμένα το πυρίτιο αποτελεί τον πιο διαδεδομένο τύπο ημιαγωγού στοιχείου, καθώς η χρήση του έχει επικρατήσει σχεδόν στο σύνολο των ηλεκτρονικών εφαρμογών, συμπεριλαμβανομένων και των Φ/Β. Όπως φαίνεται από την επίπεδη απεικόνιση του πλέγματος του πυριτίου (εικόνα 6), κάθε άτομο πυριτίου είναι ενωμένο με 4 γειτονικά άτομα με ομοιοπολικούς δεσμούς. (Στο πλέγμα τα ηλεκτρόνια σθένους αλλάζουν συνεχώς θέσεις μεταξύ τους κινούμενα από και προς τους γειτονικούς δεσμούς του Si.)

Επομένως όλα τα ηλεκτρόνια σθένους των ατόμων πυριτίου είναι δεσμευμένα στους ομοιοπολικούς δεσμούς, με αποτέλεσμα να μην υπάρχουν ελεύθεροι φορείς του ηλεκτρικού ρεύματος και το σώμα να μη διαθέτει ηλεκτρική αγωγιμότητα.



Εικόνα 5 α) Η κρυσταλλική δομή των κυριοτέρων ημιαγωγών είναι τετραεδρική, δηλαδή τα γειτονικά άτομα βρίσκονται σε θέσεις του κρυσταλλικού πλέγματος που αντιστοιχούν στο κέντρο και στις κορυφές ενός κανονικού τετραέδρου. β) Στους στοιχειακούς αγωγούς (π.χ. Si) όλα τα άτομα του πλέγματος είναι ίδια. γ) Στις ημιαγωγίμες χημικές ενώσεις (π.χ. Si) τα άτομα που βρίσκονται σε γειτονικές θέσεις είναι διαφορετικά.



Εικόνα 6 μορφή του πλέγματος

Αυτό συμβαίνει όμως μόνο στην περίπτωση που ο ημιαγωγός βρίσκεται στη θεμελιώδη ενεργειακή κατάσταση, δηλαδή στην κατάσταση εκείνη όπου το ενεργειακό του περιεχόμενο είναι πολύ χαμηλό (θερμοκρασιακή περιοχή απολύτου μηδενός). Στην κατάσταση αυτή οι ημιαγωγοί συμπεριφέρονται σαν μονωτές.

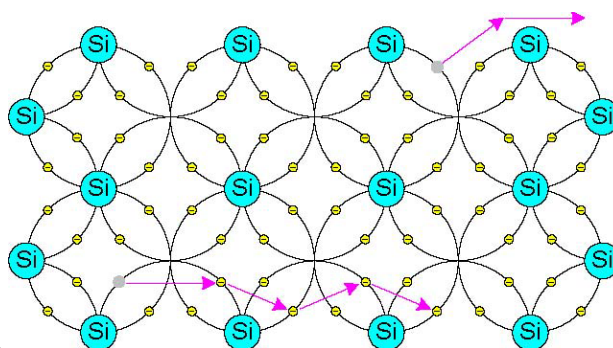
Όταν όμως οι ημιαγωγοί απορροφήσουν κάποιο ποσό ενέργειας, μέσω θερμότητας ή ακτινοβολίας, τότε διαταράσσονται οι ομοιοπολικοί δεσμοί μεταξύ ατόμων πυριτίου. Σε συνηθισμένες θερμοκρασίες περιβάλλοντος, η θερμική ενέργεια που παρέχεται στο σώμα και κατανέμεται στα άτομά του προκαλεί την απελευθέρωση πολλών ηλεκτρονίων από τους

ομοιοπολικούς δεσμούς. Αναλυτικότερα, η συνεχής ανακατανομή της θερμικής ενέργειας από το ένα άτομο στο άλλο, είναι δυνατό να προκαλέσει, στιγμιαία και σε τυχαίες θέσεις, τη διέγερση δεσμευμένων ηλεκτρονίων (στην κρυσταλλική δομή του πυριτίου), με αποτέλεσμα αυτά να απελευθερωθούν και να αρχίσουν να κινούνται ελεύθερα. Τα ελεύθερα αυτά ηλεκτρόνια απομακρύνονται από την περιοχή του δεσμού τους, χάρη στην κινητική ενέργεια που απέκτησαν από τη θερμότητα. Κατά συνέπεια ο ημιαγωγός διαθέτει πλέον ευκίνητους φορείς ηλεκτρισμού, οι οποίοι και του προσδίδουν αξιόλογη ηλεκτρική αγωγιμότητα.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η το ποσό της ελάχιστης απαιτούμενης ενέργειας για την απελευθέρωση ενός ηλεκτρονίου σθένους από το δεσμό στον οποίο ανήκει είναι συγκεκριμένο και ισούται με το ενεργειακό χάσμα E_g του ημιαγωγού. Ως ενεργειακό χάσμα ορίζεται η ενεργειακή διαφορά μεταξύ των εξής δυο ζωνών:

- της ζώνης αγωγιμότητας η οποία περικλείει τις ενέργειες των ελεύθερων ηλεκτρονίων που είναι υπεύθυνες για την ύπαρξη ηλεκτρικού ρεύματος στον ημιαγωγό, και
- της ζώνης σθένους, η οποία και περικλείει τις διάφορες ενεργειακές στάθμες των ηλεκτρονίων των δεσμευμένων σε άτομα των ημιαγωγικών στοιχείων.

Η απομάκρυνση ενός ηλεκτρονίου από κάποιο δεσμό δεν συνεπάγεται την καταστροφή του κρυσταλλικού πλέγματος (όπως φαίνεται και στην εικόνα 3), καθώς τα άτομα των οποίων έσπασε ο δεσμός εξακολουθούν να συνδέονται με τα γειτονικά τους άτομα με τρεις άθικτους δεσμούς καθώς και μεταξύ τους με έναν ατελή δεσμό ενός ηλεκτρονίου. Οι τρεις και ο μισός δεσμός είναι ικανοί να συγκρατήσουν σε συνοχή τον κρύσταλλο και μετά την ελευθέρωση του



ηλεκτρονίου. Άλλωστε έχει

Εικόνα 7 η κίνηση των φορέων

αποδειχθεί ότι το πλήθος των ελεύθερων ηλεκτρονίων, δηλαδή το πλήθος των διασπασμένων δεσμών των σωμάτων που μας ενδιαφέρουν, είναι ένα πολύ μικρό ποσοστό του συνόλου των δεσμών των ατόμων του κρυσταλλικού πλέγματος.

Τα ελεύθερα ηλεκτρόνια (e) περιφέρονται άτακτα στο κρυσταλλικό σώμα, ανάμεσα στα άτομα και τους δεσμούς τους. Αυτό συμβαίνει για όσο χρονικό διάστημα διατηρούν την αυξημένη τους ενέργεια. Όταν η ενέργεια τους μειωθεί σημαντικά, δεσμεύονται στην κενή θέση κάποιου ατελούς δεσμού, που μπορεί να συναντήσουν στον δρόμο τους και παύουν να είναι ελεύθερα. Ο ατελής δεσμός στον οποίο θα επιστρέψουν τα ηλεκτρόνια δεν είναι απαραίτητο να αντιστοιχεί σε εκείνον από τον οποίο έφυγαν. Όσο χρονικό διάστημα τα ηλεκτρόνια αυτά είναι ελεύθερα, συμβάλλουν στην αύξηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του σώματος, για αυτό και ονομάζονται ηλεκτρόνια αγωγιμότητας.

Οι κενές ηλεκτρονικές θέσεις των χημικών δεσμών, που ονομάζονται οπές (h), λειτουργούν σαν παγίδες δέσμευσης για όσα ηλεκτρόνια έχουν χαμηλό ενεργειακό περιεχόμενο. Αλλά ακόμη και αν δεν υπάρχουν ελεύθερα ηλεκτρόνια στην περιοχή γύρω από την οπή, δεν σημαίνει ότι η κενή θέση μένει αμετακίνητη, καθώς μπορεί να προσελκύσει κάποιο ηλεκτρόνιο σθένους γειτονικού

δεσμού. Τότε το ηλεκτρόνιο αυτό αποδεσμεύεται από τον δεσμό που άνηκε, δημιουργώντας ταυτόχρονα μια κενή θέση, και συμπληρώνει την κενή θέση της γειτονικής οπής (εικόνα 3). Η μετατόπιση της οπής μπορεί να εξακολουθεί να πραγματοποιείται, εκτός εάν κάποια στιγμή δεσμευθεί από αυτή ένα ελεύθερο ηλεκτρόνιο. Τότε η οπή εξαφανίζεται, και ο ομοιοπολικός δεσμός γίνεται πλήρης.

Οι οπές διαγράφουν και αυτές μια άτακτη κίνηση στο σώμα, από ένα δεσμό στον άλλο, αφού είναι τυχαία η κατεύθυνση από την οποία θα έρθει το γειτονικό ηλεκτρόνιο που θα συμπληρώνει τον ατελή δεσμό. Όταν όμως επιβάλλεται εξωτερικό πεδίο, το ηλεκτρόνιο θα προσέλθει από την κατεύθυνση που ευνοείται ενεργειακά. Τότε η κίνηση των οπών είναι προσανατολισμένη και αντίθετη αυτής των ηλεκτρονίων που κατευθύνονται προς υψηλότερα δυναμικά.

Παρατηρούμε δηλαδή ότι στους ημιαγωγούς εκδηλώνονται δύο μηχανισμοί: η απελευθέρωση των ηλεκτρονίων από τους δεσμούς, με ταυτόχρονη δέσμευση ελεύθερων ηλεκτρονίων στις οπές. Η συγκέντρωση (πλήθος φορέων ανά μονάδα όγκου) των ελεύθερων ηλεκτρονίων ή των οπών ενός ημιαγωγού παραμένει αμετάβλητη και εξαρτάται μόνο από το υλικό και την θερμοκρασία του. Όσο ασθενέστεροι είναι οι δεσμοί μέσα στο υλικό και όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία του, τόσο μεγαλύτερη θα είναι και η συγκέντρωση των φορέων του, δηλαδή των ηλεκτρονίων και των οπών του.

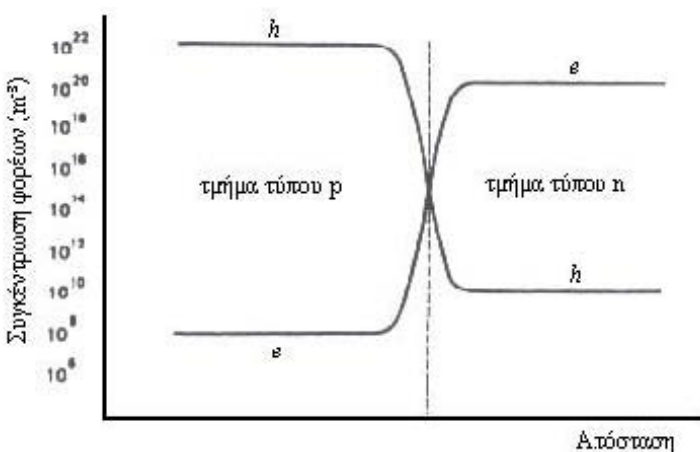
ΕΝΩΣΗ P-N -ΔΙΟΔΟΣ ΗΜΙΑΓΩΓΩΝ

Όπως προαναφέρθηκε, χαρακτηριστική ιδιότητα των ημιαγωγών ενός στοιχείου είναι η εξίσωση της συγκέντρωσης των ελεύθερων ηλεκτρονίων (e) και της συγκέντρωσης των οπών (h). Είναι όμως εφικτό με την προσθήκη κατάλληλων προσμίξεων να μεταβληθεί η συγκέντρωση κάποιου εκ των δυο ειδών φορέων. Όμως σε ημιαγωγούς προσμίξεων η συγκέντρωση του ενός είδους φορέων (φορείς πλειονότητας) είναι συνήθως πολύ μεγαλύτερη από αυτήν του άλλου είδους (φορείς μειονότητας), με αποτέλεσμα η συμβολή των φορέων μειονότητας στην αγωγιμότητα, συνήθως, να θεωρείται αμελητέα. Όταν οι φορείς πλειονότητας είναι ηλεκτρόνια τότε ο ημιαγωγός χαρακτηρίζεται ως τύπου “n”. Αντίθετα, όταν οι φορείς πλειονότητας είναι οπές τότε ο ημιαγωγός χαρακτηρίζεται ως τύπου “p”.

Ο θεμέλιος λίθος όλων των ημιαγωγών διατάξεων είναι η ένωση p-n. Αυτή η ένωση σχηματίζεται όταν έρθουν σε επαφή ένα τεμάχιο ημιαγωγικού τύπου p με ένα τεμάχιο ημιαγωγικού τύπου n. Εκείνη τη χρονική στιγμή, ένα μέρος από τις οπές του τεμαχίου τύπου p διαχέεται προς το τεμάχιο τύπου n, όπου οι οπές είναι λιγότερες και συγχρόνως ένα μέρος από τα ελεύθερα ηλεκτρόνια του τεμαχίου n διαχέεται προς το τεμάχιο τύπου p, όπου τα ελεύθερα ηλεκτρόνια είναι λιγότερα. Η ανάμιξη αυτή των φορέων και η αύξηση της συγκέντρωσης των φορέων μειονότητας στις περιοχές κοντά στη διαχωριστική επιφάνεια των τεμαχίων τύπου p και n, ανατρέπουν την αρχική κατάσταση.

Η περιοχή μεταξύ του ημιαγωγού τύπου p και του ημιαγωγού τύπου n, καλείται ζώνη εξάντλησης ή απογύμνωσης . Η ζώνη αυτή αποτελεί την δίοδο διέλευσης των οπών και των ηλεκτρονίων από τον ένα ημιαγωγό στον άλλο. Μετά από ένα χρονικό διάστημα και αφού έχουν ολοκληρωθεί οι αντίστοιχες μετατοπίσεις (ροές) φορέων, επέρχεται μια κατάσταση ισορροπίας όπου οι συγκεντρώσεις των οπών και των ηλεκτρονίων έχουν σταθεροποιηθεί όπως φαίνεται στην εικόνα 8.

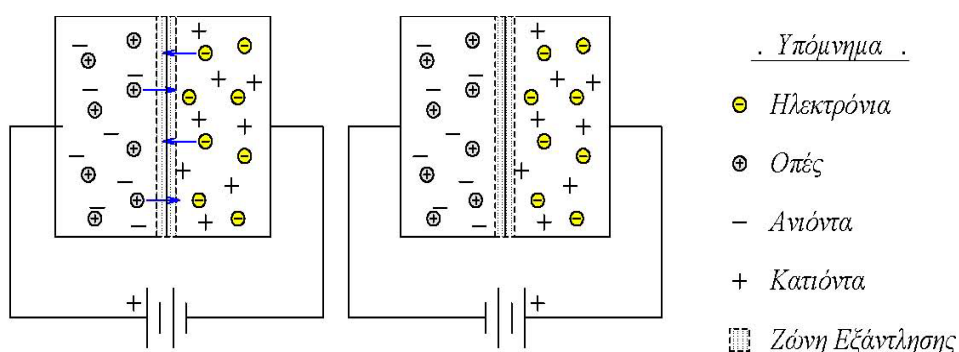
Σε αντίθεση με τους ευκίνητους φορές των ημιαγωγών (ελεύθερα ηλεκτρόνια και οπές) που τείνουν να διαχέονται προς τις περιοχές με τη μικρότερη συγκέντρωσή τους, η συγκέντρωση των αρνητικών ιόντων στα οποία μετατράπηκαν οι αποδέκτες του τμήματος τύπου p και η συγκέντρωση των θετικών ιόντων στα οποία μετατράπηκαν οι δότες στο τμήμα τύπου n, παραμένουν αμετάβλητες, αφού τα ιόντα μένουν ακίνητα στο σώμα.



Εικόνα 8 Συγκέντρωση φορέων

Έτσι το υλικό χάνει τοπικά την ηλεκτρική του ουδετερότητα και οι πλευρές της ένωσης φορτίζονται με αντίθετα ηλεκτρικά φορτία, με αποτέλεσμα να εμφανίζεται μια διαφορά δυναμικού (συνήθως 0.6-0.8 Volts), της οποίας το ηλεκτροστατικό πεδίο εμποδίζει την παραπέρα διάχυση των φορέων προς το απέναντι τμήμα της ένωσης.

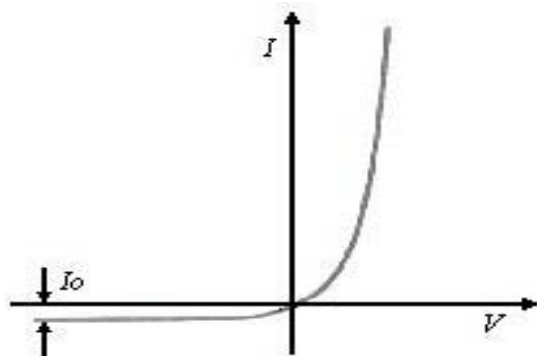
Αποτέλεσμα όλων των παραπάνω είναι ότι η ένωση p-n, παρουσιάζει εντελώς διαφορετική συμπεριφορά στην ροή του ηλεκτρικού ρεύματος, ανάλογα με την φορά αυτού και άρα ανάλογα με την τάση που της επιβάλλεται εξωτερικά. Εξαιτίας αυτής της χαρακτηριστικής συμπεριφοράς της η ένωση p-n ονομάζεται και δίοδος.



Εικόνα 9 Περιοχές απογύμνωσης(Εξάντλησης)

ΟΡΘΗ ΠΟΛΩΣΗ , ΑΝΑΣΤΡΟΦΗ ΠΟΛΩΣΗ

Υπάρχουν δύο τρόποι εφαρμογής τάσης σε μια ένωση p-n (δίοδο). Όταν εφαρμόσουμε τον θετικό πόλο της πηγής στον ημιαγωγό τύπου p και τον αρνητικό στον ημιαγωγό τύπου n, τότε η δίοδος είναι ορθά πολωμένη, οπότε και συμπεριφέρεται σαν κλειστός διακόπτης, ενώ όταν ο θετικός πόλος της πηγής εφαρμοστεί στον ημιαγωγό τύπου n και ο αρνητικός στον p ημιαγωγό, τότε η δίοδος όντας ανάστροφα πολωμένη λειτουργεί σαν ανοιχτός διακόπτης (εικόνα 9). Τα Φ/Β στοιχεία, αποτελούν διόδους που λειτουργούν σε συνθήκες ορθής πόλωσης. Στην εικόνα 10 φαίνεται η χαρακτηριστική καμπύλη μιας διόδου p-n.



Εικόνα 10 Χαρακτηριστική τάσης ρεύματος

Φ/Β ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ

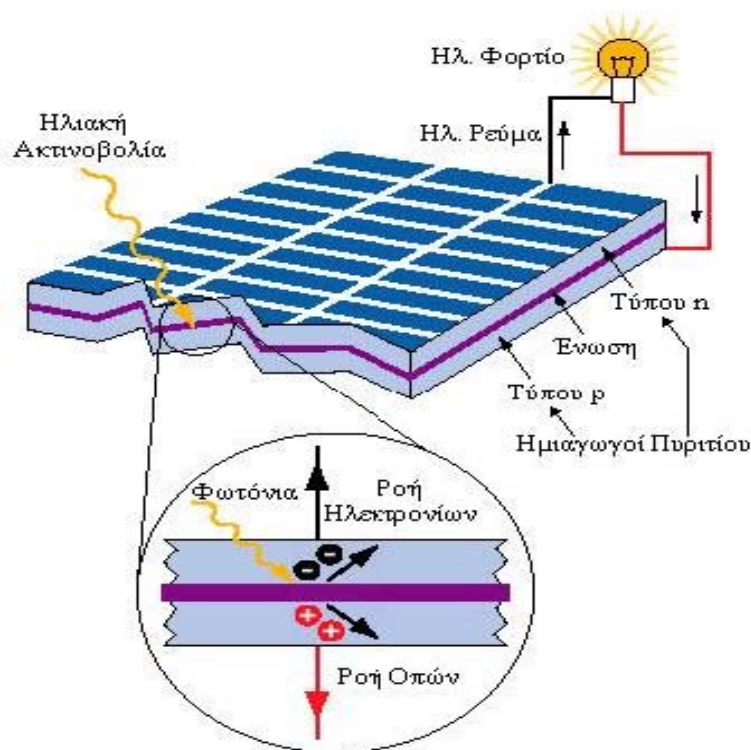
Φ/Β ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ

Όπως προαναφέρθηκε, τα Φ/Β κύτταρα αποτελούν διόδους ημιαγωγικών ενώσεων τύπου p-n με τη μορφή επίπεδης πλάκας.

Κάθε φωτόνιο της προσπίπτουσας ακτινοβολίας με ενέργεια ίση ή μεγαλύτερη από το ενεργειακό χάσμα του ημιαγωγού, έχει την δυνατότητα να απορροφηθεί σε ένα χημικό δεσμό και να ελευθερώσει ένα ηλεκτρόνιο. Όσο διαρκεί η ακτινοβολία, δημιουργείται περίσσια φορέων (ελεύθερων ηλεκτρονίων και οπών).

Οι φορείς αυτοί, καθώς κυκλοφορούν στο στερεό (και εφόσον δεν επανασυνδεθούν με φορείς αντίθετου πρόσημου) δέχονται την επίδραση του ενσωματωμένου ηλεκτροστατικού πεδίου της ένωσης p-n. Εξαιτίας αυτού τα ελεύθερα ηλεκτρόνια εκτρέπονται προς το τμήμα τύπου n και οι οπές εκτρέπονται προς το τμήμα τύπου p, με αποτέλεσμα να δημιουργείται μια διαφορά δυναμικού ανάμεσα στους ακροδέκτες των δύο τμημάτων της διόδου. Αν στους ακροδέκτες αυτούς συνδεθεί κατάλληλο ηλεκτρικό φορτίο παρατηρείται ροή ηλεκτρικού ρεύματος και ισχύος από τη Φ/Β διάταξη προς το φορτίο.

Συμπερασματικά η όλη διάταξη αποτελεί μια πηγή ηλεκτρικού ρεύματος που διατηρείται για όσο χρονικό διάστημα διαρκεί η πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας στην επιφάνεια του Φ/Β κύτταρου.



Εικόνα 11 Το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο

Η εκδήλωση της διαφοράς δυναμικού ανάμεσα στους δύο ακροδέκτες της παραπάνω διάταξης, η οποία αντιστοιχεί σε ορθή πόλωση της διόδου, ονομάζεται Φ/Β φαινόμενο, ο μηχανισμός εκδήλωσης του οποίου παρουσιάζεται σχηματικά στην εικόνα 11.

Στην πρακτική εκμετάλλευση του φαινομένου αυτού, στηρίζεται η λειτουργία του συνόλου των Φ/Β διατάξεων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΣΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ ΤΗΣ Φ/Β ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ

Στα Φ/Β στοιχεία δεν είναι η δυνατή η μετατροπή ολόκληρης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας σε ηλεκτρική ενέργεια. Σαν παράδειγμα, ένα μέρος της ηλιακής ενέργειας ανακλάται πάνω στην επιφάνεια του στοιχείου και διαχέεται πάλι προς το περιβάλλον.

Αντίστοιχα, από την ακτινοβολία που διεισδύει στον ημιαγωγό, η ποσότητα από φωτόνια των οποίων η ενέργεια είναι μικρότερη από το ενεργειακό χάσμα του ημιαγωγού, δεν μπορεί να απορροφηθεί. Για τα φωτόνια αυτά ο ημιαγωγός συμπεριφέρεται σαν διαφανές σώμα. Έτσι η ακτινοβολία αυτή περνά το ημιαγωγίμο υλικό του στοιχείου και απορροφάται στο μεταλλικό ηλεκτρόδιο, που βρίσκεται στο πίσω μέρος της κυψέλης, με αποτέλεσμα να το θερμαίνει.

Αλλά και από την ακτινοβολία που τελικά απορροφά ο ημιαγωγός, μόνο εκείνο το μέρος των φωτονίων των οποίων το ενεργειακό περιεχόμενο είναι ταυτόσημο με αυτό του διακένου, μας βοηθά. Το υπόλοιπο δεν χάνεται, αλλά μεταφέρεται με την μορφή της κινητικής ενέργειας στο ηλεκτρόνιο το οποίο ελευθερώθηκε από τον δεσμό και τελικά μετατρέπεται και αυτό σε θερμότητα. Όμως η ανάπτυξη μεγάλης θερμοκρασίας στο εσωτερικό των Φ/Β στοιχείων, οδηγεί σε μείωση της απόδοσης του συστήματος.

Έχει αποδειχτεί ότι η ροή της ακτινοβολίας στο εσωτερικό των κυψελών-στοιχείων ακολουθεί εκθετική ελάττωση σε σχέση με την απόσταση που διανύει αυτή μέσα στην κυψέλη, γεγονός που συνδέεται με την επίδραση του πάχους των ημιαγωγικών τμημάτων.

Όταν ένα Φ/Β στοιχείο δέχεται ακτινοβολία, διεγείρεται και παράγει ηλεκτρικό ρεύμα, το οποίο καλείται φωτόρευμα I_{ph} και του οποίου η τιμή θα είναι ανάλογη προς τα ενεργά φωτόνια που απορροφά το στοιχείο. Το φωτόρευμα είναι ανάλογο της φασματικής απόκρισης του στοιχείου ως συνάρτηση του μήκους κύματος της προσπίπτουσας ακτινοβολίας, γεγονός που αποδεικνύει την εξάρτηση της απόδοσης του Φ/Β στοιχείου, από την ποιότητα της ηλιακής ακτινοβολίας.

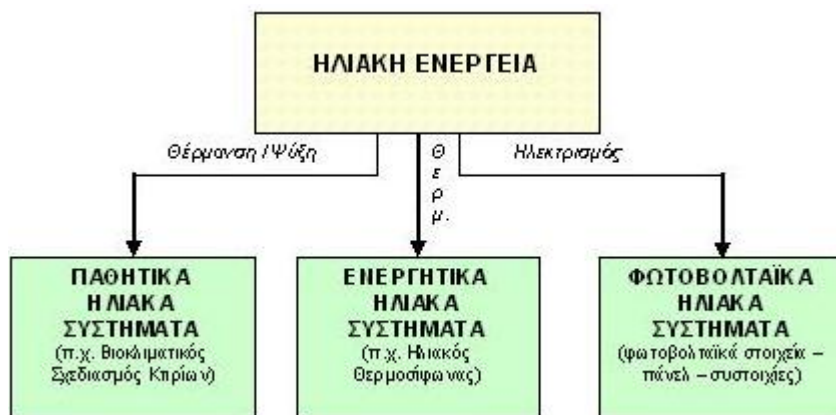
ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

Ηλιακή ενέργεια χαρακτηρίζεται το σύνολο των διαφόρων μορφών ενέργειας που προέρχονται από τον Ήλιο. Τέτοιες είναι το φως ή φωτεινή ενέργεια, η θερμότητα ή θερμική ενέργεια καθώς και διάφορες ακτινοβολίες πέρα από το ορατό φάσμα .

Η ηλιακή ενέργεια στο σύνολό της είναι πρακτικά ανεξάντλητη, αφού προέρχεται από τον ήλιο, και ως εκ τούτου δεν υπάρχουν περιορισμοί χώρου και χρόνου για την εκμετάλλευσή της.

Όσον αφορά την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας, θα μπορούσαμε να πούμε ότι χωρίζεται σε τρεις κατηγορίες εφαρμογών: τα παθητικά ηλιακά συστήματα, τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα, και τα Φ/Β συστήματα. Τα παθητικά και τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα εκμεταλλεύονται τη θερμότητα που εκπέμπεται μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ τα Φ/Β συστήματα στηρίζονται στη μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρικό ρεύμα μέσω του Φ/Β φαινομένου.



Εικόνα 12 Διαχωρισμός ηλιακών συστημάτων

Με μια καλή προσέγγιση, ο ήλιος ενεργεί ως μια τέλεια πηγή ακτινοβολίας, σε μια θερμοκρασία κοντά στους 5.800 Κ. Η προσπίπτουσα ροή ενέργειας πάνω σε μια μονάδα επιφάνειας κάθετη προς τη διεύθυνση της δέσμης έξω από τη γήινη ατμόσφαιρα είναι γνωστή ως η ηλιακή σταθερά: $S=1376 \text{ W/τ.μ.}$

Γενικότερα, η ολική ισχύς από μια πηγή ακτινοβολίας που πέφτει πάνω στη μονάδα επιφάνειας ονομάζεται ένταση ακτινοβολίας.

Όταν η ηλιακή ακτινοβολία εισέρχεται στη γήινη ατμόσφαιρα, ένα μέρος της προσπίπτουσας ενέργειας αναιρείται λόγω της σκέδασης ή της απορρόφησης από τα μόρια του αέρα, τα σύννεφα και το υλικό που συνήθως αναφέρεται ως aerosols.

Η ακτινοβολία, η οποία δεν ανακλάται ή διασκορπίζεται και προσεγγίζει την επιφάνεια της γης άμεσα σε ευθεία γραμμή από τον ηλιακό δίσκο, ονομάζεται άμεση ή ακτινοβολία δέσμης. Η διασκορπισμένη ακτινοβολία η οποία προσεγγίζει το έδαφος ονομάζεται διαχεόμενη ακτινοβολία. Κάποια από τις ακτινοβολίες αυτές ίσως προσεγγίσει ένα δέκτη μετά την ανάκλασή της στο έδαφος, οπότε και ονομάζεται ανακλώμενη ισχύς από το έδαφος. Η ολική ακτινοβολία η οποία αφορά και τις τρεις επιμέρους περιπτώσεις ονομάζεται σφαιρική.

Η ποσότητα της ακτινοβολίας η οποία φτάνει στο έδαφος είναι φυσικά άκρως μεταβλητή. Επιπλέον, πέρα από την όποια κανονική ημερήσια και ετήσια μεταβολή λόγω της φαινόμενης κίνησης του ήλιου, ακατάστατες μεταβολές (κάλυψη από σύννεφα) προκαλούνται από τις κλιματολογικές συνθήκες καθώς επίσης και τη γενικότερη σύνθεση της ατμόσφαιρας. Γι' αυτό το λόγο, η σχεδίαση ενός Φ/Β συστήματος βασίζεται στη λήψη μετρούμενων δεδομένων που λαμβάνονται κοντά στην τοποθεσία της εγκατάστασης.

Ένα μέγεθος που χαρακτηρίζει την επίδραση της καθαρής ατμόσφαιρας πάνω στο ηλιακό φως είναι η μάζα αέρος ίση προς το σχετικό μήκος της διαδρομής της απευθείας δέσμης διαμέσου της ατμόσφαιρας. Στη διάρκεια μιας ηλιόλουστης καλοκαιρινής ημέρας στο επίπεδο της θάλασσας, η ακτινοβολία από τον ήλιο, όταν βρίσκεται στο Ζενίθ, αντιστοιχεί σε μάζα αέρος 1 (συντεταμημένο σε AM 1).

ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΣΕ ΚΕΚΛΙΜΕΝΟ ΕΠΙΠΕΔΟ

Η γνώση της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται ένα κεκλιμένο επίπεδο είναι απαραίτητη στις περισσότερες μελέτες και εφαρμογές των ηλιακών συστημάτων. Επειδή όμως στους περισσότερους μετεωρολογικούς σταθμούς είναι διαθέσιμη συνήθως η ολική ηλιακή ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο, θα πρέπει να δοθεί μέθοδος υπολογισμού της ακτινοβολίας στο κεκλιμένο επίπεδο σε ωριαία ή μηνιαία βάση. Στα παρακάτω κεφάλαια δίνεται η

μεθοδολογία για τον υπολογισμό της ηλιακής ακτινοβολίας στο κεκλιμένο επίπεδο σε ωριαία και μηνιαία βάση.

ΩΡΙΑΙΑ ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΣΕ ΚΕΚΛΙΜΕΝΟ ΕΠΙΠΕΔΟ

Η ηλιακή ακτινοβολία που δέχεται ένα κεκλιμένο επίπεδο στην επιφάνεια του εδάφους αποτελείται από τρεις συνιστώσες : την άμεση που προέρχεται από τον ηλιακό δίσκο, τη διάχυτη που προέρχεται από τον ουράνιο θόλο και την ανακλώμενη που προέρχεται από το έδαφος της γύρω περιοχής (σχ. 13). Η άμεση ακτινοβολία που θα δεχθεί το επίπεδο εξαρτάται από την γωνία πρόσπτωσης των ηλιακών ακτίνων. Η διάχυτη και ανακλώμενη ακτινοβολία που δέχεται το κεκλιμένο επίπεδο δεν εξαρτώνται από τον προσανατολισμό του επιπέδου και ούτε προέρχονται απ' όλο τον ουράνιο θόλο ή το έδαφος της γύρω περιοχής. Έτσι η διάχυτη ακτινοβολία που δέχεται το κεκλιμένο επίπεδο θα προέρχεται μόνο από το τμήμα του ουρανού που " βλέπει " το επίπεδο. Έπειτα απ' αυτά, για τον υπολογισμό της ηλιακής ακτινοβολίας στο κεκλιμένο επίπεδο θα πρέπει να ληφθεί υπ' όψη για κάθε μία από τις συνιστώσες και ένας διορθωτικός συντελεστής. Ο διορθωτικός συντελεστής για την άμεση ηλιακή ακτινοβολία (R_b), είναι ο λόγος της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στο κεκλιμένο επίπεδο ($I_{b,T}$), προς αυτήν στο οριζόντιο επίπεδο (I_b).

Αν θεωρήσουμε το σχήμα 13³ με απλή τριγωνομετρία έχουμε⁴ :

$$R_b = \frac{I_{b,T}}{I_b} = \frac{I_{b,n} \sigma \nu \theta}{I_{b,n} \sigma \nu \theta_z} = \frac{\sigma \nu \theta}{\sigma \nu \theta_z} \quad (1)$$

προκύπτει η παρακάτω σχέση :

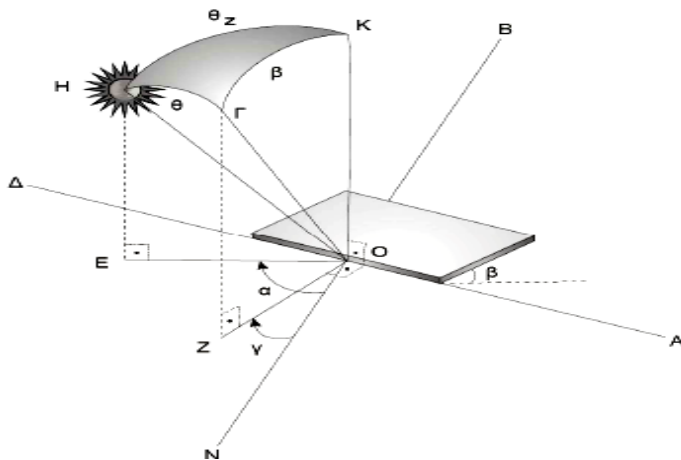
$$R_b = \frac{\sigma \nu \theta}{\sigma \nu \phi \sigma \nu \delta \sigma \nu \omega + \eta \mu \phi \eta \mu \delta} \quad (2)$$

³ Κτενίδης Γ. διπλωματική εργασία ΕΜΠ

⁴ Αξιάπουλος Π. Σημειώσεις ΑΠΕ ,κεφάλαιο 3

Απ' την εξίσωση αυτή γίνεται φανερό ότι για ένα συγκεκριμένο τόπο, η τιμή του R_b μεταβάλλεται κατά την διάρκεια της ημέρας και του έτους.

Ο υπολογισμός της συνιστώσας για την διάχυτη ακτινοβολία βασίζεται στην υπόθεση ότι η διάχυτη είναι ισοτροπική, δηλαδή είναι ομοιόμορφα κατανομημένη απ' τον ουράνιο θόλο.



Εικόνα 13 Οι διάφορες γωνίες που εμφανίζονται στους υπολογισμούς

Ο διορθωτικός συντελεστής για την διάχυτη ακτινοβολία (R_d) είναι ο λόγος της διάχυτης ακτινοβολίας που προσπίπτει στο κεκλιμένο επίπεδο ($I_{d,T}$) προς αυτήν στο οριζόντιο (I_d). Απ' ολόκληρη την διάχυτη ακτινοβολία που προέρχεται απ' τον ουράνιο θόλο, ένα μόνο ποσοστό δέχεται το κεκλιμένο επίπεδο. Το ποσοστό αυτό είναι ο λόγος του τμήματος του ουράνιου θόλου που "βλέπει" το κεκλιμένο, προς ολόκληρη την ημισφαιρική επιφάνεια του ουράνιου θόλου. Για ένα κεκλιμένο επίπεδο που δεν δέχεται σκίαση, με κλίση β , στην επιφάνεια της γης, ο διορθωτικός αυτός συντελεστής είναι :

$$R_d = \frac{I_{d,T}}{I_d} = \frac{1 + \sigma \nu \beta}{2} \quad (3)$$

Ο διορθωτικός συντελεστής για την ανακλώμενη ακτινοβολία (R_r), είναι ο λόγος της ανακλώμενης ακτινοβολίας που προσπίπτει στο κεκλιμένο επίπεδο ($I_{r,T}$), προς αυτήν στο οριζόντιο (I_r). Η ανακλώμενη όμως στο οριζόντιο επίπεδο είναι το γινόμενο του συντελεστή

ανάκλασης ρ του εδάφους της γύρω περιοχής επί την ολική ηλιακή ακτινοβολία στο οριζόντιο I . Όπως και στην προηγούμενη περίπτωση έτσι και εδώ, αν υποθέσουμε ότι η ανακλώμενη είναι ισοτροπική, τότε για ένα κεκλιμένο επίπεδο με κλίση β , στην επιφάνεια της γης ο διορθωτικός συντελεστής είναι :

$$R_r = \frac{I_{r,T}}{I\rho} = \frac{1 - \sigma \nu \beta}{2} \quad (4)$$

Έπειτα από τα παραπάνω η ολική ηλιακή ακτινοβολία στο κεκλιμένο επίπεδο I_T , είναι :

$$I_T = I_b R_b + I_d R_d + I_r R_r \quad (5)$$

Με βάση τα παραπάνω, η εξίσωση 5 γράφεται :

$$I_T = I_b \frac{\sigma \nu \theta}{\sigma \nu \theta_z} + I_d \frac{1 + \sigma \nu \beta}{2} + I_r \rho \frac{1 - \sigma \nu \beta}{2} \quad (3.6) \quad (6)$$

Η εξίσωση αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό της ωριαίας ολικής ηλιακής ακτινοβολίας σ' ένα κεκλιμένο επίπεδο με κλίση β , εφόσον θεωρηθούν ότι οι γωνίες θ και θ_z , αντιστοιχούν στο μέσον της αναφερόμενης ώρας. Ο συντελεστής ανάκλασης ρ λαμβάνεται συνήθως 0.2, αλλά όταν η γύρω περιοχή είναι καλυμμένη με χιόνι ο συντελεστής αυτός μπορεί να είναι πολύ υψηλός. Διάφορες τιμές του ρ δίνονται στον πίνακα 1

Πίνακας: Συντελεστής ανάκλασης για διάφορα είδη επιφανειών

Είδος επιφάνειας	Συντελεστής ανάκλασης
Φρέσκο χιόνι	0.87
Ξηρή άμμος	0.18
Υγρή άμμος	0.09
Δάσος κωνοφόρων	0.05

Τσιμέντο νέο	0.33
Τσιμέντο παλιό	0.23

Αν ληφθεί υπ' όψη η εξίσωση 1 και διαιρεθούν και τα δυο μέλη της εξίσωσης 6 δια I , προκύπτει η παρακάτω σχέση :

$$\frac{I_T}{I} = \left(1 - \frac{I_d}{I}\right) R_b + \frac{I_d}{I} \left(\frac{1 + \sigma \nu \beta}{2}\right) + \rho \frac{1 - \sigma \nu \beta}{2} \quad (7)$$

Ο λόγος I_d/I δίνεται από τις παρακάτω σχέσεις ανάλογα με την τιμή του ωριαίου δείκτη αιθριότητας K .

$$= 1 - 0.09K \text{ για } K \leq 0.22 \text{ (α)}$$

$$I_d/I = 0.9511 - 0.1604K + 4.388K^2 - 16.638K^3 + 12.336K^4 \text{ για } 0.22 < K < 0.8 \text{ (β)}$$

$$= 0.165 \text{ για } K > 0.8 \text{ (γ) (8)}$$

Ωριαίος δείκτης αιθριότητας (K) καλείται ο λόγος της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας στο οριζόντιο επίπεδο (I) προς την εκτός γήινης ατμόσφαιρας ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο (I_o). Ο δείκτης αυτός μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι ένα μέτρο της σχετικής διαπερατότητας της ατμόσφαιρας στην ηλιακή ακτινοβολία.

$$K = \frac{I}{I_o} \quad (9)$$

Ο υπολογισμός της εκτός γήινης ατμόσφαιρας ωριαίας ηλιακής ακτινοβολίας στο οριζόντιο επίπεδο (I_o) μπορεί να γίνει προσεγγιστικά από την παρακάτω σχέση με την προϋπόθεση ότι η γωνία ζενιθ θ_z , έχει θεωρηθεί στο μέσο της αντίστοιχης ώρας.

$$I_o = G_{on} \sigma \nu \theta_z \quad (10)$$

Για να υπολογισθεί η I_0 για χρονικό διάστημα από ω_1 μέχρι ω_2 θα πρέπει να ολοκληρωθεί η αμέσως προηγούμενη σχέση.

$$I_{0(\omega_1-\omega_2)} = \int_{\omega_1}^{\omega_2} G_{on} \sigma \nu \theta_z d\omega = \frac{12 \cdot 3600}{\pi} G_{sc} (1 + 0.033 \sigma \nu \frac{360 \cdot n}{365}) \cdot \left[\sigma \nu \phi \sigma \nu \delta (\eta \mu \omega_2 - \eta \mu \omega_1) + \frac{\pi (\omega_2 - \omega_1)}{180} \eta \mu \phi \eta \mu \delta \right] \quad (11)$$

Επειδή στους περισσότερους μετεωρολογικούς σταθμούς είναι διαθέσιμη η ολική ηλιακή ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο, η σχέση 6 είναι πολύ χρήσιμη διότι σε συνδυασμό με την 7, μπορεί να υπολογισθεί η ολική ηλιακή ακτινοβολία σε κεκλιμένο επίπεδο χωρίς την ανάγκη της διάχυτης ακτινοβολίας.

ΜΗΝΙΑΙΑ ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΣΕ ΚΕΚΛΙΜΕΝΟ ΕΠΙΠΕΔΟ

Επειδή στην εξίσωση 6 ο δεύτερος και τρίτος όρος είναι ανεξάρτητοι απ' την γωνία πρόσπτωσης, η εξίσωση αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό της ημερήσιας ηλιακής ακτινοβολίας στο κεκλιμένο επίπεδο H_T , αρκεί στον πρώτο όρο να χρησιμοποιηθεί ένας διορθωτικός συντελεστής R_b και οι ακτινοβολίες να θεωρηθούν ημερήσιες. Έτσι η εξίσωση θα γίνει :

$$H_T = H_b R_b + R_d \left(\frac{1 + \sigma \nu \beta}{2} \right) + H \rho \left(\frac{1 - \sigma \nu \beta}{2} \right) \quad (12)$$

Ο συντελεστής R_b είναι ο λόγος της ημερήσιας άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στο κεκλιμένο επίπεδο προς αυτήν στο οριζόντιο. Για το βόρειο ημισφαίριο και για επιφάνειες νότιου προσανατολισμού ($\gamma = 0$), ο συντελεστής αυτός μπορεί να υπολογισθεί από την σχέση 2 με ολοκλήρωση, από την ωριαία γωνία ανατολής ω'_{sr} μέχρι την ωριαία γωνία δύσης του ήλιου

ω'_{ss} για το κεκλιμένο επίπεδο και από την ωριαία γωνία ανατολής ω_{sr} μέχρι την ωριαία γωνία δύσης του ήλιου για το οριζόντιο επίπεδο ω_{ss} :

$$R_b = \frac{\int_{\omega_{sr}}^{\omega'_{ss}} \sigma \nu \theta d\omega}{\int_{\omega_{sr}}^{\omega_{ss}} \sigma \nu \theta_z d\omega} \quad (13)$$

δεδομένου ότι $\omega'_{sr} = -\omega'_{ss}$ και $\omega_{sr} = -\omega_{ss}$ οι γωνίες αυτές μπορούν να έχουν ενιαίο συμβολισμό ω'_s και ω_s , οπότε προκύπτει :

$$R_b = \frac{\sigma \nu (\phi - \beta) \sigma \nu \delta \eta \omega'_s + (\pi / 180) \omega'_s \eta \mu (\phi - \beta) \eta \mu \delta}{\sigma \nu \phi \sigma \nu \delta \eta \omega_s + (\pi / 180) \omega_s \eta \mu \phi \eta \mu \delta} \quad (14)$$

οπου : ω'_s είναι η ωριαία γωνία της δύσης του ηλίου για κεκλιμένη επιφάνεια και έχει την μικρότερη τιμή απ' τις τιμές που παίρνουν τα δύο μεγέθη που βρίσκονται μέσα στην αγκύλη της παρακάτω εξίσωσης.

$$\omega'_s = \min \left\{ \omega_s, \cos \phi \sin (\phi - \beta) \cos \delta \right\} \quad (3.15) \quad (15)$$

Για τις ηλιακές εφαρμογές, σε αρκετές περιπτώσεις, είναι απαραίτητος ο υπολογισμός της μηνιαίας ολικής ηλιακής ακτινοβολίας σε κεκλιμένο επίπεδο. Στις περιπτώσεις αυτές μπορεί να χρησιμοποιηθεί μία εξίσωση παρόμοια με την 12, αρκεί βέβαια ο συντελεστής R_b , να υπολογισθεί για την χαρακτηριστική ημέρα του αντίστοιχου μήνα. Έτσι η μέση μηνιαία ολική ηλιακή ακτινοβολία στο κεκλιμένο επίπεδο μπορεί να δοθεί από την παρακάτω σχέση :

$$\overline{H_T} = \overline{H_b} \overline{R_b} + \overline{H_d} \left(\frac{1 + \sigma \nu \beta}{2} \right) + \rho \overline{H} \left(\frac{1 - \sigma \nu \beta}{2} \right) \quad (16)$$

Αν ορισθεί ο συντελεστής \bar{R} ότι είναι ο λόγος της μέσης ολικής ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στο κεκλιμένο επίπεδο \bar{H}_T προς αυτήν στο οριζόντιο \bar{H} τότε :

$$\bar{H}_T = \bar{H}\bar{R} \quad (17)$$

Απ' την σχέση αυτή είναι πολύ απλό να υπολογισθεί η μηνιαία ολική ηλιακή ακτινοβολία στο κεκλιμένο επίπεδο για μία περιοχή αρκεί να είναι γνωστές οι τιμές των \bar{H} και \bar{R} για τον αντίστοιχο μήνα.

Υπάρχουν πίνακες^{5 6} όπου δίνονται για αρκετές πόλεις της Ελλάδας οι μηνιαίες τιμές της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας στο οριζόντιο επίπεδο καθώς και οι μηνιαίες τιμές του \bar{R} για διάφορες γωνίες κλίσης.

Παρόμοια με την σχέση 7, η εξίσωση 16 μπορεί να μετασχηματισθεί στην παρακάτω σχέση :

$$\frac{\bar{H}_T}{\bar{H}} = \left(1 - \frac{\bar{H}_d}{\bar{H}}\right) \bar{R}_b + \frac{\bar{H}_d}{\bar{H}} \left(\frac{1 + \sigma \nu \beta}{2}\right) + \rho \left(\frac{1 - \sigma \nu \beta}{2}\right) \quad (18)$$

Διάφορες σχέσεις για το λόγο $\frac{\bar{H}_d}{\bar{H}}$

έχουν προταθεί από αρκετούς ερευνητές. Κατά τους Liu and Jordan ο λόγος αυτός υπολογίζεται απ' την παρακάτω σχέση :

$$\frac{\bar{H}_d}{\bar{H}} = 1.390 - 4.027\bar{K} + 5.531\bar{K}^2 - 3.108\bar{K}^3 \quad (19)$$

⁵ Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία

⁶ Κτενίδης Γ. Διπλωματική Εργασία ,ΕΜΠ

ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΟΛΙΚΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΣΤΟ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟ ΕΠΙΠΕΔΟ

Για τις περισσότερες περιοχές δεν υπάρχουν μετρήσεις της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας στο οριζόντιο επίπεδο και επομένως θα πρέπει να δοθεί μέθοδος υπολογισμού της, δεδομένου ότι είναι βασικό μέγεθος για την διαστασιολόγηση των ηλιακών εγκαταστάσεων. Αρκετοί ερευνητές έχουν προτείνει διάφορες μεθόδους οι οποίες απαιτούν την γνώση ορισμένων κλιματικών στοιχείων. Ένα στοιχείο που μετριέται στους περισσότερους μετεωρολογικούς σταθμούς είναι οι ώρες ηλιοφάνειας. Έτσι ένας απ' τους ερευνητές [Angstrom] έχει προτείνει μια γραμμική συσχέτιση μεταξύ του λόγου της μέσης ημερήσιας ολικής ηλιακής ακτινοβολίας στο οριζόντιο επίπεδο (\overline{H}) προς την μέση ημερήσια ολική ηλιακή ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο για καθαρό ουρανό (\overline{H}_c) και του λόγου της πραγματικής ημερήσιας ηλιοφάνειας (n) προς την αντίστοιχη θεωρητική (N).

$$\overline{H} = \overline{H}_c \left[a + b \left(\frac{n}{N} \right) \right] \quad (20)$$

Οι συντελεστές a, b εξαρτώνται από την περιοχή και μπορούν να προσδιοριστούν με τη μέθοδο της προσαρμογής. Τυπικές τιμές του a κυμαίνονται από 0.14 μέχρι 0.54, ενώ του b από 0.18 μέχρι 0.7

Επειδή η \overline{H}_c μεταβάλλεται από περιοχή σε περιοχή και από εποχή σε εποχή και κατά συνέπεια είναι δύσκολος ο υπολογισμός της, έχει προταθεί η αντικατάστασή της με την εκτός γήινης ατμόσφαιρας ηλιακή ακτινοβολία H_o , για την αναφερόμενη περιοχή, η οποία μπορεί να υπολογισθεί με ακρίβεια. Οπότε :

$$\overline{H} = \overline{H}_o \left[a + b \left(\frac{n}{N} \right) \right] \quad (21)$$

Για τον υπολογισμό της $\overline{H_0}$ μπορεί να χρησιμοποιηθεί η εξίσωση:

$$\overline{H_0} = \frac{24 \cdot 3600 \cdot G_{sc}}{\pi} \left(1 + 0.033 \sin \frac{360n}{365} \right) \left(\sin \phi \sin \delta \eta \omega_s + \frac{\pi \omega_s}{180} \eta \mu \phi \eta \mu \delta \right) \quad (22)$$

για την χαρακτηριστική ημέρα του κάθε μήνα.

Τέλος η ωριαία γωνία δύσης του ηλίου μπορεί να υπολογιστεί από την σχέση:

$$\omega_s = \cos^{-1}(\sin \phi \sin \delta) \quad (23)$$

Όπου γωνία ϕ είναι το γεωγραφικό πλάτος και δ είναι η ηλιακή απόκλιση.

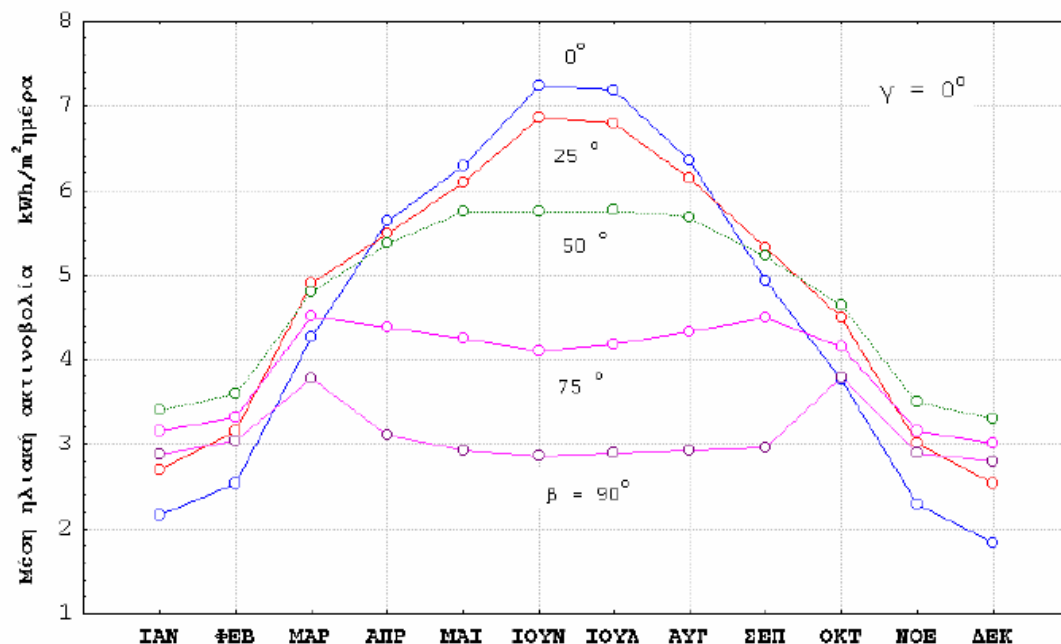
ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΕΣ ΚΛΙΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥΣ

Η ηλιακή ακτινοβολία που θα δεχθεί μία επιφάνεια, εξαρτάται, εκτός των άλλων, από την κλίση και τον προσανατολισμό της. Για μια επιφάνεια σε ένα συγκεκριμένο τόπο η αύξηση της κλίσης της έχει σαν αποτέλεσμα να δέχεται περισσότερη ακτινοβολία τον χειμώνα από το καλοκαίρι. Έτσι για ηλιακές εφαρμογές που απαιτείται να γίνει χρήση της ενέργειας από τους ηλιακούς συλλέκτες το χειμώνα, η κλίση τους πρέπει να είναι μεγάλη ενώ όταν οι συλλέκτες χρησιμοποιούνται το καλοκαίρι η κλίση τους θα πρέπει να είναι μικρή.

Ένας εμπειρικός κανόνας που ισχύει για την κλίση των συλλεκτών είναι ότι θα πρέπει η κλίση αυτή για το χειμώνα να είναι από 10° μέχρι 15° μεγαλύτερη από το γεωγραφικό πλάτος του τόπου, ενώ για το καλοκαίρι από 10° μέχρι 15° μικρότερη από το γεωγραφικό πλάτος του τόπου και για όλο το χρόνο ίση με το γεωγραφικό πλάτος του τόπου.

Στο σχήμα 14 παρουσιάζεται η μέση ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία ανά μήνα, που θα δεχθεί μία επιφάνεια νότιου προσανατολισμού για διάφορες γωνίες κλίσεις. Οι τιμές αυτές αναφέρονται για βόρειο γεωγραφικό πλάτος 38° , $\rho = 0.2$ και είναι προσεγγιστικές. Παρ' όλα αυτά όμως δίνουν

μία πλήρη εικόνα της επίδρασης που έχει η κλίση στην ηλιακή ακτινοβολία που θα δεχθεί η επιφάνεια.

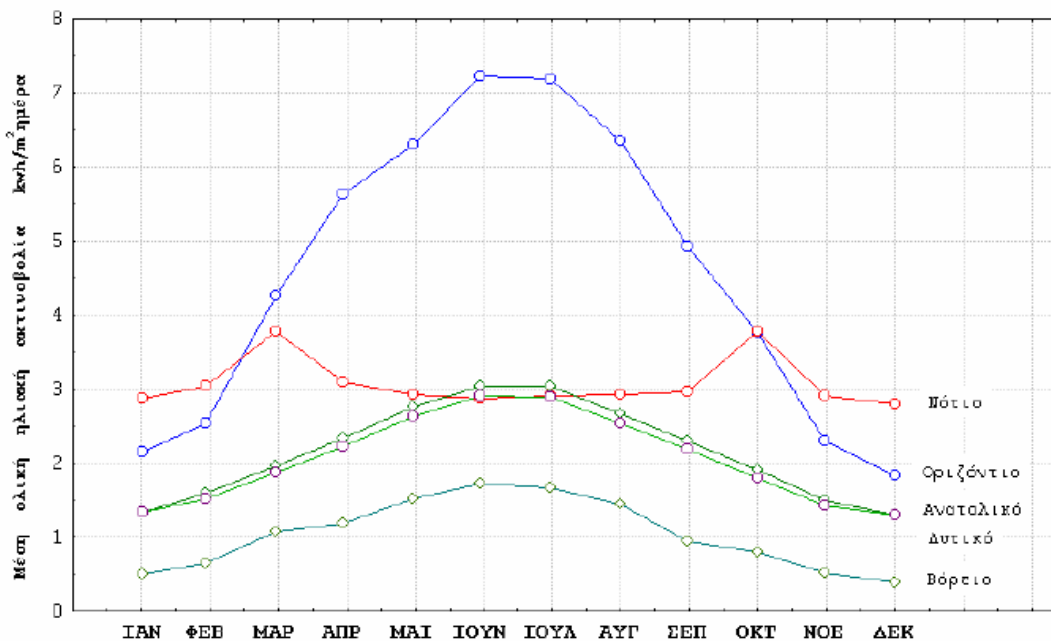


Εικόνα 14 Επίδραση της κλίσης στην μέση ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία ένα μήνα, που δέχεται επιφάνεια νότιου προσανατολισμού ($\gamma = 0$) για $\varphi = 38^\circ$

Από το σχήμα αυτό επιβεβαιώνεται ο εμπειρικός κανόνας που αναφέρθηκε προηγουμένως. Επίσης από το σχήμα αυτό παρατηρούμε ότι ακόμα και στην ιδανική περίπτωση ενός επίπεδου ηλιακού συλλέκτη με θερμική απόδοση 100 %, τοποθετημένου με την καλύτερη κλίση και για την ευνοϊκότερη εποχή η ημερήσια χρήσιμη θερμική ενέργεια δεν μπορεί να είναι περισσότερη από 7 kWh/m^2 .

Ένα άλλο μέγεθος από το οποίο εξαρτάται η ηλιακή ακτινοβολία που θα δεχθεί μία επιφάνεια, είναι ο προσανατολισμός της. Θεωρώντας ότι η ηλιακή ακτινοβολία είναι συμμετρική ως προς το ηλιακό μεσημέρι, τότε ο καλύτερος προσανατολισμός για ένα επίπεδο ηλιακό συλλέκτη είναι ο νότιος ($\gamma = 0$). Αποκλίσεις κατά 10° μέχρι 20° ανατολικά ή δυτικά του νότου έχουν μικρή επίδραση στην ετήσια συλλεγόμενη ηλιακή ενέργεια. Ο προσανατολισμός σ' ένα επίπεδο ηλιακό συλλέκτη θα έχει επίδραση και στο χρόνο που θα δεχθεί την ηλιακή ακτινοβολία. Έτσι ένας

συλλέκτης τοποθετημένος νοτιοανατολικά, θα δεχθεί το μεγαλύτερο ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας τις πρωινές ώρες.



Εικόνα 15 Μέση ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία ανά μήνα, που δέχεται οριζόντια επιφάνεια και τέσσερις κάθετες επιφάνειες διαφορετικού προσανατολισμού για $\varphi = 38^\circ$

Στο σχήμα 15 παρουσιάζεται η μέση ημερήσια ολική ηλιακή ακτινοβολία ανά μήνα, που δέχεται οριζόντια επιφάνεια και τέσσερις κάθετες επιφάνειες, με προσανατολισμό νότιο, ανατολικό, βόρειο και δυτικό. Ένα χαρακτηριστικό που παρουσιάζει το σχήμα αυτό είναι ότι όλες οι καμπύλες εκτός εκείνης της νότιας επιφάνειας έχουν ένα μέγιστο που αντιστοιχεί στο θερινό ηλιοστάσιο, ενώ της νότιας έχει δυο μέγιστα που αντιστοιχούν στην εαρινή και την φθινοπωρινή ισημερία. Επίσης από το διάγραμμα παρατηρείται ότι τους χειμερινούς μήνες η νότια επιφάνεια θα δεχθεί τα μεγαλύτερα ποσά ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ τους καλοκαιρινούς μήνες η οριζόντια επιφάνεια υπερτερεί όλων.

Οι μεγάλες τιμές του ύψους του ήλιου κατά την θερινή περίοδο δικαιολογούν τη μορφή της καμπύλης που αναφέρεται στην οριζόντια επιφάνεια ενώ ο συνδυασμός του μικρού ύψους του ήλιου με την μεγάλη διάρκεια του ημερήσιου τόξου του, δίνουν τα δύο μέγιστα στις ισημερίες.

Επίσης το πολύ μικρό ύψος του ήλιου σε συνδυασμό με το μικρό ημερήσιο τόξο του, έχουν σαν αποτέλεσμα η νότια επιφάνεια να υπερτερεί έναντι όλων των άλλων κατά την χειμερινή περίοδο.

Ο εμπειρικός κανόνας που αναφέρθηκε παραπάνω για την κλίση των ηλιακών συλλεκτών, δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα όταν εφαρμοσθεί σε μικρές ηλιακές εγκαταστάσεις. Στην περίπτωση όμως μεγάλων ηλιακών εγκαταστάσεων ακόμα και μία μικρή μεταβολή στην κλίση αντιστοιχεί σε μεγάλα ποσά θερμότητας. Επίσης στα Φ/Β συστήματα που το κόστος των Φ/Β πλαισίων είναι υψηλό, θα πρέπει να μελετηθεί η βέλτιστη κλίση τους για την συγκεκριμένη εφαρμογή. Έτσι αν οι ηλιακοί συλλέκτες χρησιμοποιηθούν για θέρμανση χώρων, τότε θα πρέπει η βέλτιστη κλίση τους να είναι για την χειμερινή περίοδο, ενώ όταν χρησιμοποιηθούν για δροσισμό π.χ. μέσω μιας ψυκτικής συσκευής απορρόφησης, τότε θα πρέπει η βέλτιστη κλίση τους να είναι για την θερινή περίοδο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

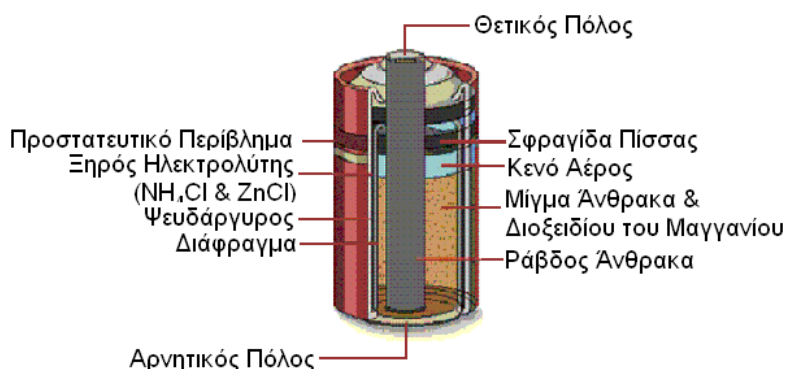
ΣΥΣΩΡΕΥΤΕΣ

ΓΕΝΙΚΑ

Οι επιστήμονες Luigi Galvani και Alessandro Cont di Volta ήταν οι πρώτοι που παρατήρησαν τα ηλεκτρικά φαινόμενα και τις επιπτώσεις τους στους οργανισμούς. Επιπλέον, ο Volta κατασκεύασε την πρώτη μπαταρία, από πλάκες ψευδαργύρου και χαλκού.

Το 1938 ο Γερμανός αρχαιολόγος Wilhem Konig ανακάλυψε μία κατασκευή παρόμοια με την μπαταρία στην Βαγδάτη. Η κατασκευή είχε το μέγεθος μίας γροθιάς και ήταν φτιαγμένη από πηλό. Δεν έχει αποδειχθεί όμως ότι ήταν όντως μία πρωτόγονη μπαταρία

Μία μπαταρία αποτελείται από ένα ή περισσότερα ηλεκτρικά στοιχεία. Ένα ηλεκτρικό στοιχείο αποτελείται από δύο πλάκες φτιαγμένες από διαφορετικά μέταλλα, βουτηγμένες σε υγρό που επιτρέπει την ροή ρεύματος (ηλεκτρολύτης). Οι μεταλλικές πλάκες αντιδρούν χημικά με τον ηλεκτρολύτη και αν τα συνδέσουμε με αγωγό, θα έχουμε την ροή ηλεκτρικού ρεύματος.



Σε μια σύγχρονη μπαταρία τα μέταλλα αυτά είναι συνήθως ψευδάργυρος και χαλκός.

ΕΙΔΗ ΜΠΑΤΑΡΙΑΣ

- Πρωτογενείς (μίας χρήσεως)
Θα αναφερθούν 7 είδη

- Δευτερογενείς (επαναφορτιζόμενες)
Θα αναφερθούν 3 είδη

ΠΡΩΤΟΓΕΝΕΙΣ (ΜΙΑΣ ΧΡΗΣΕΩΣ)

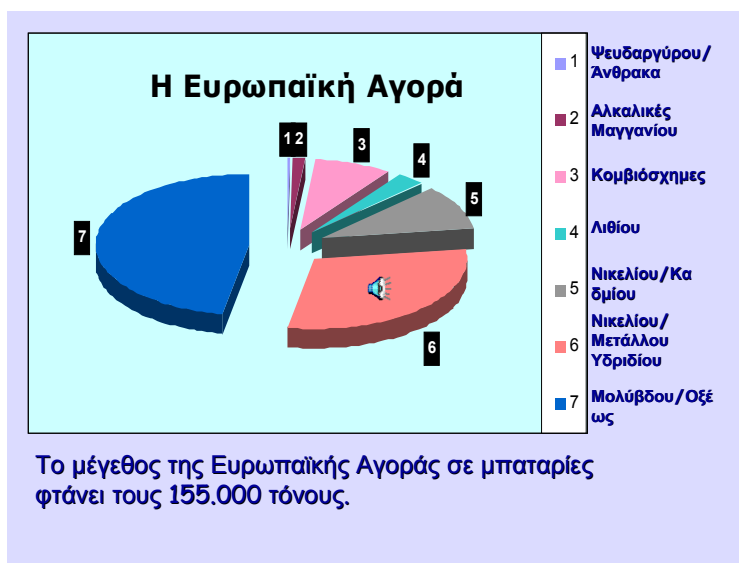
Οι πρωτογενείς μπαταρίες, είναι οι μη επαναφορτιζόμενες μπαταρίες. Αυτές είναι οι:

1. Ψευδαργύρου/ Άνθρακα: οι γνωστές σε όλους απλές μπαταρίες.
2. Ψευδαργύρου/ Χλωριδίου: οι απλές μπαταρίες μεγάλης διάρκειας (heavy duty).
3. Αλκαλικές Μαγγανίου: οι γνωστές αλκαλικές μπαταρίες, με μεγαλύτερη διάρκεια ζωής από τις παραπάνω μπαταρίες.
4. Λιθίου: μεγάλης διάρκειας ζωής, χρησιμοποιούνται κυρίως σε φωτογραφικό εξοπλισμό και στα κινητά τηλέφωνα.
5. Ψευδαργύρου – αέρα: κομβιόσχημες, χρησιμοποιούν αέρα για αρνητικό πόλο.
6. Αργύρου: συνήθως κομβιόσχημες, χρησιμοποιούνται σε ρολόγια.
7. Υδραργύρου: χρησιμοποιούνται σε ιατρικές συσκευές όπως ακουστικά βαρηκοΐας. Όμως ο υδράργυρος είναι βλαβερός και γι αυτό γίνεται προσπάθεια να περιοριστεί η χρήση τους.

ΔΕΥΤΕΡΟΓΕΝΕΙΣ (ΕΠΑΝΑΦΟΡΤΙΖΟΜΕΝΕΣ)

Αυτές είναι οι:

1. **Σύστημα Νικελίου/Καδμίου**: Οι πρώτες επαναφορτιζόμενες μπαταρίες που φτιάχτηκαν ποτέ. Δυστυχώς το κάδμιο είναι βλαβερό. Έτσι γίνονται προσπάθειες να απομακρυνθεί αυτό το είδος από την αγορά.
2. **Σύστημα Νικελίου/Μετάλλου υδριδίου**: Φιλικότερες στο περιβάλλον από τις Νικελίου Καδμίου και με μεγαλύτερη διάρκεια ζωής. Τείνουν να τις αντικαταστήσουν.
3. **Σύστημα Μολύβδου**: Η ανακάλυψή τους έφερε την επανάσταση στην αυτοκινητοβιομηχανία. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν όλες οι μπαταρίες αυτοκινήτων. Δυστυχώς ο μόλυβδος είναι επίσης βλαβερός για το περιβάλλον. Γι αυτό οι μπαταρίες αυτοκινήτων συλλέγονται και ανακυκλώνονται.



ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΑ ΓΙΑ ΤΟΥ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΕΣ

Η μπαταρία είναι μια συσκευή η οποία αποθηκεύει χημική ενέργεια και την αποδεσμεύει με τη μορφή ηλεκτρισμού. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται ηλεκτροχημικές διατάξεις όπως η γαλβανική στήλη. Ο συσσωρευτής στην ηλεκτρολογία είναι χημική πηγή ρεύματος, ικανή να αποθηκεύσει ηλεκτρική ενέργεια (αφού τη μετατρέψει σε χημική) και όταν χρειαστεί, να την αποδώσει σε εξωτερικό κύκλωμα. Αποτελείται από δοχείο κατασκευασμένο από μονωτικό υλικό (εβονίτη, πλαστικό, γυαλί) με ηλεκτρολύτη (οξύ ή αλκάλιο), στο οποίο βυθίζονται τα ηλεκτρόδια. Η σύνδεσή τους σε εξωτερικό κύκλωμα προκαλεί σε αυτό διέλευση ρεύματος (εκφόρτιση του ηλεκτρικού συσσωρευτή). Έτσι, στον ηλεκτρικό συσσωρευτή γίνονται χημικές διεργασίες, που έχουν σχέση με τη μετατροπή της χημικής ενέργειας σε ηλεκτρική.

Ο εκφορτισμένος ηλεκτρικός συσσωρευτής φορτίζεται όταν περάσει από αυτόν συνεχές ρεύμα από άλλη πηγή, ενώ ταυτόχρονα στον ηλεκτρικό συσσωρευτή γίνονται αντίστροφες χημικές διεργασίες, με τις οποίες η ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται σε χημική. Ο ηλεκτρικός συσσωρευτής χαρακτηρίζεται: από τη χωρητικότητα, δηλ. την ποσότητα του ηλεκτρισμού σε αμπερώρια, που μπορεί ο συσσωρευτής να δώσει στο κύκλωμα που τροφοδοτεί, από τη μέση τάση σε Volt κατά το χρόνο της φόρτισης και εκφόρτισης, από την ειδική ενέργεια κατά βάρος και όγκο, δηλ. την ενέργεια σε βατώρια που παρέχεται κατά την εκφόρτιση από 1 kg βάρους ή 1 δεκατόμετρο του όγκου του ηλεκτρικού συσσωρευτή, από την απόδοση κατά χωρητικότητα,

δηλ. το λόγο της ποσότητας των αμπερωρίων που αποδίδεται κατά την εκφόρτιση προς την ποσότητα των αμπερωρίων που απορροφάται κατά τη φόρτιση, από την απόδοση κατά ενέργεια (ή βαθμό απόδοσης), δηλ. το λόγο της ενέργειας που αποδίδεται κατά την εκφόρτιση προς την ενέργεια που απορροφάται κατά τη φόρτιση. Υπάρχουν ηλεκτρικοί συσσωρευτές σε μόνιμη εγκατάσταση (για τις ανάγκες των ηλεκτρικών σταθμών, των τηλεφωνικών και τηλεγραφικών σταθμών, των ραδιοσταθμών κ.ά.) και φορητοί (για τροφοδότηση κινητών ραδιοσυσκευών και συσκευών ενσύρματης τηλεπικοινωνίας, αυτοκινήτων, αεροπλάνων κ.ά.).

Ευρεία χρήση έχουν (κυρίως σε μόνιμες εγκαταστάσεις) οι ηλεκτρικοί συσσωρευτές μολυβδου - οξέος, στους οποίους σαν ηλεκτρολύτης χρησιμοποιείται διάλυμα θεικού οξέος με πυκνότητα 1,18- 1,29 gr/cm³ και σαν ηλεκτρολύτες διοξείδιο του μολυβδου PbO₂ και σπογγώδης μολυβδος. Κατά την εκφόρτιση γίνεται η αντίδραση:

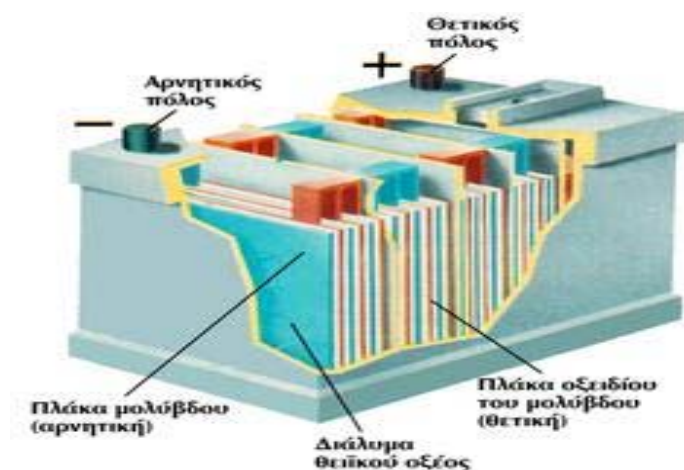


ενώ η τάση και η πυκνότητα του ηλεκτρολύτη ελαττώνονται. Οι μέσες τάσεις είναι: κατά την εκφόρτιση 1,98 V και κατά τη φόρτιση 2,4 V. Σαν φορητοί ηλεκτρικοί συσσωρευτές, χρησιμοποιούνται συχνό οι αλκαλικοί συσσωρευτές, που έχουν μεγαλύτερη μηχανική αντοχή. Αυτοί δεν έχουν κατά τη λειτουργία επιζήμιες εξατμίσεις και είναι απλούστεροι στη χρησιμοποίησή τους από τους ηλεκτρικούς συσσωρευτές οξέος. ελαίου, στους οποίους σαν ηλεκτρολύτης χρησιμοποιείται διάλυμα καυστικού καλίου, σαν θετικό ηλεκτρόδιο οξείδια νικελίου σε μείγμα με γραφίτη και σαν αρνητικό ηλεκτρόδιο ρινίσματα σιδήρου ή καδμίου σε μείγμα με σπογγώδη σίδηρο. Οι μέσες τάσεις φόρτισης είναι αντίστοιχα: 1,74 V και 1,65 V. Στα αεροπλάνα χρησιμοποιούνται πολύ οι αλκαλικοί ηλεκτρικοί συσσωρευτές αργυροψευδάργυρου και άργυρο-καδμίου. Τα πλεονεκτήματά τους είναι η μεγάλη ειδική ενέργεια και η ικανότητα να λειτουργούν σε ερμητικά κιβώτια και σε ύψος (με χαμηλή θερμοκρασία και πίεση). Το μειονέκτημά τους είναι ότι έχουν κόστος 4-10 φορές μεγαλύτερο από τους ηλεκτρικούς συσσωρευτές μολυβδου-οξέος. Οι αλκαλικοί ηλεκτρικοί συσσωρευτές χρησιμοποιούνται επίσης, σε όργανα βαρηκοΐας κ.α. Για τη λήψη μεγάλων τάσεων και ρευμάτων οι ηλεκτρικοί συσσωρευτές συνδέονται σε συστοιχίες.

Στα αυτοκίνητα ο συσσωρευτής χρησιμεύει για την εναποθήκευση του ηλεκτρικού ρεύματος που προέρχεται από τη δυναμομηχανή (δυναμό) και τη διανομή του στη συνέχεια στις διάφορες

συσκευές της ηλεκτρικής εγκατάστασης του οχήματος. Μεταξύ του δυναμό και του συσσωρευτή παρεμβάλλεται αυτόματος διακόπτης, ο οποίος παρεμποδίζει την εκφόρτιση του συσσωρευτή προς το δυναμό όταν ο κινητήρας εργάζεται στο ρελαντί ή δεν εργάζεται.

Στην αστροναυτική οι συσσωρευτές τεχνητών δορυφόρων, πρέπει να έχουν μεγάλη χωρητικότητα, μικρό βάρος, αντοχή στις επιταχύνσεις και τους κλυδωνισμούς. Τις καλύτερες προϋποθέσεις προς αυτή την κατεύθυνση συγκεντρώνουν οι αλκαλικοί συσσωρευτές νικελ-καδμίου ή αργύρου- ψευδάργυρου. Οι πρώτοι έχουν ως θετικό ηλεκτρόδιο πλάκες από νικελ και αρνητικό πλάκες καδμίου και σιδήρου. Οι δεύτεροι ως θετικό ηλεκτρόδιο έχουν άργυρο σε σκόνη και ως αρνητικό ψευδάργυρο. Η ανάγκη εφοδιασμού των διαστημικών σκαφών με πηγές ενέργειας διαρκέστερες και ελαφρότερες λύθηκε με τα Φ/Β στοιχεία .



Εικόνα 16, Μπαταρία μολύβδου με υγρούς ηλεκτρολύτες

Στην παραπάνω εικόνα(16) βλέπουμε σε τομή μια μπαταρία στην οποία παρατηρούμε:

- Το κέλυφος
- Τις πλάκες εσωτερικά θετικές και αρνητικές από μολύβδο και οξείδιο του Μολύβδου
- Διαχωριστικές πλάκες από συνθετικό υλικό
- Τον ηλεκτρολύτη, διάλυμα θειικού οξέος σε νερό

- Τους πόλους από μόλυβδο, Οι πόλοι είναι τα σημεία σύνδεσης της μπαταρίας με τα φορτία.

Κατά την κανονική λειτουργία, από χημική αντίδραση του θεικού οξέος με τα μολύβδινα στοιχεία παράγεται μικρή ποσότητα υδρογόνου και οξυγόνου. Αυτά τα δύο αέρια που παράγονται στον ένα πόλο της μπαταρίας απορροφώνται από τις χημικές αντιδράσεις του αντιθέτου πόλου.

Εάν όμως κακομεταχειριζόμαστε την μπαταρία, η ισορροπία αυτή χαλάει, δημιουργούνται μεγάλες ποσότητες αερίων, η μπαταρία υποφέρει και λέμε τότε ότι η μπαταρία «βράζει».

ΜΠΑΤΑΡΙΕΣ ΣΤΕΓΑΝΕΣ

Σε αυτές, ο ηλεκτρολύτης είναι σε μορφή τζελ και το κιβώτιο είναι τελείως στεγανό, υπάρχει όμως μια βαλβίδα ασφαλείας για την περίπτωση που θα δημιουργηθούν πολλά αέρια. Αυτές οι μπαταρίες δεν πρέπει να ανοιχθούν ποτέ και δεν αντέχουν μεγάλες υπερφορτίσεις γιατί οι φυσαλίδες που δημιουργούνται παραμένουν μέσα και εμποδίζουν την επαφή του ηλεκτρολύτη με τις πλάκες με συνέπεια την μείωση της χωρητικότητας της μπαταρίας.

Συχνά προστίθενται διάφορες χημικές ουσίες ώστε να μετατρέπουν οι φυσαλίδες σε υγρό ώστε να ανέχονται σχετικά υπερφορτίσεις. Είναι πολύ ακριβές αλλά εάν τις μεταχειριζόμαστε καλά έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής από τις κοινές μπαταρίες Εάν όμως δεν τις προσέξουμε κρατάνε λιγότερο.

ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΙΑΣ ΜΠΑΤΑΡΙΑΣ

ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΤΑΣΗ: είναι η τάση που μπορούμε να μετρήσουμε στους πόλους με ένα βολτόμετρο και την μπαταρία χωρίς φορτία που καταναλώνουν ρεύμα.

ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ: Είναι η ποσότητα του φορτίου που η μπαταρία μπορεί να αποθηκεύσει μετριέται σε Ampere/Ωρα (Ah) σε εκφόρτιση 1 ώρας 5 ωρών, 10 ωρών ή 20 ωρών ανάλογα με τα στοιχεία που δίνει ο κατασκευαστής.

ΡΕΥΜΑ ΑΙΧΜΗΣ: είναι το μέγιστο ρεύμα που η μπαταρία μπορεί να δώσει όταν είναι κρύα για περίπου 30 δευτερόλεπτα (συνήθως αναφερόμαστε σε 0 C^0 ή -18 C^0 στις χειρότερες συνθήκες. Όσο η τιμή αυτή είναι μεγαλύτερη, τόσο η μπαταρία είναι σε θέση να τροφοδοτήσει ένα μεγάλο φορτίο κάτω από δύσκολες συνθήκες. Τέλος πρέπει να προσέξουμε και κάτι άλλο: Έστω ότι έχουμε μια μπαταρία με χωρητικότητα 120 A/h η οποία δύναται να μας δώσει συνέχεια 12 A για 10 ώρες, εάν όμως ζητήσουμε να πάρουμε πολύ περισσότερο ρεύμα διαπιστώνουμε ότι δεν τηρείται η αναλογία και η μπαταρία συμπεριφέρεται σαν να έχει μικρότερη χωρητικότητα από την ονομαστική. Αυτό συμβαίνει γιατί υπεισέρχονται εσωτερικές απώλειες.

ΓΙΑΤΙ ΜΙΑ ΜΠΑΤΑΡΙΑ ΚΑΤΑΣΤΡΕΦΕΤΑΙ Ή ΓΕΡΝΑΕΙ

Εάν αφήσουμε μια μπαταρία για μεγάλο χρονικό διάστημα άδεια ή λίγο φορτισμένη τότε μια χημική αντίδραση στις πλάκες σχηματίζει οξειδία του μολύβδου, κρυσταλλικά και αδιάλυτα (είναι αυτή η άσπρη σκόνη που συχνά βλέπουμε στους πόλους των μπαταριών εάν δεν προσέχουμε να διατηρούνται καθαροί). Αυτή η ουσία γεμίζει σταδιακά την επιφάνια των μολύβδινων πλακών και εμποδίζει της χημικές αντιδράσεις που αποθηκεύουν ή προσφέρουν ενέργεια.

Λόγω της διαλυτότητας του μολύβδου στο νερό και άλλων παραγόντων (διάφορες ακαθαρσίες στο διάλυμα κλπ) η μπαταρία χάνει σιγά-σιγά την αποθηκευμένη ενέργεια ώσπου αδειάζει τελείως. Η διαρροή μπορεί να είναι από 1% έως 10% τον μήνα. Περισσότερο υποφέρουν οι μπαταρίες που χρησιμεύουν για την εκκίνηση κινητήρων, αλλά το αυτόματο άδειασμα εξαρτάται από την θερμοκρασία πχ μια μπαταρία στους 38 βαθμούς σε ένα μήνα χάνει περίπου ένα 7% στους 27 βαθμούς 5% ενώ στους 10 βαθμούς μόνο 1% Για τον λόγο αυτό θα πρέπει να φορτίζουμε την μπαταρία μια φορά τον μήνα όταν δεν την χρησιμοποιούμε ώστε να είναι φορτισμένη πάνω από το 80%.

Οι πλάκες του μολύβδου είναι κατασκευασμένες με σειρές από τετράγωνα εσοχές (κυψέλες) μέσα στις οποίες πρεσάρονται τα οξειδία του μολύβδου. Με αυτό τον τρόπο οι μπαταρίες γίνονται πιο ελαφριές αλλά και η επιφάνεια των πλακών με τον ηλεκτρολύτη μεγαλώνει και κατά συνέπεια και η χωρητικότητα. Το μειονέκτημα όμως είναι ότι όταν οι μπαταρίες

κακομεταχειρίζονται τότε τα οξειδία ξεκολλούν και κάθονται στον πάτο προκαλώντας βραχυκύκλωμα μεταξύ των στοιχείων.

ΟΙ ΙΔΙΑΙΤΕΡΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΕΣ ΜΙΑΣ Φ/Β ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Μια Φ/Β εγκατάσταση έχει τις παρακάτω απαιτήσεις όσον αφορά τους συσσωρευτές:

- Οι χρησιμοποιούμενοι συσσωρευτές θα πρέπει να είναι δευτερογενείς . δηλαδή να είναι επαναφορτιζόμενοι. Αλλιώς η χρησιμότητα της εγκατάστασης ελαχιστοποιείται και βέβαια δεν υπάρχει λόγος χρήσης συσσωρευτή σε αυτή την περίπτωση.
- Οι χρησιμοποιούμενοι συσσωρευτές θα πρέπει να έχουν όσο το δυνατό μεγαλύτερη χωρητικότητα σε αμπερώρια. Ένα τέτοιο πρόβλημα είναι δυνατό να λυθεί με συστοιχίες συσσωρευτών σε κατάλληλη συνδεσμολογία. Η επιθυμητή χωρητικότητα υπολογίζεται από το σύνολο των παραμέτρων της εγκατάστασης , του φορτίου, της ηλιοφάνειας κλπ.
- Οι συσσωρευτές θα πρέπει να καλύπτουν και μια σειρά τεχνικές και κατασκευαστικές προδιαγραφές (πέρα από τις ονομαστικές τους τιμές) όπως να είναι μάλλον κλειστού τύπου, να είναι ανθεκτικοί στην διάβρωση, να απαιτούν ελάχιστη συντήρηση και να παρουσιάζουν μεγάλα διαστήματα χωρίς βλάβες (MTBF: Mean Time Between Failures)κλπ. Τα παραπάνω έχουν ιδιαίτερη σημασία σε περιπτώσεις απομακρυσμένων εγκαταστάσεων, σε περιβάλλον έντονης διάβρωσης –όπως είναι το θαλάσσιο περιβάλλον στην περίπτωση της κατασκευής αυτής εδώ της εργασίας.

Μια από τις σημαντικότερες παραμέτρους που πρέπει να το πάρουμε υπόψη μας όταν εγκαθιστούμε τέτοια συστήματα σε θαλάσσιο περιβάλλον είναι το θέμα της υγρασίας, καθώς η υγρασία που μπορεί να προκαλέσει φθορές σε σημεία επαφών μεταξύ ακροδεκτών. Για τον λόγο αυτό θα πρέπει οι επαφές των πόλων με τους ακροδέκτες να είναι καλυμμένες με κατάλληλα υλικά (για παράδειγμα γράσο ή σιλικόνη ή πίσσα) .

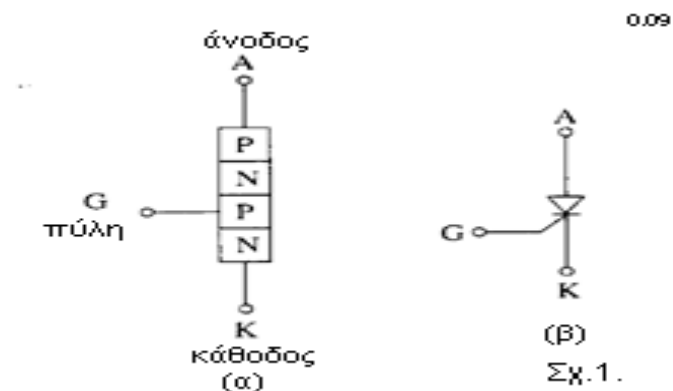
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Φ/Β ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΙ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ ΑΠΟ ΣΥΝΕΧΕΣ ΣΕ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟ (DC/AC): ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΙΣ (INVERTERS)

THYRISTOR (SCR)

ΓΕΝΙΚΑ

Το thyristor είναι ημιαγωγός ισχύος τεσσάρων στρωμάτων PNPN ο οποίος χρησιμοποιείται σαν ηλεκτρονικός διακόπτης. Είναι ο πλέον δημοφιλής ελεγκτής ισχύος διότι συνδυάζει υψηλή ταχύτητα μεταγωγής, μεγάλες τάσεις και μεγάλα ρεύματα λειτουργίας και μικρό μέγεθος - κόστος.



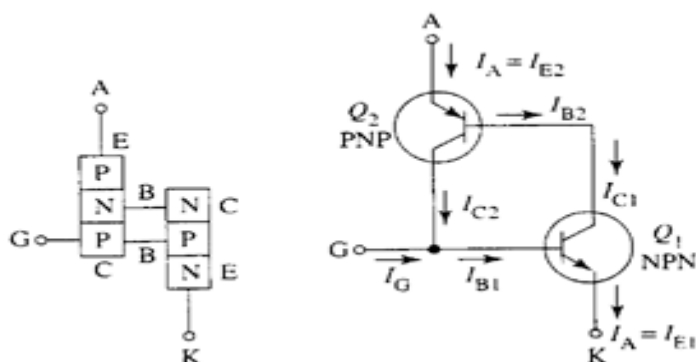
Εικόνα 17 σχήμα 4.1 Η δομή ενός thyristor καθώς και το σύμβολό του

Η δομή ενός thyristor καθώς και το σύμβολό του φαίνονται στο σχήμα 1.

Το thyristor έχει τρεις ακροδέκτες την άνοδο A, την κάθοδο K που είναι και οι ακροδέκτες ισχύος και την πύλη G που είναι ο ακροδέκτης ελέγχου. Για να γίνει αγωγίμο το thyristor αρκεί η άνοδος να είναι πλέον θετική της καθόδου και μία θετική τάση, σε σχέση με την κάθοδο, να δημιουργήσει κατάλληλου πλάτους ρεύμα πύλης i_G .

Το thyristor δεν μπορεί να έλθει σε αποκοπή με χρήση της πύλης. Η αγωγιμότητα του thyristor σταματά μόνο αν μηδενισθεί το ρεύμα μέσα από αυτό. Βεβαίως με ανάστροφη πόλωση το thyristor δεν γίνεται σε καμία περίπτωση αγωγίμο.

ΙΣΟΔΥΝΑΜΟ SCR



Εικόνα 18 Σχήμα 4.2: ισοδύναμο μοντέλο ενός SCR

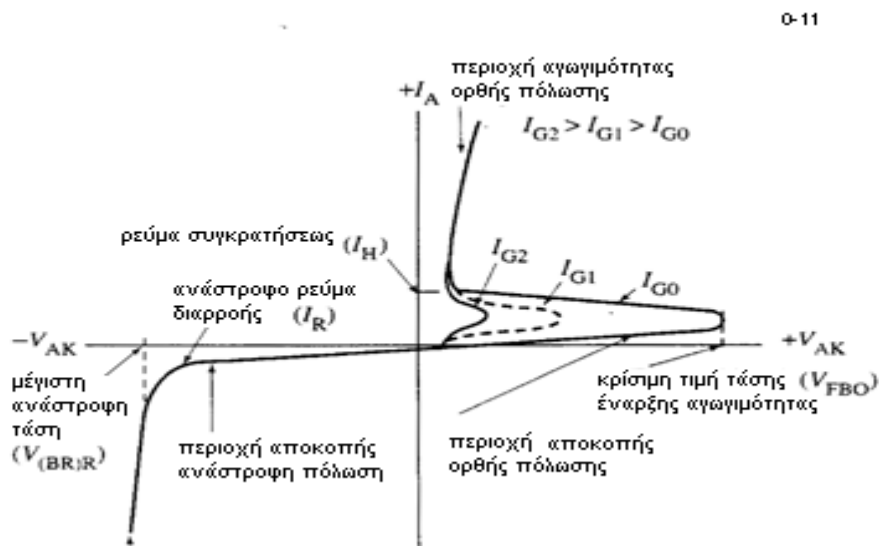
Ένα ισοδύναμο μοντέλο ενός SCR, με το οποίο γίνεται κατανοητή η λειτουργία του και ο τρόπος δράσεως της θετικής ανασύζευξης, είναι αυτό με τα δύο transistor, σχήμα 2.

Το SCR μπορεί να εξομοιωθεί με δύο διαφορετικά συμπληρωματικά transistor ένα NPN (Q_1) και ένα PNP (Q_2). Ο συλλέκτης του Q_1 είναι και βάση του Q_2 και η βάση του Q_1 είναι συλλέκτης του Q_2 . Αν εφαρμοστεί μία θετική τάση στο ισοδύναμο ακροδέκτη της πύλης τότε το transistor Q_1 γίνεται αγώγιμο. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να δημιουργηθεί ένα ρεύμα συλλέκτη σε αυτό, το οποίο είναι και ρεύμα βάσης για το Q_2 . Εφ' όσον η ισοδύναμη άνοδος είναι θετικότερη της αντίστοιχης καθόδου το transistor Q_1 γίνεται αγώγιμο. Το ρεύμα συλλέκτη του τελευταίου είναι και ρεύμα βάσης του Q_1 . Αυτό συντηρεί την διαδικασία (κατάσταση συγκράτησης) και φέρνει τα δύο transistor σε κατάσταση κόρου. Αν απομακρύνουμε την τάση της ισοδύναμης πύλης, το ισοδύναμο SCR δεν θα έλθει σε αποκοπή. Αυτό είναι αποτέλεσμα της θετικής ανατροφοδότησης που δημιουργείται μεταξύ των δύο transistor. Ο μοναδικός τρόπος να πάψει η αγωγιμότητα του ισοδύναμου SCR είναι να διακοπεί το ρεύμα μέσα από αυτό. (διακοπή της θετικής ανατροφοδότησης).

Είναι σημαντικό να γνωρίζουμε ότι ένας μικρού πλάτους και μικρής διάρκειας θετικός παλμός στην πύλη του SCR είναι ικανός να το φέρει σε αγωγιμότητα. Από την στιγμή που το SCR γίνει αγώγιμο ο παλμός αυτός δεν έχει καμία χρησιμότητα και μπορεί να απομακρυνθεί.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΤΟΥ SCR

Η χαρακτηριστική τάσεως ρεύματος ενός τυπικού SCR φαίνεται στο σχήμα 3.



Εικόνα 19 Σχήμα 4.3 Η χαρακτηριστική τάσεως ρεύματος ενός τυπικού SCR

Όταν το SCR είναι ορθά πολωμένο, διαρρέεται από ένα μικρό ρεύμα που ονομάζεται off state current. Η περιοχή αυτή της χαρακτηριστικής είναι γνωστή σαν περιοχή αποκοπής ορθής πόλωσης. Αν η τάση ανόδου καθόδου σε αυτή την κατάσταση αυξηθεί πάνω από μία κρίσιμη τιμή που καλείται forward breakover voltage, το SCR γίνεται αγωγίμο. Η τάση στα άκρα του SCR όταν αυτό γίνει αγωγίμο ελαχιστοποιείται και ονομάζεται on-state voltage (1-3 V), και το ρεύμα μέσα από αυτό αυξάνει απότομα, και περιορίζεται μόνο από στοιχεία που έχουν τοποθετηθεί σε σειρά στο εξωτερικό κύκλωμα.

Παρατηρούμε από τη χαρακτηριστική είναι ότι η τάση V_{FBO} εξαρτάται από την στάθμη του ρεύματος πύλης. Αν η επαφή πύλης καθόδου είναι ορθά πολωμένη, το SCR γίνεται αγωγίμο για μικρότερη τάση ανόδου καθόδου σε σχέση με αυτή που απαιτείται όταν το ρεύμα πύλης είναι μηδενικό.

Η ανάστροφη χαρακτηριστική του SCR είναι όμοια με την τυπική χαρακτηριστική μιας διόδου επαφής PN.

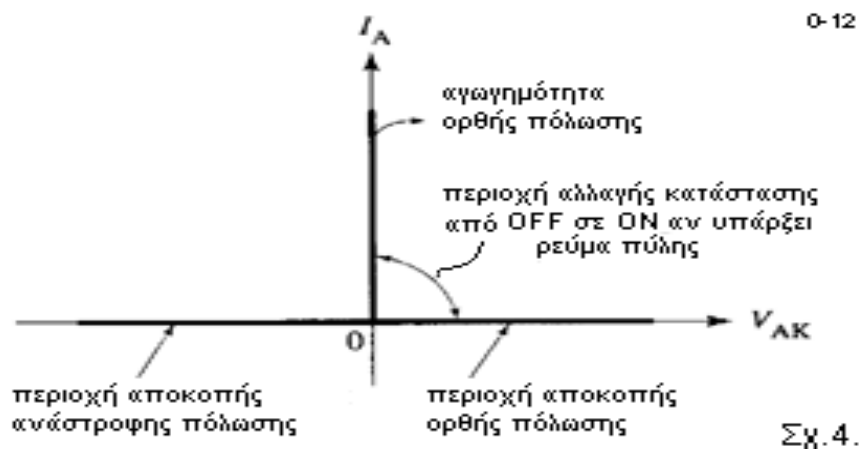
Από την στιγμή που το SCR γίνει αγώγιμο, η πύλη παύει να έχει τον έλεγχο, γεγονός που σημαίνει ότι και να μειωθεί το ρεύμα της στο μηδέν, το SCR παραμένει αγώγιμο. Το SCR μπορεί να έλθει σε αποκοπή είτε απομακρύνοντας την πηγή τροφοδοσίας είτε αν μειωθεί το ρεύμα ανόδου (εξωτερικά) και πάρει τιμή μικρότερη από το ρεύμα συγκρατήσεως του SCR. Αν η πηγή είναι AC το SCR πολώνεται ανάστροφα κατά την αρνητική ημιπερίοδο και έτσι αυτό αποκόπτεται "φυσικά".

ΙΔΕΩΔΗΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗ

Η λειτουργία του SCR μπορεί να περιγραφεί με βάση την ιδανική χαρακτηριστική που φαίνεται στο σχήμα 4.

Αυτή έχει τρεις βασικές περιοχές λειτουργίας.

- α) Την περιοχή ορθής πόλωσης (αποκοπής)
- β) την περιοχή αγωγιμότητας και
- γ) την περιοχή ανάστροφης πόλωσης.



Εικόνα 20 ,Σχήμα 4.4: Ιδανική χαρακτηριστική

Το σήμα πύλης κάνει το SCR αγώγιμο. Η ιδανική χαρακτηριστική του SCR που βρίσκεται σε αγωγιμότητα μοιάζει με αυτή της διόδου επαφής.

ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΟΥ SCR

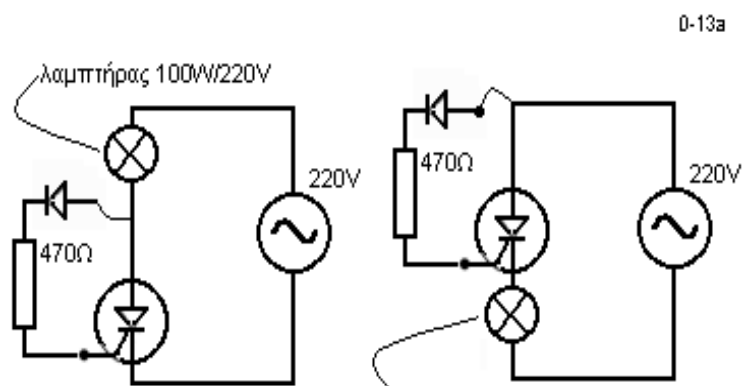
Ένα SCR μπορεί να ελεγχθεί με πολλούς τρόπους. Στην συνέχεια αναφέρουμε τον έλεγχο με την χρήση ωμομέτρου. Συνδέουμε το θετικό ακροδέκτη του ωμομέτρου στην άνοδο του SCR και τον αρνητικό ακροδέκτη στην κάθοδο .

Η ένδειξη του ωμομέτρου είναι της τάξεως των εκατοντάδων $K\Omega$ και αυτό διότι το SCR είναι σε αποκοπή. Κατόπιν βραχυκυκλώνουμε την άνοδο με την πύλη οπότε το SCR γίνεται αγώγιμο και η ένδειξη του ωμομέτρου γίνεται πολύ μικρή της τάξεως των Ohm . Απομακρύνοντας το βραχυκύκλωμα μεταξύ ανόδου και πύλης, το SCR πρέπει να παραμείνει αγώγιμο και η ένδειξη του ωμομέτρου χαμηλή.

Αν η ένδειξη του ωμομέτρου είναι μικρή πριν συνδεθεί η πύλη στην άνοδο τότε το SCR είναι βραχυκυκλωμένο.(ένδειξη ότι έχει καταστραφεί από υπερένταση). Αν μετά την σύνδεση της πύλης με την άνοδο το SCR παραμένει σε αποκοπή, ένδειξη ωμομέτρου πολύ μεγάλη, τότε και πάλι είναι κατεστραμμένο αυτό.(ένδειξη ότι έχει καταστραφεί από υπέρταση).

Ο προηγούμενος τρόπος ελέγχου ενδείκνυται για SCR μέχρι 20A.Προσοχή απαιτείται στον έλεγχο SCR χαμηλής ισχύος 0,5A διότι μπορεί να καταστραφούν.

Για έλεγχο μεγάλης ισχύος SCR χρησιμοποιούνται στην πράξη τα κυκλώματα του σχήματος 4.5.



Εικόνα 21 Σχήμα 4.5: έλεγχος μεγάλης ισχύος SCR

INVERTERS ΓΕΝΙΚΑ

Οι μετατροπείς από DC σε AC είναι γνωστοί με το όνομα αντιστροφείς (inverters). Ο σκοπός αυτών των διατάξεων είναι να μετατρέπουν την DC ισχύ εισόδου σε AC ισχύ εξόδου

επιθυμητής τιμής τάσης, ρεύματος και συχνότητας. Η τάση εξόδου μπορεί να είναι σταθερή ή μεταβλητή, με σταθερή ή μεταβλητή συχνότητα. Μεταβλητή τάση στην έξοδο μπορούμε να έχουμε μεταβάλλοντας την τάση εισόδου και διατηρώντας το κέρδος του inverter (λόγος της AC τάσης εξόδου προς την DC τάση εισόδου) σταθερό. Απ' την άλλη μεριά, αν η DC τάση εισόδου είναι σταθερή και δεν ρυθμίζεται, τότε μπορούμε να έχουμε μεταβλητή τάση εξόδου μεταβάλλοντας το κέρδος του inverter, το οποίο συνήθως το επιτυγχάνεται με έλεγχο PWM.

Η μορφή της τάσης εξόδου σε έναν ιδανικό inverter πρέπει να είναι ημιτονοειδής. Στην πράξη όμως αυτό δεν συμβαίνει απόλυτα, με αποτέλεσμα την ύπαρξη αρμονικών οι οποίες προφανώς μειώνουν την απόδοση και τις χαρακτηριστικές επιδόσεις του μετατροπέα. Σε εφαρμογές χαμηλής και μέσης ισχύος, τετραγωνικές ή περίπου τετραγωνικές κυματομορφές τάσης μπορεί να γίνουν δεκτές. Σε μεγάλης ισχύος εφαρμογές απαιτούνται ημιτονοειδείς κυματομορφές χαμηλής παραμόρφωσης.

Οι inverters χρησιμοποιούνται ευρύτατα σε βιομηχανικές εφαρμογές σε συστήματα οδήγησης (ac drives) μηχανών εναλλασσομένου ρεύματος, τροφοδοτικά ισχύος και βέβαια όπως στην περίπτωση την οποία μελετάμε μπορεί να είναι Φ/B σύστημα κλπ. Συνήθως η είσοδος μπορεί να είναι ένας ανορθωτής, μια μπαταρία υγρών στοιχείων, Φ/B στοιχεία, ή άλλη πηγή dc.

Οι inverters μπορούν κυρίως να ταξινομηθούν σε τρεις κατηγορίες :

INVERTERS ΣΤΑΘΕΡΗΣ ΠΗΓΗ ΤΑΣΗΣ (VSD):

Στην περίπτωση αυτή, η dc τάση εισόδου είναι σταθερή, ανεξάρτητη από το ρεύμα φορτίου. Η τάση στην έξοδο καθορίζεται από τον inverter, ενώ η μορφή του ρεύματος εξαρτάται από το είδος του φορτίου.

1. Μονοφασικός inverter τύπου ημι-γέφυρας
2. Μονοφασικός inverter τύπου γέφυρας
 - α) Τετραγωνικού κύματος (square wave output)
 - β) Ημι-τετραγωνικού κύματος (quasi-square wave output)

3. Τριφασικός inverter τύπου γέφυρας

α) αγωγή κάθε διακόπτη για 180°

β) αγωγή κάθε διακόπτη για 120°

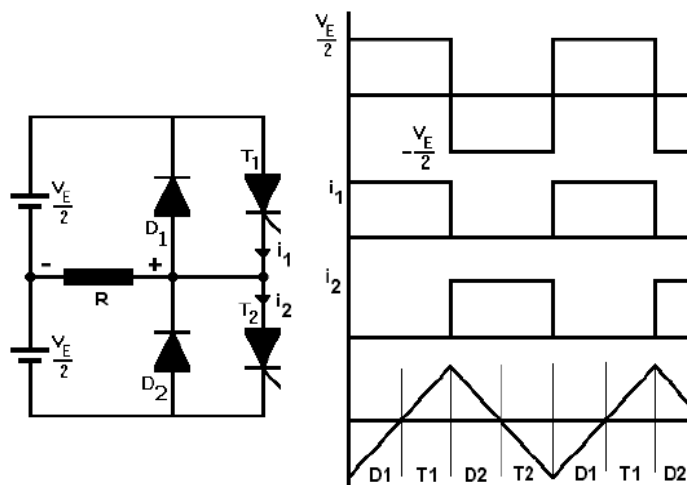
INVERTERS ΣΤΑΘΕΡΗΣ ΠΗΓΗΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ (CSI):

Η αυτεπαγωγή σε σειρά με την τροφοδοσία είναι τόσο μεγάλη που διατηρεί το ρεύμα εισόδου σταθερό. Το ρεύμα στην έξοδο καθορίζεται από τον inverter, ενώ η τάση εξαρτάται από το είδος του φορτίου.

INVERTERS DC ΖΕΥΞΗΣ (DC LINK):

Είναι διατάξεις μετατροπής δύο βαθμίδων. Η εναλλασσόμενη τάση του δικτύου μετατρέπεται σε συνεχή μέσω ανορθωτή. Η ανορθωμένη τάση μετατρέπεται πάλι σε εναλλασσόμενη μέσω inverter με δυνατότητα ρύθμισης της συχνότητας. Για την ανόρθωση χρησιμοποιείται ελεγχόμενος ανορθωτής, ο οποίος τροφοδοτεί τον inverter με μεταβλητή συνεχή τάση. Εάν ο ανορθωτής είναι μη ελεγχόμενος (μόνο δίοδοι) η ρύθμιση της τάσης γίνεται τότε από τον ίδιο τον inverter ή υπάρχει μια ενδιάμεση βαθμίδα chopper μεταξύ ανορθωτή και inverter. Ο inverter μπορεί να είναι είτε σταθερής πηγής τάσης (VFI) ή σταθερής πηγής ρεύματος (CFI).

ΜΟΝΟΦΑΣΙΚΟΣ INVERTER ΤΥΠΟΥ ΗΜΙΓΕΦΥΡΑΣ



Εικόνα 22 Σχήμα 4.6: Μονοφασικός inverter με τοπολογία ημι-γέφυρας

Ο αναστροφέας αυτός απαιτεί DC πηγή τριών καλωδίων. Σε κάθε θυρίστορ, όταν αυτό είναι ON, η ανάστροφη τάση που εφαρμόζεται στα άκρα του είναι V_E . Η ενεργός τιμή της τάσης εξόδου δίνεται από την σχέση :

$$V_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \left[\int_0^{\pi} \left(\frac{V_E}{2}\right)^2 d\omega t + \int_{\pi}^{2\pi} \left(-\frac{V_E}{2}\right)^2 d\omega t \right]} = \frac{V_E}{2}$$

Σχέση (4.1)

Η στιγμιαία τιμή της τάσης στο φορτίο μπορεί να εκφραστεί σαν ανάπτυγμα σειράς Fourier ως εξής:

$$v_o(\omega t) = \sum_{n=1,2,3,\dots}^{\infty} (\alpha_n \sigma \nu n \omega t + b_n \eta \mu n \omega t)$$

$$\alpha_n = \frac{1}{\pi} \left[\int_0^{\pi} \frac{V_E}{2} \sigma \nu n \omega t d\omega t + \int_{\pi}^{2\pi} \left(-\frac{V_E}{2}\right) \sigma \nu n \omega t d\omega t \right] = 0$$

$$b_n = \frac{1}{\pi} \left[\int_0^{\pi} \frac{V_E}{2} \eta \mu n \omega t d\omega t + \int_{\pi}^{2\pi} \left(-\frac{V_E}{2}\right) \eta \mu n \omega t d\omega t \right] = \frac{2V_E}{n\pi} \text{ για } n=1,3,5,\dots$$

$$b_n = 0 \text{ για } n=2,4,6,\dots$$

Σχέση (4.2)

όπου $\omega=2\pi f_0$ είναι η συχνότητα της τάσης εξόδου σε rad/sec. Από τη σχέση 4.2 προκύπτει:

$$v_o(\omega t) = \sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{2V_E}{n\pi} \eta \mu n \omega t \text{ για } n=1,3,5,\dots$$

$$v_o(\omega t) = 0 \text{ για } n=2,4,6,\dots$$

Σχέση 4.3

Για $n=1$ προκύπτει η ενεργός τιμή της πρώτης αρμονικής της τάσης :

$$V_{1rms} = \frac{1}{\sqrt{2}} (\alpha_1^2 + b_1^2) = \frac{2V_E}{\sqrt{2}\pi} = 0,45V_E$$

Σχέση (4.4)

Εάν το φορτίο είναι επαγωγικό, το ρεύμα φορτίου δεν μπορεί να αλλάζει ακαριαία φορά μαζί με την τάση εξόδου. Εάν λοιπόν το T_1 σβήσει την χρονική στιγμή $t=T/2$, τότε το ρεύμα φορτίου εξακολουθεί να ρέει μέχρις ότου να μηδενιστεί μέσω της διόδου D_2 και του κάτω μισού τμήματος της DC πηγής. Παρόμοια, εάν το T_2 σβήσει την χρονική στιγμή $t=T$, τότε το ρεύμα φορτίου εξακολουθεί να ρέει μέχρις ότου να μηδενιστεί μέσω της διόδου D_1 και του πάνω μισού τμήματος της DC πηγής. Όταν οι διόδοι D_1 και D_2 άγουν, τότε ένα μέρος της αποθηκευμένης ενέργειας στην αυτεπαγωγή του φορτίου επιστρέφει στην πηγή. Στο σχήμα 4.6 φαίνεται το ρεύμα στο φορτίο και τα διαστήματα στα οποία άγουν οι διόδοι και τα θυρίστορ για καθαρά επαγωγικό φορτίο. Ας σημειωθεί ότι για καθαρά επαγωγικό φορτίο, κάθε θυρίστορ άγει μόνο για $T/2$ (ή 90°). Ανάλογα με τον συντελεστή ισχύος του φορτίου, η περίοδος αγωγής ενός θυρίστορ κυμαίνεται από 90° σε 180° . Στην πράξη αν t_q είναι ο χρόνος απόσβεσης ενός θυρίστορ, θα πρέπει οπωσδήποτε να υπάρχει μια ελάχιστη χρονική καθυστέρηση t_q , ανάμεσα στο θυρίστορ που τείνει να σβήσει και στο επόμενο που τείνει να ανάψει, διαφορετικά το αποτέλεσμα θα είναι βραχυκύκλωμα μέσω των δυο θυρίστορ. Συνεπώς η μέγιστη αγωγή ενός θυρίστορ σε χρόνο θα είναι $T/2 - t_q$. Για κύκλωμα RL το στιγμιαίο ρεύμα μπορεί να βρεθεί από την σχέση (4.5):

$$i_o = \sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{2V_E}{n\pi\sqrt{R^2 + (n\omega L)^2}} \eta \mu(n\omega t - \theta_n)$$

Σχέση (4.5)

όπου $\theta_n = \arctan(n\omega L/R)$. Αν I_{rms}^1 είναι η θεμελιώδης αρμονική του ρεύματος φορτίου, τότε η ισχύς της αρμονικής αυτής θα είναι :

$$P_1 = V_{rms1} I_{rms1} \cos\theta_1 = I_{rms1}^2 R = \left[\frac{2V_E}{\sqrt{2}\pi\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}} \right]^2 R$$

Σχέση (4.6)

Σημείωση : Στις περισσότερες εφαρμογές όπως στα συστήματα οδήγησης ηλεκτρικών μηχανών, η ισχύς εξόδου που οφείλεται στο ρεύμα της βασικής αρμονικής, είναι γενικά η ωφέλιμη ισχύς, ενώ αυτή που οφείλεται στις ανώτερες αρμονικές του ρεύματος δαπανάται ως θερμότητα και αυξάνει την θερμοκρασία φορτίου.

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Στις πρακτικές εφαρμογές, η έξοδος ενός inverters περιλαμβάνει αρμονικές και έτσι η ποιότητά του αξιολογείται συνήθως με βάση τις παρακάτω παραμέτρους λειτουργίας:

Αρμονικός συντελεστής της n-οστής αρμονικής HF_n . Ο αρμονικός συντελεστής (της n-οστής αρμονικής) ο οποίος είναι μέτρο της ατομικής συμβολής της αρμονικής , ορίζεται ως :

$$HF_n = \frac{V_n}{V_1}$$

Σχέση (4.7)

όπου V_1 είναι η ενεργός (rms) τιμή της βασικής συνιστώσας και V_n η ενεργός τιμή της n-οστής αρμονικής συνιστώσας .

Συνολική αρμονική παραμόρφωση THD . Η συνολική αρμονική παραμόρφωση , η οποία είναι το μέτρο που καθορίζει την ομοιότητα στην μορφή μεταξύ μιας οποιασδήποτε κυματομορφής και της βασικής αρμονικής συνιστώσας , ορίζεται ως:

$$THD = \frac{1}{V_1} \left(\sum_{n=2,3,\dots}^{\infty} V_n^2 \right)^{1/2}$$

Σχέση (4.8)

Συντελεστής παραμόρφωσης DF. Η THD δίνει το συνολικό αρμονικό περιεχόμενο, αλλά δεν δείχνει το επίπεδο της κάθε μιας αρμονικής συνιστώσας. Αν στην έξοδο του inverter χρησιμοποιηθεί ένα φίλτρο LC, οι αρμονικές υψηλής τάξης θα εξασθενίσουν σημαντικά. Έτσι, η γνώση της συχνότητας και του μεγέθους της κάθε αρμονικής είναι πολύ βασικό. Ο συντελεστής παραμόρφωσης δείχνει το ποσό της αρμονικής παραμόρφωσης που παραμένει σε μια συγκεκριμένη κυματομορφή, αφού οι αρμονικές αυτής της κυματομορφής υποστούν μίας δευτέρας τάξης εξασθένηση (π.χ. διαίρεση με n_2).

Χαμηλότερης τάξης αρμονική LOH. Η χαμηλότερης τάξης αρμονική είναι αυτή η αρμονική συνιστώσα της οποίας η συχνότητα είναι η πλησιέστερη στη βασική και το πλάτος της είναι μικρότερο ή ίσο με το 3% της βασικής συνιστώσας.

ΜΟΝΟΦΑΣΙΚΟΣ INVERTER ΤΥΠΟΥ ΓΕΦΥΡΑΣ ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΟΥ ΚΥΜΑΤΟΣ (SQUARE WAVE INVERTER)

Ένας μονοφασικός inverter τύπου γέφυρας φαίνεται στο σχήμα 4.7 και αποτελείται από τέσσερα thyristor σε συνδεσμολογία μονοφασικής γέφυρας. Όταν τα thyristors T_1 και T_2 ανάψουν ταυτόχρονα η τάση εισόδου V_E εμφανίζεται στα άκρα του φορτίου. Όταν τα thyristors T_3 και T_4 ανάψουν με την προϋπόθεση ότι θα σβήσουν τα T_1, T_2 , η τάση στα άκρα του φορτίου αντιστρέφεται και είναι $-V_E$. Η ενεργός (rms) τάση εξόδου μπορεί να βρεθεί από :

$$V_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \left[\int_0^{\pi} V_E^2 dt + \int_{\pi}^{2\pi} (-V_E)^2 dt \right]} = V_E$$

Σχέση

(4.9)

Η στιγμιαία τιμή της τάσης στο φορτίο εκφράζεται σαν ανάπτυγμα σειράς Fourier ως εξής:

$$a_n = \frac{1}{\pi} \left[\int_0^{\pi} V_E \sin n\omega t dt + \int_{\pi}^{2\pi} (-V_E) \sin n\omega t dt \right] = 0$$

$$b_n = \frac{1}{\pi} \left[\int_0^{\pi} V_E \cos n\omega t dt + \int_{\pi}^{2\pi} (-V_E) \cos n\omega t dt \right] = \frac{4V_E}{n\pi} \quad \text{για } n=1,3,5,\dots$$

$$b_n = 0 \quad \text{για } n=2,4,6,\dots$$

σχέση (4.11)

$$v_o(\omega t) = \sum_{n=1,2,3..}^{\infty} (a_n \cos n\omega t + b_n \sin n\omega t)$$

σχέση (4.10)

όπου :αντικαθιστώντας την 4.11 στην 4.10 προκύπτει :

$$v_o(\omega t) = \sum_{n=1,3,5..}^{\infty} \frac{4V_E}{n\pi} \sin n\omega t \quad \text{για } n = 1,3,5,\dots$$

$$v_o(\omega t) = 0 \quad \text{για } n = 2,4,6,\dots$$

σχέση (4.12)

όπου $\omega=2\pi f_0$ είναι η συχνότητα της τάσης εξόδου σε rad/sec. Για $n=1$ από την σχέση προκύπτει η ενεργός τιμή των τριών πρώτων αρμονικών της τάσης :

$$V_{1\text{rms}} = \frac{1}{\sqrt{2}}(a_1^2 + b_1^2) = \frac{4V_E}{\sqrt{2}\pi} = 0,90V_E$$

$$V_{3\text{rms}} = \frac{1}{\sqrt{2}}(a_3^2 + b_3^2) = \frac{4V_E}{3\sqrt{2}\pi} = 0,30V_E$$

σχέση (4.13)

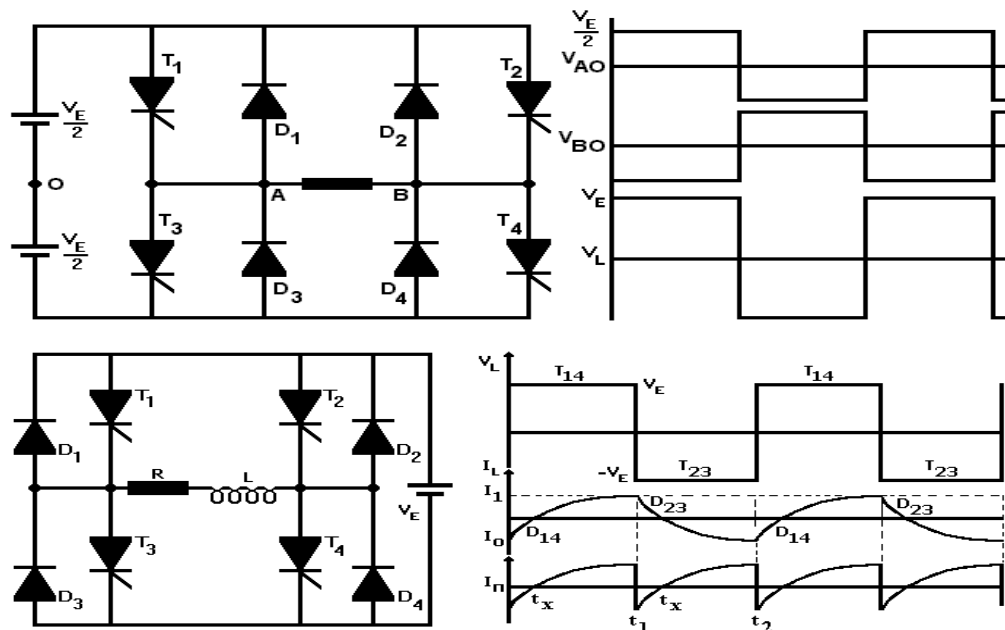
Χρησιμοποιώντας την σχ.(4.13), το στιγμιαίο ρεύμα φορτίου i_o για ωμικό – επαγωγικό φορτίο RL γίνεται :

$$i_o = \sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{4V_E}{n\pi\sqrt{R^2 + (n\omega L)^2}} \sin(n\omega t - \theta_n)$$

σχέση(4.14)

όπου $\theta_n = \tan^{-1} (n\omega L/R)$.

ΜΟΝΟΦΑΣΙΚΟΣ INVERTER ΠΛΗΡΟΥΣ ΓΕΦΥΡΑΣ ΜΕ ΦΟΡΤΙΟ ΩΜΙΚΟ-ΕΠΑΓΩΓΙΚΟ



Εικόνα 24 Σχήμα 4.7: Μονοφασικός inverter πλήρους γέφυρας με φορτίο ωμικό-επαγωγικό

Όταν τα T_1, T_4 σβήνουν, τα T_2, T_3 ανάβουν, αναστρέφοντας την τάση στο φορτίο. Λόγω της επαγωγικής συμπεριφοράς του φορτίου, το ρεύμα σε αυτό δεν αναστρέφεται ακαριαία. Το ρεύμα ελαττώνεται εκθετικά και όταν μηδενισθεί, τότε τα thyristors T_3, T_4 πολώνονται ορθά και οδηγούν το ρεύμα του φορτίου, προσφέροντας ενέργεια στη αυτεπαγωγή. Η τάση εξόδου έχει τετραγωνική μορφή, όπως φαίνεται και στα σχήματα και η ενεργός τιμή, όπως δείξαμε πιο πάνω, είναι ίση με την τάση εισόδου V_E . Για ένα ωμικό-επαγωγικό φορτίο κατά την διάρκεια του πρώτου κύκλου χωρίς αρχικό ρεύμα φορτίου αν λύσουμε την διαφορική εξίσωση, τότε προκύπτει το ρεύμα φορτίου που δίνεται από την :

$$i_L = \frac{V_E}{R} \left(1 - e^{-\frac{R}{L}t} \right)$$

σχέση 4.15

Όπως φαίνεται από το σχήμα 4.7 για $t = 0$, $i_L = -I_0$ οπότε η εξίσωση 4.15.δίνει :

$$i_L = \frac{V_E}{R} - \left(\frac{V_E}{R} - I_o\right)e^{-\frac{R}{L}t} \quad \text{σχέση 4.16}$$

κατά την διάρκεια του δεύτερου κύκλου ($t_1 \leq t \leq t_2$) όταν η τάση στο φορτίο αναστρέφεται η διαφορική εξίσωση δίνει :

$$i_L = -\frac{V_E}{R} + \left(\frac{V_E}{R} - I_1\right)e^{-\frac{R}{L}t} \quad \mu\epsilon \quad 0 \leq t \leq t_2 - t_1 \quad \text{σχέση 4.17}$$

Η ενεργός ισχύς στο φορτίο θα είναι:

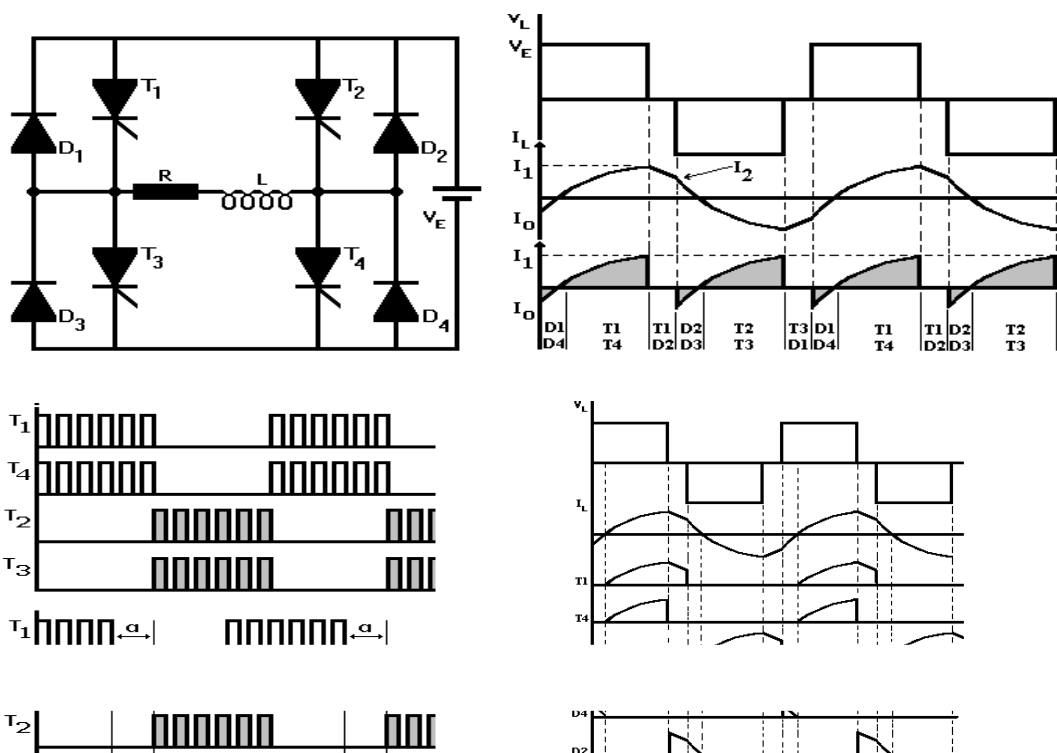
$$P_L = \frac{1}{t_1} \int_0^{t_1} V_E i_L(t) dt \quad \text{σχέση 4.18}$$

ΜΟΝΟΦΑΣΙΚΟΣ INVERTER ΤΥΠΟΥ ΓΕΦΥΡΑΣ ΗΜΙΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΟΥ ΚΥΜΑΤΟΣ

Ο έλεγχος της τάσης εξόδου μπορεί να επιτευχθεί εάν μέσα στην περίοδο της τετραγωνικής τάσης του φορτίου δημιουργήσουμε περιοχές όπου αυτή θα είναι μηδέν δίνοντας έτσι την μορφή ενός ημι-τετραγωνικού κύματος. Αυτό μπορούμε να το πετύχουμε με έναν inverter με

τοπολογία γέφυρας όπως φαίνεται στο σχήμα 4.8 όπου όμως έχουμε αλλάξει τον τρόπο πυροδότησης των θυρίστρος όπως φαίνεται στο σχήμα 4.9. Όπως παρατηρούμε, οι παλμοί στα θυρίστρος T_1, T_3 είναι μετατοπισμένοι (προηγούνται) κατά γωνία α σε σχέση με τους παλμούς στα θυρίστρος T_2, T_4 .

Ας πάρουμε για παράδειγμα την χρονική στιγμή όπου το T_3 πυροδοτείται προκειμένου να σβήσει το T_1 , το ρεύμα του φορτίου μεταφέρεται στη δίοδο D_3 , αλλά καθώς το θυρίστρος T_4 είναι ακόμη αναμμένο, το ρεύμα του φορτίου ακολουθεί το δρόμο μέσω των T_4, D_3 βραχυκυκλώνοντας το φορτίο, κάνοντας μηδενική την τιμή της τάσης στο φορτίο. Τώρα, όταν πυροδοτείται το T_2 προκειμένου να σβήσει το T_4 , ο μόνος δρόμος για το ρεύμα του φορτίου είναι μέσω των διόδων D_3 και D_4 συνδέοντας την DC πηγή τροφοδοσίας με το φορτίο κατά την αρνητική φορά. Τα θυρίστρος T_2, T_3 αρχίζουν να άγουν αμέσως μετά τον μηδενισμό του ρεύματος.

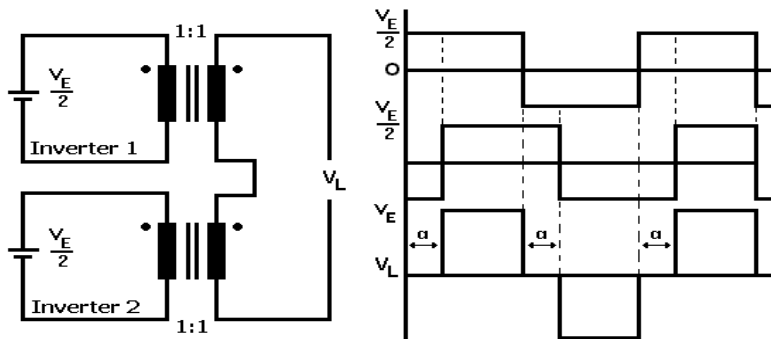


Εικόνα 25 Σχήμα 4,9 Μονοφασικός inverter πλήρους γέφυρας με φορτίο ωμικό-επαγωγικό
Πυροδότηση των θυρίστρος και χαρακτηριστικές κυματομορφές.

Τα ρεύμα στα θυρίστωρ όπως και στις διόδους δεν είναι πλέον τα ίδια. Ένας εναλλακτικός τρόπος παραγωγής ημιτετραγωνικού κύματος είναι να συνδυάσουμε τις εξόδους από δύο push-pull inverters από τις οποίες η μία είναι μετατοπισμένη ως προς την άλλη κατά γωνία α όπως φαίνεται και στο σχήμα 4.10. Έτσι αν προσθέσουμε τις δύο εξόδους, προκύπτει το επιθυμητό αποτέλεσμα. Η ενεργός τιμή της τάσης εξόδου δίνεται από την σχέση :

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \left[\int_0^{\pi-\alpha} V_E^2 dt + \int_{\pi}^{2\pi-\alpha} (-V_E)^2 dt \right]} = V_E \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi}}$$

σχέση 4.19



Εικόνα 26 Σχήμα 4.10 Ολίσθηση της τάσης εξόδου του ενός inverter έναντι του άλλου.

Η ενεργός τιμή της n-ιοστής αρμονικής της τάσης εξόδου θα είναι :

$$V_{n rms} = \frac{1}{\sqrt{2}} (\alpha_n^2 + b_n^2) = \frac{2\sqrt{2}V_E}{n\pi} \text{ συν } \frac{n\alpha}{2}$$

σχέση 4.20

άρα από την σχέση 4.19 θα έχουμε :

$$v_o(\omega t) = \sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{4V_E}{n\pi} \sin \frac{n\alpha}{2} \eta \mu n(\omega t - \frac{\alpha}{2}) \quad \text{για } n = 1,3,5,\dots$$

σχέση 4.21

Από την σχέση 4.21 προκύπτει η ενεργός τιμή των τριών πρώτων αρμονικών της τάσης :

$$V_{1\text{rms}} = \frac{1}{\sqrt{2}}(\alpha_1^2 + b_1^2) = \frac{2\sqrt{2}V_E}{\pi} \sin \frac{\alpha}{2}$$

$$V_{3\text{rms}} = \frac{1}{\sqrt{2}}(\alpha_3^2 + b_3^2) = \frac{2\sqrt{2}V_E}{3\pi} \sin \frac{3\alpha}{2}$$

$$V_{5\text{rms}} = \frac{1}{\sqrt{2}}(\alpha_5^2 + b_5^2) = \frac{2\sqrt{2}V_E}{5\pi} \sin \frac{5\alpha}{2}$$

Η ενεργός ισχύς στο φορτίο θα είναι :

$$P_L = \frac{1}{t_1} \int_0^t V_E i_L(t) dt$$

σχέση 4.23

Φ/Β ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΕΠΙΛΟΓΗ INVERTER

Στις παραγράφους που προηγήθηκαν παρατέθηκε αρκετή πληροφορία σχετικά με τον τρόπο λειτουργίας των inverters με σκοπό να παρουσιαστούν οι βασικές αρχές λειτουργίας τους και να γίνει κατανοητός ο τρόπος με τον οποίο λειτουργούν οι εκάστοτε συνδεσμολογίες ανάλογα και με το είδος των φορτίων. Στην αγορά υπάρχει πληθώρα επιλογών για όποιον πρόκειται να επιλέξει inverter για κάποια εφαρμογή. Τα βασικά κριτήρια είναι το είδος των φορτίων (ωμικά ,επαγωγικά, χωρητικά) και το μέγεθος της κατανάλωσης . Δευτερεύοντα κριτήρια (που σε κάποιες εφαρμογές μπορεί να είναι κρισιμότητα) είναι το είδος της κυματομορφής εξόδου (τετράγωνο ή ημίτονο) και διάφορα άλλα χαρακτηριστικά που δεν θα αναφερθούν εδώ.

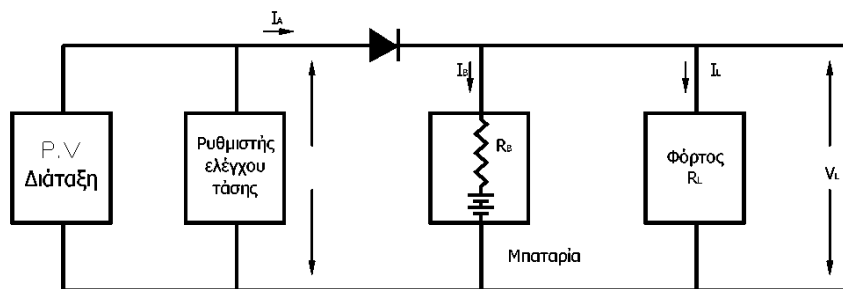
Στην περίπτωση της παρούσης διατριβής και της εφαρμογής της Φ/Β εγκατάστασης στην εκκλησία οι απαιτήσεις είναι οι ελάχιστες γιατί το σύνολο των φορτίων είναι ωμικό και η ισχύς είναι μικρή σχετικά. Επίσης δεν ενδιαφέρει η μορφή της εξαγόμενης κυματομορφής .Άρα ένας μονοφασικός inverter χαμηλής ισχύος και τετραγωνικού κύματος εξόδου (η τετραγωνική έξοδος είναι η φθηνότερη επιλογή) ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις της εφαρμογής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΩΝ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

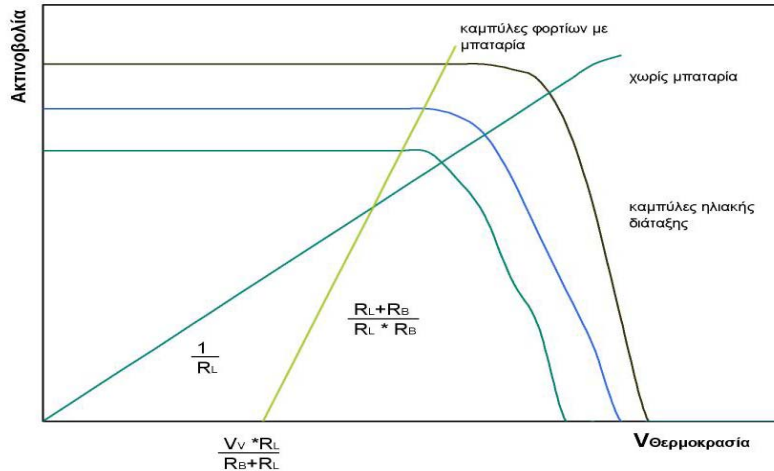
ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ

Ένα απλό αυτόνομο Φ/Β σύστημα ισχύος αποτελείται από ένα σύστημα ηλιακών κυψελίδων (στοιχείων) μια μπαταρία φόρτισης ένα ρυθμιστή ελέγχου τάσης μια δίοδο αποκλεισμού και ένα φορτίο. Ο ρυθμιστής ελέγχου τάσης ρυθμίζει την τάση της διάταξης συνδέοντας και αποσυνδέοντας μια σειρά καλωδίων στην ηλιακή γεννήτρια. Η δίοδος ελέγχει τη διεύθυνση της ενέργειας ανάμεσα στη γεννήτρια και το υπόλοιπο σύστημα για να αποφεύγεται η εκφόρτιση της μπαταρίας διαμέσου της γεννήτριας με επακόλουθο το χάσιμο της ενέργειας και ακόμα την καταστροφή της διάταξης.



Εικόνα 27 Ένα απλό αυτόνομο Φ/Β σύστημα ισχύος

Το σύστημα λειτουργίας εξαρτάται βασικά από την ηλεκτρική αλληλεπίδραση της γεννήτριας της μπαταρίας και του φορτίου που μπορούν να εξεξηγηθεί χρησιμοποιώντας διάγραμμα τάσης – ρεύματος . Το σχήμα 27 δείχνει τα $I - V$ χαρακτηριστικά της διάταξης με τις απαραίτητες ευθείες φορτίου για απλές αντιστάσεις φορτίου. Το σημείο λειτουργίας του συστήματος βρίσκεται από την $I - V$ καμπύλη και την ευθεία φορτίου (είναι το σημείο τομής τους). Το ρεύμα της Φ/Βγεννήτριας είναι ανάλογο της ακτινοβολίας και η τάση εξαρτάται από την θερμοκρασία της διάταξης και λιγότερο από την ακτινοβολία. Η ισχύς εξόδου της διάταξης ανέρχεται από την τιμή 0 της $V(I)$ σε ένα μέγιστο της καμπύλης στο «γόνατο» της καμπύλης.



Εικόνα 28 I - V χαρακτηριστικά της διάταξης

Έτσι εάν η λειτουργία της διάταξης θέλουμε να είναι όσο το δυνατόν μεγαλύτερη πρέπει να λειτουργεί όσο το δυνατόν κοντύτερα στο σημείο μέγιστης ισχύος.

Για να καταλάβουμε καλύτερα τα αποτελέσματα της μπαταρίας, ας δούμε πρώτα με μαθηματικό τόπο την ροή ενέργειας. Με απουσία του ρυθμιστή ελέγχου τάσης, η ενέργεια από το απλό μοντέλο του σχήματος 1 μπορεί να απεικονισθεί από τις παρακάτω τρεις καταστάσεις:

1. Φόρτιση μπαταρίας

$$V_L = V_A - V_D = V_B + I_B \cdot R_B \quad I_A > 0 \quad I_B > 0 \quad V_A > V_B$$

$$V_L = V_A - V_D = V_B - (|I_B| \cdot R_B)$$

$$I_A > 0 \quad I_B < 0 \text{ και } V_A > V_B > R_L \cdot V_B / (R_L + R_B)$$

2. Εκφόρτιση μπαταρίας και ισχύς από τη Φ/Β γεννήτρια

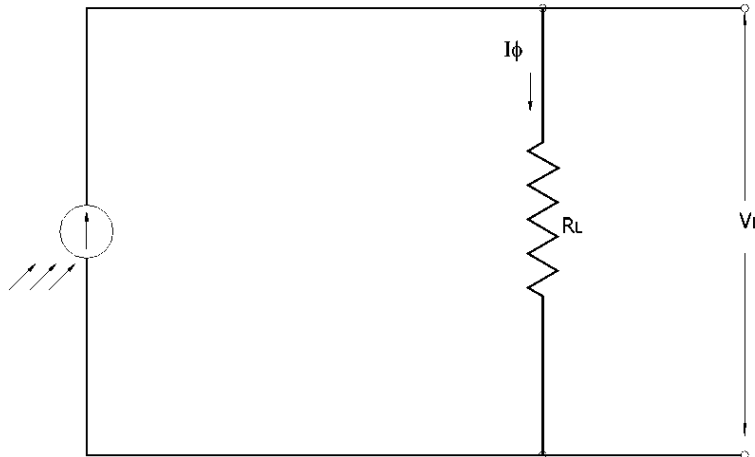
3. Εκφόρτιση μπαταρίας και όχι ισχύς από τη Φ/Β γεννήτρια

Οι παραπάνω εξισώσεις περιγράφουν σε γενικές γραμμές τη ροή ενέργειας σε ένα απλό αυτόνομο Φ/Β σύστημα όμοιο μ' αυτό του σχήματος 1. Όταν οι τάσεις είναι μεγάλες, όπως ας πούμε 120 V_{dc} ή μεγαλύτερες, τότε η πτώση τάσης στη δίοδο είναι σχετικά μικρή και μπορεί να αγνοηθεί σε κάθε περαιτέρω ανάλυση.

Το σημείο λειτουργίας V_L εξαρτάται από τη Φ/Β γεννήτρια τη μπαταρία και το φόρτο. Η παρουσίαση και τα αποτελέσματα θα γίνουν παρακάτω.

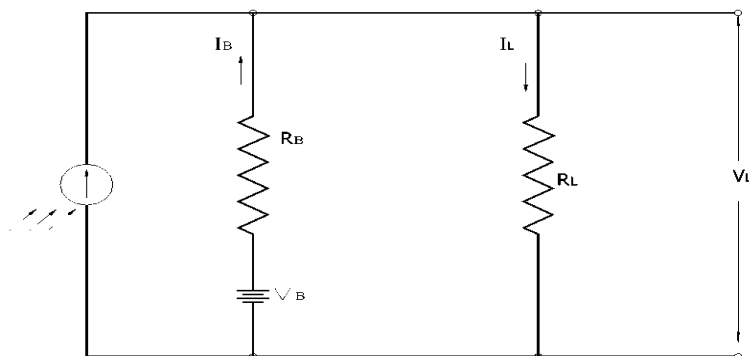
ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ ΣΕ ΕΝΑ ΑΠΛΟ ΑΥΤΟΝΟΜΟ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑ.

Εάν δεν υπάρχει μπαταρία, ο ρυθμιστής τάσης και η διόδος παρεμπόδισης, ένα απλό ισοδύναμο ηλεκτρικό κύκλωμα από το απλό σύστημα του σχήματος 1 δείχνεται στο σχήμα 29



Εικόνα 29 Απλό αυτόνομο σύστημα

Η ανάλυση του κυκλώματος μας λέει ότι εάν δεν υπάρχει μπαταρία στο σύστημα, η ευθεία φόρτου περνάει από την αρχή και έχει κλίση $1/R_L$ όπως φαίνεται στο σχήμα 2. Ένα απλό ισοδύναμο κύκλωμα όταν η μπαταρία είναι παρούσα φαίνεται στο σχήμα 30:



Εικόνα 30 Απλό αυτόνομο σύστημα με μπαταρία

Γι' αυτή τη διαμόρφωση έχουμε τις ακόλουθες εξισώσεις:

$$I_L = I_A + I_B \quad V_L = V_B - I_B \cdot R_B \quad I_L = V_L / R_L$$

Η ευθεία φόρτου μπορεί εύκολα να καθοριστεί από τις παραπάνω εξισώσεις και βρίσκεται να είναι:

$$I_L = \left(\frac{R_B + R_L}{R_B \cdot R_L} \right) - V_B$$

Πρέπει ακόμα να σκεφτούμε τα αποτελέσματα της αύξησης ή μείωσης στην ισχύ εξόδου του συστήματος. Η παρουσία της μπαταρίας παίζει επίσης σπουδαίο ρόλο σε τέτοια ανάλυση. Μια προκαταρκτική μαθηματική επεξεργασία μας έδινε ότι όσο πιο απότομη είναι η κλίση της ευθείας φόρτου, τόσο λιγότερο είναι τα αποτελέσματα στο επίπεδο του ρεύματος το οποίο προκαλείται από την αλλαγή στην ένταση της ακτινοβολίας στο σημείο λειτουργίας και επομένως σε ολόκληρο το σύστημα.

Ένα ενδιαφέρον τελικό αποτέλεσμα είναι: για ένα δοσμένο Φ/Β σύστημα ισχύος, εάν το ρεύμα εξόδου I αλλάζει εξαιτίας της ακτινοβολίας, η τάση εξόδου του συστήματος με μπαταρία αλλάζει λιγότερο από σύστημα χωρίς μπαταρία.

ΡΥΘΜΙΣΤΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ

Οι τεχνικές με τις οποίες οι μπαταρίες φορτίζονται μέσω των Φ/Β συστημάτων είναι πολλές. Ο πιο απλός και λιγότερο ακριβός τρόπος είναι η κατευθείαν σύνδεση της Φ/Βγεννήτριας με την μπαταρία.

Αυτή είναι μία μέθοδος που τα αποτελέσματα της "κοστίζουν ακριβά", γιατί το Φ/Β σύστημα λειτουργεί σαν μονοπάτι στο οποίο διαχέεται η ενέργεια και έτσι η μπαταρία μπορεί να ξεφορτιστεί σταδιακά κατά τη διάρκεια της νύχτας από την ενέργεια που έχει συσσωρευτεί την προηγούμενη μέρα. Για να αποφευχθεί αυτή η διαρροή συνδέεται μία δίοδος παρεμπόδισης ανάμεσα στο Φ/Β σύστημα και την μπαταρία. Έτσι πετυχαίνουμε να φορτίζουμε από το Φ/Β την μπαταρία την ημέρα και με τη δίοδο εμποδίζουμε την διαρροή τη νύχτα.

Αλλά παρ' όλα αυτά, είναι απαραίτητη η χρήση ρυθμιστών (regulators). Ρυθμιστής λέγεται το σύστημα που καθορίζει τη μέγιστη τάση που φορτίζεται η μπαταρία και που συνήθως δίνεται από τον κατασκευαστή της. Εάν η ένταση προσπίπτουσας ακτινοβολίας ήταν σταθερή, οι ρυθμιστές δεν θα χρειαζόνταν. Αλλά παράγοντες όπως ο καιρός, οι εποχιακές διαφορές, οι συννεφιές και οι αλλαγές στη θερμοκρασία περιβάλλοντος τείνουν να κάνουν τα Φ/Β συστήματα περισσότερο δυναμικές πηγές ενέργειας. Ας υποθέσουμε ότι ένα Φ/Β σύστημα υπολογίζεται για χειμερινές

συνθήκες όπου η ακτινοβολία είναι 50% λιγότερη από τις τιμές του καλοκαιριού. Τότε κατά τους καλοκαιρινούς μήνες θα παράγεται ένα σημαντικά μεγαλύτερο ποσό ενέργειας. Αν αυτή η αύξηση της ενέργειας δεν διοχετευτεί σ' ένα πρόσθετο φόρτο τότε μπορεί να προκληθεί σημαντικά μεγάλη ζημιά στη μπαταρία. Όταν τα Φ/Β παράγουν περισσότερη ενέργεια σ' ένα 24ωρο απ' όσο έχει υπολογιστεί, τότε οι μπαταρίες μπορεί σε κάποιο πρωινό να φτάσουν στο μέγιστο σημείο φόρτισης. Το μεσημέρι η υπερβολική ενέργεια απ' τα Φ/Β θα προκαλέσουν στις μπαταρίες υπερφόρτωση. Αποτέλεσμα αυτού είναι να υπάρχει υπερβολική εξαέρωση και ταυτόχρονα απώλεια του ηλεκτρολύτη. Επίσης άλλα φυσιολογικά αποτελέσματα είναι το στράβωμα των ηλεκτροδίων ή η καταστροφή της επίστρωσης των πλακών. Άρα λοιπόν σ' ένα Φ/Β σύστημα όπου οι συνθήκες φόρτισης είναι απρόβλεπτες και είναι ρυθμισμένο να λειτουργεί είτε σε συνθήκες με μέση ηλιοφάνεια ή πολύ ηλιοφάνεια και σε διαφορετικές εποχές, οι ρυθμιστές είναι απαραίτητοι για να προστατεύουν τις μπαταρίες.

ΕΙΔΗ ΡΥΘΜΙΣΤΩΝ

Είδαμε λοιπόν ότι η χρησιμοποίηση ρυθμιστών είναι απαραίτητη για την ασφαλή λειτουργία των μπαταριών.

Το να επιλέξουμε τον κατάλληλο ρυθμιστή είναι ένα αρκετά πολύπλοκο θέμα και πρέπει να λάβουμε υπόψη μας πολλούς παράγοντες. Ο ρυθμιστής γενικά είναι ένα σύστημα μηχανικό ή ηλεκτρικό που σκοπό έχει να προστατεύσει από υπερβολική φόρτιση την μπαταρία και ταυτόχρονα να επιτρέψει το μέγιστο σημείο φόρτισης γι' αυτή τη μπαταρία. Εκτός από αυτά όμως μπορούμε να πετύχουμε και άλλα πράγματα όπως έργο παροχής ισχύος στο φόρτο ένταση βλάβης.

Γενικά χρησιμοποιούμε δύο τεχνικές για να πετύχουμε τον έλεγχο του Φ/Β συστήματος με:

- ηλεκτρονόμους και
- ηλεκτρονικούς ρυθμιστές.

Η μελέτη των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων του κάθε τύπου σε συσχετισμό με τις απαιτήσεις της εφαρμογής που το θέλουμε θα μας οδηγήσουν στη σωστή εκλογή.

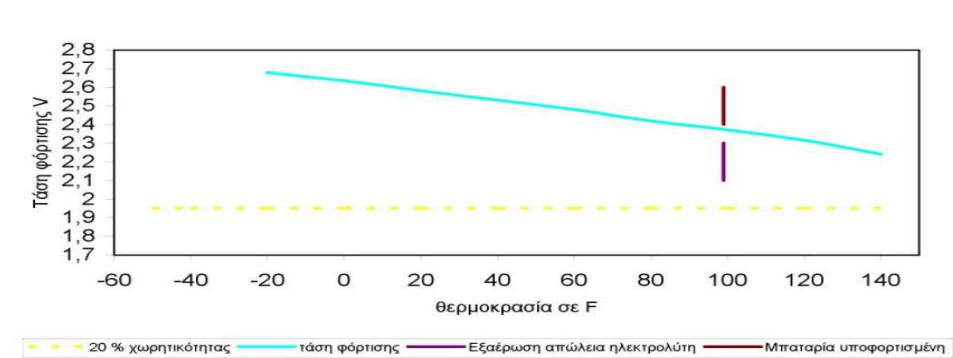
ΜΕΛΕΤΗ ΔΥΟ ΕΙΔΙΚΩΝ ΤΥΠΩΝ

ΚΥΡΙΟ ΚΥΚΛΩΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΡΥΘΜΙΣΤΗ ΦΟΡΤΙΣΗΣ

Ανήκει στην κατηγορία ρυθμιστών με παλμούς βραχυκύκλωσης. Αυτή η κατηγορία ρυθμιστών έχει ενσωματωμένο ένα αισθητήρα θερμοκρασίας για να εξασφαλίζει όσο το δυνατό καλύτερα την φόρτιση της μπαταρίας σαν συνάρτηση της θερμοκρασίας της μπαταρίας. Στα Φ/Β συστήματα χρησιμοποιούνται πολλοί τύποι μπαταριών και καθένας έχει κάποια τιμή πλήρους φόρτισης που εξαρτάται από την θερμοκρασία της μπαταρίας. Αποτυχία στη φόρτιση της μπαταρίας σύμφωνα με τη θερμοκρασία της μπορεί να προκαλέσει σοβαρά αποτελέσματα στον χρόνο ζωής της μπαταρίας - και στο σημείο φόρτισης-εκφόρτισης.

Ο ρυθμιστής παλμών βραχυκύκλωσης πλεονεκτεί σε όλες τις Φ/Β γεννήτριες. Μόλις οι ακροδέκτες εξόδου της Φ/Β μονάδας βραχυκυκλωθούν, η τάση εκεί γίνεται μηδέν και το ρεύμα στη Φ/Β μονάδα γίνεται μέγιστο. Το ρεύμα βραχυκύκλωσης (I_{cs}) είναι για κάθε Φ/Β μονάδα μία γνωστή παράμετρος και απαραίτητη.

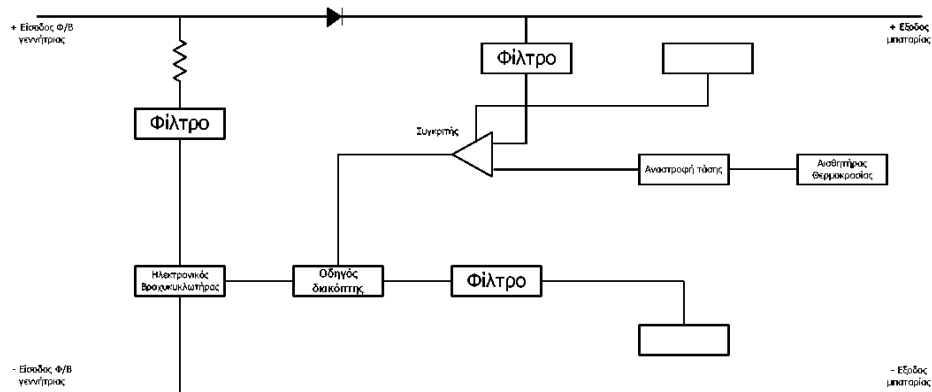
Όταν η μπαταρία φτάσει στην κατάσταση πλήρους φόρτισης η τάση στα άκρα της θα είναι όπως φαίνεται στο σχήμα 31:



Εικόνα 31 Τάση πλήρους φόρτισης μπαταρίας σε συνάρτηση με την θερμοκρασία

Για να αποφύγουμε την υπερφόρτωση που έχει σαν αποτέλεσμα την απώλεια του ηλεκτρολύτη ο κύριος ρυθμιστής φόρτισης ανοίγει μία ακίνητη μονάδα διακόπτη η οποία φαίνεται στο σχήμα 32. Αυτό προκαλεί το ρεύμα εξόδου από τη Φ/Β μονάδα να βραχυκυκλώνεται με τη γη. Η έξοδος της Φ/Β μονάδας μειώνεται στο ρεύμα του βραχυκυκλωμένου κυκλώματος (I_{sc}). Η τάση εξόδου πέφτει στην τάση κόρου της ακίνητης μονάδας με ρόλο διακόπτη. Η ισχύς που διασκορπίζεται και χάνεται είναι

επομένως αμελητέα συγκρινόμενη με εκείνη που θα χανόταν εάν δεν υπήρχε ο κύριος ρυθμιστής. Έτσι εξασφαλίζει ψύξη και πιο θετική λειτουργία.



Εικόνα 32 Σύνδεση αισθητηρίων και φίλτρων

Ο αισθητήρας θερμοκρασίας του κύριου ρυθμιστή επιτρέπει ακριβή επανόρθωση της τελικής τάσης φόρτισης της μπαταρίας.

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΙ ΡΥΘΜΙΣΤΕΣ

Πολλά συστήματα απαιτούν την χρήση ρυθμιστών με όχι κινούμενα μέρη. Εδώ προφανώς τα συστήματα που περιγράψαμε πριν δεν κάνουν. Σ' αυτές τις περιπτώσεις χρησιμοποιείται ρυθμιστής με ακίνητα μέρη. Υπάρχουν τρεις τύποι: σειράς, βραχυκυκλώσεως και παλμών.

Στον πρώτο τύπο, ένα τρανζίστορ ισχύος χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της ροής του ρεύματος στη διάταξη. Όπως και στον τύπο των ηλεκτρονόμων, μια μονάδα δύο θέσεων προστατεύει την πιο αποδοτική μονάδα φόρτισης.

Στον δεύτερο τύπο οι ρυθμιστές λειτουργούν εκτρέποντας τις διατάξεις ισχύος μακριά από τις μπαταρίες, μόλις ο μπαταρίες φορτιστούν εντελώς. Αυτή η εκτροπή συνήθως πραγματοποιείται:

- γειώνοντας την διάταξη από την πλευρά που είναι η διόδος παρεμπόδισης
- προκαλώντας την διασκόρπιση της ισχύος σαν θερμοκρασία στο βραχυκυκλωμένο τρανζίστορ.

Για να αποφύγουμε την εξαέρωση, οι ρυθμιστές βραχυκύκλωσης συνήθως ρυθμίζονται να σταματούν μόλις κάτω από το σημείο εξαέρωσης. Δυστυχώς, αυτό μπορεί να επιτρέψει τη δημιουργία στρωμάτωσης σε μεγάλες μπαταρίες και έτσι μπορεί να σταματάει η φόρτιση προτού ο μπαταρίες φορτιστούν εντελώς. Είναι

επόμενα σπουδαίο να διαλέξουμε την τάση αποκοπής προσεκτικά και σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία.

Τέλος, ο τρίτος τύπος φορτίζει τα συστήματα μπαταριών με γρήγορα ανοικτό-κλεισίματα της ολοκληρωμένης μονάδας εξόδου της μπαταρίας. Για αφόρτιστες μπαταρίες, το στοιχείο ανοικτό -κλεισίματος είναι ανοικτό για περισσότερο χρόνο απ' ό,τι κλειστό. Όσο η κατάσταση φόρτισης αυξάνει, το ρεύμα στη διάταξη μικραίνει Σ' αυτή την κατάσταση χρησιμοποιείται μία προσεκτική μονάδα ελέγχου φόρτισης.

ΡΥΘΜΙΣΤΕΣ ΜΕ ΗΛΕΚΤΡΟΝΟΜΟΥΣ

Αυτός ο τύπος χρησιμοποιεί ηλεκτρονόμους για να ελέγχει τη ροή του ρεύματος από τη Φ/Β μονάδα. Τυπικά λειτουργεί ως εξής:

Όταν ο ήλιος ανατέλλει το πρωί, ο ηλεκτρονόμος κλείνει κύκλωμα της Φ/Βμονάδα απ' ευθείας με την μπαταρία. Η συνδεσμολογία των ηλεκτρονόμων γίνεται εν σειρά γι' αυτό και λέγεται εν σειρά ρυθμιστές (series regulators).

Φορτίζοντας την μπαταρία φτάνουμε στην τελική τάση. Χρησιμοποιώντας πληροφορίες που δίνει ο κατασκευαστής της μπαταρίας, είναι δυνατό να προσεγγίσουμε την κατάσταση φόρτισης της μπαταρίας για ένα δοσμένο ρυθμό φόρτισης. Έτσι, κανονίζοντας την τελική τάση της μπαταρίας, ο ρυθμιστής μπορεί να αποφασίζει πότε να σταματάει και πότε να αρχίζει τη ροή του ρεύματος. Συνήθως η τάση στην οποία σταματάει η φόρτιση είναι λίγο παραπάνω από το σημείο που αρχίζει ο βρασμός του ηλεκτρολύτη. Αυτή η ελαφριά εξαέρωση θα προκαλέσει ένα ανακάτωμα του ηλεκτρολύτη που προστατεύει από την χρωμάτωση των πλακών που έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση της χωρητικότητας της μπαταρίας .

Ο πιο πολλοί ρυθμιστές με ηλεκτρονόμους ενσωματώνουν και ένα δεύτερο ρυθμιστή, τον ρυθμιστή πλήρους φόρτισης για να πετύχουν την τελική φόρτιση της μπαταρίας. Αυτό είναι απαραίτητο, γιατί 100% φόρτιση δεν επιτυγχάνεται ποτέ μόλις ανοίξει ο ρυθμιστής.

Κατά το τέλος της φόρτισης, η τελική τάση της μπαταρίας αρχίζει να αυτοεκφορτίζεται και δεν μπορεί να επιτευχθεί η μέγιστη κατάσταση φόρτισης. Ο ρυθμιστής πλήρους φόρτισης θα προμηθεύσει τα υπόλοιπα λίγα αμπερώρια για την πλήρη φόρτιση.

Μια σπουδαία επίσης δυνατότητα που προσφέρει είναι ο ορθολογισμός παροχής ισχύος (load management). Αυτό κάνει το εξής:

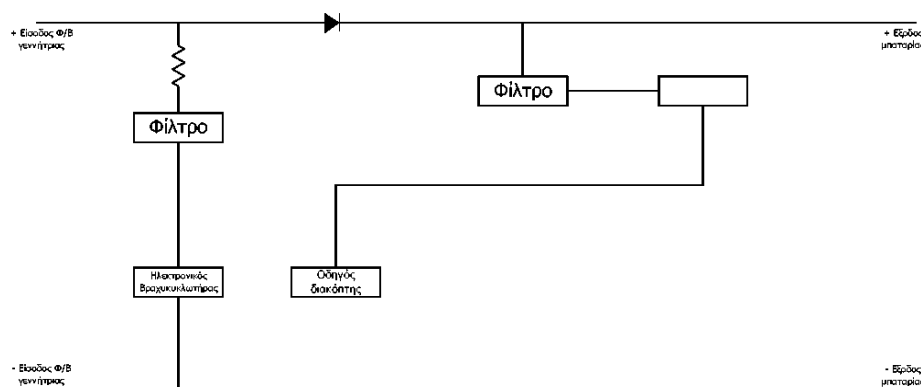
Αν η τάση της μπαταρίας περάσει από μία ελάχιστη τιμή και συνεχίσει να τραβάει ρεύμα, αυτή εκφορτίζεται επικίνδυνα και υπάρχει κίνδυνος βλάβης της μπαταρίας . Γι' αυτό αποσυνδέεται ο φόρτος από την μπαταρία. Η αποσύνδεση γίνεται με το άνοιγμα ενός ηλεκτρονόμου που τοποθετείται ανάμεσα στο φόρτο και την μπαταρία σε συνάρτηση με την θερμοκρασία. Η επανόρθωση θερμοκρασίας από τον κύριο ρυθμιστή είναι ρυθμισμένη για τον τύπο της μπαταρίας και για κατάσταση λειτουργίας της μπαταρίας .

Η διόδος παρεμπόδισης χρησιμοποιείται για να προφυλάσσει την μπαταρία από την εκφόρτιση μέσα στην Φ/Β μονάδα:

- κατά τη νύχτα
- όταν ο διακόπτης γειώνει το ρεύμα της διάταξης.

ΚΥΚΛΩΜΑ - ΣΚΛΑΒΟΣ ΡΥΘΜΙΣΤΗ ΦΟΡΤΙΣΗΣ

Το σχήμα 33 δείχνει τη διάταξη σ' ένα ρυθμιστή «σκλάβο». Η διόδος παρεμπόδισης η ακίνητη μονάδα διακόπτη και η παροδική προστασία κυκλώματος είναι τα ίδια με τον κύριο ρυθμιστή. Ο αισθητήρας θερμοκρασίας (the voltage sensing) και η προαιρετική ασφάλεια δεν είναι αντιγραμμένα στους ρυθμιστές «σκλάβους». Όταν ο κύριος ρυθμιστής αποφασίσει ότι η μπαταρία είναι πλήρως φορτισμένη, θα ανοίξει το δικό του διακόπτη και ταυτόχρονα προκαλεί να ανοιχτεί και ο διακόπτης του ρυθμιστή «σκλάβου». Οποιοσδήποτε αριθμός από ρυθμιστές «σκλάβους» μπορούν να ελεγχθούν από ένα κύριο ρυθμιστή σε μια Φ/Β μονάδα.



Εικόνα 33 Ρυθμιστής σκλάβος

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΔΥΟ ΤΥΠΩΝ ΡΥΘΜΙΣΤΩΝ (ΜΕ ΗΛΕΚΤΡΟΝΟΜΟ - ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΙ)

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα των ρυθμιστών με ηλεκτρονόμους είναι :

- Το χαμηλό κόστος σε €/watt
- Οι εξαιρετικά υψηλές επιδόσεις. Σαν παράδειγμα μπορούμε να αναφέρουμε ότι ένας ρυθμιστής ελέγχου των 30 Amp μπορεί να υπολόγισε και 100 mA ρεύματος έχοντας σαν αποτέλεσμα το ικανοποιητικό ποσοστό 99,7 %.

Το κυριότερο μειονέκτημα είναι ότι επειδή αποτελούνται και από ένα κινούμενο μέρος ο επαφές μπορούν να αλλοιωθούν.

Για τους ηλεκτρονικούς μπορούμε να πούμε ότι εμφανίζουν προβλήματα στις υψηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος. Γι ' αυτό και προτιμούνται μόνο για συστήματα χαμηλής ισχύος. Για μεγαλύτερης ισχύος συστήματα χρησιμοποιούνται ο ρυθμιστές με παλμούς (π.χ κύριος ρυθμιστής) εξ αιτίας της μικρής διάχυσης.

ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ

ΓΕΝΙΚΑ

Πριν προχωρήσουμε στην μελέτη των ηλεκτρονικών ρυθμιστών ας μελετήσουμε ένα απλούστερο. Στις μικρές εφαρμογές, η απουσία ηλεκτρονικών ρυθμιστών μπορεί να φέρει στον χρήστη υψηλότερη αξιοπιστία μεγαλύτερη απλούστευση και χαμηλότερο κόστος.

Από την άλλη, η τελική τάση μπορεί να κανονίζεται από την ίδια την Φ/Β γεννήτρια χωρίς εξωτερικές παρεμβάσεις. Είναι ικανοποιητικό γεγονός το ότι η χαρακτηριστική μίας Φ/Β γεννήτριας που αποτελείτο από 32 Φ/Κ πυριτίου ταιριάζει πολύ καλά με την χαρακτηριστικά φόρτιση της μπαταρίας επειδή:

- συμπεριφέρεται σαν πηγή ρεύματος για χαμηλές τάσεις.
- συμπεριφέρεται σαν πηγή για υψηλές τάσεις.
- μειώνεται το ρεύμα καθώς αυξάνει η τάση.
- μειώνεται η τάση καθώς αυξάνει η θερμοκρασία.

Για αυτό μερικοί κατασκευαστές έχουν μειώσει τον αριθμό των Φ/Κ ή έχουν αλλάξει την αντίσταση για να πετύχουν το σημείο μέγιστης ισχύος κοντύτερα στο σημείο λειτουργίας.

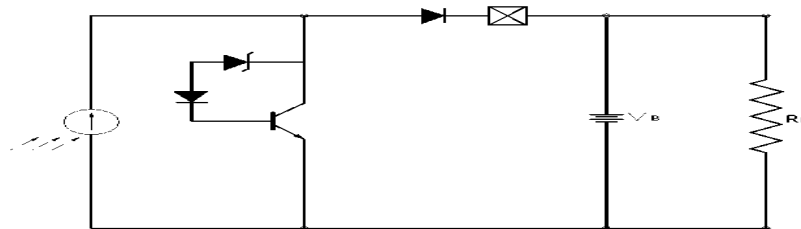
ΚΑΤΑΛΛΗΛΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΓΙΑ ΦΟΡΤΙΣΗ ΜΠΑΤΑΡΙΩΝ ΜΟΛΥΒΔΟΥ-ΟΞΕΩΣ

Γενικά οι χρήστες θέλουν να έχουν μεγαλύτερο χρόνο ζωής στις μπαταρίες σε συνδυασμό με τον μεγαλύτερο κύκλο. Γι' αυτό γενικά ο ρυθμιστής πρέπει να έχουν:

- Τελική τάση περίπου στα 14,5V για να αποφεύγοντα φαινόμενα στρωματώσεως και εξαερώσεως του ηλεκτρολύτη.
- Ελεγχόμενη ροή από το 13,3V μ' ένα ασθενικό ρεύμα.
- Ελεγχόμενη εκφόρτιση στα 11,1 V με την αποσύνδεση της μπαταρίας .

Για μερικές απλές περιπτώσεις όπου το κόστος του ρυθμιστή δεν καθορίζεται, ένα απλό ηλεκτρονικό κύκλωμα είναι αρκετό. Αυτό αποτελείται από μαγνητικούς ηλεκτρονόμους που ανοίγουν το κύκλωμα όταν η τάση της μπαταρίας φτάσει στα 10,5 V και κλείνουν στα 13,2V. Δηλαδή ο λόγος ανάμεσα στο βέλτιστο σημείο φόρτισης και στο τελικό είναι $13,2/14,5 = 0,91$. Έτσι μία καλή Φ/Β γεννήτρια με χαμηλή εσωτερική αντίσταση δεν έχει λόγο ο V_{pm}/V_{oc} μεγαλύτερο του 0,80.

Σ' αυτά δε, πρέπει να υπολογίσουμε ότι ο συντελεστής θερμοκρασίας μιας 12V μπαταρίας είναι τυπικά $- 36m V/ ^\circ C$ και της Φ/Β γεννήτριας $- 72mV / ^\circ C$ δηλαδή διπλάσιος. Και επίσης οι μπαταρίες και τα Φ/Β δεν βρίσκονται ποτέ κάτω από τις ίδιες θερμοκρασιακές συνθήκες.



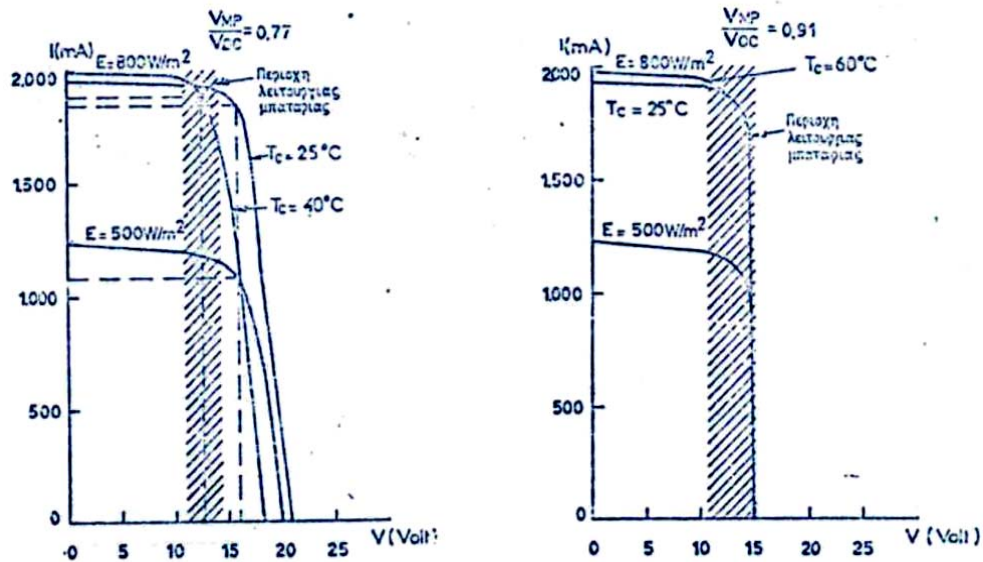
Εικόνα 34 αυτοελεγχόμενη γεννήτρια με zener

Η αυτοελεγχόμενη γεννήτρια αποτελείται από 32 Φ/Κ και μία Zener 14V /50W συνδεδεμένη παράλληλα με την ψήκτρα, που λειτουργεί σε κατάσταση υπερχειλίσης μόλις η μπαταρία φτάσε τα 13,2V. Περιέχει βέβαια και μία δίοδο παρεμπόδισης

Schottky με χαμηλή απώλεια τάσης και μία ασφάλεια σε σειρά για προστασία του χρήστη από ανάστροφη σύνδεση της μπαταρίας .

Η Zener λειτουργεί επίσης σαν δίοδος προστασίας εν παραλλήλω από τη "ζεστή κηλίδα" (hot spot φαινόμενα) .

Η χαρακτηριστική I(V) του GA 32 φαίνεται στο σχήμα 35β σε σχέση με το κλασσικό GA 36 των 34 Φ/Κ (σχήμα 35α).



Εικόνα 35 Η χαρακτηριστική I(V) του GA

Τα παρακάτω πλεονεκτήματα είναι προφανή:

- δεν έχουμε εξάρτηση της τάσης από την θερμοκρασία μέχρι και 30°C για το GA 32 και μέχρι 50°C για το GA 34 και αυτό γιατί η Zener έχει θερμοκρασιακό συντελεστή +0,9mV/οC που είναι αρκετά ασήμαντος.
- η κλήση της Zener προστίθεται στην πτώση τάσης της διόδου παρεμπόδισης
- Ο συνεχής αυτοέλεγχος είναι προτιμότερος από τον ηλεκτρονικό περιοδικώς διακοπτόμενο.

ΠΑΛΜΙΚΟΙ ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΤΕΣ

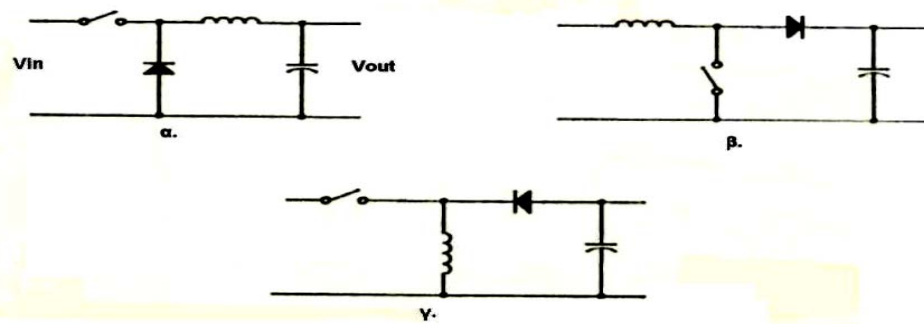
Η τάση εξόδου του Φ/Β στοιχείου δεν είναι σταθερή αλλά κυμαίνεται ανάλογα με την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας από 0 V στο σκοτάδι έως 21 V στην περίπτωση που δεν έχουμε φορτίο. Συνήθως η τάση που μας δίνει ένα Φ/Β στοιχείο όταν αποδίδει την μέγιστη ισχύ του είναι στην «γειτονιά» των 17 V, την οποία πρέπει να προσαρμόσουμε στην τάση φόρτισης της μπαταρίας 13,6 V για την ασφαλή φόρτισή της. Όμως η ενέργεια που έχουμε στη διάθεσή μας είναι περιορισμένη πρέπει να χρησιμοποιήσουμε κάποια διάταξη που ο βαθμός απόδοσης της να είναι πολύ υψηλός. Έτσι χρησιμοποιούμε παλμικούς σταθεροποιητές γι' αυτή τη δουλειά.

Ένα μειονέκτημα των γραμμικών σταθεροποιητών είναι ότι το τρανζίστορ ελέγχου άγει συνεχώς και συνήθως καταναλώνει πολύ ισχύ σε μορφή θερμότητας με αποτέλεσμα η απόδοση ισχύος του σταθεροποιητή να είναι χαμηλή. Σε εφαρμογές που θέλουμε να αυξήσουμε την απόδοση, θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε παλμικούς τύπους σταθεροποιητών. Το στοιχείο ελέγχου (τρανζίστορ) στους παλμικούς σταθεροποιητές βρίσκεται είτε σε κατάσταση κόρου (άγει) είτε σε κατάσταση αποκοπής. Και στις δυο καταστάσεις, το τρανζίστορ ελέγχου καταναλώνει πολύ λίγη ισχύ. Όταν το τρανζίστορ λειτουργεί στην περιοχή κόρου το ρεύμα που διαρρέει το τρανζίστορ είναι μεγάλης έντασης αλλά η τάση (V_{CE}) μεταξύ συλλέκτη - εκπομπού είναι πολύ μικρή και η ισχύς ($P = I_C \times V_{CE}$) που καταναλώνει το τρανζίστορ είναι επίσης πολύ μικρή. Τέλος, όταν το τρανζίστορ λειτουργεί στην περιοχή αποκοπής παρόλο που η τάση V_{CE} είναι αρκετά μεγάλη, το ρεύμα που διαρρέει το τρανζίστορ είναι πάρα πολύ μικρό και έτσι η ισχύς που καταναλώνει το τρανζίστορ είναι πολύ μικρή.

ΒΑΣΙΚΕΣ ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΕΣ

Υπάρχουν τρεις βασικές συνδεσμολογίες παλμικών σταθεροποιητών (σχήμα 36):

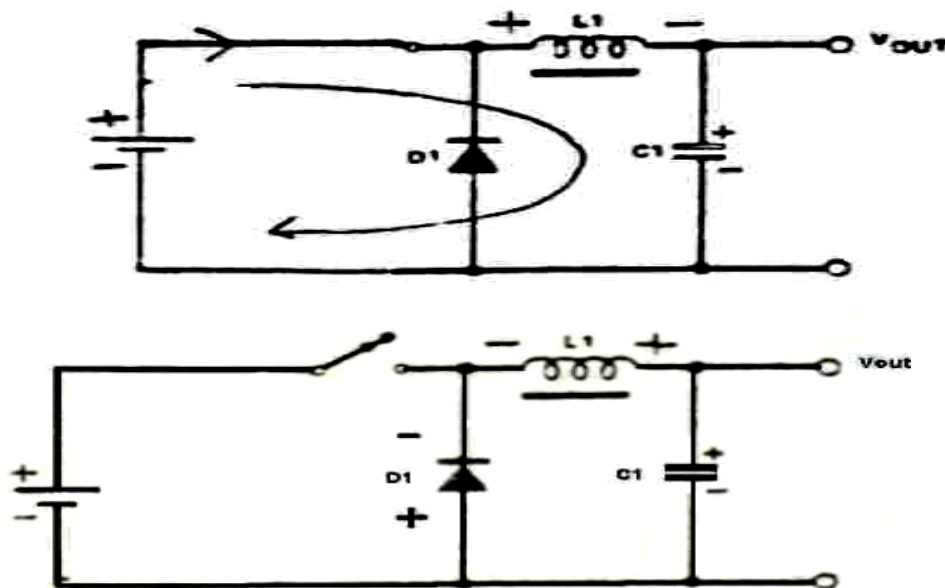
Σε πρακτικά κυκλώματα, ο μηχανικός διακόπτης των βασικών παλμικών σταθεροποιητών αντικαθίσταται από ένα ηλεκτρονικό διακόπτη όπως π.χ. ένα διπολικό τρανζίστορ ισχύος P.E.T. Επίσης ο χρόνος κατά τον οποίο ο διακόπτης παραμένει κλειστός ρυθμίζεται με κατάλληλο ηλεκτρονικό κύκλωμα που θα περιγράψουμε. Θα εξετάσουμε τώρα τον τρόπο λειτουργίας του παλμικού σταθεροποιητή υποβιβασμού τάσης που μας ενδιαφέρει.



Εικόνα 36 Βασικές συνδεσμολογίες

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΠΑΛΜΙΚΟΥ ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΤΗ ΥΠΟΒΙΒΑΣΜΟΥ ΤΑΣΗΣ

Όταν ο διακόπτης κλείσει (σχήμα 37), η τάση εφαρμόζεται στην είσοδο του παλμικού σταθεροποιητή και το ρεύμα το οποίο ρέει στο πηνίο αρχίζει να αυξάνεται ενώ ταυτόχρονα φορτίζει τον πυκνωτή. Παρατηρούμε ότι η διάδος βρίσκεται ανάστροφα πολωμένη. Όταν τώρα ανοίξει ο διακόπτης το μαγνητικό πεδίο του πηνίου καταρρέει και δημιουργεί μια ηλεκτρεγερτική τάση.



Εικόνα 37 Παλμικός σταθεροποιητής

Η τάση αυτή συνεχίζει την παροχή ρεύματος στο κύκλωμα. Δίχως την διάδο, η ηλεκτρεγερτική δύναμη στα άκρα του πηνίου λόγω της αρκετά μεγάλης αρχικής της

τιμής θα μπορούσε να δημιουργήσει ένα σπινθήρα στα άκρα του διακόπτη και να προκαλέσει την καταστροφή. Είναι φανερό ότι όσο πιο πολύ χρόνο ο διακόπτης παραμένει κλειστός, τόσο πιο μεγάλη είναι η τάση στα άκρα του πυκνωτή. Δηλαδή η τάση εξόδου του παλμικού σταθεροποιητή μπορεί να μεταβληθεί ρυθμίζοντας τον χρόνο που ο διακόπτης παραμένει κλειστός.

Τα παλμικά τροφοδοτικά λειτουργούν συνήθως σε συχνότητες (δηλαδή η συχνότητα μεταγωγής του διακόπτη) από 20 KHz έως 100 KHz

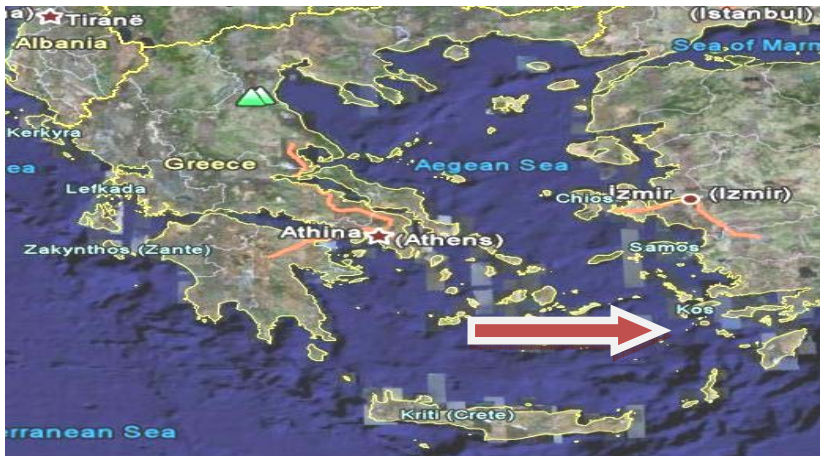
Η υψηλή συχνότητα λειτουργίας είναι απαραίτητη γιατί στις υψηλές συχνότητες τα στοιχεία που αποτελούν το φίλτρο εξομάλυνσης L και C έχουν μικρές τιμές και έτσι δεν είναι ογκώδη ενώ το κόστος τους είναι σχετικά μικρό. Ωστόσο η μεταγωγή υψηλής έντασης ρευμάτων σε αρκετά υψηλές συχνότητες δημιουργεί μεγάλης έντασης μαγνητικά πεδία τα οποία επάγουν τάσεις.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΕΦΑΡΜΟΓΗ: ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΜΙΑΣ ΕΚΚΛΗΣΙΑΣ ΣΕ ΒΡΑΧΟΝΗΣΙΔΑ ΜΕ ΧΡΗΣΗ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Ο ΤΟΠΟΣ

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζουμε μία εφαρμογή των Φ/Β συστημάτων όπως τα περιγράψαμε στα κεφάλαια που προηγήθηκαν. Η συγκεκριμένη εφαρμογή αφορά την εγκατάσταση ενός τέτοιου συστήματος σε μία Εκκλησία που βρίσκεται πάνω σε μία βραχονησίδα. Η βραχονησίδα αυτή ονομάζεται Αγία Κυριακή και βρίσκεται περίπου ενάμισι χιλιόμετρο ανατολικά της νήσου Λέρος. Στην εικόνα ένα φαίνεται σε δορυφορική φωτογραφία η νήσος Λέρος και ανατολικά της δείχνεται με βέλος η βραχονησίδα στην οποία αναφερόμαστε. Η βραχονησίδα αυτή βρίσκεται εκτός του δικτύου της ΔΕΗ. Συνεπώς για τη λειτουργία του συστήματος απαιτείται ενέργεια και θα έπρεπε να αναζητηθεί κάποιος άλλος τρόπος παροχής ενέργειας πέρα από την ΔΕΗ.

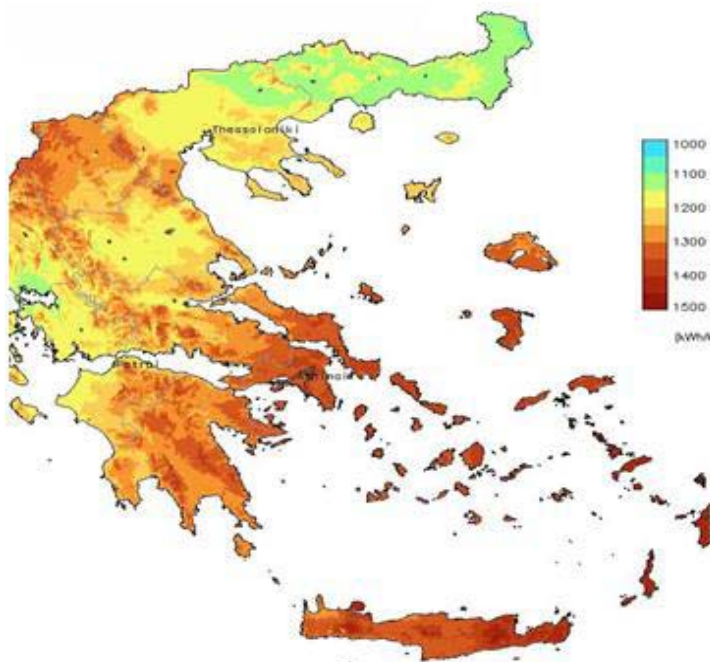


Εικόνα 38 Η γενικότερη θέση της Λέρου

Στην συγκεκριμένη περίπτωση επιλέχθηκε η εγκατάσταση ενός αυτόνομου Φ/Β συστήματος. Όπως φαίνεται και από το διάγραμμα το οποίο ακολουθεί, η νήσος Λέρος βρίσκεται σε ένα σημείο στο οποίο το ηλιακό δυναμικό είναι μεγάλο. Έτσι λοιπόν η επιλογή της εγκατάστασης ενός Φ/Β συστήματος κρίνεται δόκιμη καθώς επίσης και για το γεγονός ότι τα Φ/Β στοιχεία δεν παρουσιάζουν συχνά βλάβες σε αντίθεση με τις ανεμογεννήτριες γεγονός που αποτελεί πλεονέκτημα σε περιπτώσεις όπως αυτή όπου η πρόσβαση δεν είναι εύκολη ειδικά τον χειμώνα.



Εικόνα 39: η θέση της βραχονησίδας 1,61 χλμ. ανατολικά της Λέρου.



Εικόνα 40 Η Λέρος βρίσκεται σε ένα σημείο με υψηλό ηλιακό δυναμικό

Η ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Το σύστημα αυτό θα παρέχει την απαραίτητη ενέργεια προκειμένου η Εκκλησία να ικανοποιήσει κάποιες βασικές ενεργειακές της ανάγκες για συγκεκριμένα όμως χρονικά διαστήματα καθώς θα πρέπει να φωταγωγηθεί τόσο στο εσωτερικό της όσο κυρίως στο εξωτερικό της. Η φωταγώγηση του εξωτερικού της έχει να κάνει, πέρα από το λειτουργικό κομμάτι, και με το αισθητικό, με την εμφάνιση δηλαδή μιας τυπικής λευκής Αιγαιοπελαγίτικης Εκκλησίας η οποία όταν φωτίζεται στο σκοτάδι προκαλεί ένα ιδιαίτερο αισθητικό αποτέλεσμα. Στην φωτογραφία που ακολουθεί φαίνεται η αναφερόμενη Εκκλησία έτσι όπως εμφανίζεται το βράδυ μετά από τον φωτισμό με Φ/Β τον οποίο αναφέραμε παραπάνω:



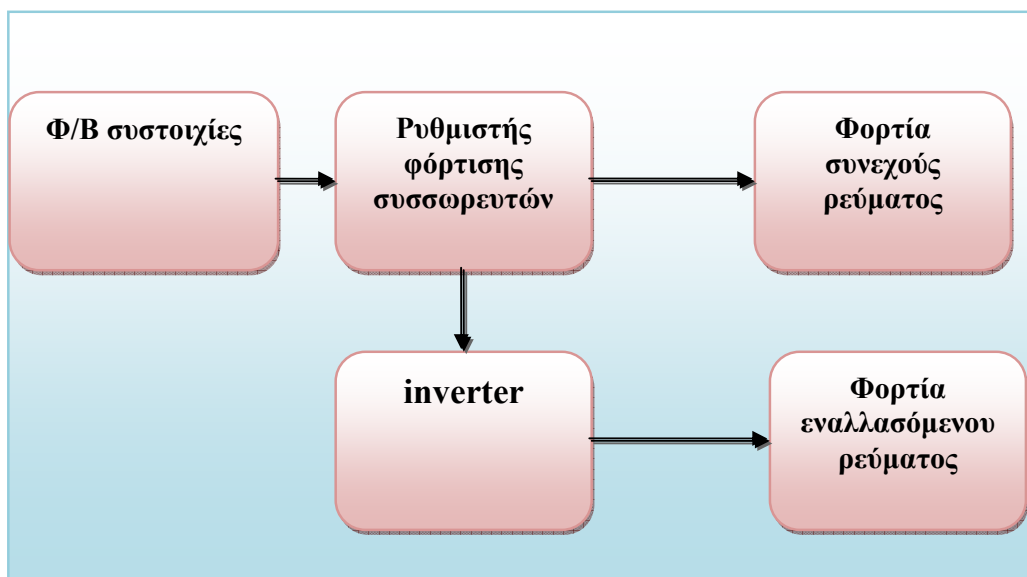
Εικόνα 41:Νυκτερινή άποψη της εκκλησίας.

Όσον αφορά τον διαθέσιμο χρόνο καθημερινής λειτουργίας του συστήματος, η απαίτηση είναι να υπάρχει μεγαλύτερη χρονική διάρκεια λειτουργίας τους καλοκαιρινούς μήνες και αυτό για προφανείς τουριστικούς λόγους. Αυτή η απαίτηση εναρμονίζεται και με την διαθεσιμότητα της ηλιακής ενέργειας, η οποία επίσης είναι σε περίσσεια τους καλοκαιρινούς μήνες. Ο φωτισμός της Εκκλησίας θα πρέπει να ξεκινάει περίπου μετά την Δύση του Ηλίου και να λειτουργεί όσο υπάρχει διαθέσιμη ενέργεια στο σύστημα. Είναι προφανές ότι θα υπάρχουν κάποιες μέρες μέσα στο έτος κατά τις οποίες η διαθέσιμη ενέργεια δεν θα είναι αρκετή. Αυτό σημαίνει ότι ο φωτισμός της Εκκλησίας δεν θα είναι διαθέσιμος για αρκετές ώρες μετά την δύση του Ηλίου. Αυτό είναι και ένα μειονέκτημα των αυτόνομων Φ/Β συστημάτων, όταν

βέβαια θέλουμε ή επιβάλλεται το σύστημα να είναι ανεξάρτητο και το κόστος του να είναι σε κάποια λογικά πλαίσια. Διαφορετικά, υπάρχει η επιλογή της εγκατάστασης ενός μεγαλύτερου συστήματος, με κόστος όμως δυσανάλογο μεγάλο ως προς την ωφέλεια. Εναλλακτικά, στο περιβάλλον του Αιγαίου στο οποίο λειτουργούμε θα μπορούσε να λειτουργήσει και ένα υβριδικό σύστημα αποτελούμενο εξ ολοκλήρου από ήπιες μορφές ενέργειας, το οποίο θα περιελάμβανε και κάποιο άλλο σύστημα που θα λειτουργούσε συμπληρωματικά όπως για παράδειγμα ένα αιολικό σύστημα.

ΤΑ ΒΑΣΙΚΑ ΤΜΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ

Στο Σχέδιο του ακολουθεί παρουσιάζεται ένα λογικό διάγραμμα της διάταξης που έχουμε εγκαταστήσει και μία σύντομη αναφορά στα διάφορα συστήματα τα οποία περιλαμβάνει.



Εικόνα 42 τα βασικά τμήματα της διάταξης

Τα κριτήρια με βάση τα οποία πήραμε τις όποιες αποφάσεις σχετικά με την εγκατάσταση είναι, όπως και στις περισσότερες περιπτώσεις, τα ακόλουθα:

- Οι Φ/Β γεννήτριες δεν θα σκιάζονταν από παρακείμενα κτίρια ή δέντρα.
- Δεν υπάρχει αυθαίρετη πρόσβαση στο σημείο τοποθέτησης, αντίθετα η ελεγχόμενη πρόσβαση γίνεται εύκολα.
- Οι Φ/Β γεννήτριες θα ενσωματώνονταν κατά το δυνατό αρμονικά στην αρχιτεκτονική μορφή του κτιρίου

- Η απόσταση από το σύστημα αποθήκευσης θα ήταν η ελάχιστη δυνατή, με συνέπεια την ελαχιστοποίηση των απωλειών μεταφοράς της ενέργειας.
- Ο εξοπλισμός μετατροπής και ελέγχου ισχύος θα βρισκόταν όσο το δυνατόν εγγύτερα στην πηγή και στην αποθήκη ενέργειας, εντός στεγασμένου χώρου προστατευμένου από τις αντίξοες συνθήκες υψηλής υγρασίας και αυξημένης περιεκτικότητας της υγρασίας σε NaCl (αλάτι).
- Θα υπήρχε δυνατότητα επέκτασης και μετατροπής του Φ/Β συστήματος.

ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ ΓΙΑ ΤΑ ΦΟΡΤΙΑ

Η μελέτη ενός συγκεκριμένου Φ/Β συστήματος ξεκινάει πρώτα απ' όλα με τον προσδιορισμένο των απαιτήσεων. Λέγοντας απαιτήσεις εννοούμε την άμεση απαιτούμενη ενέργεια σε καθημερινή βάση. Έτσι λοιπόν ξεκινάμε κάνοντας μια μελέτη φωτισμού για τον συγκεκριμένο χώρο της Εκκλησίας που θέλουμε να φωτίσουμε. Ο φωτισμός θα γίνει εξ ολοκλήρου με νέας τεχνολογίας λαμπτήρες ενέργειας, οι οποίοι είναι ενεργειακής κλάσης Άλφα και είτε είναι λαμπτήρες συνεχούς ή εναλλασσόμενης τάσης. Στον πίνακα που ακολουθεί δίνεται το σύνολο των φορτίων, δηλαδή οι λαμπτήρες και το είδος τους, δηλαδή αν είναι συνεχής ή εναλλασσόμενης τάσης και η κατανάλωσή τους σε Watts. Με βάση τον πίνακα αυτό, μπορεί να προσδιοριστεί με ακρίβεια η αναγκαία ισχύς που καταναλώνει το σύνολο των φορτίων:

Τύπος καταναλωτή	Κατανάλωση μονάδας	Πλήθος	Συνολική κατανάλωση
προβολείς HQI AC	70W	2	140 W
φωτιστικά τύπου χελώνα AC	15W	16	240W
προβολείς με led 4 X 1w DC	4W	8	32W

ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΙΣΧΥΣ DC			32
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΙΣΧΥΣ AC			380
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΙΣΧΥΣ DC*(θεωρώντας cosφ=1)			410W

Έτσι λοιπόν η συνολική ισχύς που καταναλώνουν τα φορτία είναι τουλάχιστον 410 W. Σε κάθε περίπτωση πρέπει να υπολογίζεται και ο συντελεστής ισχύος του φορτίου που πρόκειται να τροφοδοτηθεί. Στην δική μας περίπτωση όμως αυτό δεν είναι απαραίτητο γιατί τα φορτία δεν περιλαμβάνουν επαγωγικές ή χωρητικές διατάξεις δηλαδή δεν υπάρχουν πηνία και πυκνωτές και άρα μπορούμε με καλή προσέγγιση να θεωρήσουμε ότι ο συντελεστής ισχύος είναι περίπου ίσος με τη μονάδα.

Η παραπάνω ισχύς που υπολογίσαμε ως απαιτούμενη και άρα καταναλισκόμενη από τα φορτία δεν είναι και αυτή που θα πρέπει να παράγεται. Αυτό οφείλεται στο ότι από την παραγωγή ισχύος δηλαδή από τα Φ/Β μέχρι την κατανάλωση υπάρχουν απώλειες ισχύος. Οι απώλειες αυτές εμφανίζονται στις καλωδιώσεις και στις παρεμβαλλόμενες συσκευές όπως είναι οι μετατροπείς από συνεχές σε εναλλασσόμενο, οι απώλειες στον ρυθμιστή φόρτισης καθώς και στα διάφορα άλλα κυκλώματα που πιθανόν να υπάρχουν. Άρα λοιπόν, πρέπει να γίνει αναλυτικός υπολογισμός του συνόλου των απωλειών, έτσι ώστε οι συνολικές απώλειες αθροιζόμενες με την κατανάλωση να αποτελέσουν την ισχύ που πρέπει να απαιτήσουμε να δώσουν τα Φ/Β πάνελ.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΣΤΗΝ ΓΡΑΜΜΗ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

Εφόσον έχουμε τοποθετήσει τα κυκλώματα του ρυθμιστή και του μετατροπέα κοντά στην κατανάλωση και τους συσσωρευτές μπορούμε να θεωρήσουμε ότι η μεταφορά της ενέργειας γίνεται από τα πάνελ μέχρι των ρυθμιστή με την μέση τάση περίπου των 12 V (μιλάμε για μέση τάση γιατί όπως είδαμε στο δεύτερο κεφάλαιο αυτή δεν είναι σταθερή και εξαρτάται από πολλούς παράγοντες) . Η ισχύς που τελικά πρέπει να φτάνει στα Φ/Β είναι όπως είδαμε περίπου 410 w. Αυτή η ισχύς μεταφερόμενη υπό τάση 12V ισοδυναμεί με :

$$P = V * I \Leftrightarrow I = \frac{P}{V} \Rightarrow I = \frac{410}{12} = 34 A$$

Με δεδομένη την ένταση του ρεύματος στους αγωγούς μπορούμε να υπολογίσουμε τις απώλειες ισχύος αν ξέρουμε την ωμική αντίσταση του αγωγού μεταφοράς. Η αντίσταση ενός αγωγού μπορεί να υπολογιστεί από τον γνωστό τύπο:

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

Όπου ρ είναι η ειδική αντίσταση του υλικού (ο χαλκός έχει ειδική αγωγιμότητα $\rho = 0,017241 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ στους 20oC) και l, S είναι τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του αγωγού και συγκεκριμένα το συνολικό μήκος του και η επιφάνεια διατομής του. Αν υποθέσουμε όπως συνήθως κυκλική διατομή τότε η σχέση γίνεται:

$$R = \rho \frac{l}{\pi d^2 / 4}$$

Όπου d είναι η διάμετρος του αγωγού. Στην δική μας περίπτωση χρησιμοποιήσαμε χάλκινο καλώδιο μήκους $2 \cdot 15 = 30$ μέτρα και διατομής 2,5mm η συνολική αντίσταση προκύπτει:

$$R = 0,017241 \frac{30}{3.14 \cdot 2.5^2 / 4} \Rightarrow R = 0.1054 \Omega$$

Στην παραπάνω σχέση δεν μετατρέψαμε την διατομή σε m^2 γιατί και η ειδική αντίσταση δίνεται σε mm^2 .

Τώρα με δεδομένη την αντίσταση και το ρεύμα μπορούμε να υπολογίσουμε τις απώλειες πάνω σε αυτή την αντίσταση από αυτό το ρεύμα:

$$P_{\text{cat}} = I^2 R \Rightarrow P_{\text{cat}} = 34^2 \cdot 0.1054 \Rightarrow P_{\text{cat}} \approx 130 \text{ Watt}$$

Άρα πάνω στους αγωγούς θα έχουμε απώλειες των 130 watts. Επομένως συνολικά η απαιτούμενη ισχύς που πρέπει να δίνουν τα Φ/Β αυξάνεται σε $410 + 130 = 540$ watts. Αυτή όμως δεν είναι η τελική διόρθωση που πρέπει να κάνουμε γιατί πρέπει να υπολογίσουμε και μια ισχύ ακόμα η οποία καταναλώνεται πάνω στον ρυθμιστή φόρτισης και τον inverter. Ακριβή γνώση σχετικά με τις απώλειες αυτές δεν μπορούμε να έχουμε (εκτός αν κάνουμε εργαστηριακές μετρήσεις και υπολογισμούς). Γενικά όμως από το διαδίκτυο πληροφορούμαστε ότι η απόδοση των συσκευών αυτών στην καλύτερη περίπτωση κυμαίνεται στο 80% (είναι λογικό να υπάρχουν σημαντικές απώλειες γιατί πρόκειται για ηλεκτρονικά κυκλώματα ισχύος

που εργάζονται σε χαμηλές τάσεις με σημαντικά ρεύματα) . Άρα η απαιτούμενη ισχύς από τα Φ/Β προκύπτει ότι πρέπει να διορθωθεί κατά έναν παράγοντα 20% δηλαδή να πολλαπλασιαστεί με 1,2 . Συνεπώς μπορούμε να καταλήξουμε ότι από τα Φ/Β θα απαιτούσαμε ισχύ περίπου :

$$P_{\text{τελική}} = 540 * 1,2 = 648 \approx 650 \text{Watts}$$

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΠΑΝΕΛ

Η παραπάνω ισχύς πρέπει να μετατραπεί σε απαιτούμενη ενέργεια . η γενικότερη σχέση ενέργειας και ισχύος είναι:

$$E = P * t$$

Άρα χρειαζόμαστε γνώση κάποιου χρόνου ο οποίος δεν είναι άλλος από τον χρόνο λειτουργίας των φορτίων δηλαδή ο χρόνος που θέλουμε να είναι αναμμένοι οι λαμπτήρες. Θέτουμε σαν ελάχιστη απαίτηση χρόνο τριών ωρών. Αυτό σημαίνει ότι η απαιτούμενη ελάχιστη ενέργεια σε καθημερινή βάση πρέπει να είναι :

$$\begin{aligned} E &= 650 * 3 \approx 2000 \text{Watt} * h = 2.0 \text{Kwh} = 2.0 * 3600 \text{KJoule} \\ &= 7.2 \text{MJoule} \end{aligned}$$

Αυτή είναι η ενέργεια την οποία κατά μέσο όρο θα πρέπει να αποδίδει το σύστημα. Το επόμενο βήμα είναι να εντοπίσουμε πόση θα πρέπει να είναι η μέση ηλιακή ενέργεια την οποία θα προσλαμβάνει το σύνολο των πάνελ ώστε τελικά να αποδίδει αυτή την ενέργεια των 2,0Kwh. Αυτό για να γίνει πρέπει να γνωρίζουμε την ενεργειακή απόδοση των panels που θα χρησιμοποιήσουμε. Μια τυπική απόδοση κυμαίνεται περίπου στο 15-17%. Κατά συνέπεια η προσπίπτουσα ηλιακή ενέργεια στην επιφάνεια των πανελς θα πρέπει να είναι:

$$\begin{aligned} E_{\text{ηλιακή}} &= \frac{E_{\text{ηλεκτρική}}}{\text{απόδοση}} \Rightarrow E_{\text{ηλιακή}} = \frac{2,0 \text{Kwh}}{0.15} \Rightarrow \\ &\Rightarrow E_{\text{ηλιακή}} \approx 13.5 \text{Kwh} \end{aligned}$$

Θα πρέπει λοιπόν τώρα να δούμε με βάση αυτή την ενέργεια να δούμε ποιες είναι οι παράμετροι των συλλεκτών (επιφάνεια , κλίση κλπ) ώστε να προκύπτει αυτή η ενέργεια. Επειδή έχουμε θέσει την ενέργεια αυτή ως ελάχιστη απαιτούμενη ο

υπολογισμός θα πρέπει να γίνει για τον «χειρότερο» μήνα του χρόνου (Ιανουάριο-Δεκέμβριο) ώστε όλοι οι άλλοι μήνες να υπερκαλύπτονται. Ο προσανατολισμός που θα χρησιμοποιηθεί είναι νότιος και η κλίση των πάνελ τίθεται 40° σε σταθερή βάση ώστε να έχουμε μέση ικανοποιητική γωνία για κάθε μήνα σύμφωνα με όσα είδαμε στο σχετικό με τους υπολογισμούς της ηλιακής ακτινοβολίας κεφάλαιο .

Άρα το πρόβλημα ανάγεται στο να υπολογισθεί η μέση μηνιαία ολική ηλιακή ακτινοβολία που θα δεχθεί μία κεκλιμένη επιφάνεια νότιου προσανατολισμού, με κλίση 40° , στη περιοχή της βραχονησίδας ($\varphi = 37^{\circ} 06'$). Η διάχυτη ακτινοβολία θα θεωρηθεί ισοτροπική και ο συντελεστής ανάκλασης (λευκαύγεια-albedo) της γύρω περιοχής 0.2. Οι τιμές της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας στο οριζόντιο επίπεδο για κάθε μήνα δίνονται από πίνακες στο παράρτημα Α . Οι σχέσεις που χρησιμοποιούμε είναι αυτές που αναφέρθηκαν στο κεφάλαιο 2.

Προκειμένου λοιπόν να γίνουν αυτοί οι υπολογισμοί αρχικά θα υπολογισθεί αναλυτικά η μέση μηνιαία ολική ηλιακή ακτινοβολία στην κεκλιμένη επιφάνεια $\overline{H_T}$ για τον Ιανουάριο και στη συνέχεια με παρόμοιο τρόπο μπορούν να υπολογισθούν οι αντίστοιχες τιμές της $\overline{H_T}$ για τους άλλους μήνες. Η αναγωγή από την μηνιαία στην ημερήσια απόδοση γίνεται διαιρώντας με το 30. Υπολογίζεται η ηλιακή απόκλιση δ για τον Ιανουάριο, θεωρώντας την χαρακτηριστική του ημέρα από πίνακες . Έτσι για $n = 17$ η εξίσωση 2 δίνει :

$$\delta = 23.45 \cdot \eta\mu\left(360 \frac{284+17}{365}\right) = -20.92^{\circ}$$

Η ωριαία γωνία δύσης του ηλίου ω_s από την εξίσωση 23 είναι :

$$\omega_s = \tau\omicron\xi\sigma\upsilon\nu(-\varepsilon\phi 37.1 \cdot \varepsilon\phi(-20.92)) = 73.2^{\circ}$$

Με γνωστές τις τιμές δ και ω_s καθορίζεται η εκτός γήινης ατμόσφαιρας μέση μηνιαία ακτινοβολία $\overline{H_0}$ από τη σχέση 22 οπότε :

$$\overline{H_0} = 146.31 \text{ kWh/m}^2$$

Στη συνέχεια υπολογίζεται ο δείκτης αιθριότητας \bar{K} από την εξίσωση 9

$$\bar{K} = \frac{51}{146.31} = 0.35$$

Με γνωστή την τιμή του \bar{K} υπολογίζεται ο λόγος $\frac{\overline{H_d}}{\overline{H}}$ από την εξίσωση 19

$$\frac{\overline{H_d}}{\overline{H}} = 1.446 - 2.965 \cdot 0.35 + 1.727 \cdot (0.35)^2 = 0.62$$

Η ωριαία γωνία δύσης του ήλιου ω'_s σε κεκλιμένο επίπεδο δίνεται από τη σχέση 15 και είναι :

$$\omega'_s = \min\{73.2, \arcsin(-\cos(37.1 - 40) \cdot \cos(-20.92))\} = \min(73.2^\circ, 91.1^\circ)$$

Οπότε ο συντελεστής R_b υπολογίζεται από τη σχέση 14 και είναι :

$$\bar{R}_b = \frac{\sin(37.1 - 40) \cdot \sin(-20.92) \cdot \cos 73.2 + (3.14/180) \cdot 73.2 \cdot \cos(37.1 - 40) \cdot \sin(-20.92)}{\sin 37.1 \cdot \sin(-20.92) \cdot \cos 73.2 + (3.14/180) \cdot 73.2 \cdot \sin 37.1 \cdot \sin(-20.92)} = 2.09$$

Χρησιμοποιώντας τις παραπάνω τιμές η εξίσωση 16 δίνει την μέση μηνιαία ολική ηλιακή ακτινοβολία $\overline{H_T}$ για τον Ιανουάριο.

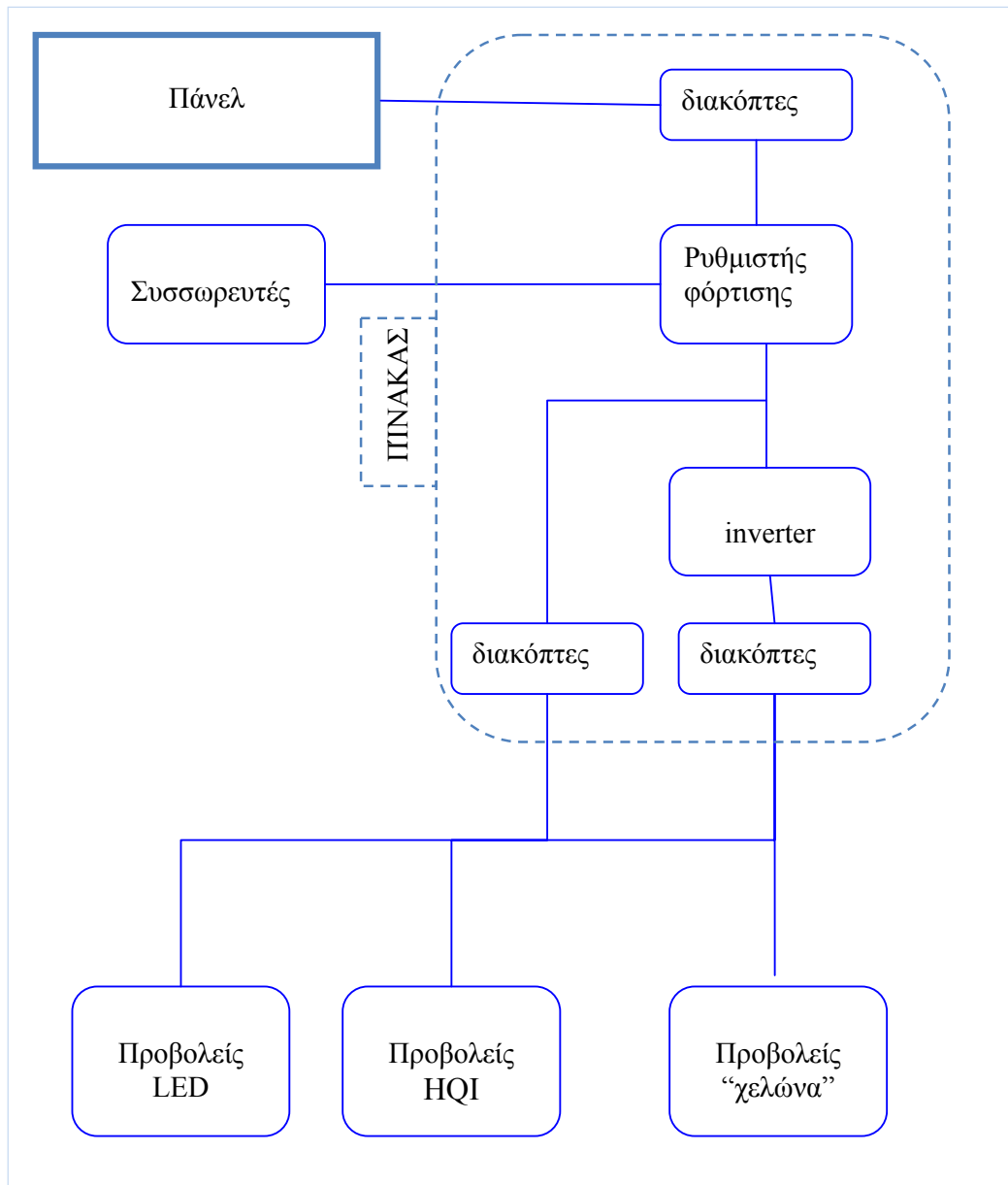
$$\overline{H_T} = 69.36 \text{ kWh/m}^2$$

Άρα λοιπόν θα πρέπει να υπολογιστεί η μέση ημερήσια προσπίπτουσα ενέργεια η οποία είναι:

$$E_{\text{μέση Ημερήσια Ιανουαρίου}} = E_{\text{ΜΗΙ}} = \frac{69.36 \text{ kWh / m}^2}{30} = 2,312 \text{ kWh / m}^2$$

Αυτή είναι η μέση ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία στα πάνελ τον μήνα Ιανουάριο ανά τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας και σε αζιμούθιο 40° με νότιο προσανατολισμό.

Σε προηγούμενους υπολογισμούς προέκυψε ότι οι ενεργειακές ανάγκες της εφαρμογής είναι 13.5KWh άρα χρειαζόμαστε συνολικά $13.5/2,312=5.83\text{m}^2 \sim 6,0 \text{ m}^2$ επιφάνεια συλλεκτών. Ο συγκεκριμένος τύπος συλλέκτη που χρησιμοποιήσαμε έχει επιφάνεια περίπου $0,5 \text{ m}^2$ έκαστος, άρα για να καλύψουμε αυτή την ανάγκη των 6 m^2 χρειαζόμαστε $6/0,5=12$ συλλέκτες συνολικά προκειμένου να καλυφθούν οι ενεργειακές ανάγκες κατά τον μήνα Ιανουάριο .



Εικόνα 43 Σχεδιάγραμμα των βασικών στοιχείων της εγκατάστασης

ΔΙΑΦΟΡΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Φ/Β ΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ

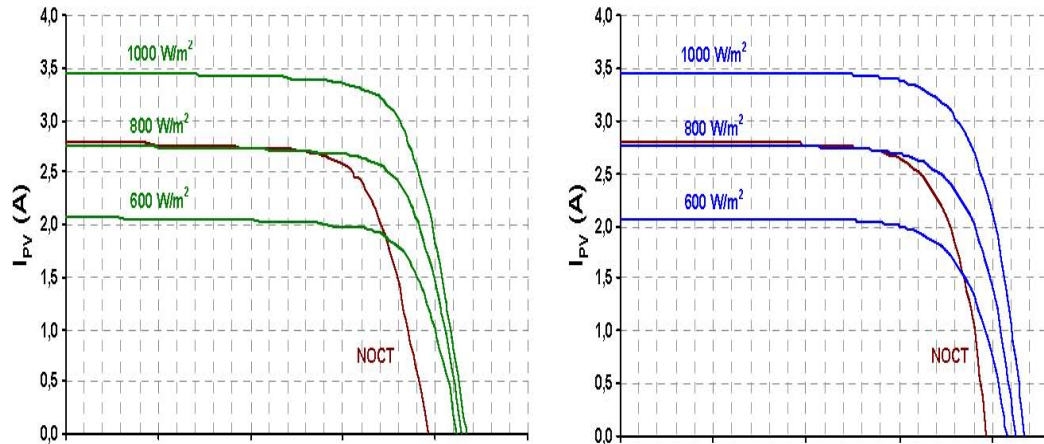
Οι εγκατεστημένες Φ/Β γεννήτριες είναι της εταιρείας Siemens Solar GmbH Γερμανίας. Από τον πίνακα που παρατίθεται αμέσως μετά φαίνεται ότι η επιφάνεια κάθε πάνελ είναι περίπου $0,5\text{m}^2$. Στην εφαρμογή που κάναμε τοποθετήσαμε συνολικά 8 πάνελ λόγο του περιορισμού που επέβαλε ο διαθέσιμος από την εκκλησία χώρος, η συνολική αρχιτεκτονική του τοπίου και το οικονομικό πλαφόν. Άρα συνολικά τοποθετήθηκαν 4m^2 συλλεκτικής επιφάνειας αντί των $6,5\text{m}^2$ που υπολογίσαμε ότι καλύπτουν τις απαιτήσεις σε ενέργεια. Το συγκεκριμένο μοντέλο Φ/Β γεννήτριας είναι το SM55. Το μοντέλο αυτό έχει τα εξής τεχνικά χαρακτηριστικά⁷:

Τεχνικά χαρακτηριστικά Φ/Β γεννήτριας SM55

Ονομαστική μέγιστη ισχύς (P_{\max})	55 Wp
Τάση Φ/Β συστήματος	12 V
Ονομαστική τάση φόρτισης (V_{MPP})	17,4 V
Τάση ανοιχτού κυκλώματος (V_{OC})	21,7 V
Ονομαστικό ρεύμα φόρτισης (I_{MPP})	3,15 A
Ρεύμα βραχυκύκλωσης (I_{SC})	3,45 A
Θερμοκρασία ονομαστικής λειτουργίας (NOCT)	45 C
Μεταβολή του I_{sc} με τη θερμοκρασία (μI_{sc})	+1,2mA/C, +0,04%/K
Μεταβολή του V_{oc} με τη θερμοκρασία (μV_{oc})	-0,077V/C, -0,34%/K
Διαστάσεις	(1293x329x34)mm
Βάρος	5,5 kg

⁷ <http://www.elk.itu.edu.tr/~gunes/sm55.pdf>

Η ηλεκτρική συμπεριφορά των Φ/Β γεννητριών SM55 περιγράφεται εκτενέστερα με το συνδυασμένο διάγραμμα ρεύματος-τάσης (I-V) για διαφορετικές ενδεικτικές



Εικόνα 44: Διάγραμμα ρεύματος-τάσης (I-V)

συνθήκες που παρατίθεται στο σχήμα 44:

Οι Φ/Β γεννήτριες SM55 είναι μονοκρυσταλλικού πυριτίου, και ιδιαίτερα διάφανο πάνω κάλυμμα ώστε να επιτυγχάνουν τον υψηλότερο δυνατό βαθμό απόδοσης ακόμη και σε συνθήκες χαμηλής ηλιακής ακτινοβολίας.

Οι Φ/Β γεννήτριες SM55 διαθέτουν 36 Φ/Β κυψέλες υψηλής απόδοσης, τεχνολογίας PowerMax®, με ειδική αντι-ανακλαστική επικάλυψη. Η τεχνολογία PowerMax® ελαχιστοποιεί περαιτέρω το φαινόμενο ανάκλασης της ηλιακής ακτινοβολίας που παρατηρείται όταν η πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας δεν γίνεται κάθετα στην επιφάνεια της αλλά υπό αμβλεία γωνία, γεγονός που είναι και το συνηθέστερο κατά τη διάρκεια της μέρας και εντονότερο τις πρωινές και απογευματινές ώρες.

Οι κυψέλες αυτές περικλείονται από το διάφανο υλικό EVA (ethylene-vinyl acetate), στο επάνω μέρος καλύπτονται από κρύσταλλο υψηλής διαφάνειας ενώ στο κάτω μέρος από αδιαφανή πολυστρωματική μεμβράνη.

Η κάθε Φ/Β γεννήτρια φέρει πλαίσιο από ανωδιομένο αλουμίνιο μεγάλης μηχανικής και στρεπτικής αντοχής.

Το σύνολο αυτό πολυστρωματικής προστασίας -συσκευασίας των Φ/Β κυψελών εγγυάται τη στεγανοποίηση των για μεγάλες περιόδους ακόμη και υπό αντίξοες καιρικές και όχι μόνο συνθήκες (διαβρωτικό περιβάλλον, υψηλές θερμοκρασίες, μεγάλες ταχύτητες ανέμου, χαλάζι κτλ). Άλλωστε η εργοστασιακή εγγύηση που παρέχεται είναι εικοσιπενταετής με ταυτόχρονη δέσμευση ότι η απόδοση της Φ/Β γεννήτριας δεν θα πέσει κάτω από το 80% της αρχικής της τιμής.

Οι Φ/Β γεννήτριες SM55 ενσωματώνουν παρακαμπτήριες διόδους οι οποίες περιορίζουν τις απώλειες ισχύος στην περίπτωση μερικής σκίασης των.

ΒΑΣΕΙΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ Φ/Β ΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ

Οι βάσεις αυτές (συνολικά τέσσερις τον αριθμό-μια για κάθε δυο πάνελ) αποτελούνται από τμήματα μεταλλικών κοιλοδοκών τετραγωνικής διατομής και δοκών διατομής “Γ”, τα οποία έχουν πάχος 3mm. Η όλη κατασκευή χαρακτηρίζεται από στιβαρότητα και μεγάλη μηχανική αντοχή. Επίσης όλα τα μεταλλικά τμήματα των βάσεων είναι γαλβανισμένα εν θερμό, ώστε να εξασφαλίζεται η αντιδιαβρωτική τους προστασία επί μακρά περίοδο.

Οι βάσεις στήριξης των Φ/Β γεννητριών είναι αρθρωτές, παρέχοντας τη δυνατότητα χειροκίνητης αυξομείωσης της κλίσης (σε προκαθορισμένες βαθμίδες από 30° έως 60°) για μεγιστοποίηση της ηλιακής ενεργειακής απολαβής.

Ο ΡΥΘΜΙΣΤΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ

Ο κατασκευαστής του ρυθμιστή φόρτισης είναι η Γερμανική εταιρεία Steca GmbH η οποία το κατασκευάζει για λογαριασμό της Siemens Solar GmbH. Το μοντέλο του ρυθμιστή είναι το SR30M. Το μοντέλο αυτό έχει τα εξής τεχνικά χαρακτηριστικά:

Τεχνικά χαρακτηριστικά ρυθμιστή φόρτισης SR30M

Τάση Φ/Β συστήματος	12 / 24 V
Μέγιστο ρεύμα φόρτισης (50 C)	30 A

Μέγιστο ρεύμα φορτίου (50 C)	30 A
Μέγιστη εσωτερική κατανάλωση	7 mA
Αποδεκτή θερμοκρασία περιβάλλοντος	-25...+50 C
Ακροδέκτες (για NYA)	16 mm ²
Προστασία	IP 22
Διαστάσεις	188x106x49 mm



Εικόνα 45: Ο ρυθμιστής φόρτισης

Βάρος	300 g
-------	-------

Γενικά ο ρυθμιστής φόρτισης SR30M είναι μια ηλεκτρονική συσκευή υψηλής τεχνολογίας, που αποστολή έχει να παρατείνει όσο το δυνατό περισσότερο τη ζωή των συσσωρευτών εξασφαλίζοντας παράλληλα την αποδοτικότερη λειτουργία των μέσα στα όρια προστασίας που του παρέχει. Οι κύριες λειτουργίες του είναι ο έλεγχος της φόρτισης των συσσωρευτών από τις Φ/Β γεννήτριες, ο έλεγχος της εκφόρτισης των σε φορτίο Σ.Ρ. (μόνο εφόσον τροφοδοτείται μέσω του ρυθμιστή φόρτισης), η παροχή προστασίας στους συσσωρευτές, η απεικόνιση τιμών χαρακτηριστικών μεγεθών του Φ/Β συστήματος, καθώς και η παροχή ενδείξεων της κατάστασης λειτουργίας του. Ο ρυθμιστής διαθέτει δυνατότητα απεικόνισης ενδείξεων και παραμέτρων κατάστασης μέσω των δυο πολυχρωματικών LED και της οθόνης υγρών κρυστάλλων (LCD) δεκαέξι χαρακτήρων, με τα οποία είναι εφοδιασμένος. Τα

παραπάνω μας πληροφορούν για την κατάσταση λειτουργίας του ρυθμιστή φόρτισης, για το επίπεδο φόρτισης των συσσωρευτών, καθώς και για την κατάσταση λειτουργίας του Φ/Β συστήματος απεικονίζοντας περιοδικά τάσεις, εντάσεις ρεύματος και άλλες παραμέτρους. Επίσης σε περίπτωση δυσλειτουργίας της συσκευής υποδεικνύεται το πρόβλημα με το αντίστοιχο κωδικοποιημένο μήνυμα.

ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΕΣ

Για την αποθήκευση της παραγόμενης ενέργειας χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία συσσωρευτών τύπου MCK5 της Γαλλικής εταιρείας Ceac-Fulmen Solar. Τα στοιχεία αυτά ανήκουν στην κατηγορία συσσωρευτών PzS κατά DIN 43595 (κατασκευαστικό πρότυπο). Οι συσσωρευτές διαθέτουν σωληνωτές θετικές πλάκες μολύβδου χαμηλής περιεκτικότητας σε αντιμόνιο ($Sb < 3\%$). Είναι μεγάλης βύθισης και πολλαπλών κύκλων φόρτισης-εκφόρτισης. Συσκευάζονται σε μαύρο κουτί πολυπροπυλενίου. Οι συσσωρευτές έχουν τα εξής τεχνικά χαρακτηριστικά :

Συνολικά τοποθετήθηκαν 12 συσσωρευτές του τύπου αυτού οι οποίοι παρέχουν

Τεχνικά χαρακτηριστικά συσσωρευτών MCK5	
Ονομαστική τάση	2 V
Ονομαστική πυκνότητα ηλ/τη.	1,24 kg/lt
Ονομαστική χωρητικότητα	600Ah
Μέγιστο βάθος εκφόρτισης	80% C10
Διαστάσεις	100x198x605 mm
Βάρος	32,4 kg

συνολική μέγιστη αποθηκευμένη ενέργεια :

$$E = P * T \Rightarrow E = V * I * T \Rightarrow$$

$$E = 12 * 600 Ah * 2 Volt \Rightarrow$$

$$E = 14.400 Wh = 14.4 kWh$$

Παρατηρούμε ότι η μέγιστη δυνατή αποθηκεύσιμη ενέργεια είναι μεγαλύτερη από τις καθημερινές ανάγκες. αυτό σημαίνει ότι σε μια καλή ημέρα οι συσσωρευτές θα μπορέσουν να αποθηκεύσουν φορτίο για τις επόμενες ημέρες. Φυσικά η επιλογή του πλήθους των συσσωρευτών έγινε και με ένα επιπλέον κριτήριο: αυτό της ανάγκης για συνδεσμολογία τέτοια που να δίνει επαρκή τάση(24V). Σε όλα αυτά πρέπει να συνυπολογιστεί και η ανάγκη τοποθέτησης επιπλέον συσσωρευτή πέραν των υπολογισθέντων ώστε να παρέχεται αρκετή ικανότητα αποθήκευσης με την προοδευτική γήρανση των συσσωρευτών.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την συνολική λειτουργία του συστήματος μέχρι σήμερα έχουμε να παρατηρήσουμε τα εξής:

- Η καλοκαιρινή λειτουργία είναι ικανοποιητικότερη, με χρόνο λειτουργίας πολύ περισσότερο από τον ελάχιστο απαιτούμενο των τριών ωρών.
- Η χειμερινή λειτουργία δεν είναι ικανοποιητική καθώς δεν είναι πάντα εφικτό να καλυφθεί ο χρόνος των τριών ωρών. Μάλιστα, σε περιόδους παρατεταμένης νέφωσης ο χρόνος λειτουργίας του φορτίου (λαμπτήρες) δεν ξεπερνούσε την μία ώρα.
- Το αισθητικό αποτέλεσμα του όλου εγχειρήματος ήταν εντυπωσιακό (φωτογραφίες παράρτημα Β)
- Από την προσπάθεια αυτή υπήρχε και παράπλευρο κέρδος: η ανάδειξη και η ενημέρωση –τόσο στον ντόπιο πληθυσμό όσο και στους επισκέπτες - της δυνατότητας εφαρμογής μιας τέτοιας τεχνολογίας σε μια χώρα με άφθονο ήλιο όπως η Ελλάδα.
- Η εγκατάσταση αυτή θα μπορούσε μελλοντικά να συμπληρωθεί και από μια αιολική γεννήτρια, η οποία θα λειτουργούσε συμπληρωματικά και θα εξασφάλιζε επιπλέον ενέργεια στις «δύσκολες» μέρες του χειμώνα.
- Η απόκλιση από την θεωρητικά υπολογισμένη διάρκεια λειτουργίας οφείλεται τόσο στο ότι δεν τοποθετήθηκαν τα απαραίτητα με βάση την μελέτη πάνελ (λόγο και υπέρβασης κόστους αποδεικνύοντας ένα για την ώρα τρωτό σημείο για την συγκεκριμένη τεχνολογία), όσο και στις διάφορες προσεγγίσεις οι οποίες έγιναν στην διάρκεια των υπολογισμών.
- Μια καλή τεχνική αντιμετώπισης της μειωμένης διαθεσιμότητας ενέργειας κάποιες μέρες του χρόνου θα ήταν και η έξυπνη διαχείριση των φορτίων ανάλογα με την διαθέσιμη ενέργεια. Θα ήταν για παράδειγμα πιο λειτουργικό τις ημέρες με μικρό απόθεμα ενέργειας να βγαίνουν εκτός οι ενεργοβόροι καταναλωτές (π.χ. μεγάλοι προβολείς) είτε με κάποιο επιτόπιο αυτοματισμό είτε με κάποιο σύστημα ελέγχου από μακριά.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ:

- «ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ :Η ΧΡΗΣΗ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΤΩΝ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ» ΠΑΝΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ ΤΜΗΜΑ ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ Π.Μ.Σ. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΑ ‘ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ’ ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ: ΝΙΚΟΛΑΪΔΟΥ ΝΙΚΗ ΑΘΗΝΑ ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2007
- ΣΥΝΔΕΣΜΟΣ ΕΤΑΙΡΙΩΝ Φ/Β,ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΗΣ ΑΓΟΡΑΣ Φ/Β ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ
- ΕΝΑΣ ΠΡΑΚΤΙΚΟΣ ΟΔΗΓΟΣ ΓΙΑ ΤΑ Φ/Β. ΣΥΝΔΕΣΜΟΣ ΕΤΑΙΡΙΩΝ Φ/Β
- PRACTICAL HANDBOOK OF PHOTOVOLTAICS.FUNDAMENTALS AND APPLICATIONS. TOM MARKVART AND LUIS CASTANER.ELSEVIER
- ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΨΗΦΙΑΚΟΥ ΜΙΚΡΟΕΛΕΚΤΗ ΓΙΑ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑ. ΚΑΡΑΜΕΤΣΗΣ ΧΡΗΣΤΟΣ.ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ . ΑΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ.
- ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΣΥΝΕΙΣΦΟΡΑ ΤΗΣ Φ/Β ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΕΝΑ ΥΒΡΙΔΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΕΝΟΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ,Ε.ΘΕΟΔΩΡΟΜΑΝΩΛΑΚΗΣ, Β. ΠΕΡΡΑΚΗ ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
- Φ/Β:ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΑ ΚΤΙΡΙΑ. Γ.ΤΣΙΛΙΓΚΙΡΙΔΗΣ,ΣΕΜΙΝΑΡΙΟ ΚΑΤΑΡΤΗΣΗΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.
- Φ/Β. ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΝΙΚΟΣ ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΟΥ. ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΠΕ ΤΕΙ ΑΘΗΝΑΣ.
- ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΑΠΕ Ι ΚΕΦ. 3 ΔΡ Π. ΑΞΑΟΠΟΥΛΟΣ.
- Φ/Β ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ, Κ. ΚΑΓΚΑΡΑΚΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Ε.Μ.Π.
- ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ ΑΠΟ ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ, THOMAS MARKVART, ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΈΚΔΟΣΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΣΚΟΥΤΖΟΣ, ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΙΩΝ
- ΓΕΩΡΓΙΟΣ Λ. ΚΤΕΝΙΔΗΣ «ΜΕΛΕΤΗ ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟΥ Φ/Β ΣΤΑΘΜΟΥ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΤΩΝ 100KW», ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ , ΕΜΠ 2008
- <http://el.wikipedia.org/>
- <http://www.livepedia.gr/index.php>
- http://en.wikipedia.org/wiki/Main_Page
- www.iqsolarpower.com/
- www.greenpeace.org/greece/
- www.solar-systems.gr/
- http://apogee-solutions.net/atlantis/files/ap5490_Odigos_FB.pdf
- www.e-greeksolar.gr/

- www.solartec.gr/grfaq.html
- www.pvsunenergy.gr/
- www.sma.de
- <http://global.kyocera.com>
- www.rae.gr
- www.desmie.gr
- www.ypan.gr
- www.cres.gr
- www.iea.org
- www.aenaon.net/gr/

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: ΠΙΝΑΚΕΣ ΜΕ ΤΙΜΕΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

		Ιανουάριος		Φεβρουάριος		Μάρτιος	
		$\omega_s=73,24^\circ$		$\omega_s=80,01^\circ$		$\omega_s=88,17^\circ$	
ω	Ωρα	I/H	I(Wh/m ²)	I/H	I(Wh/m ²)	I/H	I(Wh/m ²)
(-120 _ο , -105 _ο)	4:00-5:00						
(-105 _ο , -90 _ο)	5:00-6:00						
(-90 _ο , -75 _ο)	6:00-7:00			0,0046	12,59	0,0131	48,99
(-75 _ο , -60 _ο)	7:00-8:00	0,0175	37,22	0,0284	77,17	0,0393	146,92
(-60 _ο , -45 _ο)	8:00-9:00	0,0612	130,36	0,0678	184,03	0,0724	270,89
(-45 _ο , -30 _ο)	9:00-10:00	0,1079	229,80	0,1066	289,34	0,1040	389,13
(-30 _ο , -15 _ο)	10:00-11:00	0,1460	310,84	0,1376	373,60	0,1288	481,99
(-15 _ο , 0 _ο)	11:00-12:00	0,1673	356,29	0,1549	420,40	0,1425	533,05
(0 _ο , 15 _ο)	12:00-13:00	0,1673	356,29	0,1549	420,40	0,1425	533,05
(15 _ο , 30 _ο)	13:00-14:00	0,1460	310,84	0,1376	373,60	0,1288	481,99
(30 _ο , 45 _ο)	14:00-15:00	0,1079	229,80	0,1066	289,34	0,1040	389,13
(45 _ο , 60 _ο)	15:00-16:00	0,0612	130,36	0,0678	184,03	0,0724	270,89
(60 _ο , 75 _ο)	16:00-17:00	0,0175	37,22	0,0284	77,17	0,0393	146,92
(75 _ο , 90 _ο)	17:00-18:00			0,0046	12,59	0,0131	48,99
(90 _ο , 105 _ο)	18:00-19:00						
(105 _ο , 120 _ο)	19:00-20:00						
Μέση Ημερήσια Ηλιακή ακτινοβολία (H)			2.129,03		2.714,29		3.741,94
Μηνιαία Ηλιακή Ακτινοβολία (H)			66.000,00		76.000,00		116.000,00

		Απρίλιος		Μάιος		Ιούνιος	
		$\omega_s=97,19^\circ$		$\omega_s=104,23^\circ$		$\omega_s=108,76^\circ$	
ω	Ωρα	I/H	I(Wh/m ²)	I/H	I(Wh/m ²)	I/H	I(Wh/m ²)

(-1200 , -1050)	4:00-5:00					-0,0002*	-1,51*
(-1050 , -900)	5:00-6:00	0,0044	19,87	0,0083	51,46	0,0120	83,53
(-900 , -750)	6:00-7:00	0,0211	95,12	0,0279	172,67	0,0314	218,58
(-750 , -600)	7:00-8:00	0,0472	212,30	0,0514	318,18	0,0534	371,95
(-600 , -450)	8:00-9:00	0,0749	337,08	0,0757	468,96	0,0759	528,61
(-450 , -300)	9:00-10:00	0,1006	452,78	0,0979	606,33	0,0962	669,95
(-300 , -150)	10:00-11:00	0,1205	542,09	0,1148	711,19	0,1116	777,18
(-150,00)	11:00-12:00	0,1313	590,76	0,1240	767,99	0,1199	835,05
(00,150)	12:00-13:00	0,1313	590,76	0,1240	767,99	0,1199	835,05
(150,300)	13:00-14:00	0,1205	542,09	0,1148	711,19	0,1116	777,18
(300,450)	14:00-15:00	0,1006	452,78	0,0979	606,33	0,0962	669,95
(450,600)	15:00-16:00	0,0749	337,08	0,0757	468,96	0,0759	528,61
(600,750)	16:00-17:00	0,0472	212,30	0,0514	318,18	0,0534	371,95
(750,900)	17:00-18:00	0,0211	95,12	0,0279	172,67	0,0314	218,58
(900,1050)	18:00-19:00	0,0044	19,87	0,0083	51,46	0,0120	83,53
(1050,1200)	19:00-20:00					-0,0002*	-1,51*
Μέση Ημερήσια Ηλιακή ακτινοβολία (H)			4.500,00		6.193,55		6.966,67
Μηνιαία Ηλιακή Ακτινοβολία (H)			135.000,00		192.000,00		209.000,00

		Ιούλιος		Αύγουστος		Σεπτέμβριος	
		$\omega_{\zeta}=107,00^{\circ}$		$\omega_{\zeta}=100,40^{\circ}$		$\omega_{\zeta}=91,67^{\circ}$	
ω	Ωρα	I/H	I(Wh/m ²)	I/H	I(Wh/m ²)	I/H	I(Wh/m ²)
(-1200 , -1050)	4:00-5:00	0,0000	-0,06*				
(-1050 , -900)	5:00-6:00	0,0104	72,56	0,0059	37,86	0,0032	15,77
(-900 , -750)	6:00-7:00	0,0301	210,63	0,0244	156,04	0,0145	72,05
(-750 , -600)	7:00-8:00	0,0527	368,64	0,0493	314,70	0,0427	212,30
(-600 , -450)	8:00-9:00	0,0758	530,90	0,0754	481,43	0,0736	365,62
(-450 , -300)	9:00-10:00	0,0968	677,83	0,0994	634,72	0,1027	510,15
(-300 , -150)	10:00-11:00	0,1128	789,56	0,1178	752,42	0,1254	622,84
(-150,00)	11:00-12:00	0,1214	849,94	0,1278	816,38	0,1378	684,59

(0 _o ,15 _o)	12:00-13:00	0,1214	849,94	0,1278	816,38	0,1378	684,59
(15 _o ,30 _o)	13:00-14:00	0,1128	789,56	0,1178	752,42	0,1254	622,84
(30 _o ,45 _o)	14:00-15:00	0,0968	677,83	0,0994	634,72	0,1027	510,15
(45 _o ,60 _o)	15:00-16:00	0,0758	530,90	0,0754	481,43	0,0736	365,62
(60 _o ,75 _o)	16:00-17:00	0,0527	368,64	0,0493	314,70	0,0427	212,30
(75 _o ,90 _o)	17:00-18:00	0,0301	210,63	0,0244	156,04	0,0145	72,05
(90 _o ,105 _o)	18:00-19:00	0,0104	72,56	0,0059	37,86	0,0032	15,77
(105 _o ,120 _o)	19:00-20:00	0,0000	-0,06*				
Μέση Ημερήσια Ηλιακή ακτινοβολία (H)			7.000,00		6.387,10		4.966,67
Μηνιαία Ηλιακή Ακτινοβολία (H)			217.000,00		198.000,00		149.000,00

		Οκτώβριος		Νοέμβριος		Δεκέμβριος	
		$\omega_{\zeta}=82,70_{\circ}$		$\omega_{\zeta}=75,02_{\circ}$		$\omega_{\zeta}=71,280$	
ω	Ώρα	I/H	I(Wh/m ²)	I/H	I(Wh/m ²)	I/H	I(Wh/m ²)
(-120 _o , -105 _o)	4:00-5:00						
(-105 _o , -90 _o)	5:00-6:00						
(-90 _o , -75 _o)	6:00-7:00	0,0069	23,70	0,0022	5,44		
(-75 _o , -60 _o)	7:00-8:00	0,0324	110,96	0,0193	48,23	0,0132	23,50
(-60 _o , -45 _o)	8:00-9:00	0,0696	238,05	0,0633	158,20	0,0586	104,03
(-45 _o , -30 _o)	9:00-10:00	0,1058	361,87	0,1077	269,23	0,1081	191,75
(-30 _o , -15 _o)	10:00-11:00	0,1346	460,30	0,1437	359,27	0,1486	263,68
(-15 _o ,0 _o)	11:00-12:00	0,1506	514,79	0,1638	409,62	0,1714	304,13
(0 _o ,15 _o)	12:00-13:00	0,1506	514,79	0,1638	409,62	0,1714	304,13
(15 _o ,30 _o)	13:00-14:00	0,1346	460,30	0,1437	359,27	0,1486	263,68
(30 _o ,45 _o)	14:00-15:00	0,1058	361,87	0,1077	269,23	0,1081	191,75
(45 _o ,60 _o)	15:00-16:00	0,0696	238,05	0,0633	158,20	0,0586	104,03
(60 _o ,75 _o)	16:00-17:00	0,0324	110,96	0,0193	48,23	0,0132	23,50
(75 _o ,90 _o)	17:00-18:00	0,0069	23,70	0,0022	5,44		
(90 _o ,105 _o)	18:00-19:00						
(105 _o ,120 _o)	19:00-20:00						
Μέση Ημερήσια Ηλιακή ακτινοβολία (H)			3.419,35		2.500,00		1.774,19
Μηνιαία Ηλιακή Ακτινοβολία (H)			106.000,00		75.000,00		55.000,00

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β:ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ :