



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ 1759
«ΥΒΡΙΔΙΚΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ»

ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ, ΑΜ:6358
ΚΟΤΑΝΙΔΗΣ ΚΥΡΙΑΚΟΣ, ΑΜ:6264

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΣΧΟΙΝΑΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΠΑΤΡΑ 2020

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Ένα υβριδικό σύστημα ισχύος είναι ένα δυναμικό σύστημα ισχύος το οποίο χρησιμοποιεί πάνω από μία μεθόδους παραγωγής ενέργειας για να καλύπτει την απαιτούμενη ενέργεια. Συνήθως, εκτός από τα φωτοβολταϊκά, συνδυάζονται και άλλες πηγές ενέργειας, (κυρίως τοπικές και ανανεώσιμες) όπως ανεμογεννήτριες, μικρουδροηλεκτρική ισχύ, υδροηλεκτρική ισχύ ποταμών, βιομάζ, κτλα. Συχνό φαινόμενο, όμως, είναι να συνδυάζεται μία ανανεώσιμη πηγή ενέργειας και μία συμβατική πηγή όπως η τροφοδοσία από το τοπικό δίκτυο ή από ηλεκτρογεννήτριες πετρελαίου (ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος - H/Z), μπαταρίες και γεννήτριες μετατροπής.

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία αναλύεται ένα υβριδικό σύστημα στο οποίο συνεργάζονται φωτοβολταϊκές συστοιχίες και μια ανεμογεννήτρια, προκειμένου να καλυφθεί ένα μέρος από τις ενεργειακές ανάγκες μιας κατοικίας

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ένα υβριδικό σύστημα ισχύος είναι ένα δυναμικό σύστημα ισχύος το οποίο χρησιμοποιεί πάνω από μία μεθόδους παραγωγής ενέργειας για να καλύπτει την απαιτούμενη ενέργεια. Συνήθως, εκτός από τα φωτοβολταϊκά, συνδυάζονται και άλλες πηγές ενέργειας, (κυρίως τοπικές και ανανεώσιμες) όπως ανεμογεννήτριες, μικρουδροηλεκτρική ισχύ, υδροηλεκτρική ισχύ ποταμών, βιομάζ, κτλ. Συχνό φαινόμενο, όμως, είναι να συνδυάζεται μία ανανεώσιμη πηγή ενέργειας και μία συμβατική πηγή όπως η τροφοδοσία από το τοπικό δίκτυο ή από ηλεκτρογεννήτριες πετρελαίου (ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος - H/Z), μπαταρίες και γεννήτριες μετατροπής.

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία αναλύεται ένα υβριδικό σύστημα στο οποίο συνεργάζονται φωτοβολταϊκές συστοιχίες και μια ανεμογεννήτρια, προκειμένου να καλυφθεί ένα μέρος από τις ενεργειακές ανάγκες μιας κατοικίας

Πιο συγκεκριμένα στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα είδη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που χρησιμοποιούνται για την κάλυψη των αναγκών στα κτίρια.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζονται πληροφορίες σχετικά με τα υβριδικά συστήματα που χρησιμοποιούνται στις μέρες μας.

Στη συνέχεια στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά των διατάξεων που χρησιμοποιούνται για την υλοποίηση των υβριδικών συστημάτων, όπως φωτοβολταϊκές συστοιχίες, ανεμογεννήτριες, συσσωρευτές.

Τέλος στο τέταρτο κεφάλαιο πραγματοποιείται η μελέτη η οποία περιλαμβάνει τον υπολογισμό των ενεργειακών αναγκών της οικίας για ένα έτος, την επιλογή των κατάλληλων διατάξεων καθώς και τον τρόπο διασύνδεσής τους.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	I
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	II
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	III
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.....	4
ΕΙΔΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΣΕ ΟΙΚΙΑΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ.....	4
1.1 Ηλιακή ενέργεια	4
1.2 Αιολική Ενέργεια	6
2 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.....	15
ΥΒΡΙΔΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ.....	15
2.1 Εφαρμογές των υβριδικών συστημάτων	16
2.2 Ο ρόλος των ΑΠΕ στους υβριδικούς σταθμούς	18
2.3 Δομή και λειτουργία ενός υβριδικού συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση φωτοβολταϊκών και ανεμογεννήτριας 23	
2.4 Η συνεισφορά μίας ανεμογεννήτριας στο αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα	26
3 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.....	28
ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΣΤΑ ΥΒΡΙΔΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ.....	28
3.1 Είδη ανεμογεννητριών	29
3.2 Τρόπος λειτουργίας-απόδοση ανεμογεννητριών	29
3.3 Βασικά μέρη της ανεμογεννήτριας	30
3.4 Πόσο ψηλά πρέπει να εγκατασταθεί η ανεμογεννήτρια	32
3.5 Απόδοση ανεμογεννήτριας.....	32
3.6 Φωτοβολταϊκή τεχνολογία	35
3.6.1 Κυριότεροι τύποι ηλιακών κελιών.....	37
3.7 Μοντελοποίηση ηλιακών κελιών	41
3.8 Από τα φωτοβολταϊκά κελιά στα φωτοβολταϊκά πάνελ.....	45
3.8.1 Παράλληλη σύνδεση κελιών.....	45
3.8.2 Σύνδεση κελιών σε σειρά.....	46

3.9	Συσσωρευτές.....	48
3.9.1	Ηλεκτρικοί συσσωρευτές γενικά	48
3.9.2	Τύποι συσσωρευτών	49
3.9.3	Τεχνικά χαρακτηριστικά	50
3.9.4	Συνδεσμολογία συσσωρευτών	55
3.9.5	Τοποθέτηση συσσωρευτών στο χώρο του ηλεκτροστασίου 59	
3.9.6	Τεχνικά χαρακτηριστικά συσσωρευτών του εμπορίου	60
3.9.7	Συσσωρευτές οξέος μολύβδου ανοιχτού τύπου χαμηλού αντιμονίου (1,6%) ονομαστικής τάσης 12V, 6V, 2V, από την ECO//SUN/BAE Solar	60
3.9.8	Βιομηχανικοί συσσωρευτές ασβεστίου, ονομαστικής τάσης 12V,6V,2V,από την ECO//SUN, BAE SECURA PVV	62
3.9.9	Βιομηχανικοί συσσωρευτές με σωληνωτές θετικές πλάκες χαμηλού αντιμονίου και χαμηλής συντήρησης PZS/ECO//SUN (αδιαφανείς)	63
3.9.10	Συσσωρευτές οξέος μολύβδου ανοιχτού τύπου χαμηλού αντιμονίου (1,6%) ονομαστικής τάσης 12V	64
3.9.11	Συσσωρευτές οξέος μολύβδου ανοιχτού τύπου χαμηλού αντιμονίου (1,6%) ονομαστικής τάσης 2V (δίβολτα στοιχεία βιομηχανικού τύπου)	64
3.10	Τύποι ελεγκτών ρυθμιστών φόρτισης - Ρυθμιστές φόρτισης μικρής ισχύος- Ρυθμιστές φόρτισης χαμηλής ισχύος	65
3.10.1	Τύποι ελεγκτών ρυθμιστών φόρτισης	65
3.10.2	Ρυθμιστές φόρτισης μικρής ισχύος.....	65
3.10.3	Ρυθμιστές φόρτισης χαμηλής ισχύος	66
3.11	Ελεγκτές ρυθμιστές ενεργειακών συστημάτων – Φορτιστές μπαταριών	66
3.11.1	Ελεγκτές ρυθμιστές ενεργειακών συστημάτων.....	66
3.11.2	Φορτιστές μπαταριών	67
3.12	Μετατροπείς γενικά. Μετατροπείς DC-DC, Μετατροπέας DC- AC (Inverter),Μετατροπέας DC-AC δικτύου, Μετατροπείς DC-AC Δικτύου μικρής ισχύος χαμηλής τάσης μονοφασικοί	67
3.12.1	Μετατροπείς γενικά	67
3.12.2	Μετατροπείς DC-DC	68
3.12.3	Μετατροπέας DC-AC (Inverter)	68
3.12.4	Μετατροπέας DC-AC δικτύου	69

3.13	Μετατροπείς DC-AC, μέσης ισχύος χαμηλής τάσης, τριφασικοί, Μετατροπέας DC-AC μεγάλης ισχύος μέσης τάξης	70
3.13.1	Μετατροπείς DC-AC, μέσης ισχύος χαμηλής τάσης, τριφασικοί.....	70
3.13.2	Μετατροπέας DC-AC μεγάλης ισχύος μέσης τάξης	70
3.13.3	Μετατροπέας DC-AC συσσωρευτών	71
4	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....	72
	ΜΕΛΕΤΗ ΥΒΡΙΔΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ.....	72
4.1	Παρουσίαση του χώρου και των ηλεκτρικών φορτίων	72
4.2	3Υπολογισμός ετήσιας κατανάλωσης σε Kwh	75
4.3	Εγκατάσταση και διαστασιολόγηση φωτοβολταϊκής συστοιχίας 76	
4.3.1	Προσφερόμενη ενέργεια από φωτοβολταϊκή συστοιχία	76
4.3.2	3.3.2 Μπαταρία φωτοβολταϊκής συστοιχίας.....	79
4.3.3	3.3.3 Μετατροπέας συνεχούς ρεύματος εξόδου της συστοιχίας σε εναλλασσόμενο ρεύμα	79
4.4	Ανεμογεννήτρια	82
4.4.1	Προσφερόμενη ενέργεια από την ανεμογεννήτρια	82
4.4.2	Μετατροπέας συνεχούς ρεύματος εξόδου της ανεμογεννήτριας σε εναλλασσόμενο ρεύμα	85
4.4.3	Μπαταρία ανεμογεννήτριας.....	85
4.5	Σύστημα Μπαταριών	85
4.6	Τροφοδοσία από το δίκτυο της ΔΕΗ	87
5	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	88

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ένα αυτόνομο σύστημα ηλεκτροδότησης με φωτοβολταϊκά και ανεμογεννήτρια αποτελείται κυρίως από τα παρακάτω επιμέρους υποσυστήματα:

- α. Φωτοβολταϊκά Πλαίσια,
- β. Ανεμογεννήτρια,
- γ. Ρυθμιστή ή Ελεγκτή Φόρτισης (controller),
- δ. Αντιστροφέα ή Μετατροπέα Τάσης (inverter),
- ε. Συστοιχία Συσσωρευτών και
- στ. Γεννήτρια (H/Z) ηλεκτρικού ρεύματος (προαιρετικά).

Σε γενικές γραμμές ένα αυτόνομο σύστημα ηλεκτροδότησης λαμβάνει ενέργεια από τον ήλιο και τον άνεμο (κάποιες φορές όταν χρειάζεται και από γεννήτρια υγρών καυσίμων), την οποία δίνει στο χρήστη σε κατάλληλη μορφή (εναλλασσόμενο ρεύμα) όποτε ο χρήστης το χρειάζεται, ενώ την περίσσεια την αποθηκεύει σε συσσωρευτές (DC coupling ή την στέλνει απευθείας στο φορτίο – AC coupling) για τις στιγμές εκείνες που δεν υπάρχει ηλιοφάνεια ή άνεμος.

Αναλυτικότερα, τα φωτοβολταϊκά και η ανεμογεννήτρια αναλαμβάνουν την μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας και της αιολικής ενέργειας αντίστοιχα σε ηλεκτρική (τάση-ρεύμα).

Ως γνωστόν τα φωτοβολταϊκά πλαίσια τοποθετούνται με νότιο προσανατολισμό και κλίση ανάλογα με την εποχή ενδιαφέροντος (αν θέλουμε θερινή λειτουργία επιλέγουμε μικρές κλίσεις 10-20 μοίρες ως προς

τον ορίζοντα, για χειμερινή λειτουργία επιλέγουμε κλίση πάνω από 35 μοίρες ενώ για ετήσια χρήση περίπου 25-30 μοίρες).



Εικόνα 0-1 **Αυτόνομη οικία**

Χαρακτηριστικό μέγεθος των φωτοβολταϊκών πλαισίων είναι η ισχύς τους (πλέον χρησιμοποιούνται σχετικά μεγάλα πλαίσια ισχύος πάνω από 240Watts) και η ονομαστική τάση τους (συνήθως 24V). Η ανεμογεννήτρια επιλέγεται μόνο όταν απαιτείται αυξημένη ενέργεια κυρίως τις νυχτερινές ώρες ή τον χειμώνα όταν τα φωτοβολταϊκά πλαίσια υπολειτουργούν (μειωμένη ηλιοφάνεια σε χρόνο και ένταση). Πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στα ανεμολογικά δεδομένα (αιολικό δυναμικό) της περιοχής, καθώς το κόστος ανά εγκατεστημένο Watt μίας ανεμογεννήτριας (απαιτείται δικός της ελεγκτή φόρτισης αλλά και ιστός στήριξης) μπορεί να υπερβαίνει το τετραπλάσιο του κόστους ενός φωτοβολταϊκού.

Χαρακτηριστικά μεγέθη είναι η ισχύς και η τάση εξόδου προς τις μπαταρίες. Η σωστή διαχείριση της παραγόμενης ενέργειας από τα φωτοβολταϊκά και την ανεμογεννήτρια σε συνδυασμό με τον έλεγχο της

διαδικασίας φόρτισης-εκφόρτισης των συσσωρευτών γίνεται από τον ρυθμιστή φόρτισης.

Ο ρυθμιστής φόρτισης ελέγχει το επίπεδο φόρτισης των μπαταριών και αποφασίζει αν θα τους διοχετεύσει ενέργεια ή όχι. Διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες τους PWM (Pulse Width Modulation), οι οποίοι είναι πλέον ξεπερασμένοι καθώς δεν κάνουν «έξυπνη» διαχείριση της ενέργειας και τους MPPT (Maximum Power Point Tracking), οι οποίοι συχνά λέγονται «έξυπνοι» και σε πολλές περιπτώσεις δίνουν ακόμη και 30% περισσότερη ενέργεια από τους πρώτους. Χαρακτηριστικό μέγεθος των ελεγκτών φόρτισης είναι το ρεύμα λειτουργίας τους, το οποίο καθορίζει πόση ισχύ φωτοβολταϊκών πλαισίων μπορεί να διαχειριστεί ο φορτιστής για συγκεκριμένη τάση της συστοιχίας συσσωρευτών.

Το μέγεθος των ανεμογεννητριών ποικίλλει ανάλογα με την ισχύ. Η διάμετρος των πτερυγίων μιας ανεμογεννήτριας ισχύος 1 kW δεν ξεπερνά τα 2 - 3 μέτρα. Το κόστος είναι περίπου 4.000 έως 7.500 ευρώ ανά εγκατεστημένο kW, με τη συντήρηση για δύο χρόνια και όλα τα γραφειοκρατικά έξοδα. Ήδη η μικρή αγορά αναπτύσσεται και μπορεί κανείς να βρει πλήθος συστημάτων με διαφορετικές ποιότητες και τιμές.

Εκτός από την πώληση ρεύματος στη ΔΕΗ, η αιολική ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την κάλυψη των αναγκών ενός εξοχικού ή μιας απομονωμένης οικίας. Μάλιστα, ένα οικιακό αιολικό σύστημα, σε συνδυασμό και με άλλες Ανανεώσιμες Πηγές και πρακτικές εξοικονόμησης ενέργειας, μπορεί να οδηγήσει σε ενεργειακά αυτόνομη οικία, χειμώνα - καλοκαίρι. Η διαδικασία αδειοδότησης έχει διευκολυνθεί, αν και εκκρεμούν εγκύκλιοι για την τοποθέτηση των ανεμογεννητριών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΔΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΣΕ ΟΙΚΙΑΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

1.1 Ηλιακή ενέργεια

Η ηλιακή ενέργεια που προσπίπτει στην επιφάνεια της γης είναι ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που παράγεται στον ήλιο. Φτάνει σχεδόν αμετάβλητη στο ανώτατο στρώμα της ατμόσφαιρας του πλανήτη μας, διαμέσου του διαστήματος, και στη συνέχεια κατά τη διέλευσή της από την ατμόσφαιρα υπόκειται σε σημαντικές αλλαγές, που οφείλονται στην σύσταση της ατμόσφαιρας. Η ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει σε ένα σημείο στην επιφάνεια της γης μια δεδομένη χρονική στιγμή χαρακτηρίζεται από την ένταση και την διεύθυνση πρόσπτωσης. Στην επιφάνεια της γης φτάνει μόνο ένα μέρος της ακτινοβολίας που προέρχεται άμεσα από τον ήλιο (άμεση ηλιακή ακτινοβολία), ενώ το υπόλοιπο είτε απορροφάται από τα συστατικά της ατμόσφαιρας είτε ανακλάται πάλι προς το διάστημα ή προς την επιφάνεια της γης. Η ακτινοβολία που προσπίπτει στην επιφάνεια της γης μετά από διαδοχικές ανακλάσεις δεν έχει συγκεκριμένη διεύθυνση και καλείται διάχυτη ακτινοβολία. Η γη δέχεται ετήσια ηλιακή ενέργεια με ακτινοβολία της τάξης του $173 \times 10^{15} \text{W}$. Σε ένα 24ωρο κάθε τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας της γης δέχεται κατά μέσο όρο 4-6 KWh ηλιακής ενέργειας με ακτινοβολία 800-2500 KWh/m³ ετησίως. Η ποσότητα αυτή είναι περίπου η διπλάσια από αυτή που θα μπορούσε ποτέ να ληφθεί από το σύνολο των μη ανανεώσιμων πηγών της Γης (πχ. Φυσικό αέριο, άνθρακα κτλ) και περισσότερη από αυτή που καταναλώνει σήμερα ο

άνθρωπος σε ένα χρόνο. Γι αυτό κρίνεται σκόπιμη η πρακτική εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας.

Η ηλιακή ακτινοβολία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για:

- την άμεση **παραγωγή θερμότητας**, με ενεργητικά και παθητικά ηλιακά συστήματα. Αν η παραγόμενη θερμότητα είναι υψηλής θερμοκρασίας, τότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ατμού και στη συνέχεια μηχανικής ενέργειας (με ατμοστρόβιλους). Η μηχανική ενέργεια μπορεί να μετατραπεί σε ηλεκτρική ενέργεια. Σε αυτή τη περίπτωση αναφερόμαστε σε θερμική παραγωγή ηλεκτρισμού από την ηλιακή ενέργεια.
- την άμεση **παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας** με δύο τρόπους: θερμικές και φωτοβολταϊκές εφαρμογές. Η θερμική αξιοποίηση περιλαμβάνει συλλογή της ηλιακής ενέργειας για να παραχθεί θερμότητα κυρίως για θέρμανση νερού και μετατροπή του σε ατμό για την κίνηση ατμοστροβίλων. Η δεύτερη εφαρμογή θα αναλυθεί λεπτομερώς σε επόμενο κεφάλαιο της εργασίας.



Εικόνα 1-1

Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΦΒ συστοιχία

Πλεονεκτήματα χρήσης της ηλιακής ενέργειας:

- Αποτρέπεται η κατανάλωση ενέργειας από ορυκτά καύσιμα και κατά συνέπεια οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) που προκαλούν τις παγκόσμιες κλιματικές αλλαγές.
- Η ηλιακή τεχνολογία είναι μια καθ'όλα ώριμη, δοκιμασμένη και αξιόπιστη τεχνολογία.
- Είναι ιδανική για απομονωμένες περιοχές, μακριά από γεννήτριες.
- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη παραγωγή ηλεκτρισμού ακόμα κι όταν έχει συννεφιά.
- Η ενέργεια δεν χάνεται κατά τη μεταφορά από τα κεντρικά σημεία, όταν τα καταναμεημένα συστήματα βρίσκονται σε λειτουργία.
- Το πυρίτιο το οποίο χρησιμοποιείται για ημιαγωγούς είναι το δεύτερο σε αφθονία ορυκτό στο πλανήτη.

1.2 Αιολική Ενέργεια

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μια θεαματική άνοδος της εγκατεστημένης ηλεκτρικής ισχύος από ανεμογεννήτριες στη χώρα μας (Κρήτη, Εύβοια, νησιωτική χώρα). Ο μεγάλος ρυθμός ανάπτυξης της αιολικής ενέργειας συνοδεύτηκε, όπως ήταν επόμενο, από την ανησυχία των τοπικών κοινωνιών σχετικά με τις πιθανές επιπτώσεις των ανεμογεννητριών στο περιβάλλον. Σε ορισμένες περιπτώσεις οι φόβοι που εκφράστηκαν ακούγονται μάλλον υπερβολικοί και, κάποιες φορές, εξωπραγματικοί. Σε άλλες πάλι περιπτώσεις, οι ενστάσεις που υπάρχουν στην εγκατάσταση ανεμογεννητριών ή αιολικών πάρκων έχουν κάποια βάση και χρειάζονται επιπλέον διερεύνηση. Σε κάθε περίπτωση, πάντως, η αποδοχή ή μη της αιολικής ενέργειας από τις τοπικές κοινωνίες

προϋποθέτει την αντικειμενική τους πληροφόρηση για τα οφέλη και τις επιπτώσεις που αυτή θα μπορούσε να έχει ως μία ακόμη επέμβαση του ανθρώπου στη φύση.



Εικόνα 1-2 Ανεμογεννήτριες στη φύση

Σήμερα είναι κοινά αποδεκτό ότι η παγκόσμια αλλαγή του κλίματος αποτελεί μια από τις μεγαλύτερες απειλές για το μέλλον της ανθρωπότητας. Η αλλαγή αυτή οφείλεται κατά κύριο λόγο στις εκπομπές των λεγομένων «αερίων του θερμοκηπίου» που συνοδεύουν αναπόφευκτα την παραγωγή ενέργειας από συμβατικά καύσιμα. Θεωρείται, λοιπόν, δεδομένο ότι η ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και ιδιαίτερα της αιολικής είναι η μοναδική –μη πυρηνική- μεσοπρόθεσμη λύση για την αντιμετώπιση του φαινομένου των κλιματικών αλλαγών.

Ο άνεμος είναι μια ανεξάντλητη πηγή ενέργειας, η οποία μάλιστα παρέχεται δωρεάν. Η Αιολική ενέργεια είναι μια τεχνολογικά ώριμη, οικονομικά ανταγωνιστική και φιλική προς το περιβάλλον ενεργειακή επιλογή.

Προστατεύει τη Γη καθώς κάθε μία κιλοβατώρα που παράγεται από τον άνεμο αντικαθιστά μία κιλοβατώρα που παράγεται από συμβατικούς σταθμούς και ρυπαίνει την ατμόσφαιρα με αέρια του θερμοκηπίου.

Δεν επιβαρύνει το τοπικό περιβάλλον με επικίνδυνους αέριους ρύπους, μονοξείδιο του άνθρακα, διοξείδιο του θείου, καρκινογόνα μικροσωματίδια κ.α., όπως γίνεται με τους συμβατικούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Ενισχύει την ενεργειακή ανεξαρτησία και ασφάλεια κάτι ιδιαίτερα σημαντικό για τη χώρα μας και την Ευρώπη γενικότερα.

Βοηθά στην αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος μειώνοντας τις απώλειες μεταφοράς ενέργειας.

Οι πιο διαδεδομένες ανησυχίες για τις αρνητικές επιπτώσεις που θα μπορούσε να έχει η εγκατάσταση και χρήση των ανεμογεννητριών σε αιολικά πάρκα είναι οι ακόλουθες

A. Οι ανεμογεννήτριες προκαλούν προβλήματα θορύβου

Πρόκειται για το μόνο ουσιαστικό πρόβλημα, αλλά συγχρόνως και το ευκολότερο να ελεγχθεί και να προληφθεί. Στις ανεμογεννήτριες ο εκπεμπόμενος θόρυβος μπορεί να υπαχθεί σε δύο κατηγορίες, ανάλογα με την προέλευση του: δηλαδή μηχανικός και αεροδυναμικός.

Ο πρώτος προέρχεται από τα περιστρεφόμενα μηχανικά τμήματα (κιβώτιο ταχυτήτων, ηλεκτρογεννήτρια, έδρανα κλπ.) Ο δεύτερος προέρχεται από την περιστροφή των πτερυγίων.

Οι σύγχρονες ανεμογεννήτριες είναι μηχανές πολύ ήσυχες συγκριτικά με την ισχύ τους και με συνεχείς βελτιώσεις από τους κατασκευαστές γίνονται

όλο και πιο αθόρυβες. Η αντιμετώπιση του θορύβου γίνεται είτε στην πηγή είτε στη διαδρομή του. Οι μηχανικοί θόρυβοι έχουν ελαχιστοποιηθεί με εξαρχής σχεδίαση (γρανάζια πλάγιας οδόντωσης), ή με εσωτερική ηχομονωτική επένδυση στο κέλυφος της κατασκευής. Επίσης ο μηχανικός θόρυβος αντιμετωπίζεται στη διαδρομή του με ηχομονωτικά πετάσματα και αντικραδασμικά πέλματα στήριξης. Αντίστοιχα ο αεροδυναμικός θόρυβος αντιμετωπίζεται με προσεκτική σχεδίαση των πτερυγίων από τους κατασκευαστές, που δίνουν άμεση προτεραιότητα στην ελάττωση του .

Το επίπεδο του αντιληπτού θορύβου από μία ανεμογεννήτρια σύγχρονων προδιαγραφών σε απόσταση 200 μέτρων, είναι μικρότερο από αυτό που αντιστοιχεί στο επίπεδο θορύβου περιβάλλοντος μιας μικρής επαρχιακής πόλης και βεβαίως δεν αποτελεί πηγή ενόχλησης. Με δεδομένη δε τη νομοθετημένη απαίτηση να εγκαθίστανται οι ανεμογεννήτριες σε ελάχιστη απόσταση 500 μέτρων από τους οικισμούς, το επίπεδο είναι ακόμη χαμηλότερο και αντιστοιχεί πλέον σε αυτό ενός ήσυχου καθιστικού δωματίου. Επιπλέον, στις ταχύτητες ανέμου που λειτουργούν οι ανεμογεννήτριες ο φυσικός θόρυβος (θόρυβος ανέμου σε δένδρα και θάμνους) υπερκαλύπτει οποιονδήποτε θόρυβο που προέρχεται από τις ίδιες.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω και σε συνδυασμό με τη θέση των «οικοπέδων» που συνήθως εγκαθίστανται τα αιολικά πάρκα στην Ελλάδα για να έχουν καλύτερη απόδοση, μπορούμε να πούμε με σιγουριά ότι τα αιολικά πάρκα δεν προκαλούν:

αύξηση της υπάρχουσας στάθμης θορύβου εκτός των ορίων τους και ακόμη περισσότερο σε κατοικημένες περιοχές

έκθεση ανθρώπων σε υψηλή στάθμη θορύβου.

B. Οι ανεμογεννήτριες δημιουργούν προβλήματα ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών

Η ανησυχία αυτή συνήθως αναφέρεται αφενός σε προβλήματα που προκαλούν οι ανεμογεννήτριες λόγω της θέσης τους σε σχέση με ήδη υπάρχοντες σταθμούς τηλεόρασης ή ραδιοφώνου και αφετέρου σε πιθανές ηλεκτρομαγνητικές εκπομπές από τις ίδιες.

Είναι γεγονός ότι, η διάδοση των εκπομπών στις συχνότητες της τηλεόρασης ή και του ραδιοφώνου (κυρίως στις συχνότητες εκπομπών FM) επηρεάζεται από εμπόδια που παρεμβάλλονται μεταξύ πομπού και δέκτη. Το κυριότερο πρόβλημα από τις ανεμογεννήτριες προέρχεται από τα κινούμενα πτερύγια που μπορούν να προκαλέσουν αυξομείωση σήματος λόγω αντανάκλασεων. Αυτό ήταν πολύ εντονότερο στην πρώτη γενιά ανεμογεννητριών που έφερε μεταλλικά πτερύγια. Τα πτερύγια των συγχρόνων ανεμογεννητριών κατασκευάζονται αποκλειστικά από συνθετικά υλικά, τα οποία έχουν ελάχιστη επίπτωση στη μετάδοση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

Η Ελληνική νομοθεσία προβλέπει την προώθηση αδειοδότησης ενός αιολικού πάρκου μόνον εφόσον τηρούνται κάποιες ελάχιστες αποστάσεις από τηλεπικοινωνιακούς ή ραδιοτηλεοπτικούς σταθμούς. Οποιαδήποτε πιθανά προβλήματα παρεμβολών μπορούν να προληφθούν με σωστό σχεδιασμό και χωροθέτηση ή να διορθωθούν με μικρό σχετικά κόστος από τον κατασκευαστή του πάρκου με μια σειρά απλών τεχνικών μέτρων, όπως π.χ. η εγκατάσταση επιπλέον αναμεταδοτών. Σε σχέση με την συμβατότητα

και τις παρεμβολές στις τηλεπικοινωνίες, αξίζει να αναφέρουμε, ότι σε άλλες ευρωπαϊκές χώρες οι πύργοι των ανεμογεννητριών όχι μόνον δεν δημιουργούν εμπόδια, αλλά χρησιμοποιούνται ήδη για την εγκατάσταση κεραιών προς διευκόλυνση υπηρεσιών επικοινωνιών, όπως η κινητή τηλεφωνία!

Όσον αφορά τις εκπεμπόμενες ακτινοβολίες, όπως φαίνεται και από την περιγραφή των τμημάτων της ανεμογεννήτριας, τα μόνα υποσυστήματα που θα μπορούσαμε να πούμε ότι «εκπέμπουν» ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία χαμηλού επιπέδου, είναι η ηλεκτρογεννήτρια και ο μετασχηματιστής μέσης τάσης. Το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο της ηλεκτρογεννήτριας είναι εξαιρετικά ασθενές και περιορίζεται σε μια πολύ μικρή απόσταση γύρω από το κέλυφος της που είναι τοποθετημένο τουλάχιστον 40-50 μέτρα πάνω από το έδαφος. Για το λόγο αυτό δεν υφίσταται πραγματικό θέμα έκθεσης στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία ούτε καν στη βάση της ανεμογεννήτριας. Ο μετασχηματιστής, πάλι, περιβάλλεται πάντα από περίφραξη ασφαλείας ή είναι κλεισμένος σε μεταλλικό υπόστεγο. Η περίφραξη είναι τοποθετημένη σε τέτοια απόσταση που το επίπεδο της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας είναι αμελητέο. Μπορούμε λοιπόν να ισχυριστούμε με βεβαιότητα, ότι αυτά που ακούγονται για εκπομπή ραδιενέργειας ή ακτινοβολιών άλλου τύπου από τις ανεμογεννήτριες δεν ευσταθούν.

Γ. Οι ανεμογεννήτριες δημιουργούν αισθητικά προβλήματα και προσβολή του φυσικού τοπίου

Η οπτική όχληση είναι κάτι υποκειμενικό και δύσκολα μπορούν να τεθούν κοινά αποδεκτοί κανόνες. Από έρευνες σε χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης προκύπτει ότι κάποιος που είναι ευνοϊκά διατεθειμένος απέναντι στην

ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας, αποδέχεται τις ανεμογεννήτριες και οπτικά πολύ πιο εύκολα από κάποιον που είναι αρνητικός εξαρχής. Από τις ίδιες μελέτες, προκύπτει ότι τα αιολικά πάρκα είναι πιο αποδεκτά από αισθητικής άποψης σε ανθρώπους που είναι ενημερωμένοι για τα οφέλη που προέρχονται από την χρήση τους. Αν κάνουμε μια απλή σύγκριση μεταξύ ενός θερμικού σταθμού παραγωγής (π.χ. λιγνιτικού), και ενός αιολικού πάρκου είναι φανερό ότι η οπτική όχληση που προκύπτει από το πρώτο είναι εμφανώς και αντικειμενικά πολύ μεγαλύτερη. Δεδομένου βεβαίως ότι οι ανεμογεννήτριες είναι κατ' ανάγκη ορατές από απόσταση, είναι σημαντικό να λαμβάνονται υπόψη οι ιδιαιτερότητες κάθε τόπου εγκατάστασης και να γίνεται προσπάθεια ενσωμάτωσης τους στο τοπίο.

Δ. Οι ανεμογεννήτριες έχουν επίδραση στις γεωργικές και κτηνοτροφικές δραστηριότητες

Δεν υπάρχει καμία ένδειξη ότι τα αιολικά πάρκα επιβαρύνουν τη γεωργία ή την κτηνοτροφία. Δεδομένου ότι περίπου το 99% της γης που φιλοξενεί ένα αιολικό πάρκο είναι διαθέσιμο για άλλες χρήσεις, μπορούμε να κατανοήσουμε ότι οι αγροτικές δραστηριότητες μπορούν να συνεχίζονται και μετά την εγκατάσταση του. Οι συνήθεις θέσεις αιολικών πάρκων είναι σε ορεινές περιοχές με θαμνώδη βλάστηση ακριβώς λόγω των υψηλών ταχυτήτων του ανέμου που ευνοούν την εγκατάσταση του. Σε αυτές τις περιοχές, η χρήση γης είναι κυρίως για βοσκή αιγοπροβάτων οι οποία μπορεί να συνεχισθεί χωρίς κανένα πρόβλημα και μετά την εγκατάσταση του αιολικού πάρκου. Χαρακτηριστικά, σε μερικά αιολικά πάρκα έχει παρατηρηθεί ότι οι ανεμογεννήτριες γίνονται πόλος έλξης αιγοπροβάτων που επωφελούνται από τη δροσιά της σκιάς που προσφέρουν οι πύργοι τους

Ε. Οι ανεμογεννήτριες έχουν επιπτώσεις στον πληθυσμό των πουλιών

Τα πουλιά καθώς πετούν μερικές φορές συγκρούονται με κτίρια και άλλες σταθερές κατασκευές. Οι ανεμογεννήτριες όμως δεν προκαλούν ιδιαίτερο πρόβλημα όπως έχει φανεί από μελέτες που έχουν γίνει σε ευρωπαϊκές χώρες όπως η Γερμανία, η Ολλανδία, η Δανία και η Αγγλία. Συγκεκριμένα, υπολογίσθηκε ότι στον συνολικό αριθμό πουλιών που σκοτώνονται ετησίως, μόνον 20 θάνατοι οφείλονται σε ανεμογεννήτριες (για εγκατεστημένη ισχύ 1000MW), ενώ αντίστοιχα 1.500 θάνατοι οφείλονται στους κυνηγούς και 2.000 σε πρόσκρουση με οχήματα και τις γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας (καθότι είναι σχεδόν «αόρατες» για τα πουλιά).



Εικόνα1-3 Σμήνος πουλιών σε πτερύγια ανεμογεννήτριας

Ασφαλώς βέβαια, το θέμα της προστασίας του πληθυσμού των πουλιών σε ευαίσθητες οικολογικά και προστατευόμενες περιοχές πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τη φάση σχεδιασμού και χωροθέτησης του αιολικού πάρκου.

Συνοψίζοντας, είναι σημαντικό να κατανοήσουμε, ότι οι οποιεσδήποτε επιπτώσεις από τις ανεμογεννήτριες, αφενός είναι άμεσα «ορατές» και αφετέρου είναι δυνατόν να ελαχιστοποιηθούν με σωστή αντιμετώπιση και προσχεδιασμό. Αντίθετα, οι επιπτώσεις της θερμικής ή πυρηνικής παραγωγής ενέργειας αργούν να φανούν, είναι μακροπρόθεσμες και όση προσπάθεια και κόστος να δαπανηθούν είναι αδύνατον να ελαχιστοποιηθούν. Εν τέλει θα πρέπει να αποφασίσουμε ότι εφόσον πρέπει να παράγουμε ηλεκτρική ενέργεια, είναι σίγουρα προτιμότερο να την παράγουμε με τρόπο που να έχει την μικρότερη δυνατή επιβάρυνση για το περιβάλλον. Από τεχνολογική και οικονομική πλευρά, η πιο ώριμη μορφή ανανεώσιμης και «καθαρής» ενέργειας είναι σήμερα η αιολική. Αυτή μπορεί να συμβάλλει αποτελεσματικά στην αποτροπή των κλιματικών αλλαγών προσφέροντας συγχρόνως ποικίλα περιβαλλοντικά, κοινωνικά και οικονομικά οφέλη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΥΒΡΙΔΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Ένα υβριδικό σύστημα ισχύος είναι ένα δυναμικό σύστημα ισχύος το οποίο χρησιμοποιεί πάνω από μία μεθόδους παραγωγής ενέργειας για να καλύπτει την απαιτούμενη ενέργεια. Συνήθως, εκτός από τα φωτοβολταϊκά, συνδυάζονται και άλλες πηγές ενέργειας, (κυρίως τοπικές και ανανεώσιμες) όπως ανεμογεννήτριες, μικρουδροηλεκτρική ισχύ, υδροηλεκτρική ισχύ ποταμών, βιομάζα. Συχνό φαινόμενο, όμως, είναι να συνδυάζεται μία ανανεώσιμη πηγή ενέργειας και μία συμβατική πηγή όπως η τροφοδοσία από το τοπικό δίκτυο ή από ηλεκτρογεννήτριες πετρελαίου (ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος - H/Z), μπαταρίες και γεννήτριες μετατροπής. Γενικά τα υβριδικά συστήματα συνδυάζουν τις μορφές ενέργειας για να τροφοδοτούν το σύστημα συνεχώς με σταθερή τάση, ελαχιστοποιώντας τους κινδύνους διακοπής της τροφοδοσίας. Χαρακτηρίζονται ως δυναμικά συστήματα, καθώς είναι σχεδιασμένα έτσι ώστε να εναλλάσσονται ανάμεσα στις διαθέσιμες πηγές ενέργειας ή και να τις συνδυάζουν ταυτόχρονα με αποτέλεσμα να εξαρτώνται κατά το ελάχιστο από τις μεταβολές των εξωγενών παραγόντων, όπως το τοπικό δίκτυο, η ηλιοφάνεια, η ένταση του ανέμου, η ροή του νερού κ.τ.λ.

2.1 Εφαρμογές των υβριδικών συστημάτων



Εικόνα 2-1 Αυτόνομο υβριδικό σύστημα ισχύος



Εικόνα 2-2 Άλλο ένα αυτόνομο υβριδικό σύστημα ισχύος

Τα υβριδικά συστήματα κατά κύριο λόγο εφαρμόζονται για την αδιάλειπτη λειτουργία σημαντικών οικιακών, επαγγελματικών εφαρμογών ή εφαρμογών πρώτης ανάγκης όπως στρατιωτικές μονάδες, αεροδρόμια, νοσοκομεία ηλεκτρικών φορτίων ή ευαίσθητων φορτίων, σε περιοχές όπου το κεντρικό

δίκτυο παρουσιάζει προβλήματα (διακοπές ή μεταβολές τάσης). Ο πιο συνηθισμένος συνδυασμός είναι αυτός μιας συστοιχίας φωτοβολταϊκών και μιας ανεμογεννήτριας. Τα φωτοβολταϊκά είναι πιο ισχυρά για μικρά φορτία, ενώ οι ανεμογεννήτριες, συνήθως, βοηθούν για μεγαλύτερα φορτία. Επίσης, για οικιακή χρήση υπάρχουν τα υβριδικά συστήματα φωτοβολταϊκών θερμικής ισχύος (PV-T). Σε αυτές τις περιπτώσεις χρησιμοποιούνται συλλέκτες που ενσωματώνουν σε ένα σώμα την παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας για την κάλυψη όλων των τύπων αναγκών ενός κτιρίου. Ενώ στα τυπικά φωτοβολταϊκά πάνελ ο συντελεστής απόδοσης πέφτει με την άνοδο της θερμοκρασίας, αντίθετα τα υβριδικά πάνελ PV-T επωφελούνται απορροφώντας την περιττή θερμότητα του φωτοβολταϊκού τμήματος για την παραγωγή θερμικής ενέργειας. Αυτή η λειτουργία δρα ευεργετικά για το φωτοβολταϊκό τμήμα, το οποίο λειτουργεί σε ιδανικές θερμοκρασίες και επομένως παράγει έως και 50% περισσότερη ενέργεια από ένα αντίστοιχο απλό φωτοβολταϊκό πάνελ.

Σε εφαρμογές που η ανάγκη για συνεχή παροχή ενέργειας είναι επιτακτική μπορεί να εφαρμοστεί ο συνδυασμός μιας συστοιχίας φωτοβολταϊκών με μια ανεμογεννήτρια και μία ηλεκτρογεννήτρια πετρελαίου. Έτσι, επιτυγχάνεται η αξιόπιστη λειτουργία του συστήματος όλο το χρόνο (και το χειμώνα όπου η ανεμογεννήτρια παίζει ένα σημαντικό ρόλο ενίσχυσης όλου του φωτοβολταϊκού συστήματος). Παράλληλα η ηλεκτρογεννήτρια πετρελαίου, συνήθως ενεργοποιείται αυτόματα σε έκτακτες περιπτώσεις για να υποβοηθήσει το φωτοβολταϊκό σύστημα. Εφόσον το υβριδικό σύστημα αποτελείται μόνο από ηλεκτρογεννήτρια και είναι εγκατεστημένο σε

συνδυασμό με το κεντρικό δίκτυο, τότε το κεντρικό δίκτυο χρησιμοποιείται ως εφεδρική πηγή σε περίπτωση ανάγκης.

2.2 Ο ρόλος των ΑΠΕ στους υβριδικούς σταθμούς

Ένας υβριδικός σταθμός αποσκοπεί να μεγιστοποιήσει τη συμμετοχή μονάδων μη εγγυημένης παραγωγής, πρακτικά δηλαδή μονάδων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ), στην κάλυψη μιας συγκεκριμένης ζήτησης ισχύος. Τούτο δεν προσεγγίζεται με τη φιλοσοφία ενός συμβατικού συστήματος ισχύος. Πιο συγκεκριμένα, σε ένα συμβατικό Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΣΗΕ), οι μονάδες μη εγγυημένης ισχύος συμμετέχουν στην παραγωγή ισχύος έως ένα μέγιστο ποσοστό, το οποίο υπαγορεύεται από τους περιορισμούς ασφάλειας και ευστάθειας της λειτουργίας του συστήματος και διαμορφώνεται βάσει διαφόρων παραμέτρων, όπως το μέγεθος του συστήματος, οι καιρικές συνθήκες, η ποσότητα και το είδος διατήρησης στρεφόμενης εφεδρείας κλπ. Όσο υψηλή στιγμιαία διείσδυση μονάδων μη εγγυημένης ισχύος και αν επιτευχθεί σε ένα συμβατικό ΣΗΕ, ο ρόλος τους παραμένει συμπληρωματικός ως προς τις μονάδες εγγυημένης ισχύος, που συνήθως είναι θερμοηλεκτρικές μονάδες και, σπανιότερα, υδροστρόβιλοι, οι οποίες παραμένουν οι βασικές μονάδες, στις οποίες στηρίζεται η παραγωγή ισχύος. Σκοπός της διείσδυσης των μονάδων ΑΠΕ είναι:

Η κατά το δυνατόν αξιοποίηση του γηγενούς δυναμικού ΑΠΕ που οδηγεί σε αντίστοιχο περιορισμό της κατανάλωσης συνήθως εισαγόμενων ενεργειακών πηγών.

Η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου που εκλύονται από την καύση ορυκτών καυσίμων.

Η μείωση του κόστους παραγωγής των ΣΗΕ, δεδομένου ότι, στις περισσότερες περιπτώσεις, η τιμή αγοράς της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από τις μονάδες ΑΠΕ είναι μικρότερη από το ειδικό κόστος παραγωγής των θερμοηλεκτρικών μονάδων.

Ο ρόλος των ΑΠΕ σε ένα συμβατικό σύστημα ισχύος δεν υποκαθιστά το ρόλο των μονάδων εγγυημένης παραγωγής. Απλά προσπαθεί να περιορίσει τη χρήση τους, προσεγγίζοντας, έτσι, όσο το δυνατόν περισσότερο τα οφέλη που αναφέρονται παραπάνω. Η βασική παραγωγή ισχύος και η απαίτηση για αδιάλειπτη κάλυψη της ζήτησης με εναλλασσόμενο ρεύμα πρότυπης τάσης και συχνότητας συνεχίζουν να στηρίζονται στην εγγυημένη παραγωγή από τις συμβατικές θερμοηλεκτρικές μονάδες. Οι θερμοηλεκτρικές μονάδες παραμένουν αυτές που θα συμβάλουν τα μεγαλύτερα ποσοστά στην ετήσια κάλυψη της ζήτησης ενέργειας, που θα ενταχθούν πρώτες στη σύνθεση παραγωγή ισχύος, που θα κληθούν να στηρίξουν την παραγωγή σε περίπτωση εμφάνισης σφαλμάτων και που θα ρυθμίσουν τη βασική συχνότητα του ΣΗΕ. Τέλος η περίπτωση απουσίας παραγωγής από μονάδες μη εγγυημένης ισχύος δεν αποτελεί ειδική περίπτωση για το σύστημα, καθώς τούτο απλά συνεχίζει να στηρίζεται στην παραγωγή των συμβατικών μονάδων, αυτή τη φορά βέβαια σε ποσοστό 100%.

Ένας υβριδικός σταθμός επιχειρεί να αντιστρέψει τους ρόλους μονάδων ΑΠΕ και συμβατικών μονάδων σε ένα σύστημα ισχύος. Ο σκοπός του, που, όπως αναφέρθηκε ανωτέρω, είναι η μεγιστοποίηση της διείσδυσης των μονάδων ΑΠΕ στην παραγωγή, δεν περιορίζεται στην αύξηση του ποσοστού στιγμιαίας διείσδυσης των μονάδων ΑΠΕ στο σύστημα όποτε υπάρχει

υψηλή παραγωγή ισχύος από αυτές, ενδεχομένως με τεχνικές και μεθόδους που θα βελτιώσουν την ασφάλεια του συστήματος. Σε μία τέτοια περίπτωση οι συμβατικές μονάδες θα ήταν και πάλι οι βασικές μονάδες παραγωγής του συστήματος. Πρακτικά και θεωρητικά, η φιλοσοφία του υβριδικού σταθμού είναι τελείως διαφορετική. Για να γίνει αντιληπτή η φιλοσοφία αυτή, ας υποθέσουμε ένα σύστημα ισχύος, στο οποίο οι συμβατικές μονάδες ισχύος απουσιάζουν εντελώς, συνεπώς δεν υπάρχει εγγυημένη παραγωγή από συμβατικές μονάδες. Ξεκινώντας από αυτό το δεδομένο, ο σκοπός του υβριδικού σταθμού είναι η σύνθεση και η λειτουργία ενός συστήματος ισχύος, το οποίο, αξιοποιώντας μονάδες μη εγγυημένης παραγωγής, θα ανταποκριθεί με επιτυχία στις βασικές απαιτήσεις της ζήτησης, δηλαδή στην αδιάλειπτη κάλυψή της και στην ελαχιστοποίηση του κόστους παραγωγής.

Η βασική φιλοσοφία συνδυασμένης λειτουργίας των μονάδων ΑΠΕ και των μονάδων αποθήκευσης μπορεί να αναλυθεί στις ακόλουθες δύο περιπτώσεις:

- Μέσω των μονάδων αποθήκευσης είναι δυνατή η αποθήκευση ενέργειας, όταν η παραγωγή ισχύος από τις μονάδες μη εγγυημένης παραγωγής είναι μεγαλύτερη από τη ζήτηση ισχύος. Η αποθηκευμένη ενέργεια μπορεί να αποδοθεί στην κατανάλωση τις χρονικές στιγμές που η ζήτηση ισχύος είναι μεγαλύτερη από τη διαθεσιμότητα παραγωγής ισχύος από τις μονάδες μη εγγυημένης παραγωγής. Άρα λοιπόν ένας υβριδικός σταθμός αποτελείται τουλάχιστον από δύο διακριτά μέρη, τις μονάδες μη εγγυημένης παραγωγής (μονάδες ΑΠΕ) και τις μονάδες αποθήκευσης. Με την ανωτέρω περιγραφή είναι

πασιφανής η διαφορά της λειτουργίας των μονάδων εγγυημένης ισχύος ως τμήμα ενός υβριδικού σταθμού, σε σχέση με τη λειτουργία τους σε ένα συμβατικό σύστημα ισχύος.

- Στην περίπτωση του υβριδικού σταθμού η παραγωγή ισχύος στηρίζεται κατά απόλυτη και απεριόριστη προτεραιότητα στις μονάδες ΑΠΕ. Οι μονάδες εγγυημένης ισχύος εντάσσονται στην παραγωγή μόνο σε περίπτωση χαμηλής διαθεσιμότητας ισχύος από τις μονάδες ΑΠΕ και ταυτόχρονης χαμηλής στάθμης φόρτισης των μονάδων αποθήκευσης. Πρακτικά λοιπόν οι μονάδες εγγυημένης παραγωγής σε ένα υβριδικό σταθμό έχουν έσχατη προτεραιότητα, εντάσσονται δηλαδή στην παραγωγή μόνο όταν έχει εξαντληθεί η δυνατότητα κάλυψης της ζήτησης από τις μονάδες ΑΠΕ και τις μονάδες αποθήκευσης. Η ενεργειακά ορθή διαστασιολόγηση ενός υβριδικού σταθμού θα έχει ως αποτέλεσμα την ελαχιστοποίηση της συμμετοχής των συμβατικών μονάδων στην κάλυψη της ζήτησης.

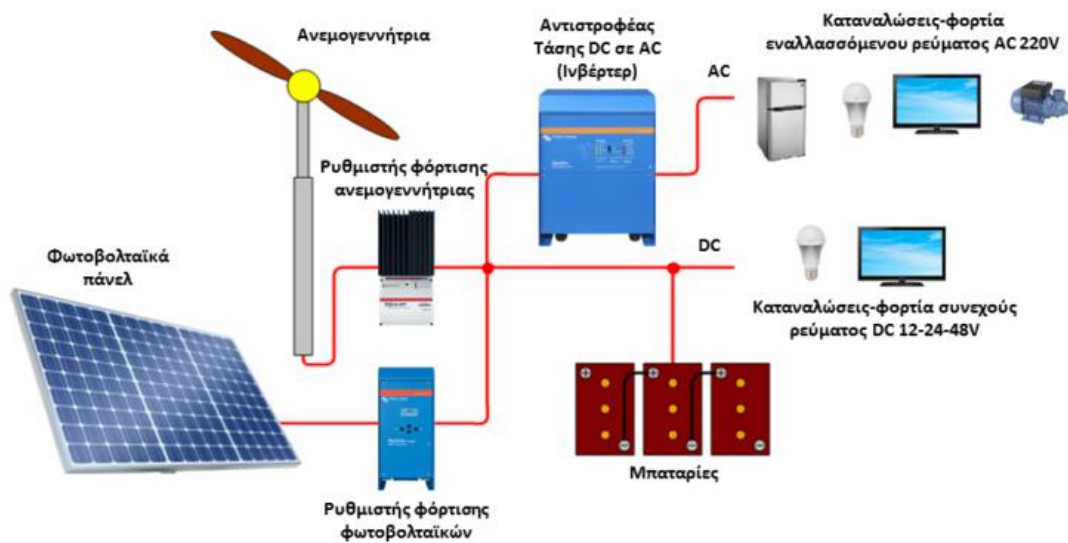
Καταλήγουμε λοιπόν στο συμπέρασμα ότι ένας υβριδικός σταθμός αποτελείται από τρεις βασικές και διακριτές συνιστώσες:

- Τις μονάδες βάσης, οι οποίες είναι μονάδες μη εγγυημένης παραγωγής, πρακτικά μονάδες ΑΠΕ. Οι μονάδες βάσης αποτελούν τις κύριες μονάδες παραγωγής του συστήματος. Στην περίπτωση ενός συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας, αυτές μπορεί να είναι αιολικά πάρκα, φωτοβολταϊκοί σταθμοί κλπ. Στην περίπτωση ενός συστήματος παραγωγής θερμικής ενέργειας οι μονάδες αυτές μπορεί να είναι ηλιακοί συλλέκτες.

- Τις μονάδες αποθήκευσης, που σκοπό έχουν την προσαρμογή της τυχαίας παραγωγής ισχύος από τις μονάδες βάσης στη ζήτηση ισχύος. Στην περίπτωση ενός συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας, μονάδες αποθήκευσης μπορεί να είναι ένα αναστρέψιμο υδροηλεκτρικό (αντλησιοταμιευτήρας), ηλεκτροχημικοί συσσωρευτές, μονάδα παραγωγής υδρογόνου ή μονάδες συμπίεσης αέρα (Compressed Air Energy Storage Systems – C.A.E.S.). Σε περίπτωση ενός συστήματος θερμικής ενέργειας, μονάδες αποθήκευσης μπορεί να είναι θερμοδοχεία ή μία μεγάλη δεξαμενή νερού.
- Τις μονάδες εφεδρείας, που σκοπό έχουν την κάλυψη της ζήτησης ισχύος σε περίπτωση χαμηλής διαθεσιμότητας ισχύος από τις μονάδες βάσης και εξάντλησης των αποθεμάτων ενέργειας στις μονάδες αποθήκευσης. Στην περίπτωση ενός συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας, μονάδες εφεδρείας μπορεί να είναι κοινές θερμοηλεκτρικές μονάδες, κυρίως ντιζελογεννήτριες. Σε περίπτωση ενός συστήματος θερμικής ενέργειας, μονάδες εφεδρείας μπορεί να είναι καυστήρες κεντρικής θέρμανσης.

2.3 Δομή και λειτουργία ενός υβριδικού συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση φωτοβολταϊκών και ανεμογεννήτριας

Οι ανεμογεννήτριες συνεργάζονται με φωτοβολταϊκά σε αυτόνομα συστήματα. Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται ένα υβριδικό αυτόνομο φωτοβολταϊκό με ανεμογεννήτρια



Εικόνα 2-3 Ανεμογεννήτρια σε αυτόνομο φωτοβολταϊκό υβριδικό σύστημα

Οι ανεμογεννήτριες παράγουν ρεύμα όλο το 24ωρο (όταν υπάρχει ικανοποιητική ταχύτητα ανέμου), σε αντίθεση με τα φωτοβολταϊκά που παράγουν ρεύμα μόνο την ημέρα όταν υπάρχει ηλιοφάνεια.

Η διαφορά της ανεμογεννήτριας με τα φωτοβολταϊκά, βρίσκεται στην εκτίμηση-υπολογισμό της ενέργειας που θα παράξουν. Ο υπολογισμός της ενέργειας που παράγει ένα φωτοβολταϊκό είναι σχετικά εύκολος και αξιόπιστος, λόγω της ύπαρξης μετρήσεων της ηλιακής ακτινοβολίας σε όλη την Ελλάδα (και παγκοσμίως). Οι μετρήσεις αυτές διαφέρουν ελάχιστα μεταξύ τους για περιοχές της Ελλάδας, που βρίσκονται στον ίδιο γεωγραφικό παράλληλο

Ο υπολογισμός της ενέργειας που παράγει μία ανεμογεννήτρια, στηρίζεται σε *χάρτες αιολικού δυναμικού (ταχύτητας ανέμου)*, που μας δίνουν μία γενική εικόνα για κάθε περιοχή της Ελλάδας. Οι μετρήσεις όμως αυτές, μπορεί να διαφέρουν πολύ ανάμεσα σε κοντινές περιοχές.

Ο αξιόπιστος τρόπος υπολογισμού της ενέργειας που θα παράξει μία ανεμογεννήτρια σε ένα συγκεκριμένο τόπο, είναι η επιτόπια μέτρηση για μεγάλο χρονικό διάστημα, της ταχύτητας του ανέμου με ανεμόμετρο.

Προτείνεται λοιπόν η χρήση μίας ανεμογεννήτριας, μόνο σαν υποβοήθηση σε αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα και όταν στην περιοχή της τοποθέτησης υπάρχει αποδεδειγμένα ικανοποιητική μέση ταχύτητα ανέμου.

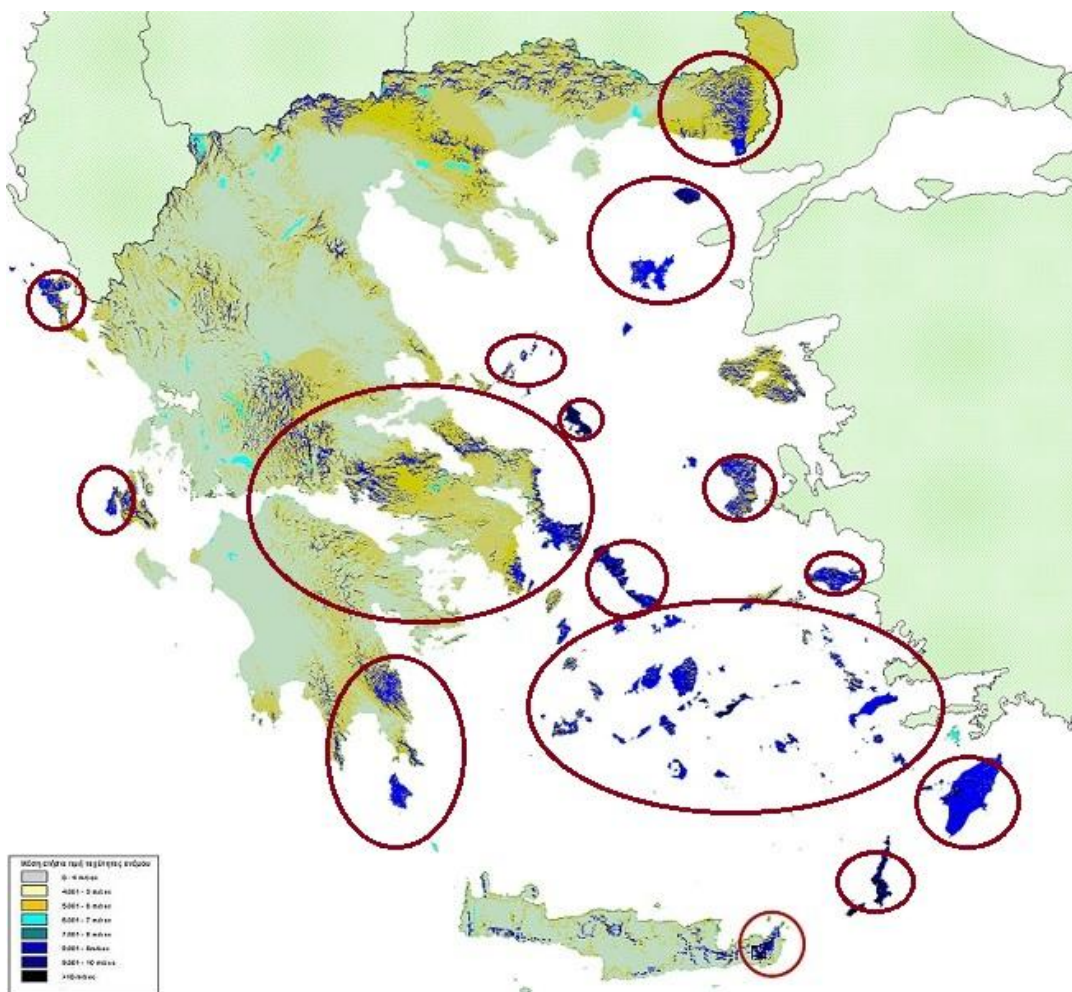


Εικόνα2-4 **Ανεμογεννήτρια σε υβριδικό αυτόνομο φωτοβολταϊκό**

Μία ανεμογεννήτρια για αυτόνομο φωτοβολταϊκό είναι αναγκαία όταν ζητείται φορτίο το χειμώνα που η ηλιακή ακτινοβολία είναι μειωμένη καθώς και τις νύχτες. Επίσης σε περιοχές όπου υπάρχει μελτέμι το καλοκαίρι μπορεί να εξεταστεί η χρησιμοποίηση της.

Αν σιγουρευτούμε για την χρησιμότητα της προσθήκης μίας ανεμογεννήτριας στο αυτόνομο φωτοβολταϊκό μας τότε πρέπει να δούμε περιοχικά αν θα αποδώσει την ενέργεια που χρειαζόμαστε ανάλογα με το τοπικό αιολικό δυναμικό.

Στον παρακάτω χάρτη φαίνονται οι περιοχές με αυξημένο αιολικό δυναμικό καθ'όλη τη διάρκεια του έτους στην Ελλάδα.



Εικόνα 2-5

Το αιολικό δυναμικό της Ελλάδας

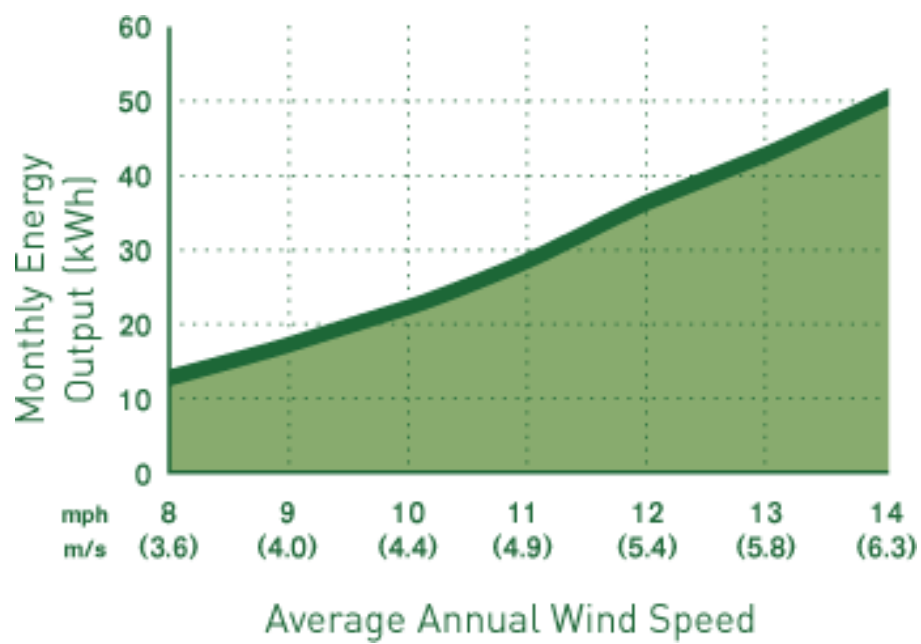
2.4 Η συνεισφορά μίας ανεμογεννήτριας στο αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα

Στη συνέχεια υπολογίζεται η συνεισφορά μίας ανεμογεννήτριας στο αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα ανάλογα με τη μέση ταχύτητα του ανέμου στην περιοχή και με τη βοήθεια διαγραμμάτων ανεμογεννητριών που δίνονται από τους κατασκευαστές. Με τον τρόπο αυτό επιλέγεται η ισχύς της ανεμογεννήτριας που θα επιλεγεί.

Στο σημείο αυτό πρέπει να ληφθεί υπόψη η χωρητικότητα των μπαταριών, η απαιτούμενη αυτονομία από το χρήστη, τα φορτία που θα χρησιμοποιηθούν όταν δεν υπάρχει ηλιοφάνεια και μία σειρά ακόμη από παραμέτρους.

Για παράδειγμα αν απαιτούνται 2 μέρες αυτονομίας, ο χρήστης πρόκειται να έχει ανάγκη 5kWh/μέρα, έχουμε διαθέσιμες προς κατανάλωση 8kWh στη συστοιχεία μπαταριών (άρα 4kWh/μέρα) απαιτούνται 1kWh/μέρα τουλάχιστον (χωρίς να φορτίσουμε καθόλου τις μπαταρίες) από την ανεμογεννήτρια (αν είμαστε τυχεροί και έχει άνεμο). Λαμβάνοντας από τους χάρτες αιολικού δυναμικού πχ μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου 6m/sec βλέπουμε από το παρακάτω διάγραμμα ανεμογεννήτριας ότι οριακά θα βοηθήσει την κατάσταση δίνοντας 50kWh το μήνα, συνεπώς 1,5kWh τη μέρα.

Στην εικόνα φαίνεται η ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από μία ανεμογεννήτρια σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου



Εικόνα 2-6 Η ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μιας ανεμογεννήτριας σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΣΤΑ ΥΒΡΙΔΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Μία καλή επιλογή για όσους θέλουν να ενισχύσουν το αυτόνομο φωτοβολταϊκό τους σύστημα και να παράγουν το δικό τους ρεύμα, είναι μία μικρή ανεμογεννήτρια. Οι ανεμογεννήτριες είναι ηλεκτρικές γεννήτριες που χρησιμοποιούν την κινητική ενέργεια του ανέμου, για να παράξουν ρεύμα για χρήση στο σπίτι, σε αγροτικές κατοικίες, σε εξοχικά, σε σκάφη, κα.



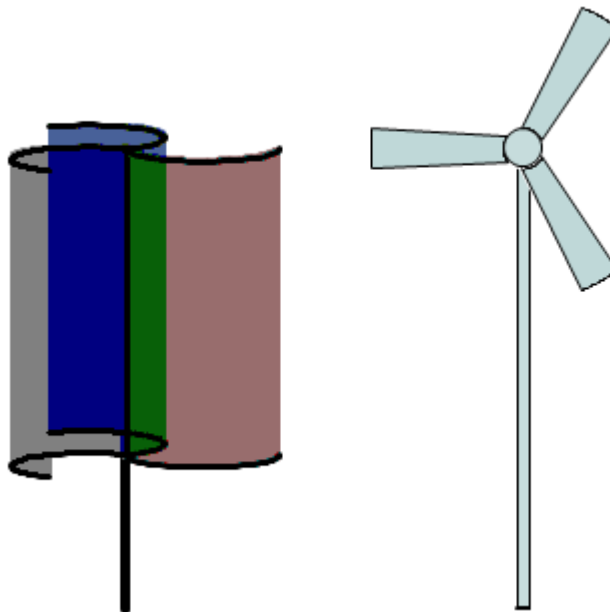
Εικόνα 3-1 Μικρή ανεμογεννήτρια οριζόντιου άξονα

3.1 Είδη ανεμογεννητριών

Υπάρχουν 2 είδη ανεμογεννητριών:

- Ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα
- Ανεμογεννήτριες καθέτου άξονα

Η διαφορά τους έγκειται στον άξονα περιστροφής των πτερυγίων. Στις ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα τα πτερύγια περιστρέφονται με άξονα περιστροφής οριζόντιο προς την επιφάνεια της γης, ενώ στις καθέτου άξονα ο άξονας περιστροφής είναι κάθετος προς την επιφάνεια της γης.



Εικόνα 3-2 Καθέτου άξονα ανεμογεννήτρια – Οριζοντίου άξονα ανεμογεννήτρια

Οι ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα έχουν επικρατήσει γιατί έχουν υψηλότερο βαθμό απόδοσης (35-40%) σε σχέση με τις ανεμογεννήτριες καθέτου άξονα (15%)

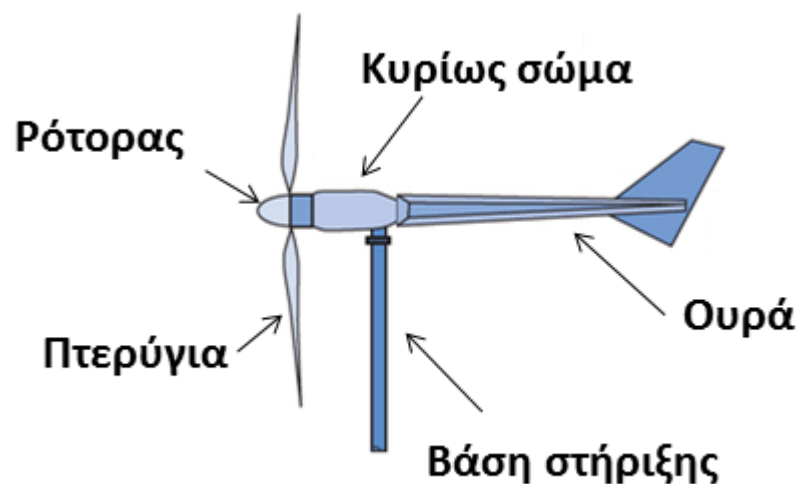
3.2 Τρόπος λειτουργίας-απόδοση ανεμογεννητριών

Μια ανεμογεννήτρια λειτουργεί με τον αντίστροφο τρόπο από έναν ανεμιστήρα. Αντί να χρησιμοποιεί ηλεκτρισμό για να παράγει άνεμο όπως ο ανεμιστήρας, οι ανεμογεννήτριες χρησιμοποιούν τον άνεμο για την

παραγωγή ηλεκτρισμού. Ο άνεμος γυρίζει τα πτερύγια, τα οποία περιστρέφουν έναν άξονα, ο οποίος συνδέεται με μια γεννήτρια και η οποία παράγει την ηλεκτρική ενέργεια. Οι ανεμογεννήτριες λοιπόν μετατρέπουν την αιολική ενέργεια σε κινητική και στην συνέχεια σε ηλεκτρική

3.3 Βασικά μέρη της ανεμογεννήτριας

Μία ανεμογεννήτρια αποτελείται από τον ρότορα με τα πτερύγια, το κυρίως σώμα, την ουρά και την βάση στήριξης. Τα πτερύγια της ανεμογεννήτριας είναι εφαρμοσμένα πάνω στον ρότορα, τον οποίο και περιστρέφουν με την δύναμη του ανέμου



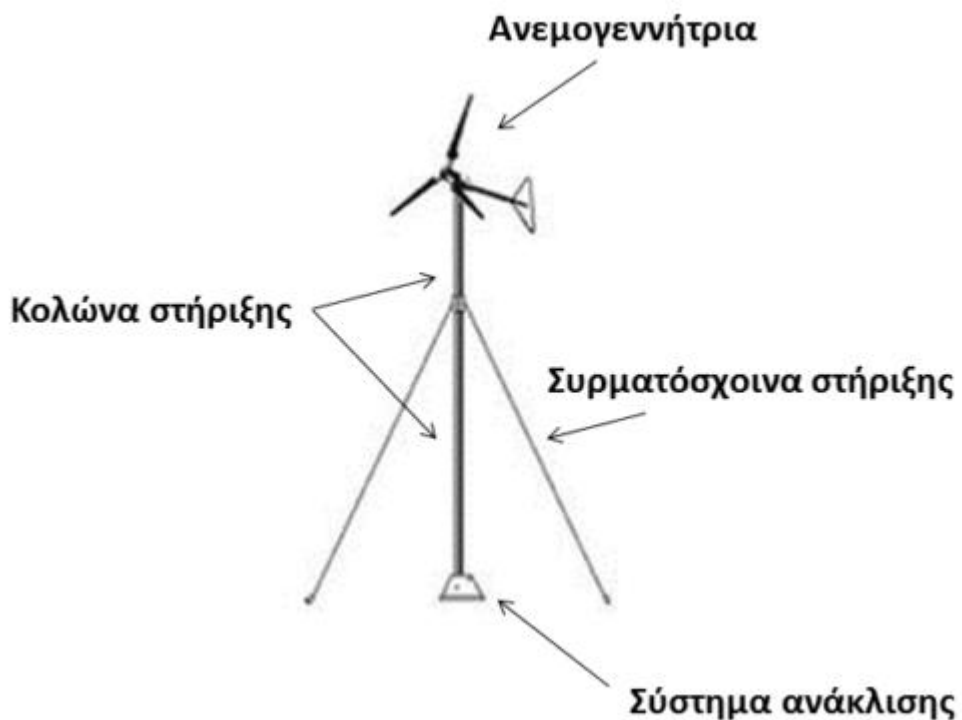
Εικόνα 3-3 Βασικά μέρη ανεμογεννήτριας

Το κυρίως σώμα περιέχει τον άξονα μετάδοσης, το κιβώτιο ταχυτήτων, την γεννήτρια μετατροπής και το φρένο.



Εικόνα 3-4 Το εσωτερικό της ανεμογεννήτριας

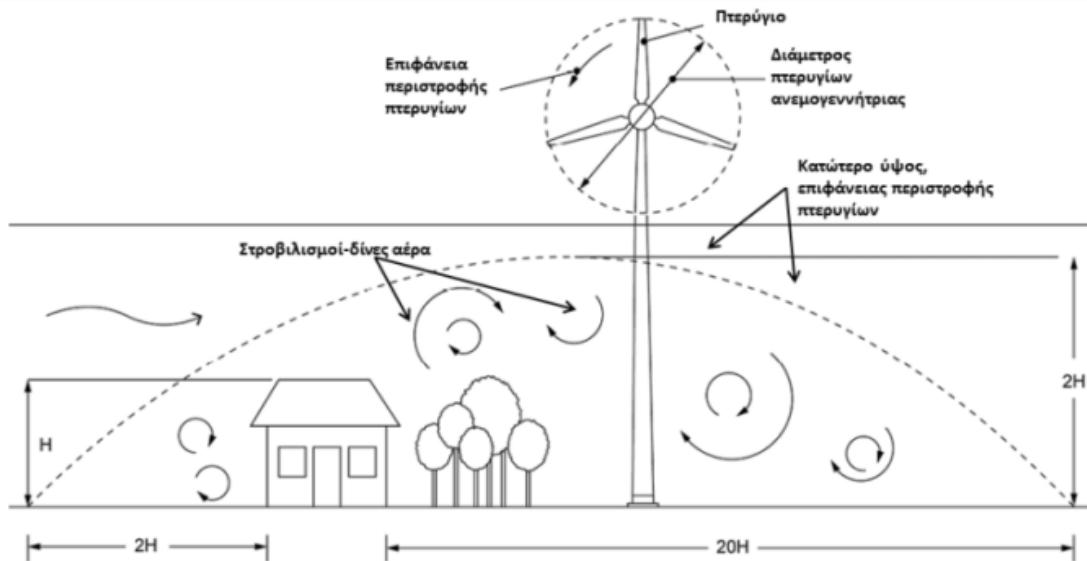
Η βάση στήριξης ή πύργος στήριξης στις περισσότερες περιπτώσεις αποτελείται από έναν σωλήνα κατάλληλου πάχους και διαμέτρου και τα συρματοσχοίνα στήριξης. Ο σωλήνας θα πρέπει να είναι ανακλινόμενος, για εύκολη πρόσβαση στην ανεμογεννήτρια



Εικόνα 3-5 Πύργος-κολώνα στήριξης ανεμογεννήτριας

3.4 Πόσο ψηλά πρέπει να εγκατασταθεί η ανεμογεννήτρια

Το σωστό ύψος για μία ανεμογεννήτρια, εξαρτάται από την τοποθεσία που εγκαθίσταται. Θα πρέπει να αποφεύγουμε τις δίνες του αέρα, που δημιουργούνται από ψηλά εμπόδια όπως κτίρια, δέντρα, κεραίες, κα. Σε γενικές γραμμές ισχύουν οι οδηγίες της παρακάτω εικόνας



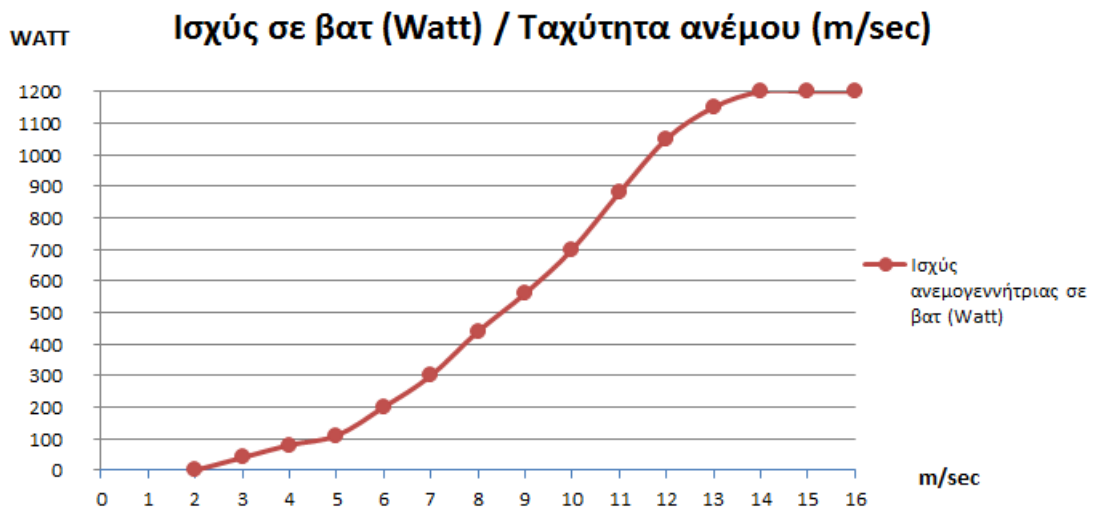
Εικόνα 3-6 Επιλογή χώρου εγκατάστασης της ανεμογεννήτριας

Για παράδειγμα, εάν το υψηλότερο εμπόδιο (κτίριο) της εικόνας είναι 3,5 μέτρα, τότε το κατώτερο ύψος των πτερυγίων της ανεμογεννήτριας, θα πρέπει να είναι στα 7 μέτρα. Όσο απομακρυνόμαστε από το κτίριο, τόσο μπορούμε να μειώσουμε το ύψος τοποθέτησης της ανεμογεννήτριας.

3.5 Απόδοση ανεμογεννήτριας

Η απόδοση της ανεμογεννήτριας εξαρτάται από 3 παράγοντες: την ταχύτητα του ανέμου, το μήκος των πτερυγίων της ανεμογεννήτριας και το είδος της ανεμογεννήτριας και φυσικά την σωστή εγκατάσταση από εξειδικευμένο συνεργείο

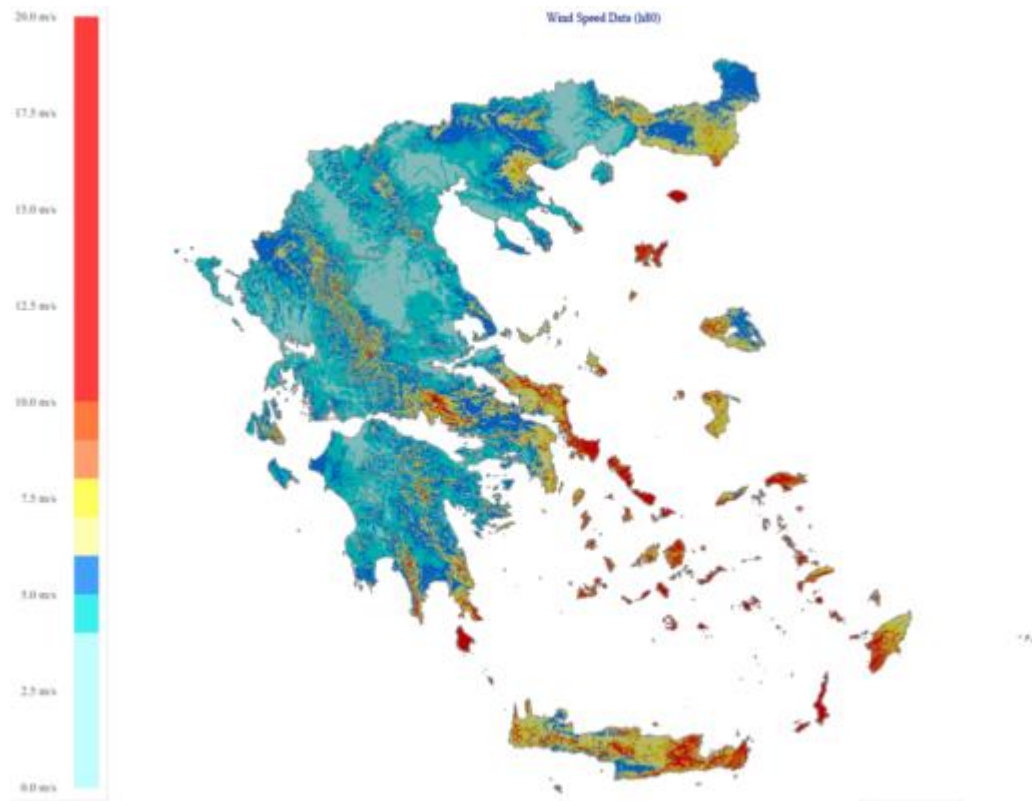
Η ταχύτητα του ανέμου μετριέται σε μέτρα ανά δευτερόλεπτα (m/sec) και όσο μεγαλύτερη είναι, τόσο αυξάνει πολλαπλώς η παραγωγή της ανεμογεννήτριας. Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται το διάγραμμα απόδοσης μίας ανεμογεννήτριας για σπίτι, ονομαστικής ισχύος 1kW κιλοβάτ (1000W) σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου



Εικόνα 3-7 Διάγραμμα ισχύος ανεμογεννήτριας 1000 βατ (W) σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου

Από το διάγραμμα προκύπτει ότι την ονομαστική ισχύ των 1000W η ανεμογεννήτρια την πιάνει όταν η ταχύτητα ανέμου είναι περίπου 12m/sec.

Στην παρακάτω εικόνα μπορείτε να δείτε σε ποιές περιοχές της Ελλάδας έχουμε μεγάλες ταχύτητες ανέμου



Εικόνα 3-8 Χάρτης αιολικού δυναμικού Ελλάδας (πατήστε στον χάρτη για μεγέθυνση) –

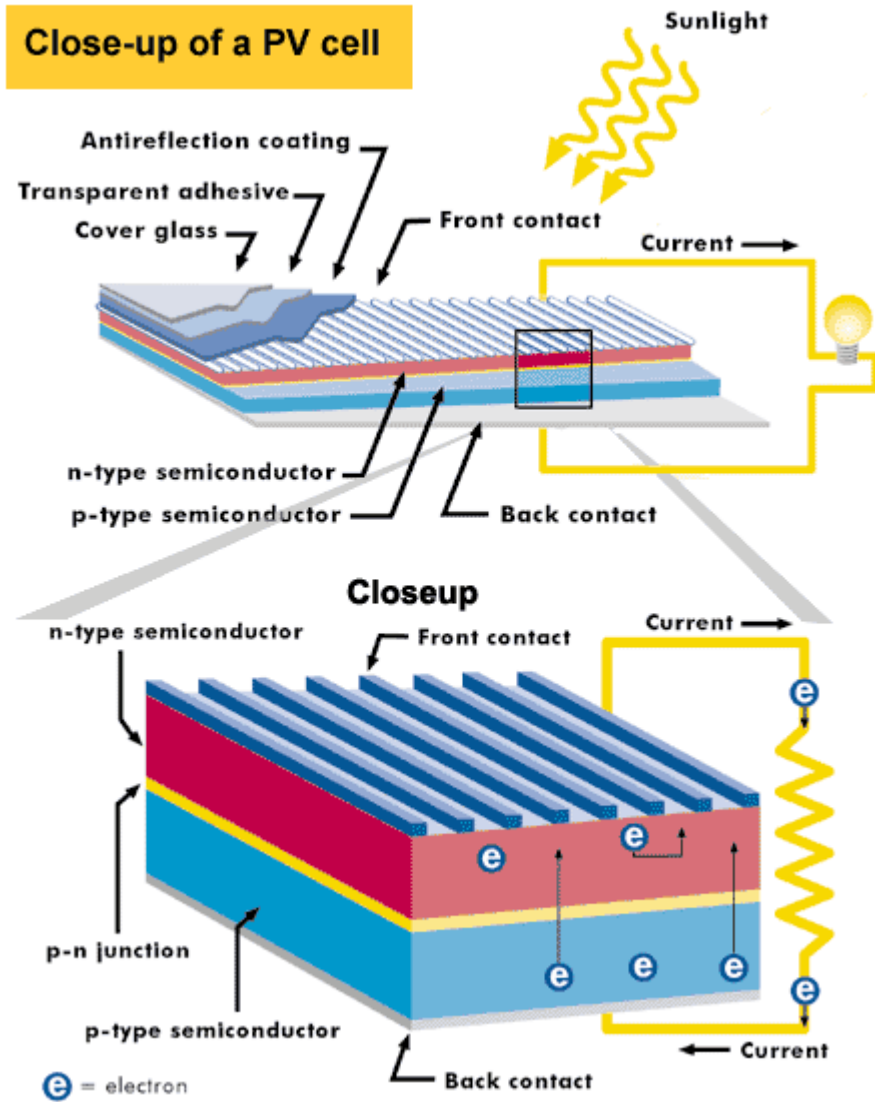
Το μήκος των πτερυγίων είναι σημαντικός παράγοντας στην απόδοση της ανεμογεννήτριας. Όσο μεγαλύτερα είναι τόσο πολλαπλώς περισσότερο ρεύμα παράγει η ανεμογεννήτρια. Οι ανεμογεννήτριες με την μικρότερη διάμετρο πτερυγίων θα παράγουν πάντα και το λιγότερο ρεύμα

Το είδος της ανεμογεννήτριας επηρεάζει την παραγωγή ρεύματος. Όπως είδαμε και πιο πάνω οι ανεμογεννήτριες διακρίνονται σε οριζόντιου και καθέτου άξονα. Αν και οι καθέτου άξονα ξεκινούν την περιστροφή τους με χαμηλότερες ταχύτητες ανέμου, εν'τούτοις έχουν πολύ χαμηλή απόδοση σε σχέση με τις ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα.

3.6 Φωτοβολταϊκή τεχνολογία

Το 1839, ο Γάλλος φυσικός Edmund Becquerel ανακάλυψε ότι ορισμένα υλικά μπορούσαν να παράγουν σπινθήρες ηλεκτρισμού όταν υποβάλλονταν σε ηλιακή ακτινοβολία. Αυτό το φαινόμενο, γνωστό και ως φωτοηλεκτρικό φαινόμενο, χρησιμοποιήθηκε σε «πρωτόγονα» ηλιακά κελιά από σελήνιο στα τέλη του 18ου αιώνα. Τη δεκαετία του 1950, επιστήμονες στα Bell Labs, αναπροσάρμοσαν την τεχνολογία και, χρησιμοποιώντας ως βάση το πυρίτιο, κατασκεύασαν ηλιακά κελιά τα οποία μπορούσαν να μετατρέψουν ποσοστό περίπου 4% της ηλιακής ενέργειας απευθείας σε ηλεκτρική ενέργεια.

Με απλά λόγια, τα σημαντικότερα στοιχεία ενός ηλιακού κελιού (solar cell) είναι δύο στρώματα ημιαγωγικού υλικού τα οποία γενικά αποτελούνται από κρυστάλλους πυριτίου. Το κρυσταλλικό πυρίτιο, αυτό καθ' αυτό δεν είναι ένας πολύ καλός αγωγός του ηλεκτρισμού, αλλά όταν προστίθενται σ' αυτό προσμίξεις, δημιουργούνται οι προϋποθέσεις για την παραγωγή ηλεκτρισμού. Στο κάτω στρώμα του ηλιακού κελιού προστίθεται συνήθως βόριο, το οποίο δημιουργεί δεσμούς με το πυρίτιο οδηγώντας στην ανάπτυξη θετικού φορτίου (p). Στο πάνω μέρος του ηλιακού κελιού προστίθεται συνήθως φώσφορος, το οποίο δημιουργεί δεσμούς με το πυρίτιο οδηγώντας στην ανάπτυξη αρνητικού φορτίου (n). Η επιφάνεια μεταξύ των ημιαγωγών τύπου p και τύπου n που δημιουργούνται ονομάζεται p-n επαφή (P-N junction).



Εικόνα 3-9 Βασική δομή ενός ηλιακού κελιού

Όταν το ηλιακό φως εισέρχεται στο κελί (Βλ. Σχήμα 1), η ενέργεια του ελευθερώνει ηλεκτρόνια και στα δύο στρώματα. Τα ηλεκτρόνια αυτά, γνωστά και ως ελεύθερα ηλεκτρόνια, προσπαθούν, λόγω των διαφορετικών φορτίσεων των δύο στρωμάτων, να μετακινηθούν από το στρώμα τύπου-n στο στρώμα τύπου-p, αλλά εμποδίζονται από το ηλεκτρικό πεδίο στην επαφή p-n. Ωστόσο, η παρουσία ενός εξωτερικού κυκλώματος δημιουργεί την απαραίτητη διαδρομή για τη μεταφορά ηλεκτρονίων από το στρώμα τύπου-n στο στρώμα τύπου-p. Εξαιρετικά λεπτά καλώδια κατά μήκος του

στρώματος τύπου-n επιτρέπουν τη διέλευση ηλεκτρονίων και η κίνηση αυτή των ηλεκτρονίων προκαλεί τη δημιουργία ρεύματος.

Τα ηλιακά κελιά έχουν συνήθως τετράγωνο σχήμα πλευράς περίπου 10 εκατοστών. Ένα ηλιακό κελί παράγει πολύ μικρή ισχύ (συνήθως λιγότερο από 2W) και έτσι ενώνονται ηλεκτρικά εν σειρά ή εν παραλλήλω, όπως θα αναλυθεί παρακάτω για να δημιουργηθούν τα φωτοβολταϊκά πάνελ.

Η απόδοση των ηλιακών κελιών, εκφραζόμενη ως το ποσοστό της ηλιακής ενέργειας που μετατρέπεται σε ηλεκτρική, εξαρτάται από την τεχνολογία των υλικών που χρησιμοποιούνται. Σε ερευνητικό επίπεδο έχουν αναφερθεί (Σχήμα 2) αποδόσεις έως και 40%. Ωστόσο η πλειονότητα των ηλιακών κελιών και των δημιουργούμενων φωτοβολταϊκών πάνελ που διατίθενται σήμερα στο εμπόριο έχουν μία μέγιστη απόδοση της τάξης του 17-19%.

3.6.1 Κυριότεροι τύποι ηλιακών κελιών

A. Μονοκρυσταλλικό πυρίτιο

Τα κελιά μονοκρυσταλλικού πυριτίου κατασκευάζονται από έναν μεγάλο κρυσταλλικό δίσκο (wafer) πυριτίου. Τα κελιά αυτά κατασκευάζονται με μία διαδικασία γνωστή ως διαδικασία “Czochralski”. Χαρακτηρίζονται από υψηλή απόδοση, της τάξης του 15-18% αλλά και υψηλότερο κόστος. Τα ηλιακά κελιά κατασκευάζονται σε σχήμα κύκλου, ή σχεδόν κύκλου καθώς και τετράγωνα. Τα κυκλικά ηλιακά κελιά είναι φθηνότερα από τα υπόλοιπα επειδή είναι λιγότερα τα υπολείμματα κατά την κατασκευή τους. Ωστόσο δεν χρησιμοποιούνται συχνά στην κατασκευή φωτοβολταϊκών πάνελ επειδή δεν χρησιμοποιείται αποδοτικά μία επιφάνεια, λόγω των κενών μεταξύ τους όταν τοποθετούνται δίπλα το ένα στο άλλο. Αποτελούν όμως μία καλή

προοπτική για ενσωμάτωση σε κτίρια όταν απαιτείται μερική διαπερατότητα στο φως. Το χρώμα τους είναι συνήθως βαθύ μπλε έως μαύρο όταν διαθέτουν αντί-ανακλαστική (AR) επίστρωση ή γκρι (χωρίς αντί-ανακλαστική επίστρωση).

B. Πολυκρυσταλλικό πυρίτιο

Τα κελιά πολυκρυσταλλικού πυριτίου είναι φθηνότερα από αυτά του μονοκρυσταλλικού πυριτίου αλλά και λιγότερο αποδοτικά. Όπως προκύπτει και από τον όρο, κατασκευάζονται από δίσκους (wafers) πυριτίου που κόβονται από τετραγωνισμένους ράβδους πυριτίου. Η μέθοδος κατασκευής ενός πολυκρυσταλλικού κελιού απαιτεί πολύ μικρότερη ακρίβεια και κόστος σε σχέση με τα μονοκρυσταλλικά κελιά. Η απόδοση τους κυμαίνεται από 13% έως 16% και κατασκευάζονται συνήθως σε τετράγωνο σχήμα. Το χρώμα τους είναι συνήθως μπλε (με αντί-ανακλαστική επίστρωση) ή γκρι-ασημί (χωρίς αντί-ανακλαστική επίστρωση).

Γ. Τεχνολογίες λεπτού υμενίου (thin-film)

Αρκετή έρευνα έχει διεξαχθεί τα τελευταία χρόνια για την τελειοποίηση μεθόδων κατασκευής ηλιακών κελιών με ημιαγωγούς πάχους μόλις μερικών μικρομέτρων, με στόχο την επίτευξη μίας εύλογης απόδοσης με τη χρήση μικρής ποσότητας πυριτίου. Τα κελιά αυτά έχουν μικρότερη απόδοση από τα κελιά κρυσταλλικού πυριτίου (της τάξης του 5-7%) αλλά με αρκετά χαμηλότερο κόστος, ώστε να τα καθιστά ανταγωνιστικά.

Συνήθως χαρακτηρίζονται από το έντονα σκούρο (σχεδόν μαύρο) χρώμα τους. Κυριότεροι αντιπρόσωποι της κατηγορίας αυτής αποτελούν τα παρακάτω:

Γα. Κελιά άμορφου πυριτίου (amorphous-Si)

Αποτελούν την πιο συνηθισμένη μορφή και έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως σε ηλεκτρονικά προϊόντα ευρείας κατανάλωσης (π.χ. υπολογιστές τσέπης). Το άμορφο πυρίτιο, η μη-κρυσταλλική μορφή του πυριτίου, μπορεί να τοποθετηθεί σε ένα αγώγιμο υπόστρωμα σε ένα στρώμα πάχους μερικών μικρομέτρων δημιουργώντας ένα κελί τεχνολογίας λεπτού υμενίου. Η διαδικασία τοποθέτησης επιτρέπει στο άμορφο πυρίτιο να έχει λιγότερο από 1% του πάχους ενός κρυσταλλικού κελιού. Επιπλέον, τα κελιά άμορφου πυριτίου δίνουν τη δυνατότητα κατασκευής εύκαμπτων φωτοβολταϊκών πάνελ.

Γβ. Κελιά καδμίου-τελλουρίου (CdTe)

Η κρυσταλλική ένωση καδμίου-τελλουρίου (CdTe) είναι ένα αποτελεσματικό υλικό κατασκευής φωτοβολταϊκών κελιών. Για τη δημιουργία μίας ένωσης p-n σε ένα ηλιακό κελί, ένα στρώμα σουλφιδίου του καδμίου προστίθεται στο CdTe. Λόγω της αποτελεσματικότητας ένα κελί CdTe χρησιμοποιεί περίπου το 1% του ημιαγωγού υλικού σε σχέση με ένα κρυσταλλικό κελί. Μειονέκτημα τους αποτελεί το γεγονός της χρήσης του σπάνιου μετάλλου τελλουρίου. Επιπλέον, η χρήση του καδμίου επιβάλλει την αναγκαστική ανακύκλωση τους μετά το πέρας της ζωής τους.

Γγ. Κελιά χαλκού-Ινδίου / Γαλλίου – _ισεληνιούχου

Αποτελεί μία από τις περισσότερο υποσχόμενες τεχνολογίες, όπου κελιά λεπτού υμενίου κατασκευάζονται από έναν συνδυασμό χαλκού-ινδίου-δισεληνιούχου και χαλκού-γαλλίου-δισεληνιούχου (κελιά CIGS). Τα κελιά

αυτά έχουν επιδείξει αποδόσεις της τάξης του 19,9%, που αποτελεί την υψηλότερη για κελιά λεπτού υμενίου.

Άλλοι τύποι κελιών

Εκτός των παραπάνω συναντά κανείς και τους παρακάτω τύπους κελιών σε μικρό βαθμό ή σε εργαστηριακό επίπεδο:

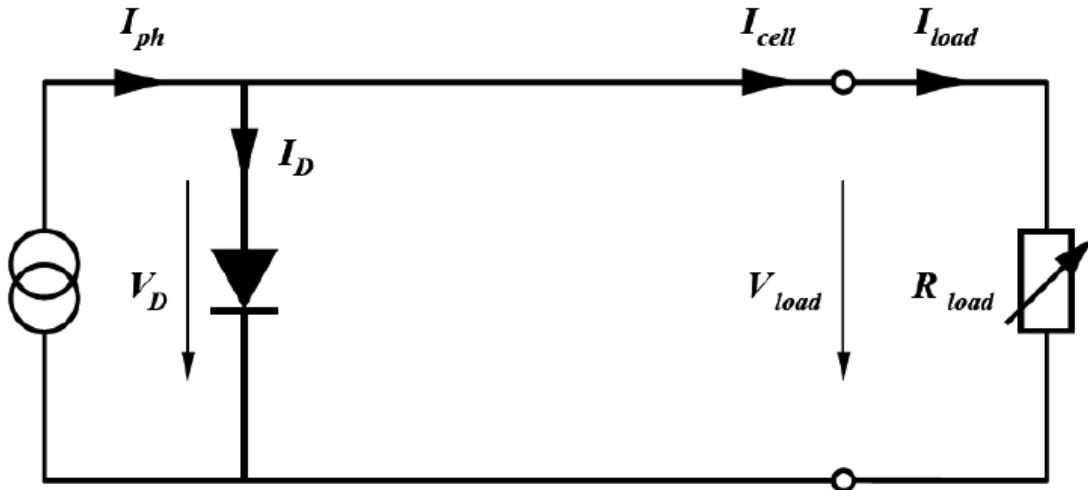
Κελιά Γαλλίου-Αρσενικούχου (GaAs): Αποτελούν κελιά υψηλής απόδοσης (έως και 36%), ωστόσο ιδιαίτερα ακριβά.

Οργανικά/πολυμερή κελιά: Αποτελούν μία σχετικά νέα τεχνολογία. Τα οργανικά κελιά λειτουργούν με έναν λίγο διαφορετικό τρόπο σε σχέση με τις άλλες τεχνολογίες: αντί για ημιαγώγιμες p-n επαφές, τα οργανικά κελιά χρησιμοποιούν οργανικά υλικά που λειτουργούν ως δότες και δέκτες ηλεκτρονίων. Το μεγάλο πλεονέκτημα χρήσης οργανικών υλικών είναι ότι επιτρέπουν την μεγάλης-κλίμακας, χαμηλής-θερμοκρασίας κατασκευή εύκαμπτων ηλιακών κελιών σε υποστρώματα πλαστικών. Η απόδοση των οργανικών κελιών είναι σήμερα της τάξης του 5-6%, ωστόσο η αύξηση της πρόκειται να μειώσει σημαντικά το κόστος παραγωγής ηλιακών κελιών.

3.7 Μοντελοποίηση ηλιακών κελιών

Το απλούστερο μοντέλο ηλιακού κελιού παρουσιάζεται στο παρακάτω

Σχήμα:



Εικόνα 3-10 Απλό μοντέλο ηλιακού κελιού

Στο μοντέλο αυτό το ρεύμα κελιού προκύπτει από το συνδυασμό του φωτορεύματος I_{ph} , δηλαδή του ρεύματος που παράγεται από την έκθεση σε ηλιακή ακτινοβολία και είναι ανάλογο αυτής και του ρεύματος της διόδου που δημιουργείται λόγω της ύπαρξης της επαφής p-n. Έτσι ισχύει η παρακάτω εξίσωση:

$$I_{cell} = I_{ph} - I_D = I_{ph} - I_0 \left(e^{qV/kT} - 1 \right)$$

όπου:

I_{cell} : ρεύμα κελιού

I_{ph} : φωτορεύμα, ανάλογο της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας

I : ρεύμα διόδου

I_0 : ρεύμα διαρροής της διόδου

q : φορτίο ηλεκτρονίου

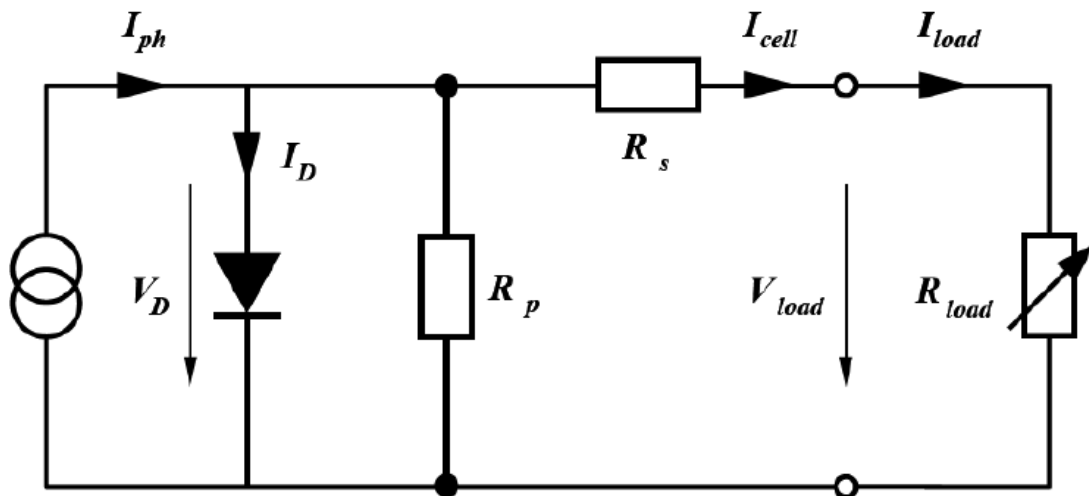
V : τάση στα άκρα της διόδου

k : σταθερά Boltzmann

T : θερμοκρασία (K)

Από την παραπάνω εξίσωση γίνεται φανερό ότι οι κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την παραγωγή ρεύματος σε ένα ηλιακό κελί είναι η ένταση της ακτινοβολίας και η θερμοκρασία.

Ωστόσο, ένα ακριβέστερο μοντέλο ενός ηλιακού κελιού πρέπει να εμπεριέχει και τις ηλεκτρικές αντιστάσεις των υλικών, όπως παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα:



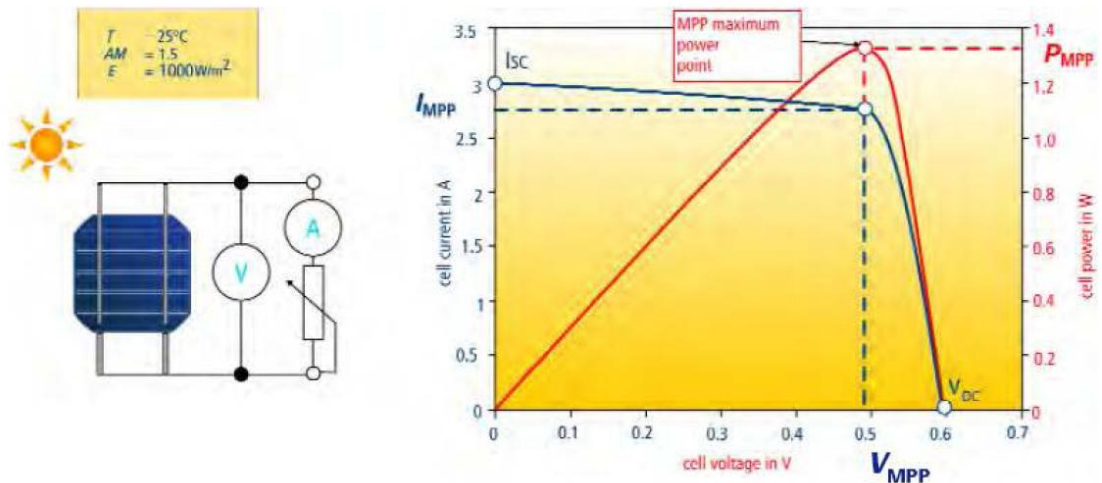
Εικόνα 3-11 Μοντέλο ηλιακού κελιού με αντιστάσεις

Στην περίπτωση αυτή η εξίσωση που περιγράφει το ηλιακό κελί είναι η παρακάτω:

$$I_{cell} = I_{ph} - I_0 \cdot \left(e^{\frac{q}{k \cdot T} \cdot (V_{load} + I_{cell} \cdot R_s)} - 1 \right) - \frac{V_{load} + I_{cell} \cdot R_s}{R_p}$$

όπου P S R R , είναι εν σειρά και εν παραλλήλω ηλεκτρικές αντιστάσεις:

Μακροσκοπικά, ένα ηλιακό κελί μοντελοποιείται με την βοήθεια της χαρακτηριστικής του καμπύλης έντασης-τάσης I-V (I-V curve) ή ισχύος-τάσης P-V (P-V curve). Τυπικές καμπύλες παρουσιάζονται στο παρακάτω σχήμα:



Εικόνα 3-12

Καμπύλες I-V και P-V ενός ηλιακού κελιού

Χαρακτηριστικά μεγέθη αποτελούν:

- Η τάση ανοικτού κυκλώματος V_{oc} : είναι η τάση που επικρατεί στην έξοδο ενός ηλιακού κελιού όταν τα δύο άκρα του είναι ανοικτά
- Το ρεύμα βραχυκύκλωσης: I_{sc} : είναι το ρεύμα που διαρρέει το ηλιακό κελί όταν τα δύο άκρα του βραχυκυκλωθούν.

- Η μέγιστη ισχύς του κελιού P_{mpp} (maximum power point): είναι η μέγιστη ισχύς του ηλιακού κελιού που αντιστοιχεί σε τάση V_{mpp} και ένταση I_{mpp} .

Με στόχο τη δυνατότητα σύγκρισης διαφορετικών κελιών ή και πάνελ υπό κοινές συνθήκες, έχουν οριστεί οι λεγόμενες Πρότυπες Συνθήκες Ελέγχου, περισσότερο γνωστές ως STC συνθήκες από τα αρχικά των λέξεων Standard Test Conditions. Οι συνθήκες αυτές αντιστοιχούν σε :

- Ένταση προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας ίσης προς 1000W/m^2 .
- Θερμοκρασία κελιού ίση προς 25°C .
- Μάζα αέρα (air mass) ίση προς 1.5 Η μάζα αέρα είναι μία παράμετρος που πρακτικά σχετίζεται με τη διαδρομή της ηλιακής ακτινοβολίας διαμέσου της ατμόσφαιρας. Έτσι όταν ο ήλιος βρίσκεται κάθετα στην επιφάνεια της γης, η ηλιακή ακτινοβολία περνάει μόνο μία φορά διαμέσου του ατμοσφαιρικού αέρα, γεγονός που δηλώνεται ως $AM=1$. Ο παράγων $AM=1.5$, που χρησιμοποιείται ως πρότυπη συνθήκη για τον χαρακτηρισμό των ηλιακών κελιών αντιστοιχεί σε γωνία του ήλιου ίση προς 41.8° ως προς τον ορίζοντα. Ιδιαίτερη μνεία πρέπει να γίνει στον παράγοντα της θερμοκρασίας κελιού, η οποία είναι συνήθως κατά $25-30^\circ\text{C}$ υψηλότερη από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος. Έτσι συνήθως οι κατασκευαστές παρέχουν και τα δεδομένα ισχύος στις λεγόμενες NOCT συνθήκες (Normal Operating Cell Temperature), οι οποίες αντιστοιχούν σε θερμοκρασία κελιού περί τους $45-48^\circ\text{C}$ για θερμοκρασία περιβάλλοντος 20°C , ένταση ακτινοβολίας 800W/m^2 $AM=1.5$ και ταχύτητα ανέμου 1m/sec . Τα δεδομένα αυτά παρέχουν μία

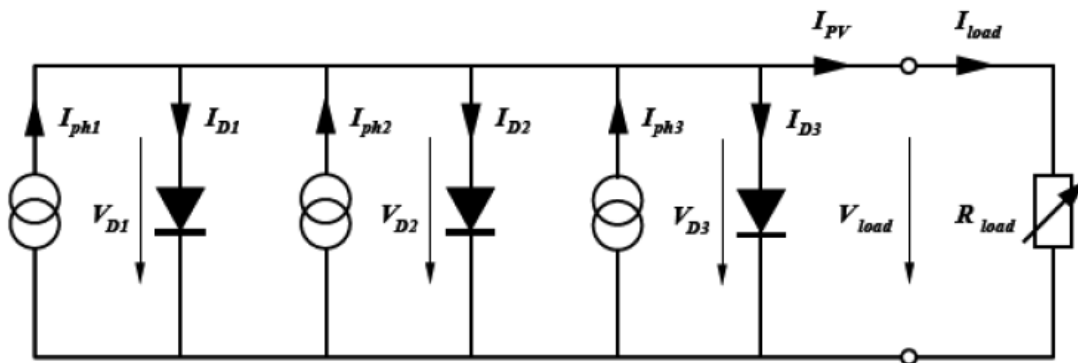
περισσότερο ρεαλιστική εικόνα της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τα ηλιακά κελιά, αναφορικά με τις επικρατούσες περιβαλλοντικές συνθήκες.

3.8 Από τα φωτοβολταϊκά κελιά στα φωτοβολταϊκά πάνελ

Τα ηλιακά κελιά χρησιμοποιούνται σπάνια μόνα τους. Συνήθως, κελιά με τα ίδια χαρακτηριστικά συνδέονται ηλεκτρικά μεταξύ τους ώστε να προκύψει μεγαλύτερη ισχύς με τη μορφή ενός φωτοβολταϊκού πάνελ. Τα πάνελ στη συνέχεια συνδυάζονται μεταξύ τους ώστε να προκύψουν οι φωτοβολταϊκοί σταθμοί. Τα ηλιακά κελιά μπορούν να συνδεθούν σε σειρά ή παράλληλα.

3.8.1 Παράλληλη σύνδεση κελιών

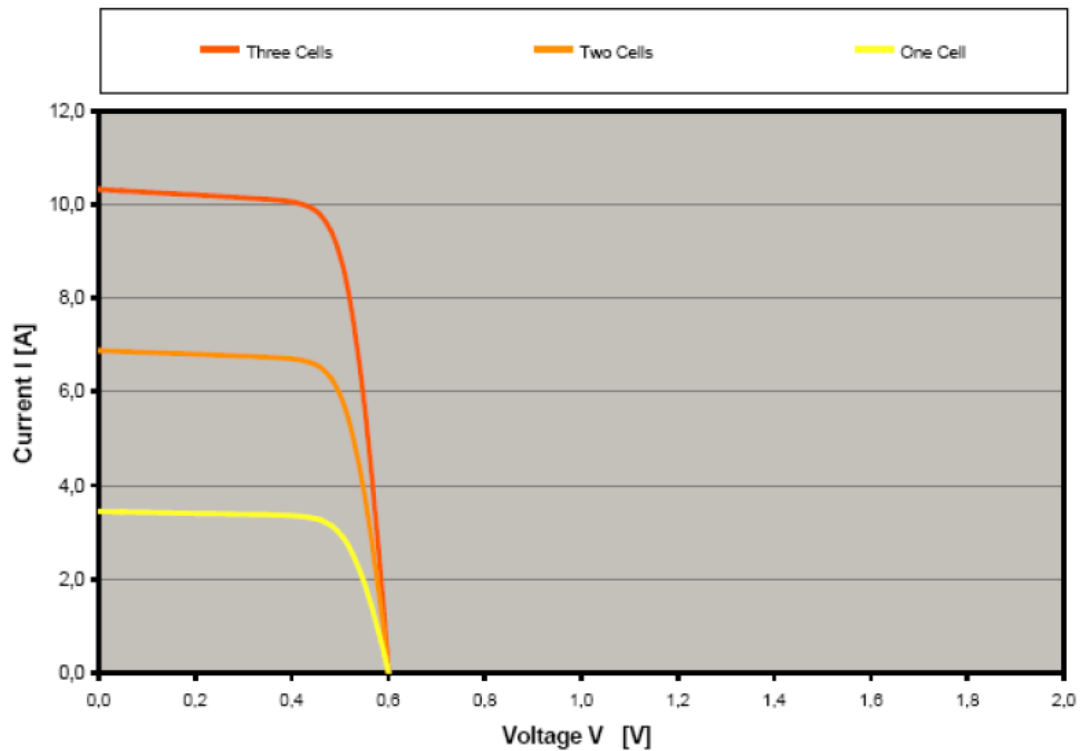
Η παράλληλη σύνδεση κελιών αυξάνει την ένταση ρεύματος, όπως φαίνεται και το παρακάτω σχήμα:



Εικόνα 3-13

Παράλληλη σύνδεση ηλιακών κελιών

Η τάση στα άκρα του συνδυασμού παραμένει η ίδια με την τάση του κάθε κελιού. Έτσι η χαρακτηριστική ρεύματος-τάσης του συνδυασμού προκύπτει από την άθροιση των τιμών ρεύματος για την ίδια τιμή τάσης, όπως για παράδειγμα φαίνεται στο παρακάτω Σχήμα:

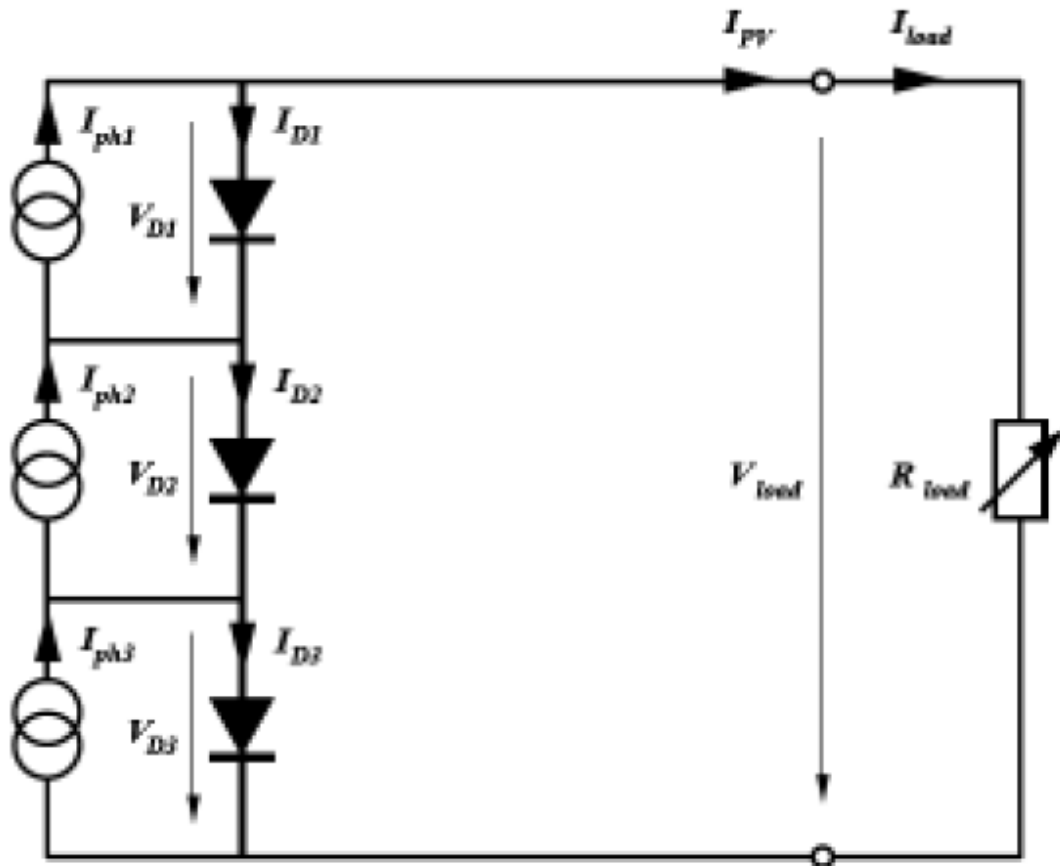


Εικόνα 3-14 Παράδειγμα χαρακτηριστικής I-V για παράλληλη σύνδεση κελιών

Η παράλληλη σύνδεση κελιών δεν χρησιμοποιείται συνήθως καθώς η μεγαλύτερη ένταση ρεύματος απαιτεί και μεγαλύτερες διατομές αγωγών, ενώ και οι απώλειες αυξάνονται με τη μείωση της τάσης. Για τους παραπάνω λόγους, η σύνδεση των κελιών γίνεται συνήθως εν σειρά.

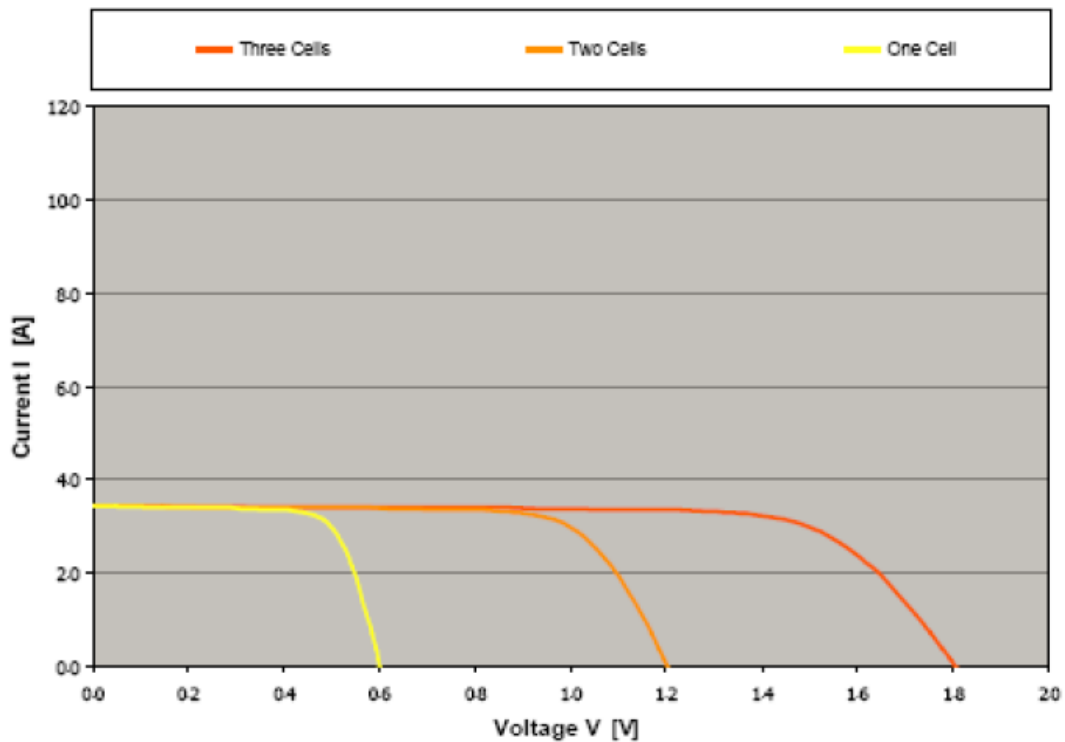
3.8.2 Σύνδεση κελιών σε σειρά

Στη σύνδεση κελιών σε σειρά υπάρχει η ίδια ροή ρεύματος ανά κελί ενώ η τάση είναι ίση με το άθροισμα των τάσεων των κελιών, όπως προκύπτει και από το παρακάτω σχήμα:



Εικόνα 3-15 Εν σειρά σύνδεση κελιών

Αντίστοιχα, η χαρακτηριστική ρεύματος-τάσης του συνδυασμού προκύπτει από το άθροισμα των τιμών τάσεων των κελιών για την ίδια τιμή έντασης ρεύματος, όπως για παράδειγμα φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



Εικόνα 3-16 Παράδειγμα I-V χαρακτηριστικής κελιών συνδεδεμένων σε σειρά

3.9 Συσσωρευτές

3.9.1 Ηλεκτρικοί συσσωρευτές γενικά

Όταν μία εγκατάσταση με φωτοβολταϊκά (Φ/Β) πλαίσια δεν είναι συνδεδεμένη με το δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας αλλά λειτουργεί αυτόνομα, θα πρέπει να αποθηκεύει ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας την οποία έχει ανάγκη τις νυχτερινές ώρες ή τις ημέρες με συννεφιά (μικρή ή μηδενική ηλιοφάνεια).

Το μέγεθος της ηλεκτρικής ενέργειας που πρέπει να αποθηκεύεται εξαρτάται από τις ανάγκες που έχουμε σε ημερήσια βάση και από την πρόβλεψη που κάνουμε για ημέρες με μηδενική ηλιοφάνεια και αποτελεί στοιχείο υπολογισμού. Η τοποθέτηση των συσσωρευτών γίνεται μέσα σε ιδιαίτερο χώρο (τμήμα αποθήκευσης ηλεκτροστασίου). Ο χώρος αυτός πρέπει να αερίζεται επαρκώς και η τοποθέτηση των συσσωρευτών θα πρέπει

να γίνεται σε σειρές με άνετο χώρο για παρακολούθηση και συντήρηση. Ιδιαίτερη προσοχή χρειάζεται στις συνδέσεις των ακροδεκτών στους πόλους των συσσωρευτών ή των δίοδων στοιχείων μεγάλης χωρητικότητας. Οι συνδέσεις θα πρέπει να γίνονται με ειδικά περιλαίμια και κοχλίες και να τοποθετείται στη συνέχεια αντισκοριακό υλικό.

3.9.2 Τύποι συσσωρευτών

Υπάρχουν διάφοροι τύποι συσσωρευτών με την ονομασία τους να προέρχεται από τον τύπο των ηλεκτροδίων κατασκευής.

Έχουμε τους συσσωρευτές μολύβδου (Pb - H₂SO₄), που είναι οι περισσότερο χρησιμοποιούμενοι στα φωτοβολταϊκά συστήματα, λόγω των πολλών πλεονεκτημάτων που έχουν και του μικρού σχετικά κόστους.

Άλλοι τύποι συσσωρευτών που χρησιμοποιούνται στα φωτοβολταϊκά συστήματα είναι ο νικελίου-καδμίου (NiCd), Νατρίου-θείου, Ψευδαργύρου βρωμίου, Ψευδαργύρου-χλωρίου

κ.λπ.

Οι τιμές των ηλεκτρεγερτικών δυνάμεων (ΗΕΔ) ή τάσης εν κενώ των στοιχείων των παραπάνω συσσωρευτών κυμαίνονται από IV μέχρι 4V. Για να έχουμε σε έναν συσσωρευτή μεγαλύτερη τάση, συνδέουμε δύο ή και περισσότερα στοιχεία σε σειρά.

- Συσσωρευτές μολύβδου (Pb - H₂SO₄).

Αποτελούνται από δύο ηλεκτρόδια από τα οποία το θετικό (κάθοδος) είναι κατασκευασμένο από διοξείδιο του μολύβδου (PbO₂) και το αρνητικό (άνοδος) από μεταλλικό μόλυβδο (Pb). Τα δύο ηλεκτρόδια τοποθετούνται μέσα σε ειδικό ανθεκτικό κιβώτιο το οποίο γεμίζεται με ηλεκτρολύτη

(διάλυμα H_2SO_4 20%) που μπορεί να είναι σε μορφή ζελέ ή σε υδαρή μορφή. Κατά τη διαδικασία της φόρτισης (σύνδεσης των πόλων του συσσωρευτή με πηγή Σ.Ρ. (συνεχούς ρεύματος) ελεγχόμενης τάσης, η ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται σε χημική.

Κατά τη διαδικασία της εκφόρτισης (σύνδεση των πόλων του συσσωρευτή με ηλεκτρική κατανάλωση) η χημική ενέργεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική.

3.9.3 Τεχνικά χαρακτηριστικά

α) Ονομαστική τάση συσσωρευτή (U_n).

Η ονομαστική τάση ενός στοιχείου συσσωρευτή μολύβδου είναι περίπου 2,25 V.

Ανάλογα με τα στοιχεία που έχουμε συνδεδεμένα σε σειρά, έχουμε συσσωρευτές με ονομαστικές τάσεις 2,6, 12 και 24V.

β) Τάση φόρτισης.

Ο συσσωρευτής μολύβδου πρέπει να φορτίζεται με ειδικό φορτιστή και με τάση που ορίζεται από τον κατασκευαστή. Η τάση φόρτισης μπορεί να είναι σταθερή ή μεταβαλλόμενη με φορτιστή πολλαπλών σταδίων (συντόμευση του χρόνου φόρτισης).

Ο συσσωρευτής γενικά θεωρείται φορτισμένος όταν η τάση του κάθε στοιχείου φτάσει τα 2,4V, δηλαδή σε μία μπαταρία των έξι στοιχείων (ονομαστική τάση $U_n=12V$), η τάση στους πόλους φθάνει τα 14,4 V.

γ) Τάση συντήρησης.

Είναι η τάση που πρέπει να εφαρμόζεται από μία πηγή Σ.Ρ. στους πόλους του συσσωρευτή έτσι ώστε αυτός να παραμένει συνεχώς φορτισμένος.

δ) Ρεύμα φόρτισης.

Το ρεύμα φόρτισης ορίζεται από τον κατασκευαστή και είναι αυτό με το οποίο πρέπει να φορτίζεται για να έχουμε μέγιστη διάρκεια ζωής. Το ρεύμα φόρτισης πρέπει να κυμαίνεται από 0,1 C μέχρι 0,2C.

Ρεύμα φόρτισης 0,1 C σημαίνει για έναν συσσωρευτή με χωρητικότητα 50Ah, τιμή $I = 0,1 \cdot 50 = 5A$. Για 0,2 C θα έχουμε $IM = 0,2 \cdot 50 = 10A$.

Η φόρτιση αρχίζει με το μέγιστο επιτρεπτό ρεύμα, στη συνέχεια αυτό μειώνεται σταδιακά και στο τέλος της φόρτισης έχουμε ένα πολύ μικρό ρεύμα περίπου 0,05 C.

Αν η τάση του συσσωρευτή πέσει πολύ χαμηλά (κάτω από 1,75 V ανά στοιχείο), η φόρτιση πρέπει να ξεκινήσει με πολύ μικρό ρεύμα, συνήθως 0,01 C και όταν η τάση φθάσει στα 1,75 V να συνεχιστεί με τον κανονικό ρυθμό.

Αν ο φορτιστής είναι αυτόματος, η φόρτιση μετά την ολοκλήρωσή της θα διακοπεί.

Η φόρτιση συνήθως διαρκεί 16 ώρες αλλά με τους φορτιστές πολλαπλών σταδίων μπορεί να περιοριστεί στο μισό.

ε) Τάση εκφόρτισης.

Ως τάση εκφόρτισης ορίζεται η μικρότερη τιμή που μπορεί να υπάρχει στους ακροδέκτες του συσσωρευτή χωρίς αυτός να κινδυνεύει να καταστραφεί. Αν για οποιοδήποτε λόγο η τάση τους ακροδέκτες κατέβει κάτω από αυτή την τιμή (ορίζεται από τον κατασκευαστή και είναι συνήθως 2,00 V ανά στοιχείο), θα πρέπει μέσω ειδικής διάταξης (κατάλληλος αυτοματισμός) να αποσυνδεθούν τα φορτία από το συσσωρευτή.

στ) Ρεύμα εκφόρτισης.

Ορίζεται ως το ρεύμα εκείνο που εξαντλεί τη χωρητικότητα του συσσωρευτή χωρίς αυτός να κινδυνεύει (τάση ανά στοιχείο από 2,4 V σε 2V). Το ρεύμα αυτό ισούται με το 1/20 της u959 ονομαστικής χωρητικότητας του συσσωρευτή.

ζ) χρόνος ζωής συσσωρευτή.

Οι συσσωρευτές δεν πρέπει να φορτίζονται για μεγάλο χρονικό διάστημα με πολύ υψηλή τάση γι' αυτούς (overcharging), ούτε να εκφορτίζονται κάτω από ένα κρίσιμο γι' αυτούς όριο (over discharging). Η διαδικασία αυτή καθορίζει το χρόνο ζωής τους. Η υπερφόρτιση έχει ως αποτέλεσμα την ηλεκτρόλυση και την παραγωγή υδρογόνου με ταυτόχρονη έντονη ελάττωση της στάθμης του ηλεκτρολυτικού διαλύματος (απώλεια νερού). Ο χρόνος ζωής των συσσωρευτών εκφράζεται σε κύκλους λειτουργίας (φόρτιση-εκφόρτιση).

η) Ονομαστική και πρακτική χωρητικότητα.

Ονομαστική χωρητικότητα είναι η ενέργεια που είναι αποθηκευμένη στο συσσωρευτή και τη μετράμε σε αμπερώρια (Ah).

Η χωρητικότητα των συσσωρευτών καθορίζεται με 0,05 C που σημαίνει ότι για χωρητικότητα 50Ah μπορεί να εκφορτίζεται με 2,5 A για χρόνο 20 ώρες.

Πρακτική χωρητικότητα είναι η ενέργεια που παίρνουμε από το συσσωρευτή με τις συγκεκριμένες συνθήκες εργασίας.

Στην πράξη οι συσσωρευτές εκφορτίζονται με πολύ μεγάλα ρεύματα, με αντίστοιχη μείωση της χωρητικότητάς τους.

Ένας συσσωρευτής με ονομαστική χωρητικότητα 50Ah, όταν εκφορτίζεται με 1C ($IM = 50A$) μπορεί να αποδώσει μόνο το 30% της ονομαστικής του χωρητικότητας, δηλαδή 15Ah.

θ) Αυτοεκφόρτιση συσσωρευτή.

Ένας φορτισμένος συσσωρευτής εκφορτίζεται ακόμη και αν δεν είναι συνδεδεμένος σε φορτίο (αυτοεκφόρτιση). Η αυτοεκφόρτιση οφείλεται στη συνεχή δράση του θειικού οξέος (H_2SO_4) στα ηλεκτρόδια του συσσωρευτή κατά την οποία ο μόλυβδος (Pb) και το διοξείδιο του μολύβδου (PbO_2), μετατρέπονται σε θειικό μόλυβδο ($PbSO_4$) με εκλυόμενα αέρια υδρογόνο (H_2) και οξυγόνο (O_2).

Η αυτοεκφόρτιση αυξάνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας του συσσωρευτή.

Σε θερμοκρασία $5^\circ C$, το ηλεκτρικό φορτίο ελαττώνεται κατά 2% περίπου το μήνα.

Σε θερμοκρασία $15^\circ C$, το ηλεκτρικό φορτίο ελαττώνεται κατά 4% περίπου το μήνα.

Σε θερμοκρασία $25^\circ C$ το ηλεκτρικό φορτίο ελαττώνεται κατά 10% περίπου το μήνα.

ι) Ενέργεια που αποδίδει ένας συσσωρευτής, με ορισμένο βάθος εκφόρτισης κατά τη λειτουργία του.

Θεωρητικά η ενέργεια που είναι αποθηκευμένη σε ένα συσσωρευτή υπολογίζεται από το γινόμενο της τάσης επί τη χωρητικότητά του. Η ενέργεια που μας δίνει στην πράξη ένας συσσωρευτής υπολογίζεται από τη σχέση:

$$E_k = \beta * Q * U \beta * h \sigma$$

όπου:

E_k = η ενέργεια που μας δίνει στην πράξη ο συσσωρευτής σε Wh.

β = το βάθος εκφόρτισης του συσσωρευτή.

Q = η χωρητικότητα του συσσωρευτή σε Ah.

$U \beta$ = η τάση εκφόρτισης του συσσωρευτή σε V.

$h\sigma$ = ο βαθμός απόδοσης του συσσωρευτή που συνήθως λαμβάνεται 0,85.

ια) *Αναγκαία χωρητικότητα συσσωρευτή.*

Όταν λέμε αναγκαία χωρητικότητα συσσωρευτή, εννοούμε τη χωρητικότητα εκείνη που πρέπει να έχει ο συσσωρευτής, ή η συστοιχία των συσσωρευτών, για να έχουμε ενέργεια ικανή να καλύψει τις ανάγκες μας, στην πιο δυσμενή περίπτωση συνεχούς

Σύμφωνα με τα στοιχεία της μέσης μηνιαίας ηλιοφάνειας (θεωρητικός και πραγματικός αριθμός ωρών ηλιοφάνειας), τους μήνες Δεκέμβριο και Ιανουάριο έχουμε τη μικρότερη ηλιοφάνεια, ενώ τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο, τη μεγαλύτερη.

Η δυσμενέστερη περίπτωση παρουσιάζεται τους μήνες Δεκέμβριο και Ιανουάριο όπου η χωρητικότητα των συσσωρευτών πρέπει να είναι τέτοια, που να μπορεί να καλύψει τις ανάγκες των φορτίων, για διάρκεια μίας εβδομάδας.

Για παράδειγμα, για ημερήσια αναγκαία φορτία που η μέση τιμή τους είναι 50kWh για τους μήνες Δεκέμβριο ή Ιανουάριο, θα πρέπει η συστοιχία των

συσσωρευτών να είναι σε θέση να μας δώσει (για μία εβδομάδα με μηδενική ηλιοφάνεια),

$$E_k = 50 \times 7 = 350 \text{ kWh ή } 350.000 \text{ Wh.}$$

3.9.4 Συνδεσμολογία συσσωρευτών

Στις μικρές φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις, όπου οι ανάγκες για αποθηκευμένη ενέργεια δεν είναι ιδιαίτερα αυξημένες, μπορούμε και με ένα συσσωρευτή, κατάλληλης ονομαστικής τάσης και χωρητικότητας, να έχουμε κάλυψη.

Στις μεσαίες και ιδιαίτερα στις μεγάλες εγκαταστάσεις με φωτοβολταϊκά και στις περιπτώσεις αυτόνομων φωτοβολταϊκών συστημάτων, οι ανάγκες για αποθηκευμένη ηλεκτρική ενέργεια είναι μεγάλες.

Για την κάλυψη των αναγκών σε αυτές τις περιπτώσεις συνδέουμε κατάλληλα περισσότερους από έναν συσσωρευτές.

Η σύνδεση γίνεται με τη βοήθεια ειδικών εξαρτημάτων (συνδετήρες) τα οποία τοποθετούμε στους πόλους των συσσωρευτών (θετικός + και αρνητικός-). Οι συσσωρευτές συνδέονται μεταξύ τους με τρεις τρόπους:

α) Σύνδεση σε σειρά.

Στην περίπτωση αυτή συνδέουμε τον αρνητικό πόλο του πρώτου συσσωρευτή με τον θετικό του δεύτερου και συνεχίζουμε έτσι με όλους τους προς σύνδεση συσσωρευτές.

Ο θετικός πόλος του πρώτου συσσωρευτή και ο αρνητικός του τελευταίου μας δίνουν τους τελικούς ακροδέκτες τροφοδοσίας της συγκεκριμένης συστοιχίας των συσσωρευτών (Εικόνα 3-17). Η συνολική ονομαστική τάση

της συστοιχίας είναι ίση με το άθροισμα των ονομαστικών τάσεων όλων των συσσωρευτών που συνδέονται σε σειρά.

$$U_{ολ} = U_1 + U_2 + U_3 + U_4$$

και γενικά

$$U_{ολ} = U_1 + U_2 + \dots + U_n$$

Όταν οι συσσωρευτές έχουν την ίδια τάση τότε:

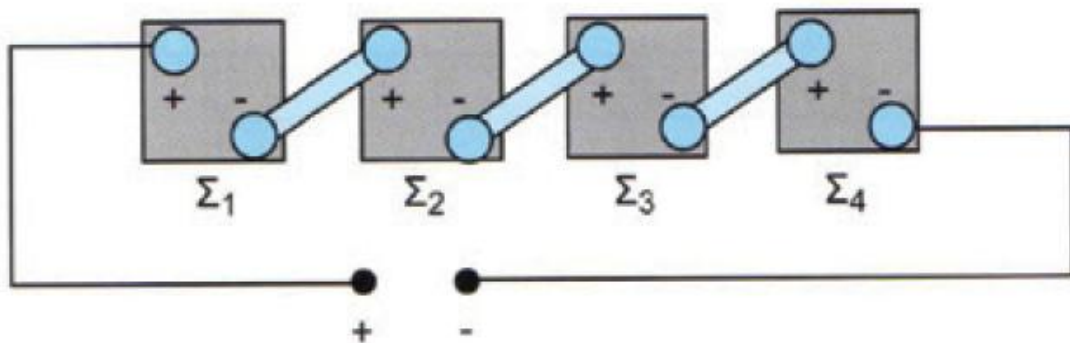
$$U_{ολ} = U_1 * U_n$$

Η συνολική ονομαστική χωρητικότητα της συστοιχίας είναι ίση με τη χωρητικότητας ενός συσσωρευτή.

$$Q_{ολ} = Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q_4$$

και γενικά

$$Q_{ολ} = Q_1 = Q_2 = \dots = Q_n$$



Εικόνα 3-17 Σύνδεση συσσωρευτών σε σειρά.

Η συνολική ονομαστική ένταση της συστοιχίας είναι παντού η ίδια και είναι ίση με την ονομαστική ένταση του ενός συσσωρευτή.

$$I_{ολ} = I_1 = I_2 = I_3 = I_4$$

και γενικά

$$I_{ολ} = I_1 = I_2 = \dots = I_n$$

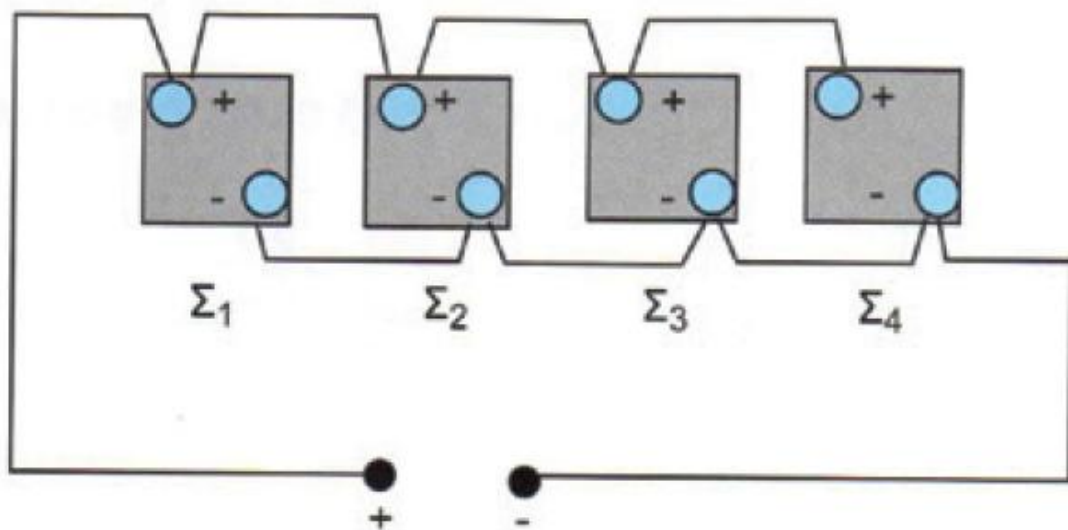
β) Παράλληλη σύνδεση.

Στην περίπτωση αυτή συνδέουμε μαζί όλους τους θετικούς πόλους των συσσωρευτών και έχουμε τον θετικό πόλο της συστοιχίας και όλους τους αρνητικούς και έχουμε τον αρνητικό πόλο της συστοιχίας (Εικόνα 3-18). Η συνολική ονομαστική χωρητικότητα της συστοιχίας είναι ίση με το άθροισμα των επιμέρους χωρητικοτήτων των συσσωρευτών που είναι συνδεδεμένοι παράλληλα.

$$Q_{ολ} = Q_1 + Q_2 = Q_3 = Q_4$$

και γενικά

$$Q_{ολ} = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n$$



Εικόνα 3-18 Σύνδεση συσσωρευτών παράλληλα.

Όταν οι συσσωρευτές έχουν την ίδια χωρητικότητα, τότε:

$$Q_{ολ} = Q_1 * V$$

Η συνολική ονομαστική ένταση της συστοιχίας είναι ίση με το άθροισμα των ονομαστικών εντάσεων όλων των συσσωρευτών που είναι συνδεδεμένοι παράλληλα.

Η συνολική ονομαστική τάση της συστοιχίας είναι ίση με την τάση του ενός συσσωρευτή

$$U_{ολ} = U_1 = U_2 = U_3 = U_4$$

και γενικά

$$U_{ολ} = U_1 + U_2 + \dots + U_n$$

Η συνολική ονομαστική ένταση της συστοιχίας είναι ίση με το άθροισμα των επιμέρους εντάσεων των συσσωρευτών που είναι συνδεδεμένοι παράλληλα

$$I_{ολ} = I_1 + I_2 + I_3 + I_4$$

και γενικά

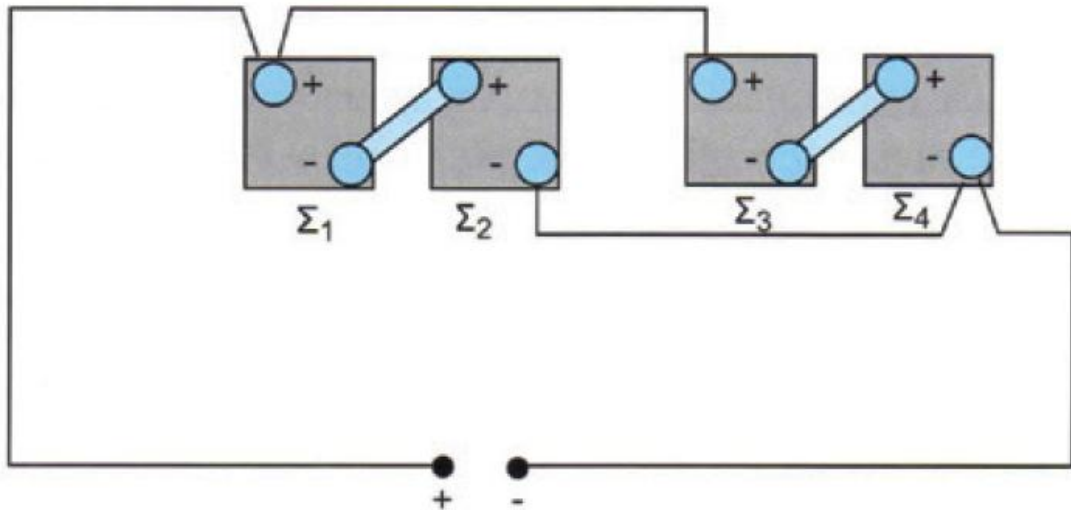
$$I_{ολ} = I_1 + I_2 + \dots + I_n$$

Όταν οι συσσωρευτές έχουν την ίδια ένταση τότε

$$I_{ολ} = I_1 * V$$

γ) Μεικτή σύνδεση.

Η μεικτή σύνδεση χρησιμοποιείται για να έχουμε τη δυνατότητα σε μία συστοιχία να πάρουμε τελικά και μεγάλη τάση και μεγάλη χωρητικότητα (μεγάλη ένταση). Η σύνδεση αυτή συνδυάζει τα πλεονεκτήματα της σύνδεσης σε σειρά και της σύνδεσης παράλληλα (Εικόνα 3-19).



Εικόνα 3-19 Μεικτή σύνδεση συσσωρευτών

Για την περίπτωση αυτή θα έχουμε:

$$U_{1,2} = U_1 + U_2 \text{ και } U_{3,4} = U_3 + U_4$$

$$U_{ολ} = U_{1,2} = U_{3,4}$$

$$I_{1,2} = I_1 = I_2 \text{ και } I_{3,4} = I_3 = I_4$$

$$I_{ολ} = I_{1,2} + I_{3,4}$$

$$Q_{1,2} = Q_1 = Q_2 \text{ και } Q_{3,4} = Q_3 = Q_4$$

$$Q_{ολ} = Q_{1,2} + Q_{3,4}$$

Στην πράξη, στη μεικτή σύνδεση χρησιμοποιούμε τα ίδια ονομαστικά μεγέθη (τάση, ένταση, χωρητικότητα).

3.9.5 Τοποθέτηση συσσωρευτών στο χώρο του ηλεκτροστασίου

Οι συσσωρευτές τοποθετούνται σε ειδικά διαμορφωμένο χώρο (ειδικά διαμορφωμένα ηλεκτροστάσια σε υπόγειους χώρους με πολύ καλό σύστημα αερισμού).

α) Τοποθετούνται στο δάπεδο.

Όταν τοποθετούμε τις συστοιχίες των συσσωρευτών στο δάπεδο θα πρέπει να υπάρχει άνετος χώρος για την επίβλεψη και τη συντήρησή τους.

β) Τοποθετούνται σε ειδικά διαμορφωμένες βάσεις.

3.9.6 Τεχνικά χαρακτηριστικά συσσωρευτών του εμπορίου

Στο εμπόριο, για εφαρμογές φωτοβολταϊκών συστημάτων έχουμε τους βιομηχανικούς συσσωρευτές οξέος μολύβδου ανοικτού τύπου - χαμηλού αντιμονίου (1,6%). Οι συσσωρευτές αυτοί κατασκευάζονται για ονομαστική τάση 12V ή 2V (δίβολτα στοιχεία βιομηχανικού τύπου).

Κυκλοφορούν σε διάφορα μεγέθη (χωρητικότητα, διαστάσεις κ.λπ.) και είναι κατάλληλοι για:

α) Εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας σε απομακρυσμένα χωριά ή σπίτια κ.λπ.

β) Εγκαταστάσεις επικοινωνιών σε αέρα, θάλασσα, δρόμους, τρένα κ.λπ.

γ) Εγκαταστάσεις ραδιοτηλεοπτικών σταθμών, κεραιές κινητής τηλεφωνίας κ.λπ.

3.9.7 Συσσωρευτές οξέος μολύβδου ανοιχτού τύπου χαμηλού αντιμονίου (1,6%) ονομαστικής τάσης 12V, 6V, 2V, από την ECO//SUN/BAE Solar

Οι συσσωρευτές αυτοί κατασκευάζονται:

α) Με γερή σωληνωτή πλάκα ως θετικό ηλεκτρόδιο (κράμα PdSb_{1,6}SnSe).

β) Με πλάκα πλέγματος από κράμα χαμηλού αντιμονίου (1,6%).

γ) Με τυποποιημένο δοχείο πλακών.

δ) Με θεικό οξύ πυκνότητας 1,24kg/lit.

ε) Με σύσφιξη πλακών 100%

στ) Με δοχείο συσσωρευτή που φέρει καπάκι φτιαγμένο από πολυπροπυλένιο.

ζ) Με αρνητικό πόλο από ενισχυμένη επικάλυψη ορείχαλκου για εύκαμπτους και πλήρως απομονωμένους τερματικούς συνδετήρες.

η) Με προστασία έναντι επαφής σύμφωνα με τους κανονισμούς VBG4, IP25 στα DINEN 60529.

θ) Για λειτουργία σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος από -20°C μέχρι και $+55^{\circ}\text{C}$ (συστήνεται από $+10^{\circ}\text{C}$ μέχρι και $+30^{\circ}\text{C}$).

ι) Με αυτοεκφόρτιση περίπου 3% ανά μήνα στους 20°C Θα πρέπει να γίνεται συντήρηση και συγκεκριμένα:

θ) Έλεγχος της τάσης των συσσωρευτών, της τάσης κάθε στοιχείου ξεχωριστά καθώς επίσης και της θερμοκρασίας κάθε έξι (6) μήνες.

ι) Έλεγχος των μηχανικών και ηλεκτρικών συνδέσεων, καταγραφή της τάσης των συσσωρευτών και της τάσης κάθε στοιχείου ξεχωριστά καθώς επίσης και της θερμοκρασίας κάθε δώδεκα (12) μήνες. Πρόσθεση αποσταγμένου νερού κάθε 6 μήνες (ανάλογα με τη χρησιμοποίηση και τη θερμοκρασία περιβάλλοντος).

Στους συσσωρευτές αυτούς κατά τη λειτουργία τους θα πρέπει:

α) Η αποφόρτιση του συσσωρευτή απαγορεύεται να υπερβαίνει το 80% της ονομαστικής χωρητικότητας.

β) Ανά μία έως τέσσερις εβδομάδες ο συσσωρευτής πρέπει να φορτίζεται κατά 100%.

γ) Το ρεύμα φόρτισης μπορεί να κυμανθεί από $0,01 \times I_{10}$ μέχρι $5 \times I_{10}$.

- δ) Η τάση φόρτισης πρέπει να περιορίζεται από 2,30 V μέχρι 2,40 V.
- ε) Για ημερήσια αποφόρτιση μέχρι και 20%, η τάση φόρτισης να είναι από 2,30 V μέχρι 2,35 V ανά στοιχείο.
- στ) Για ημερήσια αποφόρτιση πάνω από 20% και μέχρι 50%, η τάση φόρτισης να είναι από 2,35 V μέχρι 2,40 V ανά στοιχείο.
- ζ) Για ημερήσια αποφόρτιση μεγαλύτερη από 50%, θα πρέπει να γίνεται φόρτιση βρασμού ημερησίως ή να χρησιμοποιηθεί σύστημα τεχνητής ανατάραξης του ηλεκτρολύτη.

3.9.8 Βιομηχανικοί συσσωρευτές αβεστίου, ονομαστικής τάσης 12V,6V,2V,από την ECO//SUN, BAE SECURA PVV

Στους συσσωρευτές αυτούς κατά τη λειτουργία τους θα πρέπει:

- α) Η αποφόρτιση του συσσωρευτή να μην υπερβαίνει το 80% διότι μπορεί να προκληθεί μόνιμη βλάβη μέχρι και καταστροφή του συσσωρευτή.
- β) Το ρεύμα φόρτισης να κυμαίνεται από $0,01 \times I_{10}$ μέχρι $5 \times I_{10}$.
- γ) Η τάση φόρτισης πρέπει να περιορίζεται από 2,30 μέχρι 2,40V ανά στοιχείο.
- δ) Για ημερήσια αποφόρτιση μέχρι και 40%, η τάση φόρτισης να είναι από 2,30 V μέχρι 2,35 V ανά στοιχείο.
- ε) Για ημερήσια αποφόρτιση μέχρι 60%, η τάση φόρτισης να είναι από 2,35 V μέχρι 2,40 V ανά στοιχείο.
- στ) Όταν η μηνιαία μέση θερμοκρασία είναι κάτω από 10°C, η τάση φόρτισης να αυξάνεται κατά 0,03V ανά 10° C.

3.9.9 Βιομηχανικοί συσσωρευτές με σωληνωτές θετικές πλάκες χαμηλού αντιμονίου και χαμηλής συντήρησης PZS/ECO//SUN (αδιαφανείς)

Κατασκευάζονται για μόνιμες εγκαταστάσεις σύμφωνα με τις σχετικές προδιαγραφές κατά DIN (DIN 40736, μέρος 1 και DIN 40737 μέρος 1 και 2).

Η ξεχωριστή κατασκευή τους οφείλεται στη δομή της θετικής πλάκας. Είναι χαμηλού αντιμονίου σύμφωνα με τις προδιαγραφές κατά DIN ($Sb < 3\%$). Με τη χρησιμοποίηση κραμάτων με ειδική σύνθεση των θετικών πλακών επιτυγχάνονται μεγαλύτερα διαστήματα χωρίς ανάγκη συντήρησης και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής των μπαταριών. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι αρνητικές πλάκες αποτελούνται από μία σκάρα από κράμα μολύβδου, στην οποία συγκρατείται η ενεργός μάζα, με ποιότητα και ανθεκτικότητα παρόμοια με αυτή των θετικών πλακών.

Οι μονώσεις (χωριστήρες) αποτελούνται από μικροπορώδη συνθετική ύλη δοκιμασμένης αντοχής, το δοχείο αποτελείται από υλικό μεγάλης χημικής και μηχανικής αντοχής, ενώ το πώμα είναι κατασκευασμένο από πλαστική ύλη ανθεκτική στο θειικό οξύ και επιτρέπει την έξοδο των αερίων που δημιουργούνται μέσα στο στοιχείο ενώ ταυτόχρονα εμποδίζει την έξοδο της ομίχλης του θειικού οξέος. Ο ηλεκτρολύτης είναι διάλυμα θειικού οξέος καθαρότητας σύμφωνα με τα πρότυπα u954 κατά DIN 43530/ρ.2.

Οι συσσωρευτές PzS είναι κατασκευασμένοι σε αδιαφανές δοχείο και σχεδιάζονται για αυτόνομα συστήματα κλίμακας μικρών και μεσαίων εφαρμογών.

Οι συσσωρευτές αυτοί είναι συμβατοί με τους εξής Ελληνικούς και Διεθνείς Κανονισμούς:

- α) Πρότυπα Ελληνικού Οργανισμού Τυποποίησης - ΕΛΟΤ 695.1 και 695.2.
- β) Γερμανικά πρότυπα DIN: 43595, 43531, 43535, 43536, 43530, 43539, VDE:0510.
- γ) Οδηγίες της ΕΟΚ Νο 663/86.

3.9.10 Συσσωρευτές οξέος μολύβδου ανοιχτού τύπου χαμηλού αντιμονίου (1,6%) ονομαστικής τάσης 12V

Σημείωση: Όσο αυξάνει ο αριθμός των κύκλων φόρτισης τόσο μειώνεται το ποσοστό αποφόρτισης του συσσωρευτή. Ένας συσσωρευτής με ποσοστό αποφόρτισης 10%, μας δίνει με ασφάλεια μόνο μικρό ποσοστό (10%) της ονομαστικής χωρητικότητάς του.

Υπάρχουν τρεις τρόποι φόρτισης:

- α) Με ρυθμιστή διακόπτη (με χειριστήριο δύο βημάτων), φόρτιση στην καμπύλη Β (φόρτιση με τη μέγιστη δυνατή τάση) για 2 ώρες/ημέρα και μετά συνεχής φόρτιση με τις τιμές της καμπύλης C (φόρτιση με τη μικρότερη τάση).
- β) Κανονική φόρτιση, χωρίς ρυθμιστή διακόπτη, συνεχής φόρτιση με τις τιμές της καμπύλης Α.
- γ) Ενισχυμένη φόρτιση από εξωτερική γεννήτρια ρεύματος για πέντε (5) το πολύ ώρες το μήνα με τις τιμές της καμπύλης Β και στη συνέχεια κανονική φόρτιση με τις τιμές της καμπύλης C.

3.9.11 Συσσωρευτές οξέος μολύβδου ανοιχτού τύπου χαμηλού αντιμονίου (1,6%) ονομαστικής τάσης 2V (δίβολτα στοιχεία βιομηχανικού τύπου)

Για μικρού μεγέθους απαιτήσεις αποθήκευσης μπορεί να γίνει χρήση των συσσωρευτών ονομαστικής τάσης 12V. Για μεσαίου και μεγάλου μεγέθους

απαιτήσεις αποθήκευσης μπορεί να γίνει χρήση των συσσωρευτών βιομηχανικού τύπου, ονομαστικής τάσης 2V.

Με τους συσσωρευτές βιομηχανικού τύπου, ονομαστικής τάσης 2V, έχουμε τη δυνατότητα για αποθήκευση μεγάλων ποσοτήτων ενέργειας, μεγάλο ποσοστό αποφόρτισης για μεγάλο αριθμό κύκλων φόρτισης και μεγάλη διάρκεια ζωής. Στους υπολογισμούς για τον αριθμό και το μέγεθος των συσσωρευτών αποθήκευσης, θα πρέπει να παίρνουμε υπόψη το ποσοστό αποφόρτισης μετά από έναν αριθμό κύκλων φόρτισης, που αντιστοιχεί στο 80% ή και στο 70% της ονομαστικής τιμής. Επίσης, θα πρέπει να παίρνουμε υπόψη τη μέγιστη και την ελάχιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος σε ετήσια βάση και ο υπολογισμός να γίνεται για τη δυσμενέστερη.

3.10 Τύποι ελεγκτών ρυθμιστών φόρτισης - Ρυθμιστές φόρτισης μικρής ισχύος- Ρυθμιστές φόρτισης χαμηλής ισχύος

3.10.1 Τύποι ελεγκτών ρυθμιστών φόρτισης

Στο εμπόριο υπάρχουν πολλοί τύποι ελεγκτών - ρυθμιστών φόρτισης, από την πιο απλή τους μορφή, μέχρι την πιο σύνθετη.

Η επιλογή του κατάλληλου ελεγκτή - ρυθμιστή φόρτισης έχει σχέση με τις απαιτήσεις του συστήματος παραγωγής και αποθήκευσης ενέργειας, το μέγεθος και το κόστος της εγκατάστασης.

3.10.2 Ρυθμιστές φόρτισης μικρής ισχύος

Έχουν σχεδιαστεί για μικρά Φ/Β συστήματα και έχουν τη δυνατότητα αποσύνδεσης του συσσωρευτή σε περίπτωση υπερφόρτισης ή υπερεκφόρτισης ή αποσύνδεσης του φορτίου, λόγω χαμηλής τάσης του συσσωρευτή.

Παρέχουν ηλεκτρονικά ρυθμιζόμενο τρόπο φόρτισης με προστασία βαθιάς αποφόρτισης και ενσωματωμένο αισθητήρα θερμοκρασίας.

Φέρουν πλήρη ηλεκτρονική προστασία από υπέρταση Φ/Β συλλέκτη, ανάστροφη πολικότητα συλλέκτη ή συσσωρευτή, υπερφόρτιση και βραχυκύκλωμα στην κατανάλωση.

Έχουν ενδείξεις: Κατάσταση φόρτισης, επίπεδο φόρτισης συσσωρευτή, αποσύνδεσης λόγω χαμηλής τάσης συσσωρευτή, υπερφόρτωση/βραχυκύκλωμα. Είναι κατάλληλοι για μικρές Φ/Β εγκαταστάσεις σε μικρές αγροικίες, τροχόσπιτα και εφαρμογές ελεύθερου χώρου.

3.10.3 Ρυθμιστές φόρτισης χαμηλής ισχύος

Έχουν σχεδιασθεί για Φ/Β συστήματα με ισχύ από 100 μέχρι 1000 W.

Παρέχουν εξαιρετικές ενδείξεις, προγραμματισμό και λειτουργίες ασφάλειας. Το επίπεδο φόρτισης του συσσωρευτή επιδεικνύεται σαφώς με ένα ιστόγραμμα, καθώς επίσης και οι ενεργειακές ροές από και προς το συσσωρευτή και η κατάσταση των καταναλώσεων (π.χ. υπερφόρτωση, βραχυκύκλωμα φορτίου κ.λπ.). Η λειτουργία προστασίας βαθιάς αποφόρτισης μπορεί να ρυθμιστεί με τρεις διαφορετικούς τρόπους: ελεγχόμενη από τάση, ελεγχόμενη από το επίπεδο φόρτισης του συσσωρευτή ή προσαρμοστική ρύθμιση (πολυπλοκότητας).

3.11 Ελεγκτές ρυθμιστές ενεργειακών συστημάτων – Φορτιστές μπαταριών

3.11.1 Ελεγκτές ρυθμιστές ενεργειακών συστημάτων

Προσφέρουν πλήρη έλεγχο του κύκλου φόρτισης και τροφοδοσίας φορτίου, φέρουν ελεγκτή πολλαπλών λειτουργιών που μπορεί να ανοίξει ή να κλείσει την ισχύ σύμφωνα με τα κριτήρια που τίθενται από το χρήστη.

Παρέχουν πλήρη ασφάλεια και έχουν τη δυνατότητα για κάθε ένδειξη ή μέτρηση μεγέθους.

3.11.2 Φορτιστές μπαταριών

Η φόρτιση των συσσωρευτών μπορεί να γίνει από το δίκτυο διανομής 230/400 V, με μονοφασικούς ή τριφασικούς φορτιστές.

Η τροφοδοσία των φορτιστών μπορεί στην πράξη να γίνει και από ένα ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος (H/z) όταν αυτό χρησιμοποιείται ως κύρια ή ως εφεδρική πηγή.

3.12 Μετατροπείς γενικά. Μετατροπείς DC-DC, Μετατροπέας DC-AC (Inverter), Μετατροπέας DC-AC δικτύου, Μετατροπείς DC-AC Δικτύου μικρής ισχύος χαμηλής τάσης μονοφασικοί

3.12.1 Μετατροπείς γενικά

Η συσκευή αυτή είναι απαραίτητη για τη μετατροπή του συνεχούς (D.C.) ρεύματος σε εναλλασσόμενο (A.C.) για να μπορούν να λειτουργούν οι διάφορες συσκευές που κυκλοφορούν στην αγορά.

Ένας τέτοιος μετατροπέας είναι περιστρεφόμενος, στον οποίο το συνεχές ρεύμα προκαλεί περιστροφή ενός κινητήρα που με τη σειρά του μεταδίδει την κίνηση σε μια γεννήτρια εναλλασσόμενου ρεύματος. Η συσκευή αυτή δεν χρησιμοποιείται σήμερα διότι με την ανάπτυξη της τεχνολογίας έχουν κατασκευασθεί παρόμοιες συσκευές με ημιαγωγούς και χωρίς κινητά μέρη. Η απόδοση των τελευταίων είναι πολύ μεγαλύτερη, η συντήρησή τους πολύ πιο εύκολη και η ανάγκη για επιδιόρθωση πολύ σπάνια.

Ανάλογα με το είδος του φ/β συστήματος χρησιμοποιείται και ο κατάλληλος μετατροπέας.

3.12.2 Μετατροπείς DC-DC

Η μετατροπή μιας συνεχούς τάσης σε συνεχή με διαφορετική τιμή (μικρότερη ή μεγαλύτερη) γίνεται ανάλογα με τις απαιτήσεις, συμβάλλοντας στη μείωση των απωλειών στη γραμμή της μεταφοράς από το χώρο παραγωγής στο χώρο κατανάλωσης.

Στο χώρο των Φ/Β πλαισίων έχουμε σύνδεση των συλλεκτών σε σειρά ή παράλληλα, ώστε η ηλεκτρική ενέργεια να μεταφέρεται, με όσο επιτρέπεται, υψηλή τάση για να έχουμε χαμηλό ρεύμα στη γραμμή μεταφοράς και επομένως χαμηλές απώλειες.

Στο χώρο της αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας ο μετατροπέας DC-DC, προσαρμόζει την τάση των Φ/Β πλαισίων ή της Φ/Β συστοιχίας στην τάση του συσσωρευτή, ώστε να υπάρχει πλήρη εκμετάλλευση της ενέργειας και επιπλέον να μην έχουμε συνθήκες υπέρτασης του συσσωρευτή. Τα συστήματα αυτά παρουσιάζουν απόδοση περίπου 90%. Στη διάταξη ενσωματώνεται μικροελεγκτής, ο οποίος, ελέγχει συνεχώς και επιβάλλει την προσαρμογή του σημείου λειτουργίας του συστήματος, που παράγει την ηλεκτρική ενέργεια, με το σημείο μέγιστης ισχύος, που καθορίζεται από τις συνθήκες φωτισμού και θερμοκρασίας περιβάλλοντος.

3.12.3 Μετατροπέας DC-AC (Inverter)

Η μετατροπή του συνεχούς ρεύματος (D.C) σε εναλλασσόμενο (A.C) γίνεται πλέον με μία καθαρά ηλεκτρονική διάταξη, τον ηλεκτρονικό μετατροπέα DC-AC. Ο Inverter είναι η ηλεκτρονική διάταξη ισχύος που μετατρέπει συνεχή τάση σε εναλλασσόμενη (μονοφασική ή τριφασική). χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις που διαθέτουμε πηγή συνεχούς ρεύματος

και λόγω της επικράτησης του εναλλασσόμενου ρεύματος, σε πάρα πολλές εφαρμογές, πρέπει να γίνει μετατροπή.

Η πιο συνηθισμένη περίπτωση μετατροπής είναι η παραγόμενη από τα Φ/Β συστήματα συνεχής τάση για οικιακή ή βιομηχανική χρήση.

3.12.4 Μετατροπέας DC-AC δικτύου

Κατασκευάζονται σε διάφορα μεγέθη και καλύπτουν μία μεγάλη κατηγορία εφαρμογών. Είναι κατάλληλοι για οικιακές ή βιομηχανικές εφαρμογές και καλύπτουν τις ανάγκες των Φ/Β συστημάτων μικρής, μεσαίας ή μεγάλης ισχύος.

α) Είναι εύκολοι στην εγκατάσταση (μειωμένες σχετικά δαπάνες εγκατάστασης).

β) Είναι κατάλληλοι και για εσωτερική και εξωτερική εγκατάσταση.

γ) Φέρουν ειδική αδιάβροχη διάταξη για τη σύνδεση με το συνεχές και εναλλασσόμενο ρεύμα.

δ) Έχουν προστασία από υπέρταση και υπερένταση.

ε) Έχουν δυνατότητα για «διάγνωση» και επικοινωνία ενσύρματα ή ασύρματα.

στ) Καλύπτουν ένα εκτεταμένο πεδίο λειτουργίας από -25°C μέχρι 60°C .

3.13 Μετατροπείς DC-AC, μέσης ισχύος χαμηλής τάσης, τριφασικοί, Μετατροπέας DC-AC μεγάλης ισχύος μέσης τάξης

3.13.1 Μετατροπείς DC-AC, μέσης ισχύος χαμηλής τάσης, τριφασικοί

Δυνατότητα σύνδεσης των συσκευών σε δίκτυο χαμηλής τάσης. Φέρουν ηλεκτρομαγνητικό διακόπτη ζεύξης - απόζευξης πεδίο DC με ηλεκτρικό servo κινητήρα. Έχουν προστασία υπέρτασης και κρουστικών τάσεων εντάσεων πεδίο DC και AC. Έχουν διάταξη διόρθωσης αέργου ισχύος. Έχουν τη δυνατότητα ελέγχου της εγκατάστασης και αξιολόγησης των στοιχείων.

Έχουν πεδίο τάσης εισαγωγής και επιλογής από 300 V DC μέχρι 600V DC.

Στην έξοδό τους μας δίνουν τριφασική τάση χαμηλής τιμής 3x400 V και συχνότητα 50Hz.

3.13.2 Μετατροπέας DC-AC μεγάλης ισχύος μέσης τάξης

α) Έχουμε αύξηση της απόδοσης παραγωγής και μείωση κόστους λόγω άμεσης σύνδεσης σε μέση τάση.

β) Φέρει M/I, M/T και κάλυμμα για υπαίθρια εγκατάσταση.

γ) Φέρει ηλεκτρομαγνητική διακοπή ισχύος πεδίου DC με ηλεκτροκινητήρες servo.

δ) Έχει προστασία υπέρτασης σε συνεχές και εναλλασσόμενο πεδίο.

ε) Έχει διάταξη διόρθωσης αέργου ισχύος.

στ) Έχει δυνατότητα ελέγχου των εγκαταστάσεων και αξιολόγησης στοιχείων.

ζ) Αύξηση της αποδοτικότητας της εγκατάστασης από 1,5 μέχρι 2,0% σε σχέση με εγκαταστάσεις με μετασχηματιστή χαμηλής τάσης.

η) Μπορεί να κατασκευασθεί και χωρίς κάλυμμα για εσωτερική εγκατάσταση.

3.13.3 Μετατροπείας DC-AC συσσωρευτών

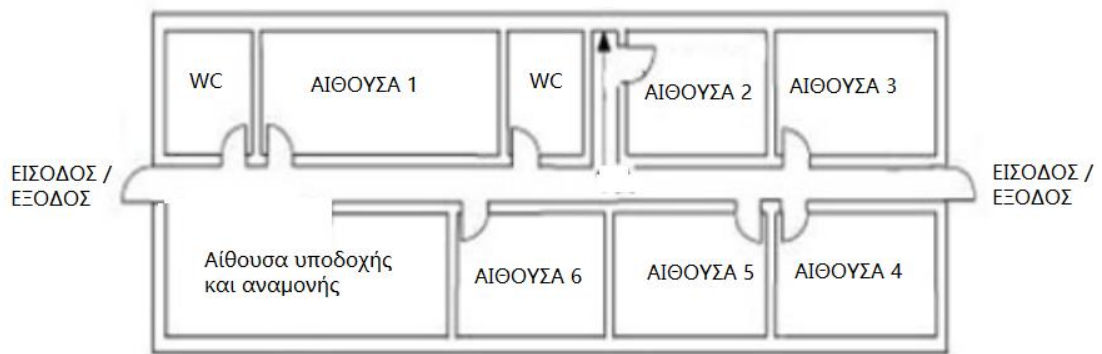
Κατασκευάζονται ως αυτόνομες ηλεκτρονικές διατάξεις που μπορεί να συνδέονται με ρυθμιστές φόρτισης, Φ/Β πλαίσια, συσσωρευτές και φορτιστές.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΜΕΛΕΤΗ ΥΒΡΙΔΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

4.1 Παρουσίαση του χώρου και των ηλεκτρικών φορτίων

Ο χώρος που θα ηλεκτροδοτηθεί είναι ένα ωδείο. Παρακάτω φαίνεται η κάτοψη του καθώς και ένα ζ πίνακας με τα φορτία του



Εικόνα 4-1 Η κάτοψη του χώρου

Πίνακας 4-0-1 Καταγραφή ηλεκτρικών φορτίων ωδείου 190m²

Χώρος	Φορτίο	Ισχύς
Αίθουσα υποδοχής	Λαμπτήρες (2) Περιμετρικοί λαμπτήρες (12) Ρευματοδότες σούκο (6)	$2 \times 10W +$ $12 \times 4.5W = 74W$ $6 \times 230 \times 16 \times 0.5 = 11040W$
Αίθουσα 1	Κεντρικός λαμπτήρας (1) Περιμετρικοί	$1 \times 10W + 8 \times 4.5W = 56W$ $4 \times 230 \times 16 \times 0.5 = 7360W$

	λαμπτήρες (8) Ρευματοδότες σούκο (4)	
Αίθουσα 2	Κεντρικός λαμπτήρας (1) Περιμετρικοί λαμπτήρες (4) Ρευματοδότες σούκο (4)	$1 \times 10W + 4 \times 4.5W = 28W$ $4 \times 230 \times 16 \times 0.5 = 7360W$
Αίθουσα 3	Κεντρικός λαμπτήρας (1) Περιμετρικοί λαμπτήρες (4) Ρευματοδότες σούκο (4)	$1 \times 10W + 4 \times 4.5W = 28W$ $4 \times 230 \times 16 \times 0.5 = 7360W$
Αίθουσα 4	Κεντρικός λαμπτήρας (1) Περιμετρικοί λαμπτήρες (4) Ρευματοδότες σούκο (4)	$1 \times 10W + 4 \times 4.5W = 28W$ $4 \times 230 \times 16 \times 0.5 = 7360W$

Αίθουσα 5	Κεντρικός λαμπτήρας (1) Περιμετρικοί λαμπτήρες (4) Ρευματοδότες σούκο (4)	$1 \times 10W + 4 \times 4.5W = 28W$ $4 \times 230 \times 16 \times 0.5 = 7360W$
Αίθουσα 6	Κεντρικός λαμπτήρας (1) Περιμετρικοί λαμπτήρες (4) Ρευματοδότες σούκο (4)	$1 \times 10W + 4 \times 4.5W = 28W$ $4 \times 230 \times 16 \times 0.5 = 7360W$
WC	Κεντρικός λαμπτήρας (1)	6W
WC	Κεντρικός λαμπτήρας (1)	6W
Διάδρομος	Κεντρικοί Λαμπτήρες (5) Ρευματοδότες σούκο	$5 \times 10W = 50W$ $2 \times 230 \times 16 \times 0.5 = 1840W$

	(2)	
Εξωτερικός Φωτισμός	Λαμπτήρες εισόδου (2) Διακοσμητικοί Λαμπτήρες (30) Ρευματοδότες σούκο (2)	$2 \times 10W + 30 \times 4W = 140W$ $2 \times 230 \times 16 \times 0.5 = 1840W$
		59352W

4.2 3Υπολογισμός ετήσιας κατανάλωσης σε Kwh

Από συγκέντρωση λογαριασμών ΔΕΗ ενός έτους προκύπτει η ετήσια κατανάλωση

Πίνακας 4-0-2 Ετήσια κατανάλωση

Μήνας	Κατανάλωση σε kWh
Νοέμβριος- Φεβρουάριος	8000
Μάρτιος – Ιούνιος	6500
Ιούλιος – Οκτώβριος	8500
Σύνολο	3300

Άρα οι συνολικές υπολογίσιμες ανάγκες ενός έτους είναι 23000 kWh.

Σε αυτήν την κατανάλωση υπολογίζεται και ένας συντελεστής προσαύξησης 20% για μελλοντικά επιπλέον φορτία, άρα συνολικές ανάγκες:

$$23000 + \frac{20}{100} \times 23000 = 27600 \text{ kWh}$$

4.3 Εγκατάσταση και διαστασιολόγηση φωτοβολταϊκής συστοιχίας

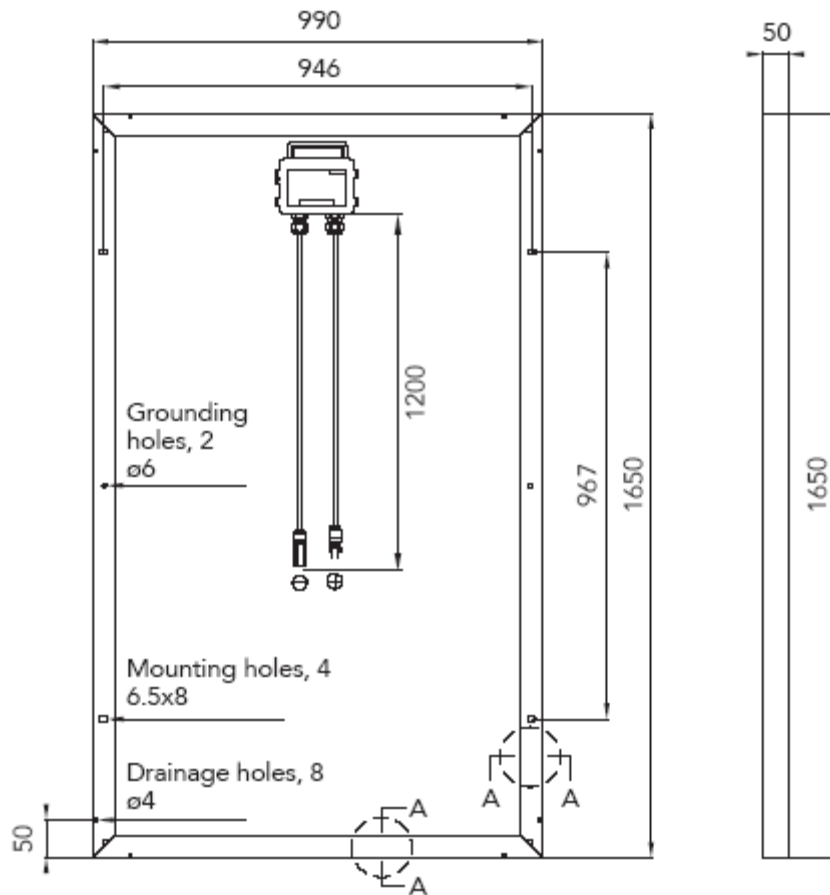
4.3.1 Προσφερόμενη ενέργεια από φωτοβολταϊκή συστοιχία

Το εμβαδόν της οροφής του είναι 190 m². Ο προσανατολισμός του κτιρίου είναι νότιο-δυτικός. Η ανεμογεννήτρια θα τοποθετηθεί στη δυτική πλευρά του κτιρίου, οπότε δεν θα προκαλεί σκιασμό στην οροφή. Το κτίριο γειτνιάζει αριστερά και δεξιά (ανατολή και δύση) με κτίρια χαμηλότερα, οπότε δεν υπάρχει πρόβλημα σκιασμού από αυτά. Στην βορινή πλευρά του κτιρίου βρίσκεται ο δρόμος και στη νότια πλευρά του υπάρχει οικόπεδο.

Τα 80 m² της ταράτσας θα χρησιμοποιηθούν για την τοποθέτηση της μικρής ανεμογεννήτριας, οπότε απομένουν 110 m² (10m×11m) για την τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών πάνελ.

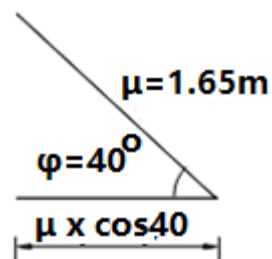
Θα υπολογιστούν τα απαιτούμενα τετραγωνικά για την εγκατάσταση των πλαισίων.

Οι διαστάσεις του πλαισίου φαίνονται στην παρακάτω εικόνα



Εικόνα 4-2 Οι διαστάσεις του ΦΒ πάνελ

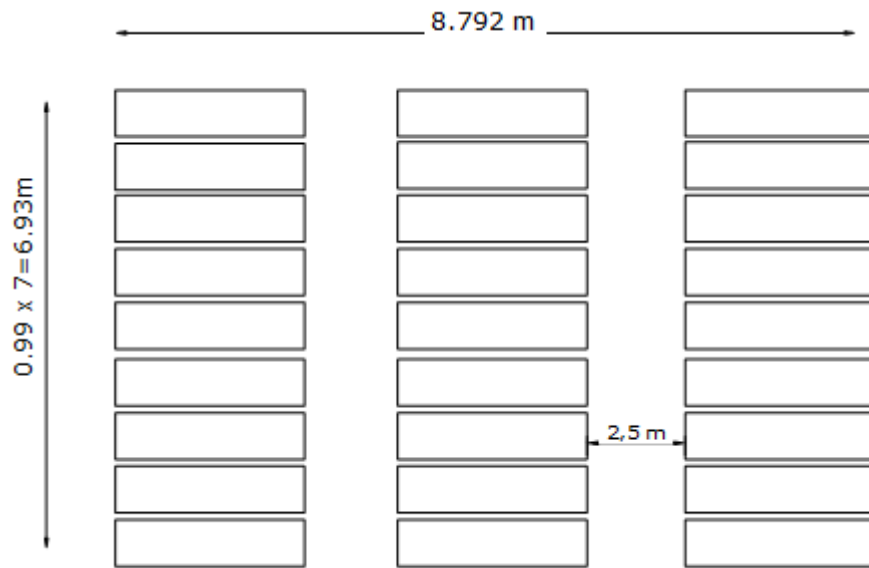
Η διάταξη αποτελείται από τρεις σειρές των εννέα πλαισίων έκαστη. Κάθε σειρά έχει μήκος $0.99 \times 7 = 6.93\text{m}$. Επειδή τα πάνελ τοποθετούνται με κλίση 40° από το έδαφος, το πραγματικό πλάτος της συστοιχίας σε σχέση με το έδαφος είναι $\gamma \cdot \cos\beta = 1.65 \cdot \cos 40 = 1.264\text{m}$.



Εικόνα 4-3 Η γωνία τοποθέτησης των πάνελ

Επίσης θεωρούμε ότι οι σειρές μεταξύ τους έχουν απόσταση 2.5m.

Αρά το πλάτος της όλης συστοιχίας είναι $3 \cdot 1.264 + 2 \cdot 2.5 = 8.792 \text{ m}$



Εικόνα 4-4 Προτεινόμενη διάταξη των ΦΒ στοιχείων

Οπότε η εγκατάσταση θα καταλαμβάνει εμβαδόν:

$$(6.93\text{m}) \cdot (8.792\text{m}) = 60.92\text{m}^2$$

Και θα είναι ισχύος $250 \times 27 \text{ πάνελ} = 6750 \text{ W}$

1 kW παράγει 1.150 kWh άρα η συστοιχία θα παράγει $6,75 \times 1,15 = 7,7625$

kWh

Πίνακας 3-0-3 Τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά του πάνελ

Electrical parameters at Standard Test Conditions (STC)							
Module name			PANDA 265	PANDA 260	PANDA 255	PANDA 250	PANDA 245
Module type			YL265C-30b	YL260C-30b	YL255C-30b	YL250C-30b	YL245C-30b
Power output	P_{max}	W	265	260	255	250	245
Power output tolerances	ΔP_{max}	W	-0 ~ +5				
Module efficiency	η_m	%	16.2	15.9	15.6	15.3	15.0
Voltage at P_{max}	V_{mpp}	V	31.0	30.8	30.6	30.5	30.4
Current at P_{max}	I_{mpp}	A	8.55	8.46	8.33	8.20	8.07
Open-circuit voltage	V_{oc}	V	39.0	38.6	38.2	38.1	38.1
Short-circuit current	I_{sc}	A	8.93	8.91	8.85	8.71	8.59

STC: 1000W/m² irradiance, 25°C module temperature, AM 1.5g spectrum according to EN 60904-3.
Ave. efficiency reduction of 5% at 200W/m² according to EN 60904-1.

Electrical parameters at Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)							
Power output	P_{max}	W	192.4	188.8	185.2	181.6	177.9
Voltage at P_{max}	V_{mpp}	V	28.1	27.8	27.7	27.6	27.5
Current at P_{max}	I_{mpp}	A	6.86	6.79	6.68	6.58	6.48
Open-circuit voltage	V_{oc}	V	35.9	35.5	35.2	35.1	35.1
Short-circuit current	I_{sc}	A	7.20	7.18	7.13	7.02	6.92

NOCT: open-circuit module operation temperature at 800W/m² irradiance, 20°C ambient temperature, 1m/s wind speed.

4.3.2 3.3.2 Μπαταρία φωτοβολταϊκής συστοιχίας

$$7762,5\text{Wh} / (12 \text{ μήνες} \times 30 \text{ μέρες}) = 21.5625 \text{Wh/ημέρα}$$

Για μπαταρία 24V: $21.5625 / 24 \approx 0.9\text{Ah}$

Άρα χρειαζόμαστε μπαταρίες συνολικής χωρητικότητας 0.9Ah τουλάχιστον.

4.3.3 3.3.3 Μετατροπέας συνεχούς ρεύματος εξόδου της συστοιχίας σε εναλλασσόμενο ρεύμα

Επειδή η φωτοβολταϊκή συστοιχία αποδίδει 6750 W επιλέχθηκε ο μετατροπέας **SUNNY BOY 4.0** της εταιρείας sma ο οποίος καλύπτει τις ανάγκες μας όπως φαίνεται από τα τεχνικά χαρακτηριστικά του.



Εικόνα 4-5 Ο μετατροπέας Sunny Boy

Πίνακας 4-4 Τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά του αντιστροφέα

Technical data	Sunny Boy 3.0	Sunny Boy 3.6	Sunny Boy 4.0
Input (DC)			
Max. generator power	5500 W _p	5500 W _p	7500 W _p
Max. input voltage	600 V		
MPP voltage range	110 V to 500 V	130 V to 500 V	140 V to 500 V
Rated input voltage	365 V		
Min. input voltage / initial input voltage	100 V / 125 V		
Max. input current input A / input B	15 A / 15 A		
Max. DC short-circuit current input A / input B	22 A / 22 A		
Number of independent MPP inputs / strings per MPP input	2 / A:2; B:2		

Τα πλαίσια θα συνδεθούν σε 3 σειρές των 9 πλαισίων έκαστη

Με βάση τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά των πλαισίων και του αντιστροφέα (πίνακες 3-4 και 4-4) διενεργείται ο έλεγχος της ηλεκτρολογικής διασύνδεσης

$$\text{Πρέπει } V_{\text{DC},m}=30.5 \times 9=274.5 \text{ V}, \quad 140 \text{ V} < V_{\text{mppt}} < 500 \text{ V}$$

$$V_{\text{DC},oc}=38.1 \times 9=342.9 \text{ V} < V_{\text{DC},\text{max}}=600 \text{ V}$$

$$I_{\text{DC}}=8.2 \text{ A} < 15 \text{ A}$$

Όλες οι τιμές είναι εντός των ορίων του αντιστροφέα οπότε είναι εφικτή η προτεινόμενη σύνδεση

4.4 Ανεμογεννήτρια

4.4.1 Προσφερόμενη ενέργεια από την ανεμογεννήτρια

Για την προκειμένη περίπτωση επιλέχθηκε μια ανεμογεννήτρια της ισπανικής εταιρείας enair και συγκεκριμένα το μοντέλο E30PRO




Εικόνα 4-6

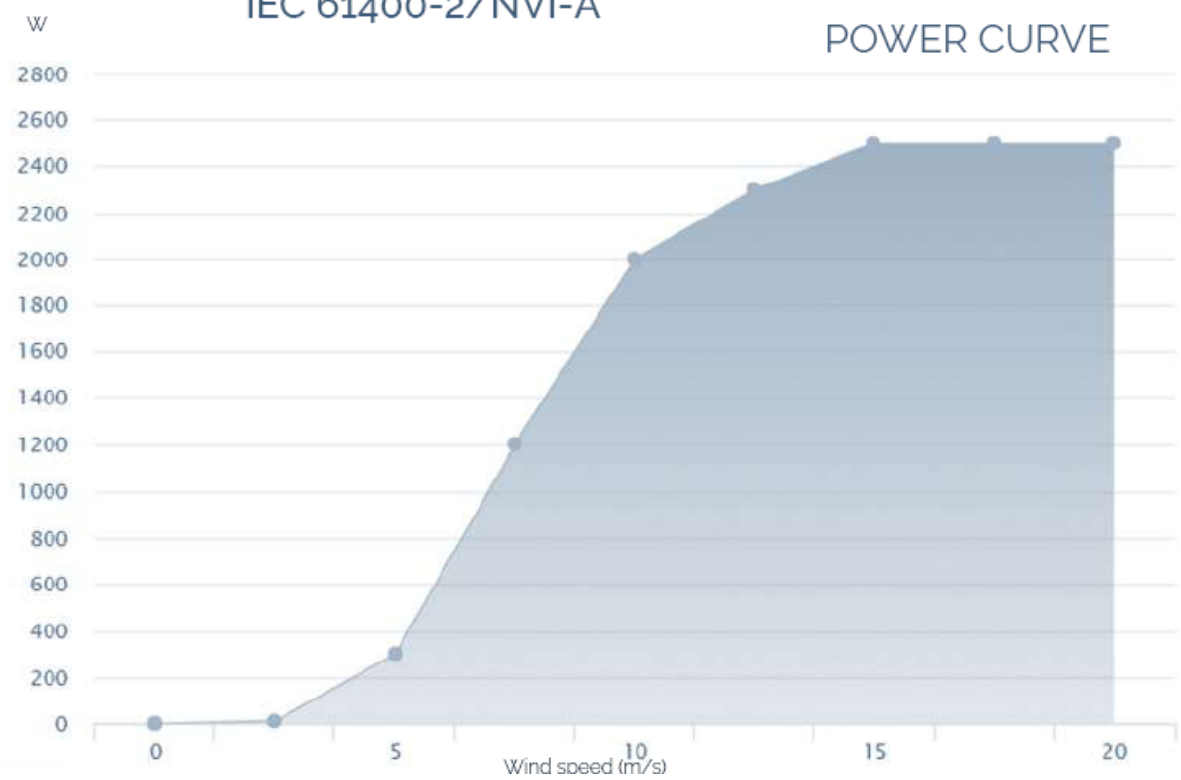
Η χρησιμοποιούμενη ανεμογεννήτρια

Παρακάτω φαίνεται ένας πίνακας με πληροφορίες σχετικά με την απόδοση της εν λόγω ανεμογεννήτριας.

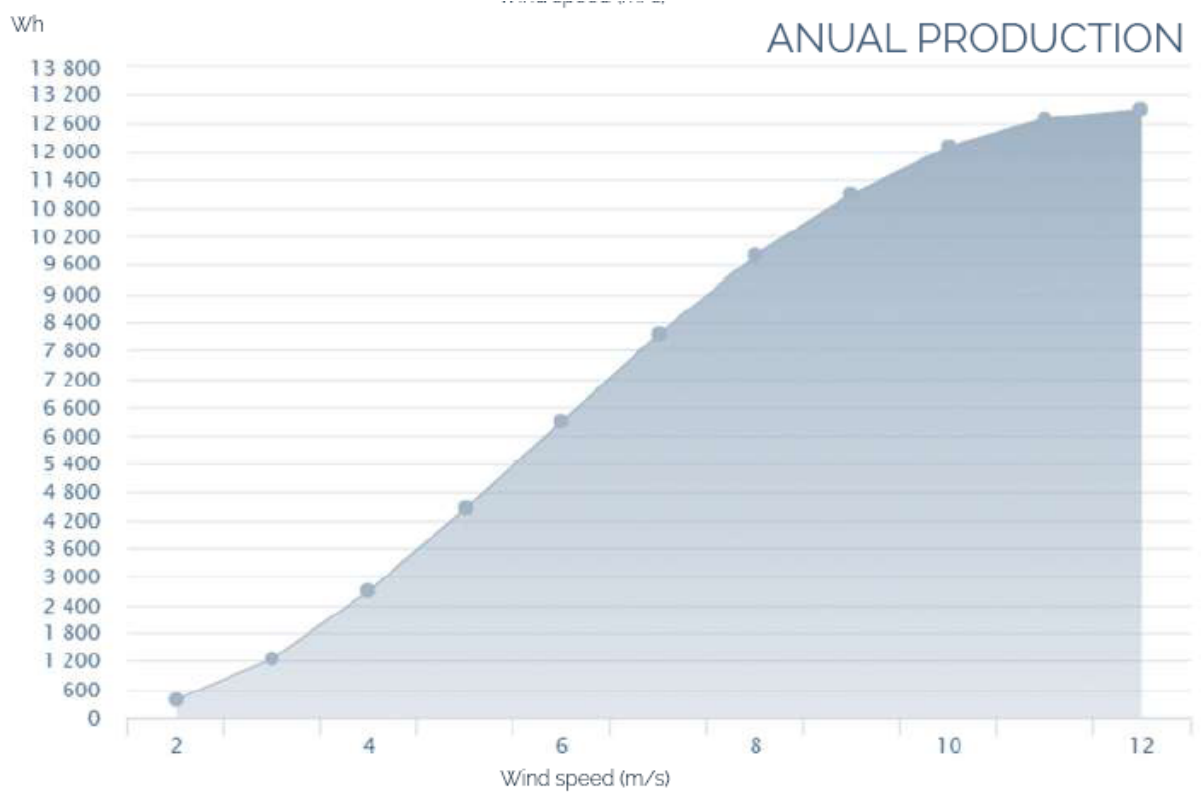
Πίνακας 4-5 Τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά της ανεμογεννήτριας

 TECHNICAL, ELECTRICAL AND OPERATIONAL FEATURES	
Number of Blades	3
Blades material	Fibreglass resins and polyurethane core
Generator	250rated rpm neodymium magnets
Power	3000W
Rated power curve	1900W (according to IEC 61400-2)
Voltage	24/48/220V
Wind class	CLASS I-IEC 61400-2/NVNI-A
Diameter	4.30m
Turning sense	Clockwise
Swept area	11.34m ²
Weight	125kg
Applications	Charging 24 or 48V batteries and grid connection
Wind to start	2m/s
Rated speed	11m/s
Speed regulation of pitch	12m/s
Survival speed	60m/s
Efficient generation range	From 2 to 60m/s
Type	Upwind horizontal rotor
Orientation	Variable passive centrifugal pitch system with 2 speeds
Power control	Sistema de paso variable pasivo centrifugo con dos vel.
Transmission	Direct
Brake	<ul style="list-style-type: none"> - Electromagnetic by short circuit - Mechanical (optional) - Aerodynamic through the pitch control - Manual or automatic tru wind or battery voltage
Controller	Grid connection and battery charging
Inverter	Efficiency 97%, MPPT algorithm
Noise	48dB Reduction to a minimum, due to the design of the blades and the low revolutions, 1% more than ambient wind noise
Anti corrosive protection	Airtight, high-temperature bake-drying epoxy painting, generating a plastic coating
Tower	Lattice, clip, tubular, Variable height axles can be folded

CLASS I WIND TURBINE IEC 61400-2/NVI-A



Εικόνα 4-7 Καμπύλη ισχύος



Εικόνα 4-8 Ετήσια παραγωγή ισχύος της ανεμογεννήτριας

4.4.2 Μετατροπέας συνεχούς ρεύματος εξόδου της ανεμογεννήτριας σε εναλλασσόμενο ρεύμα

Επιλέγεται ο Windy Boy 3000 της εταιρείας SMA

Πίνακας 0-6 τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά του μετατροπέα της ανεμογεννήτριας

Windy Boy 2500 / 3000

Name	Unit	Default settings	
		WB 2500	WB 3000
Operating Mode	-	Mpp-Operation	Mpp-Operation
Pmax	W	2500	3000
Vpv-Start	V	300	330
UdcWindStart	V	250	270
KP-Wind-Reg	-	0.02	0.02
KI-Wind-Reg	-	0.005	0.005
P-Wind-Ramp	W/sec	500	500
T-Stop	sec	2	2
Wind_a0	-	-1538	-3923
Wind_a1	-	17.07	38.36
Wind_a2	e-3	-64.43	-128
Wind_a3	e-6	85.06	147.8

4.4.3 Μπαταρία ανεμογεννήτριας

$$13000\text{KWh} / (12 \text{ μήνες} \times 30 \text{ μέρες}) = 36.1\text{kWh/ημέρα}$$

$$\text{Για μπαταρία } 24\text{V: } 36100 / 24 \approx 1505\text{Ah}$$

Άρα χρειαζόμαστε μπαταρίες συνολικής χωρητικότητας 1505Ah τουλάχιστον.

4.5 Σύστημα Μπαταριών

Οι συνολικές απαιτήσεις σε μπαταρίες και από τα δύο συστήματα είναι:

$$1042 \text{ Ah} + 1\text{Ah} = 1056\text{Ah}$$

Μία καλή επιλογή είναι η παρακάτω μπαταρία η οποία αποδίδει 132Ah και έχει είσοδο 12V. Οι διατάξεις μας θα βγάλουν 24 V, οπότε θα χρειαστεί να

συνδεθούν οι εν λόγω μπαταρίες ανά δύο σε σειρά και κάθε ζευγάρι παράλληλα. Κάθε εν σειρά συνδεδεμένο ζευγάρι θα αποδίδει $132+132=264\text{Ah}$, οπότε θα χρειαστεί να συνδεθούν παράλληλα 4 ζευγάρια ($4 \times 264=1056\text{ Ah}$)



Εικόνα 4-9 Οι χρησιμοποιούμενοι συσσωρευτές

Πίνακας 4-7 Τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά των συσσωρευτών

Type	Positive Plates Number	Number of Poles	Nom. capacity (Ah at 20°C)					Length (mm)	Width (mm)	Height ₁ (mm)	Height ₂ * (mm)	Poles Distance	Filled Weight (approx. kg)	Dry Weight (approx. kg)	Internal Resistance (mOhm)	Short Circuit Current (A)	
			C240 1.85 Vpc	C120 1.85 Vpc	C48 1.80V pc	C24 1.80 Vpc	C12 1.80 Vpc										
Cells	2V 2 RES OPzS 185	2	2	197	187	168	148	132	103	206	355	369	-	14	8	1.620	1240
	2V 3 RES OPzS 260	3	2	274	263	235	209	188	103	206	355	369	-	16	11	1.083	1860
	2V 4 RES OPzS 300	4	2	310	300	272	243	224	103	206	355	369	-	18	13	0.847	2380
	2V 5 RES OPzS 375	5	2	391	378	343	307	281	124	206	355	369	-	21	15	0.671	3000
	2V 6 RES OPzS 450	6	2	470	454	411	368	338	145	206	355	369	-	26	19	0.575	3500
	2V 5 RES OPzS 550	5	2	574	553	498	444	413	124	206	471	485	-	28	21	0.608	3300
	2V 6 RES OPzS 660	6	2	686	661	596	530	494	145	206	471	485	-	34	24	0.518	3900
	2V 7 RES OPzS 750	7	2	780	750	676	602	564	166	206	471	485	-	39	28	0.453	4450
	2V 5 RES OPzS 900	5	2	948	904	797	695	639	145	206	646	660	-	42	29	0.537	3750
	2V 6 RES OPzS 965	6	2	1006	966	859	754	703	145	206	646	660	-	46	33	0.447	4500
	2V 7 RES OPzS 1230	7	4	1286	1230	1088	950	877	191	210	646	660	80	60	43	0.378	5350
	2V 8 RES OPzS 1275	8	4	1330	1278	1139	1001	934	191	210	646	660	80	64	47	0.327	6200
	2V 9 RES OPzS 1480	9	4	1546	1484	1319	1157	1076	233	210	646	660	110	73	53	0.292	6950
	2V 10 RES OPzS 1590	10	4	1656	1592	1419	1248	1165	233	210	646	660	110	78	57	0.261	7750
	2V 12 RES OPzS 1905	12	4	1985	1908	1695	1487	1391	275	210	646	660	140	91	66	0.228	8850
	2V 11 RES OPzS 2285	11	4	2369	2286	2064	1830	1698	275	210	797	811	140	111	76	0.238	8500
	2V 12 RES OPzS 2225	12	4	2294	2226	2024	1807	1701	275	210	797	811	140	115	81	0.225	9000
	2V 14 RES OPzS 2765	14	6	2868	2770	2505	2224	2069	397	212	772	786	110	143	96	0.195	10350
	2V 15 RES OPzS 2920	15	6	3019	2921	2650	2361	2208	397	212	772	786	110	149	103	0.176	11500
	2V 16 RES OPzS 2970	16	6	3065	2972	2710	2424	2279	397	212	772	786	110	155	109	0.160	12600
2V 18 RES OPzS 3780	18	8	3917	3780	3419	3038	2811	487	212	772	786	110	184	125	0.140	14450	
2V 20 RES OPzS 4075	20	8	4217	4076	3696	3291	3057	487	212	772	786	110	201	135	0.125	16200	
2V 24 RES OPzS 4620	24	8	4769	4620	4199	3747	3508	576	212	772	786	140	230	158	0.108	18800	
Blocks	6V 3 RES OPzS 240	3	2	252	242	221	199	184	233	224	345	377	-	41	30	1.138	1780
	6V 4 RES OPzS 280	4	2	293	283	261	237	223	272	205	332	361	-	47	35	0.900	2240
	6V 5 RES OPzS 385	5	2	403	389	355	320	298	380	205	332	361	-	61	44	0.760	2660
	6V 6 RES OPzS 405	6	2	422	408	376	341	323	380	205	332	361	-	67	51	0.667	3040
	12V 1 RES OPzS 85	1	2	91	86	78	71	65	272	205	332	361	-	38	24	3.226	620
	12V 2 RES OPzS 130	2	2	137	132	121	111	106	272	205	332	361	-	49	38	1.613	1260
	12V 3 RES OPzS 190	3	2	199	191	176	161	155	380	205	332	361	-	70	53	1.138	1780

4.6 Τροφοδοσία από το δίκτυο της ΔΕΗ

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι θα χρειαστεί τροφοδότηση της εγκατάστασης και από το δίκτυο της ΔΕΗ. Το δίκτυο της ΔΕΗ θα πρέπει να συμπληρώσει $27600 - 7762.5 - 13000 = 6837.5\text{kWh}$

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

<http://www.civilandsurvey.gr/pos-mporoyme-na-echoyme-ena-energeiaka-aytonomo-spiti/>

<http://www2.aueb.gr/users/koundouri/resees/uploads/SOLAR%20ENERGY.pdf>

<https://goingsolar.com/become-enlightened-on-the-benefits-of-solar-energy-fields-what-are-solar-energy-fields/>

<https://www.enelgreenpower.com/stories/a/2018/02/the-spanish-wind-energy-pushing-europe-forward>

https://el.wikipedia.org/wiki/Υβριδικά_συστήματα_ισχύος

<https://www.mp-energy.gr/αυτονομα-συστηματα/ανεμογεννητριες.html>

www.rae.gr/geo

<https://www.oleng.eu/anemogenitria-times-leitourgia/>

http://tkm.tee.gr/wp-content/uploads/2018/02/fwtovoltaika_ergwn.pdf

http://www.ucsusa.org/clean_energy/technology_and_impacts/energy_technologies/how-solar-energy-works.html

https://imegsevee.gr/wp-content/uploads/2018/01/fotovoltaika_systimata.pdf

<https://www.nbcnews.com/mach/science/wind-energy-takes-toll-birds-now-there-s-help-ncna866336>

<https://www.e-nomothesia.gr/kat-pyrkagies-emprismo-i-purosbestiko-soma/purosbestikes-diataxeis/upourgike-apophase-3275-ph700-17-2016.html>

<https://energypress.gr/news/symferoysa-ependysi-gia-spitia-kai-exohika-oi-mikres-anemogennitries>

https://4green.gr/news/data/fwtoboltaika/Ena-spiti-aytonomo-se-ola_114253.asp

<http://www2.aueb.gr/users/koundouri/resees/uploads/SOLAR%20ENERGY.pdf>

https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/3556/1/02_chapter_3.pdf

<http://www.cres.gr/kape/publications/papers/dimosieyseis/>

http://tkm.tee.gr/wp-content/uploads/2018/02/fwtovoltaika_ergwn.pdf

https://selasenergy.gr/technical%20data/solar-panels/yingli/Panda_250-265_5Wp_EN.pdf

https://www.sungrowpower.com/sites/default/files/SH5.0RT%206.0RT%208.0RT%2010RT_datasheet.pdf

https://selasenergy.gr/technical%20data/solar-panels/yingli/Panda_250-265_5Wp_EN.pdf

<https://www.enair.es/en>

http://files.sma.de/dl/1355/WB_Par-TEN093910.pdf