

542
ΑΥΤ

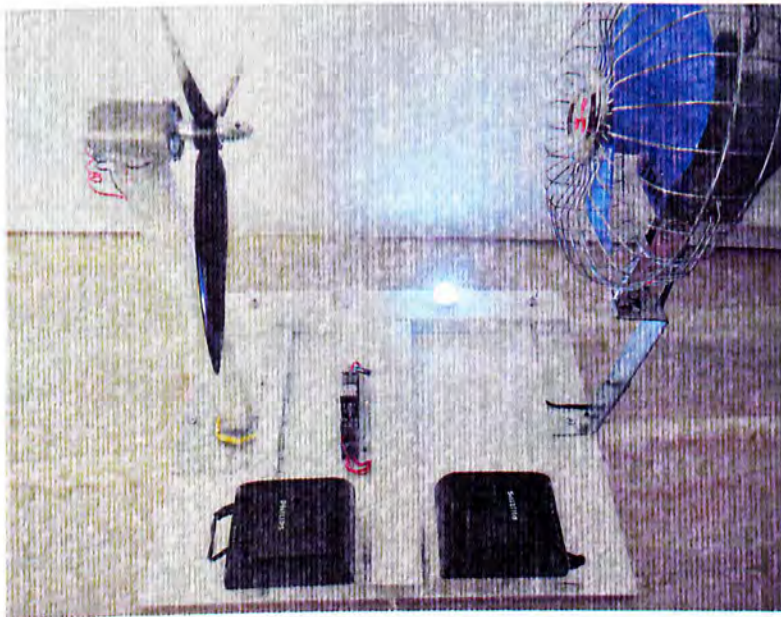


ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ

Πτυχιακή εργασία

**Θέμα: «ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΠΡΟΣΟΜΕΙΩΣΗΣ
ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ
ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ»**



ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΠΑΠΟΥΤΣΙΔΑΚΗΣ ΜΙΧΑΗΛΣ

ΦΟΙΤΗΤΗΣ: ΚΟΡΑΛΗΣ ΘΕΟΔΟΣΗΣ (Α. Μ. 34408)

Αιγάλεω, Νοέμβριος 2012



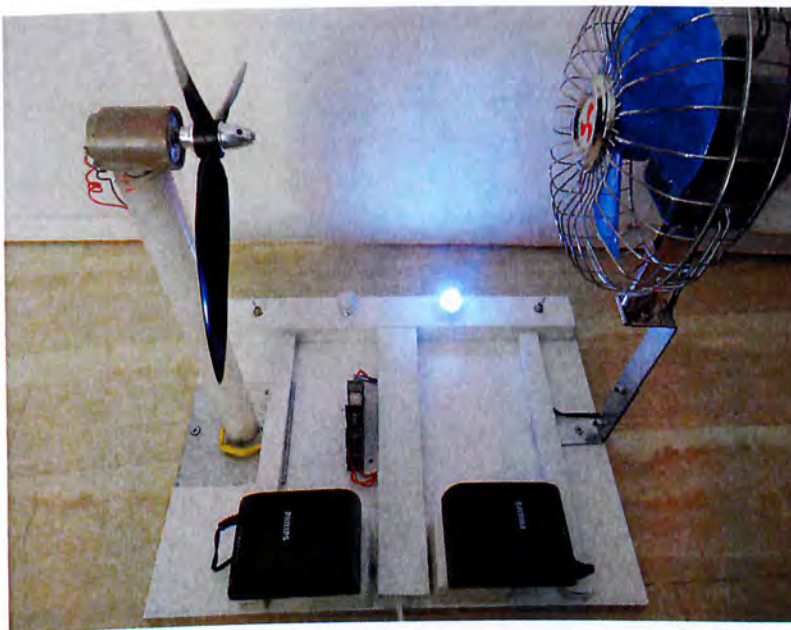


ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ

Πτυχιακή εργασία

**Θέμα: «ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΠΡΟΣΟΜΕΙΩΣΗΣ
ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ
ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ»**



ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΠΑΠΟΥΤΣΙΔΑΚΗΣ ΜΙΧΑΛΗΣ

ΦΟΙΤΗΤΗΣ: ΚΟΡΑΛΗΣ ΘΕΟΔΟΣΗΣ (Α. Μ. 34408)

Αιγάλεω, Νοέμβριος 2012

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Παπουτσιδάκη Μιχαήλ,
Επίκουρο καθηγητή, για τη συνεργασία του και για την βοήθειά που μου
προσέφερε κατά την εκπόνηση της εργασίας.

Περίληψη

Βασικό έναυσμα για την πτυχιακή μου εργασία ήταν οι καθημερινά επιβαρυνόμενες περιβαλλοντολογικές συνθήκες, σε συνδυασμό με τη παγκόσμια οικονομική και όχι μόνο κρίση. Μέσω της εργασίας μου προσπαθώ να αναδείξω τη σημασία της χρήσης της αιολικής ενέργειας.

Η παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματεύεται το σχεδιασμό και την κατασκευή ενός μικρού συστήματος παραγωγής ενέργειας από ανεμογεννήτρια. Στην περίπτωση που η ανεμογεννήτρια δεν μπορεί να αποδώσει ενέργεια λόγω έλλειψης αέρα, θα ενεργοποιείται αυτόματα ένα τροφοδοτικό για να πραγματοποιήσει το έργο αυτό. Ο αέρας που απαιτείται για την κίνηση της ανεμογεννήτριας θα δίνεται από έναν ανεμιστήρα. Όταν ο ανεμιστήρας θα καταφέρει να δώσει στην ανεμογεννήτρια τον απαιτούμενο αριθμό στροφών (ή τάση εξόδου), αυτή με τη σειρά της θα ενεργοποιεί ένα ρελέ και μία πηγή (λάμπα), με αποτέλεσμα να ανάψει. Στην περίπτωση όμως που ο ανεμιστήρας δεν θα καταφέρει να δώσει τον απαιτούμενο αριθμό στροφών, ενεργοποιείται αυτόματα ένα τροφοδοτικό (ή μπαταρίες) για να παραμείνει το λαμπάκι ανοιχτό (το συγκεκριμένο συμβάν παρουσιάζεται στην πτυχιακή με ένα δεύτερο λαμπάκι). Πρέπει να αναφερθεί επίσης ότι το τροφοδοτικό θα είναι ενεργοποιημένο από τις αντίθετες επαφές (Normally Closed) του ρελέ και η εναλλαγή των δύο πηγών θα γίνεται αυτόματα.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια εισαγωγή και αναφορά στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Ακολουθεί αναφορά στην αιολική ενέργεια και στην ιστορική και τεχνολογική εξέλιξη της ανεμογεννήτριας. Στη συνέχεια γίνεται περιγραφή της λειτουργίας και των διαφόρων ειδών ανεμογεννήτριας. Παρουσιάζεται αναλυτικά η δομή ανεμογεννήτριας οριζόντιου άξονα καθώς και το εύρος εφαρμογών των ανεμογεννητριών. Γίνεται αναφορά στη κοινωνική χρησιμότητα αλλά και στις περιβαλλοντολογικές επιπτώσεις της χρήσης ανεμογεννητριών και τελειώνουμε με μια ματιά στο μέλλον των ανεμογεννητριών.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται καταγραφή των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του μοντέλου. Στη συνέχεια γίνεται ανάλυση βήμα-βήμα του τρόπου κατασκευής και παρατίθεται το σενάριο λειτουργίας.

Στο τρίτο κεφάλαιο αναφέρονται οι δυνατές μελλοντικές βελτιώσεις ή/και επεκτάσεις της συγκεκριμένης κατασκευής.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.

	Σελίδα
1.1. Εισαγωγή.....	7
1.2. Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ).....	7
1.3. Μορφές ΑΠΕ.....	9
1.4. Αιολική ενέργεια – Ανεμογεννήτριες.....	10
1.5. Ιστορική & Τεχνολογική εξέλιξη της ανεμογεννήτριας.....	11
1.6. Περιγραφή της λειτουργίας της ανεμογεννήτριας.....	17
1.7. Τρόποι λειτουργίας της ανεμογεννήτριας	
1.7.1. Ανεμογεννήτρια σταθερών στροφών ή σταθερής ταχύτητας.....	20
1.7.2. Ανεμογεννήτρια μεταβλητής ταχύτητας.....	21
1.8. Είδη ανεμογεννητριών	
1.8.1. Κατακόρυφου άξονα.....	22
1.8.2. Οριζόντιου άξονα.....	25
1.9. Ανεμογεννήτρια οριζόντιου άξονα.....	27
1.10. Εύρος εφαρμογών των ανεμογεννητριών.....	34
1.11. Κοινωνική χρησιμότητα.....	35
1.12. Περιβαλλοντολογικές επιπτώσεις.....	36
1.13. Το μέλλον.....	39

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.

	Σελίδα
2.1. Υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή.....	42
2.2. Κατασκευή.....	44
2.3. Σενάριο λειτουργίας κατασκευής.....	54

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.

3.1. Δυνατότητες μελλοντικών βελτιώσεων και επεκτάσεων της κατασκευής.....	59
--	----

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	63
--------------------------	-----------

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.

1.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το τελευταίο διάστημα παρατηρείται μια έντονη στροφή, κυρίως των ανεπτυγμένων χωρών, προς την έρευνα και ανάπτυξη καινούριων τεχνολογιών που αποσκοπούν στην αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Οι λόγοι που συνδράμουν προς αυτή την κατεύθυνση ποικίλουν, αλλά στην πλειοψηφία τους έχουν ως στόχο την απεξάρτηση των χωρών αυτών από τα ορυκτά καύσιμα, το οποίο συνεπάγεται οικονομικά και πολιτικά οφέλη για όποιον το επιτύχει.

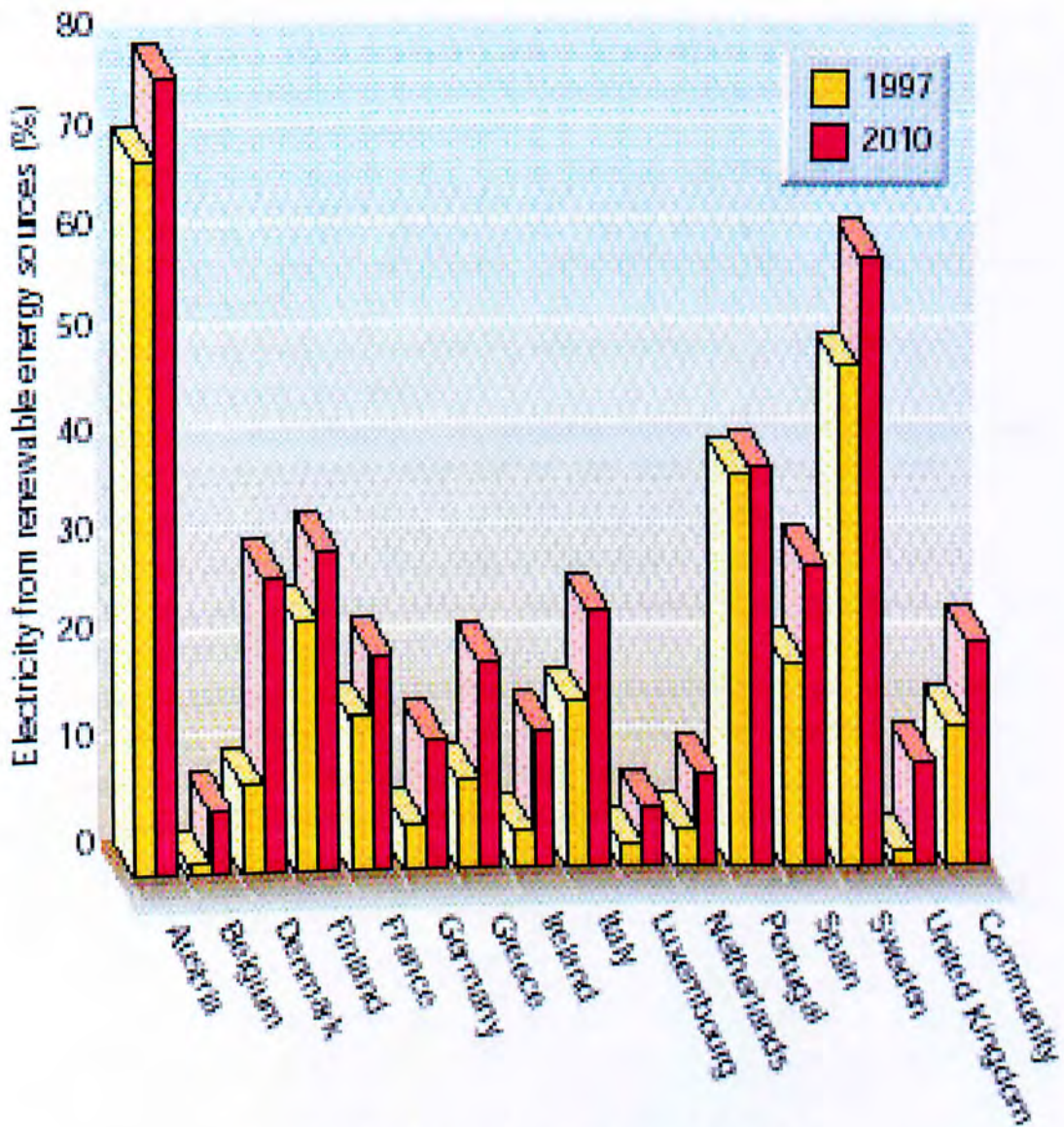
Αυτή η αλλαγή στον τρόπο παραγωγής της ενέργειας, έχει ήδη αρχίσει να επηρεάζει τα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας και αυτό λόγω του μεγάλου βαθμού διείσδυσης μονάδων διεσπαρμένης παραγωγής στο δίκτυο μέσης ή χαμηλής τάσης.

1.2. ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΑΠΕ)

Ως ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) ορίζονται οι μορφές εκμεταλλεύσιμης ενέργειας που προέρχονται φυσικές πηγές, όπως ο ήλιος ή η γεωθερμική ενέργεια, αλλά και από διάφορες φυσικές διαδικασίες, όπως ο άνεμος ή η κίνηση του νερού. Το βασικό χαρακτηριστικό τους είναι ότι τα αποθέματά τους είναι άφθονα και ανεξάντλητα. Για αυτό τον λόγο άλλωστε αποτελούν τις πρώτες μορφές ενέργειας που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος, σχεδόν αποκλειστικά, μέχρι τις αρχές του 20ου αιώνα, οπότε και στράφηκε στην εντατική χρήση του άνθρακα και των υδρογονανθράκων.

Τα πλεονεκτήματα των ΑΠΕ και κυρίως η ουσιαστική συμβολή τους στην ενεργειακή απεξάρτηση της ανθρωπότητας από τους εξαντλήσιμους ενεργειακούς πόρους, επιτάσσουν αυτήν τη στροφή.

Ενδεικτικά, αξίζει να σημειωθεί ότι η συνεισφορά των Α.Π.Ε. στην ενεργειακή κάλυψη της μέρες της είναι τόσο σημαντική, ώστε το 25% της απαιτούμενης ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση να προέρχεται από αυτές.



Εικόνα 1. Ποσοστά ενέργειας από ΑΠΕ

Στον παραπάνω πίνακα παρατηρούμε την ραγδαία αύξηση του ποσοστού ενέργειας που προέρχεται από ΑΠΕ τα τελευταία 13 χρόνια για τις χώρες της Ε.Ε.

1.3. ΜΟΡΦΕΣ ΤΩΝ ΑΠΕ

- Αιολική ενέργεια : η κινητική ενέργεια που παράγεται από την ροή του ανέμου μετατρέπεται σε μηχανική ενέργεια και εν συνεχεία σε ηλεκτρική ενέργεια.
- Ηλιακή ενέργεια : αξιοποιείται μέσω τεχνολογιών που εκμεταλλεύονται το φάσμα ακτινοβολιών προερχόμενο από τον ήλιο. Οι τεχνολογίες χρησιμοποιούνται είναι :
 - Ενεργητικά ηλιακά συστήματα : μετατρέπουν την θερμική ενέργεια προερχόμενη από τον ήλιο σε μηχανική και εν συνεχεία σε ηλεκτρική.
 - Φωτοβολταϊκά ηλιακά συστήματα : μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια άμεσα σε ηλεκτρική.
- Υδραυλική ενέργεια : αξιοποιεί τις υδατοπτώσεις, με στόχο την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας .
- Βιομάζα : είναι αποτέλεσμα της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας, που μετασχηματίζει την ηλιακή ενέργεια με μία σειρά διεργασιών των φυτικών οργανισμών χερσαίας ή υδρόβιας προέλευσης.
- Γεωθερμική ενέργεια : η θερμική ενέργεια που προέρχεται από το εσωτερικό της γης και μετατρέπεται σε ηλεκτρική αφού προηγουμένως έχει μετατραπεί σε μηχανική.
- Αστικά Απορρίμματα: η αξιοποίηση του ενεργειακού περιεχομένου τους είτε μέσω καύσης τους είτε μέσω της καύσης του μεθανίου που παράγεται κατά την φυσική αποσύνθεσή τους.
- Ενέργεια από θαλάσσια κύματα: εκμεταλλεύεται την δυναμική ενέργεια των θαλάσσιων κυμάτων και την μετατρέπει σε μηχανική η οποία μετασχηματίζεται σε ηλεκτρική.

1.4. ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ - ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ

Η αιολική ενέργεια μια από τις παλαιότερες μορφές φυσικής ενέργειας, αξιοποιήθηκε από πολύ νωρίς για την παραγωγή μηχανικού έργου και έπαιξε αποφασιστικό ρόλο στην εξέλιξη της ανθρωπότητας.

Η σημασία της ενέργειας του ανέμου φαίνεται στην Ελληνική μυθολογία όπου ο Αίολος διορίζεται από τους Θεούς του Ολύμπου ως “Ταμίας των ανέμων”.

Ο άνθρωπος πρωτοχρησιμοποίησε την αιολική ενέργεια στα ιστιοφόρα πλοία, γεγονός που συνέβαλε αποφασιστικά στην ανάπτυξη της ναυτιλίας. Μια άλλη εφαρμογή της αιολικής ενέργειας είναι οι ανεμόμυλοι. Μαζί με τους νερόμυλους συγκαταλέγονται στους αρχικούς κινητήρες που αντικατέστησαν τους μυς των ζώων ως πηγές ενέργειας. Διαδόθηκαν πλατιά στην Ευρώπη επί 650 χρόνια, από τον 12^ο μέχρι τις αρχές του 19^{ου} αιώνα, οπότε άρχισε σταδιακά να περιορίζεται η χρήση τους, λόγω κυρίως της ατμομηχανής. Η οριστική τους εκτόπιση άρχισε μετά τον Α΄ Παγκόσμιο πόλεμο, παράλληλα με την ανάπτυξη του κινητήρα εσωτερικής καύσεως και την διάδοση του ηλεκτρισμού. Κατά τη δεκαετία του 1970, το ενδιαφέρον για την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας με ανεμογεννήτριες και ανεμόμυλους ανανεώθηκε λόγω της ενεργειακής κρίσης και των προβλημάτων που δημιουργεί η ρύπανση του περιβάλλοντος.

Η αιολική ενέργεια αποτελεί σήμερα την ευρύτερα χρησιμοποιούμενη μορφή ΑΠΕ. Αυτό συμβαίνει εξαιτίας της ήδη υπάρχουσας τεχνολογίας στον τομέα των ηλεκτρικών μηχανών και την ραγδαία ανάπτυξη των ηλεκτρονικών ισχύος που επέτρεψαν τη κατασκευή και λειτουργία μεγάλης ισχύος ανεμογεννητριών.

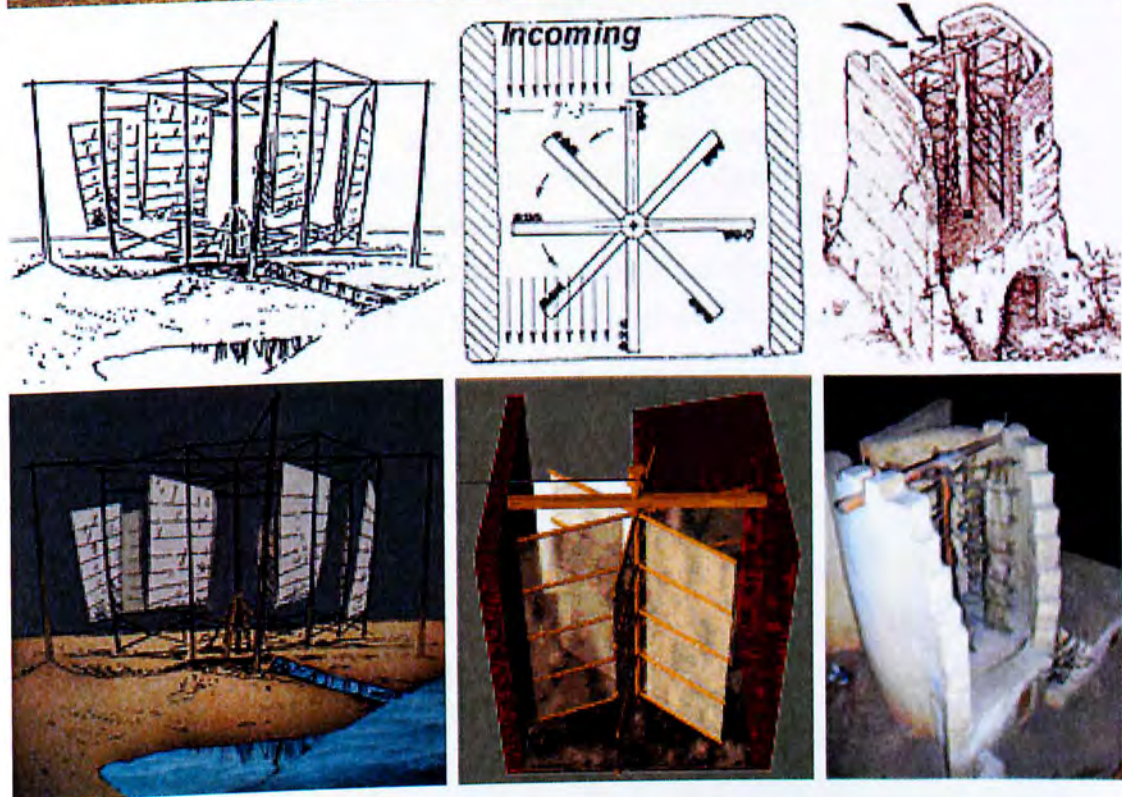
Επίσης, η επανάσταση που επέφερε ο τομέας της πληροφορικής και υπολογιστών, οδήγησε στην βελτιστοποίηση των αεροδυναμικών μοντέλων ανεμογεννητριών και στον αποτελεσματικότερο έλεγχό τους, ώστε να γίνεται η μέγιστη εξαγωγή ισχύος από τον άνεμο και η τροφοδότησή της προς το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας.

Επομένως, η εξαιρετική απόδοση των ανεμογεννητριών νέας τεχνολογίας σε σχέση με εγκαταστάσεις αξιοποίησης άλλων μορφών ΑΠΕ, τις καθιστά ιδανική επιλογή για επένδυση κεφαλαίων στο χώρο της πράσινης ενέργειας.

1.5. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

Οι ανεμογεννήτριες είναι συνέχεια των ανεμόμυλων. Ο ανεμόμυλος είναι μια διάταξη που χρησιμοποιεί ως κινητήρια δύναμη την κινητική ενέργεια του άνεμου (αιολική ενέργεια). Χρησιμοποιείται για την άλεση σιτηρών, την άντληση νερού και σε άλλες εργασίες.

Φαίνεται ότι οι αρχαίοι λαοί της Ανατολής χρησιμοποιούσαν ανεμόμυλους, αν και η πρώτη αναφορά σε ανεμόμυλο (ένα περσικό συγκρότημα ανεμόμυλων του 644 μ.Χ.) εμφανίζεται σε έργα Αράβων συγγραφέων του 9^{ου} μ.Χ. αιώνα. Αυτό το συγκρότημα των ανεμόμυλων βρισκόταν στο Σειστάν, στα σύνορα της Περσίας και Αφγανιστάν και ήταν “οριζόντιου τύπου” δηλαδή με ιστία (φτερά) τοποθετημένα ακτινικά σε έναν “κατακόρυφο άξονα”. Ο άξονας αυτός στηριζόταν σε ένα μόνιμο κτίσμα με ανοίγματα σε αντιδιαμετρικά σημεία για την είσοδο και την έξοδο του αέρα. Κάθε μύλος έδινε απευθείας κίνηση σε ένα μόνο ζεύγος μυλόπετρες. Οι πρώτοι μύλοι είχαν τα ιστία κάτω από τις μυλόπετρες, όπως δηλαδή συμβαίνει και στους οριζόντιους νερόμυλους από τους οποίους φαίνεται ότι προέρχονταν. Σε μερικούς από τους μύλους που σώζονται σήμερα τα ιστία τοποθετούνται πάνω από τις μυλόπετρες. Τον 13^ο αιώνα οι μύλοι αυτού του τύπου ήταν γνωστοί στην Βόρεια Κίνα, όπου μέχρι και τον 16^ο αιώνα τους χρησιμοποιούσαν για εξάτμιση του θαλασσινού νερού στην παραγωγή αλατιού. Τον τύπο αυτό του μύλου χρησιμοποιούσαν επίσης στην Κριμαία, στις περισσότερες χώρες της Δυτικής Ευρώπης και στις ΗΠΑ, μόνο που λίγοι από αυτούς διασώζονται σήμερα. Ο πιο αντιπροσωπευτικός από όλους αυτούς τους τύπους των ανεμόμυλων είναι ο τύπος με το “στροφείο σχήματος S” (S-Rotor) (εφευρέτης ο Φιλανδός *S.J.Savinious*) που ακόμη και σήμερα χρησιμοποιείται σε φτωχές ή απομονωμένες περιοχές λόγω της φτηνής και εύκολης κατασκευής του.



Εικόνα 2. Ο αρχαιότερα γνωστός ανεμόμυλος (3000 χρόνια πριν) στην Περσία, όπου τον χρησιμοποιούσαν για την άλεση σιτηρών και την άντληση νερού.

Ο ανεμόμυλος έφτασε στην Ευρώπη από τους Άραβες, χρησιμοποιήθηκε δε στον τύπο του κατακόρυφου ρωμαϊκού υδραυλικού τροχού, με τη διαφορά ότι ο ανεμόμυλος είχε στην θέση του τροχού κατακόρυφα φτερά που μετέδιδαν την κίνηση στις μυλόπετρες με ένα ζεύγος οδοντωτών τροχών. Οι πρώτοι τέτοιοι περιστρεφόμενοι μύλοι εμφανίστηκαν στη Γαλλία το 1180, στην Αγγλία το 1191 και στη Συρία την εποχή των Σταυροφοριών (1190).

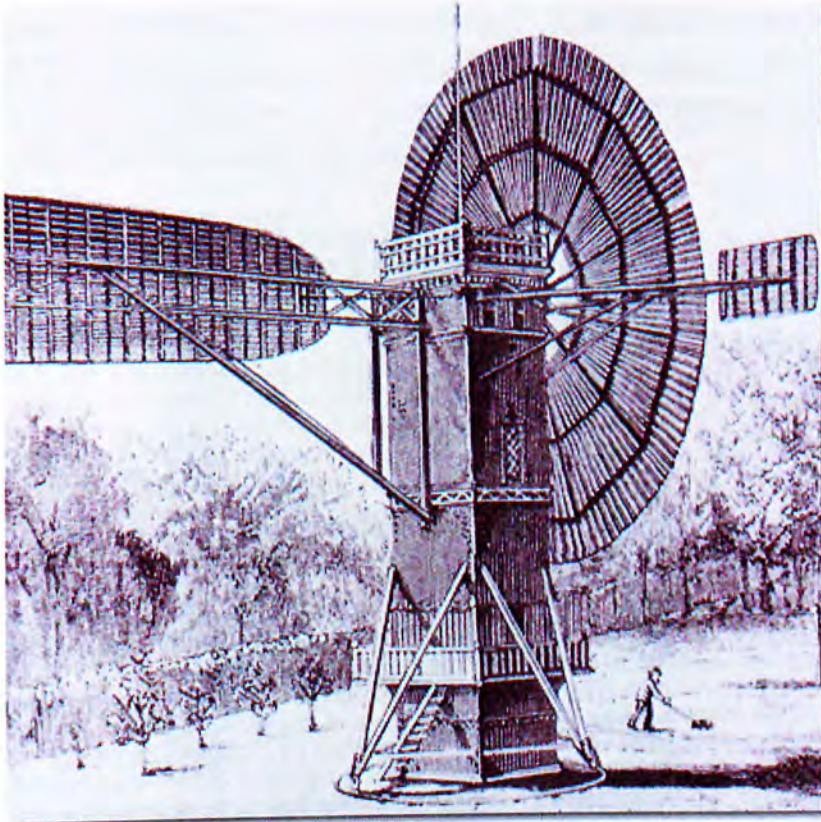
Στις αρχές του 14 ου αιώνα αναπτύχθηκε στη Γαλλία ο ανεμόμυλος σε σχήμα πύργου. Σε αυτόν τον τύπο ανεμόμυλου οι μυλόπετρες και οι οδοντωτοί τροχοί ήταν τοποθετημένοι σε ένα σταθερό πύργο με κινητή οροφή ή “κάλυμμα”, στην οποία στηρίζονταν τα ιστία και η οποία μπορούσε να στραφεί επάνω σε ειδική τροχιά, στην κορυφή του πύργου. Ο “περιστρεφόμενος ανεμόμυλος με κοίλο εσωτερικά άξονα” επινοήθηκε στις Κάτω Χώρες στις αρχές του 15^{ου} αιώνα. Διέθετε έναν κατακόρυφο άξονα με γρανάζια στα δύο του άκρα ο οποίος περνούσε μέσα από τον κοίλο άξονα και κινούσε ένα τροχό με περιφερειακά διαταγμένα σκαφίδια που μετέφερε το νερό σε υψηλότερη στάθμη.

Στην Ελλάδα (ειδικότερα στο Αιγαίο) η χρήση ανεμόμυλων χρονολογείται από το 13^ο αιώνα. Το 1960 υπήρχαν 10000 ανεμόμυλοι στο Οροπέδιο Λασιθίου, 2500 στην υπόλοιπη Κρήτη, και 600 στη Ρόδο. Οι ανεμόμυλοι του Οροπεδίου του Λασιθίου ήταν μονόπαντοι (είχαν σταθερό προσανατολισμό), τα πτερύγια ήταν κατασκευασμένα από πανί και τους χρησιμοποιούσαν για την άλεση δημητριακών και την άντληση νερού.



Εικόνα 3. Συγκρότημα ανεμόμυλων στο Οροπέδιο του Λασιθίου

Ο ανεμόμυλος χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά ως ανεμογεννήτρια το 1890 όταν εγκαταστάθηκε πάνω σε χαλύβδινο πύργο ο ανεμόμυλος του Π. Λα Κούρ στη Δανία, με ισχία με σχισμές και διπλά πτερύγια αυτόματης μετάπτωσης προς τη διεύθυνση του ανέμου.



Εικόνα 4. Μοντέλο ανεμόμυλου στις ΗΠΑ το 1891

Μετά τον Α' Παγκόσμιο πόλεμο, έγιναν πειράματα με ανεμόμυλους που είχαν ισχία αεροτομής, δηλαδή όμοια με πτερύγια αεροπορικής έλικας. Το 1931 μια τέτοια ανεμογεννήτρια εγκαταστάθηκε στην Κριμαία και η παραγόμενη ηλεκτρική ισχύς διοχετευόταν στο τμήμα χαμηλής τάσης του τοπικού δικτύου. Πραγματικές ανεμογεννήτριες με δύο πτερύγια λειτούργησαν στις ΗΠΑ κατά τη δεκαετία του 1940, στην Αγγλία στη δεκαετία του 1950 καθώς και στη Γαλλία. Η πιο πετυχημένη ανεμογεννήτρια αναπτύχθηκε στη Δανία από τον *J. Juul* με τρία πτερύγια αλληλοσυνδεόμενα μεταξύ τους και με έναν πρόβολο στο μπροστινό μέρος του άξονα περιστροφής.

Στην Ολλανδία εκτελέστηκαν πειράματα από τον *F.G. Pigeaud* με αντικείμενο τη μετασκευή των παλαιών ανεμόμυλων άλεσης δημητριακών, έτσι ώστε η πλεονάζουσα ενέργεια να χρησιμοποιείται για ηλεκτροπαραγωγή. Χρησιμοποιήθηκε ένας ασύγχρονος ηλεκτροκινητήρας που κινούσε τον ανεμόμυλο (σε περίπτωση άπνοιας) ή λειτουργούσε σαν γεννήτρια, όταν φυσούσε.

Ο μηχανισμός μετάδοσης κίνησης περιλάμβανε συμπλέκτη παράκαμψης με σκοπό ο ηλεκτροκινητήρας να μην κινεί τα ιστία παρά μόνο να εκτελεί χρήσιμο έργο. Η οροφή στρεφόταν με τη βοήθεια σερβοκινητήρα που ελεγχόταν από έναν ανεμοδείκτη.



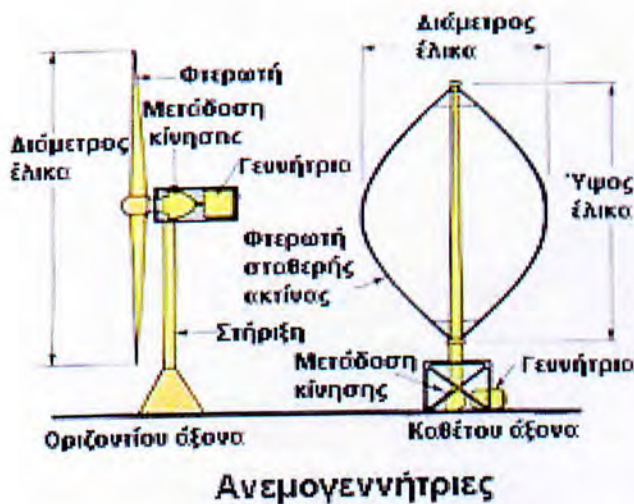
Εικόνα 5. Ανεμόμυλος - Δανία

Μετά τον Β' Παγκόσμιο πόλεμο πολλοί περίμεναν ότι η αιολική ενέργεια θα συνέβαλλε σημαντικά στην παραγωγή ηλεκτρισμού, αλλά οι προσπάθειες ανάπτυξης ανεμογεννητριών ατόνησαν μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 1970. Οι προσπάθειες αυτές ξανάρχισαν πιο έντονες μετά την πρώτη πετρελαϊκή κρίση (1973) και στηρίχθηκαν κατά μεγάλο μέρος στην σύγχρονη αεροδιαστημική τεχνολογία. Έτσι αναπτύχθηκαν διάφοροι τύποι ανεμογεννητριών και στις αρχές της δεκαετίας του 1980 διατίθονταν στο εμπόριο συγκροτήματα μικρής ισχύος (μέχρι 20-25 κιλοβάτ) ενώ είχαν κατασκευαστεί και ανεμογεννήτριες μεγαλύτερης ισχύος (3-4 μεγαβάτ).

Οι ανεμογεννήτριες προηγμένης τεχνολογίας που παρουσιάζουν το μεγαλύτερο ενδιαφέρον είναι κυρίως δύο τύπων:

Οι ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα με πτερύγια και οι ανεμογεννήτριες Νταριέ με κατακόρυφο άξονα (από τον Γάλλο *G.J.M.Darrieus* που τις εφεύρε το 1925).

Οι ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα, που είναι πιο εξελιγμένες και διαδεδομένες, έχουν συνήθως δύο ή τρία πτερύγια και η ισχύς τους κυμαίνεται από λίγα κιλοβάτ έως μερικά μεγαβάτ. Οι ανεμογεννήτριες Νταριέ είναι απλούστερες και μικρότερης ισχύος.



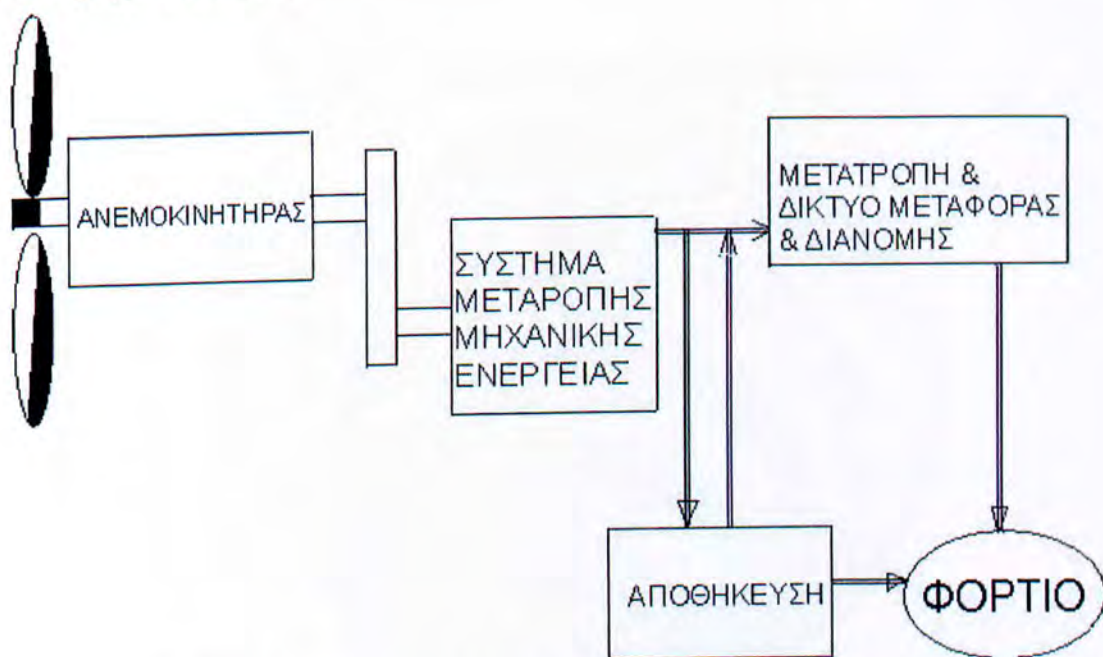
Εικόνα 6. Είδη ανεμογεννητριών

Οι ανεμογεννήτριες που χρησιμοποιούνται τα τελευταία χρόνια εκμεταλλεύονται τα επιτεύγματα των τεχνολογιών της αεροδυναμικής, των υλικών και της πληροφορικής, έχουν πολύ μεγάλη απόδοση και ανταγωνίζονται τις συμβατικές πηγές παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

1.6. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΥΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

Μια ανεμογεννήτρια λειτουργεί αντίθετα με έναν ανεμιστήρα. Στον ανεμιστήρα η ηλεκτρική ενέργεια κινεί έναν ηλεκτροκινητήρα ο οποίος με την σειρά του περιστρέφει μια προπέλα η οποία δημιουργεί ρεύμα αέρα.

Στην ανεμογεννήτρια, ο άνεμος (ρεύμα αέρα) περιστρέφει την έλικα (τα πτερύγια) της ανεμογεννήτριας, η οποία με την σειρά της περιστρέφει τον άξονα μιας ηλεκτρικής γεννήτριας παράγοντας ηλεκτρική ενέργεια. Η ηλεκτρική ενέργεια μέσω του υποσταθμού στέλνεται απευθείας για κατανάλωση σε σπίτια, σε σχολεία και επιχειρήσεις ή μέσω ειδικών ηλεκτρονικών και ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων στο εθνικό δίκτυο διανομής ενέργειας.

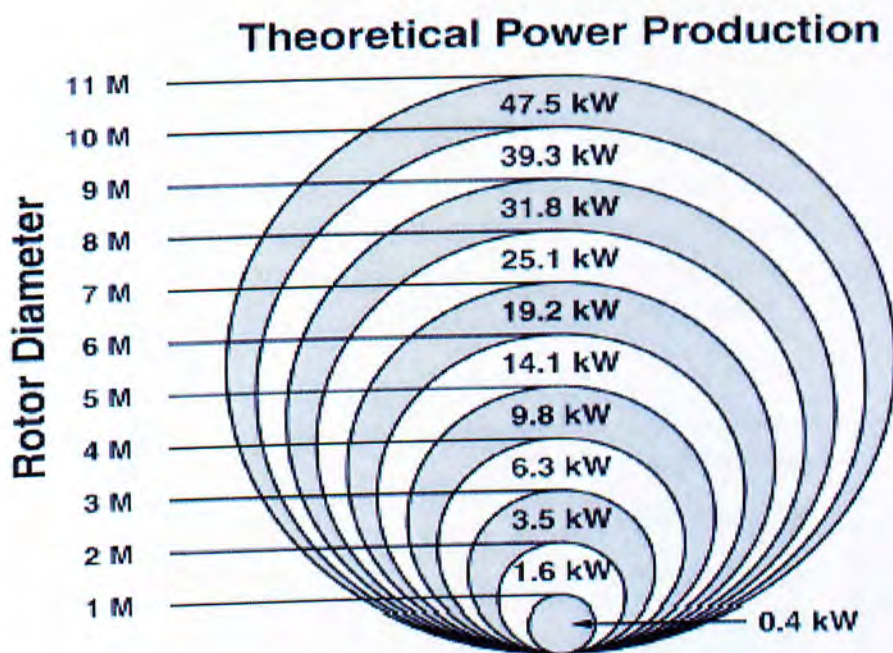


Εικόνα 7. Σχηματική παράσταση μετατροπής ενέργειας

Ο έλικας της ανεμογεννήτριας έχει συνήθως δύο ή τρία μακριά πτερύγια το μήκος των οποίων εξαρτάται από την ισχύ της ανεμογεννήτριας. Επειδή ο άνεμος είναι ευμετάβλητος ως προς τη διεύθυνση του, η ανεμογεννήτρια πρέπει να κρατάει τα πτερύγια στη σωστή θέση για να αποδίδει κάθε φορά τη μέγιστη απόδοσή. Στις μικρές ανεμογεννήτριες ο προσανατολισμός των πτερυγίων στον άνεμο επιτυγχάνεται με την προσθήκη ουραίου πτερυγίου πίσω από την έλικα. Στις μεγάλες ανεμογεννήτριες, ο προσανατολισμός αυτός πετυχαίνεται με ειδικά συστήματα αυτοματισμού.

Όσο μεγαλύτερα είναι τα πτερύγια της ανεμογεννήτριας, τόσο μεγαλύτερη η ισχύς της. Διπλασιάζοντας το μήκος των πτερυγίων της ανεμογεννήτριας, τετραπλασιάζεται η ισχύς σε κάθε ταχύτητα ανέμου. Όσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα του ανέμου (αιολικού δυναμικού), τόσο μεγαλύτερη η ισχύς. Με διπλάσια ταχύτητα ανέμου, οκταπλασιάζεται η ισχύς της ίδιας ανεμογεννήτριας.

Η ισχύς εξόδου αυξάνεται όσο αυξάνει η επιφάνεια που καλύπτει ο δρομέας της ανεμογεννήτριας. Σε μια ανεμογεννήτρια, η επιφάνεια αναφέρεται σε κάθετο επίπεδο. Η επιφάνεια του δίσκου που καλύπτει ο δρομέας, καθώς και η ταχύτητα του ανέμου, καθορίζουν την ενέργεια που παράγει η ανεμογεννήτρια.

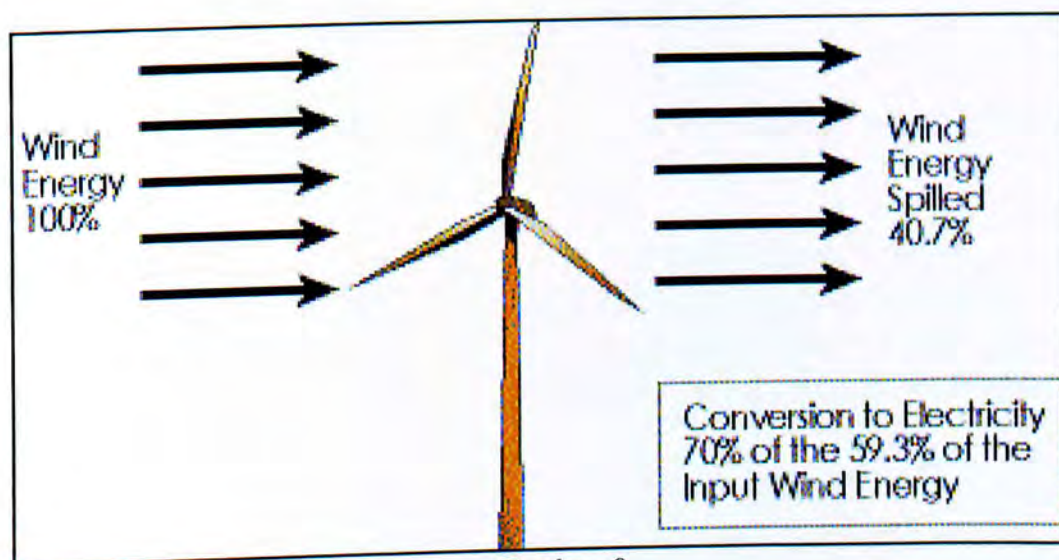


Εικόνα 8. Μεγέθη ανεμογεννητριών σε συνάρτηση με διάμετρο δρομέα

Το παραπάνω σχήμα δίνει μια εικόνα των συνήθων μεγεθών ισχύος των ανεμογεννητριών: Μια συνηθισμένη ανεμογεννήτρια 3.5kW θα έχει διάμετρο δρομέα 2m. Αν διπλασιαστεί η διάμετρος του ρότορα, τετραπλασιάζεται η επιφάνεια που καλύπτει. Αυτό σημαίνει ότι τετραπλασιάζεται και η ισχύς εξόδου.

Η ισχύς που αποδίδει, κατ' επέκταση και η ενέργεια που παράγει, μια ανεμογεννήτρια είναι συνάρτηση του κύβου της ταχύτητας του ανέμου, της πυκνότητας του ανέμου και των τεχνικών χαρακτηριστικών του συγκροτήματος. Η ταχύτητα του ανέμου αυξάνει με το ύψος και γι αυτό οι ανεμογεννήτριες τοποθετούνται πάντα στην κορυφή υψηλών πύργων στήριξης. Παρ' όλα αυτά οι θεωρητικοί υπολογισμοί δείχνουν ότι για την παραγωγή ωφέλιμου έργου μπορεί να αξιοποιηθεί μόνο το 53,9% της συνολικής ενέργειας του ανέμου.

Η ανεμογεννήτρια οριζοντίου άξονα με πτερύγια ανταποκρίνεται στις μεταβολές της ταχύτητας του ανέμου με αυτόματη αλλαγή της κλίσης των πτερυγίων. Ο άξονάς της παραλληλίζεται αυτόματα προς τη διεύθυνση του ανέμου, έτσι ώστε ο άνεμος να προσβάλλει κάθετα την επιφάνεια που διαγράφουν τα πτερύγια. Μ' αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται τελικά η βέλτιστη παραγωγή ενέργειας από τον άνεμο με συντελεστή μέχρι 46 έως 48% και εξασφαλίζονται ικανοποιητικά όρια στα χαρακτηριστικά της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Η μηχανική ισχύς που αναπτύσσεται στον άξονα των πτερυγίων από τον άνεμο μεταδίδεται στην ηλεκτρική γεννήτρια με τις κατάλληλες στροφές. Η γεννήτρια, που μπορεί να είναι σύγχρονη ή ασύγχρονη, παράγει την ηλεκτρική ενέργεια και τροφοδοτεί την κατανάλωση.

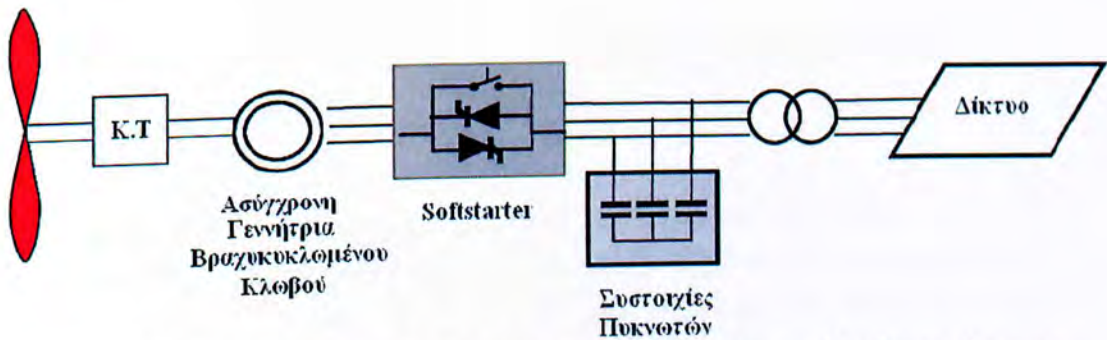


Εικόνα 9

1.7. ΤΡΟΠΟΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΗΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

1.7.1. Ανεμογεννήτρια σταθερών στροφών ή σταθερής ταχύτητας

Στις ανεμογεννήτριες αυτού του τύπου ο δρομέας στρέφεται με σταθερή ταχύτητα και εξαρτάται από τη σχέση του κιβωτίου ταχυτήτων, το σχεδιασμό της γεννήτριας, αλλά και από τη συχνότητα του συνδεόμενου δικτύου και δεν επηρεάζεται καθόλου από την ταχύτητα του ανέμου. Η γεννήτρια συνδέεται με το δίκτυο κατά τον ίδιο τρόπο με τις γεννήτριες που τροφοδοτούνται από συμβατικές μηχανές, δηλαδή απευθείας, με τη χρήση ενός μετασχηματιστή, ανάλογα με το μέγεθος τάσης της γεννήτριας.

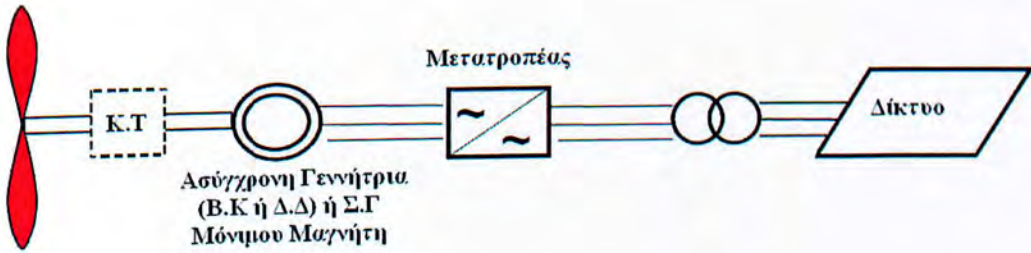


Εικόνα 10. Σχηματική παράσταση ανεμογεννήτριας σταθερής ταχύτητας

Για πολλά χρόνια, στην παγκόσμια αγορά κυριάρχησαν οι άμεσα συνδεδεμένες στο δίκτυο ανεμογεννήτριες, λόγω της τεχνικής τους απλότητας, αλλά οι διάφορες θετικές πτυχές της λειτουργίας με μεταβλητή ταχύτητα του δρομέα, μετέβαλαν το υφιστάμενο καθεστώς ανάπτυξης.

1.7.2. Ανεμογεννήτρια μεταβλητής ταχύτητας

Οι ανεμογεννήτριες αυτού του τύπου σχεδιάζονται έτσι ώστε να επιτυγχάνουν βελτιστοποίηση της αεροδυναμικής συμπεριφοράς σε ένα μεγάλο εύρος ταχυτήτων του ανέμου. Επειδή το δίκτυο έχει σταθερή συχνότητα χρησιμοποιείται μετατροπέας συχνότητας ώστε να γίνει αποδέσμευση της περιστροφικής ταχύτητας από τη συχνότητα αυτή και να είναι δυνατή η μετατροπή της.

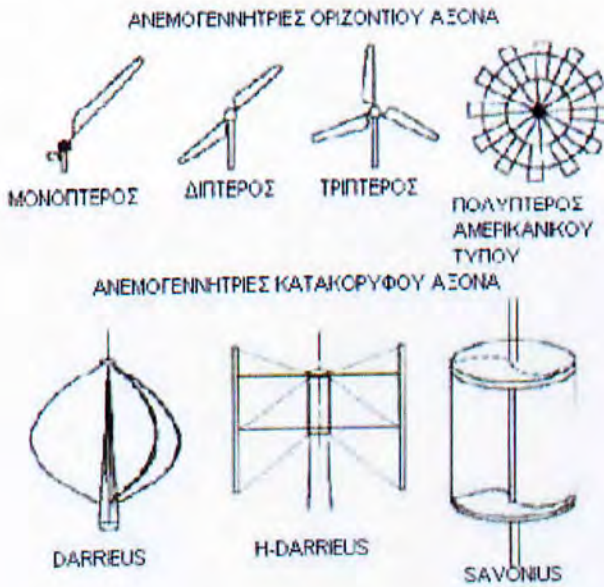


Εικόνα 11. Σχηματική παράσταση ανεμογεννήτριας μεταβλητής ταχύτητας

Όπως φαίνεται στο σχήμα, για τη μετατροπή του εναλλασσόμενου ρεύματος σε συνεχές χρησιμοποιείται ένα ανορθωτής (τριφασικός). Με τον ανορθωτή συνδέεται ένας αντιστροφέας (inverter) ο οποίος συνδέει τη γεννήτρια με το δίκτυο και ταυτόχρονα μετατρέπει το συνεχές ρεύμα σε εναλλασσόμενο και σε συχνότητα ίδια με του δικτύου.

Οι νέες μεγάλες ανεμογεννήτριες της τάξης του MW χρησιμοποιούν ολοένα και περισσότερο μεταβλητή ταχύτητα του δρομέα στο σημείο αεροδυναμικού σχεδιασμού. Οι κατασκευαστές εγκαθιστούν συχνά επαγωγικές γεννήτριες δύο ταχυτήτων, που επιτρέπουν την αλλαγή ταχύτητας του δρομέα σε δύο βήματα. Σε μικρές ταχύτητες ανέμου η γεννήτρια λειτουργεί με μικρή ταχύτητα περιστροφής (μεγαλύτερος αριθμός πόλων) και σε μεγάλες ταχύτητες ανέμου με μεγάλη ταχύτητα περιστροφής (μικρότερος αριθμός πόλων).

1.8. ΕΙΔΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ



Εικόνα 12. Βασικοί τύποι ανεμογεννητριών

Ανάλογα με τον προσανατολισμό των αξόνων τους οι ανεμογεννήτριες μπορούν να ταξινομηθούν σε:

1.8.1. Κατακόρυφου άξονα (VAWT – Vertical Axis Wind Turbines)

Οι ανεμογεννήτριες κατακόρυφου άξονα έχουν τον άξονα του δρομέα τοποθετημένο κατακόρυφα. Πλεονέκτημα τους τους διάταξης είναι ότι η μηχανή δε χρειάζεται να προσανατολίζεται τους τον άνεμο για να είναι αποτελεσματική. Αυτό φαίνεται κυρίως σε περιοχές όπου η μεταβλητότητα του ανέμου είναι πολύ μεγάλη. Το κιβώτιο ταχυτήτων και η γεννήτρια τοποθετούνται κοντά στο έδαφος με αποτέλεσμα να είναι εύκολα προσβάσιμα και να μη χρειάζεται πυλώνας στήριξης. Παρόλα αυτά έχουν δυο σοβαρά μειονεκτήματα:

- Δεν έχουν υψηλή απόδοση αφού η ενέργεια του ανέμου είναι μικρότερη όσο βρισκόμαστε κοντά στο έδαφος
- Έχουν χαμηλή ροπή εκκίνησης με αποτέλεσμα να μην μπορούν να τεθούν σε λειτουργία από μόνες τους

Μια ανεμογεννήτρια κάθετου άξονα τύπου "savonius" είναι και η απλούστερη σε ότι αφορά την κατασκευή της. Αποτελείται ουσιαστικά από ένα σωλήνα κομμένο στη μέση κατά μήκος, με τα δύο κομμάτια τοποθετημένα κάθετα. Αυτός ο τύπος κάθετου άξονα ονομάζεται "savonius" και είναι ο ευκολότερος στην κατασκευή (είναι και ο τύπος ανεμογεννήτριας με τη χαμηλότερη απόδοση).



Εικόνα 13. Ανεμογεννήτρια κάθετου άξονα savonius

Υπάρχουν και άλλοι τύποι ανεμογεννήτριας κάθετου άξονα, που βελτιώνουν την απόδοση σημαντικά (πχ. "darrieus"), ποτέ όμως δεν φτάνουν την απόδοση μιας σωστά σχεδιασμένης ανεμογεννήτριας οριζόντιου άξονα, γι αυτό και έχουν επικρατήσει οι τελευταίες.



Εικόνα 14. Ανεμογεννήτρια κάθετου άξονα darrieus

1.8.2. Οριζόντιου άξονα (HAWT - Horizontal Axis Wind Turbines)

Οι ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα μπορούν να χωριστούν στις οριζοντίου άξονα τύπου «*Head on*» στις οποίες ο άξονας περιστροφής του δρομέα είναι παράλληλος προς την κατεύθυνση του ανέμου και στις τύπου «*Cross Wind*» στις οποίες ο άξονας περιστροφής είναι παράλληλος προς την επιφάνεια της Γης αλλά κάθετος στην κατεύθυνση του ανέμου. Οι περισσότερες ανεμογεννήτριες του εμπορίου σήμερα ανήκουν σε αυτή την κατηγορία κυρίως επειδή παρουσιάζουν υψηλό αεροδυναμικό συντελεστή. Βέβαια, πρέπει να σημειωθεί ότι σε αυτές τις ανεμογεννήτριες το κιβώτιο ταχυτήτων και η γεννήτρια πρέπει να τοποθετηθούν στην κορυφή του πυλώνα στήριξης γεγονός που τις καθιστά ακριβές. Ένα άλλο μειονέκτημα τους, είναι η ανάγκη ύπαρξης ουραίου πτερυγίου ή σερβομηχανισμού για τον προσανατολισμό του δρομέα προς τον άνεμο.



Εικόνα 15. Ανεμογεννήτρια οριζόντιου άξονα

Ανάλογα με τον αριθμό των πτερυγίων τους οι ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα ταξινομούνται σε μονόπτερες, δίπτερες, τρίπτερες ή πολύπτερες. Οι μονόπτερες είναι φθηνότερες λόγω των λιγότερων πτερυγίων. Οι δίπτερες έχουν το ίδιο πρόβλημα σε μικρότερη έκταση. Η πλειοψηφία των ανεμογεννητριών που χρησιμοποιούνται είναι αυτές με τρία πτερύγια διότι είναι πιο σταθερές, καθώς το αεροδυναμικό φορτίο είναι σχετικά ομοιόμορφο. Επίσης διαθέσιμες είναι και μηχανές με μεγαλύτερο αριθμό πτερυγίων (6, 8, 12 ή και περισσότερα).



Εικόνα 16. Πολύπτερη ανεμογεννήτρια

1.9. ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥ ΑΞΟΝΑ

Παρόλο που δεν υφίσταται κανένας καθοριστικός λόγος, εκτός ίσως από την εμφάνιση, στην αγορά έχουν επικρατήσει αποκλειστικά οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα, με δύο ή τρία πτερυγία.

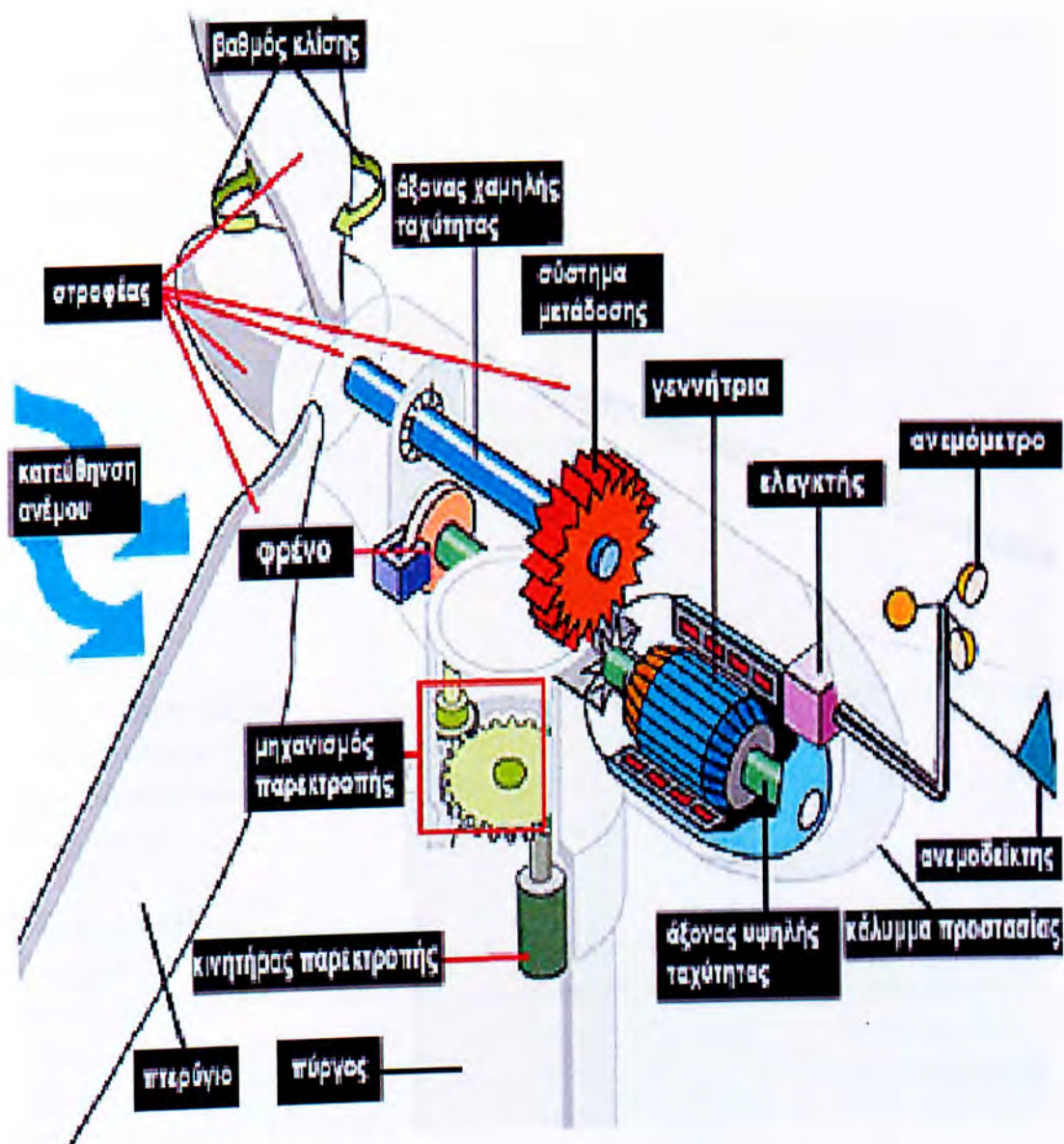


Εικόνα 17. Ανεμογεννήτριες δύο και τριών πτερυγίων

Μια τυπική ανεμογεννήτρια οριζοντίου άξονα αποτελείται από τα εξής μέρη :

Στροφέας ή Δρομέας

Ένα από τα πιο βασικά και ίσως το πιο σημαντικό κομμάτι κατά τον σχεδιασμό μιας ανεμογεννήτριας είναι ο σωστός σχεδιασμός του δρομέα. Σκοπός είναι να συνδυαστούν κατά το καλύτερο τρόπο οι παράμετροι του δρομέα, προς είναι το πλήθος των πτερυγίων, η διάμετρος του, η κατανομή του πλάτους κατά μήκος του πτερυγίου, καθώς προς και η κατάλληλη αεροτομή. Στόχος είναι η μέγιστη ετήσια παραγόμενη ενέργεια με το λιγότερο κόστος παραγωγής. Βάση προς απαιτούμενης ονομαστικής ισχύος αλλά και του αιολικού δυναμικού προς περιοχής προς εγκατάσταση, υπολογίζεται η διάμετρος του δρομέα, ενώ από την αεροδυναμική σχεδίαση προκύπτει η κατανομή του πλάτους του πτερυγίου.



Εικόνα 18. Τα κύρια μέρη ανεμογεννήτριας οριζόντιου άξονα

Άτρακτος

Η άτρακτος της ανεμογεννήτριας βρίσκεται στην κορυφή και συμπεριλαμβάνει όλα τα «ζωτικά» μέρη της ανεμογεννήτριας, ώστε η μηχανική ενέργεια του ρότορα να μετατραπεί σε ηλεκτρική. Το σύστημα μετάδοσης της κίνησης, το οποίο βρίσκεται στο εσωτερικό της ατράκτου, αποτελείται από

- Κιβώτιο ταχυτήτων
- Διαφορικό χαμηλών ταχυτήτων
- Διαφορικό υψηλών ταχυτήτων

Κύριος άξονας

Ο κύριος άξονας της ανεμογεννήτριας κατασκευάζεται από χάλυβα υψηλής αντοχής και συνδέεται με το κέντρο του δρομέα. Έτσι όταν ο δρομέας περιστρέφεται παρασέρνει μαζί του τον άξονα, με αποτέλεσμα να μεταδίδεται μηχανική, περιστροφική ενέργεια σε αυτόν.

Η μηχανική ενέργεια καταλήγει σε μία γεννήτρια όπου μετατρέπεται σε ηλεκτρική.

Γεννήτρια

Είναι ο μηχανισμός ο οποίος παραλαμβάνει την περιστροφική κίνηση του δρομέα και τη μετατρέπει σε ηλεκτρική ενέργεια. Οι γεννήτριες χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, στις ασύγχρονες και στις σύγχρονες.

Σύστημα πέδης

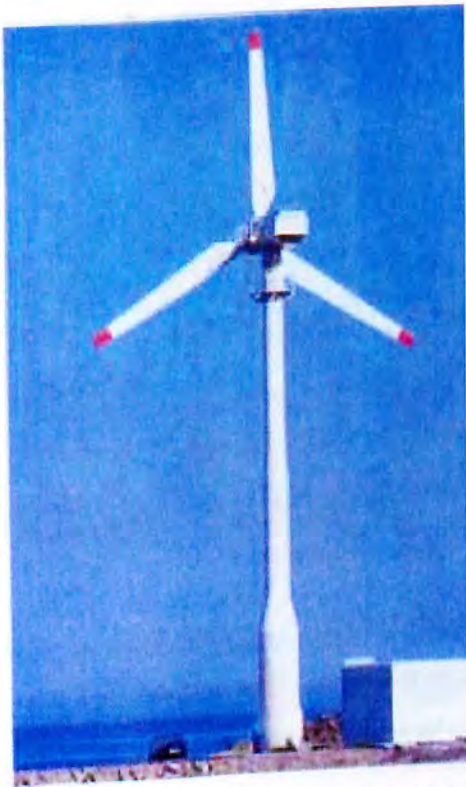
Ένα από τα σημαντικότερα συστήματα που πρέπει να είναι εγκατεστημένα πάνω σε μία ανεμογεννήτρια και πρέπει να λειτουργεί σωστά. Παρέχει άμεσο έλεγχο στην επιβράδυνση του δρομέα, όταν χρειαστεί. Το σύστημα πέδης μπορεί να λειτουργεί είτε με αεροδυναμικά φρένα είτε με μηχανικά.

Κατευθυντήριο σύστημα ή σύστημα προσανατολισμού

Το σύστημα προσανατολισμού, αναγκάζει συνεχώς τον άξονα περιστροφής του δρομέα να βρίσκεται παράλληλα με τη διεύθυνση του ανέμου. Στις ανεμογεννήτριες στις οποίες ο δρομέας τοποθετείται πριν τον πύργο (*UP-WIND*) το σύστημα προσανατολισμού είναι αναγκαίο. Στις μικρές όμως, συνήθως προσαρμόζεται ουραίος ανεμοδείκτης (ως κατευθυντήριο σύστημα) του οποίου το μέγεθος και η θέση επιλέγονται έτσι ώστε κατά την αλλαγή της διεύθυνσης του ανέμου να ασκείται ικανή ροπή προσανατολισμού του δρομέα.

Πύργος

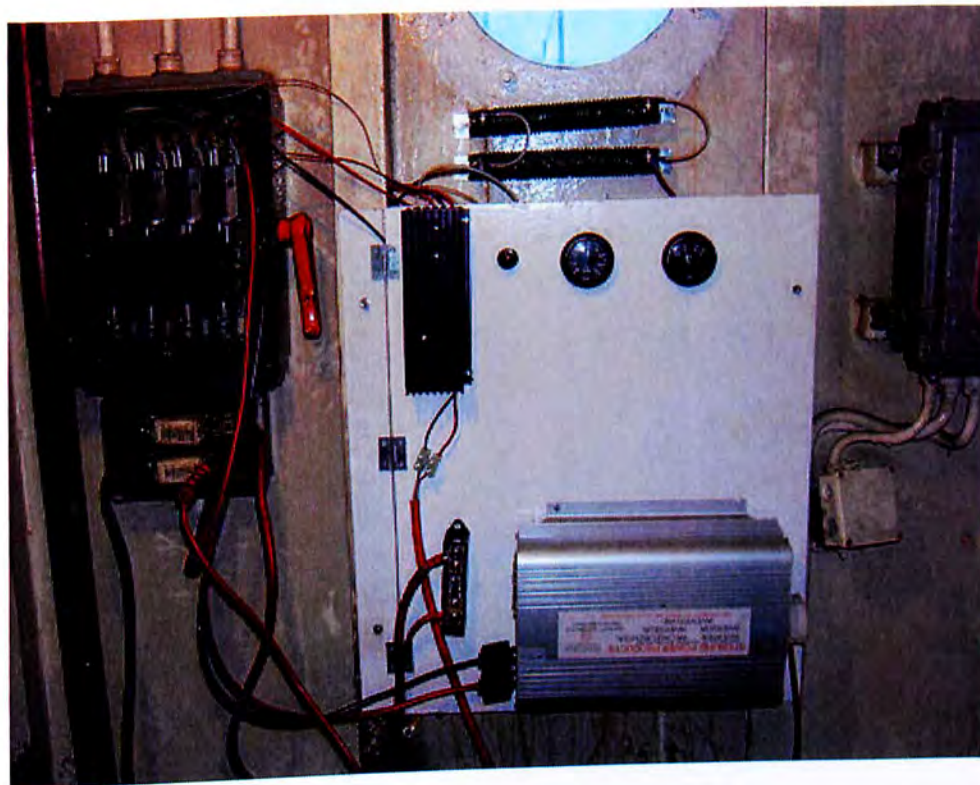
Ο πύργος στηρίξεως της ανεμογεννήτριας αποτελείται συνήθως είτε από ένα μεταλλικό δικτύωμα, είτε από μια στήλη μπετόν ή μεταλλικό σωλήνα για μεγαλύτερες ανεμογεννήτριες. Στην τελευταία περίπτωση υπάρχει ειδική μέριμνα για εσωτερική σκάλα, ενώ για ανεμογεννήτριες μεγάλων διαστάσεων υπάρχει πρόσθετη μέριμνα για εγκατάσταση ανελκυστήρα. Το ελάχιστο ύψος του πύργου στηρίξεως είναι συνήθως ίσο με τη διάμετρο της πτερωτής, ενώ κατά την εκλογή του πρέπει να ληφθούν υπόψη τόσο το αυξημένο κόστος κατασκευής και θεμελίωσης για μεγάλα ύψη όσο και η δυνατότητα αξιοποίησης υψηλότερων ταχυτήτων του ανέμου, με την αύξηση του ύψους τοποθέτησης της πτερωτής.



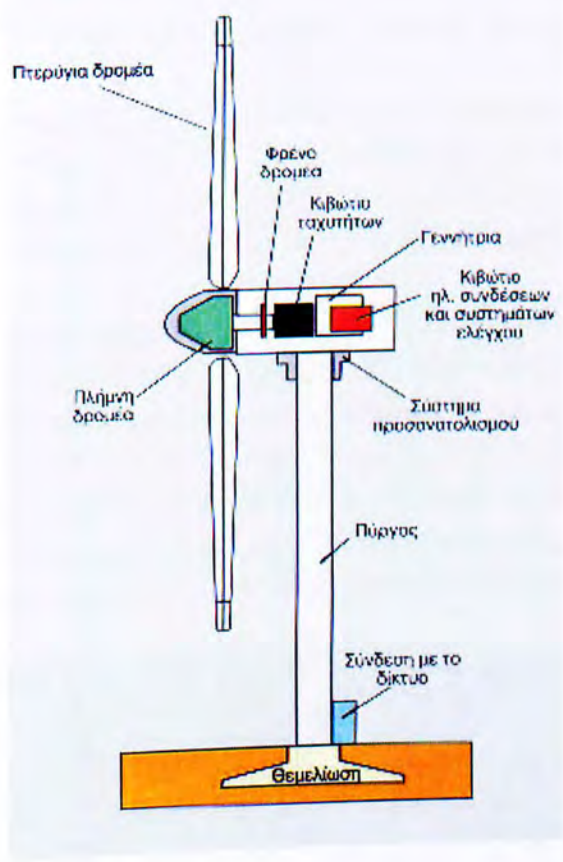
Εικόνα 19. Ανεμογεννήτριες με χαλύβδινους και δικτυωτούς πυλώνες αντίστοιχα

Ηλεκτρονικός πίνακας και τον πίνακας ελέγχου

Είναι τοποθετημένοι στη βάση του πύργου. Το σύστημα ελέγχου παρακολουθεί, συντονίζει και ελέγχει της της λειτουργίες της ανεμογεννήτριας, φροντίζοντας για την απρόσκοπτη λειτουργία της.



Εικόνα 21. Ηλεκτρικός πίνακας και σύστημα ελέγχου ανεμογεννήτριας



Εικόνα 22. Σχηματική αναπαράσταση ανεμογεννήτριας οριζόντιου άξονα

1.10. ΕΥΡΟΣ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΤΩΝ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ

Οι ηλεκτροπαραγωγές ανεμογεννήτριες έχουν ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών, από τις μεμονωμένες, αυτόνομες εγκαταστάσεις έως τις μεγάλες διατάξεις ανεμογεννητριών, που μπορεί να συνδέονται σε υπάρχον δίκτυο ή να συνδυάζονται με άλλες μη-συνδεδεμένες στο δίκτυο πηγές ενέργειας. Το εύρος των εφαρμογών μπορεί να ομαδοποιηθεί σε τρεις κλάσεις.

- Τα αιολικά πάρκα, δηλαδή οι μεγάλες σειρές ανεμογεννητριών που συνδέονται στο ηλεκτρικό δίκτυο. Από την άποψη του εγκατεστημένου δυναμικού και οικονομικού αντίκτυπου, την περίοδο αυτή τα αιολικά πάρκα αποτελούν τη μεγαλύτερη κατά πολύ κλάση εφαρμογής των ανεμογεννητριών.

- Ανεμογεννήτριες που χρησιμοποιούνται για διασυνδεδεμένη, καταναεμημένη παραγωγή. Προορίζονται για μεμονωμένη χρήση, ενώ μπορούν να συνδέονται ή όχι στο υπάρχον ηλεκτρικό δίκτυο.

- Ανεμογεννήτριες που συνδυάζονται με άλλες πηγές ενέργειας (π.χ. νηξελογεννήτριες, ή/και φωτοβολταϊκά ή υδροηλεκτρικά συστήματα) και μπορούν να λειτουργούν χωρίς την ανάγκη ύπαρξης μεγαλύτερου ηλεκτρικού δικτύου. Αυτά είναι τα αποκαλούμενα «υβριδικά» συστήματα.



Εικόνα 23. Αιολικό πάρκο

1.11. ΚΟΙΝΩΝΙΚΗ ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ

Τα γενικότερα οφέλη που προκύπτουν από τη χρήση των ανεμογεννητριών είναι :

- Η ενίσχυση της ενεργειακής ανεξαρτησίας και της ασφάλειας κάτι ιδιαίτερα σημαντικό για τη χώρα μας και την Ευρώπη γενικότερα.
- Ο άνεμος είναι μια ανεξάντλητη πηγή ενέργειας, η οποία μάλιστα παρέχεται δωρεάν.
- Η αιολική ενέργεια είναι μια ενεργειακή επιλογή τεχνολογικά ώριμη, οικονομικά ανταγωνιστική και φιλική προς το περιβάλλον.
- Προστατεύει τη Γη, καθώς ο ηλεκτρισμός που παράγεται από τον άνεμο αντικαθιστά τον ηλεκτρισμό που παράγεται από τους συμβατικούς σταθμούς οι οποίοι ρυπαίνουν 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. Ένα Αιολικό Πάρκο με εγκατεστημένη συνολική ισχύ 35 MW αναμένεται να υποκαταστήσει 19.000 τόνους πετρελαίου ετησίως, ενώ η αποφυγή αερίων ρύπων λόγω της λειτουργίας του έργου εκτιμάται ετησίως σε 68.154 τόνους διοξειδίου του άνθρακα.
- Βοηθά στην αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος μειώνοντας τις απώλειες μεταφοράς ενέργειας.
- Συμβάλλει σημαντικά στην τοπική κοινωνία στην οποία φέρνει νέες θέσεις εργασίας και έσοδα.



Εικόνα 24

1.12. ΠΕΡΙΒΑΝΤΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ

Οι κύριες περιβαλλοντικές παράμετροι που συνδέονται με την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας μέσω των ανεμογεννητριών είναι οι ακόλουθες:

Οπτική ενόχληση και αισθητική ένταξη.

Η οπτική ενόχληση είναι κάτι υποκειμενικό και δύσκολα μπορούν να τεθούν κοινά αποδεκτοί κανόνες. Η οπτική ενόχληση επηρεάζεται κυρίως από τους εξής παράγοντες:

- Το φυσικό μέγεθος των ανεμογεννητριών.
- Η απόσταση των ανεμογεννητριών από τον παρατηρητή.
- Ο αριθμός και ο σχεδιασμός των ανεμογεννητριών.
- Η διάταξη των ανεμογεννητριών στο αιολικό πάρκο.
- Το είδος του τοπίου και η ύπαρξη εναλλακτικών μη υποβαθμισμένων περιοχών.
- Η αντίληψη των ατόμων για το υπάρχον επίπεδο της οπτικής καλαισθησίας.
- Η στάση των ατόμων ως προς την αιολική ενέργεια.

Ο θόρυβος

Οι ανεμογεννήτριες, όπως και κάθε μηχανή που αποτελείται από κινούμενα μέρη, παράγουν θόρυβο. Σήμερα μπορούμε να ισχυριστούμε με βεβαιότητα ότι οι ανεμογεννήτριες είναι από τις πιο αθόρυβες μηχανές παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Ανάλογα με την προέλευση του, ο θόρυβος που παράγουν οι ανεμογεννήτριες είναι μηχανικός και αεροδυναμικός. Ο μηχανικός θόρυβος προέρχεται από τα περιστρεφόμενα μηχανικά εξαρτήματα (π.χ. τα γρανάζια, οι άξονες του έλικα και της γεννήτριας). Ο μηχανικός θόρυβος έχει ελαχιστοποιηθεί με γρανάζια πλάγιας οδόντωσης ή με εσωτερική ηχομονωτική επένδυση του θαλάμου που περικλείει τα κινούμενα εξαρτήματα της ανεμογεννήτριας. Αντίστοιχα, ο αεροδυναμικός θόρυβος αντιμετωπίζεται με προσεκτική αεροδυναμική σχεδίαση των πτερυγίων του έλικα της ανεμογεννήτριας.

Χλωρίδα και Πανίδα

Τα περισσότερα αιολικά πάρκα στην Ελλάδα έχουν εγκατασταθεί σε ορεινές θέσεις με αραιή θαμνώδη βλάστηση όπου παρατηρούνται υψηλές ταχύτητες ανέμου. Η παρουσία υψηλής βλάστησης σε μια περιοχή (π.χ. δασώδη έκταση) δεν προσφέρεται για εκμετάλλευση του αιολικού δυναμικού.

Σε ότι αφορά την πανίδα, τα πουλιά καθώς πετούν είναι δυνατόν να προσκρούσουν στην περιστρεφόμενη έλικα της ανεμογεννήτριας με δυσμενείς συνέπειες. Οι πιθανές προσκρούσεις των πουλιών ποικίλουν ανάλογα με το μέγεθος των ανεμογεννητριών του αιολικού πάρκου και την ταχύτητα περιστροφής των πτερυγίων. Η εμπειρία που έχει αποκτηθεί μέχρι σήμερα είναι ότι οι αρνητικές επιπτώσεις των ανεμογεννητριών στους πληθυσμούς των πουλιών είναι πολύ μικρές έως αμελητέες.

Ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές

Οι ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές εξαρτώνται από τη θέση των ανεμογεννητριών σε σχέση με ήδη υπάρχοντες σταθμοί τηλεόρασης ή ραδιοφώνου αλλά και από πιθανές ηλεκτρομαγνητικές εκπομπές. Είναι γεγονός ότι η μετάδοση των εκπομπών στις συχνότητες της τηλεόρασης ή και του ραδιοφώνου επηρεάζεται από τα εμπόδια που παρεμβάλλονται μεταξύ του πομπού, των αναμεταδοτών και των δεκτών. Το κυριότερο πρόβλημα προέρχεται από τα περιστρεφόμενα πτερύγια της ανεμογεννήτριας προκαλώντας την αυξομείωση του σήματος εξαιτίας των ανακλάσεων. Τα βασικότερα σήματα που μπορεί να επηρεαστούν είναι:

- Οι τηλεοπτικές μεταδόσεις.
 - Οι αναμεταδόσεις τηλεπικοινωνιακών οργανισμών.
 - Στις επικοινωνίες με τα αεροπλάνα.
- Η ενέργεια της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που εκπέμπεται από τη λειτουργία της ηλεκτρικής γεννήτριας αλλά και από τη λειτουργία του μετασχηματιστή είναι πολύ ασθενής.

Οι παράγοντες όπως το μέγεθος ενός αιολικού πάρκου, ο τύπος και το μέγεθος των ανεμογεννητριών, το μέγεθος των παράπλευρων έργων (π.χ. κατασκευή δρόμων) και τα χαρακτηριστικά του τόπου εγκατάστασης παίζουν σημαντικό ρόλο στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Το σημαντικότερο όμως θετικό στοιχείο από την ανάπτυξη και την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας μέσω των ανεμογεννητριών είναι η μείωση των επιπτώσεων πάνω στον άνθρωπο με την αντικατάσταση της καύσης των συμβατικών καυσίμων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η παράμετρος αυτή δεν έχει εκτιμηθεί επαρκώς μέχρι σήμερα.

Από μια απλή σύγκριση μεταξύ ενός θερμικού σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με λιγνίτη και ενός αντίστοιχου αιολικού πάρκου με ανεμογεννήτριες είναι σε όλους αυταπόδεικτο ότι η υποβάθμιση του περιβάλλοντος που προκύπτει από τον θερμοηλεκτρικό σταθμό, συμπεριλαμβανομένης και ενός έκτασης που καλύπτει το λιγνιτωρυχείο, είναι εμφανώς μεγαλύτερη από την αντίστοιχη υποβάθμιση που προκύπτει από την εγκατάσταση ενός αιολικού πάρκου.

Παρόλα αυτά, η θέα ενός αιολικού πάρκου από απόσταση είναι ένα γεγονός που απαιτεί προσπάθειες ενσωμάτωσης και προσαρμογής των ανεμογεννητριών στο τοπίο.



Εικόνα 25. Αιολικό πάρκο σε κορυφογραμμή

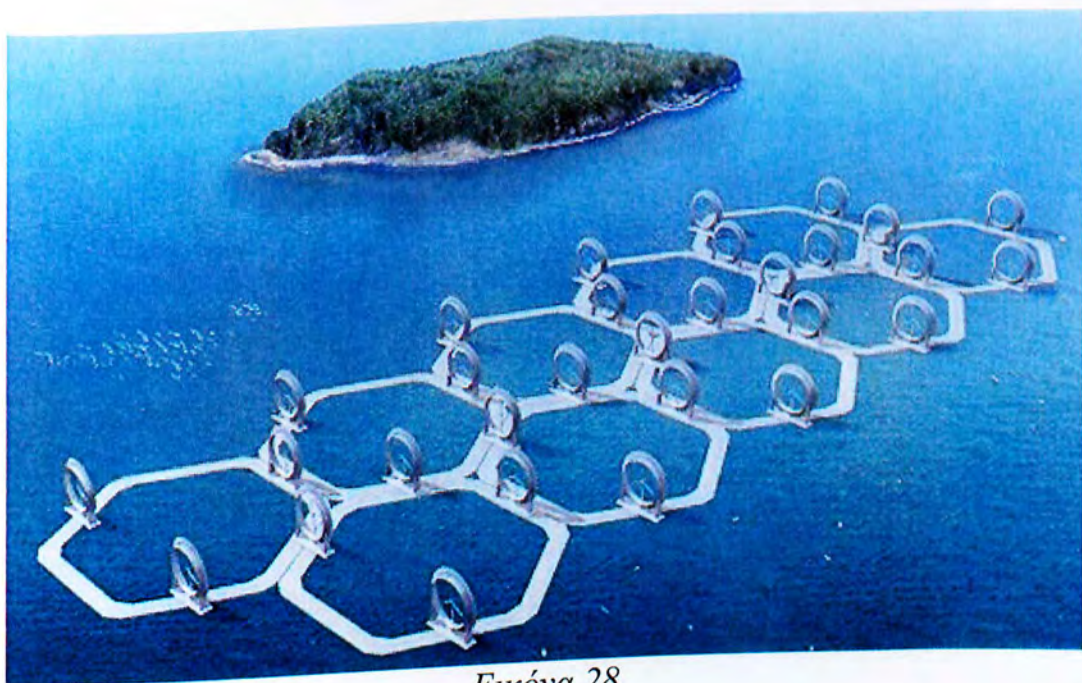


Εικόνα 26. Θαλάσσιο αιολικό πάρκο

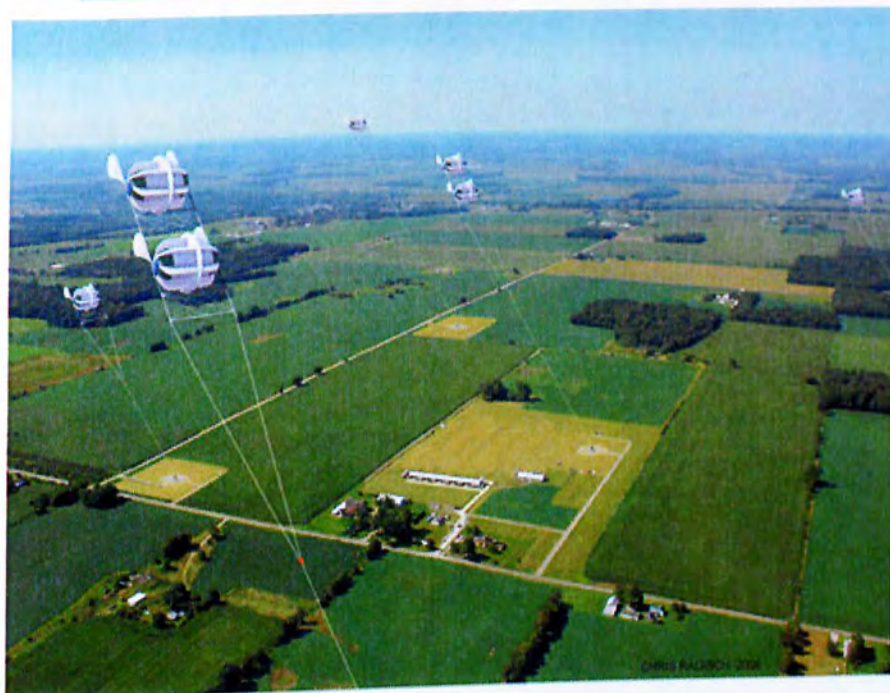
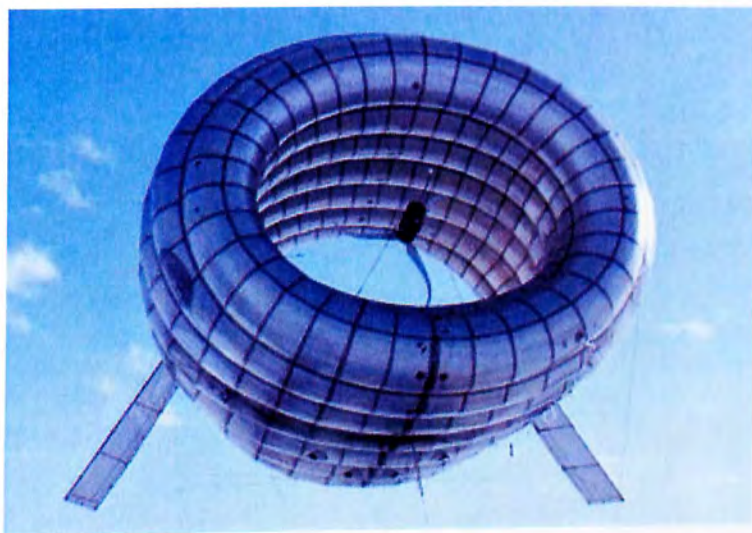
1.13. ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ



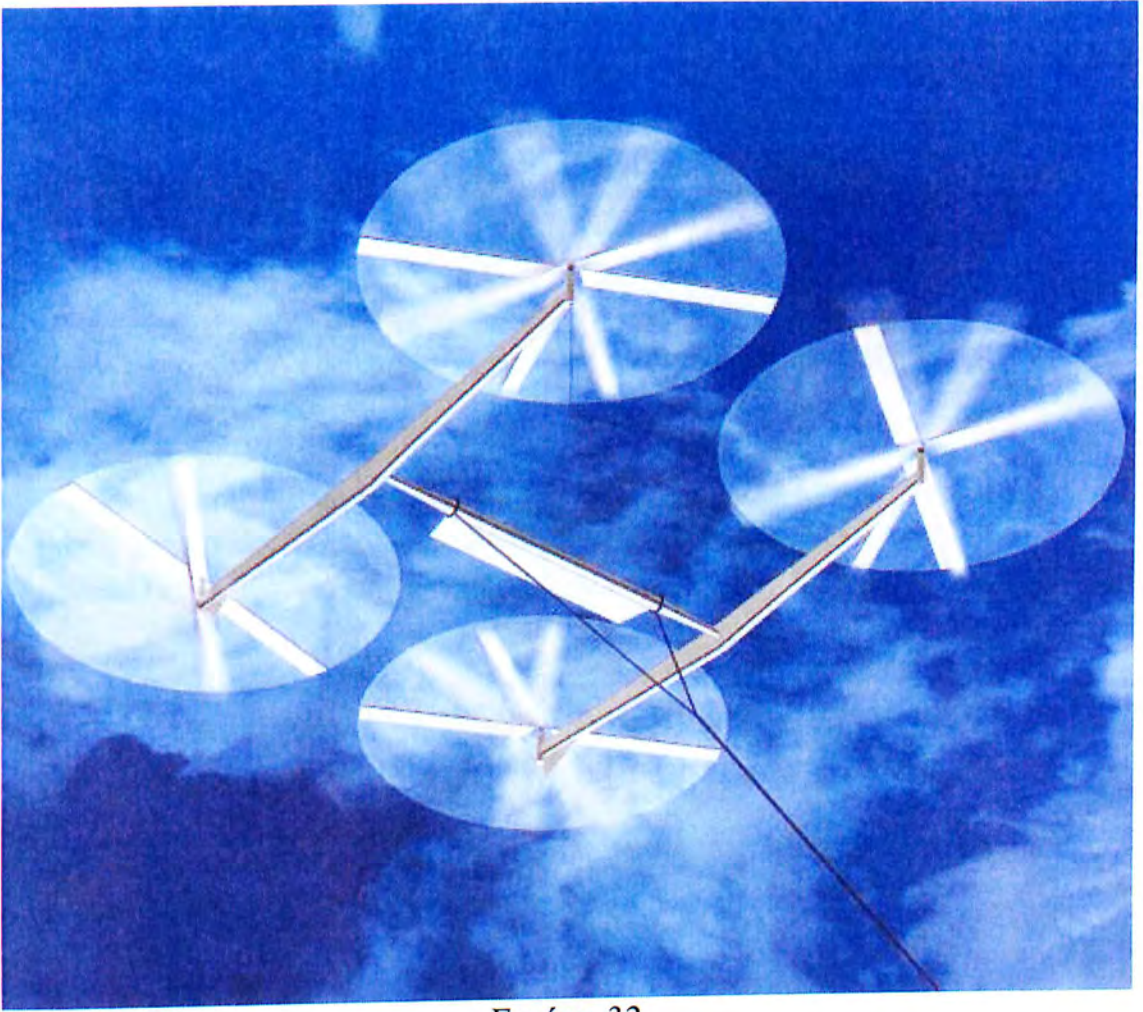
Εικόνα 27



Εικόνα 28



Εικόνες 29, 30, 31



Εικόνα 32



Εικόνα 33

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.

2.1. ΥΛΙΚΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

Για την κατασκευή της ανεμογεννήτριας χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω υλικά:

- Η βάση στήριξης: πλάκα μελαμίνης διαστάσεων (40cm) X (40cm). Η βάση αυτή, κατάλληλα διαμορφωμένη, θα αποτελέσει τον περιβάλλοντα χώρο της ανεμογεννήτριας.
- Ένα κομμάτι ERTALON ύψους 28 cm και διαμέτρου περίπου 3 cm. Ο σωλήνας αυτός θα στερεωθεί στην απόληξη της συστολής και θα είναι ο πύργος της ανεμογεννήτριας.
- Έναν ανεμιστήρα 12 V DC για να δημιουργήσουμε αέρα για την κίνηση της ταχογεννήτριας
- Μία ταχογεννήτρια (μικρή)
- Ένας έλικας με 3 πτερύγια μήκους 12 cm (έλικας αεροπλάνου για αερομοντελισμό). Διάμετρος έλικας 25 cm.
- Ένα κεντρικό ρελέ 6VDC
- Ένα reed ρελέ (με πολικότητα)
- Ένας σφιγκτήρας για την στήριξη του έλικα στον άξονα της γεννήτριας
- Δύο τροφοδοτικά, το ένα για να δουλεύουμε τον ανεμιστήρα και να χαμηλώνουμε τις στροφές του (220V / 3, 4.5, 6, 7.5, 9, 12 V DC) και το άλλο (220V / 3V DC) για το ρελέ του αυτοματισμού.

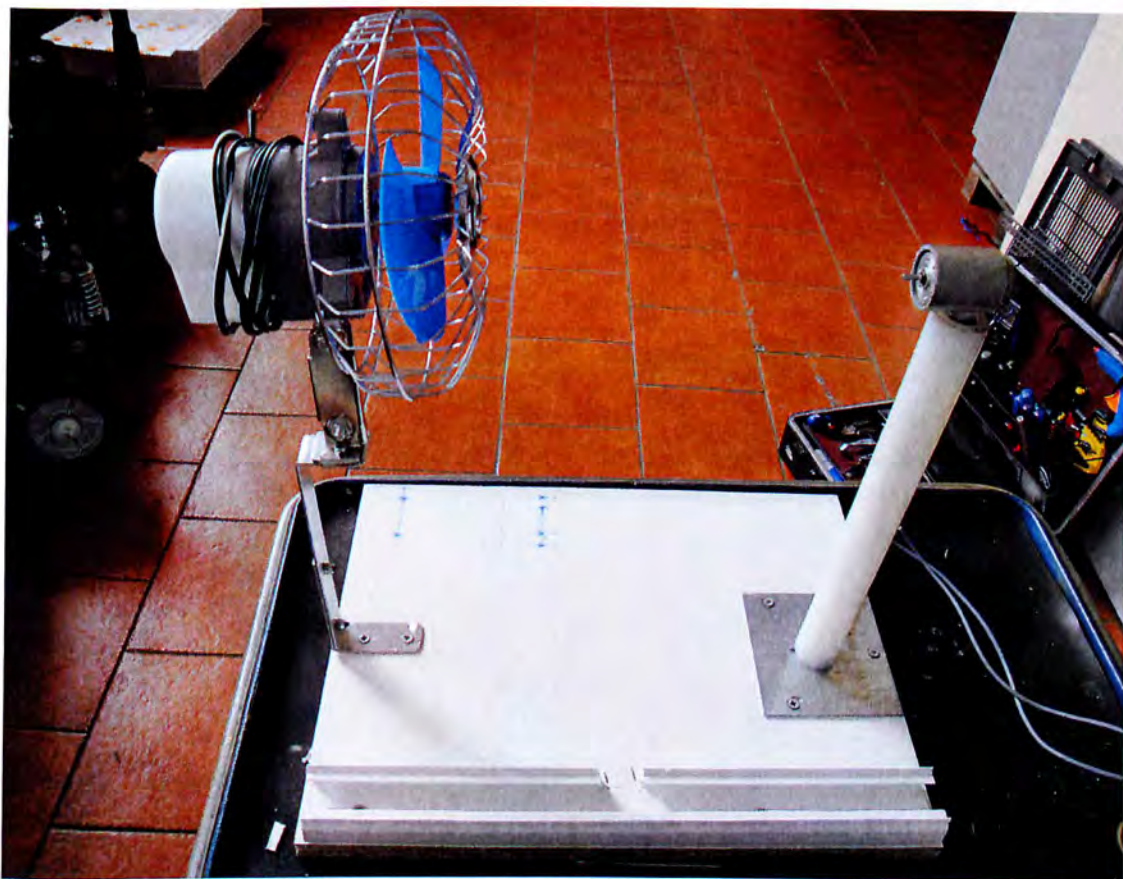
- 2 λαμπάκια (3 V το κάθε ένα), όπου το ένα θα ανάβει όταν η ανεμογεννήτρια παράγει ρεύμα και το άλλο θα ανάβει από την πηγή για να δείξουμε ότι υπάρχει ρεύμα δικτύου. Σε κατάσταση λειτουργίας του αυτοματισμού και όταν η ισχύς του παρεχόμενου αέρα είναι αρκετή ώστε να παράγει η ταχογεννήτρια ρεύμα, θα σβήνει το λαμπάκι (1) του δικτύου και θα ανάβει αυτό της ταχογεννήτριας (2) (δηλαδή όταν λάμπα δικτύου OFF και λάμπα ανεμογεννήτριας ON → παράγουμε ρεύμα από την ανεμογεννήτρια, ενώ όταν λάμπα δικτύου ON και λάμπα ανεμογεννήτριας OFF → μη επαρκής ισχύς αέρα να παράγει ενέργεια η ανεμογεννήτρια)
- 20 βίδες με μήκους 1,5cm και διαμέτρου 3mm
- Διάφορα καλώδια

2.2. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

Η βάση της κατασκευής αποτελείται από ξύλο (μελαμίνη) 40x30 cm. Στην βάση, αρχικά βιδώσαμε την κολώνα της ανεμογεννήτριας, η οποία στηρίζεται σε μία μεταλλική βάση και της είπαμε και παραπάνω αποτελείται από ένα κομμάτι ERTALON (μήκους 28 cm).

Η μεταλλική βάση της κολώνας της ανεμογεννήτριας τρυπήθηκε ειδικά για υποδοχή φρεζάτης βίδας. Στο πάνω μέρος της κολώνας τοποθετήσαμε την ταχογεννήτρια. Απέναντι ακριβώς από την ταχογεννήτρια τοποθετήσαμε τον ανεμιστήρα, τον οποίο φέραμε στο ίδιο ύψος με την ταχογεννήτρια, βιδώνοντας στο ξύλο δύο μεταλλικές βάσεις. Στον άξονα της ταχογεννήτριας βιδώσαμε έναν σφιγκτήρα με σκοπό την συγκράτηση του έλικα.

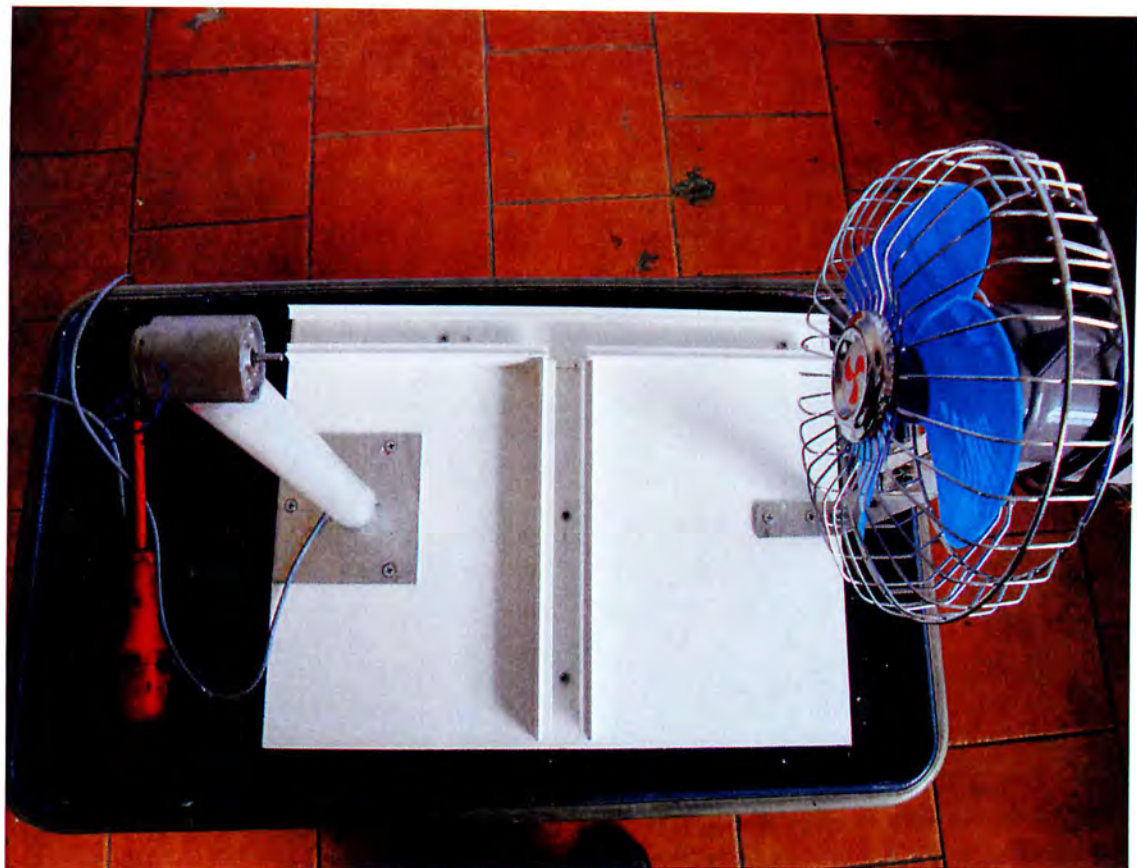
Πάνω στην ξύλινη βάση τοποθετήθηκε από την μία άκρη στην άλλη, κανάλι μήκους περίπου 40 cm για την φύλαξη των καλωδίων.



Εικόνα 34. Τοποθέτηση ανεμιστήρα, ανεμογεννήτριας και καναλιού

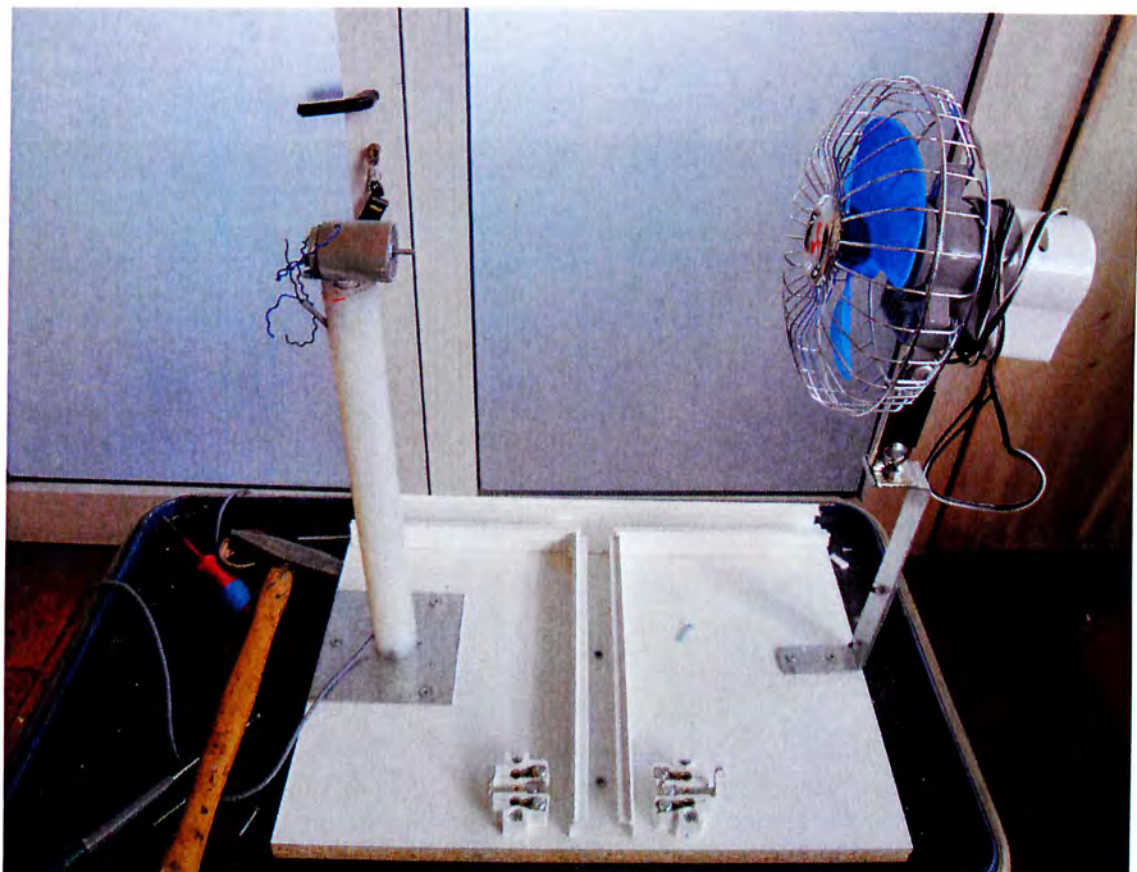
Επίσης τοποθετήσαμε άλλο ένα κανάλι μήκους περίπου 25 cm αυτή τη φορά κάθετα στο άλλο.

Και στα δύο κανάλια δημιουργήσαμε τρύπες κατά τέτοιο τρόπο ώστε να διευκολύνουμε την πρόσβαση των καλωδίων.



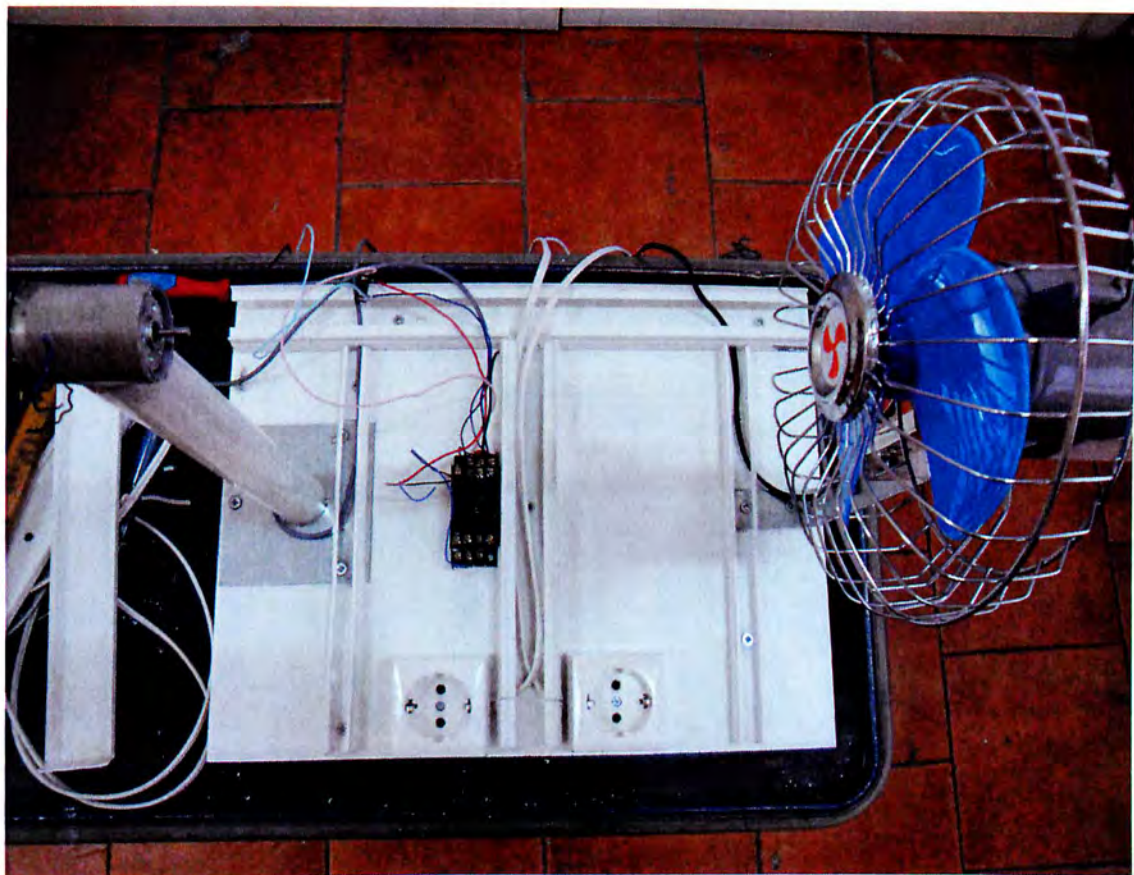
Εικόνα 35. Τοποθέτηση επιπλέον καναλιού

Στη συνέχεια βιδώσαμε τις πρίζες πάνω στο ξύλο, ανοίγοντας και τις αντίστοιχες τρύπες στο κανάλι για να περαστούν τα καλώδια.



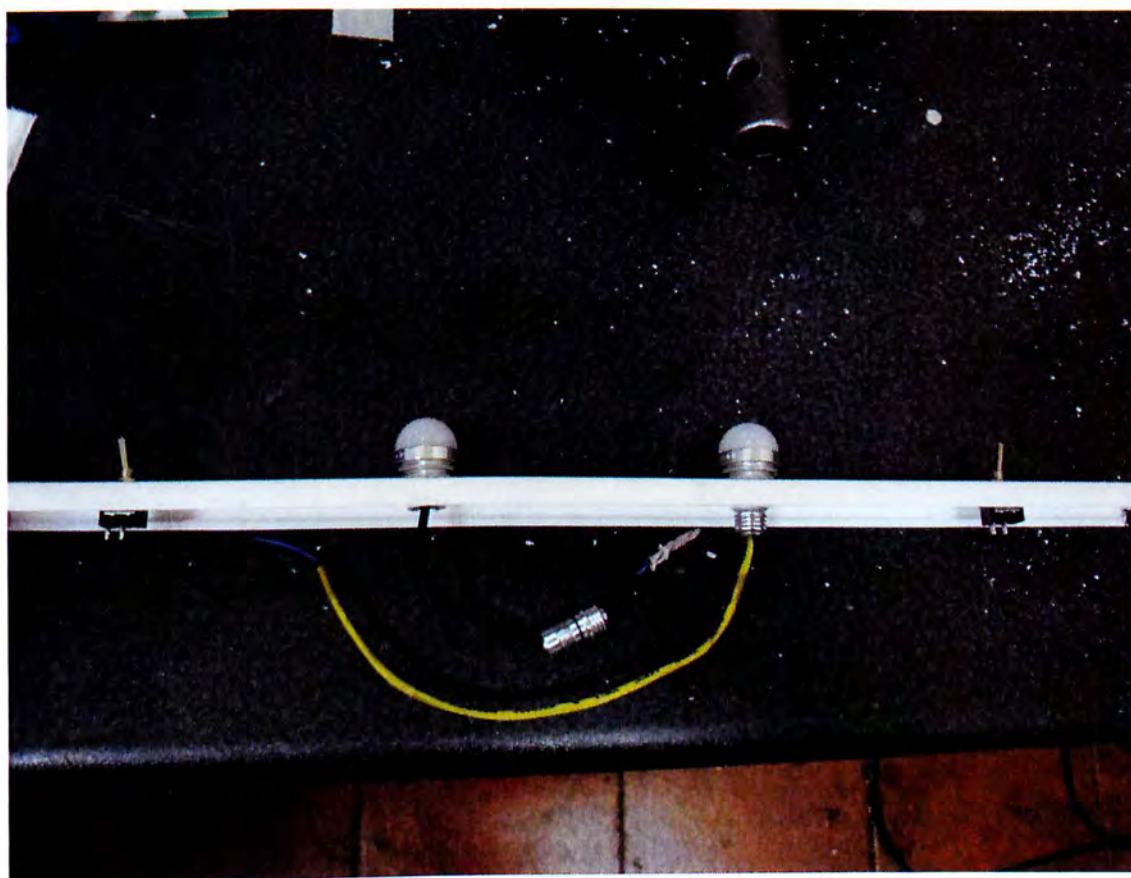
Εικόνα 36. Τοποθέτηση πριζών

Αρχικά χρησιμοποιήσαμε το κεντρικό ρελέ, το οποίο τοποθετήσαμε σε εμφανές σημείο. Η ιδέα ήταν να τοποθετηθεί «γυμνό», ώστε να φαίνονται οι ενώσεις πάνω σε αυτό.



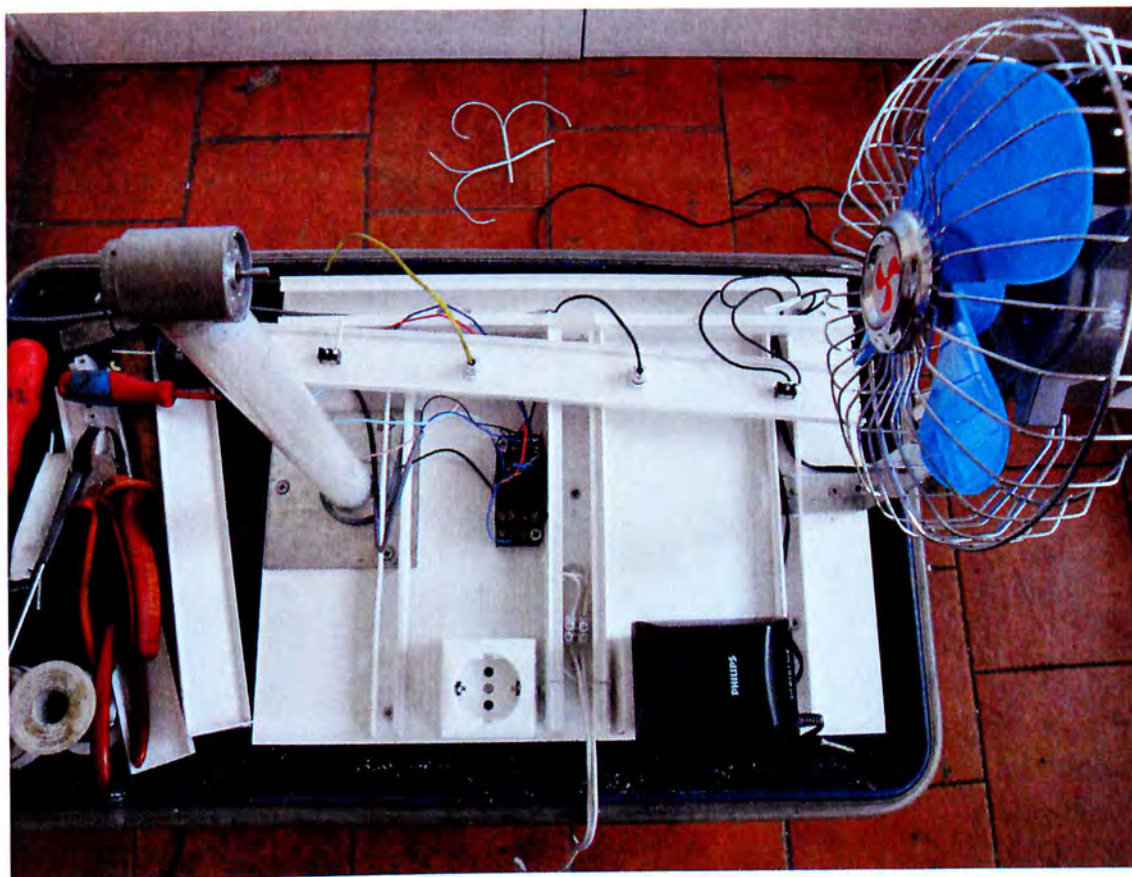
Εικόνα 37. Τοποθέτηση κεντρικού ρελέ και επιπλέον καναλιών

Έπειτα, τρυπήσαμε το ένα καπάκι του καναλιού για να περάσουμε τα λαμπάκια και όπως διακόπτες, ενώ από την κάτω μεριά του καπακιού κάναμε όπως απαραίτητες συνδέσεις όπως φαίνονται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 38. Τοποθέτηση λαμπών και διακοπών στο κανάλι

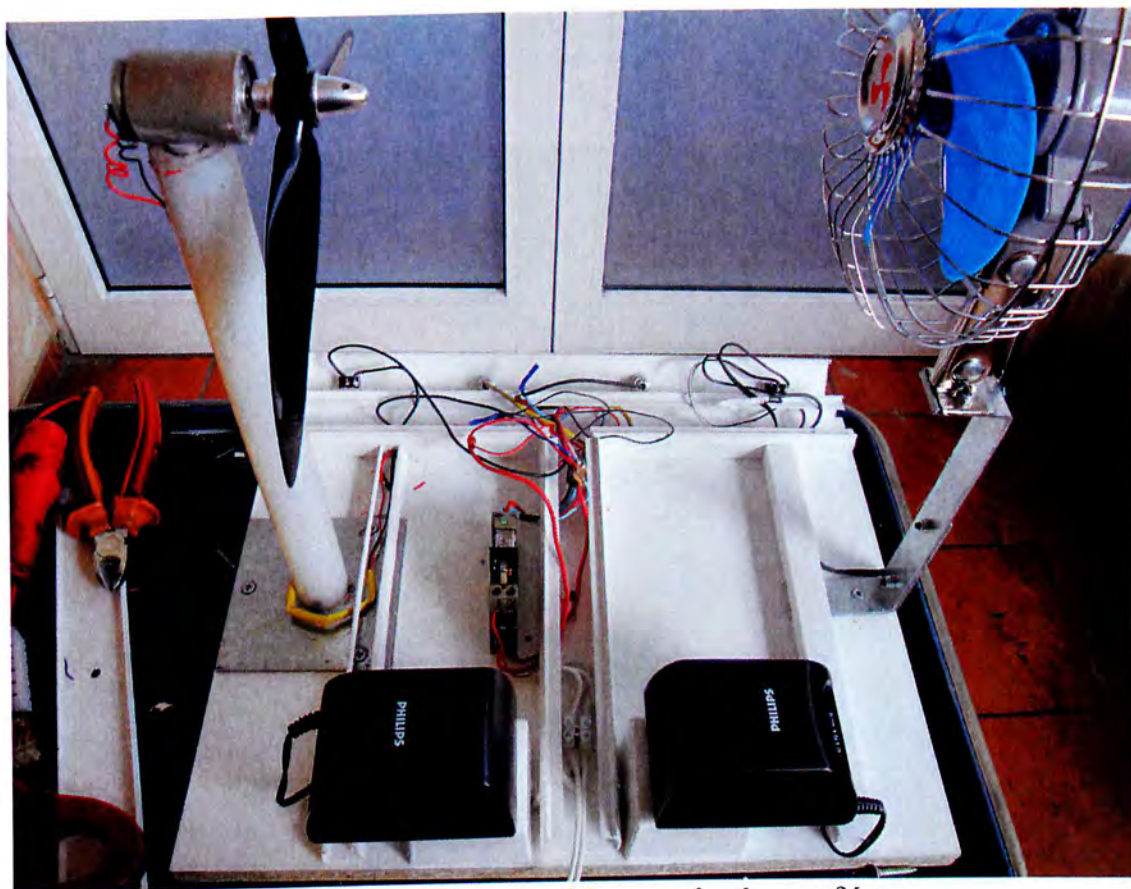
Έγιναν οι απαραίτητες συνδέσεις των λαμπών και των διακοπών.



Εικόνα 39. Σύνδεση λαμπών και διακοπών

Κατά την τοποθέτηση της βάσης του κεντρικού ρελέ δημιουργήθηκαν μερικά προβλήματα, κάτι το οποίο τις οδήγησε στην αντικατάσταση του αρχικού κεντρικού ρελέ με άλλο αντίστοιχο.

Στη συνέχεια κάναμε τις τελικές συνδέσεις, οι οποίες αφορούσαν το ανεμιστηράκι και την ταχογεννήτρια, ενώ παράλληλα τοποθετήθηκε και το δεύτερο τροφοδοτικό.



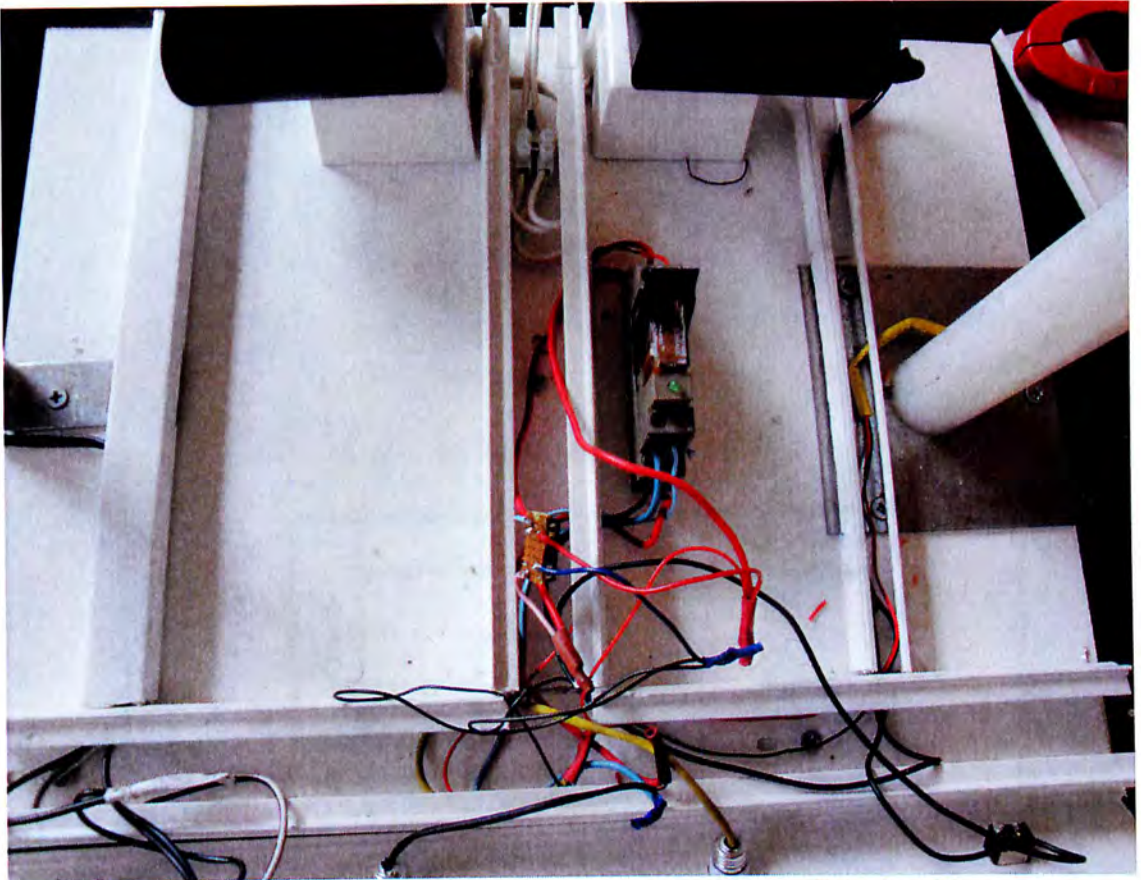
Εικόνα 40. Αλλαγή ρελέ και τελικές συνδέσεις

Συνδέσαμε μας και το reed relay.

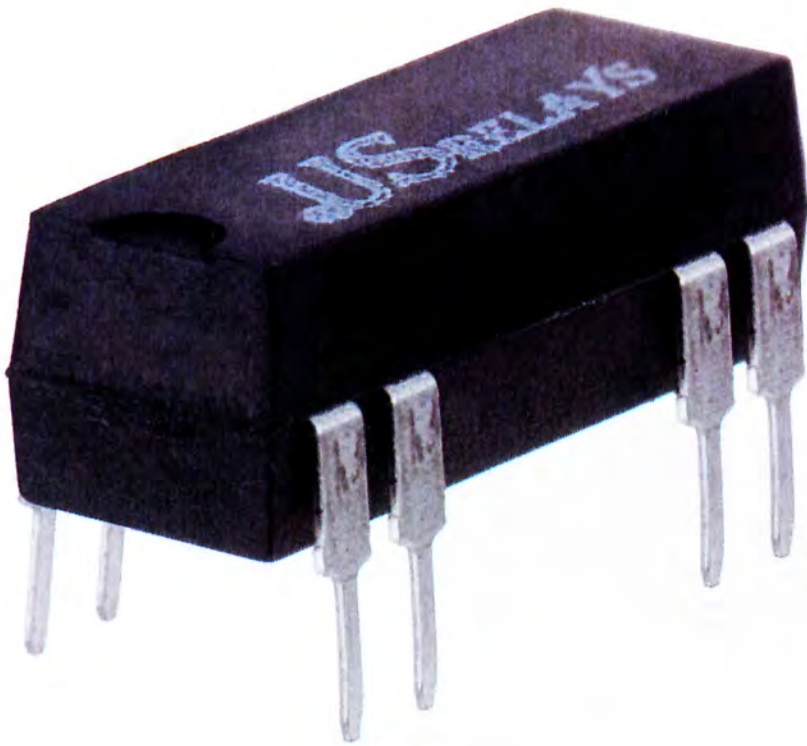
Επειδή η ταχογεννήτριά μας δεν είναι μεγάλης ισχύος και επειδή δεν μπορεί να διεγείρει τον R1 (κεντρικό ρελέ), χρησιμοποιούμε αυτό το ηλεκτρονικό ρελέ.

Το reed relay είναι ένα ρελέ με ευαίσθητο πηνίο χαμηλού ρεύματος. Θετικό χαρακτηριστικό είναι η γρήγορη απόκρισή του.

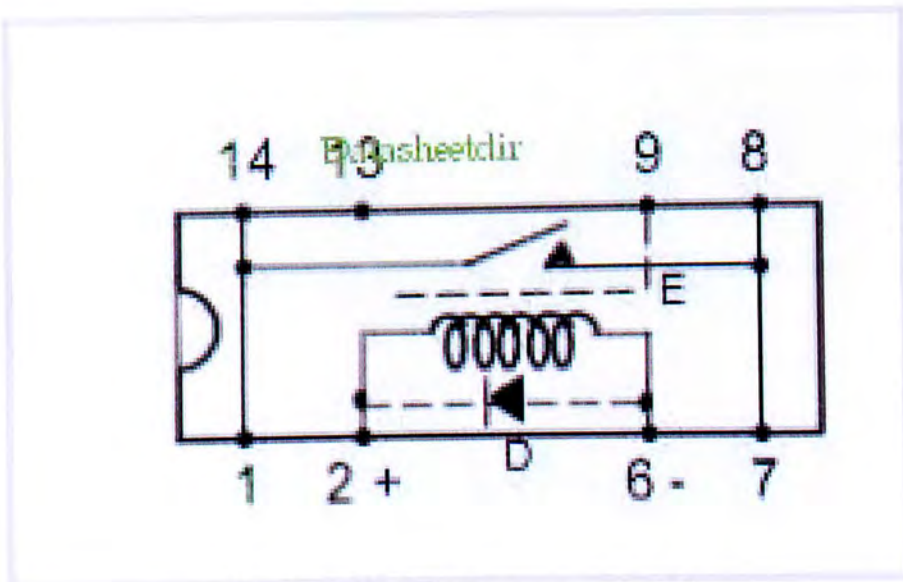
Το πηνίο του συγκεκριμένου ρελέ έχει πολικότητα (+ και -) και διεγείρεται από 3-5V DC.



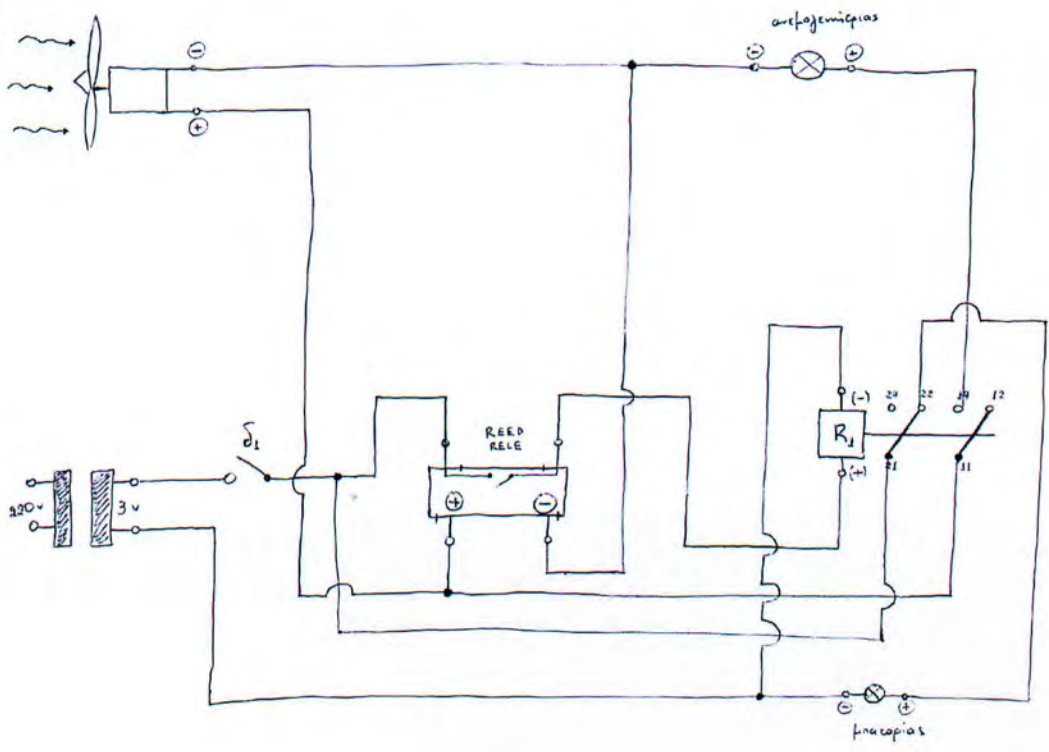
Εικόνα 41. Συνδέσεις κεντρικού ρελέ και Reed ρελέ



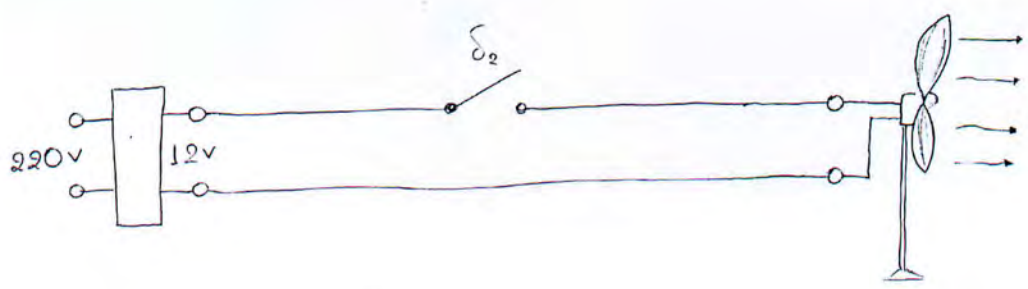
Εικόνα 42. Reed ρελέ



Εικόνα 43. Κύκλωμα reed ρελέ



Εικόνα 44. Κύκλωμα αυτοματισμού



Εικόνα 45. Κύκλωμα λειτουργίας ανεμιστήρα 3, 4.5, 6, 7.5, 9, 12

2.3. ΣΕΝΑΡΙΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

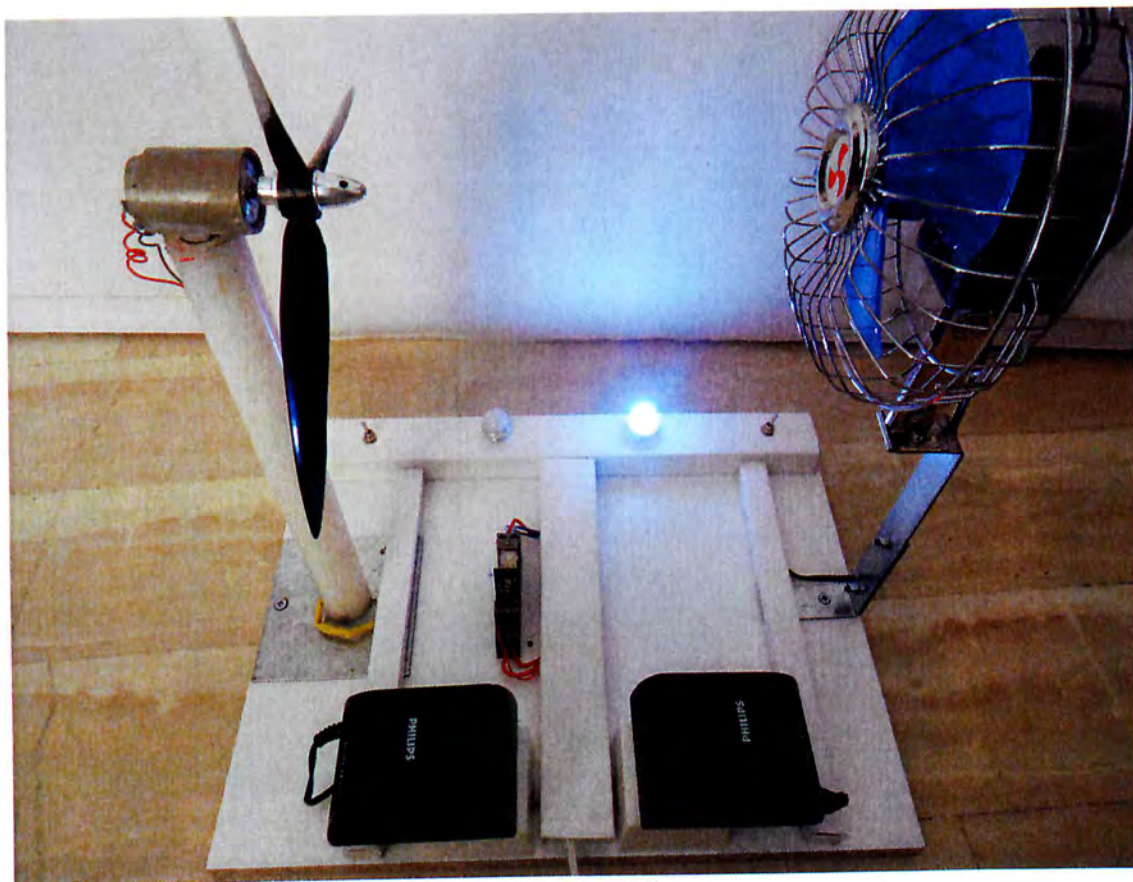
Αρχικά, δίνουμε τα 220V στην κατασκευή.

Το σύστημα είναι σε κατάσταση ηρεμίας. Οι διακόπτες λειτουργίας του ανεμιστήρα και της ανεμογεννήτριας (1 και 2) στη θέση OFF και τα λαμπάκια (1 και 2) είναι σβηστές (OFF).



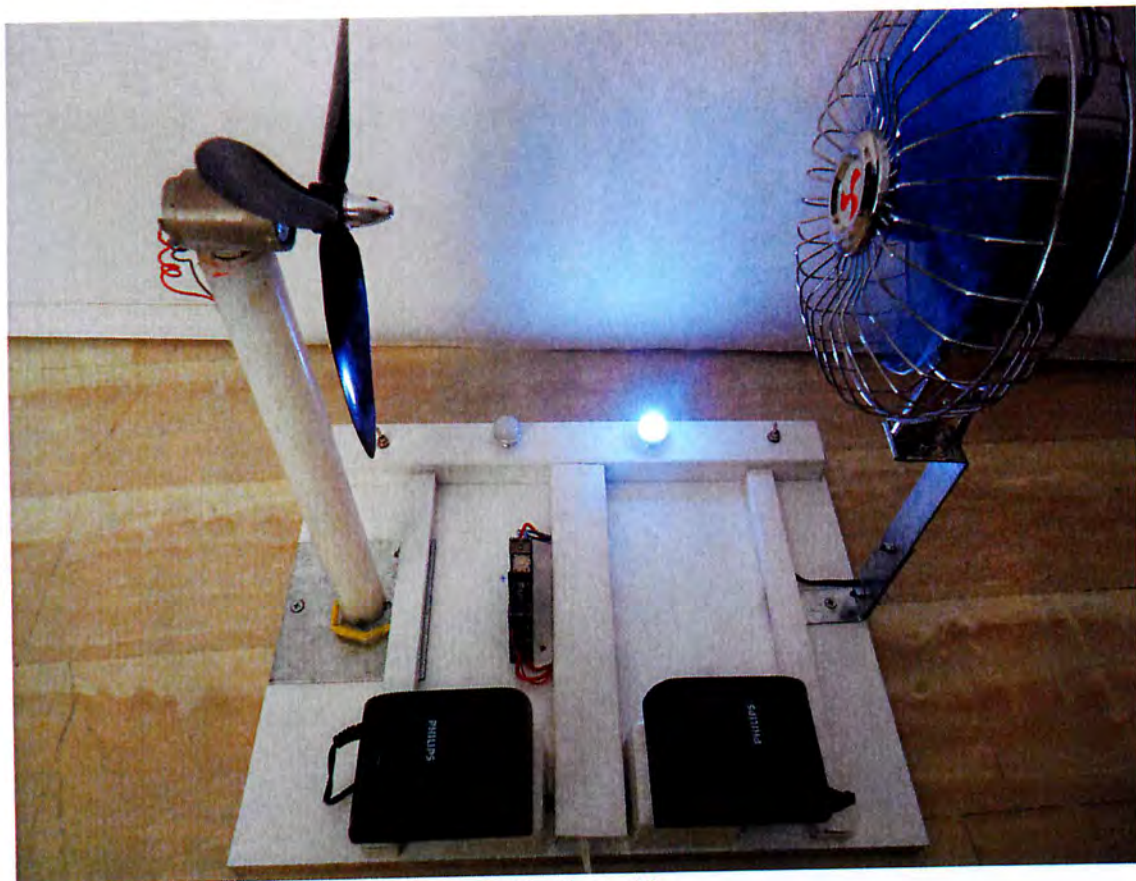
Εικόνα 46

Βάζουμε τον διακόπτη της ανεμογεννήτριας στη θέση ON. Αμέσως, το λαμπάκι 1 ανάβει. Ενεργοποιείται δηλαδή το τροφοδοτικό το οποίο δίνει τα απαιτούμενα 3V ώστε να ανάψει το λαμπάκι 1.



Εικόνα 47

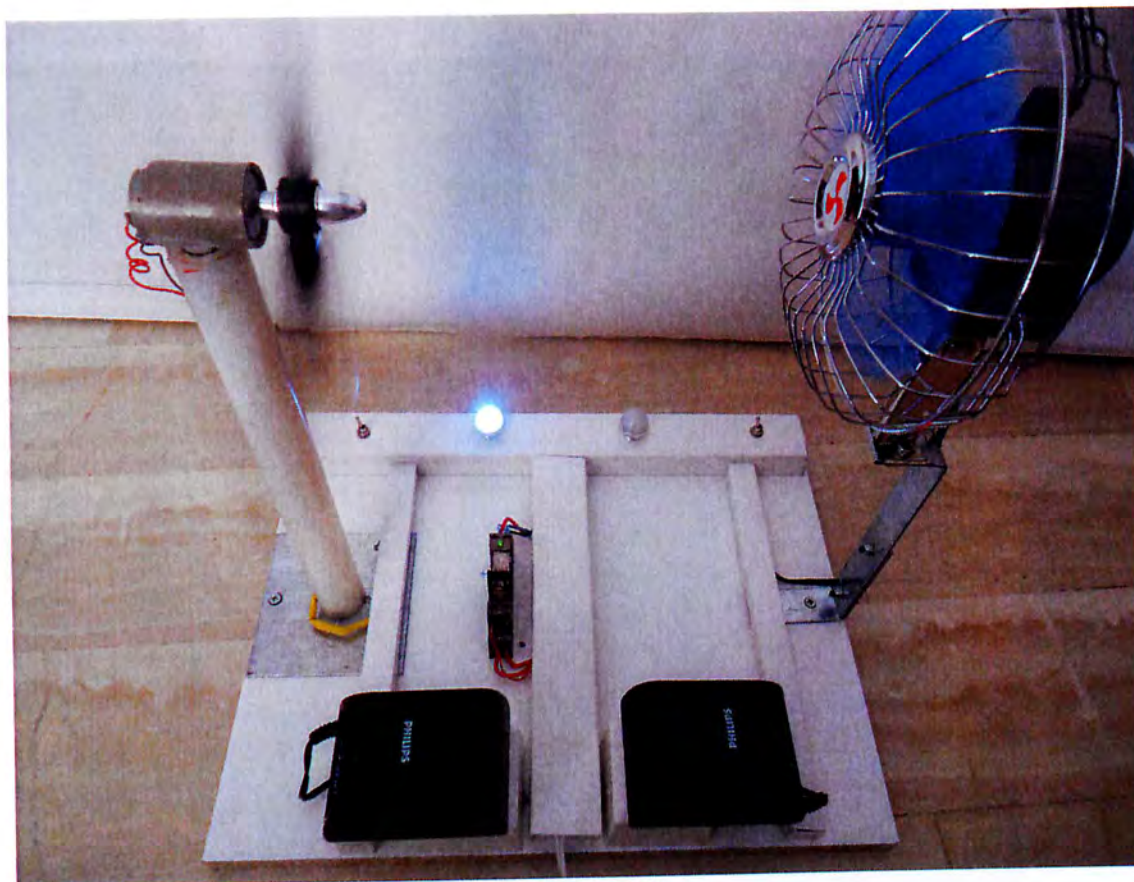
Τοποθετώντας τον διακόπτη του ανεμιστήρα στη θέση ON και έχοντας μικρή ταχύτητα (θέση 3V έως 7,5V στο τροφοδοτικό), ξεκινάει να φυσάει ο ανεμιστήρας, με αποτέλεσμα να γυρνάει ο έλικας της ανεμογεννήτριας. Συνεχίζει να είναι αναμμένο το λαμπάκι 1.



Εικόνα 48

Στην συγκεκριμένη περίπτωση, ο ανεμιστήρας δεν δίνει αρκετό αέρα στην ανεμογεννήτρια, με αποτέλεσμα να μην υπάρχει η απαιτούμενη ενέργεια ώστε να ανάψει το λαμπάκι 2.

Συνεχίζοντας να έχουμε στην θέση ON τον διακόπτη του ανεμιστήρα, αυξάνουμε την ταχύτητα του ανεμιστήρα (θέση 9V ή 12V στο τροφοδοτικό).

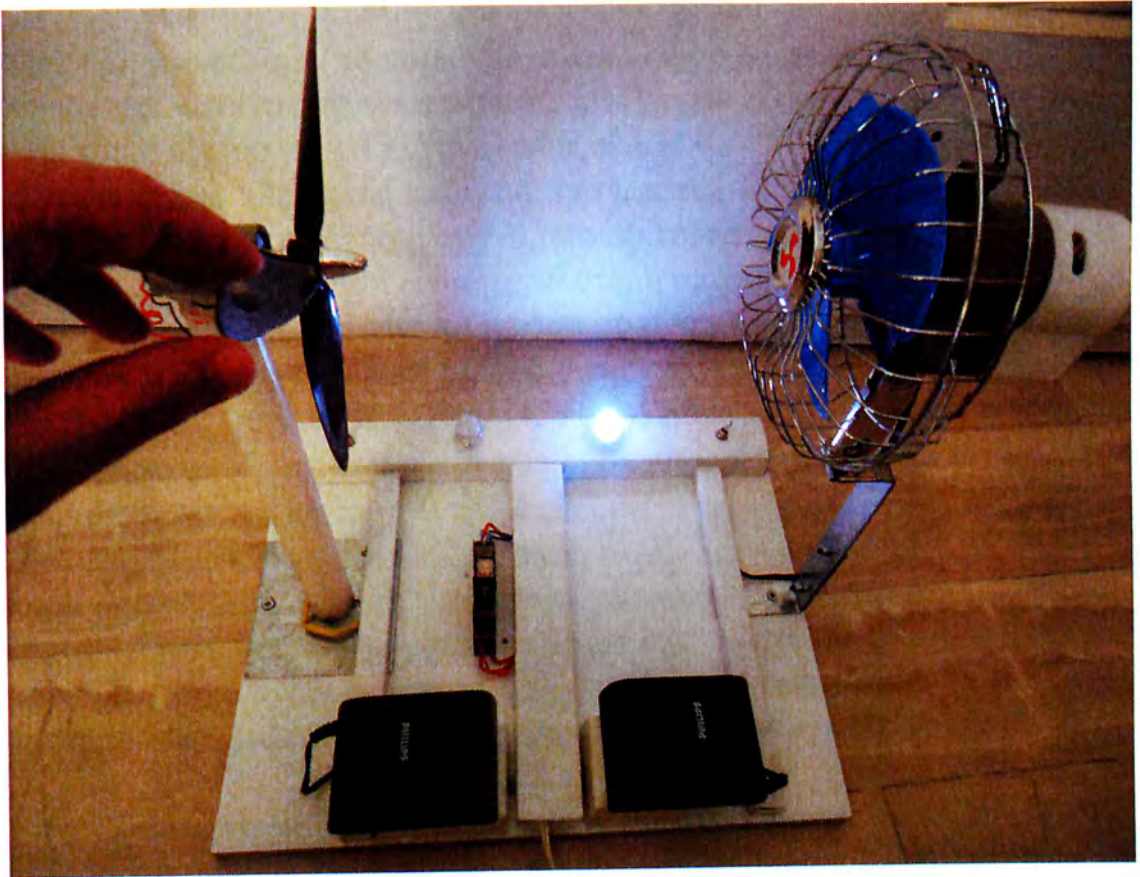


Εικόνα 49

Παρατηρούμε ότι μετά από περίπου 2 δευτερόλεπτα το λαμπάκι 1 σβήνει και ανάβει το λαμπάκι 2, γιατί εκείνη την ώρα η ανεμογεννήτρια παράγει την απαιτούμενη τάση ώστε να ανάψει το λαμπάκι 2.

Σημείωση

Έχοντας ανοικτό τον διακόπτη της ανεμογεννήτριας, μπορούμε να περιστρέψουμε με το χέρι τον έλικα της ανεμογεννήτριας και αμέσως θα δούμε ότι πάλι λειτουργεί το σύστημα αυτοματισμού.



Εικόνα 50

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.

3.1. ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΒΕΛΤΙΩΣΕΩΝ ΚΑΙ ΕΠΕΚΤΑΣΕΩΝ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Συσσωρευτής/μπαταρία για αποθήκευση ενέργειας

Μας ήδη αναφέραμε, το παραγόμενο από μας ανεμογεννήτριες ηλεκτρικό ρεύμα είτε καταναλώνεται επιτόπου, είτε εγχέεται και διοχετεύεται στο ηλεκτρικό δίκτυο για να καταναλωθεί αλλού.

Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από μας Α/Γ, όταν η παραγωγή είναι μεγαλύτερη από τη ζήτηση, συχνά αποθηκεύεται για να χρησιμοποιηθεί αργότερα, όταν η ζήτηση είναι μεγαλύτερη από την παραγωγή.

Η αποθήκευση σήμερα γίνεται με δύο οικονομικά βιώσιμους τρόπους, ανάλογα με το μέγεθος μας παραγόμενης ενέργειας. Οι ηλεκτρικοί συσσωρευτές (μπαταρίες) είναι η πλέον γνωστή και διαδεδομένη μέθοδος αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία χρησιμοποιείται για μικρής κλίμακας παραγωγικές μη διασυνδεδεμένες στο κεντρικό δίκτυο μονάδες. Η άντληση ύδατος με χρήση ηλεκτρικής ενέργειας παραγόμενης από Α/Γ και η ταμίευσή του σε τεχνητές λίμνες κατασκευασμένες σε υψόμετρο το οποίο είναι ικανό να τροφοδοτήσει υδροηλεκτρικό σταθμό, είναι η μέθοδος αποθήκευσης που χρησιμοποιείται όταν η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια είναι μεγάλη.

Στην περίπτωσή μας πιο συγκεκριμένα, θα μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε ένα συσσωρευτή στον οποίο θα αποθηκεύεται η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια και να χρησιμοποιείται για την κίνηση του ανεμιστήρα. Δηλαδή, θα είχαμε τη δυνατότητα στην κατασκευή μας να μην δεχόμαστε τα 220V για την κίνηση του ανεμιστήρα, αλλά να εκμεταλλευτούμε την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια κινώντας το ανεμιστηράκι, δημιουργώντας έτσι ένα ακόμα πιο αυτοματοποιημένο σύστημα.

Έλεγχος προσανατολισμού

Μία άλλη προσθήκη που θα μπορούσε να γίνει στην κατασκευή μας είναι ένα σύστημα προσανατολισμού της ανεμογεννήτριας ώστε να εκμεταλλεύεται όλη την ενέργεια του ανέμου.

Στις μικρού μεγέθους ή και μεσαίου μεγέθους ανεμογεννήτριες για τον προσανατολισμό χρησιμοποιείται καθοδηγητικό πτερύγιο (ουρά) που τόσο η επιφάνεια της ουράς όσο και η θέση της ως προς τον άξονα του πύργου επιλέγονται έτσι ώστε σε απόκλιση του ανέμου κατά το πολύ 10 μοίρες να εξασκείται ροπή επαναπροσανατολισμού του δρομέα στον άνεμο ικανή να υπερνικήσει την αντιροπή λόγω γυροσκοπικού φαινομένου.

Στις ανεμογεννήτριες μεγάλου μεγέθους χρησιμοποιείται σερβοκινητήρας ο οποίος ελέγχεται από τον ανεμοδείκτη του ανεμογράφου και που προσανατολίζει το δρομέα κάθετα στην κατεύθυνση του ανέμου. Η τοποθέτηση του δρομέα φαίνεται, φαινομενικά τουλάχιστον, να οδηγεί σε απλούστερη κατασκευή ανεμοκινητήρα γιατί δεν απαιτείται σύστημα προσανατολισμού, αλλά στην περίπτωση αυτή ο ανεμοκινητήρας είναι περισσότερο θορυβώδης στη λειτουργία του λόγω της σκίασης του πύργου πάνω στον δρομέα και επίσης δημιουργούνται αυξημένες καταπονήσεις στα πτερύγια λόγω της περιοδικότητας φορτίσεων του πτερυγίου καθώς αυτό σε κάθε περιστροφή σκιάζεται από τον πύργο.

Σύστημα πέδησης άξονα-δρομέα

Θα μπορούσε να γίνει μελέτη και εκπόνηση ενός αυτοματοποιημένου συστήματος πέδησης που θα μας επέτρεπε να ακινητοποιήσουμε τη ανεμογεννήτρια, ώστε να αποφύγουμε καταπόνηση των μερών της σε περιπτώσεις ανάγκης.

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι ακινητοποίησης του δρομέα του ανεμοκινητήρα.

- 1) Μεταβολή του βήματος του πτερυγίου ή του ακροπτερυγίου ή και ενεργοποίησης της αεροπέδης στο ακροπτερύγιο.
- 2) Στροφή του ίδιου του δρομέα ώστε να γυρίσει παράλληλα προς τον άνεμο. Αύξηση της αεροδυναμικής αντίστασης του πτερυγίου με την ενεργοποίηση αεροπέδης (τύπου spoiler).
- 3) Πέδηση του άξονα.

Είναι φανερό ότι ο προτιμότερος τρόπος ακινητοποίησης της μηχανής είναι η σταδιακή μείωση των αεροδυναμικών φορτίων στη μηχανή με παράλληλη αύξηση της αντιρροπής. Με τον τρόπο αυτό δεν αναπτύσσονται κρουστικά φορτία στη φάση πέδησης της μηχανής. Σε περίπτωση αστοχίας όμως των μηχανισμών ρύθμισης του βήματος του πτερυγίου ή των άλλων μεθόδων ρύθμισης ισχύος απαιτείται η πέδηση του άξονα του δρομέα. Η πέδηση αυτή γίνεται συνήθως με δισκόφρενο τύπου ασφαλείας αστοχίας που ενεργεί αυτόματα στον άξονα. Το δισκόφρενο αυτό συνήθως τοποθετείται στον υψηλόστροφο άξονα της μηχανής (μετά το κιβώτιο ταχυτήτων) διότι έτσι η απαιτούμενη ροπή πέδησης είναι πολύ μικρή (λόγω υψηλής γωνιακής ταχύτητας) και κατά συνέπεια το δισκόφρενο είναι μικρού κόστους. Συνήθως η πέδη αυτή είναι ηλεκτρομαγνητικού τύπου που ενεργοποιείται αυτόματα με τη διακοπή του ρεύματος, δηλαδή η πέδη παραμένει πάντα ανοικτή με τη βοήθεια ηλεκτρομαγνητών και σε περίπτωση διακοπής ρεύματος ενεργοποιείται από τα ελατήρια. Τοποθετώντας όμως την πέδη στον υψηλόστροφο άξονα υπερφορτίζουμε το κιβώτιο ταχυτήτων στη διάρκεια της πέδησης (η ακινητοποίηση της μηχανής γίνεται εντός 2 ή 3 πλήρων στροφών του δρομέα) ενώ συγχρόνως η αντικατάσταση, συντήρηση του κιβωτίου ή και η επισκευή του γίνεται προβληματική. Η τοποθέτηση του δισκόφρενου στον χαμηλόστροφο άξονα απαιτεί ογκώδες δισκόφρενο υψηλού κόστους. Το δισκόφρενο αυτό είναι συνήθως υδραυλικού τύπου, ασφαλείας αστοχίας. Στην περίπτωση χρήσης υδραυλικού δισκόφρενου αντιμετωπίζονται προβλήματα διαρροής λαδιού, λειτουργίας αισθητηρίων μέτρησης στάθμης και θερμοκρασίας λαδιού κλπ.

Για λόγους ασφάλειας της ανεμογεννήτριας, τα πτερύγια είναι συνήθως εφοδιασμένα με συστήματα αεροδυναμικής πέδησης (αερόφρενα), τα οποία διακόπτουν τη λειτουργία της μηχανής σε έκτακτες περιπτώσεις. Σε ειδικές κατασκευές εκτός από την παρουσία των αερόφρενων (π.χ. επίπεδες πλάκες κάθετες στην επιφάνεια του πτερυγίου), χρησιμοποιούνται και μικρά αλεξίπτωτα, που απελευθερώνονται φυγόκεντρικά μετά από κάποιο όριο στροφών και επιβραδύνουν την ανεμογεννήτρια.

Μεγαλύτερα πτερύγια

Όπως είπαμε και παραπάνω, το μέγεθος των πτερυγίων της ανεμογεννήτριας παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην απόδοση ισχύος. Πιο συγκεκριμένα, όσο μεγαλύτερα είναι τα πτερύγια, τόσο μεγαλύτερη η ισχύς της. Διπλασιάζοντας το μήκος των πτερυγίων, τετραπλασιάζεται η ισχύς σε κάθε ταχύτητα ανέμου.

Στην κατασκευή μας, το μήκος των πτερυγίων είναι μόλις ...cm.

Διπλασιάζοντάς το, θα είχαμε καλύτερα αποτελέσματα όσο αναφορά την ισχύ. Φυσικά, κατά την αλλαγή αυτή θα έπρεπε να σκεφτούμε κι άλλα πράγματα, όπως την αύξηση του ύψους της κολώνας της ανεμογεννήτριας κ.α.

Μεταβαλλόμενα πτερύγια

Για τη βελτίωση της συνολικής συμπεριφοράς μιας πτερωτής ανεμογεννήτριας, χρησιμοποιούνται πτερωτές μεταβλητού βήματος σε αντιδιαστολή με τις απλούστερες περιπτώσεις πτερωτών σταθερού βήματος. Η μεταβολή του βήματος μιας πτερωτής συνίσταται στην περιστροφή του πτερυγίου γύρω από το διαμήκη άξονά του, με αποτέλεσμα τη μεταβολή της γωνίας προσβολής του από τον άνεμο. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται η διατήρηση σταθερής ταχύτητας περιστροφής της ανεμογεννήτριας, η βελτιστοποίηση της αεροδυναμικής απόδοσης των πτερυγίων, ο έλεγχος της παραγόμενης ισχύος, ο περιορισμός των δυνάμεων που καταπονούν τα πτερύγια κ.α.

Θα μπορούσαμε, λοιπόν, να εξελίξουμε την κατασκευή μας με τη χρήση πτερυγίων περιστρεφόμενων γύρω από τον άξονά τους.