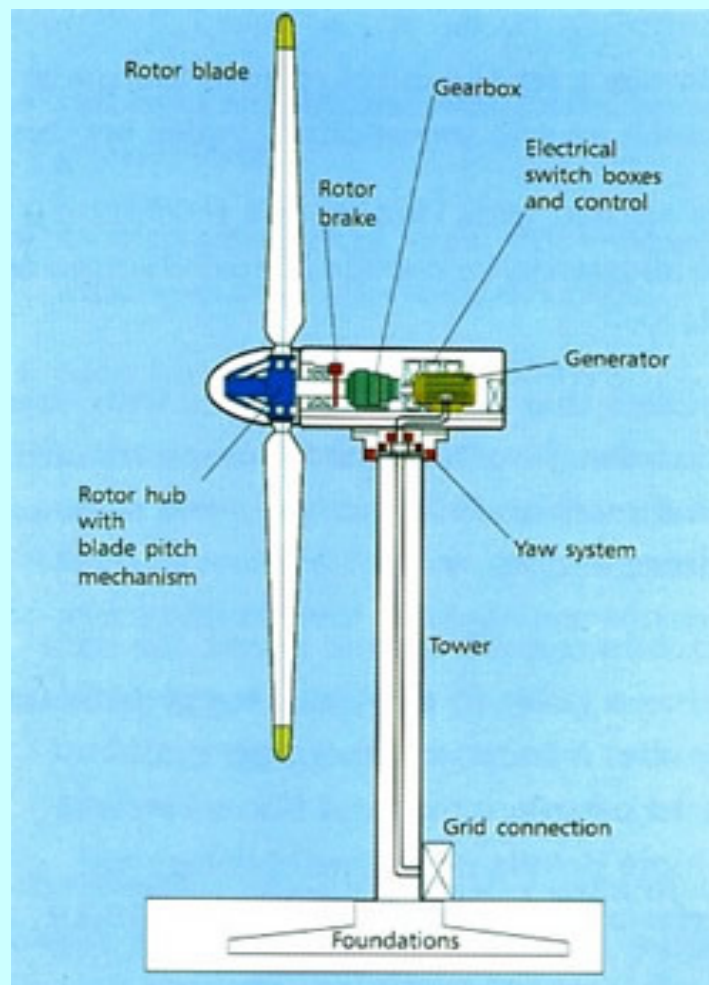


ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ



**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ : ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : ΧΑΤΖΗΚΩΣΤΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΓΟΥΡΓΟΥΛΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ**

ΝΕΑ ΜΗΧΑΝΙΩΝΑ

2012

**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ : ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : ΧΑΤΖΗΚΩΣΤΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΑΜ : 3507

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ : ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2012

Βεβαιώνεται η ολοκλήρωση της παραπάνω πτυχιακής εργασίας

Ο καθηγητής

Περίληψη

Η εργασία αυτή πραγματοποιήθηκε με σκοπό την απόκτηση μιας γενικής άποψης και εικόνας του χώρου της εξέλιξης της τεχνολογίας των ανεμογεννητριών. Χωρίζεται σε οκτώ μέρη και επτά κεφάλαια όπου μέσα από το καθένα βλέπουμε μια γενική δομή καθώς και διάφορα τεχνικά και τεχνολογικά χαρακτηριστικά.

Ξεκινώντας με μια ιστορική αναδρομή από τα βάθη του χρόνου που ο άνθρωπος κατάφερε να εκμεταλλευτεί τον πολύτιμο άνεμο σαν πηγή ενέργειας καταλήγουμε σε ανεμογεννήτριες που δεν έχουν πραγματοποιηθεί ακόμα υλικά παρά μόνο σαν εικόνα. Μέσα σ' αυτά τα πλαίσια θα επεκταθούμε στην τεχνολογία πολλών μοντέλων ανεμογεννητριών από διάφορες κατασκευαστικές εταιρίες όπως η Enercon η Gamesa η Vestas και η General Electric.

Τέλος θα αναφερθούμε στην εγκατάσταση πληθώρας από ανεμογεννήτριες διαμορφώνοντας έτσι τα λεγόμενα αιολικά πάρκα είτε είναι στη στεριά, είτε στη θάλασσα. Καταλήγουμε στο τελευταίο μέρος με μια ιδέα για τις «Ανεμογεννήτριες Του Μέλλοντος» .

Abstract

The study was made to obtain a general view and image of the area of technological development of wind turbines. Divided into eight parts and seven chapters where through each seeing a general structure as well as various technical and technological characteristics.

Starting with a historical overview from the depths of time man has managed to exploit the wind as a valuable source of energy we arrive at wind turbines which have not yet taken place material only as an image. Within this framework will be extended to many models of wind turbine technology from various manufacturing companies like Enercon Gamesa Vestas and General Electric.

Finally we mention the plethora of installing wind turbines forming so-called wind farms that are on land or sea. We conclude in last place with an idea of the "Wind Turbine of the Future."

Πρόλογος

- **Ιστορική αναδρομή**

Η αιολική ενέργεια είναι η ενέργεια του ανέμου που προέρχεται από τη μετακίνηση αερίων μαζών της ατμόσφαιρας. Ο άνθρωπος κατάλαβε πολύ νωρίς την χρησιμότητα της αιολικής ενέργειας και βρήκε διάφορους τρόπους για να την εκμεταλλευτεί από πολύ νωρίς. Η αιολική ενέργεια χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά για την κίνηση των πλοίων. Χρησιμοποιήθηκε επίσης στους ανεμόμυλους κυρίως για το άλεσμα των δημητριακών και για άντληση νερού.

Η εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας χάνεται στα βάθη της ιστορίας. Ο εγκλωβισμός, κατά τον Όμηρο, των ανέμων στον ασκό του Αιόλου δείχνει ακριβώς την ανάγκη των ανθρώπων να διαθέτουν τους ανέμους στον τόπο και στον χρόνο που οι ίδιοι θα ήθελαν. Στην Ελλάδα οι ανεμόμυλοι άντλησης νερού χρησιμοποιούνταν κυρίως στην Ανατολική Κρήτη. Οι ιστορικές και αρχαιολογικές αναφορές υποστηρίζουν ότι οι αιολικές μηχανές (ανεμόμυλοι) χρησιμοποιήθηκαν από τους αρχαίους λαούς όπως: τους Κινέζους, τους Πέρσες, και τους Αιγυπτίους. Το κύριο υλικό κατασκευής τους ήταν το ξύλο, τα πανιά καθώς και οι λιθόκτιστες κατασκευές. Στην Αίγυπτο διατηρούνται οι πέτρινες βάσεις ανεμόμυλων με ηλικία μεγαλύτερη των τριών χιλιάδων ετών ενώ ιστορικές μαρτυρίες μας πληροφορούν ότι ήδη από τον 17ο αιώνα πχ στην Βαβυλωνία είχαν δημιουργήσει σχέδιο προκειμένου να αρδεύσουν την πεδιάδα της Μεσοποταμίας με την βοήθεια της αιολικής ενέργειας.

Αρχαιολογικές ανασκαφές που έγιναν στις αρχές του 20ου αιώνα στο Αφγανιστάν έφεραν στο φως πλήθος από ανεμόμυλους κάθετου άξονα στο Σίστρα και στην περιοχή της Βακτρίας, η οποία αποικίσθηκε κυρίως από Έλληνες της Στρατιάς του Μεγάλου Αλεξάνδρου. Αργότερα τον 3ο αιώνα πχ ο Ήρων ο Αλεξανδρεύς, σχεδίασε τον πρώτο κατά πάσα πιθανότητα ανεμόμυλο οριζόντιου άξονα με τέσσερα πτερύγια.

Η χρήση των ανεμόμυλων για την άλεση των δημητριακών και την άρδευση συνεχίσθηκε στις χώρες της Ανατολής, στην Μικρά Ασία και στο Αιγαίο και κατά την Βυζαντινή εποχή. Στην Ευρώπη υπολογίζεται ότι οι ανεμόμυλοι εμφανίσθηκαν περίπου το 1200μ.Χ και μεταφέρθηκαν από τους σταυροφόρους κατά την επιστροφή τους. Κατά την εποχή του μεσαίωνα οι ανεμόμυλοι εμφανίζονται στην Ολλανδία, στην Ισπανία, στην Πορτογαλία, στη Γαλλία και στην Ιταλία. Στην Ολλανδία γύρω στο 1500μΧ οι ανεμόμυλοι χρησιμοποιήθηκαν για την άντληση των νερών από περιοχές που βρίσκονται σε χαμηλότερη στάθμη από αυτή της θάλασσας.

Ο τύπος του ανεμόμυλου που χρησιμοποιήθηκε στην Ευρώπη την εποχή του Μεσαίωνα ήταν κυρίως οριζόντιου άξονα με τέσσερα πτερύγια (περιστρεφόμενου κλωβού, περιστρεφόμενης οροφής). Οι κυρίες χρήσεις του ήταν το άλεσμα των σιτηρών, το κόψιμο του καπνού, του ξύλου και άλλων γεωργικών προϊόντων καθώς και η άντληση νερού για άρδευση ή αποξήρανση. Ένας άλλος τύπος ανεμόμυλου ο οποίος εξαπλώθηκε ιδιαίτερα κατά την εποχή της Αναγέννησης ήταν ο αργός πολύπτερος ανεμόμυλος ο οποίος χρησιμοποιείται μέχρι σήμερα για την άντληση νερού και ονομάζεται «Αμερικάνικος ανεμόμυλος».

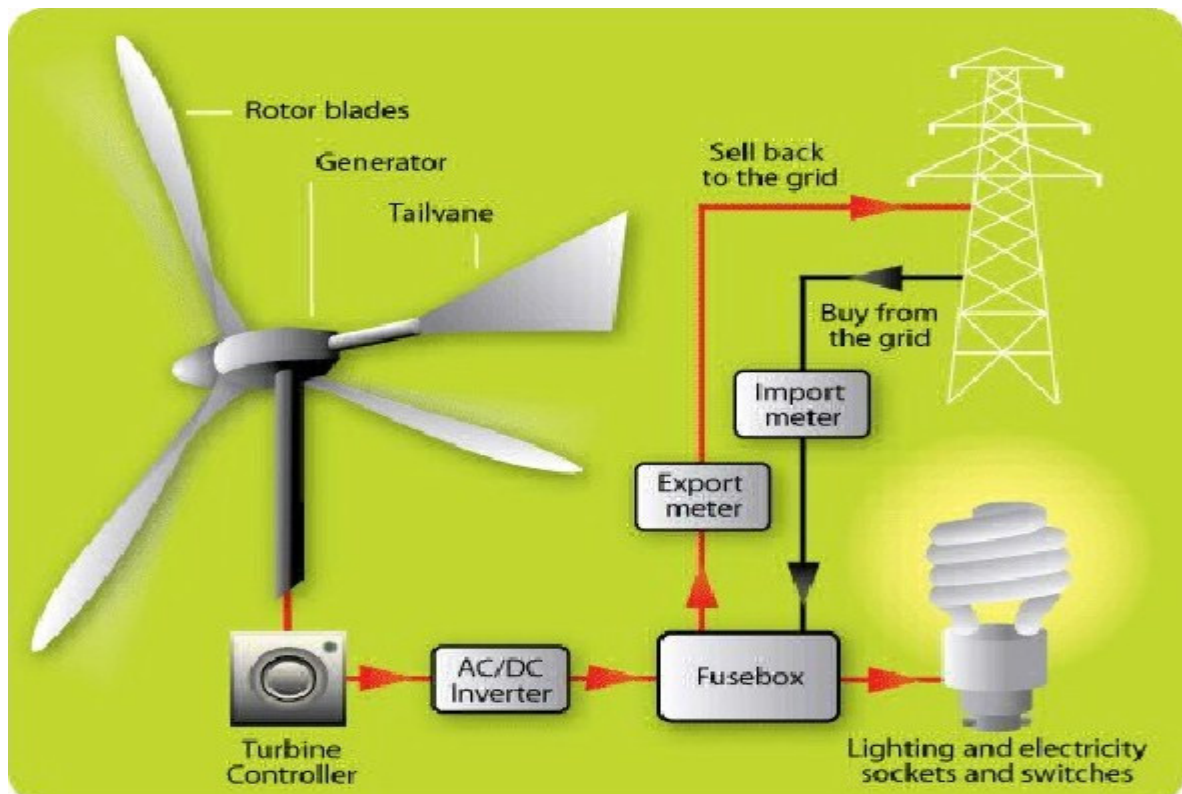
Η χρήση του ανεμόμυλου ως κινητήριας μηχανής εγκαταλείπεται μόλις στα μέσα του προηγούμενου αιώνα. Είναι η εποχή που εξαπλώνονται ραγδαία τα συμβατικά καύσιμα και ο ηλεκτρισμός, ο οποίος φτάνει ως τα πιο απομακρυσμένα σημεία. Η πετρελαϊκή κρίση στις αρχές της δεκαετίας του 70, φέρνει ξανά στο προσκήνιο τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και την αιολική ενέργεια. Στο διάστημα μέχρι σήμερα, σημειώνεται μια αλματώδης ανάπτυξη, κάτι που ενισχύεται και από την επιτακτική ανάγκη για την προστασία του περιβάλλοντος. Γίνεται πλέον συνείδηση σε όλο και περισσότερο κόσμο, πως ο άνεμος είναι μια καθαρή ανεξάντλητη πηγή ενέργειας.

Πολλές χώρες καταβάλουν προσπάθειες αρκετά χρονιά να καταφέρουν να εκμεταλλευτούν την αιολική ενέργεια. Η Δανία έχει παράδοση 50 χρόνων στο τομέα αυτό και μελετά την παραπέρα ανάπτυξη των προγραμμάτων της. Οι Δανοί είναι οι πρώτοι που παράγουν ηλεκτρισμό από τον άνεμο ενώ και στην Αμερική χρησιμοποιούνται ανεμόμυλοι μεταλλικής κατασκευής για ηλεκτροδότηση. Το 1891 λειτούργησε στη Δανία πειραματικός ανεμοκινητήρας με δυο ηλεκτρικές γεννήτριες $2 \times 9 \text{ kW}$ και διάμετρο 22,8m κάτω από την επίβλεψη του καθηγητή P.La Cour. Το 1930 κατασκευάστηκε στη Βαλτική μηχανή 100kW από τους Sabanin και Yuriev. Το 1940 κατασκευάστηκε στο Βέρμοντ των Η.Π.Α ένας πειραματικός ανεμόμυλος δυο πτερυγίων (ανεμογεννήτρια) σημαντικής ισχύος.

Στην Γαλλία έχουν εγκατασταθεί σε πρώτη φάση και λειτουργούν 200 μικροί ανεμοκινητήρες για την εξυπηρέτηση των φωτοσημάνσεων στην ναυτιλία. Στην Η.Π.Α για πρώτη φορά λειτούργησε ανεμογεννήτρια 1,25 MW στην διάρκεια του Β' παγκοσμίου πολέμου στην πολιτεία Βέρμοντ. Την περίοδο 1870 έως 1930 στο Σικάγο, το κέντρο της βιομηχανικής παραγωγής ανεμόμυλων σύμφωνα με εκτιμήσεις είχε παραγωγή έξι εκατομμυρίων (6.000.000) μονάδων. Μετά τον δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο και την τεχνολογική πρόοδο χρησιμοποιήθηκαν άλλες μορφές ενέργειας όπως η ατομική ενέργεια και η θερμική ενέργεια (μηχανή εσωτερικής καύσης) ενώ οι χαμηλές τιμές του πετρελαίου περιόρισαν το ενδιαφέρον για την αιολική ενέργεια. Η ρύπανση όμως και τα μεγάλα περιβαλλοντικά προβλήματα καθώς και οι ενεργειακές κρίσεις μας υποχρέωσαν να στρέψουμε ξανά το ενδιαφέρον μας στην αιολική ενέργεια και την κατάστρωση προγραμμάτων για την αξιοποίηση της.

- **Εφαρμογές Της Αιολικής Ενέργειας**

Τα σύγχρονα συστήματα εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας αφορούν κυρίως μηχανές που μετατρέπουν την ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική και ονομάζονται ανεμογεννήτριες. Βέβαια εκτός από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας υπάρχουν και άλλες εφαρμογές αξιοποίησης του αιολικού δυναμικού, οι οποίες περιλαμβάνουν την παραγωγή θερμότητας και την άντληση . Η πιο σημαντική χρήση των αιολικών μηχανών είναι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είτε με αυτόνομη χρήση (με τη βοήθεια συσσωρευτών), είτε σε σύνδεση με το τοπικό ηλεκτρικό δίκτυο. Για αιολική ηλεκτροπαραγωγή ο άνεμο κινητήρας συνδέεται με μία ηλεκτρογεννήτρια, σύγχρονη ή ασύγχρονη ή ακόμα και συνεχούς ρεύματος. Το ηλεκτρικό ρεύμα που παράγεται τροφοδοτεί καταναλώσεις συνεχούς ρεύματος, όπως ραδιόφωνα, τηλεοράσεις, υπολογιστές, κτλ.



Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αυτόνομα ή σε σύνδεση με το τοπικό δίκτυο.

Οι περισσότερες, όμως, ανεμογεννήτριες είναι εναλλασσόμενου ρεύματος, είτε σύγχρονες είτε ασύγχρονες, και είναι συνδεδεμένες κατά κύριο λόγο με το ηλεκτρικό δίκτυο. Οι ασύγχρονες γεννήτριες είναι οικονομικές, δεν εμφανίζουν σημαντικά προβλήματα διασύνδεσης με το τοπικό δίκτυο, αλλά δεν μπορούν να λειτουργήσουν αυτόνομα, διότι απαιτούν εξωτερική διέγερση, την οποία παίρνουν από το δίκτυο. Αντίθετα, οι σύγχρονες γεννήτριες μπορούν να λειτουργήσουν αυτόνομα, αλλά εμφανίζουν προβλήματα συνεργασίας με το ηλεκτρικό δίκτυο, λόγω της σχετικής τους ακαμψίας.

Η κλιμάκωση της παραγωγής από Α/Γ, που ισχύει σήμερα είναι:

- άνεμο κινητήρες μικρής ισχύος έως 50 KW
- ανεμοκινητήρες μέσης ισχύος 50 KW - 1 MW
- ανεμοκινητήρες μεγάλης ισχύος >1 MW

Οι αιολικές μηχανές μικρής ισχύος χρησιμοποιούνται κυρίως σε απομονωμένες περιοχές για κάλυψη αγροτικών ή κτηνοτροφικών αναγκών και συγκεκριμένα για άντληση και θέρμανση νερού, θέρμανση κατοικίας, φωτισμό και άλλες μικροεφαρμογές. Δεν είναι συνδεδεμένες σε δίκτυο και χρησιμοποιούν γεννήτρια συνεχούς ρεύματος που φορτίζει συσσωρευτές.

Η εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας με ανεμοκινητήρες μέσης και μεγάλης ισχύος μπορεί να γίνεται σε συνεργασία με δίκτυο παραγωγής και μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας.

Πιο συγκεκριμένα μπορούμε να διακρίνουμε τις εξής περιπτώσεις :

α.) λειτουργία αιολικής μηχανής για εξοικονόμηση καυσίμου.

Αυτός ο τρόπος λειτουργίας είναι ιδιαίτερα σημαντικός για τη νησιωτική Ελλάδα όπου επικρατούν ισχυροί άνεμοι και το κόστος της παραγόμενης KWh είναι ιδιαίτερα υψηλό εξαιτίας του αυξημένου κόστους του kg του καυσίμου λόγω της θαλάσσιας μεταφοράς του και του μικρού μεγέθους του σταθμού.

β.) λειτουργία αιολικής μηχανής ως σταθμού βάσης, θεωρώντας ότι η εγκατεστημένη ισχύς diesel μειώνεται.

γ.) λειτουργία αιολικής μηχανής ως αντλητικού σταθμού για αποθήκευση νερού και χρησιμοποίησή του στην υδροηλεκτρική εκμετάλλευση.

Μία τυπική εφαρμογή αιολικής ενέργειας είναι η χρήση ανεμοκινητήρων για την άρδευση του οροπεδίου του Λασιθίου της Κρήτης. Μία πιο μοντέρνα παραλλαγή εφαρμογής άντλησης είναι το σύστημα άντλησης με ανεμόμυλους που σχεδιάστηκε στον Καναδά με σκοπό άντληση νερού και κατόπιν με μεγάλη πίεση εκτόξευσή του ως τεχνητή βροχή για πότισμα. Ακόμα στις εφαρμογές άντλησης νερού μπορούν να αναφερθούν και σύγχρονα συστήματα αφαλάτωσης στα οποία ο ανεμοκινητήρας μέσω αντλιών προωθεί το θαλασσινό νερό διαμέσου μεμβρανών αντίστροφης ώσμωσης και παράγει πόσιμο νερό π.χ. Μήλος.

Όσο αφορά στην μηχανική κίνηση που παράγεται από την ενέργεια του ανέμου, μπορεί να χρησιμοποιηθεί απευθείας στην παραγωγή θερμότητας είτε με την τριβή μεταξύ στερεών είτε με την κατάθλιψη υγρών. Η θερμότητα αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για θέρμανση χώρων, θερμοκηπίων, στη βιομηχανία, στην αποξήρανση γεωργικών προϊόντων κτλ.

• Σύστημα αποθήκευσης της Αιολικής Ενέργειας

Το βασικό μειονέκτημα της αιολικής ενέργειας είναι η ασυνέχεια της παραγωγής της και η αδυναμία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας κατά βούληση με σκοπό την κάλυψη της στιγμιαίας ζήτησης. Το γεγονός αυτό δημιουργεί την ανάγκη αποθήκευσης της παραγόμενης ενέργειας ώστε να καλυφθούν οι ενεργειακές μας ανάγκες σε περιόδους άπνοιας ή σε μια προσπάθεια καλύτερης προσαρμογής της ενεργειακής ζήτησης και προσφοράς. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούμε τα συστήματα αποθήκευσης γεγονός που αυξάνει το κόστος εγκατάστασης ενώ προστίθενται επιπλέον απώλειες κατά την μετατροπή.

Το συστήματα αποθήκευσης της αιολικής ενέργειας είναι οι συστοιχίες συσσωρευτών. Αποτελούν την πιο κατάλληλη μέθοδο αποθήκευσης μικρών ποσοτήτων ενέργειας. Το μέγεθος τους και η συνδεσμολογία τους εξαρτάται από την απαιτούμενη επάρκεια ενέργειας και το είδος των καταναλώσεων. Το κόστος των συσσωρευτών είναι αρκετά μεγάλο ιδιαίτερα για συσσωρευτές μεγάλου επιτρεπόμενου αριθμού φορτίσεων - αποφορτίσεων, και απαιτείται

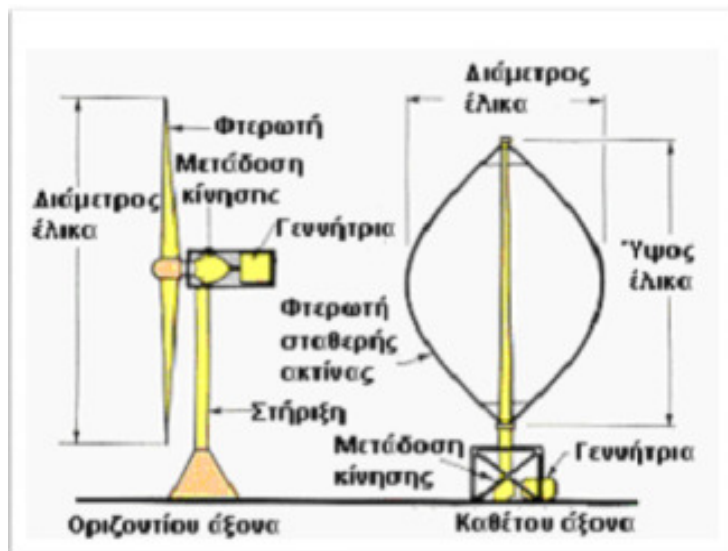
προσεκτική συντήρηση της εγκατάστασης. Σε καταναλώσεις εναλλασσόμενου ρεύματος είναι απαραίτητη η ύπαρξη ανορθωτών, μετασχηματιστών και σταθεροποιητών τάσεων και συχνότητας.

• Κατάταξη Αιολικών Μηχανημάτων και Όριο Betz

Οι αιολικές μηχανές είναι ανθρώπινες επινοήσεις που έχουν σαν σκοπό την αξιοποίηση της κινητικής ενέργειας του ανέμου. Μέχρι σήμερα έχει δοκιμαστεί πλήθος ανεμογεννητριών, χωρίς όμως να επιτευχθεί ο επιθυμητός βαθμός της εκμετάλλευσης του ανέμου. Οι μηχανές κατατάσσονται σε μηχανές οριζόντιου και κατακόρυφου άξονα, σε αργόστροφες και ταχύστροφες, σε πολυπτέρυγες και ολιγοπτέρυγες, σε μικρές - μεσαίες- μεγάλες. Συνήθως τις Αιολικές μηχανές τις ξεχωρίζουμε μεταξύ τους από τον αριθμό των πτερυγίων της πτερωτής τους, από το αν έχουν οριζόντιο ή κατακόρυφο άξονα περιστροφής και φυσικά από την απόδοση τους, η οποία εκφράζεται από τον συντελεστή ισχύος C_p που είναι ο λόγος της μηχανικής ισχύος P_g της Αιολικής μηχανής προς την διαθέσιμη ισχύ του ανέμου που διαπερνά κάθετα την επιφάνεια σάρωσης της πτερωτής της αιολικής μηχανής :

$$\text{Συντελεστής ισχύος : } C_p = 2P_g / \rho AV^3$$

Ο συντελεστής αυτός εκφράζει την ικανότητα εξαγωγής έργου μιας αιολικής μηχανής και είναι πάντοτε μικρότερος από το όριο του Betz. Συγκεκριμένα ο Betz απέδειξε ότι η μέγιστη ηλεκτρική ενέργεια που μπορεί να παράγει μια ανεμογεννήτρια ισούται το πολύ με τα $(16/27)$ της διαθέσιμης αιολικής ισχύος . Η τιμή του C_p είναι πάντοτε μικρότερη από το όριο του Betz ($C_p = 0.59$) γεγονός που οφείλεται στον σχηματισμό στροβίλων και τη δημιουργία μηχανικών τριβών κατά την περιστροφή της φτερωτής .



Ανεμογεννήτριες οριζοντίου και κάθετου άξονα

Οι μηχανές οριζοντίου άξονα αποτελούνται κατά κύριο λόγο από:

- Την πτερωτή
- Τον άξονα κίνησης
- Το κιβώτιο μετάδοσης
- Τα συστήματα πέδησης
- Το σύστημα προσανεμισμού
- Την ηλεκτρική γεννήτρια
- Τον πύργο στήριξης

Οι μηχανές κατακόρυφου άξονα αποτελούν τους πλέον ανταγωνιστικούς ανεμοκινητήρες και είναι εφοδιασμένες με:

- Αυτόματο προσανατολισμό στη διεύθυνση του ανέμου
- Σύστημα μετάδοσης της κίνησης στο έδαφος

Οι μηχανές του κατακόρυφου άξονα έχουν μικρότερο αεροδυναμικό βαθμό απόδοσης και προβλήματα κατά την εκκίνηση τους.

- **Απόδοση των αιολικών μηχανών**

Στην πραγματικότητα ο συντελεστής απόδοσης μιας αιολικής μηχανής είναι κατά πολύ μικρότερος από το όριο του Betz. Ο συντελεστής αυτός μεταβάλλεται ανάλογα με τον τύπο της αιολικής μηχανής και το λόγο ταχύτητας του ακροπερυγίου

$$\lambda = \omega R / V$$

όπου : **V** είναι η ταχύτητα του ανέμου (m/s)

R είναι η ακτίνα της φτερωτής (m)

ω είναι η γωνιακή ταχύτητα της φτερωτής (rad/s)

Η πραγματική ισχύς που παίρνουμε τελικά από μία αιολική μηχανή εξαρτάται και από την απόδοση του καθενός από τα υποσυστήματα που απαρτίζουν την αιολική μηχανή . Στην περίπτωση παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από μία αιολική μηχανή ' ένα αυτόνομο σύστημα παραγωγής ενέργειας , η ισχύς P_m που παίρνουμε από την ιολική μηχανή μπορεί να γραφεί:

$$P_m = C_p \ n_1 \ n_2 \ n_3 \ P_\delta$$

όπου:

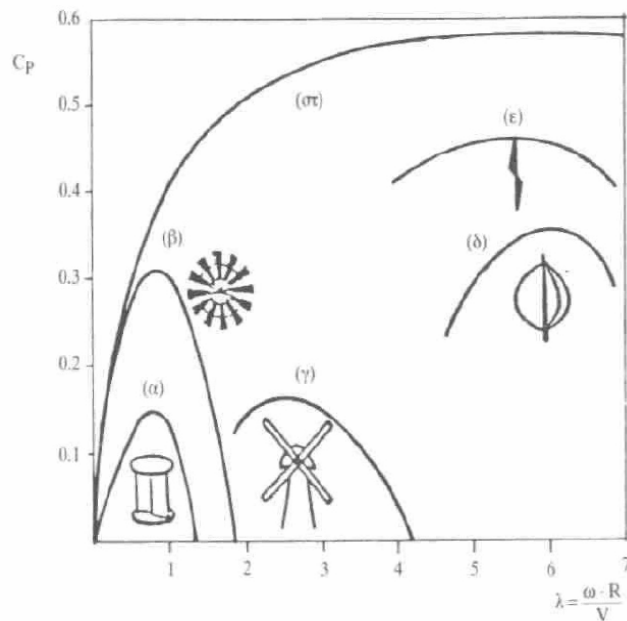
n_1 είναι η απόδοση του πολλαπλασιαστή της τάσης

n_2 είναι η απόδοση της γεννήτριας

n_3 είναι η απόδοση των συσσωρευτών

P_δ είναι η διαθέσιμη ισχύς του ανέμου ($\rho A V^3 / 2$)

Στο παρακάτω σχήμα δίνονται τυπικές καμπύλες του συντελεστή ισχύος, για διάφορα είδη ανεμοκινητήρων. Φαίνεται καθαρά ότι οι σύγχρονοι ανεμοκινητήρες υπερέχουν των παραδοσιακών, διότι παρουσιάζουν μεγαλύτερους συντελεστές ισχύος και μάλιστα σε μεγάλες τιμές καταστάσεως λειτουργίας (μεγάλη περιφερειακή ταχύτητα του δρομέα). Να σημειωθεί ότι ο μέγιστος συντελεστής ισχύος ανεμοκινητήρα είναι στην ιδανικότερη των περιπτώσεων περίπου 59% .



Τυπικές καμπύλες του συντελεστή ισχύος

• Καμπύλη ισχύος αιολικής μηχανής

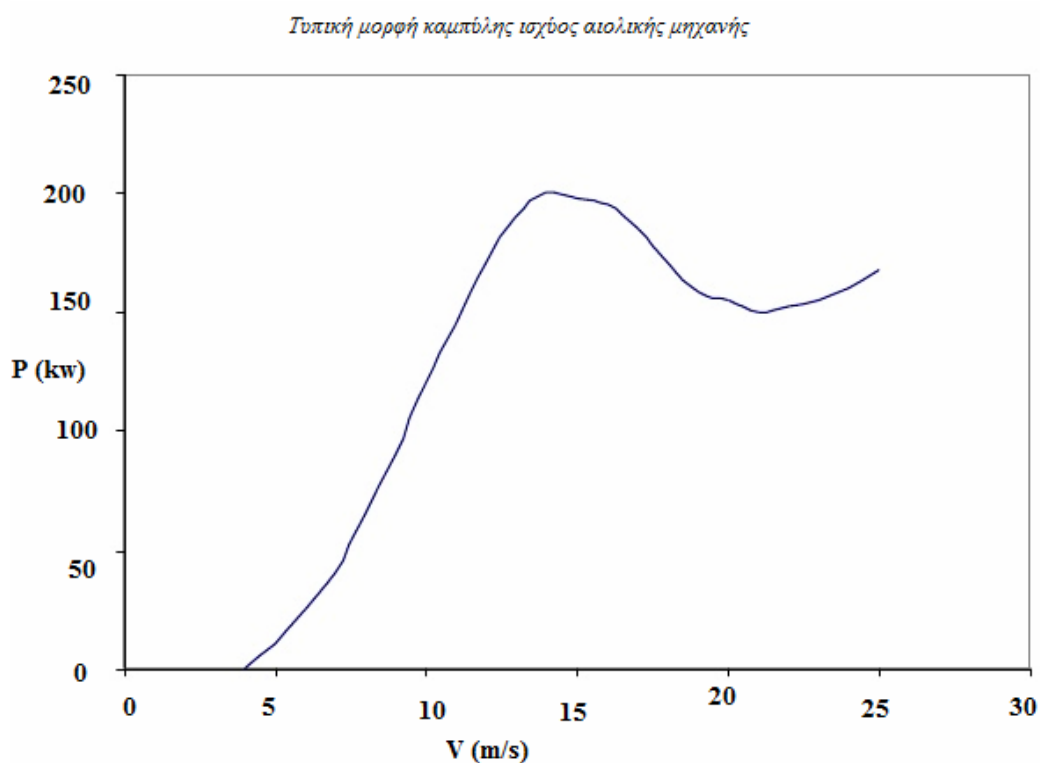
Η απόδοση μιας αιολικής μηχανής μεταβάλλεται στα διάφορα πεδία ταχυτήτων του ανέμου. Έτσι για κάθε αιολική μηχανή υπάρχουν τρεις χαρακτηριστικές τιμές της ταχύτητας του ανέμου, η ταχύτητα έναρξης λειτουργίας (V_{in}), η ονομαστική ταχύτητα λειτουργίας (V_r) και η ταχύτητα αποκοπής (V_{out}).

Η αιολική μηχανή παρουσιάζει απώλειες λόγω τριβών σε όλα τα κινούμενα μέρη της. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να αποδίδει ισχύ μόνο όταν η ταχύτητα του ανέμου ξεπεράσει μία ορισμένη τιμή χαρακτηριστική για κάθε μηχανή. Η ταχύτητα αυτή λέγεται "ταχύτητα έναρξης λειτουργίας" (V_{in}). Επομένως για τιμές της ταχύτητας του ανέμου μικρότερες από την ταχύτητα έναρξης λειτουργίας η αιολική μηχανή δεν αποδίδει ενέργεια και συνεπώς δεν έχουμε αξιοποίηση της ισχύος του ανέμου.

Για τιμές της ταχύτητας του ανέμου μεγαλύτερες από την ταχύτητα έναρξης λειτουργίας έχουμε μια συνεχή αύξηση της ωφέλιμης ισχύος της μηχανής μέχρις ότου η ταχύτητα του ανέμου πάρει την τιμή (V_r) πέρα από την οποία ενεργοποιείται σύστημα που διατηρεί σταθερή την παρεχόμενη από την ανεμογεννήτρια ισχύ (ονομαστική ισχύς της αιολικής μηχανής). Η ταχύτητα (V_r) ονομάζεται ονομαστική ταχύτητα και είναι χαρακτηριστική για κάθε μηχανή.

Σε πολύ υψηλές ταχύτητες ανέμου η αιολική μηχανή τίθεται εκτός λειτουργίας για λόγους ασφαλείας. Η ταχύτητα του ανέμου πέρα από την οποία η αιολική μηχανή τίθεται εκτός λειτουργίας ονομάζεται "ταχύτητα αποκοπής" (V_{max}). Συνεπώς για ταχύτητες ανέμου μεγαλύτερες από (V_{max}) η ισχύς του ανέμου παραμένει και πάλι αναξιοποίητη.

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η τυπική μορφή που παρουσιάζει η καμπύλη απόδοσης μιας αιολικής μηχανής . Πιο συγκεκριμένα το σχήμα αυτό παριστάνει την καμπύλη απόδοσης μιας ανεμογεννήτριας 200 kw που έχει ταχύτητα έναρξης λειτουργίας 4 m/sec , ταχύτητα αποκοπής 25 m/sec και ονομαστική ταχύτητα λειτουργίας 16 m/sec .

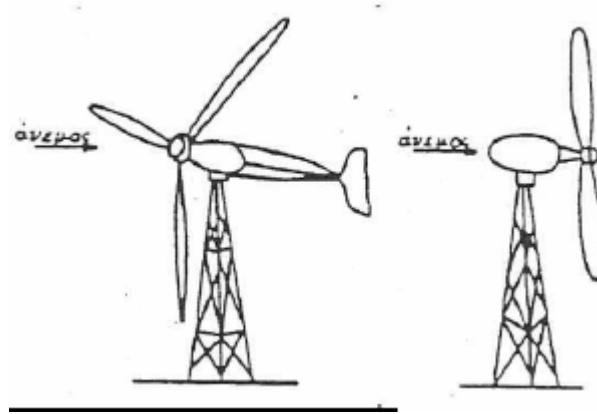


• Μηχανές Οριζόντιου Άξονα Περιστροφής

Οι αιολικές μηχανές οριζόντιου άξονα ταξινομούνται:

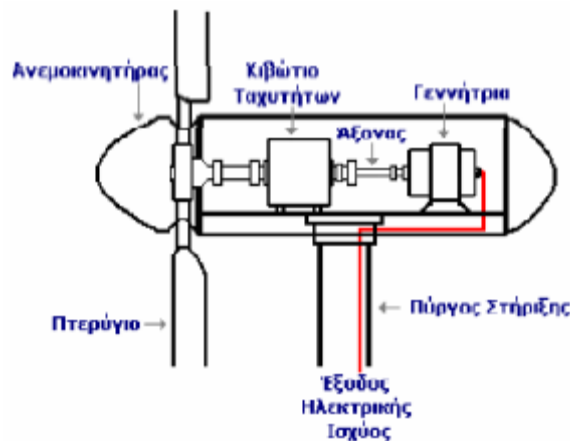
- Στους κλασικούς παραδοσιακούς ανεμόμυλους
- Στις αργές αιολικές μηχανές (12-24 πτερύγια)
- Στις γρήγορες αιολικές μηχανές (2-4 πτερύγια)

Σε άλλους τύπους αιολικών μηχανών : μονόπτερη αιολική μηχανή, αιολική μηχανή με χωνί διάχυσης , πτερωτή με μικρές εγκάρσιες επιφάνειες στα άκρα των πτερυγίων.



Τύποι γρήγορων αιολικών μηχανών

Τα βασικά μέρη μιας ανεμογεννήτριας οριζοντίου άξονα είναι ο πύργος στηρίξεως, η πτερωτή, ο άξονας περιστροφής, το σύστημα μετάδοσης της κίνησης, το σύστημα ελέγχου της ανεμογεννήτριας, η ηλεκτρική γεννήτρια καθώς και το σύστημα προσανεμισμού της μηχανής.



Βασικά μέρη ανεμογεννήτριας οριζοντίου άξονα

Τα κυριότερα σημεία που πρέπει να μελετηθούν στην κατασκευή μιας ανεμογεννήτριας ή ανεμοκινητήρα οριζοντίου άξονα είναι :

1. Σχεδιασμός της πτερωτής

Στο σχεδιασμό της πτερωτής αναζητείται ο βέλτιστος συνδυασμός μεταξύ :

- Του πλάτους των πτερυγίων
- Της αεροτομής
- Της συστροφής
- Του γεωμετρικού βήματος
- Του αριθμού των πτερυγίων

Η επιλογή του πλήθους των πτερυγίων σχετίζεται με την αεροδυναμική φόρτιση των πτερυγίων, με τον βαθμό απόδοσης τους, με το κόστος κατασκευής καθώς και με θέματα αντοχής και συντονισμού λόγω ταλαντώσεων.

2. Αντοχή των υλικών κατασκευής των πτερυγίων.

Για την αντοχή των υλικών των πτερυγίων πρέπει να γίνει:

- Μελέτη των τάσεων & ταλαντώσεων των πτερυγίων
- Εύρεση των καταλλήλων υλικών
- Εύρεση τρόπων κατασκευής

Η πτερωτή της ανεμογεννήτριας αποτελείται από τα πτερύγια τα οποία είναι κατασκευασμένα συνήθως από ελαφριά κράματα μετάλλων όπως ενισχυμένος πολυεστέρας αλλά και από ξύλο σε συνδυασμό με ρητίνες. Μια τυπική μέθοδος κατασκευής πτερυγίων ανεμογεννήτριας βασίζεται στη συνδυασμένη χρήση χάλυβα και πλαστικού, όπου το κεντρικό τμήμα χαλύβδινο τμήμα απορροφά τα καμπτικά και στρεπτικά φορτία ενώ χρησιμοποιούνται πλαστικά κελύφη για να επιτύχουμε την ιδανική αεροδυναμική μορφή στα πτερύγια.

3. Συμπεριφορά της πτερωτής στην εκκίνηση ,επιβράδυνση

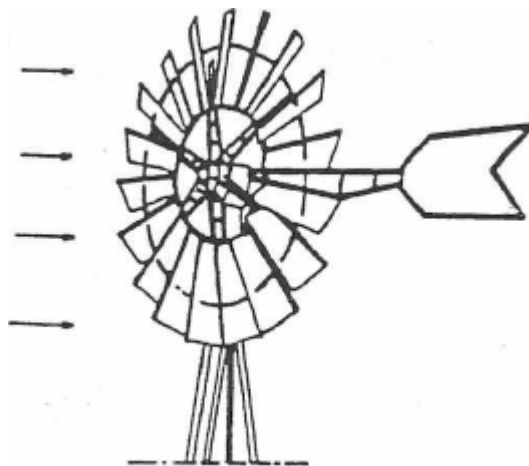
Για λόγους ασφαλείας της ανεμογεννήτριας, τα πτερύγια είναι συνήθως εφοδιασμένα με σύστημα αεροδυναμικής πέδησης (αερόφρενα) τα οποία διακόπτουν τη λειτουργία της μηχανής σε έκτακτες περιπτώσεις.

4. Ρύθμιση του βήματος των πτερυγίων

Αυτή γίνεται για τους εξής λόγους :

- Για τον περιορισμό της ισχύος όταν επικρατούν ταχύτητες ανέμου μεγαλύτερες από την ονομαστική ταχύτητα V_r
- Για τη διατήρηση σταθερών στροφών
- Για να μπορούμε με αλλαγή του βήματος να έχουμε τη βέλτιστη απόδοση σε διαφορετικά πεδία ταχυτήτων του ανέμου
- Για τον καθορισμό του βήματος που αντιστοιχεί στη μέγιστη ροπή

Για την βελτίωση δηλαδή της συνολικής συμπεριφοράς της πτερωτής χρησιμοποιούνται πτερωτές μεταβλητού βήματος. Η μεταβολή του βήματος μιας πτερωτής γίνεται με την περιστροφή του πτερυγίου γύρω από τον διαμήκη άξονα με αποτέλεσμα τη μεταβολή της γωνίας προσβολής τους από τον άνεμο. Έτσι επιτυγχάνεται η διατήρηση σταθερής ταχύτητας περιστροφής της ανεμογεννήτριας, η βελτίωση της αεροδυναμικής απόδοσης των πτερυγίων, ο έλεγχος της παραγόμενης ισχύος και ο περιορισμός των δυνάμεων που καταπονούν τα πτερύγια.

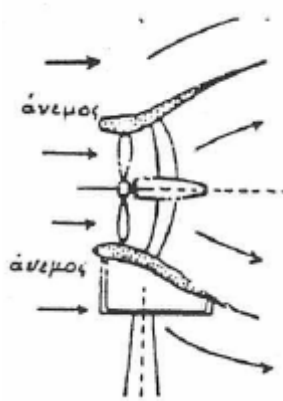


Τύπος αμερικάνικου ανεμόμυλου οριζόντιου άξονα

5. Προσανατολισμός - προσανεμισμός της πτερωτής.

Ο προσανατολισμός επιτυγχάνεται κυρίως με :

- Καθοδηγητικό πτερύγιο
- Με αυτόματο έλεγχο μέσω ενός αισθητηρίου οργάνου και ενός σερβομηχανισμού που περιστρέφει την άτρακτο της μηχανής με τη βοήθεια οδοντωτής περιστροφής.



Με χωνί διάχυσης

6. Μελέτη αυτοματισμών σε σχέση με την ταχύτητα έναρξης λειτουργίας και την ταχύτητα εξόδου.

- Στις περιπτώσεις αυτές θα πρέπει να μελετηθεί το βήμα των πτερυγίων . Η μεταβολή αυτή του βήματος των πτερυγίων επιτυγχάνεται με :
- Υδραυλικά- μηχανικά- ηλεκτρικά συστήματα
- Ηλεκτρικά συστήματα
- Συστήματα με αντίβαρα
- Συστήματα με ελαστικά έδραση των πτερυγίων

7. Προσδιορισμός του ύψους από το έδαφος του άξονα της πτερωτής

Η αύξηση του ύψους είναι ευθέως ανάλογη του κόστους εγκατάστασης ,αλλά συγχρόνως και της παραγόμενης ισχύος . Εκείνο που καθορίζει βασικά το ύψος είναι η τραχύτητα του εδάφους και τα εμπόδια στην ροή του αέρα.

8. Σχεδιασμός της πλήμνης

Η πλήμνη αποτελεί το δεύτερο συστατικό της πτερωτής (δρομέα) και περιλαμβάνει το μέρος εκείνο της ανεμογεννήτριας πάνω στο οποίο προσαρμίζονται τα πτερύγια.

9. Μελέτη κατασκευής του άξονα

Ο άξονας της ανεμογεννήτριας κατασκευάζεται από ειδικό ενισχυμένο χάλυβα ώστε να μεταφέρει ισχυρές μη μόνιμες ισχυρές στρεπτικές και καμπτικές ροπές ενώ η έδραση του γίνεται συνήθως σε δύο ένσφαιρα έδρανα ικανά να παραλαμβάνουν το βάρος του άξονα και τα φορτία που του ασκούνται.

10. Η κατασκευή η θεμελίωση και η επίδραση του πύργου στήριξης στην ροή του αέρα.

Ο πύργος στήριξης πρέπει να συνδυάζει το κατάλληλο αεροδυναμικό σχήμα με την σταθερότητα και αντοχή της κατασκευής. Αποτελείται από μεταλλικό δικτύωμα ή από στήλη μπετόν ή από μεταλλικό σωλήνα για τις μεγαλύτερες ανεμογεννήτριες. Το ελάχιστο ύψος του πύργου στήριξης είναι συνήθως ίσο με την διάμετρο της πτερωτής ενώ για την επιλογή του λαμβάνουμε υπόψη το κόστος κατασκευής και θεμελίωσης. Όταν ο πύργος στήριξης είναι καλά σχεδιασμένος , η επίδραση στην ροή του αέρα, που έχει σαν συνέπεια την μείωση της απόδοσης του συστήματος και τις ταλαντώσεις των πτερυγίων, είναι μικρή.



Θεμελίωση πύργου





Εδραίωση πύργου



Τοποθέτηση μηχανής και έλικα



11. Η μορφή του πεδίου ροής πίσω από την πτερωτή.

Η μελέτη αυτή έχει πρακτικό ενδιαφέρον ,γιατί φανερώνει την επίδραση του ανεμοκινητήρα στο περιβάλλον ,καθώς και την αλληλεπίδραση ανεμοκινητήρων που βρίσκονται σε σειρά.

12. Η δυνατότητα τοποθέτησης πολλών Αιολικών μηχανών σε σειρές.

Στην περίπτωση αυτή απαιτείται μελέτη για τον προσδιορισμό της ελάχιστης απόστασης που πρέπει να έχουν μεταξύ τους οι Αιολικές μηχανές.



Αιολικό πάρκο

13. Ηλεκτρικές γεννήτριες

Οι ηλεκτρικές γεννήτριες χρησιμοποιούνται για την μετατροπή της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική καθώς και τα συστήματα αυτοματισμού. Για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιούμε σύγχρονες και ασύγχρονες γεννήτριες εναλλασσόμενου ρεύματος.

Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα βασικά μέρη μιας ανεμογεννήτριας και οι δυνατοί έλεγχοι της. Από τα εφαρμοζόμενα συστήματα ελέγχου, ο πλέον σημαντικός είναι ο έλεγχος του βήματος της έλικας, ενώ όσον αφορά το κιβώτιο ταχυτήτων (gearbox) εκεί επιδιώκεται η απόσβεση των απότομων μεταβολών της ροπής.



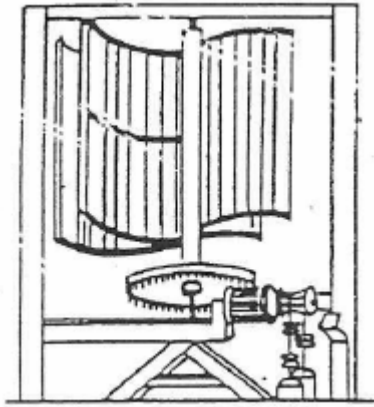
Διάγραμμα ροής σημάτων λειτουργίας και ελέγχου ανεμογεννήτριας

Γενικά, η υφιστάμενη τάση είναι ο περιορισμός και η απλούστευση του μηχανικού μέρους και η αντιμετώπιση των προβλημάτων ελέγχου με το ηλεκτρονικό τμήμα της ανεμογεννήτριας. Με την συνδρομή της σύγχρονης τεχνολογίας ο έλεγχος ισχύος μέσω ηλεκτρονικών είναι ακριβέστερος, ταχύτερος και πιο αξιόπιστος σε σχέση με τα μηχανικά συστήματα.

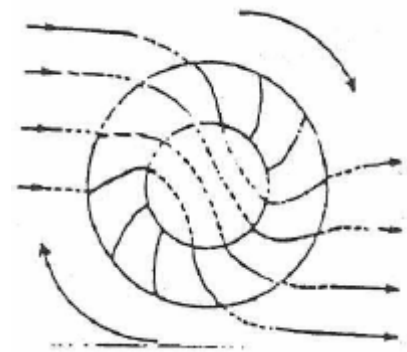
• Μηχανές Κάθετου Άξονα Περιστροφής

Οι πρώτοι ανεμόμυλοι που εμφανίστηκαν τον 7ο π.Χ. αιώνα ήταν κατακόρυφου άξονα περιστροφής. Εδώ θα αναφέρουμε επιγραμματικά τους κυριότερους από αυτούς.

1. Στην πρώτη ομάδα Αιολικών μηχανών κατακόρυφου άξονα ανήκουν:
 - Το κυπελλοφόρο ανεμόμετρο (μόνο θεωρητικά θα μπορούσε να παράγει ενέργεια)
 - Το πανεμόνιο (Τα πτερύγια του είναι λίγο ως πολύ ημικυλινδρικά)
 - Η μηχανή του Lafond.
 - Η Αιολική μηχανή του Savonius.



Πανεμόνιο



Μηχανή τύπου Lafond



Μηχανή τύπου Savonius

2. Στην δεύτερη ομάδα Αιολικών μηχανών κατακόρυφου άξονα ανήκουν μηχανές με σταθερά πτερύγια , οι οποίες είναι γνωστές με το όνομα τύπου Darrieus.

3. Άλλοι τύποι Αιολικών μηχανών κατακόρυφου άξονα είναι :

- Προφυλαγμένες μηχανές
- Μηχανές με περιστρεφόμενα πτερύγια
- Μηχανές τύπου tornado.

Οι μηχανές κατακόρυφου άξονα εμφανίζουν το σημαντικό πλεονέκτημα της αυτόματης προσαρμογής στη διεύθυνση του ανέμου και αποτελούν απλές κατασκευές. Οι πιο γνωστοί τύποι μηχανών κατακόρυφου άξονα είναι οι μηχανές τύπου «Darrieus» και «Savonius». Οι ανεμογεννήτριες κατακόρυφου άξονα περιστρέφονται γύρω από άξονα τους ο οποίος είναι κάθετος στην διεύθυνση του ανέμου. Έχουν καλή αεροδυναμική απόδοση, ανεξαρτησία ως προς την διεύθυνση του ανέμου, χαμηλό κόστος κατασκευής και σχετικά απλά συστήματα ελέγχου.

Τα πτερύγια των μηχανών αυτών είναι δύο ή τρία και δεν παρέχεται η δυνατότητα ρύθμισης της γωνίας προσβολής και κατά συνέπεια η καλύτερη αεροδυναμική συμπεριφορά της μηχανής. Τα πτερύγια κατασκευάζονται από κράματα αλουμινίου και έχουν σχοινοειδή μορφή, είναι συμμετρικής διατομής, σταθερής χορδής και χωρίς συστροφή.

Η γεννήτρια τους τοποθετείται κατά κανόνα στο έδαφος και με αυτό τον τρόπο διευκολύνεται η συντήρηση του συστήματος. Λόγο των υψηλών ταχυτήτων εκκίνησης ιδιαίτερα στα μεγάλα συστήματα χρησιμοποιείται βοηθητικός κινητήρας για την εκκίνηση.

Το σύστημα μετάδοσης της κίνησης είναι τοποθετημένο κατακόρυφα. Ο δρομέας στηρίζεται σε δύο έδρανα. Η μηχανή διατηρείται σε κατακόρυφη θέση με την βοήθεια ενταντήρων οι οποίοι συνδέουν την κορυφή του άξονα της μηχανής με το έδαφος.

Η έδραση του δρομέα, το κιβώτιο πολλαπλασιασμού των στροφών, ο ελαστικός σύνδεσμος για την απόσβεση των στρεπτικών ταλαντώσεων, το σύστημα πέδησης και το κέλυφος προστασίας των μηχανισμών δεν διαφέρει ιδιαίτερα από αυτά των μηχανών οριζοντίου άξονα.

Κεφάλαιο 1

Ανεμογεννήτριες GAMESA

Η Gamesa είναι και αυτή μια εταιρεία που επιλέγεται από τους επενδυτές για τον εξοπλισμό των αιολικών σταθμών στη χώρα μας. Η Gamesa κατασκευάζει ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα τριπτέρυγες. Σήμερα στην Ελλάδα έχει εγκατασταθεί σημαντικός αριθμός ανεμογεννητριών της Gamesa. Για την καλύτερη απόδοση των ανεμογεννητριών της και τον περιορισμό των φορών των μηχανικών μερών τους η Gamesa τις εξοπλίζει με σύστημα μεταβολής του βήματος και της ταχύτητας. Τα πτερύγια της είναι πολύ ελαφριά, κατασκευασμένα από ίνες γυαλιού. Έχουν αεροδυναμικό σχεδιασμό και είναι εξοπλισμένα με σύστημα ελέγχου των εκπομπών θορύβου Gamesa NRS. Οι ανεμογεννήτριες της Gamesa είναι εξοπλισμένες με σύστημα Gamesa SGIPE: σύστημα απομακρυσμένης παρακολούθησης και ελέγχου με πρόσβαση Web.

Η Gamesa ολοκληρώνει τον έλεγχο των λειτουργιών των ανεμογεννητριών της με το δηλωτικό σύστημα συντήρησης SMP-8C. Το σύστημα αυτό επιτρέπει την έγκαιρη ανίχνευση των πιθανών δυσλειτουργιών στα κύρια τμήματα της ανεμογεννήτριας και ολοκληρώνει κατά κάποιο τρόπο τον έλεγχο της μηχανής. Ο έλεγχος του θορύβου επιτυγχάνεται από τον αεροδυναμικό σχεδιασμό των πτερυγίων σε συνδυασμό με τον μηχανικό σχεδιασμό τους και με την βοήθεια του συστήματος Gamesa NRS που προγραμματίζει τις εκπομπές θορύβου. Στις επόμενες παραγράφους περιγράφεται η τεχνολογία που χρησιμοποιεί η Gamesa στις ανεμογεννήτριες της.

- **Προσανεμισμός, φρένο και γεννήτρια των ανεμογεννητριών της Gamesa**

Η Gamesa ακολουθεί τον ίδιο σχεδιασμό σε όλες της ανεμογεννήτριες της. Όλες οι ανεμογεννήτριες της είναι εφοδιασμένες με σύστημα μεταβολής βήματος και ταχύτητας, υδραυλικό φρένο διακοπής της λειτουργίας της σε ακραίες συνθήκες ανέμου και γεννήτρια διπλής

τροφοδότησης (DFM). Η Gamesa κατασκευάζει τις G52-850kW, G58-850kW, G80-2.0MW, G83-2.0MW, G87-2.0MW και G90-2.0MW ανεμογεννήτριες

Στις ανεμογεννήτριες της Gamesa ο κύριος μηχανισμός μαζί με τον κεντρικό άξονα υποστηρίζονται από δύο σφαιρικούς προσανεμισμούς που μεταφέρουν τα φορτία αμέσως στην επιφάνεια διαμέσου του περιβλήματος του προσανεμισμού. Με τον τρόπο αυτό κατάφεραν να εμποδίσουν τα φορτία που λαμβάνονται από το κιβώτιο ταχυτήτων, να περιορίσουν τις φθορές και να διευκολύνουν την συντήρηση των ανεμογεννητριών τους.

Άλλος ένας τρόπος της Gamesa για να περιορίσει τις φθορές των ανεμογεννητριών της είναι το αεροδυναμικό πρωτεύων φρένο που το χρησιμοποιεί για να διακόψει την λειτουργία της ανεμογεννήτριας σε ακραίες συνθήκες ανέμου. Το δισκόφρενο αυτό που ενεργοποιείται υδραυλικά είναι τοποθετημένο πάνω στο άξονα υψηλής ταχύτητας του κιβωτίου ταχυτήτων.

Η γεννήτρια που εξοπλίζει η Gamesa τις ανεμογεννήτριες της είναι γεννήτρια διπλής τροφοδοσίας (DFM) με δυνατότητα ελέγχου της ταχύτητας και της ισχύς της. Ο έλεγχος της ταχύτητας και της ισχύς των ανεμογεννητριών της Gamesa ελέγχεται από IGBT ελεγκτές και ο ηλεκτρονικός της έλεγχος γίνεται με το σύστημα PWM (Pulse Width Modulation) σύστημα ρύθμισης του πλάτος των παλμών. Με τον έλεγχο της ταχύτητας και της ισχύς της γεννήτριας η Gamesa πέτυχε την αύξηση της απόδοσης των ανεμογεννητριών της, συνεπώς και την αύξηση της παραγωγής ενέργειας με ελάχιστες απώλειες αλλά και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής της ανεμογεννήτριας.

• Έλεγχος των εκπομπών θορύβου των μηχανών της Gamesa

Η μείωση των εκπομπών θορύβου των ανεμογεννητριών της Gamesa επιτυγχάνεται με τον αεροδυναμικό σχεδιασμό της πτερωτής και των μηχανικών μερών της. Εκτός όμως από τον αεροδυναμικό σχεδιασμό των ανεμογεννητριών η Gamesa έχει αναπτύξει το Gamesa NSR σύστημα ελέγχου των εκπομπών θορύβου που επιτρέπει τον προγραμματισμό της λειτουργίας της ανεμογεννήτριας. Ο προγραμματισμός του συστήματος αυτού βασίζεται σε κριτήρια όπως η ημερομηνία, ο χρόνος ή η κατεύθυνση του ανέμου. Με το σύστημα αυτό και προγραμματίζοντας την λειτουργία της ανεμογεννήτριας η Gamesa μπόρεσε να περιορίσει τις εκπομπές θορύβου στα όρια που ορίζονται από τους τοπικούς κανονισμούς αλλά και να μειώσει τις φθορές στα μηχανικά μέρη των ανεμογεννητριών της από τους κραδασμούς.

- **Σύστημα Gamesa SGIPE**

Το σύστημα Gamesa SGIPE είναι ένα σύστημα ελέγχου του ανέμου της Gamesa. Το σύστημα αυτό αναπτύχθηκε από την Gamesa και επιτρέπει τον χειρισμό και τον απομακρυσμένο έλεγχο των ανεμογεννητριών. Αποτελείται από μετεωρολογικό στύλο και ηλεκτρικό υποσταθμό. Ο μετεωρολογικός στύλος και ο ηλεκτρικός υποσταθμός ελέγχονται μέσω δορυφορικού χερσαίου δικτύου. Ο ρυθμιστής του συστήματος σχεδιάστηκε με εργαλεία επεξεργασίας και ελέγχου της ισχύς και του θορύβου. Η μορφή του είναι τύπου TCP/IP μαζί με μια επιφάνεια επέμβασης Web. Με το σύστημα αυτό μπορούμε από το έδαφος να παίρνουμε πληροφορίες για τις συνθήκες που επικρατούν κατά την λειτουργία της ανεμογεννήτριας και να επεμβαίνουμε όταν αυτό κρίνεται απαραίτητο.

- **Δηλωτικό σύστημα συντήρησης SMP-8C της Gamesa**

Το δηλωτικό σύστημα συντήρησης SMP-8C της Gamesa δίνει πολλά πλεονεκτήματα στις ανεμογεννήτριες της. Με το σύστημα αυτό που αναπτύχθηκε από τη Gamesa μπορεί να ανιχνεύονται οι πιθανές φθορές ή η μη σωστή λειτουργία της ανεμογεννήτριας σε κάποιο από τα μηχανικά μέρη της. Με το σύστημα SMP-8C η Gamesa ολοκληρώνει τον έλεγχο των ανεμογεννητριών της καθώς κάθε στιγμή μπορεί να επεμβαίνει στη λειτουργία τους και να την διορθώνει. Με το σύστημα αυτό η Gamesa κατάφερε να ελαττώσει τις μεγάλες διορθωτικές μετρήσεις, να αυξήσει την ικανότητα των ανεμογεννητριών της αλλά και την διάρκεια ζωής τους και το σπουδαιότερο να ολοκληρώσει τον έλεγχο της λειτουργίας τους.

- **Η G52- 850kW Αποδοτική στους μέτριους και ισχυρούς ανέμους.**

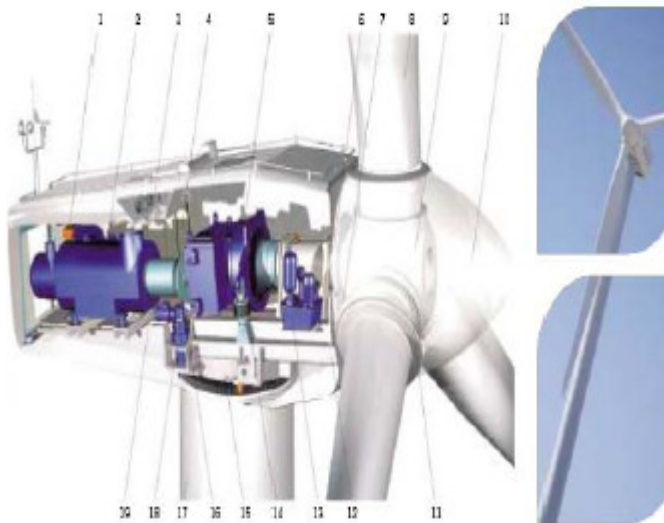


Η G52-850kW είναι μια ανεμογεννήτρια που έχει την μεγαλύτερη απόδοση της σε μέτριους και ισχυρούς ανέμους. Η G52-850 Kw διαθέτει σύστημα ρύθμισης του βήματος και αξιόπιστη τεχνολογία για να αυξήσει την παραγωγή ενέργειας. Η Gamesa χρησιμοποιεί για την παραγωγή των πτερύγιων της ελαφριά υλικά όπως οι ίνες άνθρακα. Έχει αεροδυναμικό σχεδιασμό και είναι εξοπλισμένη με το σύστημα NRS για να ελαττώσει τις εκπομπές θορύβου καθώς και με σύστημα Gamesa SGIPE που επιτρέπει την απομακρυσμένη παρακολούθηση και τον έλεγχο του συστήματος με πρόσβαση μέσω Web. Πάνω από 4700 ανεμογεννήτριες G52-850kW έχουν εγκατασταθεί.

- **Τεχνική Περιγραφή της G52-850 kW.**

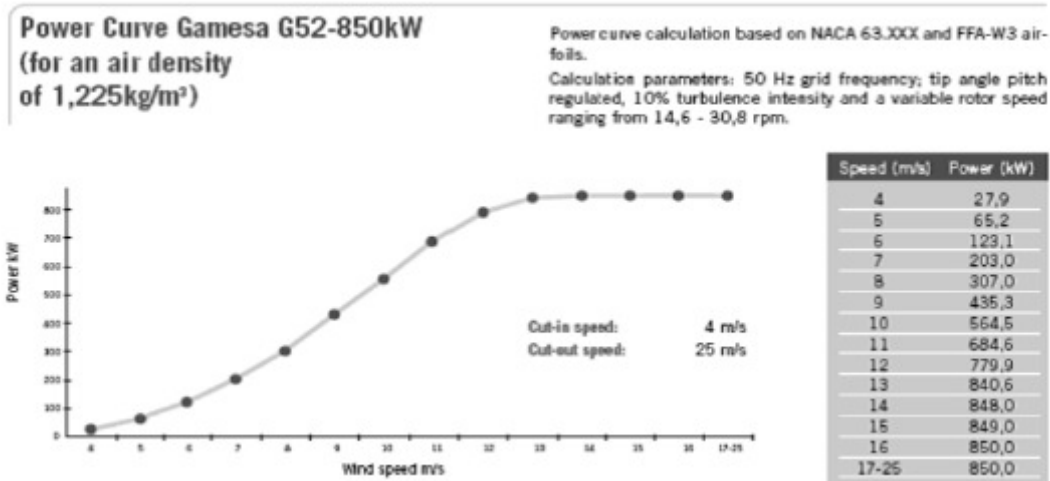
Η διάμετρος του ρότορα είναι 52m, η περιοχή που σαρώνει είναι 2,124 τ.μ. και η φόρα που στρέφεται είναι δεξιόστροφη. Η G52- 850kW έχει τρία πτερύγια μήκους 25,3m και ζυγίζουν 1900 kg. Ο πύργος μπορεί να έχει ύψος 44m, 49m,55m, 65m,74m και ζυγίζει 40τ, 53τ, 57τ, 73τ, 90τ αντίστοιχα. Το κιβώτιο ταχυτήτων είναι τύπου πλανητάριου με δύο ελλειψοειδής βάσεις.

Η G52-850 KW αποτελείται από τα παρακάτω μηχανικά μέρη:



1. γερανός συντήρησης
2. Γεννήτρια
3. Σύστημα ψύξης
4. Μονάδα ελέγχου της κορυφής
5. Κιβώτιο ταχυτήτων
6. Κεντρικός άξονας με δύο προσανεμισμούς
7. Σύστημα κλειδώματος του ρότορα
8. Πτερωτή
9. Πλήμνη
10. Κάλυμμα πλήμνης
11. Προσανεμισμός της πτερωτής
12. Πλαίσιο κρεβατιών
13. Υδραυλική μονάδα
14. Αποσβεστήρας κραδασμών
15. Δακτυλίδι παρεκκλίσεων
16. Φρένο
17. Πύργος
18. Κινητήρας
19. Μετάδοση- άξονας υψηλής ταχύτητας

η χαρακτηριστική καμπύλη λειτουργίας της G52-850kW ως εξής:



Από το παραπάνω διάγραμμα βλέπουμε ότι η G52-850kW ξεκινάει την παραγωγή ισχύος όταν η ταχύτητα ενάρξεως είναι 4m/sec. Η ισχύ αυξάνεται συνεχώς μέχρι η ονομαστική ταχύτητα να γίνει ίση με 13m/sec ενώ διακόπτει την λειτουργία όταν η ταχύτητα διακοπής είναι ίση με 25m/sec.

- **Η G58-850 kW Αποδοτική στους ασθενείς ανέμους.**

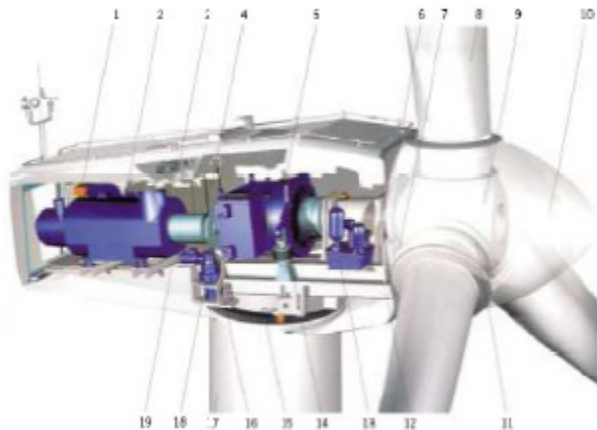
Η G58-850 kW είναι αποδοτική για ανέμους χαμηλής έντασης. Η G58-850 kW διαθέτει σύστημα ρύθμισης του βήματος και αξιόπιστη τεχνολογία για να αυξήσει την παραγωγή ενέργειας. Χρησιμοποιούνται ελαφριά υλικά για την παραγωγή των πτερύγιων της όπως οι ίνες άνθρακα. Έχει αεροδυναμικό σχεδιασμό και είναι εξοπλισμένη με το σύστημα NRS για να ελαττώσει τις εκπομπές θορύβου καθώς και με σύστημα Gamesa SGIPE που επιτρέπει την απομακρυσμένη παρακολούθηση και τον έλεγχο του συστήματος με πρόσβαση μέσω Web.



- **Τεχνική Περιγραφή της G58- 850 kW.**

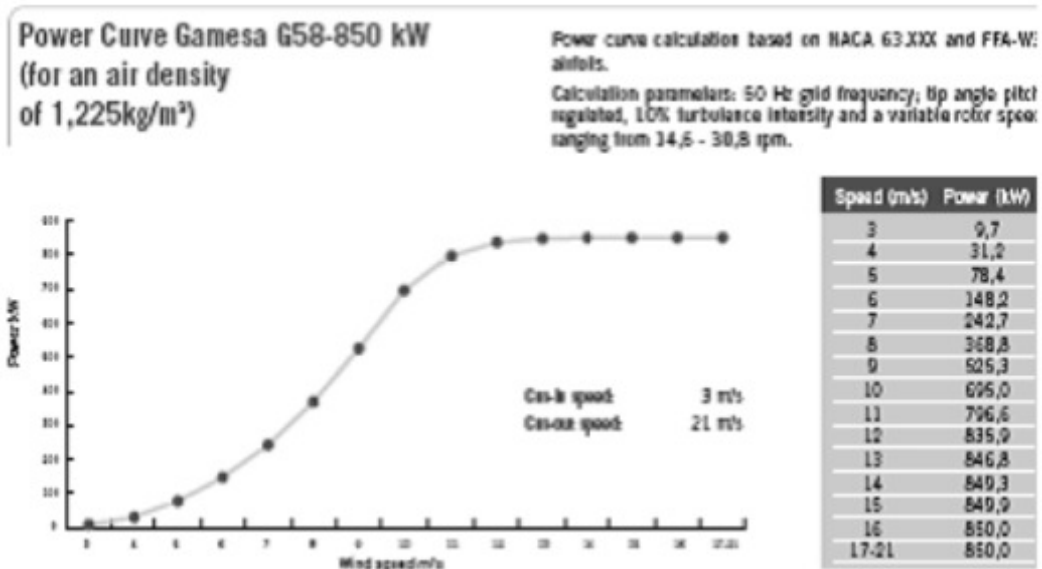
Ο ρότορας της G5 -850 kW έχει διάμετρο 58m και η περιοχή που σαρώνει έχει εμβαδόν 2.642 τ.μ. Για πύργους ύψους 55m και 65m η ταχύτητα περιστροφής του ρότορα είναι 14.6-30.8 rpm ενώ για ένα πύργο 44m η ταχύτητα περιστροφής είναι 16.2-30.8rpm. Ο ρότορας της G58-850kW περιστρέφεται δεξιόστροφα και έχει βάρος 12t συμπεριλαμβάνοντας και το βάρος της πλήμνης. Η πτερωτή του έχει τρία πτερύγια. Το μήκος τους είναι 28.3m και το βάρος τους είναι 2400kg. Ο πύργος μπορεί να έχει ύψος 44m, 55m, 65m, 71m και το βάρος του να είναι 40t, 57t, 73t,90t αντίστοιχα. Το κιβώτιο ταχυτήτων της G58-850kW είναι πλανητάριο με δύο ελλειψοειδής βάσεις.

Η G58-850 kW αποτελείται από τα έξης μηχανικά μέρη:



1. γερανός συντήρησης
2. Γεννήτρια
3. Σύστημα ψύξης
4. Μονάδα ελέγχου κορυφής
5. Κιβώτιο ταχυτήτων
6. Κεντρικός άξονας με δύο προσανεμισμούς
7. Σύστημα κλειδώματος του ρότορα
8. Πτερωτή
9. Πλήμνη της πτερωτής
10. Κάλυμμα της πλήμνης
11. Προσανεμισμός της πτερωτής
12. Επιφάνεια κρεβατιών
13. Υδραυλική μονάδα
14. Αποσβεστήρας κραδασμών
15. Δακτυλίδι παρεκκλίσεων
16. Φρένο
17. Πύργο
18. Κινητήρας
19. Μετάδοση- άξονας υψηλής ταχύτητας

η χαρακτηριστική καμπύλη λειτουργίας της G58-850kW έχει ως εξής:



Από την παραπάνω καμπύλη ισχύος της G58- 850kW βλέπουμε ότι η παραγωγή ισχύος ξεκινάει όταν η ταχύτητα ενάρξεως είναι ίση με 4m/sec. Η παραγόμενη ισχύ αυξάνεται μέχρι η ονομαστικής τιμή της ταχύτητας να είναι ίση με 13m/sec. Η παραγωγή ισχύος διακόπτεται όταν η ταχύτητα του ανέμου γίνει ίση με 25m/sec.

- **Η G80- 2.0MW. Η μηχανή με καλύτερη απόδοση στους ισχυρούς ανέμους**

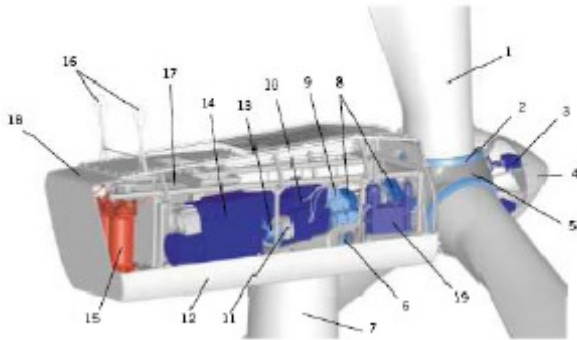
Η G80- 2.0 MW έχει την βέλτιστη απόδοση στους ισχυρούς ανέμους. Η G80-2MW διαθέτει σύστημα ρύθμισης του βήματος και αξιόπιστη τεχνολογία για να αυξήσει την παραγωγή ενέργειας. Χρησιμοποιούνται ελαφριά υλικά για την παραγωγή των πτερυγίων της όπως οι ίνες άνθρακα. Έχει αεροδυναμικό σχεδιασμό και είναι εξοπλισμένη με το σύστημα NRS για να ελαττώσει τις εκπομπές θορύβου καθώς και με σύστημα Gamesa SGIPE που επιτρέπει την απομακρυσμένη παρακολούθηση και τον έλεγχο του συστήματος με πρόσβαση μέσω Web.



- **Τεχνική Περιγραφή της G80- 2.0MW**

Ο ρότορας της G80 -2.0MW έχει διάμετρο 80μ και η περιοχή που σαρώνει έχει εμβαδόν 5,027τ.μ. Η ταχύτητα περιστροφής του ρότορα είναι 9.0-19.0 rpm. Ο ρότορας της G80-2.0MW περιστρέφεται δεξιόστροφα και έχει βάρος 38t συμπεριλαμβάνοντας και το βάρος της πλήμνης. Η πτερωτή του έχει τρία πτερύγια και είναι κατασκευασμένα από ίνες γυαλιού. Το μήκος τους είναι 39m και το βάρος τους είναι 6500kg. Ο πύργος μπορεί να έχει ύψος 60m, 67m, 78m, 100m και το βάρος του να είναι 127t, 145t, 201t,283t αντίστοιχα. Το κιβώτιο ταχυτήτων της G80- 2.0MW είναι πλανητάριο με δύο ελλειψοειδής βάσεις.

Η G80- 2.0 MW αποτελείται από τα έξις μηχανικά μέρη:



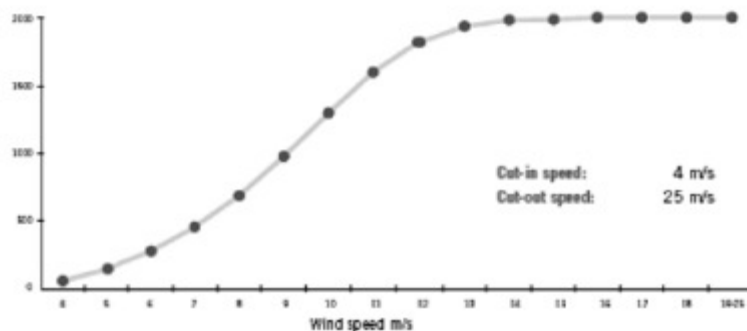
1. Πτερωτή
2. Προσανεμισμός της πτερωτής
3. Υδραυλικός ενεργοποιητής βήματος
4. Κάλυμμα της πλήμνης
5. Πλήμνη
6. Κινητήρας
7. Πύργος
8. Κεντρικός άξονας με δύο προσανεμισμούς
9. Αποσβεστήρες κραδασμών
10. Κιβώτιο ταχυτήτων
11. Κεντρικό δισκόφρενο
12. Επιφάνεια υποστήριξης της ατράκτου
13. Μετάδοση- άξονας υψηλής ταχύτητας
14. Γεννήτρια διπλής τροφοδοσίας
15. Μετατροπέας
16. Ανεμόμετρο και ανεμοδείκτης
17. Ελεγκτής κορυφής
18. Κάλυμμα της ατράκτου
19. Υδραυλική μονάδα

η χαρακτηριστική καμπύλη λειτουργίας της G80-2.0MW:

Power Curve Gamesa G80-2.0 MW
(for an air density of 1,225 kg/m³)

Power curve calculation based on NACA 63.XXX and FFA-W3 air foils.

Calculation parameters: 50 Hz grid frequency; tip angle pitch regulated; 10% turbulence intensity and a variable rotor speed ranging from 9,0 - 19,0 rpm.



Speed (m/s)	Power (MW)
4	66,3
5	152,0
6	280,0
7	457,0
8	690,0
9	978,0
10	1296,0
11	1598,0
12	1818,0
13	1935,0
14	1980,0
15	1995,0
16	1995,0
17	2000,0
18	2000,0
19-25	2000,0

Από την παραπάνω καμπύλη ισχύος της G80- 2.0MW βλέπουμε ότι η παραγωγή ισχύος ξεκινάει όταν η ταχύτητα ενάρξεως είναι ίση με 4m/sec. Η παραγόμενη ισχύ αυξάνεται μέχρι η ονομαστική τιμή της ταχύτητας να είναι ί η με 16m/sec. Η παραγωγή ισχύος διακόπτεται όταν η ταχύτητα του ανέμου γίνει ίση με 25m/sec.

- **Η G83- 2.0MW η ανεμογεννήτρια με καλύτερη απόδοση με τους μέτριους ανέμους.**

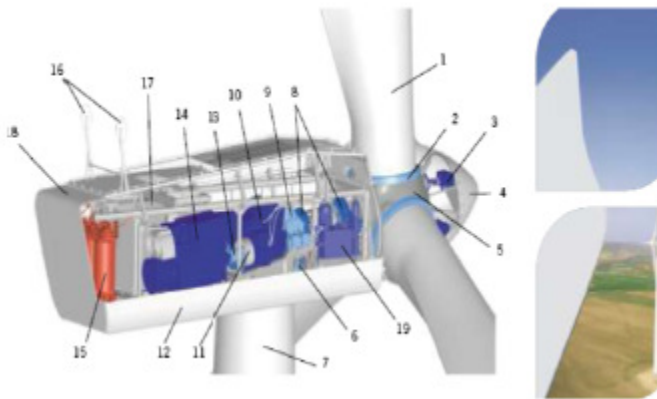
Η G83- 2.0 MW είναι η ανεμογεννήτρια με την μεγαλύτερη έξοδο στο ελάχιστο κόστος ανά kWh για περιοχές που επικρατούν μέτριοι άνεμοι. Η G83- 2MV διαθέτει σύστημα ρύθμισης του βήματος και αξιόπιστη τεχνολογία για να αυξήσει την παραγωγή ενέργειας. Χρησιμοποιούνται ελαφριά υλικά για την παραγωγή των πτερύγιων της. Έχει αεροδυναμικό σχεδιασμό και είναι εξοπλισμένη με το σύστημα NRS για να ελαττώσει τις εκπομπές θορύβου καθώς και με σύστημα Gamesa SGIPE που επιτρέπει την απομακρυσμένη παρακολούθηση και τον έλεγχο του συστήματος με πρόσβαση μέσω Web.



- **Τεχνική Περιγραφή της G83-2.0 MW**

Ο ρότορας της G83- 2.0 MW έχει διάμετρο 83m και η περιοχή που σαρώνει έχει εμβαδόν 5,411τ.μ. Η ταχύτητα περιστροφής του ρότορα είναι 9.0-19.0 rpm. Ο ρότορας της G83-2.0 MW περιστρέφεται δεξιόστροφα και έχει βάρος 40.5t συμπεριλαμβάνοντας και το βάρος της πλήμνης. Η πτερωτή του έχει τρία πτερύγια. Το μήκος τους είναι 40.5m και το βάρος τους είναι 7300kg. Ο πύργος μπορεί να έχει ύψος 67m, 78m και το βάρος του να είναι 153t, 203t αντίστοιχα. Το κιβώτιο ταχυτήτων της G83- 2.0 MW είναι πλανητάριο με δύο ελλειψοειδής βάσεις.

Η G83- 2.0 MW αποτελείται από τα παρακάτω μηχανικά μέρη:

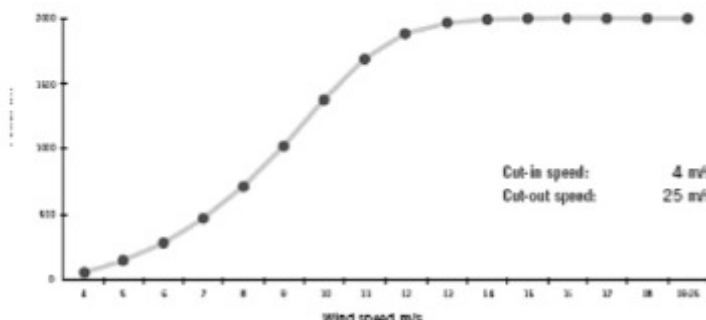


1. πτερωτή
2. Προσανεμισμός της πτερωτής
3. Υδραυλικός ενεργοποιητής βήματος
4. Κάλυμμα πλήμνης
5. Πλήμνη
6. Κινητήρας
7. Πύργος
8. Κεντρικός άξονας με δύο προσανεμισμού
9. Αποσβεστήρας κραδασμών
10. Κιβώτιο ταχυτήτων
11. Κύριο δισκόφρενο
12. Νασέλα (κέλυφος)
13. Μετάδοση- άξονας υψηλής ταχύτητας
14. Γεννήτρια διπλής τροφοδοσίας
15. Μετατροπέας
16. Ανεμόμετρο με ανεμοδείκτη
17. Ελεγκτής κορυφής
18. Κάλυμμα της ατράκτου
19. Υδραυλική μονάδα

η χαρακτηριστική καμπύλη λειτουργίας της ανεμογεννήτριας G83- 2.0 MW:

Power Curve Gamesa G83-2.0 MW
(for an air density of 1,225 kg/m³)

Power curve calculation based on NACA 63.XXX and FFA-W3 air foils.
Calculation parameters: 50 Hz grid frequency; tip angle pitch regulated; 10% turbulence intensity and a variable rotor speed ranging from 9,0 - 19,0 rpm.



Speed (m/s)	Power (kW)
4	65,1
5	152,4
6	285,2
7	470,8
8	715,8
9	1024,8
10	1377,4
11	1690,8
12	1881,9
13	1963,8
14	1990,3
15	1997,6
16	1999,4
17	1999,9
18	2000,0
19-25	2000,0

Από την παραπάνω καμπύλη ισχύος της G83-2.0 MW βλέπουμε ότι η παραγωγή ισχύος ξεκινάει όταν η ταχύτητα ενάρξεως είναι ίση με 4m/sec. Η παραγόμενη ισχύ αυξάνεται μέχρι η τιμή της ονομαστικής ταχύτητας να είναι ίση με 17/sec. Η παραγωγή ισχύος διακόπτεται όταν η ταχύτητα του ανέμου γίνει ίση με 25m/sec

- **Η G87-2.0MW η ανεμογεννήτρια με την μεγαλύτερη απόδοση στους μέτριους ανέμους**

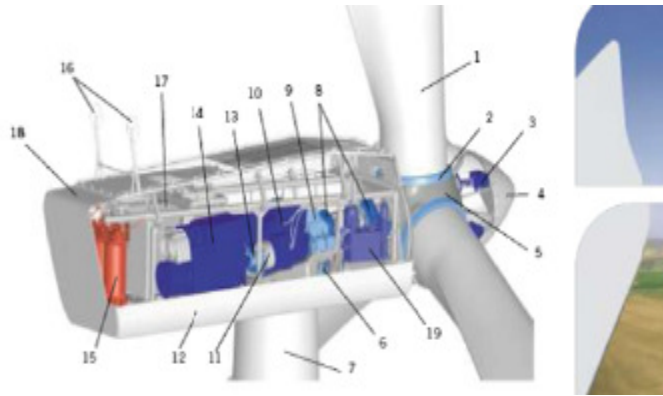
Η G87-2.0MW έχει μέγιστη απόδοση και ελάχιστο κόστος ανά kWh για τις περιοχές με μέτριους ανέμους. Η G87-2MW διαθέτει σύστημα ρύθμισης του βήματος και αξιόπιστη τεχνολογία για να αυξήσει την παραγωγή ενέργειας. Χρησιμοποιούνται ελαφριά υλικά για την παράγωγη των πτερυγίων της. Έχει αεροδυναμικό σχεδιασμό και είναι εξοπλισμένη με το σύστημα NRS για να ελαττώσει τις εκπομπές θορύβου καθώς και με σύστημα Gamesa SGIPE που επιτρέπει την απομακρυσμένη παρακολούθηση και τον έλεγχο του συστήματος με πρόσβαση μέσω Web.



- **Τεχνική Περιγραφή της G87-2.0 MW**

Ο ρότορας της G87-2.0MW έχει με διάμετρο 87m και η περιοχή που σαρώνει έχει εμβαδόν 5,945τ.μ. Η ταχύτητα περιστροφής του ρότορα είναι 9.0-19.0 rpm. Ο ρότορας της G87-2.0MW περιστρέφεται δεξιόστροφα και έχει βάρος 37t συμπεριλαμβάνοντας και το βάρος της πλήμνης. Η πτερωτή του έχει τρία πτερύγια. Το μήκος τους είναι 42.5m και το βάρος τους είναι 6150kg. Ο πύργος μπορεί να έχει ύψος 67m, 78m, 100m και το βάρος του να είναι 153t, 203t, 242t αντίστοιχα. Το κιβώτιο ταχυτήτων της G87-2.0MW είναι πλανητάριο με δύο ελλειψοειδής βάσεις.

Η G87-2.0MW αποτελείται από τα εξής μηχανικά μέρη:



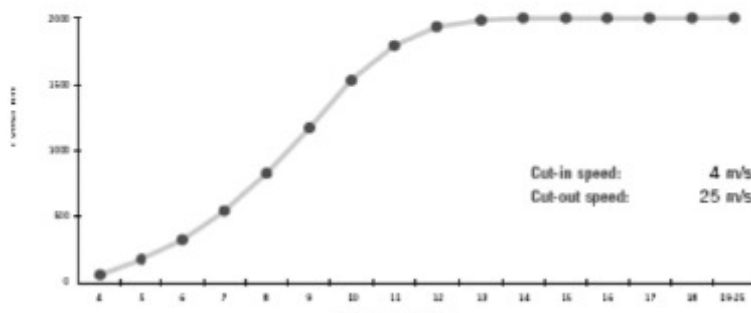
1. Πτερωτή
2. Προσανεμισμός πτερωτής
3. Υδραυλικός ενεργοποιητής βήματος
4. Κάλυμμα πλήμνης
5. Πλήμνη
6. Κινητήρας
7. Πύργος
8. Κύριος άξονας με δύο προσανεμισμούς
9. Αποσβεστήρας κραδασμών
10. Κιβώτιο ταχυτήτων
11. κύριο δισκόφρενο
12. Νασέλα (κέλυφος)
13. μετάδοση- άξονας υψηλής ταχύτητας
14. γεννήτρια
15. μετατροπέας
16. ανεμόμετρο με ανεμοδείκτη
17. ελεγκτής κορυφής
18. κάλυμμα της ατράκτου
19. υδραυλική μονάδα
20. κιβώτιο ταχυτήτων

Ακολουθεί η χαρακτηριστική καμπύλη λειτουργίας της G87-2.0MW:

Power Curve Gamesa G87-2.0 MW
(for an air density of 1,225 kg/m³)

Power curve calculation based on DU (Delft University) or FFAW3 airfoils.

Calculation parameters: 50 Hz grid frequency; tip angle pitc regulated; 10% turbulence intensity and a variable rotor speed ranging from 9,0-19,0 rpm.



Speed (m/s)	Power (kW)
4	78,6
5	181,2
6	335,4
7	549,8
8	831,5
9	1174,8
10	1528,3
11	1794,7
12	1931,1
13	1981,0
14	1995,3
15	1998,9
16	1999,8
17	2000,0
18	2000,0
19-25	2000,0

Από την παραπάνω καμπύλη ισχύος της G87-2.0MW βλέπουμε ότι η παραγωγή ισχύος ξεκινάει όταν η ταχύτητα ενάρξεως είναι ίση με 4m/sec. Η παραγόμενη ισχύ αυξάνεται μέχρι η τιμή της ονομαστικής ταχύτητας να είναι ίση με 16m/sec. Η παραγωγή ισχύος διακόπτεται όταν η ταχύτητα του ανέμου γίνει ίση με 25m/sec

- **Η G90-2.0MW η ανεμογεννήτρια με την μεγαλύτερη απόδοση στους ασθενείς ανέμους**

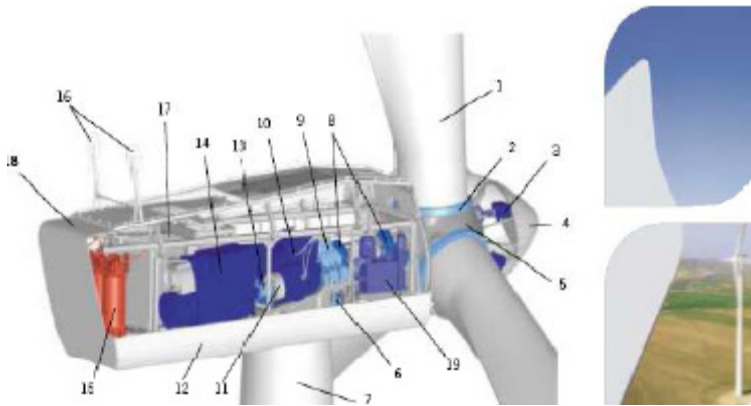
Η G90-2.0MW έχει την μεγαλύτερη απόδοση στο μικρότερο κόστος ανά kWh για περιοχές που επικρατούν ασθενείς άνεμοι. Η G90-2MW διαθέτει σύστημα ρύθμισης του βήματος και αξιόπιστη τεχνολογία για να αυξήσει την παραγωγή ενέργειας. Χρησιμοποιούνται ελαφριά υλικά για την παράγωγή των πτερύγιων της. Έχει αεροδυναμικό σχεδιασμό και είναι εξοπλισμένη με το σύστημα NRS για να ελαττώσει τις εκπομπές θορύβου καθώς και με σύστημα Gamesa SGIPE που επιτρέπει την απομακρυσμένη παρακολούθηση και τον έλεγχο του συστήματος με πρόσβαση μέσω Web.



- **Τεχνική Περιγραφή της G90-2.0 MW**

Ο ρότορας της G90-2.0MW έχει διάμετρο 90m και η περιοχή που σαρώνει έχει εμβαδόν 6,362τ.μ. Η ταχύτητα περιστροφής του ρότορα είναι 9.0-19.0 rpm. Ο ρότορας της G90-2.0MW περιστρέφεται δεξιόστροφα και έχει βάρος 36t συμπεριλαμβάνοντας και το βάρος της πλήμνης. Η πτερωτή του έχει τρία πτερύγια. Το μήκος τους είναι 44m και το βάρος τους είναι 5800kg. Ο πύργος μπορεί να έχει ύψος 67m, 78m, 100m και το βάρος του να είναι 153t, 203t, 242t αντίστοιχα. Το κιβώτιο ταχυτήτων της G90-2.0MW είναι πλανητάριο με δύο ελλειψοειδής βάσεις.

Η G90-2.0MW αποτελείται από τα εξής μηχανικά μέρη:

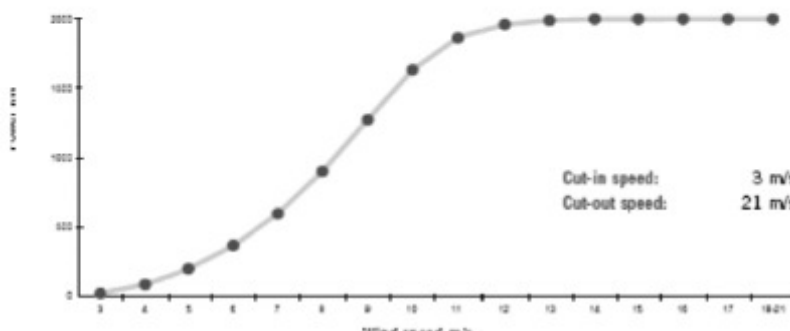


1. Πτερωτή
2. Προσανεμισμός πτερωτής
3. Υδραυλικός ενεργοποιητής βήματος
4. Κάλυμμα πλήμνης
5. Πλήμνη
6. Κινητήρας
7. Πύργος
8. Κύριος άξονας με δύο προσανεμισμούς
9. Αποσβεστήρας κραδασμών
10. Κιβώτιο ταχυτήτων
11. Κύριο δισκόφρενο
12. Νασέλα (κέλυφος)
13. Μετάδοση- άξονα υψηλής ταχύτητας
14. Γεννήτρια
15. Μετατροπέας
16. Ανεμόμετρο
17. Ελεγκτής κορυφής
18. Κάλυμμα της ατράκτου
19. Υδραυλική μονάδα

Ακολουθεί η χαρακτηριστική καμπύλη λειτουργίας της G90-2.0 MW:

Power Curve Gamesa G90-2.0 MW
(for an air density of 1,225 kg/m³)

Power curve calculation based on DU (Delft University) and FFAW3 airfoils.
Calculation parameters: 50 Hz grid frequency; tip angle pitch regulated; 10% turbulence intensity and a variable rotor speed ranging from 9,0-19,0 rpm.



Speed (m/s)	Power (kW)
3	21,3
4	84,9
5	197,3
6	363,8
7	594,9
8	900,8
9	1274,4
10	1633,0
11	1863,0
12	1960,4
13	1990,4
14	1997,9
15	1999,6
16	1999,9
17	2000,0
18-21	2000,0

Από την παραπάνω καμπύλη ισχύος της G90-2.0MW βλέπουμε ότι η παραγωγή ισχύος ξεκινάει όταν η ταχύτητα ενάρξεως είναι ίση με 3m/sec. Η παραγόμενη ισχύ αυξάνεται μέχρι η τιμή της ονομαστικής ταχύτητας να είναι ίση με 17m/sec. Η παραγωγή ισχύος διακόπτεται όταν η ταχύτητα του ανέμου γίνει ίση με 21m/sec

Κεφάλαιο 2

Ανεμογεννήτριες ENERCON

Οι ανεμογεννήτριες που κατασκευάζει η Enercon είναι οι E33, E44, E48, E53, E70 και E82. Είναι μηχανές οριζοντίου άξονα, τριπτέρυγες, περιστρέφονται δεξιόστροφα και ο ρότορας τους τοποθετείται αντίθετα από τον άνεμο. Οι ανεμογεννήτριες της Enercon έχουν ορισμένα χαρακτηριστικά που αξίζει να αναφέρουμε, όπως ο τρόπος κατασκευής των πτερυγίων, η ρύθμιση του βήματος της περωτής, η δακτυλιοειδής γεννήτρια και ο τρόπος έλεγχου των ανεμογεννητριών της. Επίσης οι αιολικές μηχανές της Enercon βασίζονται στην αρχή της ανεμογεννήτριας χωρίς πολλαπλασιαστή στροφών (σασμάν), χρησιμοποιώντας τη γεννήτρια, τα πτερύγια, τον ηλεκτρονικό έλεγχο και τη διαχείριση του δικτύου Enercon.

Λέγοντας ότι ο ρότορας και η γεννήτρια είναι χωρίς σασμάν, εννοείται ότι είναι απ' ευθείας συζευγμένα το ένα με το άλλο, γι' αυτό η γεννήτρια κινείται απ' ευθείας από τον ρότορα. Δεν υπάρχει θόρυβος από πολλαπλασιαστή στροφών, ούτε βέβαια αλλαγή ή απώλεια λαδιού, ούτε επίσης επιπρόσθετη τριβή (φθορά) και βλάβη των μηχανολογικών εξαρτημάτων σε υψηλές ταχύτητες ανέμου.

Η δακτυλιοειδής γεννήτρια που χρησιμοποιούν είναι μια πολύπλοκη γεννήτρια δώδεκα πόλων, σύγχρονη μεταβλητής ταχύτητας με συνεχόμενη ρύθμιση των στροφών. Η μέγιστη απόδοση της γεννήτριας επιτυγχάνεται σε διάφορες περιοχές στροφών για αέρα 14,5 -25 m/sec. Η σύγχρονη γεννήτρια της Enercon με τα ηλεκτρονικά ισχύος είναι ικανή να λειτουργεί σε μια ευρεία κλίμακα συντελεστών ισχύος, αλλά ο σταθερός συντελεστής ισχύος κατά τη λειτουργία της γεννήτριας είναι σχεδόν ένα. Τα μειονεκτήματα όμως των πολλών ηλεκτρονικών που υπάρχουν στην αιολική μηχανή για την μετατροπή της τάσης από DC σε AC μαζί με τα ηλεκτρονικά που αντικαθιστούν το κιβώτιο ταχυτήτων, δημιουργούν αρμονικές οι οποίες φτάνουν κοντά στα όρια και συνήθως σε ασθενή δίκτυα στην αρχή της λειτουργίας υπάρχει πρόβλημα μέχρι να ρυθμιστεί το λογισμικό των αιολικών μηχανών στις απαιτήσεις του δικτύου. Χρησιμοποιώντας ανεμογεννήτριες

τεχνολογίας Epercon ,επιτυγχάνουμε να έχουμε μια χαμηλή κατανάλωση άεργης ισχύος, παραγωγή άεργης ισχύος με συντελεστή 0.95, και αποφεύγεται η χρήση πυκνωτών ως αντισταθμιστές.

Η ταχύτητα του ρότορα της ανεμογεννήτριας είναι ίδια με την ταχύτητα του ρότορα της γεννήτριας, η οποία είναι 34rpm(μέγιστη ταχύτητα ρότορα). Παρατηρούμε πως η ταχύτητα περιστροφής είναι 40 φορές μικρότερη απ' αυτήν των ανεμογεννητριών με κιβώτιο ταχυτήτων και έτσι συνεπάγεται ένα πολύ μεγαλύτερο ποσοστό αξιοπιστίας. Η γεννήτρια της Epercon είναι μεταβλητής ταχύτητας και δεν είναι άμεσα συνδεδεμένη με το δίκτυο. Η μεταβλητή τάση και η μεταβλητή συχνότητα που παράγεται, μετατρέπεται σε DC από ανορθωτές, στην συνέχεια αυξάνεται από ένα Chopper και τέλος μέσω ενός αντιστροφέα (ο οποίος αποτελείται από IGBT) μετατρέπεται σε εναλλασσόμενο ρεύμα AC, και έτσι προσαρμόζεται η τάση της ανεμογεννήτριας με την τάση του δικτύου.

Η αντικατάσταση του κιβωτίου ταχυτήτων (σασμάν) από τα ηλεκτρονικών έχει κάποια πολύ σημαντικά πλεονεκτήματα που έχουν να κάνουν με την συντήρηση καθώς έχουμε μειωμένες απώλειες μετάδοσης , εξάλειψη της φθοράς του κιβωτίου ταχυτήτων και σταμάτημα διαρροής του λαδιού.

Η Epercon έχει αναπτύξει νέα πτερύγια με ειδικό αεροδυναμικό σχεδιασμό. Τα πτερύγια των ανεμογεννητριών της Epercon εξαιτίας του σχεδιασμού τους όχι μόνο εκτοπίζουν την ενέργεια από τα εξωτερικά πλαίσια αλλά επίσης χρησιμοποιούν και το εσωτερικό κομμάτι από την επιφάνεια περιστροφής της πτερωτής.



Τα νέα βελτιωμένα πτερύγια της ENERCON

Με τον νέο αυτό σχεδιασμό της πτερωτής πέτυχαν την καλύτερη απόδοση των ανεμογεννητριών τους με λιγότερες εκπομπές θορύβου, περισσότερη διάρκεια ζωής των ανεμογεννητριών και πιο εύκολη μεταφορά.

Οι ανεμογεννήτριες της Epercon δεν κατασκευάζονται ακολουθώντας τον συμβατικό τρόπο κατασκευής των ανεμογεννητριών. Κατασκευάζονται ακολουθώντας ένα διαφορετικό σχεδιασμό από τις άλλες. Στις ανεμογεννήτριες της Epercon ο ρότορας και η δακτυλοειδής

γεννήτρια είναι συνδεδεμένα το ένα με το άλλο σαν μία ομάδα. Η Enercon επιλέγει να μην χρησιμοποιεί μηχανισμούς στις ανεμογεννήτριες της.

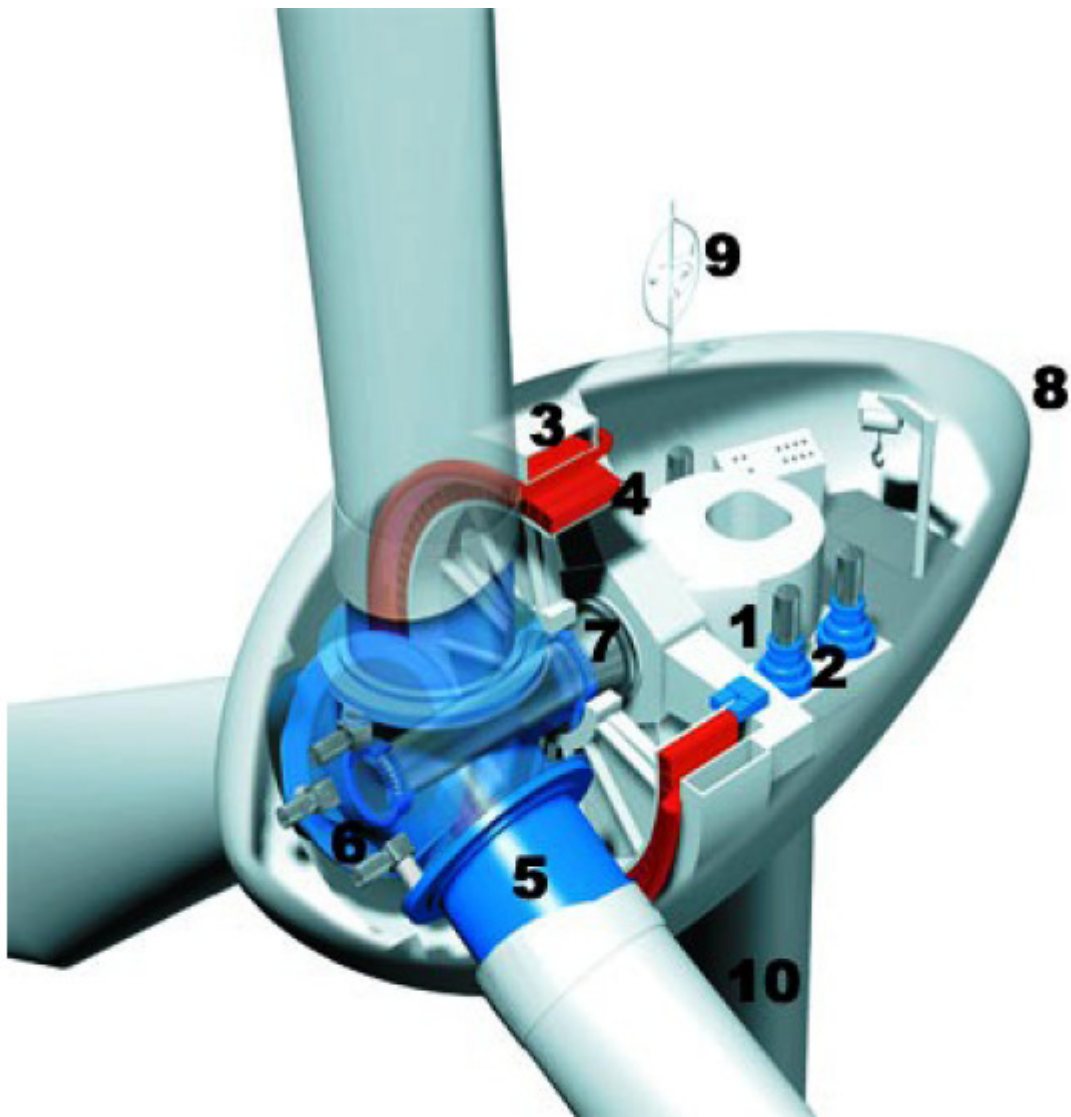


Η ανεμογεννήτρια της ENERCON

Η Enercon ελέγχει το βήμα της πτερωτής με ένα ανεξάρτητο σύστημα ρύθμισης του βήματος ανά περύγιο. Επίσης εφοδιάζει τις ανεμογεννήτριες της με σύστημα προσανεμισμού της πτερωτής. Το σύστημα προσανεμισμού της πτερωτής βασίζεται σε ένα μόνο αργά κινούμενο κύλινδρο προσανεμισμού σε αντίθεση με το συμβατικό μηχανικό σύστημα που έχει ένα μεγάλο αριθμό από σημεία προσανεμισμού, λόγω της μικρής ταχύτητας του κύριου οδηγού.

Ο πύργος στήριξης της Enercon είναι σωληνοειδής και ατσάλινος. Κατασκευάζεται σε κομμάτια τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με ειδικές φλάντζες σύνδεσης.

Η γεννήτρια που χρησιμοποιεί η Enercon είναι δακτυλιοειδής γεννήτρια και τα συστήματα που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο των ανεμογεννητριών είναι το Enercon Scada και το Enercon Storm Control.



Σχήμα 1.13 Τα κύρια μέρη μιας ανεμογεννήτριας τεχνολογίας Enercon.

1. Γεννήτρια
2. Στατης γεννήτριας
3. Ροτορας γεννήτριας
4. Κυριος άξονας
5. Πτερωτες
6. Φλατσα -βάση πτερωτής
7. Κινητηρας έλεγχου του Pitch Control
8. Κυριος φορέας (Yaw drive)
9. Ανεμομετρο
10. Πυργος

• Η Δακτυλοειδής γεννήτρια της Enercon

Η δακτυλοειδής γεννήτρια της Enercon είναι από τα πλέον σημαντικά στο σχεδιασμό και την κατασκευή των ανεμογεννητριών της. Είναι τοποθετημένη πάνω στον ρότορα, στη πλήμνη, και παρέχει μια σχεδόν χωρίς τριβή ροή της ενέργειας. Ο ρότορας και η δακτυλοειδής γεννήτρια είναι συνδεδεμένα το ένα με το άλλο σαν μια ομάδα. Η δακτυλοειδής γεννήτρια της Enercon δεν έχει μηχανισμούς. Η περιστροφή της περωτής λόγω της δακτυλοειδούς γεννήτριας είναι αργή γεγονός που μειώνει τις φθορές ενώ ταυτόχρονα παρέχει υψηλό επίπεδο μεταβολής της ταχύτητας. Επίσης παρέχει υψηλή απόδοση στην ανεμογεννήτρια και αρμονία στο πλέγμα. Η δακτυλοειδής γεννήτρια της Enercon είναι χαμηλής ταχύτητας, σύγχρονη γεννήτρια με συνεχή σύνδεση με το πλέγμα. Η τάση εξόδου και η συχνότητα μεταβάλλονται για αυτό μετασχηματίζονται για την έξοδο στο πλέγμα διαμέσου μιας DC σύνδεσης και ενός μετασχηματιστή.

Ο στάτης της Enercon κατασκευάζεται από χαλκό και είναι το ακίνητο μέρος της δακτυλοειδούς γεννήτριας. Αποτελείται από ξεχωριστά στρογγυλά σύρματα που συγκεντρώνονται αδέξια και εξαφανίζονται στη μόνωση. Η Enercon επιλέγει το χάλκινο περιτύλιγμα της γεννήτριας της να είναι χειροποίητο έτσι ώστε να εγγυάται ότι τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν είναι ελεγμένα.



Ο στάτης της ENERCON

Το μαγνητικό πεδίο του στάτη είναι συνεπαρμένο διαμέσω των πόλων των παπουτσιών. Αυτά εντοπίζονται πάνω στο δίσκο του ρότορα, στο κινητό κομμάτι της δακτυλοειδούς γεννήτριας της Enercon. Το σχήμα και η θέση των πόλων βοηθάει στη μείωση του θορύβου από την περιστροφή της δακτυλοειδούς γεννήτριας.



Οι πόλοι του στάτη

- **Το σύστημα ελέγχου της ENERCON**

Ο πυρήνας του συστατικού μέρους από το τελειοποιημένο σύστημα διαχείρισης της ισχύς είναι η κεντρική μονάδα ελέγχου. Η κεντρική μονάδα ελέγχου διευθύνει όλα τα μηχανικά μέρη της ανεμογεννήτριας αποτελεσματικά και εξασφαλίζει μία αξιόπιστη προμήθεια ισχύς κάτω από όλες τις συνθήκες λειτουργίας.

Ο κεντρικός ελεγκτής διαχείρισης της ισχύς από το γενικό σύστημα είναι ένας βασικός βιομηχανικός ελεγκτής. Εξαιτίας του σχεδιασμού του αυτός μπορεί να υιοθετηθεί για τις συγκεκριμένες απαιτήσεις του κάθε συστήματος.

Η στρατηγική για να τρέξει το ολοκληρωμένο σύστημα με ασφάλεια και με οικονομικά αυτοματοποιημένη μέθοδο ήταν η απλοποίηση του προγράμματος του ελεγκτή.

Με μια χειροκίνητη μέθοδο είναι επίσης δυνατό όλες οι δυνατότητες του ελεγκτή να μπορούν να ενεργοποιούνται από τον χειριστή. Για αυτό τον λόγο ονομάσαν HMI (Human- Machine- Interface) από τον τρόπο που αυτός χρησιμοποιείται. Αυτό πραγματοποιείται με ένα βιομηχανικού τύπου υπολογιστή με οθόνη αφής συνδεδεμένο με ειδική σύνδεση με τον κύριο ελεγκτή.

Με το σύστημα αυτό υπάρχουν οι δυνατότητες:

- Διαδικασία προγραμματισμού όλων των λεπτομερειών:

το βασικό μενού δίνει μέσω σύνδεσης μια συνολική εικόνα από ολόκληρο το σύστημα της ανεμογεννήτριας μαζί και με την κατάσταση όλων των ξεχωριστών μερών που την αποτελούν. Ενώ από τα υπό-μενού για κάθε ξεχωριστό κομμάτι του συστήματος της υπάρχει η δυνατότητα της επιλογής και προβολής όλων των δεδομένων των αισθητήρων στην οθόνη μέσω του διαδικτύου.

- Επεξεργασία δεδομένων:

σε 10 λεπτά μπορεί να γίνει συλλογή δεδομένων από όλα τα αποθηκευμένα μηνύματα (σταμάτημα, ξεκίνημα, κατάσταση ανάγκης της ανεμογεννήτριας) της βάσης δεδομένων.

- Βασική λειτουργία: με τον HMI ο χειριστής έχει πρόσβαση στο κεντρικό

πλαίσιο ελέγχου της ανεμογεννήτριας και είναι δυνατό να δίνει εντολές και να προγραμματίζει την λειτουργία της. (ξεκίνημα, σταμάτημα, μέγιστης ισχύς, τρόπος λειτουργίας)

- Scada: ο HMI είναι συνδεδεμένος με ISDN γραμμή που προσφέρει την πιθανότητα της απομακρυσμένης επικοινωνίας. Οι λειτουργίες που είναι διαθέσιμες είναι:

1. Να στέλνει μηνύματα σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης με γραπτό μήνυμα ή email.
2. Παρακολούθηση όλου του συστήματος από το γραφείο με την βοήθεια του ηλεκτρονικού υπολογιστή.
3. Πρόσβαση στα πλήρη στοιχεία που είναι αποθηκευμένα στη βάση δεδομένων.

• **Σύστημα ελέγχου της Enercon σε ακραίες συνθήκες**

Οι ανεμογεννήτριες της Enercon είναι εξοπλισμένες με ένα σύστημα προστασίας από τις ακραίες συνθήκες ανέμου. Το σύστημα αυτό ονομάστηκε Enercon Storm Control. Στην περίπτωση που επικρατούν πολύ ισχυροί άνεμοι για να μην δημιουργηθούν φθορές στη ανεμογεννήτρια η Enercon περιορίζει την λειτουργία της. Ο περιορισμός της λειτουργίας της ανεμογεννήτριας επιτυγχάνεται με έλεγχο της ταχύτητας ή με την χρήση των φρένων της περρωτής και το σύστημα κλειδώματος του ρότορα.



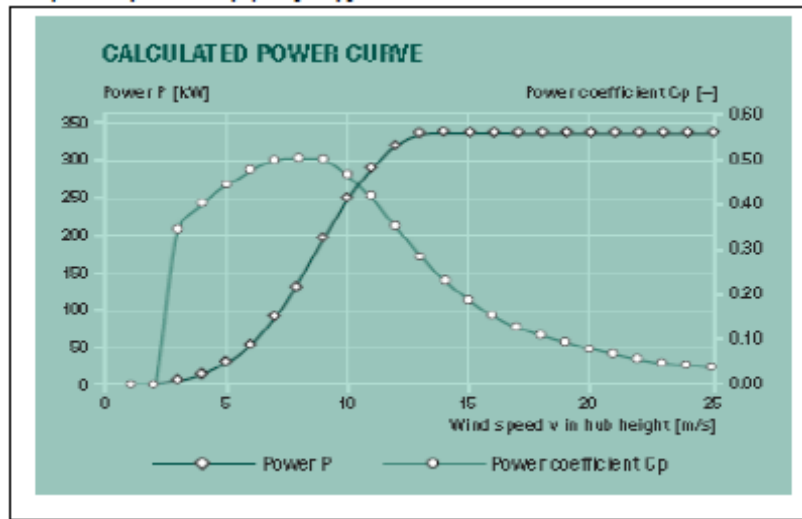
Ανεμόπτερο με ανεμοδείκτη της ENERCON

- **Η E33 είναι η ανεμογεννήτρια που μπορεί να εγκατασταθεί εύκολα ακόμα και σε δύσκολες περιοχές.**

Η E33 είναι μία ανεμογεννήτρια που μπορεί να κάνει οικονομικά δυνατό να πραγματοποιηθεί το έργο της αιολικής ενέργειας ακόμα και σε περιπτώσεις που είναι πολύ δύσκολο να επιτευχθεί. Ο ρότορας της έχει διάμετρο 33.4m. Μας δίνει ισχύ 330 kW. Η E33-330kW περιλαμβάνει μηχανισμό ελέγχου των απωλειών, αξιόπιστη ταχύτητα και αξιόπιστο έλεγχο του βήματος.



Ο ρότορας της τοποθετείται αντίθετα προς τον άνεμο με ενεργό έλεγχο του βήματος, περιστρέφεται δεξιόστροφα και σαρώνει επιφάνεια ίση με 876τ.μ.. Τα τρία περύγια της κατάσκευάζονται από ίνες γυαλιού με ενσωματωμένη προστασία από κεραυνό αστραπή. Η ταχύτητα περιστροφής κυμαίνεται από 18-45 rpm. Ο έλεγχος του βήματος γίνεται με ανεξάρτητο σύστημα ρύθμισης. Η πλήμνη της είναι σταθερή με κύριο προσανεμισμό μιας μοναδικής σειράς κυλινδρικό περιστροφέα προσανεμισμού. Η γεννήτρια της είναι σύγχρονη συνεχής κίνησης, και δακτυλιοειδής. Η E33 παρακολουθείται απομακρυσμένα με το σύστημα ENERCON SCADA.



καμπύλη λειτουργίας της E33

Η λειτουργία της E33 ξεκινάει να λειτουργεί όταν η ταχύτητα του ανέμου ξεπεράσει την ταχύτητα έναρξης δηλαδή όταν έχει τιμή μεγαλύτερη από 3m/sec. Η ισχύς της ανεμογεννήτριας αυξάνει όταν η ταχύτητα του ανέμου κυμαίνεται από 4 έως 13 m/sec που είναι και η ονομαστική ισχύ της E33. Η λειτουργία της ανεμογεννήτριας σταματάει όταν η ταχύτητα του ανέμου ξεπεράσει την ταχύτητα διακοπής της λειτουργίας δηλαδή όταν θα είναι ίση με 25m/sec.

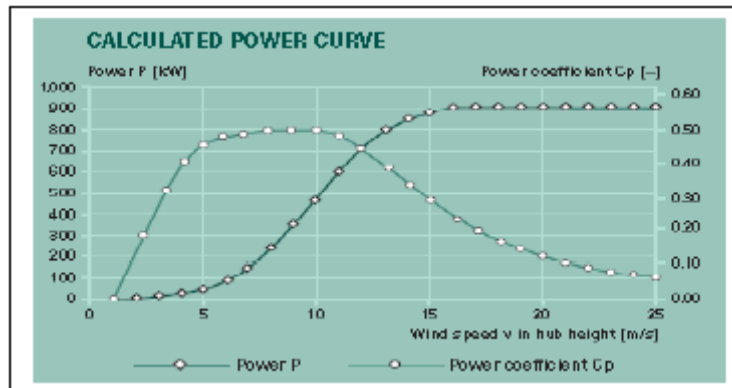
- **Η E44 αποτελεί καλή επιλογή για περιοχές με μέτριες ταχύτητες ανέμου**

Η E44 αναπτύχθηκε σαν ένα σύστημα για ισχυρούς ανέμους στη διεθνή αγορά ενώ αποτελεί ορόσημο για τη περιοχή της μέτριας ισχύς. Όπως όλες οι ανεμογεννήτριες της Enercon έτσι και η E44 είναι επίσης παρέχει ένα πολύ καλό σχεδιασμό της πτερωτής. Δίνει 900 kW και υπερσχύει στις δυνατές συνθήκες ανέμου. Ο ρότορας της έχει διάμετρο 44m και τοποθετείται αντίθετα προς τον άνεμο με ενεργό έλεγχο του βήματος, περιστρέφεται δεξιόστροφα και σαρώνει επιφάνεια ίση με 1.521τ.μ. Η E44-900kW περιλαμβάνει μηχανισμό ελέγχου των απωλειών, αξιόπιστη ταχύτητα και αξιόπιστο έλεγχο του βήματος.

Τα τρία πτερύγια της κατασκευάζονται από ίνες γυαλιού με ενσωματωμένη προστασία από κεραυνό ή αστραπή. Η ταχύτητα περιστροφής κυμαίνεται από 12-34 rpm. Ο έλεγχος του βήματος γίνεται με ανεξάρτητο σύστημα ανά πτερύγιο. Η πλήμνη της είναι σταθερή με κύριο προσαναμιισμό μιας μοναδικής σειράς κυλινδρικό περιστροφέα προσανατολισμού. Η γεννήτρια

της είναι σύγχρονης συνεχής κίνησης, δακτυλοειδής γεννήτρια. Η E44 παρακολουθείται απομακρυσμένα με το σύστημα ENERCON SCADA.

Καμπύλη λειτουργίας της E44



Η λειτουργία της E44 ξεκινάει όταν η ταχύτητα του ανέμου ξεπεράσει την ταχύτητα έναρξης δηλαδή όταν έχει τιμή μεγαλύτερη από 2m/sec. Η ισχύς της ανεμογεννήτριας αυξάνει όταν η ταχύτητα του ανέμου κυμαίνεται από 3 έως 16 m/sec που είναι και η ονομαστική ισχύ της E44. Η λειτουργία της ανεμογεννήτριας σταματάει όταν η ταχύτητα του ανέμου ξεπεράσει την ταχύτητα διακοπής της λειτουργίας δηλαδή όταν θα είναι ίση με 25m/sec.

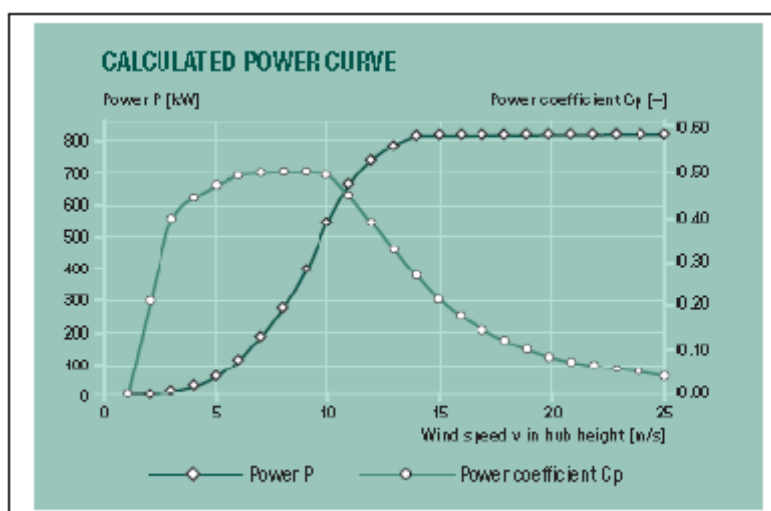
- **E48 Η ανεμογεννήτρια με καλή απόδοση στους μέτριους ανέμους.**

Η E48 ανεμογεννήτρια της Enercon επιλέγεται για περιοχές που επικρατούν μέτριας έντασης άνεμοι. Με μέγιστη απόδοση ισχύος 900 kW και ένα τελειοποιημένο σχεδιασμό του ρότορα της περωτής, η E48 είναι η πιο κερδοφόρα ανεμογεννήτρια στην κατηγορία της.



Το ύψος του πύργου της ξεπερνάει τα 76m. Ο ρότορας της έχει διάμετρο 48m και τοποθετείται αντίθετα προς τον άνεμο με ενεργό έλεγχο του βήματος, περιστρέφεται δεξιόστροφα και σαρώνει επιφάνεια ίση με 1.810τ.μ. Τα τρία πτερύγια της κατασκευάζονται από ίνες γυαλιού. Η E48-800kW περιλαμβάνει μηχανισμό ελέγχου των απωλειών, αξιόπιστη ταχύτητα και αξιόπιστο έλεγχο του βήματος. Η ταχύτητα περιστροφής κυμαίνεται από 16-30 rpm. Ο έλεγχος του βήματος γίνεται με ανεξάρτητο σύστημα ρύθμισης ανά πτερύγιο. Η πλήμνη της είναι σταθερή με κύριο προσανεμισμό μιας μοναδικής σειράς κυλινδρικό περιστροφέα προσανεμισμού. Η γεννήτρια της είναι σύγχρονης συνεχής κίνησης, δακτυλοειδής γεννήτρια. Η E44 παρακολουθείται απομακρυσμένα με το σύστημα ENERCON SCADA.

Η καμπύλη λειτουργίας της E48



Η λειτουργία της E48 ξεκινάει όταν η ταχύτητα του ανέμου ξεπεράσει την ταχύτητα έναρξης δηλαδή όταν έχει τιμή μεγαλύτερη από 2m/sec. Η ισχύς της ανεμογεννήτριας αυξάνει όταν η ταχύτητα του ανέμου κυμαίνεται από 3 έως 13 m/sec που είναι και η ονομαστική ισχύς της E48. Η λειτουργία της ανεμογεννήτριας σταματάει όταν η ταχύτητα του ανέμου ξεπεράσει την ταχύτητα διακοπής της λειτουργίας δηλαδή όταν θα είναι ίση με 25m/sec.

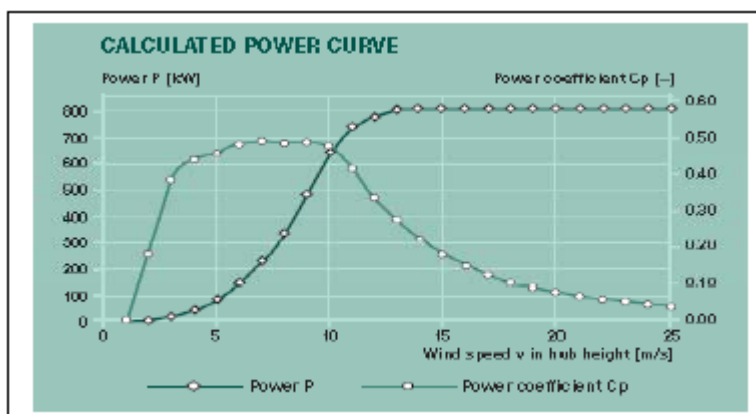
- **Η E53 αποτελεί καλή επιλογή για χαμηλές ταχύτητες ανέμου.**

Η E53 αναπτύχθηκε από την Enercon για μέτριες ταχύτητες ανέμου. Η E53 επέκτεινε την διάμετρο του ρότορα και ο τελευταίος σχεδιασμός της πτερωτής αποτελεί εγγύηση για την μεγαλύτερη απόδοση ακόμα και για τις χαμηλές ταχύτητες ανέμου. Ο ρότορας της έχει διάμετρο 52.9m τοποθετείται αντίθετα προς τον άνεμο με ενεργό έλεγχο του βήματος, περιστρέφεται δεξιόστροφα και σαρώνει επιφάνεια ίση με 2.198τ.μ.



Τα τρία πτερύγια της κατασκευάζονται από ίνες γυαλιού. Η ταχύτητα περιστροφής κυμαίνεται από 12-29 rpm. Η E53-800kW περιλαμβάνει μηχανισμό ελέγχου των απωλειών, αξιόπιστη ταχύτητα και αξιόπιστο έλεγχο του βήματος. Ο έλεγχος του βήματος γίνεται με ανεξάρτητο σύστημα ανά ρότορα. Η πλήμνη της είναι σταθερή με κύριο προσανατολισμό μιας μοναδικής σειράς κυλινδρικό περιστροφέα προσανατολισμού. Η γεννήτρια της είναι σύγχρονης συνεχής κίνησης, δακτυλιοειδής γεννήτρια. Η E53 παρακολουθείται απομακρυσμένα με το σύστημα ENERCON SCADA.

Η καμπύλη λειτουργίας της E53



Η λειτουργία της E53 ξεκινάει όταν η ταχύτητα του ανέμου ξεπεράσει την ταχύτητα έναρξης δηλαδή όταν έχει τιμή μεγαλύτερη από 2m/sec. Η ισχύς της ανεμογεννήτριας αυξάνει όταν η ταχύτητα του ανέμου κυμαίνεται από 3 έως 7.5 m/sec που είναι και η ονομαστική ισχύ της

E53. Η λειτουργία της ανεμογεννήτριας σταματάει όταν η ταχύτητα του ανέμου ξεπεράσει την ταχύτητα διακοπής της λειτουργίας δηλαδή όταν θα είναι ίση με 25m/sec.

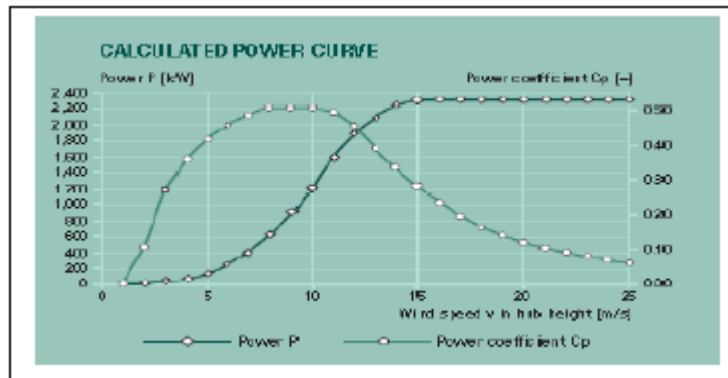
- **Η E70 μια καλή επιλογή για περιοχές που επικρατούν υψηλές ταχύτητες ανέμου στην κατηγορία των 2MW.**

Η E70 συνεχίζει την φήμη της για την αξιοπιστία της στην κατηγορία των 2 MW. Η E70 θεωρείται κατάλληλη ειδικά περιοχές που επικρατούν υψηλές ταχύτητες ανέμου. Με αποδιδόμενη ισχύ 2.3 MW και μεγάλου βαθμού ατσάλι και ενισχυμένο πύργο στήριξης με σκυρόδεμα μετόν σχεδιάστηκε έτσι ώστε να αυξήσει ακόμα περισσότερο την απόδοση σε μία ανώτερη περιοχή ισχύος.



Ο ρότορας της έχει διάμετρο 71m και τοποθετείται αντίθετα προς τον άνεμο με ενεργό έλεγχο του βήματος. Περιστρέφεται δεξιόστροφα και σαρώνει επιφάνεια ίση με 3.959τ.μ. Η E70-2300kW περιλαμβάνει μηχανισμό ελέγχου των απωλειών, αξιόπιστη ταχύτητα και αξιόπιστο έλεγχο του βήματος. Τα τρία πτερύγια της κατασκευάζονται από ίνες γυαλιού με ενσωματωμένη προστασία από κεραυνό ή αστραπή. Η ταχύτητα περιστροφής κυμαίνεται από 6-21.5 rpm. Ο έλεγχος του βήματος γίνεται με ανεξάρτητο σύστημα ρύθμισης του βήματος ανά πτερύγιο. Η γεννήτρια της είναι σύγχρονης συνεχής κίνησης, δακτυλιοειδής γεννήτρια. Η E70 παρακολουθείται απομακρυσμένα με το σύστημα ENERCON SCADA.

Η καμπύλη λειτουργίας της E70



Η λειτουργία της E70 ξεκινάει όταν η ταχύτητα του ανέμου ξεπεράσει την ταχύτητα έναρξης δηλαδή όταν έχει τιμή μεγαλύτερη από 2m/sec. Η ισχύς της ανεμογεννήτριας αυξάνει όταν η ταχύτητα του ανέμου κυμαίνεται από 3 έως 11 m/sec που είναι και η ονομαστική ισχύ της E70. Η λειτουργία της ανεμογεννήτριας σταματάει όταν η ταχύτητα του ανέμου ξεπεράσει την ταχύτητα διακοπής της λειτουργίας δηλαδή όταν θα είναι ίση με 25 m/sec.

- **Η E82 αποτελεί μια καλή επιλογή για μέτριες συνθήκες ανέμου στην κατηγορία των 2MW**

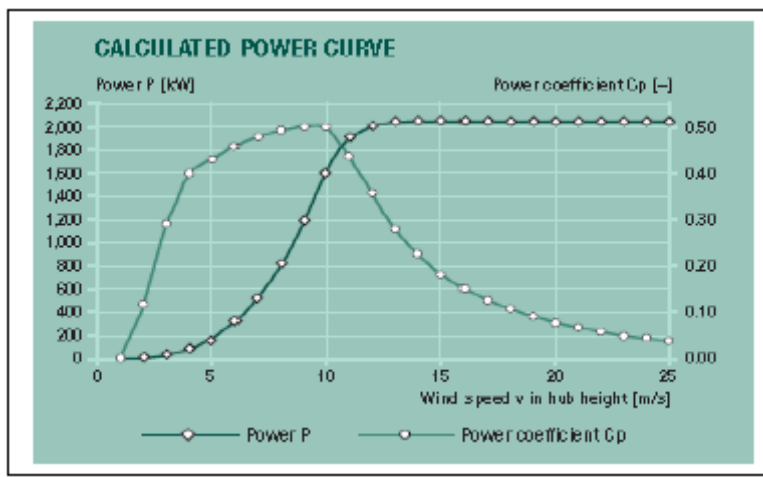
Η E82 αποτελεί πολύ καλή επιλογή για τους μέτριους ανέμους. Η E82 είναι μια ανεμογεννήτρια με νέο σχεδιασμό του ρότορα της πτερωτής και ένα πύργο στήριξης με ύψος πάνω από 108 m να εγγυάται εξαιρετική απόδοση στην κατηγορία των 2MW ακόμα και στις νησιώτικες περιοχές.



Ο ρότορας της έχει διάμετρο 82m τοποθετείται αντίθετα προς τον άνεμο με ενεργό έλεγχο του βήματος. Περιστρέφεται δεξιόστροφα και σαρώνει επιφάνεια ίση με 5.281τ.μ. Μας δίνει ισχύ 2000 kW. Η E82-2000kW περιλαμβάνει μηχανισμό ελέγχου των απωλειών, αξιόπιστη ταχύτητα και αξιόπιστο έλεγχο του βήματος. Τα τρία πτερύγια της κατασκευάζονται από ίνες γυαλιού με

ενσωματωμένη προστασία από κεραυνό ή αστραπή. Η ταχύτητα περιστροφής κυμαίνεται από 6-19.5 rpm. Ο έλεγχος του βήματος γίνεται με ανεξάρτητο σύστημα ρύθμισης του βήματος ανά περύγιο. Η γεννήτρια της είναι σύγχρονης συνεχής κίνησης, δακτυλοειδής γεννήτρια. Η E82 παρακολουθείται απομακρυσμένα με το σύστημα ENERCON SCADA.

Καμπύλη λειτουργίας της E82



Η λειτουργία της E82 ξεκινάει όταν η ταχύτητα του ανέμου ξεπεράσει την ταχύτητα έναρξης δηλαδή όταν έχει τιμή μεγαλύτερη από 2m/sec. Η ισχύς της ανεμογεννήτριας αυξάνει όταν η ταχύτητα του ανέμου κυμαίνεται από 3 έως 12 m/sec που είναι και η ονομαστική ισχύς της E82. Η λειτουργία της ανεμογεννήτριας σταματάει όταν η ταχύτητα του ανέμου ξεπεράσει την ταχύτητα διακοπής της λειτουργίας δηλαδή όταν θα είναι ίση με 28- 34 m/sec

Κεφάλαιο 3

Ανεμογεννήτριες GENERAL ELECTRIC

Οι ανεμογεννήτριες της General Electric είναι τριπτέρυγες ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα με ενεργό σύστημα ελέγχου του βήματος της περρωτής. Οι ανεμογεννήτριες της General Electric είναι η GE 1.5MW, η GE 2.5MW και η GE 3.6MW.

Οι ανεμογεννήτριες της General Electric διαθέτουν αξιόπιστο μέγεθος πλήμνης και διάμετρο του ρότορα γεγονός που προσφέρει στις ανεμογεννήτριες ευστροφία και καλύτερη απόδοση. Οι ανεμογεννήτριες της General Electric διαθέτουν σύστημα ρύθμισης του βήματος για κάθε περύγιο, το οποίο ρυθμίζεται ανάλογα με τον άνεμο που επικρατεί. Με την ρύθμιση του βήματος των ανεμογεννητριών επιτυγχάνεται ο περιορισμός των φορτίων και αυξάνεται ο χρόνος ζωής τους.

Η περρωτή των ανεμογεννητριών της General Electric είναι εφοδιασμένη με υδραυλικό φρένο διακοπής της λειτουργίας τους. Το υδραυλικό φρένο διακοπής της λειτουργίας ενεργοποιείται σε περιπτώσεις που ο άνεμος είναι πολύ δυνατός και διακόπτει την λειτουργία της ανεμογεννήτριας. Το υδραυλικό φρένο διακοπής της λειτουργίας της ανεμογεννήτριας βοηθάει να αποφευχθούν οι φθορές στις ανεμογεννήτριες και αυξάνει τον χρόνο ζωής τους.

Ο έλεγχος του θορύβου επιτυγχάνεται με τον έλεγχο του βήματος της περρωτής αλλά και χρησιμοποιώντας μόνωση στο κιβώτιο ταχυτήτων, στη γεννήτρια και στη Νασέλα. Οι ανεμογεννήτριες της General Electric είναι εφοδιασμένες επίσης με σύστημα ελέγχου των λειτουργιών της. Το σύστημα ελέγχου της General Electric είναι το PLC (programmable logic controller) με την ικανότητα της απομακρυσμένης παρακολούθησης των λειτουργιών των ανεμογεννητριών και του απομακρυσμένου έλεγχου αυτών.

Η General Electric εξοπλίζει τις ανεμογεννήτριες της προαιρετικά με ορισμένα συστήματα για να αυξήσουν την απόδοσή τους και να εξασφαλίσουν την καλύτερη λειτουργία τους.

- **Προαιρετικά συστήματα της General Electric**

- Η General Electric εξοπλίζει τις ανεμογεννήτριες της προαιρετικά με συστήματα που επιτρέπουν την καλύτερη απόδοση τους και αυξάνουν την παραγωγή ενέργειας. Τα συστήματα αυτά είναι:

- Σύστημα Wind VAR(Wind- Volt-Amp-Reactive): μοναδικό ηλεκτρονικό σύστημα της General Electric παρέχει την αποτελεσματική διαβίβαση και την αρμονική λειτουργία μέσα στο τοπικό πλέγμα. Το σύστημα αυτό η General Electric το έχει εγκαταστήσει στην GE1.5MW (προαιρετικά) και στην GE 3.6MW(προαιρετικά).

- Σύστημα χαμηλής τάσης RIDE-Thru: το σύστημα αυτό επιτρέπει στις ανεμογεννήτριες να μένουν σε λειτουργία ακόμα και κατά την διάρκεια διαταραχής του πλέγματος. Το σύστημα αυτό η General Electric το έχει εγκαταστήσει στην GE1.5MW (προαιρετικά), στη GE 2.5MW (προαιρετικά) και στη GE 3,6 MW(προαιρετικά).

- Σύστημα Wind Control: χρησιμοποιείται αποτελεσματικά για την ρύθμιση της τάσης και της ισχύς όπως και σε μία συμβατική εγκατάσταση ισχύος. Το σύστημα αυτό η General Electric το έχει εγκαταστήσει στην GE 2.5MW (προαιρετικό).

- Σύστημα Wind Free: το σύστημα αυτό παρέχει ενεργή ισχύ το πλέγμα ακόμα και χωρίς καθόλου άνεμο. Το σύστημα αυτό η General Electric το έχει εγκαταστήσει στην GE 2.5MW (προαιρετικά).

- **H GE 1.5 MW**

Η GE-1.5MW είναι μια μηχανή που προσαρμόζεται και διαμορφώνεται εύκολα. Σήμερα πάνω από 3300 μηχανές λειτουργούν παγκοσμίως. Διαθέτει αξιόπιστο μέγεθος πλήμνης και διάμετρο του ρότορα και έτσι της παρέχεται ευστροφία και καλή απόδοση.

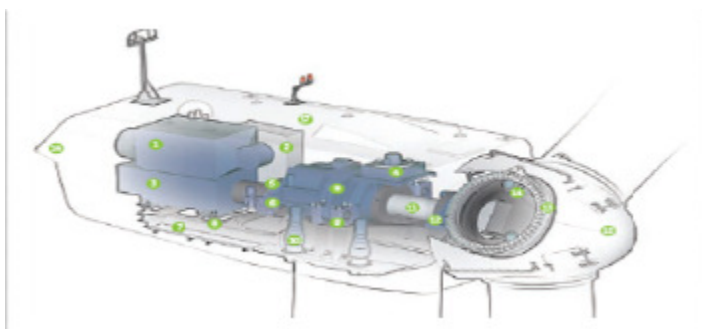


Ο έλεγχος της ταχύτητας και του βήματος της περρωτής της GE-1.5MW είναι χαρακτηριστικά που της επιτρέπουν να περιορίζει τα φορτία και να παρέχει μεγαλύτερο χρόνο ζωής στην ανεμογεννήτρια. Είναι εξοπλισμένη με το βινδβαρ (Wind Bolτ Amp Ρεακτιβε (προαιρετικό) και σύστημα Low Voltage Ride-Thru (προαιρετικό).

• Τεχνική Περιγραφή της GE- 1.5 MW

Ο ρότορας της GE-1.5MW μπορεί να έχει διάμετρο 70,5m, 77m και 82,5m και η ταχύτητα περιστροφής είναι 12.0-22.2, 11.0-20.4, 10.1-18.7 αντίστοιχα. Το ύψος του πύργου μπορεί να είναι από 64m έως 100m. Το κιβώτιο ταχυτήτων είναι τύπου «τριών βημάτων πλανητάριο με προεξοχή για το μηχανικό σύστημα». Η γεννήτρια είναι διπλής τροφοδοσίας, με εγκατάσταση τριών φάσεων, ασύγχρονη.

Η GE-1.5MW αποτελείται από τα εξής 5 μηχανικά μέρη όπως απεικονίζονται παρακάτω:

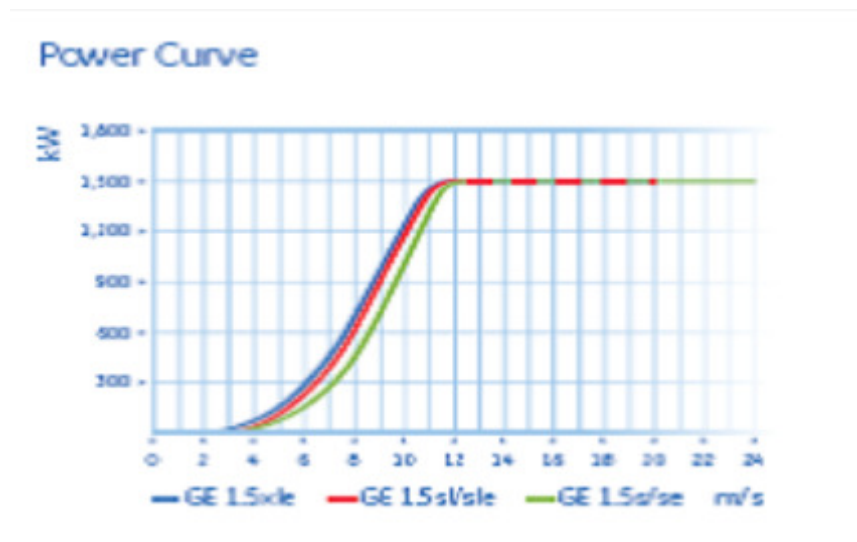


1. Εναλλαχτής θερμοκρασίας
2. Πλαίσιο ελέγχου
3. Γεννήτρια
4. ψυκτής λαδίου
5. σύζευξη
6. υδραυλικό φρένο διακοπής
7. κύρια επιφάνεια
8. μονωτής θορύβου
9. κιβώτιο ταχυτήτων
10. κινητήρας
11. άξονας του ρότορα
12. Προσανεμισμός
13. πλήμνη του ρότορα
14. οδηγός του βήματος
15. κωνοειδής μύτη
16. εξαερισμός
17. Ατρακτος

Το κιβώτιο ταχυτήτων της GE-1.5MW είναι τριών βημάτων πλανητάριο με σύστημα γεννήτριας. Η γεννήτρια της GE-1.5M είναι τριφασική ασύγχρονη. Διαθέτει μετατροπέα παλμού που μετατρέπει την συχνότητα. Ο κινητήρας λειτουργεί με ένα ηλεκτρομαγνητικό οδηγό με αισθητήρα της κατεύθυνσης του ανέμου.

Το σύστημα των φρένων αποτελείται από ηλεκτρομηχανικό ελεγκτή του βήματος για κάθε ένα από τα τρία περύγια και υδραυλικό φρένο διακοπής. Ο έλεγχος της GE-1.5MW γίνεται με προγραμματισμένο ελεγκτή (PLC).

χαρακτηριστική καμπύλη λειτουργίας της GE-1.5 MW:



Από την γραφική παράσταση της ισχύος βλέπουμε ότι η παραγωγή ισχύος ξεκινάει όταν η ταχύτητα ενάρξεως γίνει ίση με 3,5-4m/sec. Η ισχύ αυξάνεται μέχρι που η ταχύτητα του ανέμου να είναι ίση με 12,5-14m/sec. Η λειτουργία της ανεμογεννήτριας διακόπτεται όταν η ταχύτητα του ανέμου είναι ίση με 20-25m/sec

- **H GE-2.5MW**

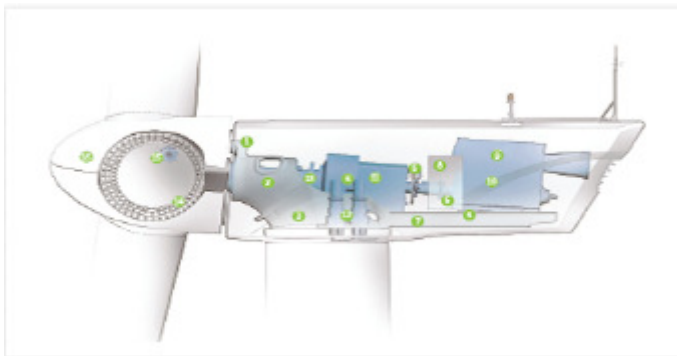
HGE-2.5MW είναι εξοπλισμένη με μία μόνιμη μαγνητική γεννήτρια που παρέχει υψηλή απόδοση σε ασθενείς ταχύτητες ανέμου με αποτέλεσμα την αύξηση της ετήσιας παραγωγή ενέργειας. Το αξιόπιστο ύψος της πλήμνης παρέχει ευστροφία στην ανεμογεννήτρια. Ο αξιόπιστος έλεγχος της ταχύτητας και ο έλεγχος του βήματος περιορίζει τα καμπτικά και στρεπτικά φορτία στο κύριο οδηγό. Διαθέτει σύστημα Wind Control (προαιρετικό), σύστημα Wind Free (προαιρετικό) και το σύστημα Wind Ride-THRU (προαιρετικό).



• Τεχνική Περιγραφή GE-2.5MW

Ο ρότορας της GE-2.5MW έχει διάμετρο 100m και είναι τριπτέρυγη ανεμογεννήτρια. Το ύψος του πύργου μπορεί να είναι από 75m, 85m, 100m.

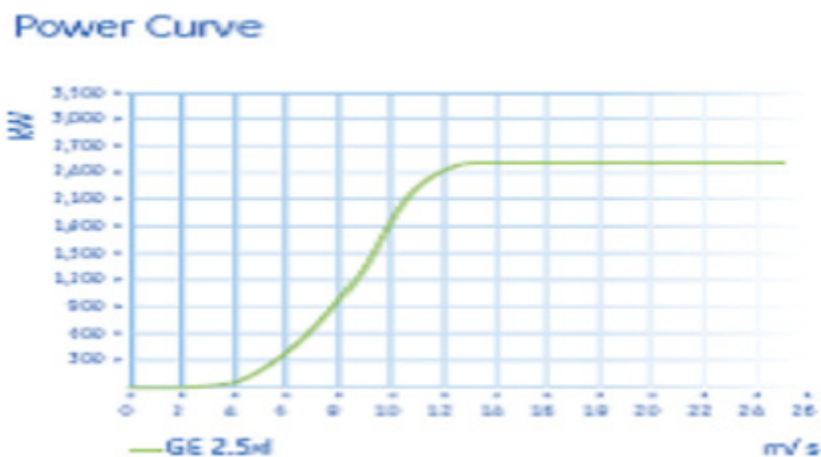
Η GE-2.5MW αποτελείται από μηχανικά μέρη όπως απεικονίζονται στο παρακάτω σχήμα:



1. κλείδωμα του ρότορα
2. μαξιλάρι μπλοκ
3. κύρια επιφάνεια
4. κρούση ήχου στη μόνωση
5. υδραυλικό φρένο διακοπής
6. σύζευξη
7. επιφάνεια γεννήτριας
8. πλαίσιο ελέγχου
9. Εναλαγχτής της θερμότητας
10. γεννήτρια
11. κιβώτιο ταχυτήτων
12. κινητήρας
13. άξονας του ρότορα
14. πλήμνη του ρότορα
15. οδηγός βήματος
16. κωνοειδής μύτη

Το κιβώτιο ταχυτήτων της GE-2.5MW είναι πολλαπλού επιπέδου πλανητάριου μηχανισμού. Η γεννήτρια της GE-2.5MW είναι μαγνητική γεννήτρια με πλήρη μετατροπέα ισχύος. Ο κινητήρας λειτουργεί με ένα ηλεκτρομαγνητικό οδηγό μαζί με αισθητήρα κατεύθυνσης του ανέμου και αυτόματο καλώδιο. Το σύστημα των φρένων για την ασφαλή λειτουργία της ανεμογεννήτριας αποτελείται από ηλεκτρομηχανικό ελεγκτή του βήματος για κάθε ένα από τα τρία πτερύγια και υδραυλικό φρένο διακοπής. Ο έλεγχος της GE-2.5M γίνεται με προγραμματισμένο ελεγκτή (PLC).

Ακολουθεί η χαρακτηριστική καμπύλη λειτουργίας της GE-2.5MW:



Από το διάγραμμα της ισχύος βλέπουμε ότι η GE-2.5MW παράγει ισχύ όταν η ταχύτητα ενάρξεως είναι ίση με 3.5m/sec. Η παραγόμενη ισχύ αυξάνεται μέχρι η ταχύτητα του ανέμου να γίνει ίση με 12.5m/sec. Η λειτουργία της ανεμογεννήτριας διακόπτεται όταν η ταχύτητα διακοπής είναι ίση με 26m/sec.

- **Η GE-3.6MW είναι η ανεμογεννήτρια που αποδίδει στις παράχθιες περιοχές**

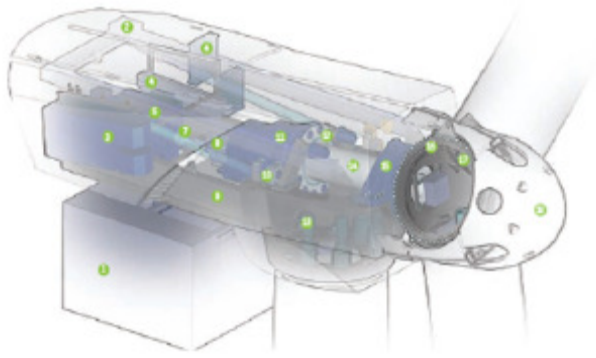


Η αξιοπιστία της πλήμνης και η διάμετρος του ρότορα παρέχει ευστροφία στην ανεμογεννήτρια. Ο αξιόπιστος έλεγχος της ταχύτητας και η ρύθμιση του βήματος της περωτής περιορίζει καμπτικά και στρεπτικά φορτία. Εξοπλίζεται επιλεκτικά με σύστημα WindVAR και με το σύστημα Low Voltage Ride Thru (προαιρετικό). Η GE-3.6M αποτελεί τον παράκτιο αεροκινητήρα της General. Η GE-3.6M είναι αποδοτική σε περιοχές με ισχυρούς ανέμους και σχεδιάστηκε για να εξυπηρετήσει ακριβώς αυτό τον σκοπό.

• Τεχνική περιγραφή της GE-3.6MW

Ο ρότορας της GE-3.6MW να έχει διάμετρο 111m. Τα πτερύγια του ρότορα είναι 3 και η ταχύτητα περιστροφής του ρότορα κυμαίνεται από 8.5 15.3rpm.

Η GE-3.6M W αποτελείται από τα εξής μηχανικά μέρη όπως απεικονίζονται στο παρακάτω σχήμα :

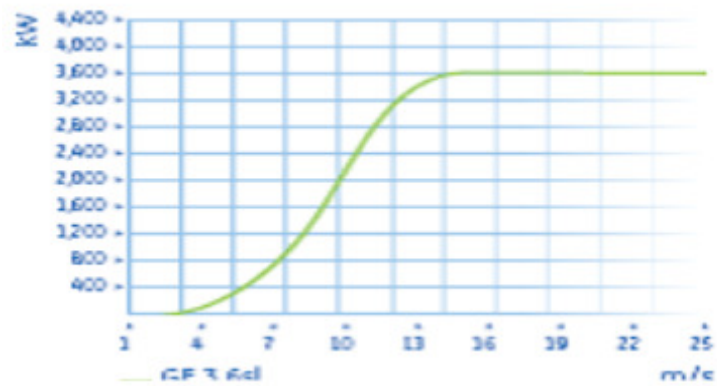


1. Παράκτιο κιβώτιο
2. μικρός γερανός
3. γεννήτρια εναλλαγής θερμότητας
4. πλαίσιο ελέγχου
5. γεννήτρια
6. ψυκτής λαδιού
7. σύζευξη
8. υδραυλικό φρένο διακοπής
9. κύρια επιφάνεια
10. μόνωση θορύβου
11. κιβώτιο ταχυτήτων
12. κλείδωμα του ρότορα
13. κινητήρας
14. άξονας ρότορα
15. Προσανεμισμός
16. πλήμνη του ρότορα
17. οδηγός του βήματος
18. κωνοειδής μύτη

Το κιβώτιο ταχυτήτων της GE-3.6MW είναι τριών βημάτων πλανητάριο με υποδοχή για μηχανικό σύστημα. Η γεννήτρια της GE-3.6MW είναι διπλής τροφοδοσίας ασύγχρονη. Ο κινητήρας λειτουργεί με ένα ηλεκτρομαγνητικό οδηγό με αισθητήρα της κατεύθυνσης του ανέμου. Για την ασφαλή λειτουργία της ανεμογεννήτριας η GE-3.6MW είναι εφοδιασμένη με σύστημα υδραυλικού φρένου ενώ ο έλεγχος του βήματος γίνεται ηλεκτρομαγνητικά για κάθε πτερύγιο ξεχωριστά. Ο έλεγχος των λειτουργιών της GE-3.6M γίνεται με προγραμματισμένο ελεγκτή (PLC) με την επιλογή του απομακρυσμένου ελέγχου και ρύθμισης όλων των λειτουργιών της ανεμογεννήτριας

η χαρακτηριστική καμπύλη λειτουργίας της GE-3.6MW:

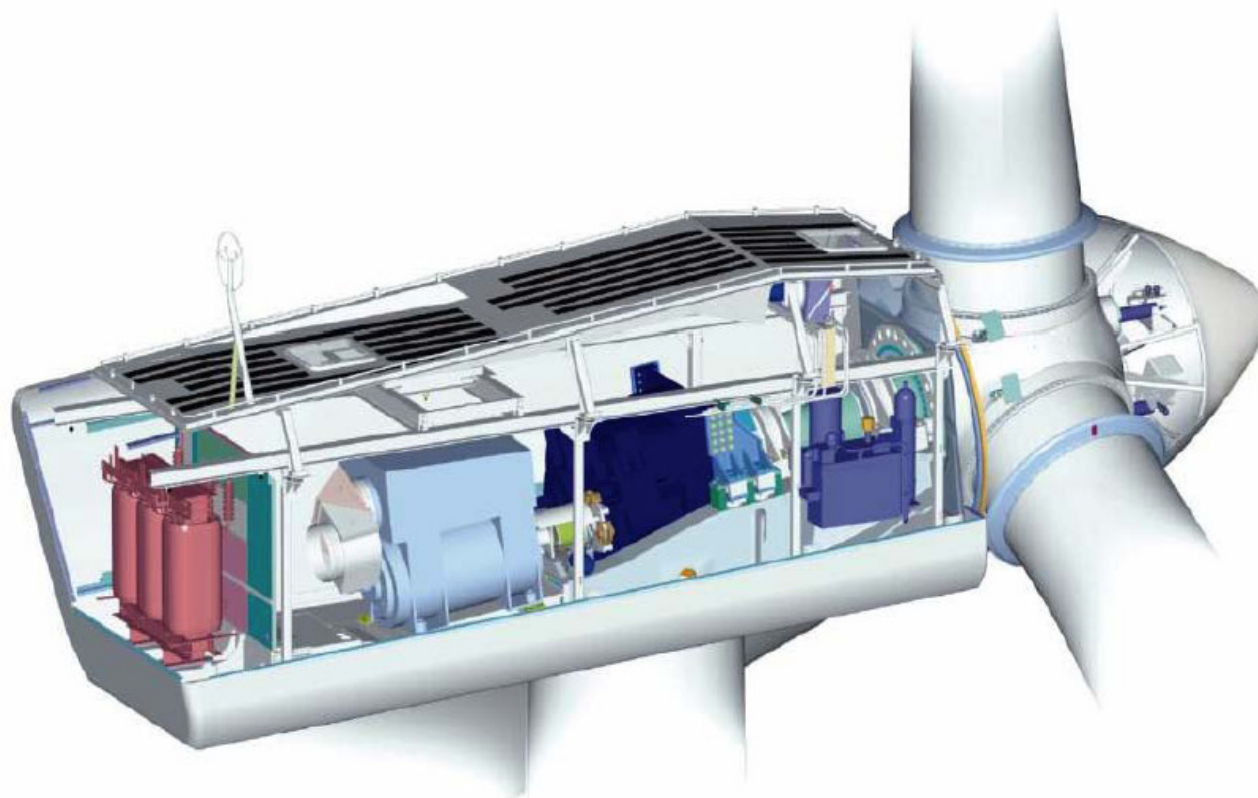
Power Curve



Από το διάγραμμα της ισχύος βλέπουμε ότι η GE-3.6MW παράγει ισχύ όταν η ταχύτητα ενάρξεως είναι ίση με 3.5m/sec. Η παραγόμενη ισχύ αυξάνεται μέχρι η ταχύτητα του ανέμου να γίνει ίση με 14m/sec. Η λειτουργία της ανεμογεννήτριας διακόπτεται όταν η ταχύτητα διακοπής είναι ίση με 25m/sec.

Κεφάλαιο 4

Ανεμογεννήτριες VESTAS



Η Vestas είναι μια εταιρεία που δραστηριοποιείται στην Ελλάδα και επιλέγεται από τους Έλληνες επενδυτές για τον εξοπλισμό των αιολικών εγκαταστάσεων. Οι οριζοντίου άξονα. Σήμερα στην Ελλάδα έχει εγκατασταθεί σημαντικός αριθμός ανεμογεννητριών της Vestas.

Η Vestas έχει αναπτύξει συστήματα με τα οποία εξοπλίζει τις ανεμογεννήτριες της έτσι ώστε να τους δώσει την ικανότητα να έχουν καλύτερη απόδοση με λιγότερες φθορές στα μηχανικά τους μέρη.

Η Vestas κατασκευάζει τις V52-850kW, V80-1.8MW, V82-1.65MW, V80-2.0MW, V90-1.8MW & 2.0MW, V90-3.0MW. Στο παράρτημα 1 της παρούσας δίνεται η τεχνική περιγραφή των ανεμογεννητριών της Vestas.

Τα συστήματα που χρησιμοποιούνται από την Vestas είναι:

- **Σύστημα OptiTip:** χρησιμοποιείται για την ρύθμιση του βήματος της πτερωτής της ανεμογεννήτριας με δυνατότητα ελέγχου και ρύθμισης μέσω μικροεπεξεργαστών.
- **Γεννήτρια OptiSpeed:** πρακτικά επιτρέπει στον ρότορα της ανεμογεννήτριας να κινείται με συγκεκριμένη ταχύτητα.
- **Γεννήτρια OptiSlip:** επιτρέπει στον ρότορα της ανεμογεννήτριας να κινείται με ταχύτητα από 9 έως 19 rpm. Σκοπός της γεννήτριας είναι να αυξήσει την έξοδο.
- **Υδραυλική τεχνολογία Active- Stall:** εξασφαλίζει στον ρότορα την συλλογή της μέγιστη ισχύ από την ένταση της ριπής του ανέμου ελαχιστοποιώντας τα καμπτικά και στρεπτικά φορτία, ελέγχοντας ταυτόχρονα την παραγωγή ενέργειας.
- **Σύστημα Det Norse Veritas (DNV):** σύστημα το οποίο παρέχει στη ανεμογεννήτρια την ικανότητα να συντονίζει την γεννήτρια της.

Εκτός από τα παραπάνω συστήματα η Vestas διεξοδικά έχει τροποποιήσει την άτρακτο της βασισμένη στην εμπειρία από τα προηγούμενα μοντέλα της. Εξελίσσει επίσης και τον σχεδιασμό των πτερυγίων της τόσο στα υλικά κατασκευής όσο και στον αεροδυναμικό τους σχεδιασμό.

• Γεννήτριες OptiSpeed και OptiSlip

Οι δύο αυτές γεννήτριες της Vestas αποτελούν καινοτομία και σημαντικό πλεονέκτημα στη τεχνολογία των ανεμογεννητριών της. Η συνεισφορά τους είναι σημαντική και ο βασικός σκοπός των γεννητριών αυτών είναι η αύξηση της ετήσιας παραγωγής ενέργειας αλλά και ο περιορισμός των φθορών στα μηχανικά μέρη της ανεμογεννήτριας, λόγω της χαμηλής και ελεγχόμενης περιστροφής του ρότορα.

Η γεννήτρια OptiSpeed πρακτικά επιτρέπει στον ρότορα να κινείται με ταχύτητα από 14 έως 31 rpm λαμβάνοντας υπόψη τον ισχύων άνεμο που επικρατεί την κάθε στιγμή. Για να αυξήσουμε την έξοδο με την OptiSpeed ορίζουμε ως ταχύτητα περιστροφής του ρότορα την μεγαλύτερη τιμή της αργής και μεταβλητής περιστροφής της, αποθηκεύοντας αποτελεσματικά με αυτό το τρόπο το πλεόνασμα της ενέργειας σε μορφή περιστροφής. Με τον τρόπο αυτό η ανεμογεννήτρια εκμεταλλεύεται την πλήρη ισχύ από την ένταση της ριπής του ανέμου.

Η γεννήτρια OptiSlip επιτρέπει στον ρότορα της ανεμογεννήτριας να κινείται με ταχύτητα από 9 έως 19 rpm λαμβάνοντας υπόψη πάντα τον ισχύων άνεμο που επικρατεί την κάθε στιγμή. Η λειτουργία της ακολουθεί την λειτουργία της γεννήτριας OptiSpeed. Για να αυξήσουμε την έξοδο με την OptiSlip ορίζουμε επίσης ως ταχύτητα περιστροφής του ρότορα την υψηλότερη τιμή της αργής και μεταβλητής περιστροφής, αποθηκεύοντας την πλεονάζουσα ενέργεια σε φόρμα περιστροφής. Έτσι η ανεμογεννήτρια μπορεί να εκμεταλλεύεται με αυτό τον τρόπο την πλήρη ισχύ από την ένταση της ριπής του ανέμου.

Οι γεννήτριες OptiSpeed και OptiSlip έχουν ένα επιπλέον πλεονέκτημα. Περιορίζουν τις φθορές στο κιβώτιο ταχυτήτων, την πτερωτή και τον πύργο από τα στρεπτικά και καμπτικά φορτία λόγω της ελεγχόμενης και χαμηλής περιστροφής τους. Ακόμα λόγω της ελεγχόμενης και αργής περιστροφής του ρότορα γίνεται δυνατό να περιορίζεται ο θόρυβος στα όρια που ορίζονται από τους τοπικούς κανονισμούς. Οι γεννήτριες OptiSpeed και OptiSlip βοηθούν να παραδίδεται καλύτερης ποιότητας ισχύ στο πλέγμα μαζί με γρήγορο συγχρονισμό ελαττώνοντας τις παραμορφώσεις και τους κραδασμούς.

Οι ανεμογεννήτριες που είναι εξοπλισμένες με την γεννήτρια OptiSpeed είναι η V52-850kW, V80-2.0MW, V90-1.8 & 2.0MW και V90-3.0MW, ενώ με την γεννήτρια OptiSlip είναι εξοπλισμένη μόνο η V80-1.8 MW. Η Vestas χρησιμοποιεί περισσότερο την γεννήτρια OptiSpeed για να εξοπλίσει τις ανεμογεννήτριες της.

- **Σύστημα OptiTip**

Το σύστημα OptiTip της Vestas είναι το σύστημα που χρησιμοποιείται για να ρυθμίζεται το βήμα της πτερωτής. Με το σύστημα αυτό ελέγχεται το βήμα των πτερυγίων έτσι ώστε να διατηρείται αποτελεσματική η γωνία σε σχέση πάντα με την ένταση και την διεύθυνση του ανέμου που επικρατεί την κάθε δεδομένη στιγμή. Η λειτουργία του συστήματος OptiTip βασίζεται σε μικροεπεξεργαστές με την δυνατότητα της απομακρυσμένης ρύθμισης και παρακολούθησης της λειτουργίας της ανεμογεννήτριας.

Με το σύστημα OptiTip εξασφαλίζεται η συνεχής διευθέτηση και η διατήρηση αποτελεσματικής γωνίας σύμφωνα με την φορά και την ένταση του άνεμο που επικρατεί κάθε φορά. Το σύστημα OptiTip της Vestas αυξάνει την απόδοση των ανεμογεννητριών της. Ρυθμίζοντας το βήμα της πτερωτής η ανεμογεννήτρια μπορεί να εκμεταλλεύεται την πλήρη ισχύ από την ένταση της ριπής του ανέμου.

Ακόμα το σύστημα OptiTip της Vestas βοηθάει να κρατηθούν τα επίπεδα θορύβου στα όρια που ορίζονται από τους τοπικούς κανονισμούς. Όλες οι ανεμογεννήτριες της Vestas είναι εξοπλισμένες με σύστημα OptiTip με την ικανότητα της απομακρυσμένης παρακολούθησης και ρύθμισης του συστήματος, και ελέγχου και έχουν την ικανότητα του απομακρυσμένου ελέγχου.

- **Τεχνολογία Active- Stall και σύστημα Det Norse Veritas (DNV)**

Η τεχνολογία Active- Stall της Vestas εφαρμόζεται στη V82-1.65MW, ανεμογεννήτρια που χρησιμοποιείται αποτελεσματικά σε περιοχές με χαμηλές και μέτριες συνθήκες ανέμου. Η υδραυλική τεχνολογία Active -Stall εξασφαλίζει ότι ο ρότορας της ανεμογεννήτριας συγκεντρώνει την μέγιστη ισχύ από την ένταση της ριπής του ανέμου που επικρατεί, ελέγχει την έξοδο και περιορίζει τα καμπτικά και στρεπτικά φορτία. Επίσης παρέχεται η δυνατότητα διακοπής της λειτουργίας της ανεμογεννήτριας σε ακραίες συνθήκες ανέμου προστατεύοντας την από τις φθορές. Με την Active- Stall διατηρείται σταθερή η έξοδο της ανεμογεννήτριας στο 1.65MW. Το σύστημα Det Norse Veritas (DNV) της Vestas έχει την ικανότητα να ρυθμίζει την δική του γεννήτρια. Το σύστημα αυτό προσφέρει στη V82- 1.65MW υψηλή αξιοπιστία.

- **Τα νέα πτερύγια των ανεμογεννητριών της Vestas**

Η Vestas εκτός από τα παραπάνω συστήματα και τις γεννήτριες με τα οποία εξοπλίζει τις ανεμογεννήτριες της, προχώρησε και σε αναβάθμισή των πτερυγίων της. Προχώρησε σε ένα νέο αεροδυναμικό σχεδιασμό αλλά δεν σταμάτησε εκεί. Άλλαξε και τα υλικά τα οποία χρησιμοποιούσε μέχρι τότε. Το υλικό που χρησιμοποιούσε η Vestas για την κατασκευή των πτερυγίων της ήταν οι ίνες γυαλιού τις οποίες αντικατέστησε με ίνες άνθρακα. Το νέο υλικό που επέλεξε η Vestas για τα νέα της πτερύγια είναι λεπτότερο και ελαφρύτερο από το προηγούμενο. Έτσι τα νέα πτερύγια είναι λεπτότερα και ελαφρύτερα από τα προηγούμενα. Το νέο υλικό, οι ίνες άνθρακα κάνουν τα πτερύγια πιο ανθεκτικά με μεγαλύτερη ακαμψία και δύναμη. Λόγω της μεγάλης ανθεκτικότητας των πτερυγίων ελαττώνεται και η ποσότητα των υλικών που απαιτείται για την κατασκευή τους. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι η V90 έχει περίπου 27% περισσότερη στρεπτική επιφάνεια από την V80, μακρύτερα πτερύγια ενώ έχουν σχεδόν το ίδιο

βάρος. Τα πτερύγια της V90 έχουν επίσης ένα νέο προφίλ που είναι ανώτερο αεροδυναμικά από τα προηγούμενα πτερύγια. Με τα νέα αυτά πτερύγια η Vestas βελτιώνει την παραγωγή ενέργειας ενώ κάνει το προφίλ της πτερωτής λιγότερο ευαίσθητο στην κύρια ακμή του. Τα τελικά χαρακτηριστικά των πτερυγίων είναι:



- Νέος αεροδυναμικός σχεδιασμός
- Νέα ελαφρύτερα υλικά κατασκευής
- Μια κυκλική πίσω ακμή

Με τα νέα πτερύγια η Vestas πέτυχε να αυξήσει την έξοδο και να περιορίσει τα μεταφερόμενα καμπτικά και στρεπτικά φορτία.

• **V52-850 kW Η ανεμογεννήτρια που πάει παντού**

Η V52 είναι μια μηχανή αξιόπιστη, ανεξάρτητη και δημοφιλής. Οι κατασκευαστές της την έχουν χαρακτηρίσει σαν την μηχανή που πηγαίνει παντού. Η υψηλή απόδοση της και η ευκολία με την οποία αυτή διαμορφώνεται κάνει την V 52 μια εξαιρετική επιλογή για όλες τις συνθήκες άνεμου. Η V 52 λόγω των μικρών της διαστάσεων είναι οικονομικά πιο αποτελεσματική κατά την μεταφορά και την εγκατάσταση της. Η Vestas έχει αναρτήσει κατά προσέγγιση παραπάνω από 1800 ανεμογεννήτριες σε όλο τον κόσμο. Ένας από τους παράγοντες που συμβάλλουν στην επιτυχία της V52 είναι το σύστημα OptiTip ρύθμισης των στροφών της και

βοηθάει να κρατηθούν τα επίπεδα θορύβου ανάμεσα στα όρια που ορίζονται από τους τοπικούς κανονισμούς.

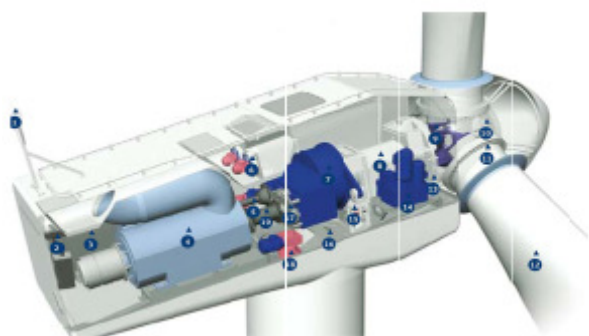


Ένα άλλο χαρακτηριστικό της V52 είναι η γεννήτρια OptiSpeed. Αυτή είναι ένα σημαντικό πλεονέκτημα στη τεχνολογία της ανεμογεννήτριας και είναι μια μεγάλη συνεισφορά στη V52. Προστίθεται επίσης στα πλεονεκτήματα της OptiSpeed ότι περιορίζει τις φθορές του κιβωτίου ταχυτήτων, της περωτής και του πύργου συνυπολογίζοντας και τα χαμηλά φορτία. Συνοπτικά η OptiSpeed βοηθάει την V52 να παραδίδει καλύτερης ποιότητα ισχύς στο πλέγμα με γρήγορη συγχρόνιση, περιορίζοντας τις παραμορφώσεις και τους κραδασμούς. Συνοπτικά η OptiSpeed δίνει μεγαλύτερη έξοδο, καλύτερη ποιότητα ισχύς και λιγότερες μηχανικές εντάσεις και θορύβους.

• Τεχνική Περιγραφή της V52

Ο ρότορας της V 52 έχει διάμετρο 52 μέτρα, είναι τριπτέρυγη ανεμογεννήτρια και η περιοχή που σαρώνει είναι 2.124 m². Η κανονική ταχύτητα περιστροφής της είναι ίση με 26 rpm. Ο πύργος στήριξης μπορεί να έχει ύψος από 40 έως 86 μέτρα. Η γεννήτρια της είναι ασύγχρονη με OptiSpeed και το κιβώτιο ταχυτήτων είναι τύπου 1 ½ βήματος παράλληλου μηχανικού άξονα.

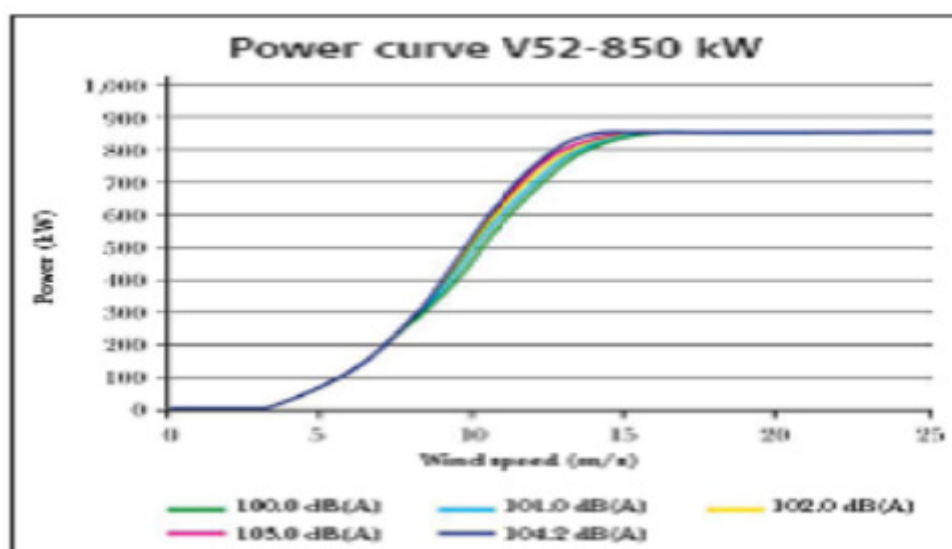
Η V 52 αποτελείται από τα έξις μηχανικά μέρη που απεικονίζονται και στο παρακάτω σχήμα:



1. Υπερηχητικός αισθητήρας
2. Γερανός συντήρησης
3. VMT- ελεγκτής κορυφής με μετασχηματιστή
4. Γεννήτρια OptiSpeed
5. Βήμα του κυλίνδρου
6. Ψύκτης λαδιού και νερού
7. Κιβώτιο ταχυτήτων
8. Κεντρικός άξονας
9. Κέντρο της πτερωτής
10. πλήμνη
11. Προσανεμισμός της πτερωτής
12. Πτερωτή
13. Σύστημα κλειδώματος του ρότορα
14. Υδραυλική μονάδα
15. Κινητήρας
16. Μηχανισμός προσανεμισμού
17. Μηχανικό δισκόφρενο
18. Κινητήρας

Ο έλεγχος του συστήματος είναι βασισμένος σε μικροεπεξεργαστή, υπάρχει η δυνατότητα της απομακρυσμένης παρακολούθησης και ρύθμισης όλων των λειτουργιών της ανεμογεννήτριας όπως η ρύθμιση της εξόδου της OptiSpeed και η ρύθμιση του βήματος OptiTip των πτερυγίων.

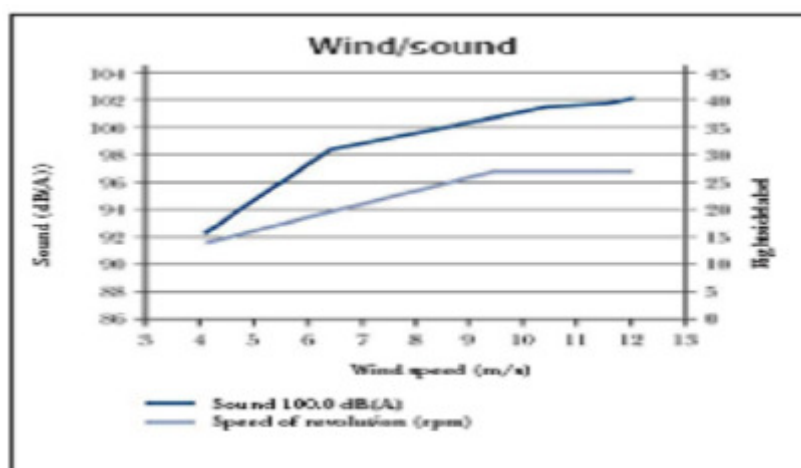
Ακολουθεί η χαρακτηριστική καμπύλη λειτουργίας της V52 και το διάγραμμα του θορύβου συναρτήσει της ταχύτητας του ανέμου:



Στο διάγραμμα της χαρακτηριστικής καμπύλης της V52- 850 kW που είναι εξοπλισμένη με σύστημα OptiSpeed, απεικονίζεται το διάγραμμα της ισχύος για διαφορετικά επίπεδα θορύβου.

Από την χαρακτηριστική καμπύλη βλέπουμε ότι η ανεμογεννήτρια παράγει έργο όταν η ταχύτητα του ανέμου ξεπεράσει την τιμή της ταχύτητάς έναρξης δηλαδή όταν έχει τιμή μεγαλύτερη από 4m/sec. Η ισχύ της ανεμογεννήτριας αυξάνει όταν η ταχύτητά του ανέμου έχει τιμές από 5m/sec έως 16m/sec που είναι και η ονομαστική ταχύτητα της V52. Η μέγιστη παραγόμενη ισχύ της V52 είναι 850kW. Η λειτουργία της ανεμογεννήτριας σταματάει όταν η τιμή της ταχύτητας του ανέμου ξεπεράσει την ταχύτητα διακοπής της λειτουργίας δηλαδή όταν θα είναι ίση με 25m/sec.

Το διάγραμμα του θορύβου συναρτήσει της ταχύτητας του ανέμου απεικονίζεται σε DB(A) και σε rpm.



Από το διάγραμμα του θορύβου συναρτήσει της ταχύτητας του ανέμου παρατηρούμε ότι τα επίπεδα του θορύβου μπορούν να ρυθμιστούν από την ταχύτητα περιστροφής της ανεμογεννήτριας όπως φαίνεται παραπάνω. Φαίνεται καθαρά ότι τα επίπεδα θορύβου είναι καλύτερα στις χαμηλές ταχύτητες περιστροφής επειδή τα επίπεδα θορύβου υπολογίζονται κατά προσέγγιση στα 7DB(A), χαμηλότερα στα 4m/sec από ότι στα 8m/sec. Για άλλα επίπεδα θορύβου, το όφελος δεν μπορεί να είναι παραπάνω από 10 DB(A). Αξίζει να σημειώσουμε ότι αυτή η αύξηση των 3 DB(A) αντιπροσωπεύει μια διχοτόμηση του επιπέδου του θορύβου.

- **Η V90-3.0MW αποτελεί έναν αποδοτικό τρόπο για περισσότερη ισχύ**

Η V90-3.0MW αποτελεί έναν αποδοτικό τρόπο για περισσότερη ενέργεια. Για να αυξηθεί η απόδοση της V90-3.0MW έγιναν βελτιώσεις στα πτερύγια της αντικαθιστώντας τα υλικά

κατασκευής με ακόμη ελαφρύτερα αλλά και την δομή τους. Η Vestas σύστησε παρόμοια νέα ελαφρύτερα υλικά, με πιο αξιοσημείωτο τις ίνες άνθρακα. Το νέο σχέδιο των πτερυγίων



αντιπροσωπεύει μια σημαντική αεροδυναμική πρόοδο. Τα πτερύγια της V90-3.0MW έχουν την μορφή φτερού αεροπλάνου και από τα αποτελέσματα αποδείχθηκε ότι βελτιώθηκε η παραγωγή ενέργειας κάνοντας παράλληλα την πτερωτή λιγότερο ευαίσθητη στους ρύπους σε συνδυασμό με μείωση των φορτίων.

Η διευθέτηση του πύργου και της απράκτου χρησιμοποιείται αποτελεσματικά για να διευκολύνει της διαδικασίες συντήρησης τους. Εκτός από τον νέο σχεδιασμό τους τα πτερύγια διαθέτουν επίσης αυτόματη λίπανση στο σύστημα προσανεμισμού. Εφαρμόζοντας τα νέα χαρακτηριστικά αυτά στα πτερύγια της V90-3.0MW πέτυχαν την μείωση της συντήρησης τους.

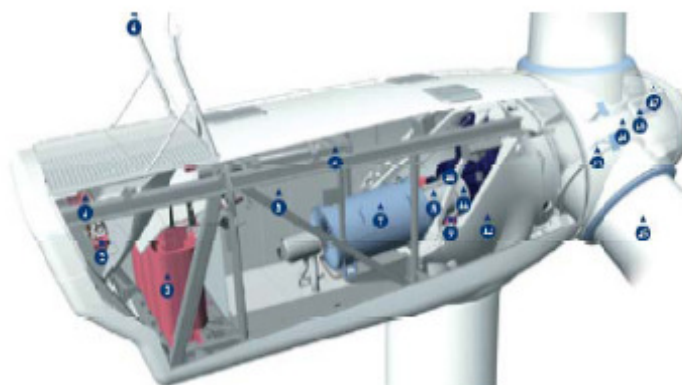
Είναι εξοπλισμένη επίσης με OptiSpeed που την βοηθάει να παραδίδει καλύτερη ισχύ στο πλέγμα, με γρήγορο συγχρονισμό περιορίζοντας τις παραμορφώσεις και τους κραδασμούς. Τα χαρακτηριστικά της V90- 3MW την κάνουν ικανή ανεμογεννήτρια για κάθε κατεύθυνση.

• Τεχνική Περιγραφή της V90- 3MW

Ο ρότορας της V90-3.0MW έχει διάμετρο 90m και η περιοχή που σαρώνει είναι 6.362 m². Η κανονική περιστροφή της είναι ίση με 16.1 rpm. Για την ρύθμιση της ισχύος χρησιμοποιείται το σύστημά OptiSpeed. Τα πτερύγια του ρότορα είναι τρία. Ο πύργος της V90-3.0MW μπορεί να έχει

ύψος 80m, 105m. Η πτερωτή είναι εξοπλισμένη με σύστημα OptiTip για την ρύθμιση του βήματος. Η γεννήτρια της V90-3.0MW είναι ασύγχρονη με γεννήτρια OptiSpeed.

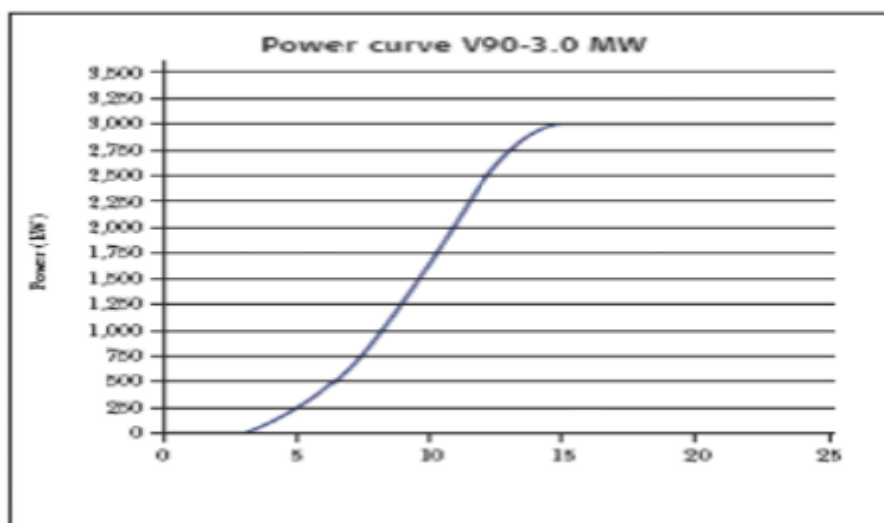
Η V90-3.0MW αποτελείται από τα παρακάτω μηχανικά μέρη που απεικονίζονται και στο παρακάτω σχήμα:



1. Ψύκτης λαδιού
2. Ψύκτης νερού για την γεννήτρια
3. Μετασχηματιστής υψηλής τάσης
4. Υπερηχητικός αισθητήρας ταχύτητας ανέμου
5. VMP- Ελεγκτής οροφής με μετατροπέα
6. Γερανός συντήρησης
7. Γεννήτρια OptiSpeed
8. Σύνθετη σύζευξη δίσκων
9. Κινητήρας
10. Κιβώτιο ταχυτήτων
11. Μηχανικό δισκόφρενο
12. Μηχανισμός προσανατολισμού
13. Προσανεμισμός της πτερωτής
14. Πλήμνη της πτερωτής
15. Πτερωτή
16. Κύλινδρος ρύθμισης του βήματος
17. Ελεγκτής της πρύμνη

Ο έλεγχος του συστήματος είναι βασισμένος σε μικροεπεξεργαστή με την δυνατότητα της απομακρυσμένης παρακολούθησης και ρύθμισης όλων των λειτουργιών της ανεμογεννήτριας. Η ρύθμιση της εξόδου γίνεται με το σύστημα OptiSpeed και η ρύθμιση του βήματος με το σύστημα OptiTip.

Ακολουθεί η χαρακτηριστική καμπύλη λειτουργίας της V90-3.0MW:



Από το διάγραμμα βλέπουμε ότι η V90-3.0MW αρχίζει να παράγει έργο όταν η ταχύτητα ενάρξεως της είναι ίση με 4m/sec. Η ισχύς αυξάνεται μέχρι που η ταχύτητα του ανέμου

να γίνει ίση με την ονομαστική τιμή της V90-3.0MW δηλαδή 15m/sec. Η V90-3.0MW διακόπτει την λειτουργία της όταν η ταχύτητα του ανέμου γίνει ίση με 25m/sec.

- **V82- 1.65MW Αποδοτική για χαμηλές και μέτριες**

συνθήκες ανέμου

Η V82- 1.65MW διαθέτει μεγάλο ρότορα και ισχυρή γεννήτρια γεγονός που την καθιστά πολύ καλό εκτελεστή στην κατηγορία των MW για χαμηλές και μέτριες συνθήκες ανέμου.



Διαθέτει υδραυλική τεχνολογία Active- Stall εξασφαλίζοντας έτσι για τον ρότορα την συλλογή της μέγιστης ισχύς από το άνεμο. Η Active - Stall παρέχει ασφαλής λειτουργία σε όλες τις συνθήκες ανέμου ακόμα και όταν ξεπεραστεί η προβλεπόμενη ταχύτητα ανέμου, συνεχίζει να διατηρεί σταθερή παραγωγή 1.65 MW. Η V82- 1.65MW αποτελεί μια ανεμογεννήτρια με καλή απόδοση και σε πολύ αποτελεσματική τιμή.

Η Vestas έκανε μία προσπάθεια να περιορίσει τα επίπεδα θορύβου της V 82 δραματικά με ευκρινή ακουστικά αποτελέσματα. Τα επίπεδα θορύβου είναι ανάμεσα στα χαμηλότερα της αγοράς αδιαφορώντας για την ταχύτητα του ανέμου. Επίσης, διαθέτει γεννήτρια δύο ταχυτήτων η οποία καθιστά πιθανό να μειωθεί κι άλλο ο θόρυβος τις νυχτερινές ώρες ή στις χαμηλές συνθήκες ανέμου.

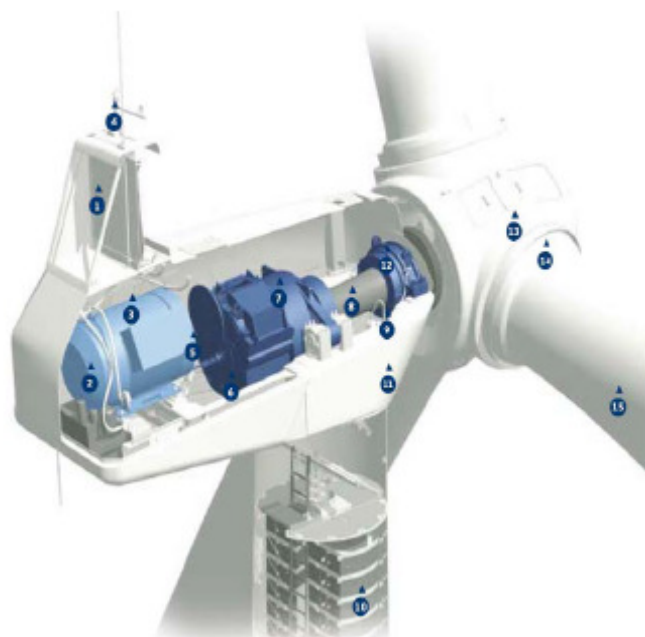
Επίσης είναι εξοπλισμένη με σύστημα Det Norske Veritas (DNV). Το σύστημα αυτό έχει πιστοποιήσει την V82-1.65MW σαν το ακριβέστερο πρότυπο στην βιομηχανία του αέρα. Επιπλέον η άτρακτος είναι βασισμένη στα ήδη διεξοδικά δοκιμασμένα προηγούμενα μοντέλα. Σήμερα περισσότερες από 700 ανεμογεννήτριες που χαρακτηρίζονται από αυτό το σχέδιο έχουν εγκατασταθεί σε περιοχές που οι συνθήκες του κλίματος είναι από αρκτικό έως τροπικό.

Η ανεμογεννήτρια αυτή εισχωρεί όλο και περισσότερο στη αγορά ενέργειας κάθε χρόνο, μεγαλώνοντας συνεχώς τον σημαντικό ρόλο που παίζει στη διαχείριση του πλέγματος.

• Τεχνική Περιγραφή της V82- 1.65 MW

Ο ρότορας της V82- 1.65MW έχει διάμετρο 82m και σαρώνει περιοχή 5.281m². Έχει τρία περύγια και η κανονική περιστροφή της είναι ίση με 14.4 rpm. Είναι εξοπλισμένη με τεχνολογία Active- Stall ενώ η περωτή του διαθέτει τρεις ξεχωριστούς υδραυλικούς κυλίνδρους ρύθμισης του βήματος. Ο πύργος μπορεί να έχει ύψος από 59 έως 78 m. Η γεννήτρια του είναι ασύγχρονη και το κιβώτιο ταχυτήτων είναι τύπου πλανητάριου /ελικοειδούς βάσης.

Η V82- 1.65MW αποτελείται από τα εξής μηχανικά μέρη όπως απεικονίζονται και στο παρακάτω σχήμα:



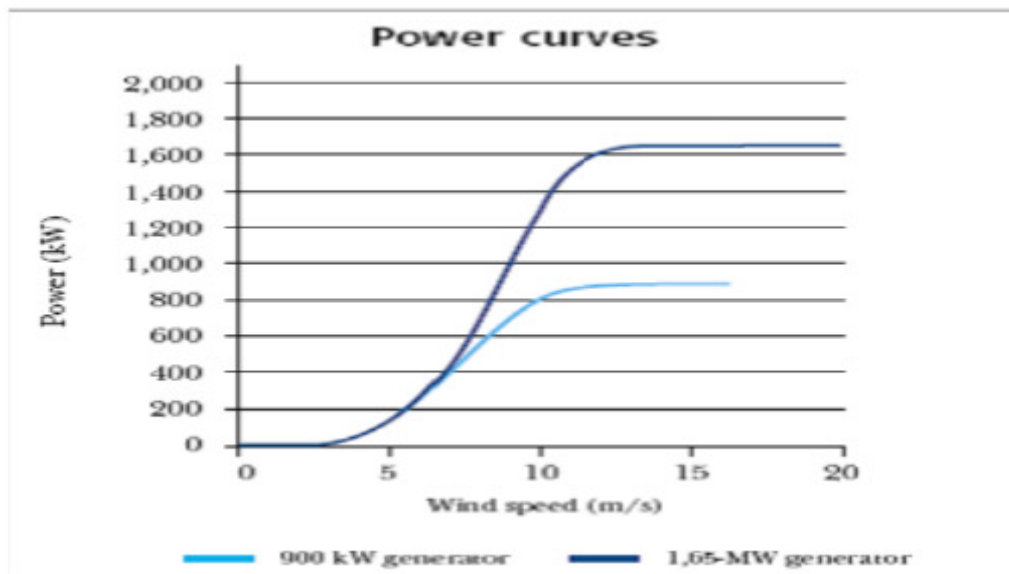
1. ψύκτης
2. γεννήτρια
3. υπολογιστής της άτρακτος
4. ανεμόμετρο με ανεμοδείκτη
5. σύζευξη
6. μηχανικό φρένο
7. κιβώτιο ταχυτήτων
8. κεντρικός άξονας
9. κινητήρας
10. αποσβεστήρας του πύργου
11. μηχανισμός προσανατολισμού
12. κεντρικός προσανατολισμός
13. υπολογιστής της πλήμνης
14. σύστημα βήματος του κυλίνδρου
15. περωτή
16. δυναμικός μετατροπέας
17. κεντρικό πλαίσιο
18. αντιστάθμιση της τάσης (πλήρης επιλογή φορτίου)
19. CPU
20. μετατροπέας και γεννήτρια

Ο έλεγχος του συστήματος βασίζεται σε υπολογιστή. Όλες οι λειτουργίες της ανεμογεννήτριας ρυθμίζονται με αυτόν ενώ υπάρχει η δυνατότητα της απομακρυσμένης παρακολούθησης. Η ρύθμιση της εξόδου της γίνεται δια μέσου της Active -Stall.



Παράδειγμα της εσωτερικής διαμόρφωσης του πύργου

χαρακτηριστική καμπύλη λειτουργίας της ανεμογεννήτριας V82-1.65MW



Από το διάγραμμα της ισχύος βλέπουμε ότι η λειτουργία της ανεμογεννήτριας ξεκινάει όταν η τιμή της ταχύτητας ενάρξεως είναι 3,5m/sec. Η ισχύς της ανεμογεννήτριας αυξάνεται συνεχώς για τις τιμές ταχύτητας του ανέμου από 3.5m/ sec έως 13m/sec που είναι και η ονομαστική τιμή της ταχύτητας. Όταν η ταχύτητα του ανέμου είναι ίση με την ονομαστική ταχύτητα της ανεμογεννήτριας, η ανεμογεννήτρια έχει μέγιστη ισχύ ίση με 1,65MW. Η ισχύ της ανεμογεννήτριας αυξάνεται όταν οι τιμές της ταχύτητας του ανέμου είναι 2,5m/sec έως 13m/sec. Η ανεμογεννήτρια διακόπτει την λειτουργία της όταν η ταχύτητα διακοπής είναι ίση με 24m/sec.

- **Η V80 Η μηχανή που εγκαθίσταται στις παράθλιες περιοχές**

Περισσότερες από 2000 ανεμογεννήτριες V80 έχουν εγκατασταθεί σε όλο τον κόσμο και έχουν αποδειχθεί καλοί εκτελεστές και στην ακτή και στο παράκτιο περιβάλλον ενώ αποτελούν εξαιρετική επιλογή σε περιοχές που ο χώρος εγκατάστασης είναι περιορισμένος. Η υψηλή ικανότητα της, η εξαιρετική συμμόρφωση της με το πλέγμα και η τεχνολογία της, κάνουν την V 80 μια ανταγωνιστική επιλογή όσον αφορά το κόστος και την απόδοση της.

Ένας παράγοντας που συμβάλει στην καλύτερη απόδοση της ανεμογεννήτριας V80-1.8 MW είναι το σύστημα OptiTip που βοηθάει στη ρύθμιση του βήματος της μηχανής σύμφωνα με τον ισχύον άνεμο. Την ίδια στιγμή το σύστημα OptiTip δίνει την δυνατότητα να κρατηθούν τα επίπεδα θορύβου ανάμεσα στα όρια που ορίζονται από τους τοπικούς κανονισμούς.



Ένα άλλο χαρακτηριστικό που επιτρέπει στην V80-1.8 MW καλή απόδοση και επιπλέον την βοηθά να περιορίζει τα επίπεδα θορύβου στα όρια που ορίζονται από τους τοπικούς κανονισμούς είναι η γεννήτρια OptiSlip. Ένα πρόσθετο πλεονέκτημα της OptiSlip επίσης είναι ότι περιορίζει την φθορά του κιβωτίου ταχυτήτων, της πτερωτής και του πύργου.

Η OptiSlip βοηθάει την V80-1.8 MW να παραδίδει καλύτερη ποιότητα ισχύς στο πλέγμα με γρήγορο συγχρονισμό, περιορίζοντας τις παραμορφώσεις και τους κραδασμούς. Η V80- 1.8MW είναι μια σύγχρονη ανεμογεννήτρια με καλύτερη έξοδο, καλύτερη ποιότητα ισχύος και λιγότερη μηχανικές εντάσεις και θορύβους.

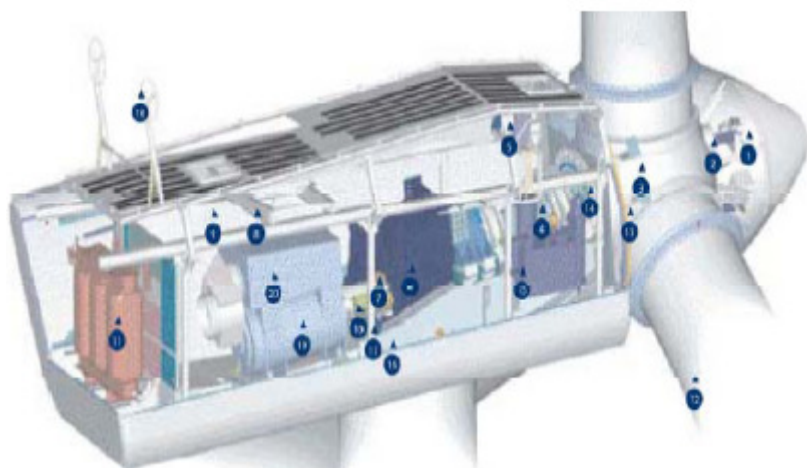
Η V80-2.0 MW ανεμογεννήτρια έχει κατασκευαστεί για να παρέχει μοναδική παραγωγικότητα σε υψηλούς και μέτριους ανέμους. Έχει αποδείξει ότι μπορεί να επεξεργάζεται και να αποδίδει και στις παράχθιες και στις περιοχές μακριά από την ακτή. Αυτή η καλή απόδοση της V80- 2.0 MW την κάνει μία εξαιρετική επιλογή για τοποθεσίες που ο χώρος είναι περιορισμένος.

Και η V80- 2.0 MW είναι εφοδιασμένη με σύστημα OptiTip για την ρύθμιση του βήματος της πτερωτής. Άλλο ένα γεγονός που βοηθάει στην αύξηση της ικανότητας και στον περιορισμό των επιπέδων θορύβου της μηχανής V80- 2.0MW είναι το σύστημα της γεννήτριας OptiSpeed. Η V80-2.0 MW είναι μια σύγχρονη μηχανή με καλή έξοδο, καλύτερη ποιότητα ισχύος και λιγότερες μηχανικές παραμορφώσεις και κραδασμούς.

• Τεχνική Περιγραφή της V80- 1.8 και 2.0 MW

Ο ρότορας της V80 έχει διάμετρο 80 μέτρα και η περιοχή που σαρώνει η πτερωτή είναι 5.027 m². Ο πύργος στήριξης της πτερωτής μπορεί να έχει μήκος από 60 έως 78m για την V80- 1.8 MW ενώ για την V80- 2.0 MW το ύψος του πύργου μπορεί να είναι από 60 έως 100m.

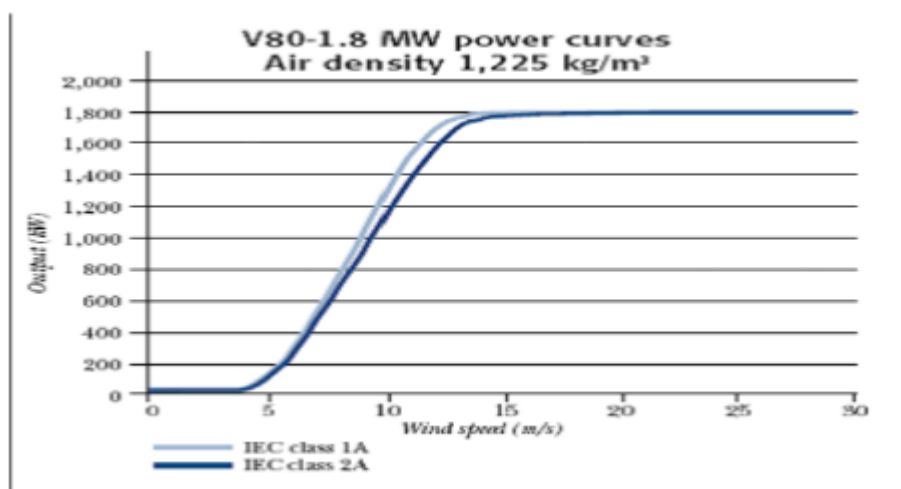
Η V80 αποτελείται από τα εξής μηχανικά μέρη:



1. έλεγχος της πλήμνης
2. βήμα του κυλίνδρου
3. πλήμνη της πτερωτής
4. κεντρικός άξονας
5. ψύκτης λαδιού
6. κιβώτιο ταχυτήτων
7. μηχανικό δισκόφρενο
8. γερανός συντήρησης
9. VMP- ελεγκτής της κορυφής με μετασχηματιστή
10. Υπερηχητικός αισθητήρας ταχύτητας ανέμου
11. Μετατροπέας υψηλής τάσης
12. Πτερωτή
13. Σύστημα προσανεμισμού
14. Σύστημα κλειδώματος του ρότορα
15. Υδραυλική μονάδα
16. Έδραση της μηχανής
17. Κινητήρας
18. Σύνθετη σύζευξη δίσκων
19. - γεννήτρια OptiSlip (V80- 1.8 MW)
- γεννήτρια OptiSpeed (V80- 2.0 MW)
20. Ψύκτης αέρα για τη γεννήτρια

Η V80- 1.8 MW&2.0 MW και έχει γεννήτρια ασύγχρονη με σύστημα OptiSlip και το κιβώτιο ταχυτήτων της είναι τύπου παράλληλου άξονα. Ο έλεγχος της ανεμογεννήτριας είναι βασισμένος σε μικροεπεξεργαστή, ενώ υπάρχει η δυνατότητα του απομακρυσμένου έλεγχου και της ρύθμισης όλων των λειτουργιών της ανεμογεννήτριας. Η ρύθμιση της εξόδου γίνεται δια μέσου της OptiSlip (V80-1.8MW) ή OptiSpeed (V80-2.0MW) και η ρύθμιση του βήματος με την OptiTip.

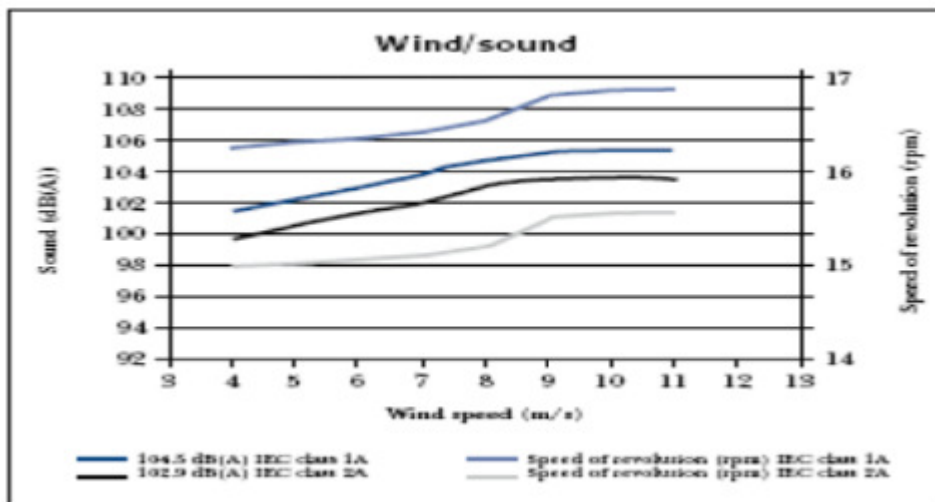
χαρακτηριστική καμπύλη λειτουργίας της V80-1.8MW και το διάγραμμα του θορύβου συναρτήσει της ταχύτητας του ανέμου.



Στο παραπάνω διάγραμμα απεικονίζεται η παραγόμενη ισχύ της ανεμογεννήτριας V80- 1.8 MW για διαφορετικά επίπεδα θορύβου, η οποία είναι εξοπλισμένη με σύστημα OptiSlip

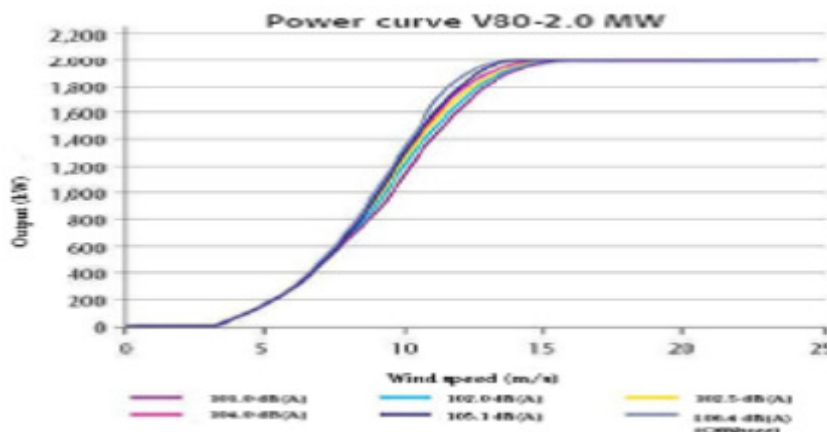
Από την χαρακτηριστική καμπύλη βλέπουμε ότι η ανεμογεννήτρια παράγει έργο όταν η ταχύτητα του ανέμου ξεπεράσει την τιμή της ταχύτητάς έναρξης δηλαδή όταν έχει τιμή μεγαλύτερη από 4m/sec. Η ισχύ της ανεμογεννήτριας αυξάνει όταν η ταχύτητά του ανέμου έχει τιμές από 5m/sec έως 15m/sec που είναι και η ονομαστική ταχύτητα της V80- 1,8 MW. Η μέγιστη παραγόμενη ισχύ για την V80- 1,8 MW είναι 1800kW. Η λειτουργία της ανεμογεννήτριας σταματάει όταν η τιμή της ταχύτητας του ανέμου ξεπεράσει την ταχύτητα διακοπής της λειτουργίας δηλαδή όταν θα είναι ίση με 25m/sec.

Το διάγραμμα του θορύβου συναρτήσει της ταχύτητας του ανέμου απεικονίζεται σε DB(A) και σε rpm



Από το διάγραμμα του θορύβου συναρτήσει της ταχύτητας του ανέμου παρατηρούμε ότι τα επίπεδα του θορύβου μπορούν να ρυθμιστούν από την ταχύτητα περιστροφής της ανεμογεννήτριας όπως φαίνεται παραπάνω. Φαίνεται καθαρά ότι τα επίπεδα θορύβου είναι καλύτερα στις χαμηλές ταχύτητες περιστροφής επειδή τα επίπεδα θορύβου υπολογίζονται κατά προσέγγιση στα 7DB(A), χαμηλότερα στα 4m/ sec από ότι στα 8m/sec. Για άλλα επίπεδα θορύβου, το όφελος δεν μπορεί να είναι παραπάνω από 10 DB(A). Αξίζει να σημειώσουμε ότι αυτή η αύξηση των 3 DB(A) αντιπροσωπεύει μια διχοτόμηση του επιπέδου του θορύβου.

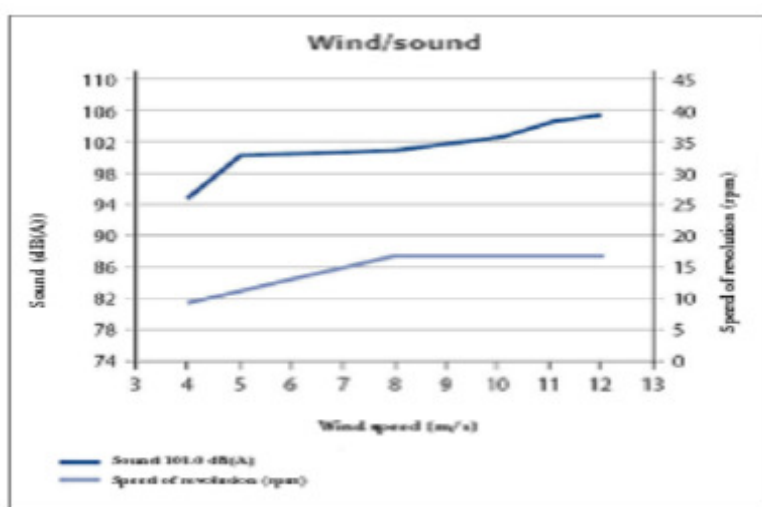
χαρακτηριστική καμπύλη λειτουργίας της ανεμογεννήτριας V80-2,0MW και το διάγραμμα του θορύβου συναρτήσει της ταχύτητας του ανέμου:



Στο διάγραμμα της χαρακτηριστικής καμπύλης της V80- 2,0MW που είναι εξοπλισμένη με σύστημα OptiSpeed, απεικονίζεται το διάγραμμα της ισχύος για διαφορετικά επίπεδα θορύβου.

Από την χαρακτηριστική καμπύλη βλέπουμε ότι η ανεμογεννήτρια παράγει έργο όταν η ταχύτητα του ανέμου ξεπεράσει την τιμή της ταχύτητας έναρξης δηλαδή όταν έχει τιμή μεγαλύτερη από 4m/sec. Η ισχύ της ανεμογεννήτριας αυξάνει όταν η ταχύτητα του ανέμου έχει τιμές από 5m/sec έως 15m/sec που είναι και η ονομαστική ταχύτητα της V80- 2,0MW. Η μέγιστη παραγόμενη ισχύ για την V80- 2,0MW είναι 2000kW. Η λειτουργία της ανεμογεννήτριας σταματάει όταν η τιμή της ταχύτητας του ανέμου ξεπεράσει την ταχύτητα διακοπής της λειτουργίας δηλαδή όταν θα είναι ίση με 25m/sec.

Το διάγραμμα του θορύβου συναρτήσει της ταχύτητας του ανέμου απεικονίζεται σε DB(A) και σε rpm



Από το διάγραμμα του θορύβου συναρτήσει της ταχύτητας του ανέμου παρατηρούμε ότι τα επίπεδα του θορύβου μπορούν να ρυθμιστούν από την ταχύτητα περιστροφής της ανεμογεννήτριας όπως φαίνεται παραπάνω. Φαίνεται καθαρά ότι τα επίπεδα θορύβου είναι καλύτερα στις χαμηλές ταχύτητες περιστροφής επειδή τα επίπεδα θορύβου υπολογίζονται κατά προσέγγιση στα 7DB(A), χαμηλότερα στα 4m/σεκ από ότι στα 8m/sec. Για άλλα επίπεδα θορύβου, το όφελος δεν μπορεί να είναι παραπάνω από 10 DB(A). Αξίζει να σημειώσουμε ότι αυτή η αύξηση των 3 DB(A) αντιπροσωπεύει μια διχοτόμηση του επιπέδου του θορύβου.

- **V90- 1,8MW και 2,0MW**

Η V90- 1.8 και 2.0MW είναι μια πολύ αποδοτική μηχανή και είναι εξοπλισμένη με γεννήτρια OptiSpeed. Η γεννήτρια OptiSpeed της V90- 1.8MW και 2.0MW υιοθετήθηκε από την επιτυχημένη ανεμογεννήτρια V80 με σκοπό να αυξήσει την παραγωγή ενέργειας και για να μειώσει τις φθορές στο κιβώτιο ταχυτήτων , στα πτερύγια και στον πύργο στήριξης λόγω της ελάττωσης της μέγιστης φόρτισης και του θορύβου. Επίσης βοηθάει την V90 να μας παραδώσει μεγαλύτερη ισχύ στο πλέγμα, με σύγχρονο συντονισμό, περιορίζοντας τις παραμορφώσεις και τους κραδασμούς.

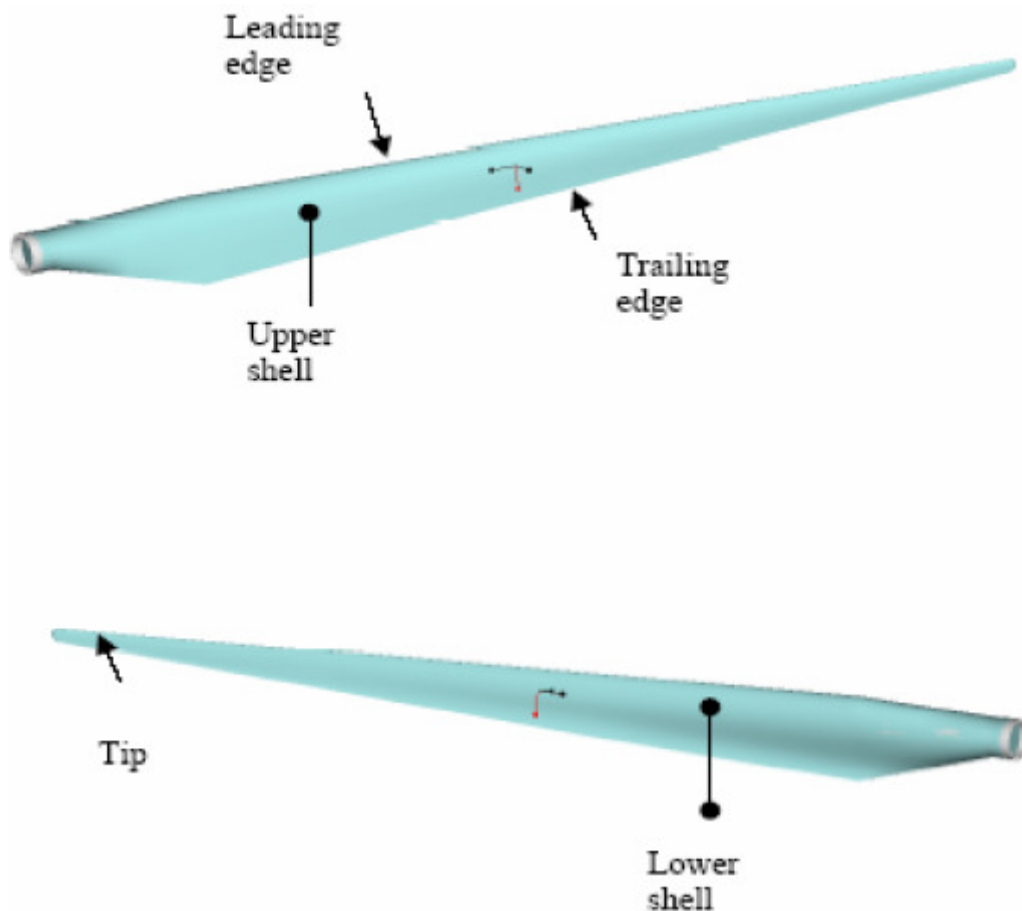


- **Βασικά χαρακτηριστικά V – 90**

- Η ανεμογεννήτρια V90(2MW) χρησιμοποιεί την τεχνική μεταβλητού βήματος αντίθετη στον άνεμο, με σύστημα αυτοματισμού για τον προσανατολισμού του ρότορα στη διεύθυνση πνοής του ανέμου και ο ρότορας έχει τρία φτερά.
- Η διάμετρος του ρότορα είναι 90 μέτρα και λειτουργεί χρησιμοποιώντας το σύστημα OptiSpeed. Αυτό το χαρακτηριστικό γνώρισμα επιτρέπει στο ρότορα να λειτουργεί με μεταβλητή ταχύτητα (rpm).

- Η V – 90 είναι εξοπλισμένη με το ειδικό σύστημα της VESTAS OptiTip, το οποίο ρυθμίζει το βήμα των φτερών. Με το OptiTip, η γωνία των φτερών είναι συνεχώς ρυθμισμένη έτσι ώστε τα φτερά να βρίσκονται πάντα στη βέλτιστη γωνία σε σχέση με τον αέρα. Αυτό βελτιστοποιεί την παραγωγή ισχύος και τα επίπεδα θορύβου.
- Ο κύριος άξονας (main shaft) μεταβιβάζει την ενέργεια στη γεννήτρια μέσω του κιβωτίου ταχυτήτων. Το κιβώτιο ταχυτήτων είναι ένα συνδυασμένο πλανητικό και ελικοειδές κιβώτιο ταχυτήτων. Από το κιβώτιο ταχυτήτων η ενέργεια μεταβιβάζεται στη γεννήτρια μέσω ενός συνδέσμου (composite) φτιαγμένο από συνθετικά υλικά.
- Η γεννήτρια είναι μια ειδική ασύγχρονη γεννήτρια 4-πόλων.Στις υψηλές ταχύτητες αέρα το OptiSpeed και το ρυθμιζόμενο σύστημα του βήματος OptiTip των φτερών κρατούν την ισχύ στο ονομαστικό, ανεξάρτητα από τη θερμοκρασία και την πυκνότητα του αέρα. Στις χαμηλότερες ταχύτητες αέρα το σύστημα OptiTip και το OptiSpeed βελτιστοποιούν την παραγωγή ισχύος με την επιλογή των βέλτιστων στροφών και της γωνίας του βήματος των φτερών.
- Ένα υδραυλικό σύστημα δισκοφρένου είναι τοποθετημένο στον άξονα της υψηλής ταχύτητας του κιβωτίου ταχυτήτων.
- Ο πύργος είναι σωληνοειδής, από χάλυβα, χρωματισμένος.
- Δύο ηλεκτρικά συγκροτήματα γραναζιών (yaw gear) περιστρέφονται ταυτόχρονα σε ένα μεγάλο οδοντωτό δαχτυλίδι (yaw ring)το οποίο είναι τοποθετημένο στην κορυφή του πύργου με αποτέλεσμα να περιστρέφεται η άτρακτος.

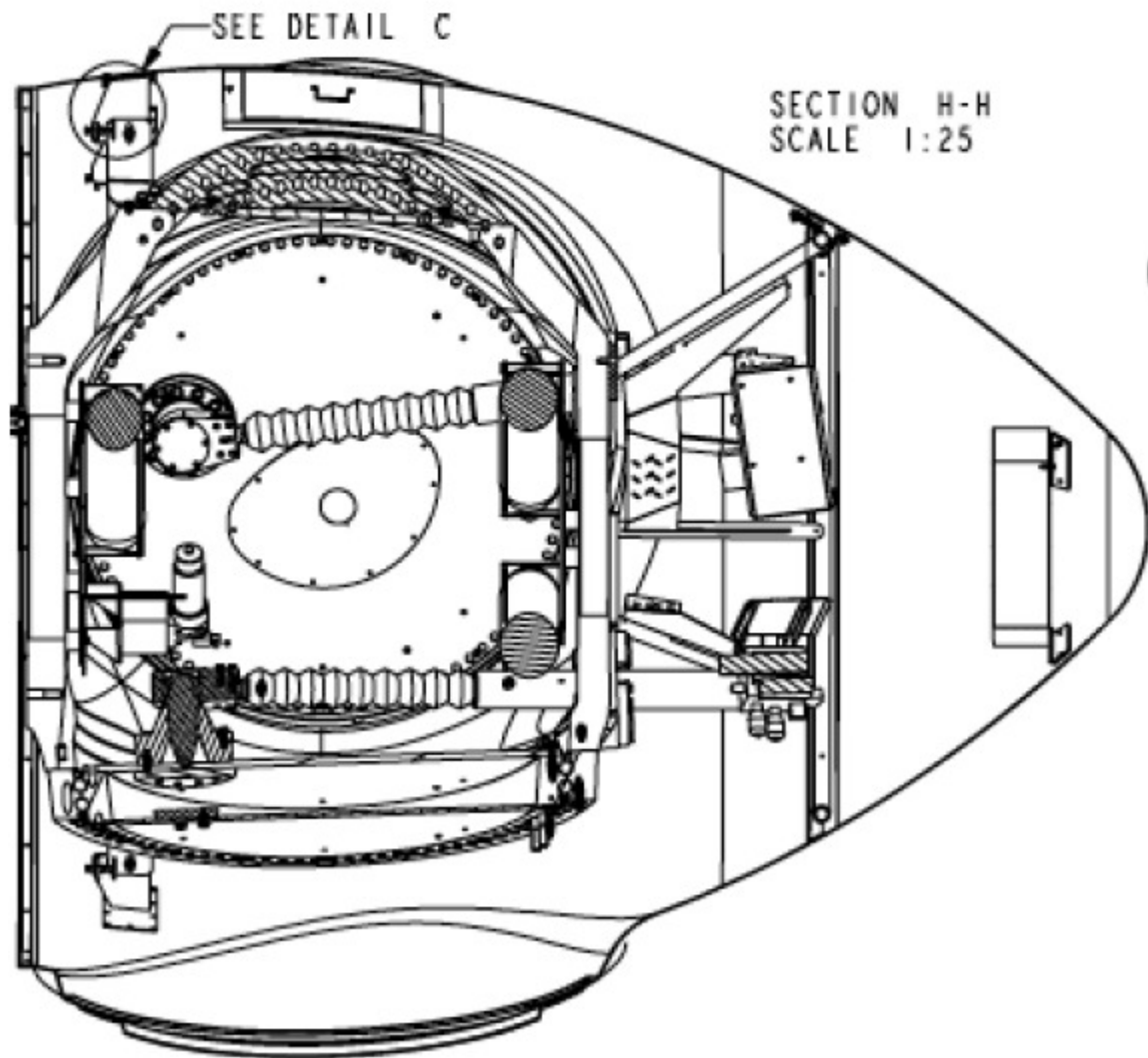
- Τα πτερύγια της V90 έχουν διαστάσεις 3m πλάτος και 44m μήκος ενώ είναι τα ελαφρύτερα στην αγορά. Οι νέες λεπίδες είναι κατασκευασμένες από ίνες γυαλιού που ενισχύεται με εποξική κόλλα. Κάθε φτερό αποτελείται από δύο κομμάτια σαν κοχύλια, που συνδέονται ακτινικά με μια ενισχυτική κόλλα. Έτσι η ακαμψία και η σκληρότητα τους είναι δυνατό να μειώσουν το ποσό του υλικού που χρησιμοποιείται. Αυτό σημαίνει ότι αν και V90 σαρώνουν 27% μεγαλύτερη περιοχή από την V80, οι μακριές λεπίδες ζυγίζουν σχεδόν το ίδιο. Υπάρχουν ειδικά χαλύβδινα δακτυλίδια στην άκρη τα οποία συνδέουν το φτερό με το ρουλεμάν του φτερού. Το ρουλεμάν φτερών είναι ένας ένσφαιρος τριβέας τεσσάρων σημείων που βιδώνεται στην πλήμνη των φτερών. Τα πτερύγια της V90 έχουν έναν



καινούργιο αεροδυναμικό σχεδιασμό ανώτερο από την προηγούμενη γενιά με σκοπό την μείωση των φορτίων στην πτερωτή και την αύξηση της ετήσιας ισχύς. Συμπερασματικά λοιπόν βελτιώνεται η παραγωγή ενέργειας ενώ η πτερωτή γίνεται λιγότερο ευαίσθητη. Με τα νέα πτερύγια έχουμε αύξηση της εξόδου και ταυτόχρονη μείωση των μεταφερόμενων φορτίων που οφείλονται στις βελτιώσεις της πάνω γραμμής.

- **Τεχνικά χαρακτηριστικά Πτερωτής (blade)**

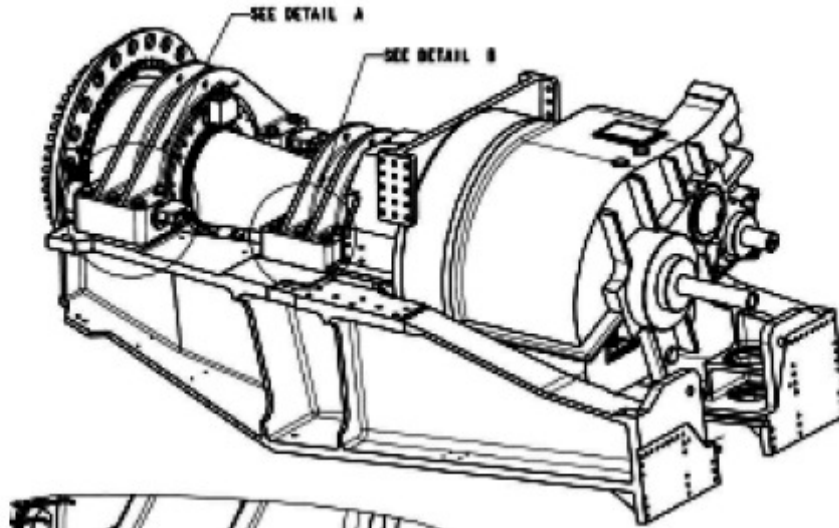
- Διάμετρος ρότορα: 90 meter
- Επιφάνεια σάρωσης: 6358 m
- Ταχύτητα ρότορα: 14.85 RPM
- Περιοχή λειτουργίας ρότορα: μέγιστο 17.8 RPM
- Διεύθυνση περιστροφής: Δεξιόστροφα (Μπροστινή όψη)
- Προσανατολισμός: Ανάντη
- Κλίση: 6°
- Κωνική γωνία φτερών: 3°
- Αριθμός φτερών: 3
- Αεροδυναμικά φρένα: Πλήρης σύμπραξη των φτερών
- Αρχή κατασκευής φτερών: Κοχύλια που συνδέονται με την υποστήριξη της ακτίνας
- Υλικό κατασκευής φτερών: Ίνες γυαλιού με εποξικές ρητίνες
- Σύνδεση φτερού με ρουλεμάν: Ένωση με νήμα χάλυβα και μπουλόνια
- Προφίλ φτερού: NACA63 και FFA-W3
- Μήκος φτερών: 45 m
- Χορδή φτερού (πλάτος) άκρη /τέλος: 2.3 m/0.33 m
- Βάρος φτερού: Περίπου 7000 κιλά
- Ρουλεμάν φτερού: Ρουλεμάν σφαιρικό τεσσάρων σημείων
- Υλικό hub : EN-GJS-400-18U-LT / EN1563



(Hub) Διασυνδεδετικό εξάρτημα φτερών

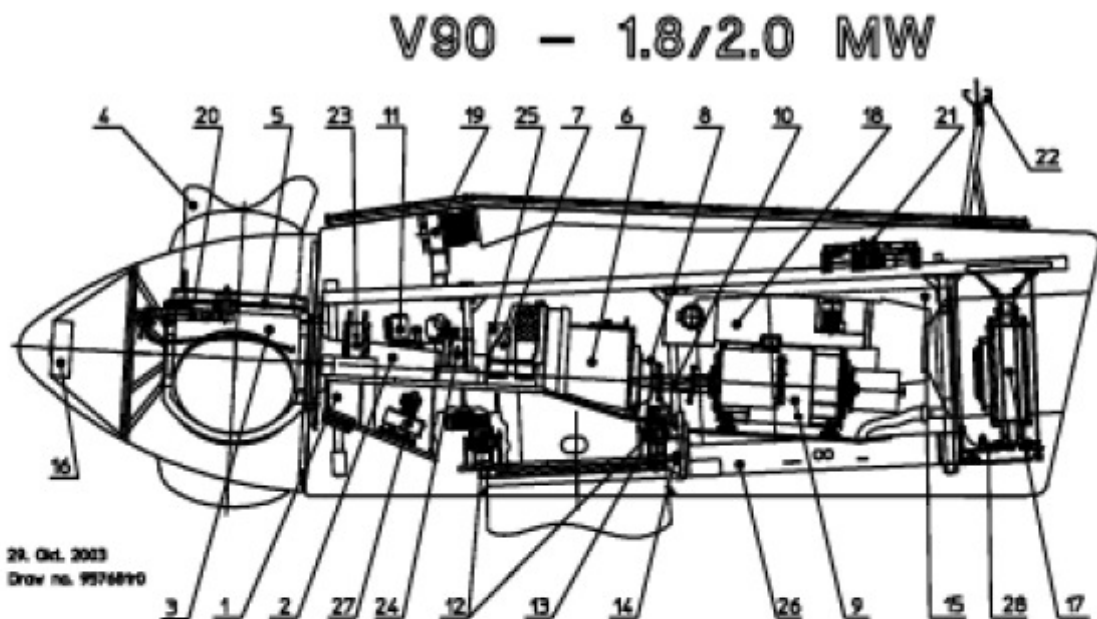
- **Κύριος άξονας (Main shaft)**

Ο κύριος άξονας είναι αυτός που μεταβιβάζει την ενέργεια από τον ρότορα στο σασμάν. Εσωτερικά από αυτόν περνάει ο άξονας του pitch. Ο κύριος άξονας στηρίζεται και περιστρέφεται σε δύο σφαιρικά κυλινδρικά ρουλεμάν.



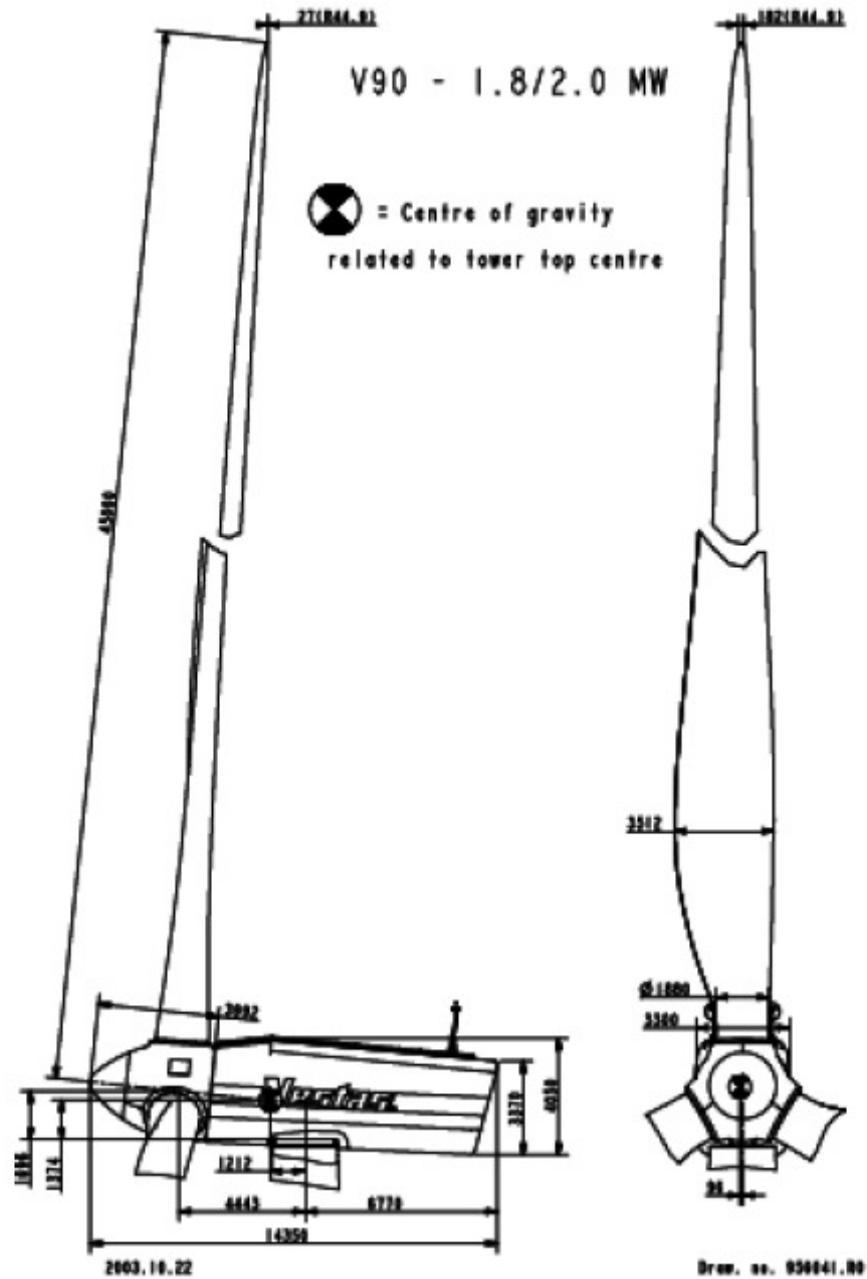
Επάνω: Hub, Κύριος άξονας

Κάτω: Τα κύρια μέρη μιας μηχανής VESTAS V90 2MW



1. Front main beam
3. Blade hub
5. Blade bearing
7. Torque arm
9. Generator
11. Hydraulic pump unit
13. Yaw ring
15. Nacelle controller unit
17. Transformer
19. Oil cooler
21. Service crane
23. Front main bearing housing
25. Shrink disc
27. Converter cooler

2. Main shaft
4. Blade
6. Gearbox
8. Disc brake
10. High speed coupling
12. Yaw gear unit
14. Yaw sensor
16. Hub controller unit
18. Generator cooler
20. Hydraulic pitch cylinder
22. Ultrasonic wind sensor
24. Rear main bearing housing
26. Rear machinery foundation
28. Trafo foundation



- Σύνδεση δικτύου

Οι διακοπόμενες ή γρήγορες διακυμάνσεις της συχνότητας του δικτύου μπορούν να προκαλέσουν σοβαρή ζημία στην Α/Γ. Οι ανοχές για τη συχνότητα είναι $+1/-3$ Hz (50 Hz), και για την τάση είναι $\pm 10\%$ του ονομαστικού. Η αντίσταση της γείωσης δεν πρέπει να ξεπερνάει τα 10 Ohm . Επιπλέον, συνιστάται η Α/Γ να συνδέεται με τύπο καλωδίου TN.

• Όροι εδάφους

Για την τοποθέτηση μίας Α/Γ πρέπει οι κλίσεις του εδάφους να συμφωνούν με τους παρακάτω κανόνες:

- Μια μέγιστη κλίση 10° μέσα σε μια ακτίνα 100 μέτρων από την Α/Γ.
- Μια μέγιστη κλίση 20° έξω από μια ακτίνα 500 μέτρων από την Α/Γ
- Μια μέγιστη κλίση 15° μέσα σε μια ακτίνα 100 έως 500 μέτρων από την Α/Γ

Οι Α/Γ μπορούν να τοποθετηθούν στο αιολικό πάρκο με μια απόσταση μεταξύ τους τουλάχιστον 5 φορές τη διάμετρο του ρότορα ($5 \times 90 = 450\text{m}$). Εάν οι Α/Γ τοποθετούνται σε μια σειρά, κάθετη στην κυρίαρχη κατεύθυνση αέρα, η απόσταση μεταξύ των Α/Γ πρέπει να είναι τουλάχιστον 4 φορές τη διάμετρο του ρότορα ($4 \times 90 = 360\text{m}$).

• Κλιματολογικοί όροι

Η vestas V 90-2MW είναι σχεδιασμένη έτσι ώστε να λειτουργεί σε περιβαλλοντικές θερμοκρασίες οι οποίες κυμαίνονται από -20°C μέχρι και $+40^\circ\text{C}$. Σε ορισμένους συνδυασμούς υψηλού αέρα, υψηλής θερμοκρασίας, χαμηλής πυκνότητας αέρα ή και χαμηλής τάσης, μπορεί να εμφανιστεί μια λανθασμένη εκτίμηση της παραγόμενης ισχύος. Αυτό συμβαίνει προκειμένου να διατηρηθούν μέσα στα θερμοκρασιακά όρια τα κύρια συστατικά όπως το κιβώτιο ταχυτήτων, η γεννήτρια κ.λπ. Γενικά συνιστάται η τάση δικτύου να είναι κοντά στο ονομαστικό. Όταν υπάρχει διακοπή ρεύματος από το δίκτυο και πολύ χαμηλές θερμοκρασίες, για να ξεκινήσει ξανά η ανεμογεννήτρια θα πρέπει να περάσει ένας ορισμένος χρόνος για τη θέρμανση των επεξεργαστών ελέγχου.

Εάν η ανεμογεννήτρια τοποθετείται σε υψόμετρο πάνω από 1000 μ. από το επίπεδο της θάλασσας, λόγω της πυκνότητας του αέρα μια αύξηση θερμοκρασίας από τη συνηθισμένη μπορεί να εμφανιστεί στη γεννήτρια, στο μετασχηματιστή και σε άλλα ηλεκτρικά συστατικά. Σε αυτήν την περίπτωση μια περιοδική μείωση της εκτιμημένης παραγωγής μπορεί να εμφανιστεί, ακόμα κι αν η περιβαλλοντική θερμοκρασία είναι μέσα στα όρια.

Επιπλέον, επίσης στους τόπους με υψόμετρο πάνω από 1000 μ. από τη στάθμη της θάλασσας, θα υπάρξει ένας αυξανόμενος κίνδυνος από το παγωμένο περιβάλλον .Η σχετική υγρασία μπορεί να είναι 100% (μέγιστο 10% εγκαίρως).

- **Τεχνικά χαρακτηριστικά V90-2MW**

Γεννήτρια

- Τύπος: Ασύγχρονη με διέγερση στον ρότορα από το Vestas.Converter.System.
- Ονομαστική ισχύς: 2MW
- Τάση: 690 VAC
- Συχνότητα: 50Hz
- Αριθμός πόλων: 4
- Βαθμός προστασίας: IP 54
- Ονομαστική ταχύτητα: 2900 RPM (50Hz)
- Ονομαστικό ρεύμα: 1709 A
- Συντελεστής ισχύος: $\cos\phi = 1.0$
- Κατασκευαστής: ABB, Leroy Somer, Weier.

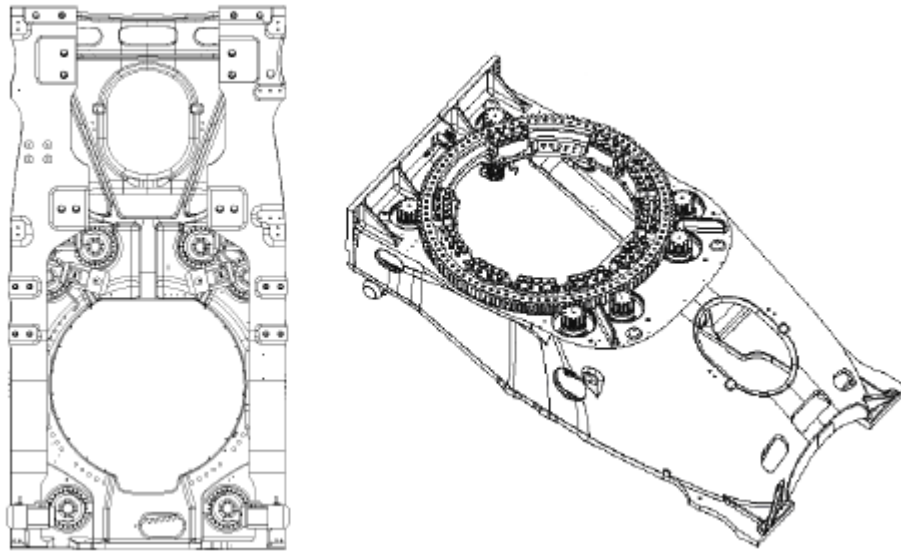
Ένα σημαντικό μέρος της Α/Γ είναι η ασύγχρονη γεννήτρια. Μετατρέπει τη μηχανική ενέργεια από το κιβώτιο ταχυτήτων σε ηλεκτρική ενέργεια. Η γεννήτρια συνδέεται με το δίκτυο άμεσα, το οποίο μεταφέρει την ηλεκτρική ενέργεια στον καταναλωτή. Αν και ασύγχρονη γεννήτρια λειτουργεί με μεταβλητές στροφές. Το σύστημα του Vestas .Converter.System ρυθμίζει την διέγερση του ρότορα έτσι ώστε η τάση στην έξοδο της γεννήτριας να είναι σταθερή. Τα τυλίγματα του στάτη μπορούν να συνδεθούν σε αστέρα ή τρίγωνο ανάλογα την ταχύτητα του αέρα. Η ονομαστική περιστροφική ταχύτητα της γεννήτριας εξαρτάται από τη συχνότητα του δικτύου. Το κιβώτιο ταχυτήτων είναι αυτό που καθορίζει τις στροφές της γεννήτριας. Ο συσχετισμός μεταξύ της συχνότητας, της αναλογίας των γραναζιών του κιβωτίου ταχυτήτων και της ταχύτητας περιστροφής είναι:

Turbine	Frequency	Gear ration	Synchronous generator speed [RpM]	Rotor Speed [RpM]
V90	50	113.1:1	1680	14.85

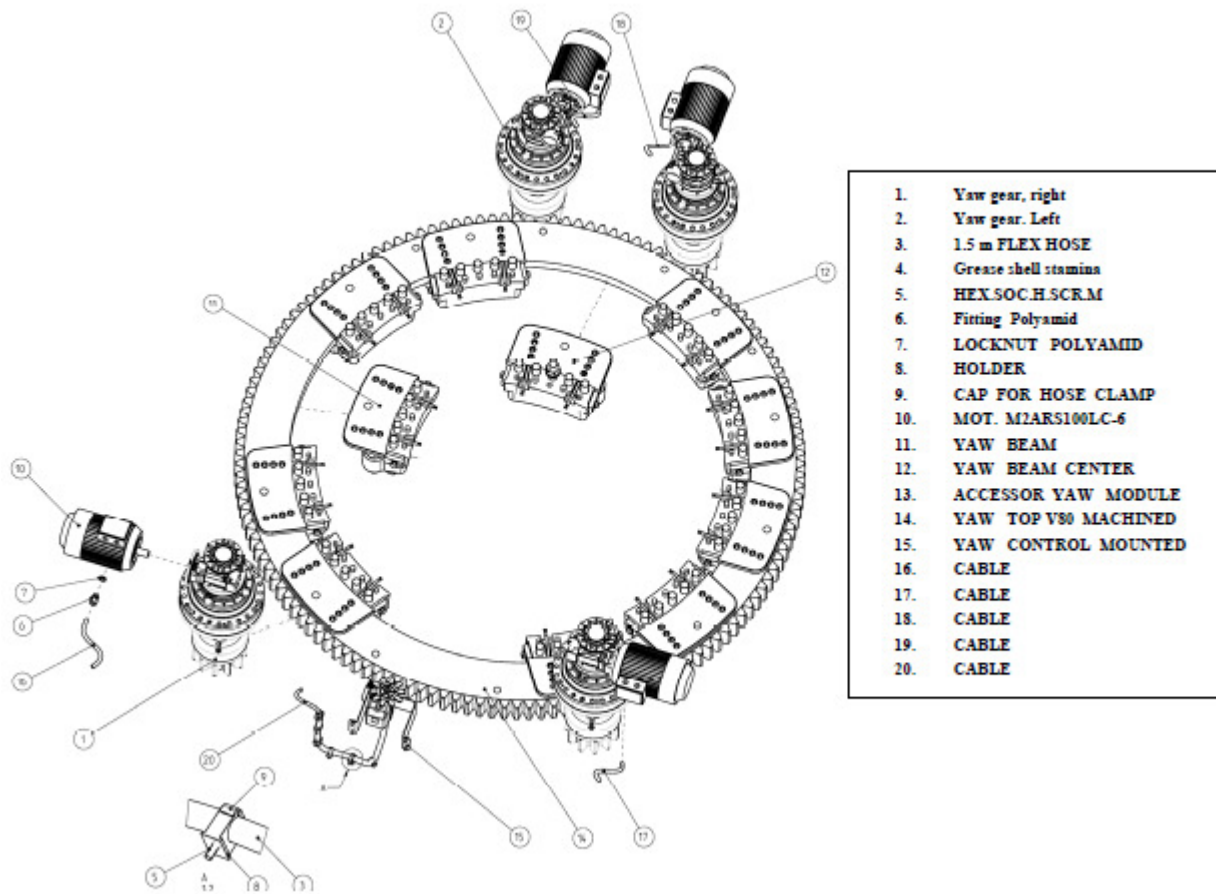
- **Σύστημα προσανατολισμού (yaw system)**

Το yaw system έχει τρεις λειτουργίες:

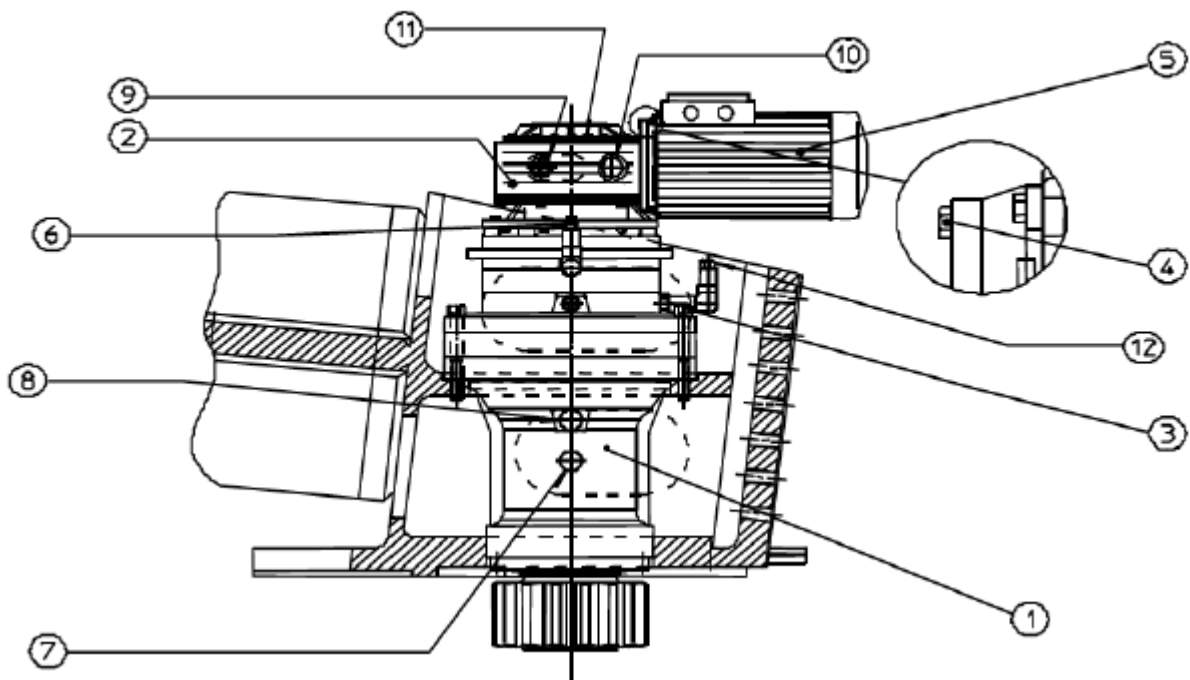
1. Κρατά το ατρακτίδιο της ανεμογεννήτριας σε θέση πάνω από τον πύργο.
2. Επιτρέπει στο ατρακτίδιο της ανεμογεννήτριας να περιστραφεί στον πύργο.
3. Διαβιβάζει τις δυνάμεις από το στρόβιλο στον πύργο.



Σύστημα Προσανατολισμού.



Απεικόνιση του συστήματος Προσανατολισμού μαζί με τα μοτέρ



YAW GEAR

Η άτρακτος (nacelle) τοποθετείτε πάνω σε μια πλάκα σαν δαχτυλίδι η οποία σφίγγεται στον πύργο.

Τα yaw gear χρησιμοποιούνται για τον αυτόματο προσανατολισμό της ατράκτου στον άνεμο τα οποία και συγκρατούν την άτρακτο με τα ηλεκτρικά φρένα που έχουν οι ηλεκτροκινητήρες έτσι ώστε να μην περιστραφεί η άτρακτος. Οι ηλεκτροκινητήρες είναι ασύγχρονοι, οδηγούνται από δύο ρελλέ και το καθένα έχει και από ένα βοηθητικό ρελλέ. Το ένα ρελλέ είναι για δεξιά παρέκκλιση και το άλλο για αριστερά. Ο κάθε ηλεκτροκινητήρας προστατεύεται από ένα θερμικό και είναι εξοπλισμένος με φρένο. Ο ελεγκτής παίρνει τις πληροφορίες της διεύθυνσης του ανέμου από το ανεμόμετρο και γίνι την εντολή στους ηλεκτροκινητήρες μέσω του βοηθητικού ρελλέ. Ο αυτόματος προσανατολισμός απενεργοποιείται όταν η ταχύτητα του αέρα είναι μικρότερη από 2,5 m/sec.

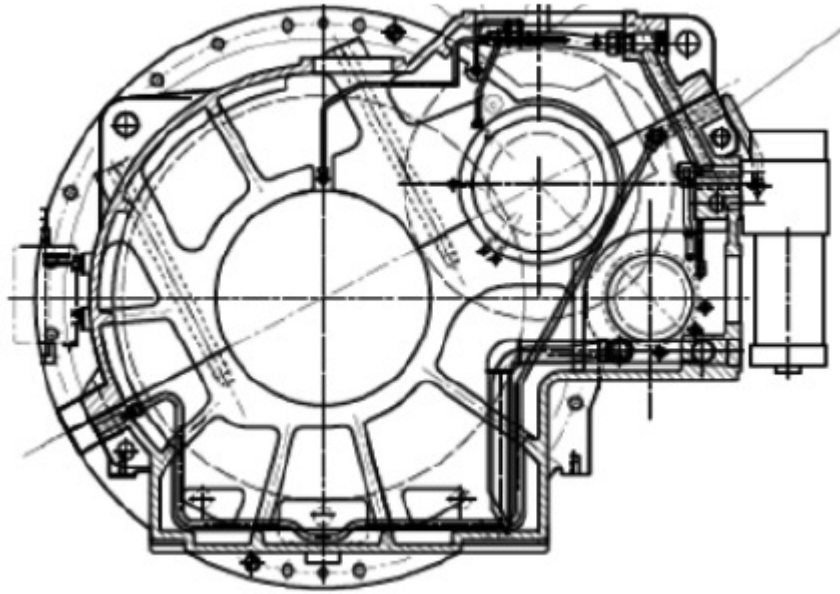
- **Σασμάν**

- Τύπος: 1 πλανητικό γρανάζι και 2 ελικοειδές γρανάζια
- Λόγος: 1:113.5 για 50 Hz
- Ψύξη: Αντλία λαδιού ηλεκτρική και μηχανική με ψυγείο λαδιού.
- Θέρμανση λαδιού: Με αντίσταση 1.5 ohm
- Κατασκευαστής: Η vestas προμηθεύεται τα σασμάν από διάφορους κατασκευαστές οι οποίοι τα κατασκευάζουν σύμφωνα με τις οδηγίες της εταιρίας. Το σασμάν είναι ένας πολλαπλασιαστής στροφών. Στη V90-2MW ο λόγος πολλαπλασιασμού είναι 1 προς 113.5 στροφές. Συνδέεται από την μία μεριά με τον κύριο άξονα του ρότορα με ένα κωνικό υδραυλικό δίσκο και από την άλλη πλευρά της υψηλής ταχύτητας με την γεννήτρια μέσω ενός συνδέσμου φτιαγμένος από πολυεστέρα υψηλής αντοχής και ελαστικότητας.

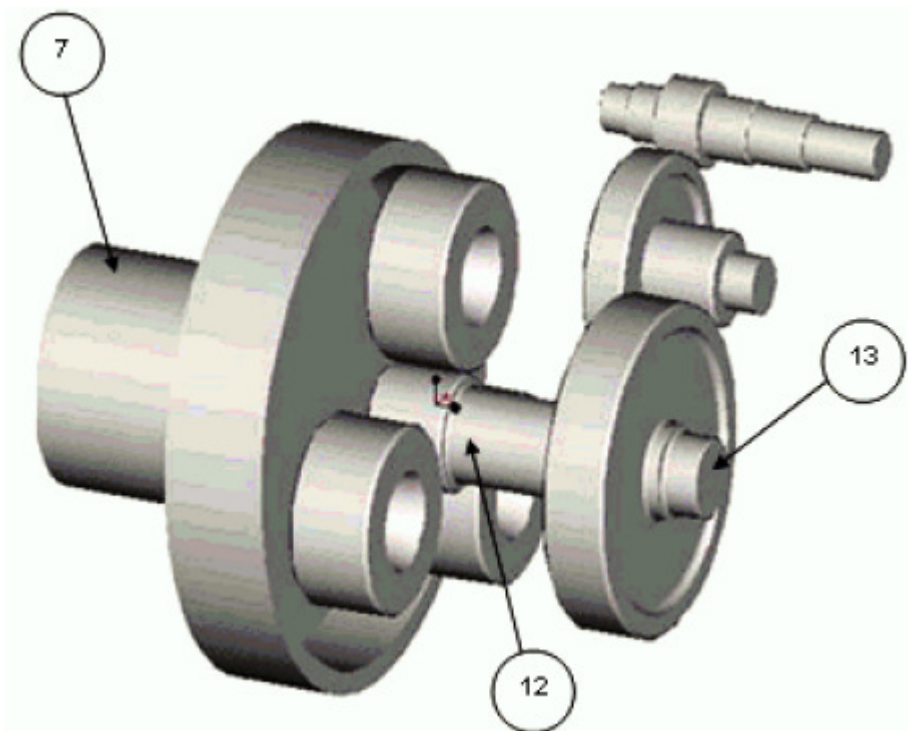
Στο σασμάν πάνω στην πλευρά της υψηλής ταχύτητας είναι τοποθετημένο και το μηχανικό φρένο. Ο καθαρισμός του σασμάν γίνεται από δύο φίλτρα. Το ένα είναι τοποθετημένο στο κύκλωμα ψύξης και το άλλο είναι ανεξάρτητο και το οποίο λειτουργεί ανάλογα με τη θερμοκρασία του λαδιού. Εκτός από τα φίλτρα και το σύστημα ψύξης έχει και αντίσταση για την θέρμανση του λαδιού η οποία λειτουργεί όταν έχουμε χαμηλές θερμοκρασίες στο λάδι. Υπάρχει και ένας πιεσοστάτης ο οποίος επιβλέπει την πίεση στο κύκλωμα ψύξης .Μέσα από το σασμάν περνάει και ο άξονας του pitch.



κιβώτιο ταχυτήτων του κύριου άξονα και του συστήματος φρένων.



Βασικό μηχανολογικό σχέδιο του κιβώτιου ταχυτήτων



Σύστημα γραναζιών στο εσωτερικό του κιβώτιου ταχυτήτων

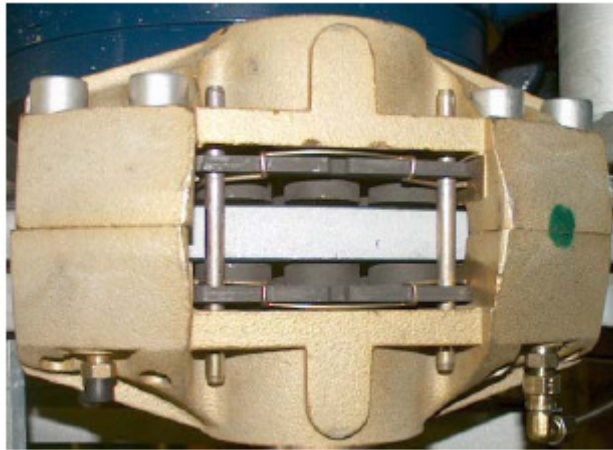
- **Mechanical Brake**

Τύπος : Υδραυλικό δισκόφρενο

Calipers :3

Διάμετρος δισκοφρένου : 600mm

Υλικό δισκοφρένου : VWS-GJV-300-2U-D

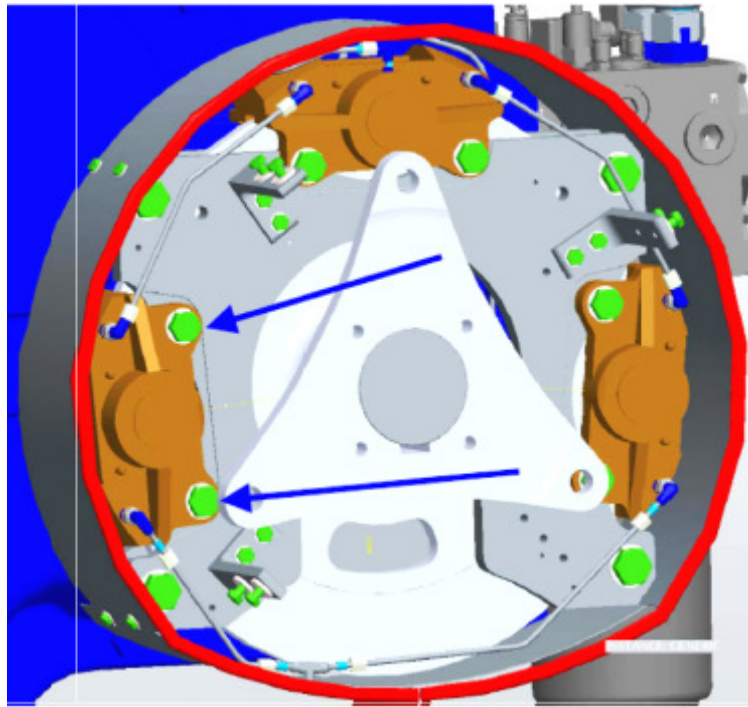


Φωτογραφία της μιας δαγκάνας του μηχανικού φρένου

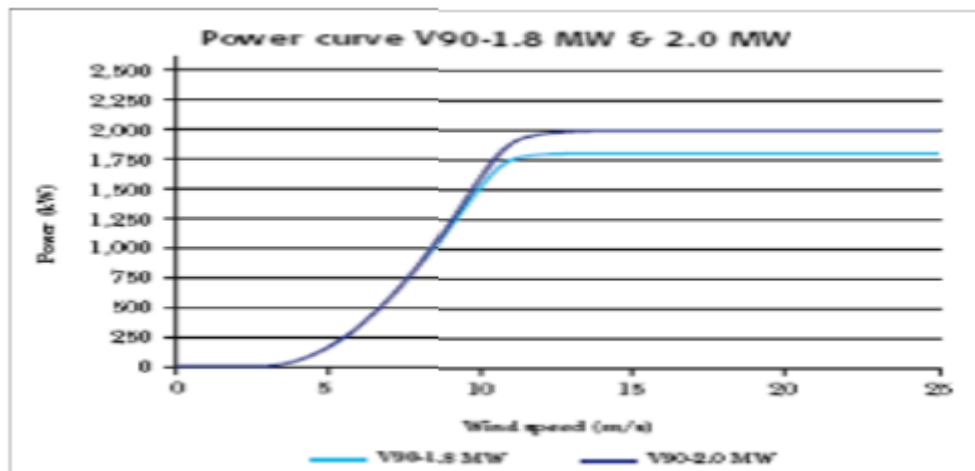


Φωτογραφία ολοκλήρου του συστήματος φρένου, τοποθετημένο

στον άξονα σύνδεσης της γεννήτριας



3D Σχέδιο ολοκλήρου του συστήματος φρένου ,τοποθετημένο στον άξονα σύνδεσης της γεννήτριας



χαρακτηριστική καμπύλη λειτουργίας της V90-1.8MW & 2.0MW

Η V90 ξεκινάει να παράγει ισχύ όταν η ταχύτητα ενάρξεως γίνει ίση με 3,5m/sec. Η παραγόμενη ισχύ της αυξάνεται μέχρι η τιμή της ταχύτητας του ανέμου να γίνει ίση με την ονομαστική ισχύ της ανεμογεννήτριας. Η V90- 1.8MW έχει ονομαστική ισχύ ίση με 12m/sec και η V90- 2.0MW έχει ονομαστική ισχύ 13m/sec. Η ταχύτητα διακοπής για την V90-1.8MW και για την V90-2.0MW είναι 25m/sec.

Κεφάλαιο 5

Αιολικά Πάρκα

Τα Αιολικά Πάρκα αποτελούνται από σειρές από αιολικές μηχανές μετατρέποντας την αιολική ενέργεια σε ηλεκτρική· έτσι γίνεται η εκμετάλλευση του τοπικού αιολικού δυναμικού που αποτελείται από μια ανεξάντλητη φυσική πηγή. Η λειτουργία των ανεμογεννητριών δεν απαιτεί πρώτες ύλες, εκτός από την αιολική ενέργεια, και δεν εκπέμπει καμία μορφή ρύπου ή αποβλήτων· επίσης, το παραγόμενο προϊόν μεταφέρεται απευθείας στο δίκτυο της ΔΕΗ προς κατανάλωση και επομένως, δεν απαιτείται κανενός είδους μετατροπή πρώτης ύλης ή προϊόντος.

Μια αιολική μηχανή μπορεί να εγκατασταθεί πρακτικά σε οποιονδήποτε ανοικτό χώρο. Δεδομένου όμως ότι τα σύγχρονα αιολικά πάρκα αποτελούν εμπορικές εφαρμογές, θα πρέπει η εγκατάσταση των αιολικών μηχανών να μην γίνεται αυθαίρετα, αλλά να είναι αντικείμενο μελέτης και βελτιστοποίησης. Διάφορες μεθοδολογίες έχουν αναπτυχθεί για την επιλογή των θέσεων των αιολικών πάρκων, υπάρχουν όμως μερικά βασικά σημεία τα οποία πρέπει να έχει κανείς υπόψη του, όπως:

- Στις κορυφογραμμές η ταχύτητα του ανέμου είναι μεγαλύτερη.
- Σε κοιλάδες ή περάσματα μεταξύ υψωμάτων, η ταχύτητα του ανέμου ενδέχεται να είναι μεγαλύτερη.
- Στα οροπέδια, ειδικά σε όσα βρίσκονται σε μεγάλο υψόμετρο, η ταχύτητα του ανέμου είναι μεγαλύτερη.
- Μεγάλες ταχύτητες ανέμου εμφανίζονται επίσης σε πολλές παράκτιες περιοχές.

Οι περιοχές στις οποίες πιστεύεται ότι η ταχύτητα του ανέμου είναι σημαντική, μπορούν να εντοπιστούν από την μελέτη χαρτών και την συλλογή ιστορικών πληροφοριών αναφορικά με το κλίμα τους. Επισκέψεις στις περιοχές αυτές επιτρέπουν την συλλογή πληροφοριών σχετικά με την ένταση και την διεύθυνση των επικρατούντων ανέμων. Σε περιοχές με αρκετά δέντρα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εκτίμηση αυτή δείκτες, όπως οι Griggs - Puttnam και Barsch, οι οποίοι βασίζονται στον βαθμό παραμόρφωσης της βλάστησης. Προσφάτως έχουν δημιουργηθεί άτλαντες αιολικού δυναμικού, οι οποίοι παρέχουν τις ασφαλέστερες πληροφορίες για την εκτίμηση του αιολικού δυναμικού διαφόρων περιοχών. Τέτοιος είναι ο European Wind Atlas ο οποίος έχει εκπονηθεί από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή.

Μετά τον αρχικό εντοπισμό ορισμένων περιοχών στις οποίες είναι δυνατή η εγκατάσταση αιολικών μηχανών, πρέπει να συλλεχθούν λεπτομερέστερες πληροφορίες ώστε να γίνει η τελική επιλογή. Για τον λόγο αυτό απαιτούνται λεπτομερείς χρονοσειρές της ταχύτητας του ανέμου, ώστε να εκτιμηθεί η μέση ετήσια ταχύτητα αλλά και το εύρος μεταβολής της.

Η κατανομή συχνοτήτων της ταχύτητας του ανέμου δίνει πληροφορίες σχετικά με την μέση τιμή και τις πιθανότερες τιμές ταχύτητας καθώς επίσης και για τον αριθμό των ιδιαίτερα υψηλών ταχυτήτων και των νηνεμιών. Η πληροφορία αυτή είναι ιδιαίτερα χρήσιμη, γιατί αν σε κάποια περιοχή, για παράδειγμα, εμφανίζονται συχνά ταχύτητες μεγαλύτερες των 25m/s ίσως αυτή να μην είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα για εμπορική εκμετάλλευση, δεδομένου ότι η λειτουργία των μηχανών θα πρέπει να σταματάει αρκετά συχνά για λόγους ασφαλείας. Η κατανομή συχνοτήτων παρέχει επίσης τις απαραίτητες πληροφορίες για την διαστασιολόγηση των αιολικών μηχανών. Τα απαραίτητα μετεωρολογικά δεδομένα προέρχονται είτε από ιστορικά μετεωρολογικά αρχεία, είτε από μετρήσεις in situ, είτε τέλος με την βοήθεια μοντέλων.

Εκτός από την ταχύτητα του ανέμου, διάφορες άλλες παράμετροι επηρεάζουν την τελική επιλογή εγκατάστασης των αιολικών μηχανών όπως:

- πρόσβαση στο δίκτυο διανομής ηλεκτρισμού,
- τοπικές περιβαλλοντικές επιδράσεις,
- οδική πρόσβαση,
- απόσταση από κατοικημένες περιοχές,
- επίδραση του θορύβου,
- παράσιτα σε ηλεκτρομαγνητικά κύματα (ραδιοφωνικών – τηλεοπτικών σταθμών)

Αναλυτικότερα, πρωταρχική σημασία στην εύρεση των πιθανών θέσεων εγκατάστασης αιολικών μηχανών κατέχει ο προσδιορισμός των χαρακτηριστικών εκείνων που θα επιτρέψει τη μέγιστη εκμετάλλευση του αιολικού δυναμικού της περιοχής. Γενικά μία λεπτομερής διαδικασία που μπορεί να υιοθετηθεί στην εγκατάσταση των αιολικών πάρκων είναι η ακόλουθη:

1. Καθορισμός της κατανομής των μέσων ωριαίων :

- τιμών της ταχύτητας του ανέμου και
- διευθύνσεων του ανέμου

2. Εξακρίβωση :

- της σταθερότητας της μέσης ταχύτητας και διεύθυνσης του ανέμου καθώς και της ύπαρξης επικρατούντων ανέμων στην περιοχή
- της ύπαρξης τοποθεσιών όπου επικρατεί επιταχυνόμενη ροή στο πεδίο του ανέμου
- της συχνότητας εμφάνισης ριπών ανέμου.
- της συχνότητας και του μεγέθους έντονων ανέμων
- της συχνότητας και της χρονικής διάρκειας νήνεμων περιόδων
- της συχνότητας εμφάνισης καταιγίδων, θυελλών και κεραυνών
- της συχνότητα εμφάνισης τυφώνων
- της συχνότητας εμφάνισης έντονων χιονοπτώσεων και περιόδων παγετού
- της συχνότητας εμφάνισης αμμοθυελλών ,και
- της εμφάνισης οριακών θερμοκρασιών (πολύ υψηλών ή πολύ χαμηλών)

3. Προσδιορισμός

- της τραχύτητας και των χαρακτηριστικών του εδάφους σε γειτονικές περιοχές
- της κατακόρυφης κατανομής του ανέμου (βαθμίδα ανέμου) σαν συνάρτηση της ατμοσφαιρικής σταθερότητας και των συνθηκών επιφανείας
- του οξειδωτικού η μη χαρακτήρα της περιοχής

4. Υπολογισμός

- της μέσης πυκνότητας του αέρα, της ετήσιας ηλιακής ακτινοβολίας , των ωρών της ηλιοφάνειας καθώς και των μέσων ετήσιων και εποχιακών θερμοκρασιών
- της δομικής ικανότητας στήριξης βαριών κατασκευών του εδάφους

5. Πληροφορία για τη σεισμικότητα της περιοχής

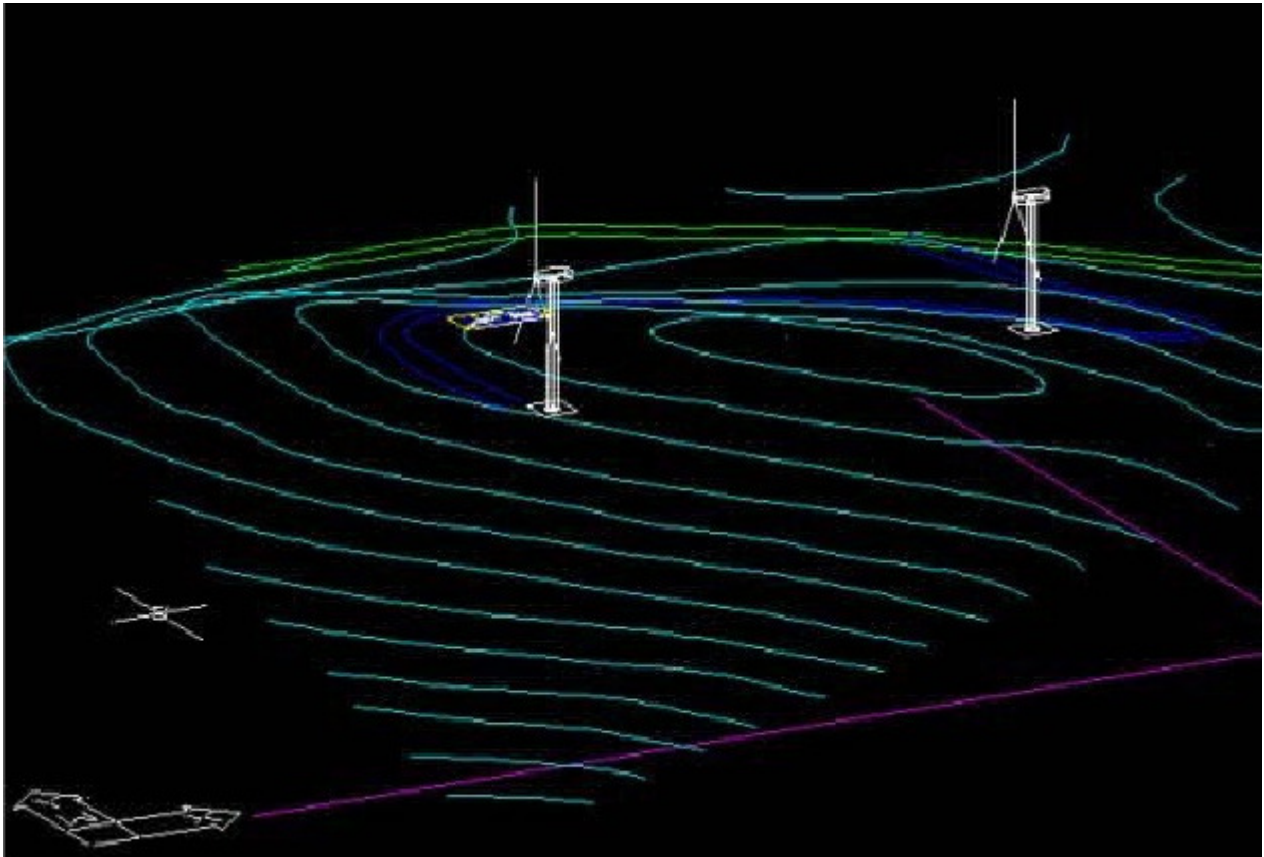
Τα προβλήματα που δημιουργούνται από τις μαζικές εγκαταστάσεις αιολικών μηχανών , εντοπίζονται σε δυο κυρίως σημεία είναι:

- Το πεδίο ροής του ανέμου πίσω από μια ανεμογεννήτρια χαρακτηρίζεται από μειωμένες ταχύτητες ανέμου σε σχέση με το ελεύθερο πεδίο ροής του ανέμου . Ο λόγος είναι προφανής. Ένα ποσοστό από την κινητική ενέργεια του ανέμου που προσπίπτει στη μετωπική επιφάνεια που σαρώνει η φτερωτή της αιολικής μηχανής δεσμεύεται από αυτή και μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια ενώ το ποσοστό που παραμένει ανεκμετάλλευτο μεταφέρει μέρος της αρχικής ενέργειας του ανέμου στο πεδίο ροής πίσω από την ανεμογεννήτρια.
- Η μηχανική ανατάραξη που δημιουργεί η περιστροφή της φτερωτή ζέχει σαν αποτέλεσμα την δημιουργία τοπικών στροβίλων που μπορούν να προκαλέσουν σοβαρά λειτουργικά προβλήματα σε γειτονικά εγκαταστημένες αιολικές μηχανές.

Το γενικότερο λοιπόν πρόβλημα , είναι η εύρεση της βέλτιστης θέσης εγκατάστασης των αιολικών μηχανών μέσα σ' ένα αιολικό πάρκο κατά τέτοιο τρόπο ώστε η αλληλεπίδραση των ανεπτυγμένων πεδίων ροής των ανεμογεννητριών να είναι η μικρότερη δυνατή ή και ανύπαρκτη.



Αιολικό Πάρκο



Σχεδιασμός Αιολικού Πάρκου με ισοϋψής καμπύλες

• Αιολικά Πάρκα Στη Θάλασσα

Σε μία τοποθεσία περίπου 10 χιλιόμετρα από την ανατολική ακτή της Ιρλανδίας, το έργο του Ark low -ιδιοκτησία της GE Energy-λειτουργεί τώρα ως μοντέλο επίδειξης νέας τεχνολογίας για την 3.6 MW offshore μηχανή της GE Energy ένα θαλάσσιο αιολικό πάρκο . Σύμφωνα με τη Βρετανική Ομοσπονδία Αιολικής Ενέργειας (British Wind Energy Association), το έργο παράγει αρκετή ενέργεια ώστε να καλύψει τις ηλεκτρικές ανάγκες περίπου 16.000 νοικοκυριών στην Ιρλανδία. Με την συμπλήρωση του πρώτου χρόνου λειτουργίας του offshore αιολικού πάρκου της GE Energy στο Ark low, παρατηρήθηκαν μερικά εντυπωσιακά νούμερα. Επιτεύχθηκε συλλογικά για μερικούς μήνες ποσοστό διαθεσιμότητας περίπου 99% από τις επτά αιολικές μηχανές 3.6 MW, ενώ η χαμηλότερη τιμή για την τελευταία χρόνια ήταν 87.7% με μέσω όρο τον περασμένο χρόνο τα 95%. Η GE Energy υπολογίζει ότι κατά τη διάρκεια του συγκεκριμένου χρονικού διαστήματος παρήχθησαν περίπου 88.5 εκατομμύρια kWh. Επιπροσθέτως, η μηχανή GE 3.6 λειτούργησε καλά σε ανεξάρτητες δοκιμασίες. Κατά τη διάρκεια του 2004, η γερμανική εταιρία δοκιμών "Windiest" υπολόγισε την καμπύλη ισχύος της πρότυπης μηχανής που βρίσκεται εγκατεστημένη στην Ισπανία.

Η Windtest, χρησιμοποιώντας ανεμόμετρα τύπου Riso και Thies, παρατήρησε υψηλές ταχύτητες εξόδου σε όλες τις ταχύτητες του αέρα. Συνολικά αυτές οι μετρήσεις έδειξαν ότι η πρότυπη μηχανή όχι μόνο ικανοποίησε αλλά και υπερέβη τις μηχανικές προσδοκίες. Οι νέες μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στο Ark 1ow επαλήθευσαν τα αποτελέσματα αυτά. Η Windtest παρατήρησε ότι η καμπύλη ισχύος στο Ark 1ow ήταν 2-3% υψηλότερη από αυτή που οι μηχανικοί αρχικά υπολόγιζαν.





Λιολικά πάρκα στη θάλασσα



Κεφάλαιο 6

Ανεμογεννήτριες Του Μέλλοντος



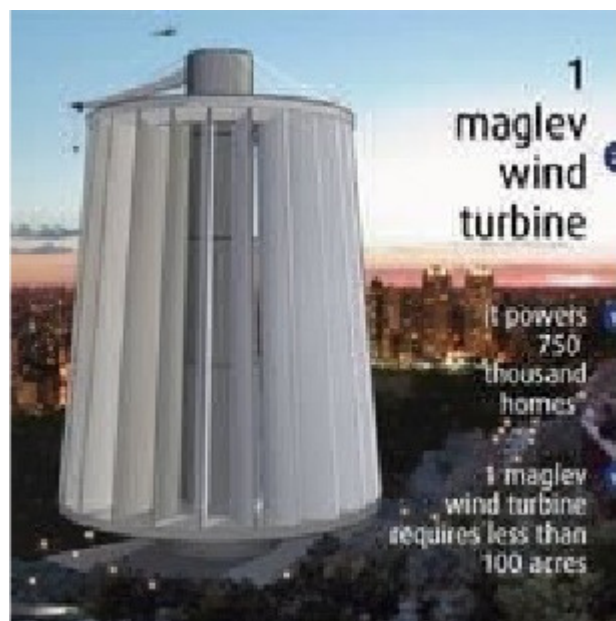
« Τα πάντα ρει » είπε ο Ηράκλειτος και θέμα χρόνου είναι, θα προσθέσω εγώ. Έτσι λοιπόν και η τεχνολογία αποδεδειγμένα εξελίξιμη και ρευστή στη χρονο-διάσταση αρνείται να σταματήσει. Με το πέρασμα των χρόνων παρατηρούνται μεταβολές και στον τομέα των ανεμογεννητριών.

Εκτός από αυτές τις παλαιότερου τύπου ανεμογεννήτριες τελευταία αναπτύσσονται και υβριδικές, οι οποίες συλλέγουν ταυτόχρονα και ηλεκτρική και ηλιακή ενέργεια. Μια τέτοια βλέπετε στην επόμενη φωτογραφία .

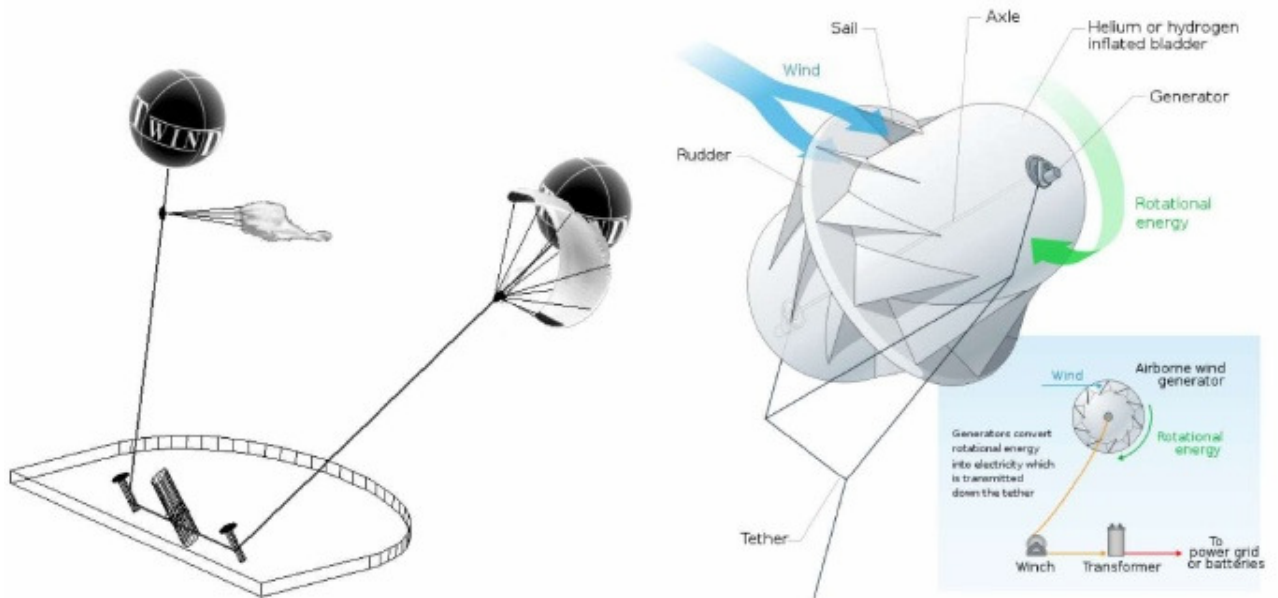


Υβριδική ανεμογεννήτρια

Στην επόμενη φωτογραφία, βλέπετε ένα ακόμη σχέδιο ανεμογεννήτριας κάθετου άξονα κίνησης και μεγάλης απόδοσης, που χρησιμοποιεί το magnetic levitation effect για να παράγει ηλεκτρική ενέργεια.



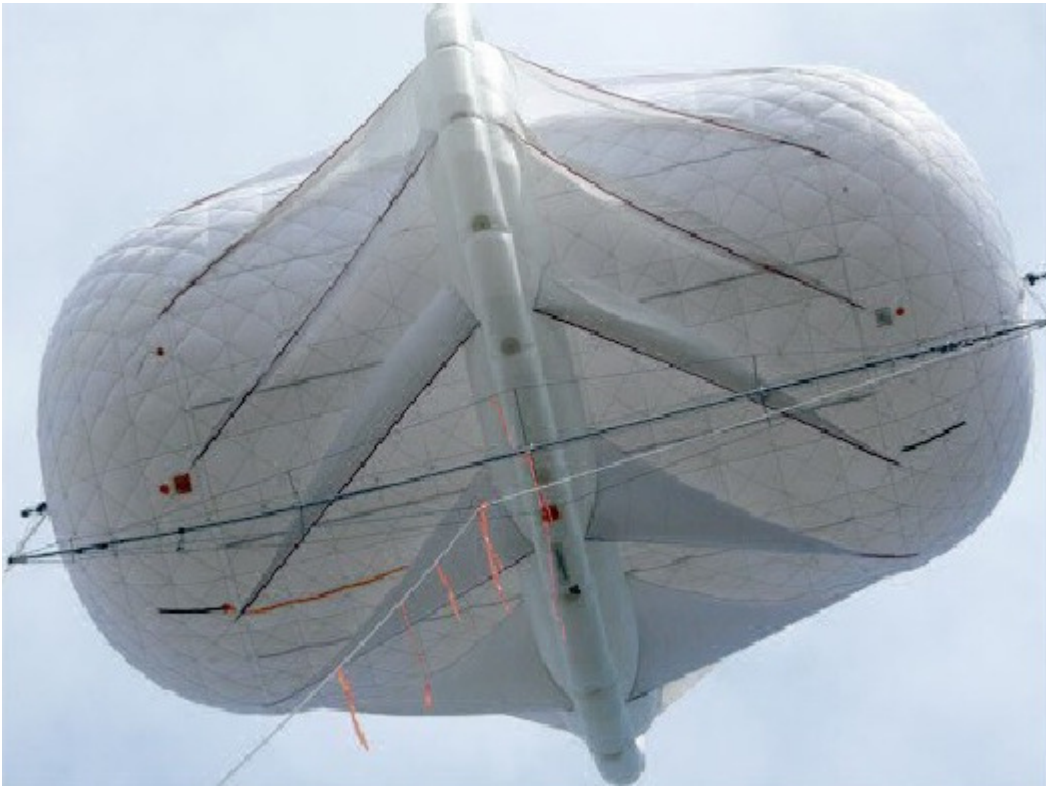
Οι αιωρούμενες ανεμογεννήτριες δεν διαθέτουν πύργο. Συνδέονται με το έδαφος με τη βοήθεια ενός καλωδίου μέσω του οποίου μεταφέρεται ο ηλεκτρισμός. Μπορούν να λειτουργήσουν σε μεταβαλλόμενο ύψος.



Αιωρούμενες ανεμογεννήτριες

Ο σχεδιασμός νέου τύπου ανεμογεννητριών έχει γίνει χόμπυ στην Αμερική και χιλιάδες πατέντες έχουν γραφεί για χάρη τους. Στις επόμενες φωτογραφίες βλέπετε μερικά ακόμη σχέδια.





Αιωρούμενες ανεμογεννήτριες





- **Χαρταετοί Εκμεταλλεύονται Τα Μεγάλα Ύψη**

Και όμως, οι αερόστατο-ανεμογεννήτριες δεν είναι πολύ μακριά από την πραγματικότητα. Σύμφωνα με δημοσιεύσεις της Eco news η εταιρεία Makani Power με έδρα την Καλιφόρνια πιστεύει ότι το μέλλον της καθαρής, βιώσιμης ενέργειας βρίσκεται στον ουρανό.

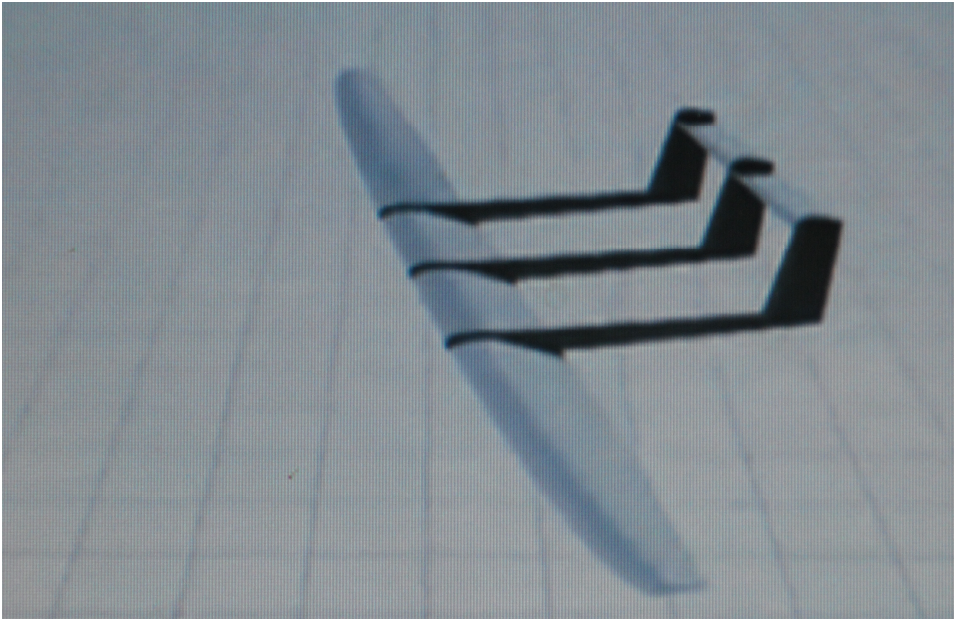
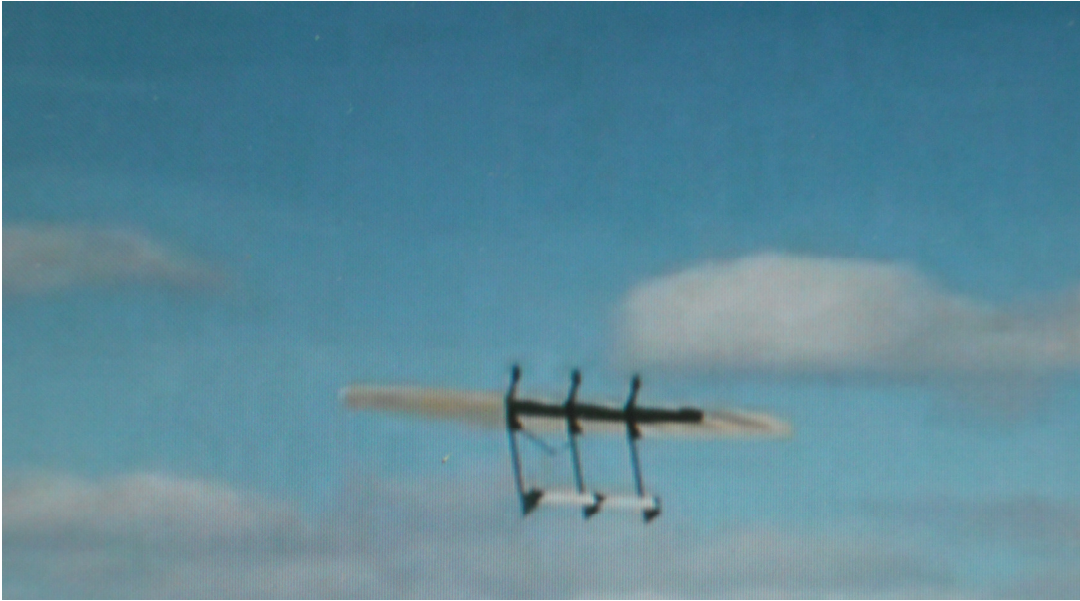


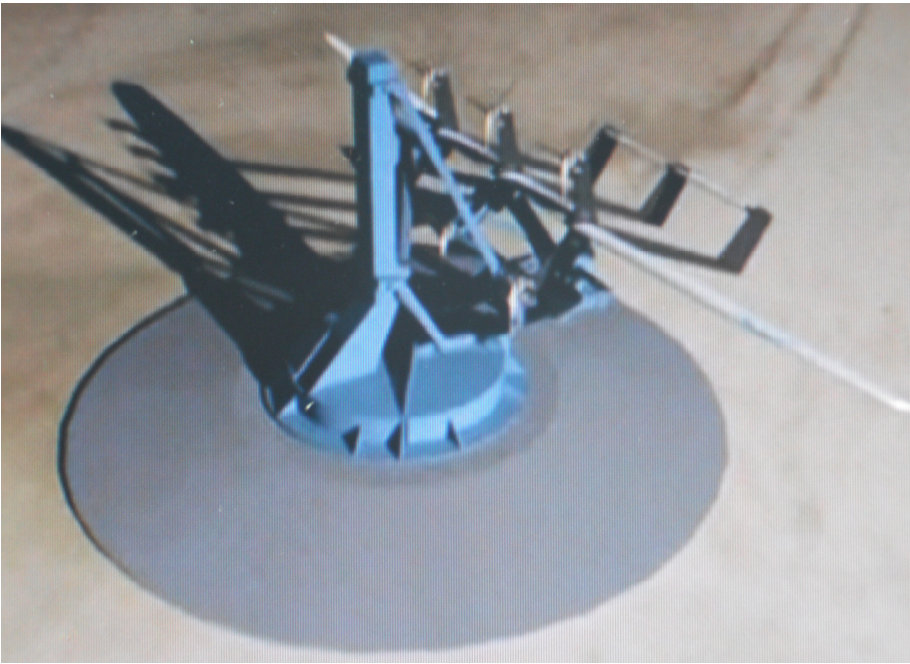
Σε αυτό το πλαίσιο αναπτύσσει μια νέα τεχνολογία χαρταετών που, όπως επισημαίνει, εκμεταλλεύονται την αιολική ενέργεια πολύ πιο αποδοτικά και με το μισό κόστος συγκριτικά με τις συμβατικές ανεμογεννήτριες που χρησιμοποιούνται σήμερα.

Η καινοτομία της συγκεκριμένης τεχνολογίας συνίσταται στην εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας μεγάλου υψομέτρου. Οι χαρταετοί πετούν σε ύψος 400 μέτρων, έτσι ώστε να αξιοποιούν τις συνεχείς ροές ανέμων σε μεγάλα ύψη. Η παραγόμενη ενέργεια μεταφέρεται στο έδαφος μέσω καλωδίου.

Η παραγόμενη ενέργεια μεταφέρεται στο έδαφος μέσω καλωδίου. Η νέα τεχνολογία, χαμηλού κόστους, μπορεί να εγκατασταθεί σε ξηρά ή θάλασσα και να εκμεταλλευτεί στο έπακρο την αιολική ενέργεια μεγάλου υψομέτρου που μέχρι σήμερα παρέμενε αναξιοποίητη. Τα πτερύγια του χαρταετού είναι ελαφριά και διαθέτουν αισθητήρες, καθώς μια συσκευή GPS, που βοηθά στη διαχείριση του συστήματος και τη μεταφορά δεδομένων. Οι χαρταετοί που έχει αναπτύξει μέχρι στιγμής η Makani Power είναι δυναμικότητας 20 κιλοβάτ, ωστόσο η εταιρεία ελπίζει ότι μελλοντικά θα αναπτύξει χαρταετούς ισχύος 1.200 kW.







Επίλογος – Συμπεράσματα

Η ελληνική ενεργειακή κατάσταση χαρακτηρίζεται από έντονη εξάρτηση από τις εισαγωγές πετρελαίου, από σπατάλη και κακή χρήση των διαθέσιμων ενεργειακών πόρων, καθώς και από τον αποκλεισμό των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και την ορθολογική χρήση των διαθέσιμων ενεργειακών πόρων είναι δυνατή η πραγματική βελτίωση της εικόνας της εγχώριας ενεργειακής αγοράς. Η αιολική ενέργεια καθώς και οι υπόλοιπες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας διατίθενται με αφθονία στη χώρα μας αφού η Ελλάδα είναι μια χώρα με πλούσια ηλιοφάνεια και συνεχής και ισχυρούς ανέμους, διαθέτει αξιόλογη βιομάζα και σημαντικό γεωθερμικό δυναμικό και αρκετά υδάτινα αποθέματα.

Η χώρα μας σήμερα είναι δέσμια του εισαγόμενου πετρελαίου και του εγχώριου μεν, ρυπογόνου δε, λιγνίτη. Την προτελευταία δεκαετία, και προκειμένου να ανατραπεί αυτή η κατάσταση, η χώρα παρασύρεται από τη γοητεία του φυσικού αερίου, φιλοδοξώντας να αποτελέσει η στροφή αυτή μια πιο ορθολογική απάντηση στα σημερινά ενεργειακά και περιβαλλοντικά αδιέξοδα. Μετά τις ενεργειακές κρίσεις της δεκαετίας του 1970, η Ελλάδα διαμόρφωσε ένα ενεργειακό δόγμα, το οποίο στον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής είχε ως βασικό πυλώνα τον λιγνίτη. Σήμερα, την εποχή της κρίσης του κλίματος, επιβάλλεται η ανατροπή αυτού του δόγματος. Επιβάλλεται η ριζική στροφή σε ένα νέο, φιλικό προς το περιβάλλον, ενεργειακό δόγμα. Ένα δόγμα που θα δίνει έμφαση στην εξοικονόμηση ενέργειας, τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και την ορθολογική χρήση των συμβατικών ενεργειακών πόρων.

Βιβλιογραφία

- «Διαχείριση της αιολικής ενέργειας»

Ιωάννης Κλεάνθη Καρδέλης Δρ. Μηχανολόγος Μηχανικός Ε.Μ.Π Εκδόσεις Αθ. Σταμούλης 1999

- Οι ανεμογεννήτριες της Vestas:

- V52-850kW

http://www.vestas.com/Admin/Public/DWSDownload.aspx?File=Files%2fFiles%2fen%2fBrochures%2fproductbrochureV52_UK.pdf.

- V80-1.8MW

http://www.vestas.com/Admin/Public/DWSDownload.aspx?File=Files%2FFiles%2FEN%2FBrochures%2FV80_18_US.pdf.

- V80-2.0MW

http://www.vestas.com/Admin/Public/DWSDownload.aspx?File=Files%2FFiles%2FEN%2FBrochures%2FProductbrochureV802_UK.pdf.

- V82-1.65MW

http://www.vestas.com/Admin/Public/DWSDownload.aspx?File=Files%2FFiles%2FEN%2FBrochures%2FProductBrochureV821_65_UK.pdf.

- V90-1.8MW & 2.0MW

http://www.vestas.com/Admin/Public/DWSDownload.aspx?File=Files%2FFiles%2FEN%2FBrochures%2FProductbrochureV901_8_2_0_UK.pdf

- V90-3.0MW

http://www.vestas.com/Admin/Public/DWSDownload.aspx?File=Files%2FFiles%2FAME%2FBrochures%2FV90_3_US.pdf

- Vestas Wind Technology SA www.vestas.com

- Οι ανεμογεννήτριες της Gamesa:

- G52-850kW

<http://www.gamesa.es/files/Documentos PDF/Ingles/Fichas aerogeneradores/G52-ingles2.pdf>.

- G58-850kW

<http://www.gamesa.es/files/Documentos PDF/Ingles/Fichas aerogeneradores/G58-ingles2.pdf>.

- G80-2MW

<http://www.gamesa.es/files/Documentos PDF/Ingles/Ficha saerogeneradores/G80-ingles2.pdf>

- G83-2.0MW

<http://www.gamesa.es/files/Files/G83-ingles.pdf>.

- G87-2.0MW

<http://www.gamesa.es/files/Files/G87-ingles2.pdf>.

- G90-2.0MW

<http://www.gamesa.es/files/Files/G90-ingles2.pdf>

- Οι ανεμογεννήτριες της Enercon

<http://www.4energia.ee/files/Files/Enclosure%201.1%20Product%20overview.pdf>

- Η τεχνολογία της Enercon (Drive system, Annular Generation, System Control, Tower and foundation)

[http://www.enercon.de/www/en/broschueren.nsf/vwwwebAnzeige/EF467F8AE23F96D4C12571940023E1BF/\\$FILE/ENERCON_Technology+Service_erg.pdf](http://www.enercon.de/www/en/broschueren.nsf/vwwwebAnzeige/EF467F8AE23F96D4C12571940023E1BF/$FILE/ENERCON_Technology+Service_erg.pdf)

- Enercon GmbH. www.enercon.de

- Οι ανεμογεννήτριες της General Electric:

- GE 1.5MW

http://www.gepower.com/plod_serv/products/wind_turbines/en/downloads/ge_15_brochure.pdf.

- GE 2.5MW

http://www.gepower.com/plod_serv/products/wind_turbines/en/downloads/ge_25mw_brochure.pdf.

- GE 3.6MW

http://www.gepower.com/plod_serv/products/wind_turbines/en/downloads/ge_brochure_new.pdf.

- Πτυχιακή εργασία «Η Τεχνολογία και το Αδειοδοτικό πλαίσιο ανάπτυξης Αιολικών συστημάτων στην Ελλάδα» Σφακιανάκη Κλεάνθη
- Πτυχιακή Εργασία «ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ , ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ & ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΠΑΡΚΩΝ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΣΤΕΡΕΑ ΕΛΛΑΔΑ» Παναγιώτη Πατή
- www.econews.gr

Παράρτημα

Η Ελλάδα είναι μια προικισμένη χώρα από άποψη φυσικής ομορφιάς και φυσικού πλούτου. Όπως είναι γνωστό, βρίσκεται στην πρώτη θέση της παγκόσμιας κατάταξης όσων αφορά την ένταση των ανέμων και στη δεύτερη θέση σε ότι αφορά τα ποσοστά ηλιοφάνειας. Οι πρόσφατες διεθνείς συμφωνίες καθιστούν τον ελληνικό χώρο κομβικό σημείο της «Ενεργειακής Κοινότητας», που στο άμεσο μέλλον θα έχει ρόλο πρωταγωνιστή.

Ο άνεμος ως στοιχείο της φύσης παίζει καθοριστικό ρόλο σε πολλές δραστηριότητες του ανθρώπου, με ευρύτερη επίδραση στη ζωή του. Για τον λόγο αυτό ο λαός, σύμφωνα και με τη έντονη τάση του να δίνει στη φύση ψυχή και η κίνηση, προσωποποίησε από πολύ νωρίς τους ανέμους, δημιουργώντας και σχετικές δοξασίες, παραδόσεις και παραμυθιακές διηγήσεις, όπου συχνά κυριαρχεί όχι το φυσικό αλλά το μεταφυσικό στοιχείο.

Ποίηση και Άνεμος

- οξειδώθηκα μες στον νοτιά των ανθρώπων μακρινή μητέρα ρόδο μου αμάραντο.

Οδυσσέας Ελύτης

- βοριάς χτυπάει την πόρτα μου και στην ψυχή μου αγιάζει και στα πικρά τα μάτια μου στιγμή στιγμή βραδιάζει

Δημήτρης Χριστοδούλου, στίχος σε τραγούδι του Μίκη Θεοδωράκη

- και ο άλλος μάϊστρος με τ' απάνω του αψηλό μπογάζι

Οδυσσέας Ελύτης

- Τη νύχτα σου' πα στο καμπούνι μια ιστορία, την ίδια που όλοι οι ναυτικοί λένε στη ράδα, τα μάτια σου τα κυβερνούσε σοροκάδακι όλο μουρμουρίζες βραχνά : "Φάλτσο η πορεία...

CAMBAY'S WATER, Πούσι, Νίκος Καββαδίας

- ο μπατής με το διάφανό του φύσημα γέρνει πανί του ονείρου μακριά Έρωτας την υπόσχεσή του μουρμουρίζει Φλοίσβος

Οδυσσέας Ελύτης

- Φύσηξε ο Βαρδάρης και καθάρισε, Ήλιος λες και τελείωσε ο χειμώνας, Βγήκα μια βόλτα και μπροστά της βρέθηκα, Στάθηκα κι απόμεινα κοιτώντας

Νίκος Παπάζογλου

Περιεχόμενα

Περίληψη	4
Abstract	4
Πρόλογος	5
Κεφάλαιο 1: Ανεμογεννήτριες GAMESA	26
Κεφάλαιο 2: Ανεμογεννήτριες ENERCON	41
Κεφάλαιο 3: Ανεμογεννήτριες GENERAL ELECTRIC	56
Κεφάλαιο 4: Ανεμογεννήτριες VESTAS	64
Κεφάλαιο 5: Αιολικά Πάρκα	98
Κεφάλαιο 6: Ανεμογεννήτριες Του Μέλλοντος	105
Επίλογος - Συμπεράσματα	113
Βιβλιογραφία.....	114
Παράρτημα.....	117