Αρχή λειτουργίας των Ανεμογεννητριών

Εύα Παρασκευαδάκη
Ηλεκτρολόγος Μηχανικός Ε.Μ.Π.

Ο όρος αιολική ενέργεια περιγράφει τη διαδικασία κατά την οποία ο αέρας χρησιμοποιείται για να παραχθεί μηχανική και ηλεκτρική ενέργεια. Οι αιολικές μηχανές μετατρέπουν την κινητική ενέργεια του αέρα σε μηχανική. Αυτή η μηχανική ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συγκεκριμένες εφαρμογές, όπως η άντληση του νερού, ή μέσω μιας γεννήτριας να μετατραπεί σε ηλεκτρική.

Ι. Γενικά

Η αιολική ενέργεια τροφοδοτείται από τον άνεμο και συνεπώς είναι μια πηγή που δεν χρησιμοποιεί καύσιμα. Δεν μολύνει τον αέρα όπως οι συμβατικές εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας αφού δεν εκλύονται αέρια θερμοκηπίου και άλλοι ρύποι, ενώ οι επιπτώσεις στο περιβάλλον είναι μικρές σε σύγκριση με τα εργοστάσια ηλεκτροπαραγωγής από συμβατικά καύσιμα.

Επιπλέον, η αιολική ενέργεια στηρίζεται στην ανανεώσιμη ενέργεια του αέρα, ο οποίος δεν μπορεί να καταναλωθεί. Είναι μια από τις πιο φθηνές τεχνολογίες ανανεώσιμης ενέργειας που διατίθενται σήμερα.

Αιολικά πάρκα εγκαθίστανται συνήθως σε αγροτικές περιοχές όπου βρίσκονται οι περισσότερες τοποθεσίες με καλό αέρα, ωφελώντας κατά συνέπεια την οικονομία στις περιοχές αυτές.

Από την άλλη πλευρά, η αιολική ενέργεια πρέπει να ανταγωνιστεί τις συμβατικές πηγές ως προς το κόστος. Το αν είναι ή δεν είναι ανταγωνιστικό ένα αιολικό πάρκο εξαρτάται από τον αέρα της περιοχής που είναι εγκατεστημένο. Ακόμα κι αν το κόστος της αιολικής ενέργειας έχει μειωθεί εντυπωσιακά τα τελευταία έτη, η συγκεκριμένη τεχνολογία απαιτεί μια αρχική επένδυση υψηλότερη από τους συμβατικούς σταθμούς παραγωγής.

Η σημαντικότερη πρόκληση στη χρησιμοποίηση του αέρα ως πηγή ενέργειας είναι ότι η ταχύτητα του ανέμου δεν είναι σταθερή ούτε πάντα ικανή να καλύψει την απαίτηση του φορτίου. Η αιολική ενέργεια δεν μπορεί να αποθηκευτεί (εκτός αν χρησιμοποιούνται μπαταρίες) και οι ανεμογεννήτριες έχουν συγκεκριμένο παράθυρο ταχυτήτων ανέμου στο οποίο μπορούν να λειτουργήσουν.

Όσον αφορά τις καλές περιοχές από πλευράς ανέμου, αυτές είναι συνήθως απομακρυσμένες από τα μεγάλα αστικά κέντρα όπου βρίσκεται το μεγαλύτερο ποσοστό των καταναλωτών.

Θα πρέπει επίσης να επισημανθεί το γεγονός ότι τα αιολικά πάρκα απαιτούν σημαντική επιφάνεια γης για να εγκατασταθούν και να λειτουργήσουν σωστά. Η γη όμως αυτή μπορεί να καλλιεργείται ή να χρησιμοποιείται για άλλους σκοπούς οι οποίοι ίσως εκτιμηθούν σημαντικότεροι από την παραγωγή ενέργειας.

Αν και οι εγκαταστάσεις αιολικής ενέργειας, όπως προαναφέρθηκε, ασκούν σχετικά μικρή επίδραση στο περιβάλλον έναντι άλλων συμβατικών εγκαταστάσεων παραγωγής, υπάρχει κάποια ανησυχία σχετικά με το θόρυβο που παράγεται από τα πτερύγια των στροβίλων, τις αισθητικές (οπτικές) επιδράσεις κ.λπ. Τα περισσότερα από αυτά τα προβλήματα έχουν επιλυθεί ή έχουν περιοριστεί

πολύ μέσω της τεχνολογικής ανάπτυξης ή με την κατάλληλη επιλογή του τόπου εγκατάστασης του αιολικού πάρκου.

ΙΙ. Πώς λειτουργούν οι ανεμογεννήτριες;

Για να το θέσουμε απλά η ανεμογεννήτρια λειτουργεί ακριβώς αντίθετα από έναν ανεμιστήρα. Αντί να χρησιμοποιεί ηλεκτρική ενέργεια για να δημιουργηθεί άνεμος, εκμεταλλεύεται την κινητική ενέργεια του ανέμου για να παράγει ηλεκτρισμό. Ο αέρας γυρίζει τα πτερύγια, τα οποία περιστρέφουν τον άξονα της γεννήτριας και παράγεται ηλεκτρική ενέργεια.

Οι ανεμογεννήτριες τοποθετούνται σε έναν πύργο στήριξης για μεγιστοποίηση της παραγωγής τους. Σε ύψος 30 ή περισσότερων μέτρων πάνω από το έδαφος, μπορούν να εκμεταλλευτούν πιο ομαλό και ταχύτερο αέρα. Το ύψος του πύργου στήριξης και η τοποθέτηση των πτερυγίων και του δρομέα σε αυτό το ύψος δίνει πρόσβαση σε μεγαλύτερες ταχύτητες ανέμου. Σε μερικές περιοχές κάθε 10 μέτρα ύψος, η ταχύτητα ανέμου μπορεί να αυξάνεται κατά 20% και η παραγωγή ενέργειας κατά 34%.

Οι Α/Γ μπορούν να διαμορφώσουν αυτόνομα συστήματα για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών μιας μικρής εγκατάστασης (σπίτι, αγρόκτημα κ.λπ.), ή να συνδεθούν στο δημόσιο δίκτυο ώστε η ηλεκτρική ενέργεια να διανεμηθεί σε περισσότερους καταναλωτές.

ΙΙΙ. Τύποι Α/Γ

Οι ανεμογεννήτριες εμπίπτουν σε δύο βασικές ομάδες: ανεμογεννήτριες οριζοντίου και κατακόρυφου άξονα. Στις Α/Γ οριζοντίου άξονα ο δρομέας είναι τύπου έλικα και βρίσκεται συνεχώς παράλληλος με την κατεύθυνση του ανέμου και του εδάφους. Στις Α/Γ κατακόρυφου άξονα ο δρομέας παραμένει σταθερός και είναι κάθετος προς την επιφάνεια του εδάφους (Σχ. 1).

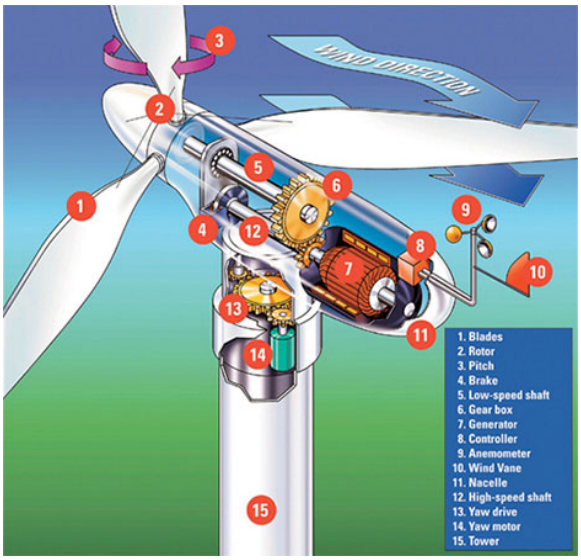
Σχ.1 Ανεμογεννήτρια κατακόρυφου άξονα.

Στην παγκόσμια αγορά έχουν επικρατήσει οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα (Σχ. 2) σε ποσοστό 90 %. Η ισχύς τους φτάνει τα 5 MW, η διάμετρος του δρομέα κυμαίνεται μεταξύ 40 και 120 μέτρων , το ύψος του πύργου εγγίζει τα 120 μέτρα και λειτουργούν σε ένα παράθυρο ταχυτήτων ανέμου 3 ως 30 m/s. Μπορούν να συνδεθούν κατευθείαν στο ηλεκτρικό δίκτυο της χώρας.

Σχ. 2 Ανεμογεννήτρια οριζοντίου άξονα με τρία πτερύγια.

IV. Α/Γ οριζοντίου άξονα – Ηλεκτρικό και Μηχανικό Σύστημα

Οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα έχουν δύο ή τρία πτερύγια τα οποία προσδένονται σταθερά ή με τη δυνατότητα να μεταβάλλουν τη γωνία τους σε σχέση με τον άνεμο. Ο δρομέας και η γεννήτρια τοποθετούνται στην κορυφή του πύργου ώστε να εκμεταλλεύονται καλύτερα τον διαθέσιμο αέρα. Στον πύργο τοποθετείται και στηρίζεται όλος ο ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός (Σχ. 3).



Σχ. 3 Διαμόρφωση του μηχανολογικού και ηλεκτρολογικού μέρους της Α/Γ.

Στο αεροδυναμικό μέρος της Α/Γ ο δρομέας περιστρέφεται εκμεταλλευόμενος την ταχύτητα του ανέμου. Η μηχανική ενέργεια που παράγεται από την περιστροφική του κίνηση μετατρέπεται στη συνέχεια σε ηλεκτρική μέσω της γεννήτριας. Η

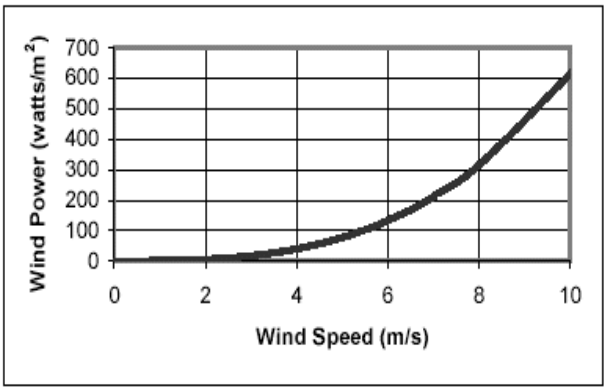
ηλεκτρική γεννήτρια μπορεί να είναι σύγχρονη ή επαγωγής. Συνδέεται στην έξοδο του πολλαπλασιαστή και μετατρέπει τη μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική. Η ταχύτητα περιστροφής του δρομέα είναι μικρή σε σχέση με την απαιτούμενη για τη λειτουργία της γεννήτριας. Για το λόγο αυτό τοποθετείται ενδιάμεσα πολλαπλασιαστής (κιβώτιο ταχυτήτων). Το σύστημα μετάδοσης της κίνησης περιλαμβάνει το κιβώτιο ταχυτήτων, το οποίο προσαρμόζει την ταχύτητα περιστροφής του δρομέα στη σύγχρονη ταχύτητα της γεννήτριας.

Το ηλεκτρικό σύστημα της Α/Γ περιλαμβάνει εκτός από την γεννήτρια, τους μετατροπείς ισχύος (όταν πρόκειται για μηχανές μεταβλητών στροφών), πυκνωτές αντιστάθμισης, φίλτρα αρμονικών, διακόπτες, διατάξεις προστασίας και τον μετασχηματιστή.

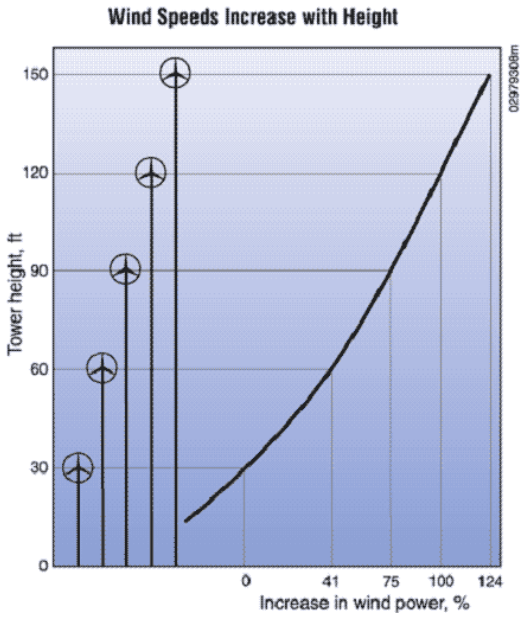
Το ηλεκτρονικό σύστημα επίβλεψης και ελέγχου της λειτουργίας της Α/Γ χωρίζεται σε επιμέρους συστήματα, κάθε ένα από τα οποία εκτελεί ξεχωριστή λειτουργία. Το σύστημα προσανατολισμού συνήθως διαθέτει αισθητήρα ανέμου ώστε να διατηρείται πάντα ο δρομέας παράλληλος με την κατεύθυνση του ανέμου. Σε μικρές Α/Γ η αλλαγή του προσανατολισμού γίνεται με ανεμοδείκτη. Η ρύθμιση της κλίσης των πτερυγίων στη βέλτιστη θέση (αν υπάρχει τέτοια δυνατότητα) μεγιστοποιεί την ενέργεια που παράγεται από την Α/Γ για κάθε ταχύτητα ανέμου. Αν υπάρχουν μετατροπείς ισχύος, η λειτουργία τους ελέγχεται από ξεχωριστό σύστημα ελέγχου.

Ο ηλεκτρονικός πίνακα και ο πίνακας ελέγχου είναι τοποθετημένοι στη βάση του πύργου. Το σύστημα ελέγχου παρακολουθεί, συντονίζει και ελέγχει όλες τις λειτουργίες της ανεμογεννήτριας , φροντίζοντας για την απρόσκοπτη λειτουργία της.

V. Εξάρτηση της παραγόμενης ισχύος από το ύψος του πύργου



Σχ. 4α Ισχύς της Α/Γ συναρτήσει της ταχύτητας του ανέμου.



Σχ. 4β Αύξηση της παραγόμενης ισχύος της Α/Γ συναρτήσει του ύψους του πύργου στήριξης.

Η ταχύτητα του ανέμου αυξάνεται με το ύψος επάνω από το έδαφος, και η αυξανόμενη ταχύτητα αυξάνει εκθετικά τη αιολική ενέργεια που παράγεται (Σχ. 4α και β). Κατά συνέπεια, σχετικά μικρές επενδύσεις σε Α/Γ με ψηλό πύργο στήριξης μπορούν να είναι πιο αποδοτικές στην παραγωγή ενέργειας. Για παράδειγμα, η εγκατάσταση μιας γεννήτριας 10-kW σε έναν πύργο ύψους 30m παρά έναν πύργο 18m προκαλεί μια αύξηση 10% στο κόστος του συστήματος αλλά μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση της παραγόμενης ενέργειας κατά 29%.

V. Βιβλιογραφία

[1] Περιοδικό ***Τεχνική Εκλογή,*** Τεύχος 495**.**

[2] www.energystar.gov

[3] www.efi.org

[4] www.pnl.gov

[5] www.environmentaldefense.org

[6] www.cres.gr