

ΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ
Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

«ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ
ΜΕΣΗΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ ΚΑΙ Η ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΗΣ
ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟ ΑΥΤΟΝΟΜΟ
ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΗΣ ΚΡΗΤΗΣ»

Του σπουδαστή:

ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΥ Μ. ΜΕΣΛΕΜΕ

Επιβλέπων:

Δρ. Μηχ. Ιωάννης Λ. Καρναβάς

Επίκουρος Καθηγητής

ΗΡΑΚΛΕΙΟ 2007

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.

Εισαγωγή στην αιολική ενέργεια.	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1⁰ - Αιολικό πάρκο ENERCON.	
1.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά.	3
1.2 Σχεδίαση πτερυγίων.	4
1.2.1 Γενικά.	4
1.2.2 Πτερύγια ανεμογεννήτριας E-40.	4
1.2.3 Αντοχή.	5
1.2.4 Αντίσταση παραμόρφωσης.	5
1.2.5 Συστολή-Συρρίκνωση.	5
1.2.6 Σύνδεση πτερυγίων.	6
1.2.7 Ρύθμιση των πτερυγίων.	7
1.2.8 Συγχρονισμός γωνιών πτερυγίων.	7
1.2.9 Αεροδυναμικός θόρυβος.	7
1.3 Η πρόσφατη τεχνολογία στην αιολική ενέργεια.	8
1.3.1 Σύγχρονη γεννήτρια.	8
1.3.2 Η γεννήτρια ENERCON.	8
1.4 Σύστημα φρένων.	9
1.4.1 Πέδη συγκρατήσεως.	9
1.5 Άτρακτος.	10
1.6 Χαμηλή ταχύτητα διείδυσης.	11
1.7 Αυτόματη έναρξη λειτουργίας.	11
1.8 Συστροφή καλωδίων.	13
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2⁰ - Σύγχρονη τριφασική γεννήτρια.	
2.1 Γενικά.	14
2.2 Χαρακτηριστικά σύγχρονης γεννήτριας.	14
2.3 Δομή σύγχρονης δακτυλιοφόρου γεννήτριας.	14
2.4 Πλεονεκτήματα σύγχρονης γεννήτριας.	16
2.5 Αισθητήρια E-40.	17
2.6 Συστήματα ελέγχου E-40.	21
2.6.1 Μονάδα μικροεπεξεργαστή.	21
2.6.2 Υπομονάδα εισόδων-εξόδων.	22
2.6.2.1 Υπομονάδα οπτικής διανομής σημάτων.	22
2.6.2.2 Υπομονάδα ελέγχου βήματος πτερυγίων.	22
2.6.2.3 Υπομονάδα οθόνης.	22
2.6.2.4 Υπομονάδα υποδιανομής.	23
2.7 Μονάδα ανορθωτή.	23
2.8 Εποπτεία και έλεγχος πάρκου.	23
2.8.1 Περιγραφή συστήματος ελέγχου και εποπτείας (ENERCON SCADA).	24
2.8.2 Στατικά στοιχεία ανά χρονική περίοδο.	24
2.8.3 Καταστάσεις σφαλμάτων.	24
2.8.4 Εξοπλισμός συστήματος.	25
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3⁰ - Υλικά κατασκευής καλωδίων και αγωγών ισχύος.	
3.1 Κατασκευή.	27
3.2 Μονωτικά υλικά.	27
3.3 Θωράκιση.	27
3.4 Μηχανικές προσασίες και μηχανικές επενδύσεις.	27
3.5 Τρόποι σύνδεσης ανεμογεννητριών.	27
3.6 Επιλογή καλωδίων ισχύος.	28
3.7 Κατασκευή καναλιού καλωδίων.	28
3.8 Κατασκευή φρεατίων καναλιού καλωδίων.	28
3.9 Τοποθέτηση καλωδίων σε σωλήνες.	28
3.10 Καλώδια μέσα σε σωλήνες στο έδαφος.	29
3.11 Τοποθέτηση περισσότερων του ενός καναλιού στο έδαφος.	29
3.12 Προστασία παράλληλων καλωδίων.	29

3.13 Ακροδέκτες-μούφες.	29
3.14 Μούφες και διακλαδώσεις σε πλαστικά καλώδια.	29
3.15 Ζυγοί και μπάρες μέσης τάσης.	30
3.16 Ελάχιστες αποστάσεις.	30

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο - Υποσταθμός μέσης και υψηλής τάσης.

4.1 Γενικά.	31
4.2 Συστήματα και όργανα προστασίας υποσταθμών μέσης τάσης.	31
4.2.1 Διακόπτες ισχύος μέσης τάσης.	31
4.2.2 Διακόπτες φορτίου.	32
4.2.3 Αποζεύκτες.	32
4.2.4 Ασφάλειες μέσης τάσης.	32
4.3 Καινοτομίες εξοπλισμού υποσταθμών μέσης τάσης.	32
4.3.1 Συνδέσεις-διακλαδώσεις καλωδίων μέσης τάσης.	32
4.4 Δομή υποσταθμού μέσης τάσης.	33
4.4.1 Λειτουργία του υποσταθμού.	33
4.4.2 Απαραίτητα βοηθήματα κατά τους χειρισμούς.	34
4.4.3 Τι συμβαίνει σ' ένα βραχυκύκλωμα.	34
4.5 Τεχνική για τη σύνδεση της E-40 με το δίκτυο.	34
4.6 Υποσταθμός υψηλής τάσης.	35
4.7 Επαγόμενες διαταραχές.	36

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο - Γειώσεις.

5.1 Συνδέσεις διάφορων εγκαταστάσεων σε κοινό γειωτή.	37
5.2 Είδη γειώσεων.	37
5.3 Γειωτής πλέγματος.	37
5.4 Θεμελιακή γείωση.	38
5.5 Γειώσεις και συστήματα αντικεραυνικής προστασίας.	38
5.6 Γείωση του αιολικού πάρκου.	39
5.7 Διαστάσεις αγωγού γείωσης.	39
5.8 Γείωση του κυκλώματος ισχύος.	39
5.9 Τρόποι βελτίωσης της αντίστασης γείωσης.	40
5.10 Τέλειες ηλεκτρικές συνδέσεις.	40

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο - Αντικεραυνική προστασία.

6.1 Συλλεκτήριο σύστημα.	41
6.2 Αγωγοί καθόδου.	42
6.3 Τοποθέτηση των αγωγών καθόδου στις εξωτερικές επιφάνειες.	42
6.4 Σύστημα γείωσης.	42
6.5 Εσωτερικό σύστημα αντικεραυνικής προστασίας.	43
6.6 Ισοδυναμικές συνδέσεις.	43
6.7 Προστασία έναντι κεραυνών.	43
6.8 Το σύστημα αντικεραυνικής προστασίας της E-40.	43
6.9 Σύστημα αντικεραυνικής προστασίας πτερυγίων του δρομέα.	43
6.10 Εκτροπή του ρεύματος του κεραυνού.	44

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο - Προϋποθέσεις διασύνδεσης με το δίκτυο.

7.1 Απαιτήσεις διασύνδεσης στο ηλεκτρικό σύστημα.	45
7.2 Επιπτώσεις των ανεμογεννητριών στο Σ.Η.Ε.	45
7.3 Ταχείες μεταβολές της τάσεως.	46
7.4 Διαταραχές κατά την ζεύξη-απόζευξη.	46
7.5 Διαταραχές κατά την διάρκεια της λειτουργίας.	46
7.6 Έλεγχος τάσης δικτύου με το σύστημα της E-40.	46
7.7 Ισχύς εξόδου εξαρτώμενη από το δίκτυο.	46
7.8 Έλεγχος συχνότητας δικτύου.	47
7.9 Έλεγχος άεργου ισχύος.	47
7.10 Συντονισμός συχνότητας δικτύου.	47
7.11 Αποσύνδεση από το δίκτυο.	47

7.12 Σύνδεση του πάρκου με την ΔΕΗ.	47
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο - Το αυτόνομο σύστημα της Κρήτης.	
8.1 Γενικά.	48
8.2 Μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.	48
8.3 Η ανάπτυξη σταθμών από ΑΠΕ στην Κρήτη.	49
8.4 Η ανάπτυξη των ΑΠΕ στην Κρήτη.	50
8.5 Η ανάπτυξη των ΑΠΕ στον νομό Χανίων.	51
8.6 Αιολικά πάρκα.	51
8.7 Οφέλη λειτουργίας αιολικών πάρκων.	52

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Ημερήσιες μεταβολές της παραγόμενης ισχύος και της ταχύτητας του ανέμου για μια ανεμογεννήτρια και για διάστημα ενός μήνα.	53
--	----

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Ιστορία της αιολικής ενέργειας.

Η υπεροχή του αέρα είχε συναρπάσει την ανθρωπότητα εδώ και χιλιάδες έτη. Το όνειρο του Αιόλου για την εξημέρωση των ισχυρών ανέμων κράτησε γενιές εφευρετών κάτω από την μαγεία του. Η εντυπωσιακή κινητικότητα του, η οποία επιτυγχανόταν με τη χρησιμοποίηση των δυνάμεων της φύσης (με αυτόν τον τρόπο ξεδιπλώνονταν στους ορίζοντες του τότε γνωστού κόσμου), αποτελούσε μια πρόκληση στην αρχαιότητα. Κατά συνέπεια, παρά τις νηνεμίες, τους τυφώνες, τους ανεμοστρόβιλους και τα ναυάγια, η ναυσιπλοΐα και η ναυπηγική εξελίχθηκαν και αναπτύχθηκαν. Η πρόοδος θα μπορούσε μόνο να επιτευχθεί με την υιοθέτηση των πιο πρόσφατων τεχνολογιών. Όλα αυτά, μαζί με μια μεγάλη επιθυμία για ταξίδια ανακάλυψης, συνέθεσαν στο μυαλό των ισχυρών και των επιστημόνων ένα μωσαϊκό του κόσμου, του οποίου τα περιγράμματα γίνονταν όλο και πιο εσώκλειστα με την πάροδο του χρόνου. Με την εκμετάλλευση του αέρα στο έδαφος και στη θάλασσα, θα μπορούσαν να πραγματοποιηθούν και οι εργασίες, οι οποίες ήταν πάνω από τις ικανότητες των ανθρώπων. Παραδείγματος χάριν, χρησιμοποιώντας μόνο την δύναμη των ζώων και του ανθρώπου, δεν θα ήταν ποτέ πιθανό για κάποιες χώρες να επιτύχουν την άντληση του νερού μέσα από το έδαφος (μέσω των αντλιών του ανέμου). Οι αρχαιολογικές ανακαλύψεις σχετικά με τη χρήση αιολικής ενέργειας ξεκινούν από την αρχή της σύγχρονης εποχής. Οι αυθεντικοί ανεμόμυλοι βρέθηκαν στην Εγγύς και Μέση Ανατολή. Ορισμένες ενδείξεις των ανεμόμυλων και της χρήσης τους ανακαλύφθηκαν γύρω στο 10^ο αιώνα στην Περσία. Οι κατασκευαστικές τεχνικές εκείνης της εποχής χρησιμοποίησαν τους κάθετους άξονες για να εφαρμόζουν την αρχή έλξης και να συλλαμβάνουν την αιολική ενέργεια. Τέτοιοι ανεμόμυλοι βρέθηκαν κυρίως στις αραβικές χώρες. Πιθανώς οι σταυροφόροι να έφεραν την αρχική ιδέα αυτών των μηχανών στην Ευρώπη. Έτσι, οι ανεμόμυλοι με οριζόντιους άξονες και με ραμμένα πανιά για φτερά έκαναν την εμφάνισή τους στο μεσαίωνα. Έτσι η χρήση της αιολικής ενέργειας στη δυτική Ευρώπη ξεκίνησε κατά ένα μεγάλο βαθμό από την Αγγλία και την Ολλανδία κατά τον μεσαίωνα. Οι τεχνικά βελτιωμένοι ανεμόμυλοι χρησιμοποιήθηκαν κυρίως για την άντληση νερού και για μεταφορά αντικειμένων πάνω σε τροχήλατο μέσο. Περισσότερες από 200.000 από αυτές τις ξύλινες μηχανές χτίστηκαν σε όλη τη βορειοδυτική Ευρώπη, αντιπροσωπεύοντας τη μεγαλύτερη ποσότητα της ενέργειας σε αυτήν την περιοχή. Με το πέρασμα του αιώνα 20.000 ανεμόμυλοι τέθηκαν σε λειτουργία στη Γερμανία. Από το 19ο αιώνα και έπειτα, κυρίως στις ΗΠΑ, εξαπλώθηκε ο τύπος των λεγόμενων «δυτικών ροδών», ο οποίος διαδόθηκε αμέσως. Αυτοί οι πολύ-πτερωτοί ανεμόμυλοι φτιάχτηκαν από χάλυβα με πτερωτές 20 λεπίδων και χρησιμοποιούνταν συνήθως για την άρδευση. Στα μέσα του αιώνα, μέχρι το τέλος της δεκαετίας του '30, 8 εκατομμύρια μονάδες είχαν φτιαχτεί και εγκατασταθεί αντιπροσωπεύοντας έτσι ένα τεράστιο οικονομικό δυναμικό. Όσπου στις μέρες μας η αιολική ενέργεια έγινε εκμεταλλεύσιμη, μέσω των ανεμογεννητριών, παράγοντας ηλεκτρική ενέργεια. Σήμερα παράγεται το 20% (με ανοδική πορεία) της καταναλισκόμενης ενέργειας από τις ανεμογεννήτριες. Διανύουμε ήδη την χαρραγή της 3^{ης} χιλιετίας και όσον αφορά τις ενεργειακές μας ανάγκες, διαπιστώνουμε καθημερινά ότι η εποχή της αλόγιστης χρήσης των συμβατικών καυσίμων και της ελπίδας, κυρίως μέσα στην δεκαετία του 70, για ριζική επίλυση του παγκόσμιου ενεργειακού προβλήματος μέσα από μια καθαρή, όπως διαφημιζόταν τότε, πυρηνική ενέργεια, έχει παρέλθει ανεπιστρεπτή. Η αδιαφορία και στην καλύτερη περίπτωση άγνοια, που επιδείξαμε στο παρελθόν είχαν και σαν αποτέλεσμα σοβαρές οικολογικές διαταραχές. Η αλλαγή νοοτροπίας και τρόπου συμπεριφοράς μας προς το φυσικό περιβάλλον, είναι σήμερα περισσότερο από κάθε φορά επιβεβλημένη. Οι κατάλληλες διορθωτικές επεμβάσεις στο οικολογικό μας σύστημα και η αποδοχή ριζικότερων αλλαγών στην καθημερινή πρακτική, καθώς και η τροποποίηση των τρόπων παραγωγής ενέργειας και τεχνολογικών προϊόντων, προβληματίζουν την παγκόσμια κοινότητα. Η τεχνολογία σαν καρπός ανώτερης πνευματικής διεργασίας πρέπει να έχει στόχο να θεραπεύει και να υπηρετεί τον άνθρωπο, με σεβασμό στον πλανήτη που χρειάστηκε 5 δισεκατομμύρια για να εξιδανικεύσει τις κλιματολογικές του συνθήκες και να συμβάλει έτσι στην δημιουργία και στην ανάπτυξη της ζωής. Μέσα από το, ιστορικά επιβεβλημένο, αναγκαίο κακό, δηλαδή τα συμβατικά καύσιμα προέκυψαν νέες και συνεχώς βελτιώνονται παλαιότερες μέθοδοι εξυγιειμένης παραγωγής ενέργειας, χωρίς πρακτικά οικολογικές επιβαρύνσεις, που μας επιτρέπουν να αισιοδοξούμε για ένα καλύτερο μέλλον. Ο ήλιος και ο άνεμος θα έχουν τον πρώτο λόγο στις επόμενες δεκαετίες.

Αιολική ενέργεια - Παρελθόν και μέλλον.

Η αιολική ενέργεια είναι μια μορφή ενέργειας, που δημιουργείτε έμμεσα από την ηλιακή ακτινοβολία. Η ανομοιόμορφη θέρμανση της επιφάνειας της γης από τον ήλιο προκαλεί την μετακίνηση μεγάλων μαζών αέρα από τη μια περιοχή στην άλλη, δημιουργεί δηλαδή τους ανέμους. Η αιολική ενέργεια είναι συνεπώς ανεξάντλητη και ανανεωμένη συνεχώς, γι' αυτό χαρακτηρίζεται ως ανανεώσιμη. Η αξιοποίηση της ενέργειας που προσφέρει ο άνεμος δεν είναι κάτι το καινούργιο. Μάλιστα, τόσο είχε εκτιμηθεί η σπουδαιότητα και η χρησιμότητα των ανέμων στην αρχαιότητα, ώστε ο ίδιος ο Δίας, κατά την Ελληνική μυθολογία, είχε ορίσει "διαχειριστή" των ανέμων τον Αίολο ο οποίος τους κατηύθυνε από τη μυθική νήσο του Αιολία. Οι αρχαίοι πρόγονοι μας εκμεταλλεύτηκαν την ενέργεια του ανέμου για την κίνηση των ιστιοφόρων πλοίων τους. Αργότερα, η εκμετάλλευση του ανέμου συνεχίστηκε με τους ανεμόμυλους που χρησιμοποιήθηκαν ευρέως για την άλεση των δημητριακών και την άντληση νερού, κυρίως στις Κυκλάδες και την Κρήτη. Δεν υπάρχει ακριβής καταγραφή για την πρώτη εμφάνιση του ανεμόμυλου. Οι παλαιότερες μαρτυρίες που κάνουν αναφορές σε ανεμόμυλους είναι του 15^{ου} αιώνα. Στα τέλη του 19^{ου} αιώνα στις Κυκλάδες, κάθε ανεμόμυλος εξυπηρετούσε κατά μέσο όρο 185περίπου κατοίκους. Ο πρώτος ανεμόμυλος που εγκαταστάθηκε στον νομό Λασιθίου ήταν στο οροπέδιο Λασιθίου. Για τα δεδομένα της εποχής ήταν ένα μεγάλο επίτευγμα. Στην δεκαετία του 1940 υπήρχαν περισσότεροι από 13.500 ανεμόμυλοι, οι οποίοι χρησιμοποιούνταν για την άντληση του νερού. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς υπέρβαινε τα 5MW, καθιστώντας τότε το οροπέδιο Λασιθίου το μεγαλύτερο αιολικό πάρκο του κόσμου. Την ίδια περίοδο υπολογίζεται ότι σε ολόκληρη την Κρήτη η συνολική ισχύς των ανεμόμυλων τα 20 MW. Στον αιώνα μας το ενδιαφέρον για την εκμετάλλευση της ενέργειας του με σκοπό την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος, εκδηλώθηκε ιδιαίτερα στα μέσα της δεκαετίας του '70 και ήταν αποτέλεσμα της πετρελαϊκής κρίσης που είχε ξεσπάσει. Από τότε και μέχρι σήμερα υπάρχει μια συνεχώς αυξανόμενη τάση για παραγωγή ηλεκτρισμού από την αιολική ενέργεια με την χρήση των ανεμογεννητριών, οι οποίες μετατρέπουν την ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική ενέργεια. Σήμερα, εάν υπήρχε η δυνατότητα με την υπάρχουσα τεχνολογία να καταστεί εκμεταλλεύσιμο το σύνολο του αιολικού δυναμικού της γης, εκτιμάται ότι η παραγόμενη σε ένα χρόνο ηλεκτρική ενέργεια από τον άνεμο θα ήταν υπερδιπλάσια από της ανάγκες της ανθρωπότητας σε ηλεκτρική ενέργεια στο ίδιο διάστημα. Δυστυχώς, μπορούμε να εκμεταλλευτούμε μόνο ένα ελάχιστο ποσοστό της τεράστιας αυτής ποσότητας ενέργειας. Εντούτοις, υπολογίζεται ότι στο 25% της επιφάνειας της γης επικρατούν άνεμοι μέσης ετήσιας ταχύτητας πάνω από 5 μέτρα το δευτερόλεπτο, σε ύψος 10 μέτρων πάνω από το έδαφος. Τιμή πάνω από την οποία το αιολικό δυναμικό του τόπου θεωρείται εκμεταλλεύσιμο και οι απαιτούμενες; Εγκαταστάσεις μπορούν να καταστούν οικονομικά βιώσιμες, σύμφωνα με τα σημερινά δεδομένα. Λαμβάνοντας υπόψη τη συνεχώς βελτιούμενη τεχνολογία των ανεμογεννητριών, μπορούμε να πούμε ότι η αξιοποίηση του ανέμου είναι μια από τις λύσεις για παραγωγή άφθονης και καθαρής ηλεκτρικής ενέργειας για επόμενες γενιές.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

ΑΙΟΛΙΚΟ ΠΑΡΚΟ ENERCON

Κεφάλαιο 1^ο

ΑΙΟΛΙΚΟ ΠΑΡΚΟ ENERCON

Εισαγωγή για το έργο.

Η τεχνική έκθεση που ακολουθεί αφορά την προκαταρκτική μελέτη των έργων Πολιτικού Μηχανικού για την κατασκευή Αιολικού πάρκου συνολικής ισχύος 27,5 MW. Η θέση στην οποία προτείνεται η κατασκευή του πάρκου είναι στη Σητεία του Νομού Λασιθίου Κρήτης. Ο σχεδιασμός των έργων Πολιτικού Μηχανικού βασίζεται στις προδιαγραφές της εταιρείας ENERCON για τον τύπο E-40, καθώς και στην μορφολογία του εδάφους και την κατανομή του αιολικού δυναμικού στην περιοχή του έργου. Τα έργα που προτείνονται για την εγκατάσταση και λειτουργία του αιολικού πάρκου περιγράφονται παρακάτω με τον σχολιασμό που επιτρέπει η παρούσα προκαταρκτική φάση μελέτης. Για την εσωτερική οδοποιία του αιολικού πάρκου απαιτείται διάνοιξη δρόμου μέγιστης κλίσης 4.26% με ελάχιστη ακτίνα καμπυλότητας 20m και πλάτους τουλάχιστον 6m μέσα στην ιδιοκτησία για να δίδεται η δυνατότητα στους γεραμούς και τα φορτηγά αυτοκίνητα να μετακινούνται από την είσοδο προς τις ανεμογεννήτριες και από την μία ανεμογεννήτρια στην άλλη. Σημειώνεται ότι η ανυψωτική ικανότητα του μεγάλου γερανού είναι 200 τόνων, μεικτού βάρους 96 τόνων (25 τόνοι ανά τροχή). Το όλο έργο απαρτίζεται από 55 ανεμογεννήτριες του τύπου E-40/500 KW του Γερμανικού κατασκευαστικού οίκου ENERCON και αποτελεί το 39,3% της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος ανεμογεννητριών τη Κρήτης. Οι εργασίες κατασκευής των έργων άρχισαν τον Μάρτιο του 1998 και ολοκληρώθηκαν τον Σεπτέμβριο του 1999 και από τις αρχές Οκτωβρίου του 1999 οι αιολικοί σταθμοί έχουν τεθεί σε εμπορική λειτουργία. Η ετήσια παραγόμενη ενέργεια από το σύνολο των ανεμογεννητριών είναι 90.000.000kwh, καλύπτει δε το 5% των ετησίων ηλεκτρικών αναγκών της νήσου Κρήτης. Οι βασικοί επενδυτές των συγκεκριμένων έργων είναι η κατασκευαστική εταιρία ENERCON, οι εταιρίες ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ ΕΛΛΑΔΑΣ Α.Ε, ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ ΚΡΗΤΗΣ Α.Ε, ο ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΣΗΤΕΙΑΣ, και ο ΔΗΜΟΣ ΣΗΤΕΙΑΣ.

1.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά.

Ο τύπος της ανεμογεννήτριας που χρησιμοποιήθηκε είναι η ENERCON E-40/500 KW. Ο συνολικός αριθμός των ανεμογεννητριών αυτού του τύπου που έχουν εγκατασταθεί στις 31/08/2000 είναι σε όλο τον κόσμο περίπου 2.100. Για να γίνουμε ποίο κατανοητή όταν λέμε ανεμογεννήτρια τύπου E-40 εννοούμε ότι η διάμετρος και των τριών πτερών είναι 40 μέτρα εξού και η ονομασία που της έχουν δώσει. Πρέπει να αναφέρουμε ότι η κατασκευαστική εταιρία ENERCON βγάζει και άλλους τύπους ανεμογεννητριών όπως E-12, E-30, E-40, E-66, E-120. Η συγκεκριμένη ανεμογεννήτρια είναι μεταβλητών στροφών (18-38 στρ/λεπ), τριών πτερυγίων που ελέγχεται από τρία ανεξάρτητα ηλεκτρονικά ελεγχόμενα συστήματα.

Η ταχύτητα εκκίνησης της ανεμογεννήτριας είναι τα 2,5m/sec ενώ η μέγιστη ταχύτητα ανέμου για συνεχή λειτουργία είναι τα 30m/sec. Ο άξονας της πτερωτής βρίσκεται στα 46 μέτρα ύψος. Οι πυλώνες των ανεμογεννητριών είναι μεταλλικοί, κωνικοί και βάρους 40.000 κιλών ο κάθε ένας. Στον πίνακα 1.1 που ακολουθεί βλέπουμε τα ονομαστικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά της E-40.

Πίνακας 1.1 Ονομαστικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά της E-40.

Τύπος ανεμογεννήτριας:	E-40.
Ονομαστική ισχύς:	500kW.
Μέγιστη ονομαστική ισχύς:	560kW.
Διάμετρος δρομέα:	40,3m.
Ύψος:	46m.
Έναρξη λειτουργίας:	2,5m/s.
Ονομαστική ισχύς:	12,5m/s.
Παύση λειτουργίας:	25m/s.
Στιγμιαία παύση λειτουργίας:	30m/s.
Όρια λειτουργίας δρομέα:	18-38rpm.
Χρόνος αντίδρασης συστήματος κινδύνου:	2sec.
Ταχύτητα ανέμου επιβίωσης (5sec):	70m/s.
Αριθμός πτερών:	3.
Υλικό πτερών:	Εποξειδική ρητίνη.

Πτερύγιο:	Ανεξάρτητο σύστημα ελέγχου για κάθε πτερύγιο.
Προστασία από κεραυνούς:	Ολοκληρωμένο σύστημα της ENERCON για κάθε πτερύγιο.
Μήκος πτερυγίου:	18,9m.
Σύστημα πεδήσεως:	Τρία ανεξάρτητα ηλεκτοϋδραυλικά συστήματα.
Ύψος πύργου:	44m.
Θερμικά όρια:	-20°C έως +50°C.
Ελάχιστος χρόνος ζωής:	20 χρόνια.

1.2 Σχεδίαση πτερυγίων.

1.2.1 Γενικά.

Η σχεδίαση των πτερυγίων της ανεμογεννήτριας μπορεί να επηρεάσει τις παρακάτω παραμέτρους:

1. Απόδοση μετατροπής της ενέργειας .
2. Αεροδυναμικό θόρυβο.

Ενώ το υλικό κατασκευής:

1. Τον χρόνο ζωής του πτερυγίου.
2. Την απόδοση μετατροπής της ενέργειας.

1.2.2 Πτερύγια ανεμογεννήτριας E-40.

Αρχικά επιλέχθηκε μια FX-αεροτομή και δοκιμάστηκε σε μια E-40. Η θεωρητική απόδοση ήταν κοντά στην μετρηθείς για λεία επιφάνεια πτερυγίου. Το μειονέκτημα παρ' όλα αυτά ήταν ισχυρά φαινόμενα επικάθησης ακαθαρσιών στα πτερύγια που είχε σαν αποτέλεσμα την μεταβολή στην απόδοση έως και 15%. Επιπλέον η τυρβώδης ροή στα πτερύγια δεν ήταν αποδεκτή από την ENERCON. Η αεροτομή της ENERCON είναι μια εξελιγμένη αεροτομή που είναι λιγότερο δεκτική στην τύρβη του ανέμου και έχει στάθμη αεροδυναμικού θορύβου. Η ENERCON σε αυτόν τον τομέα δεν χρησιμοποίησε τα συμβατικά υλικά κατασκευής πτερυγώσεων αλλά έθεσε νέα δεδομένα αναπτύσσοντας προγράμματα για την μελέτη νέων υλικών με καλύτερα χαρακτηριστικά απόδοσης και εκπομπής θορύβου. Τελικά καταβλήθηκε μεγάλη προσπάθεια να αναπτυχθούν και να κατασκευαστούν καλύτερα πτερύγια από υαλόνημα και ενισχυμένη εποξειδική ρητίνη με ένα εντελώς νέο σχήμα και προφίλ. Η χρήση της εποξειδικής ρητίνης συνέβαλλε στην ελάττωση του βάρους κατά 50 % σε σχέση με τα συμβατικά πτερύγια. Άλλο ένα σημαντικό πλεονέκτημα αυτών των πτερυγίων είναι ότι παραμένουν εύκαμπτα και διατηρούν το σχήμα τους ακόμα και στις πιο ακραίες συνθήκες θερμοκρασίας. Το μοναδικό μειονέκτημα που παρουσιάζει η χρησιμοποίηση αυτού του υλικού (εποξειδικής ρητίνης) είναι ότι απορροφάει κατά μεγάλο ποσοστό το νερό και την υγρασία, με συνέπεια την πιθανή καταστροφή σε συνθήκες παγετώνων. Στις παρακάτω εικόνες βλέπουμε την μεταφορά, αλλά και το εργοστάσιο στο οποίο κατασκευάζονται τα πτερύγια μιας ανεμογεννήτριας.



Εικ.1.1 Μεταφορά φτερού E-40. (www.enercon.com).

Η αεροτομή της ENERCON με εποξειδικές ρητίνες έχει ένα παθητικό όριο στον μέγιστο συντελεστή άνωσης. Αυτό μειώνει δραστικά υψηλά φορτία λόγω ριπών στον φέροντα σκελετό των πτερυγίων. Η δεύτερη σημαντική παράμετρος για μια μακρόχρονη αντοχή στην λειτουργία είναι η επιλογή του υλικού. Παρακάτω θα συγκριθούν ο πολυεστέρας και οι εποξειδικές ρητίνες.



Εικ.1.2 Εργοστάσιο κατασκευής φτερών. (www.enercon.com).

1.2.3 Αντοχή.

Τα πτερύγια για ανεμογεννήτριες πρέπει να σχεδιάζονται για μια μακρόχρονη λειτουργία. Κατά την διάρκεια κάθε περιστροφής του δρομέα το πτερύγιο εκτίθεται σε εναλλαγές φορτίου που προκαλείτε από το βάρος του. Αυτό σημαίνει ότι το πτερύγιο εκτίθεται σε περίπου 57.000 κύκλους φορτίσεως την ημέρα μόνο από αυτό το φορτίο. Για την εφαρμογή μας η παραδεκτή εναλλαγή των τάσεων των εποξειδικών ρητινών με μιας κατεύθυνσης ινών γυαλιού είναι περίπου 70% παραπάνω από την παραδεκτή εναλλαγή τάσεων για τον πολυεστέρα. Αυτό το πλεονέκτημα έχει μία πολύ μεγάλη επίδραση στο πάχος του υλικού που απαιτείται. Επίσης έχει επίδραση στο βάρος του πτερυγίου, το οποίο με την σειρά του είναι σημαντικό για την μακρόχρονη αντοχή κατά την

λειτουργία. Στις μεγάλες ανεμογεννήτριες η ροπή κάμψης λόγω του βάρους του πτερυγίου είναι βασικής σημασίας για τον υπολογισμό του πτερυγίου.

1.2.4 Αντίσταση παραμόρφωσης.

Οι πολυεστερικές ρητίνες, σε μακροχρόνια έκθεση και σε υψηλές θερμοκρασίες συστέλλονται. Στην περίπτωση μιας συνεχούς έκθεσης στην ηλιακή ακτινοβολία παρατηρείται παραμόρφωση του πτερυγίου. Μια μικρή εναλλαγή στην στρέψη δηλαδή της γωνίας προσβολής μπορεί να έχει υπολογίσιμο αποτέλεσμα στην απόδοση του πτερυγίου. Αυτό σημαίνει ότι με τα χρόνια η καμπύλη ισχύος θα μεταβληθεί. Σε αντίθεση με αυτό οι εποξειδικές ρητίνες έχουν απόλυτη αντίσταση παραμόρφωσης και η απόδοση του πτερυγίου παραμένει σταθερή για μεγάλο χρονικό διάστημα.

1.2.5 Συστολή (Συρρίκνωση).

Τα πτερύγια που βασίζονται σε πολυεστερικές ρητίνες συστέλλονται (συρρικνώνονται) κατά την διάρκεια της κατασκευής τους περίπου στο 1-3%. Η συστολή έχει σαν αποτέλεσμα την αλλαγή της επιδιωκόμενης γεωμετρίας του, που πρέπει να επιτευχθεί για την καλή του απόδοση καθώς επίσης και στην ακρίβεια συστροφής του. Αυτό μπορεί να έχει αρνητική επίδραση στο θόρυβο και στις καμπύλες απόδοσης. Με εποξειδικές ρητίνες δεν υπάρχει πρακτικά συστολή.

1.2.6 Σύνδεση πτερυγίων.

Στο παρελθόν η σύνδεση του πτερυγίου με την πλήρη παρουσίαζε δυσκολίες στην συναρμογή δυνάμεων. Οι ίνες των πολυεστερικών ρητινών ακολουθούν σε μεγάλο βαθμό τη συστροφή του πτερυγίου, για το λόγο αυτό η σύνδεση πτερυγίων με συναρμογές τριβής ή με φλάντζες προσαρμογής δεν είναι η καταλληλότερες. Η μακροχρόνια συμπεριφορά του πολυεστερικού υλικού επηρεάζεται από τις καιρικές συνθήκες σε συνδυασμό με την εσωτερική του ακαμψία με αποτέλεσμα να μην μπορεί να ελεγχθεί. Αντιθέτως, οι εποξειδικές ρητίνες δείχνουν μικρή ευπάθεια στα φαινόμενα ολίσθησης, η δε σφυρηλατημένη εποξειδική ρητίνη είναι ακατάλληλη για απλές και καθαρές λύσεις σε φλάντζες. Η ENERCON χρησιμοποιεί ένα απλό εγκάρσιο κοχλία με ένα εντατήρα. Το πτερύγιο της ENERCON είναι αποτέλεσμα μακροχρόνιας εμπειρίας και έρευνας. Συνεπώς ο βέλτιστος συνδυασμός των παραμέτρων για τα πτερύγια της E-40 είναι:

1. Αεροτομή : ENERCON (νέος σχεδιασμός και γεωμετρία)
2. Υλικό εποξειδική ρητίνη .
3. Αρχή λειτουργίας : έλεγχος βήματος πτερυγίου.

οι οποίες παράμετροι συνεπάγονται:

1. Μακρόχρονη αντοχή σε λειτουργία.
2. Υψηλός συντελεστής ισχύος .
3. Χαμηλή δεκτικότητα σε ακαθαρσίες.
4. Χαμηλή δεκτικότητα στη τύρβη.
5. Χαμηλή στάθμη φορτίου.
6. Χαμηλή καταπόνηση.
7. Χαμηλή κατανάλωση υλικού.

Πρέπει να αναφέρουμε ότι σημαντικός παράγοντας για την υψηλή απόδοση της μετατροπής της αιολικής ενέργειας σε μηχανική είναι εκτός της σχεδίασης του πτερυγίου και η θέση του ως προς τον άνεμο. Στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε την σύνδεση του πάνω στην νασσέλα. Υπάρχει μια γωνία πρόσπτωσης του ανέμου οι οποίες και δίδει τον καλύτερο συντελεστή απόδοσης και τις μικρότερες απώλειες. Αυτή την γωνία προσπαθεί να πετύχει το σύστημα το οποίο παρακολουθεί σε πραγματικό χρόνο τον άνεμο.



Εικ. 1.3 Ένωση των πτερών.

1.2.7 Ρύθμιση των πτερυγίων.

Τα εξαρτήματα της μηχανής *ENERCON* είναι συνεχώς ρυθμιζόμενα, π.χ. στα πτερύγια της ανεμογεννήτριας όσον αφορά τη γωνία προβολής, είναι σχεδιασμένα έτσι, ώστε να φτάσει τη μέγιστη απόδοση σε όλες τις ταχύτητες του ανέμου. Επομένως η παραγόμενη ενέργεια είναι η μέγιστη που μπορούμε να παράγουμε κάθε στιγμή.

1.2.8 Συγχρονισμός γωνιών πτερυγίων.

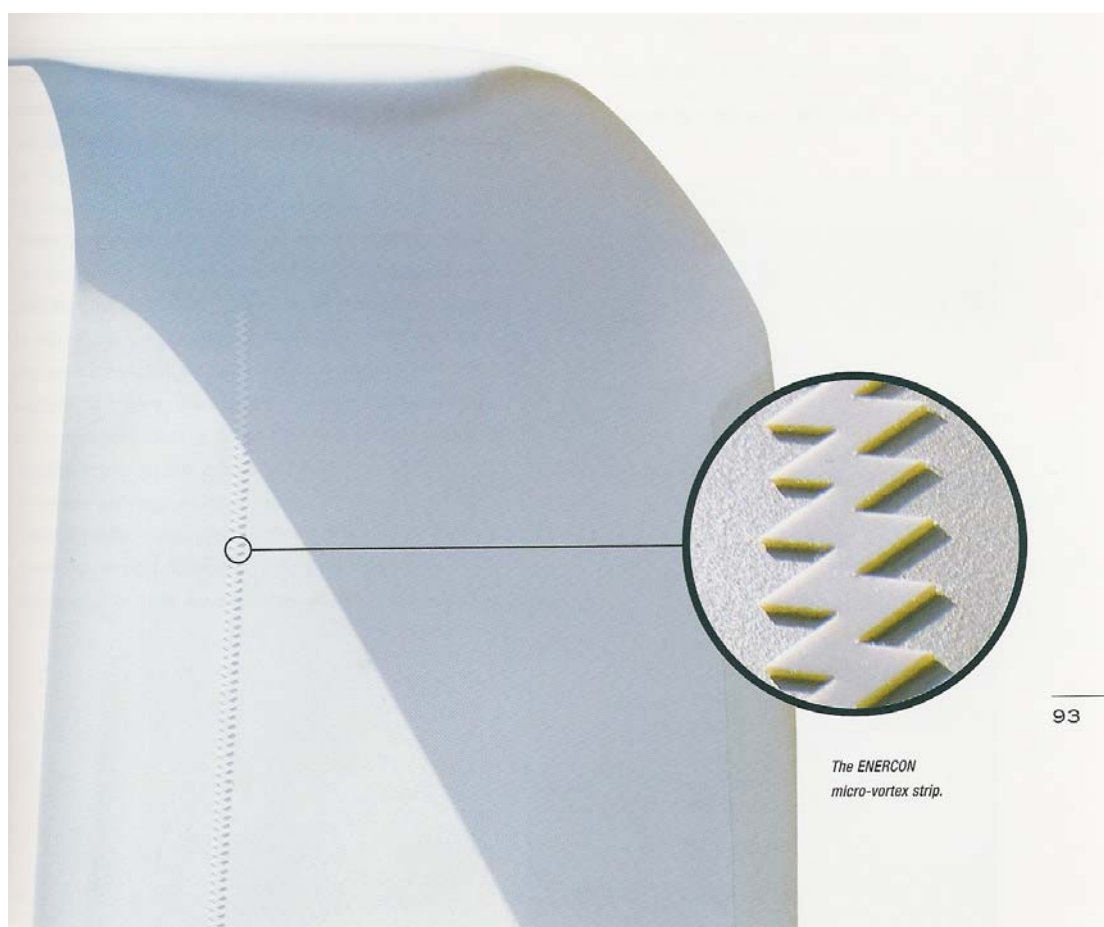
Η γωνία λειτουργίας και των τριών (3) πτερυγίων στο δρομέα καθορίζεται από πολλές ανεξάρτητες μετρήσεις με στόχο το συγχρονισμό της κίνησης τους. Μεταβολές στο συγχρονισμό ενεργοποιούν τη διαδικασία παύσης λειτουργίας κινδύνου με ταχεία ρύθμιση του βήματος των πτερυγίων. Αν και τα τρία (3) πτερύγια δεν έχουν λάβει την θέση των 90° τότε η ανεμογεννήτρια στρέφεται 90° σε σχέση με την διεύθυνση του ανέμου με το σύστημα περιστροφής της ατράκτου.

1.2.9 Αεροδυναμικός θόρυβος.

Ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα που είχε να επιλύσει η σχεδίαση των πτερυγώσεων ήταν η ελάττωση του εκπεμπόμενου θορύβου από την λειτουργία των ανεμογεννητριών και συγκεκριμένα στην ονομαστική λειτουργία αυτών. Το θέμα αυτό ήταν σημαντικό αν αναλογίσουμε ότι στις πιο πολλές χώρες της κεντρικής Ευρώπης υπήρχαν ή προβλεπόταν να εγκατασταθούν ανεμογεννήτριες κοντά σε κατοικημένες περιοχές. Κατά ένα μεγάλο ποσοστό αυτό το μειονέκτημα των ανεμογεννητριών έχει αντιμετωπισθεί επιτυχώς. Το επίπεδο θορύβου που παράγεται από τις ανεμογεννήτριες είναι πολύ χαμηλό συγκρινόμενο με τον ήχο που παράγεται από την κίνηση στους αυτοκινητόδρομους, τα τραίνα, τα αεροπλάνα ή τις εργασίες κατασκευής κτιρίων, δρόμων κλπ. Εκτός από τα πολύ κοντινά σπίτια στις ανεμογεννήτριες η ακουστική όχληση δεν είναι μεγαλύτερη από αυτή που οφείλεται σε ένα ρυάκι που ρέει 50-100 μέτρα μακριά. Συγκεκριμένα, σε 100 μέτρα απόσταση από μια τυπική

ανεμογεννήτρια των 600kW παρατηρείται η ηχητική επιβάρυνση της τάξεως των 50db. Η επιβάρυνση αυτή μειώνεται κατά 30% (35 db) ,όταν βρεθούμε σε απόσταση 500 μέτρων από την ανεμογεννήτρια. Για ταχύτητα ανέμου 8 m/s σε ύψος 10 μέτρων, η E-40 με πύργο ύψους 65 μέτρων έχει ένα επίπεδο θορύβου 99,3 db. Με διάμετρο δρομέα 40 μέτρων και ονομαστική ισχύς 500 Kw, η E-40 είναι ένα από τα πιο αθόρυβα συστήματα μετατροπής της αιολικής ενέργειας. Με ύψος πύργου 65 μέτρων το επίπεδο θορύβου σε απόσταση 195 μέτρων είναι κάτω από 45 db, η τιμή η οποία απαιτείται για περιοχές μικτής ζώνης στη Γερμανία. Σε αυτήν την απόσταση οι φυσικοί ήχοι είναι πιο δυνατοί από αυτόν της ανεμογεννήτριας. Στην περίπτωση π.χ ενός ισχυρού ανέμου, E-40 δεν γίνεται αντιληπτή.

Πρέπει επίσης να επισημάνουμε ότι βαρύτητα κατά τον σχεδιασμό των πτερυγίων δόθηκε και στη μείωση του επιπέδου θορύβου κατά την λειτουργία στις ονομαστικές στροφές του δρομέα όπου και παρατηρείται πιο έντονα το φαινόμενο. Μια από τις καινοτομίες είναι η καμπύλη στα άκρα των πτερυγίων όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα. Αυτή η καμπύλη έχει ως σκοπό να εκτρέψει τους στροβιλισμούς που προκαλεί ο αέρας και μερικούς τους εξαφανίζει. Το αποτέλεσμα είναι ένα σημαντικό κέρδος στην απόδοση της ανεμογεννήτριας όπως επίσης και μια εξαιρετική αεροδυναμική και αθόρυβη λειτουργία. Άλλη μια καινοτομία στην αεροδυναμική σχεδίαση είναι η λουρίδα μικροδίνης όπως ονομάζει η ENERCON. Αυτή η λουρίδα μικροδίνης μετατρέπει την αεροδυναμική δίνη του ανέμου σε πολλές μικροσκοπικές δίνες, και ως εκ τούτου εξασφαλίζει πολλαπλά κέρδη και σημαντικά μειωμένο θόρυβο.



Εικ.1.4 Λουρίδα μικροδίνης πτερυγίων E-40 . (www.enercon.com).

1.3 Η πιο πρόσφατη και η πιο προηγμένη τεχνολογία στην αιολική ενέργεια.

Η ENERCON προσφέρει ένα μοναδικό σχεδιασμό ανεμογεννήτριας, ο οποίος είναι ο πιο εξελιγμένος σε όλο τον κόσμο, όσον αφορά την τεχνολογία των ανεμογεννητριών. Οι ανεμογεννήτριες της ENERCON δεν έχουν κιβώτιο ταχυτήτων. Οι γεννήτριες που χρησιμοποιούν είναι σύγχρονες, αργής μεταβλητής ταχύτητας, με συνεχόμενη ρύθμιση των στροφών και είναι αποδοτικότερες σε σχέση με τις επαγωγικές (ασύγχρονες).

1.3.1 Σύγχρονη γεννήτρια.

Είναι μια πολυπολική γεννήτρια (60 πόλων) μεταβλητής ταχύτητας (η μέγιστη απόδοση της γεννήτριας επιτυγχάνεται σε διάφορες περιοχές στροφών για αέρα 14.5-34 m/s). Εξ αιτίας αυτού και των ηλεκτρονικών ισχύος, το κιβώτιο ταχυτήτων που ανεβάζει την ταχύτητα στο επίπεδο των επαγωγικών γεννητριών, αφαιρείται με αποτέλεσμα να έχουμε μειωμένες απώλειες μετάδοσης και εξάλειψη της φθοράς του κιβωτίου ταχυτήτων και της διαρροής του λαδιού. Ο δρομέας της ανεμογεννήτριας συνδέεται άμεσα με το δρομέα της γεννήτριας από τον κύριο άξονα. Η ταχύτητα του δρομέα της ανεμογεννήτριας είναι ίδια με αυτή του ρότορα της γεννήτριας, η οποία είναι 34rpm (μέγιστη ταχύτητα ρότορα). Άρα, περιστρέφεται με ταχύτητα 40 φορές μικρότερη απ' αυτή των ανεμογεννητριών με κιβώτιο ταχυτήτων οπότε και με πολύ λιγότερες φθορές.

Η σύγχρονη γεννήτρια της ENERCON με τα ηλεκτρονικά της, παρέχει άριστη ποιότητα ισχύος.

1.3.2 Η γεννήτρια ENERCON.

Η νέα γεννήτρια, που αναπτύχθηκε ειδικά για την E-40 συνδέεται απ' ευθείας στον δρομέα. Ακόμη και σε ταχύτητα 38rpm αυτή η γεννήτρια παράγει την ονομαστική ισχύ 600 kW. Για να επιτευχθεί αυτό, αναπτύχθηκε μια ειδική πολυπολική μηχανή που βασίζεται στις αρχές λειτουργίας των σύγχρονων γεννητριών. Έγινε μια πιο προχωρημένη ανάπτυξη του κλασσικού μοντέλου της σύγχρονης μηχανής με αποτέλεσμα να επιτευχθεί μια υψηλή σε βαθμό απόδοση ηλεκτρογεννήτρια, που συνδυάζεται με το χαμηλό βάρος της. Εκτός από την υψηλή απόδοση της μηχανής μεγάλη διάρκεια ζωής εξασφαλίζεται λόγω του ειδικού και εξεζητημένου σχεδιασμού της. Ο στάτης καλύπτεται με ένα πρώτο αντιδιαβρωτικό στρώμα μέχρι να ολοκληρωθεί ο ελασματοποιημένος πυρήνας και πριν εισαχθούν τα τυλίγματα στις σχισμές.

Η μόνωση των σχισμών είναι ένας συνδυασμός υλικών μονώσεων. Αυτό το υλικό μόνωσης αποτελείται από 3 στρώματα. Το εσωτερικό στρώμα είναι ένα ηλεκτρικά μονωμένο φύλλο, ενώ το εξωτερικό στρώμα αποτελείται από χαρτί αρμιδιού. Αυτός ο συνδυασμός έχει σαν αποτέλεσμα την χαμηλή απορρόφηση της υγρασίας και την καλή θερμική και χημική αντίσταση. Ο χάλκινος αγωγός καλύπτεται με κύριο στρώμα υψηλής θερμικής αντίστασης. Ο χαλκός προστατεύεται επιπρόσθετα με ένα επίστρωμα με βάση πολυαμειμίδη. Η όλη μόνωση αποτελείται από τον συνδυασμό δύο (2) διαφορετικών βερνικωμένων στοιχείων. Σύμφωνα μ' αυτή την τεχνική επιστρώσεων παρέχεται μια καλύτερη προστατευτική κάλυψη για το χάλκινο αγωγό. Η εμπροσθιό ρητίνη που χρησιμοποιείται, είναι ένα στοιχείο ρητίνης βασισμένο πάνω στην ακόρεστη πολυεστεριμίδη.

Συγχρόνως, ολόκληρος ο στάτης είναι διαποτισμένος με ρητίνη που γίνεται σε ειδικά διαμορφωμένο μηχανήμα. Κατά την διάρκεια της διεργασίας, ο αέρας που περιέχεται στα τυλίγματα, απορροφάται με αντλία κενού έτσι ώστε να επιτρέπει στην ρητίνη να διεισδύσει μέχρι τα μικρότερα κενά που υπάρχουν στα τυλίγματα. Μετά η ρητίνη στερεοποιείται σε ένα φούρνο βαφής. Τέλος τα τυλίγματα καλύπτονται με ένα ειδικό επιπρόσθετο βερνίκι, που προστατεύει τα τυλίγματα του χαλκού έναντι μηχανικής αντοχής και διεισδύσεως υγρασίας. Με την τήρηση των παραπάνω αναφερομένων διαδικασιών, εξασφαλίζεται μεγάλος χρόνος ζωής της γεννήτριας.

1.4 Σύστημα φρένων.

Οι ανεμογεννήτριες της ENERCON χρησιμοποιούν τρία ανεξάρτητα αεροδυναμικά φρένα, τα οποία είναι:

1. Τρία ανεξάρτητα συστήματα περιστροφής των λεπίδων συγχρονισμένα μεταξύ τους με βοηθητική τροφοδοσία (μπαταρίες).

2. Φρένο ακινητοποίησης του ρότορα, κλειδωμα του ρότορα για επισκευή. Κάθε λεπίδα γυρίζει στο δικό της άξονα ταυτόχρονα με τις άλλες (λεπίδες) και έρχεται σε τέτοια θέση έτσι ώστε η ροή του αέρα σχεδόν να παρακάμπτεται, π.χ. η δύναμη ανόρθωσης μειώνεται σημαντικά φέροντας έτσι την ανεμογεννήτρια σε ακινησία. Οι τρεις λεπίδες έχουν από ένα ανεξάρτητο DC κινητήρα που τροφοδοτείται από ηλεκτρικό δίκτυο μαζί με ανεξάρτητη ενεργειακή υποστήριξη από μπαταρία. Η υποστήριξη από την μπαταρία απαιτείται όταν δεν υπάρχει διαθέσιμη ενέργεια από το ηλεκτρικό δίκτυο για να γυρίσει τη λεπίδα.

3. Η ανεμογεννήτρια μπορεί να ακινητοποιηθεί ακόμη και με τη βοήθεια μιας μόνο περιστρεφόμενης λεπίδας, σε περίπτωση δηλαδή που οι άλλες δύο αποτύχουν. Επομένως αυτό το σύστημα των φρένων εξαλείφει εντελώς τα υδραυλικά φρένα που χρησιμοποιούνται στον άξονα της γεννήτριας για να μειώσει την ταχύτητα με αποτέλεσμα να μειώνονται οι πιέσεις και οι φθορές κατά τη χρήση των υδραυλικών φρένων.

1.4.1 Πέδη συγκρατήσεως.

Ο δρομέας μπορεί να σταματήσει με την βοήθεια της πέδης συγκρατήσεως, που ενεργοποιείται από τον διακόπτη κινδύνου σε συνδυασμό με την διαδικασία *emergency stop* (παύση λειτουργίας κινδύνου), π.χ. ταχεία ρύθμιση του βήματος περυσίου. Το σύστημα ασφαλείας λειτουργεί ανεξάρτητα από την πέδη συγκρατήσεως. Κάποιο σφάλμα στη πέδη συγκρατήσεως, δεν επηρεάζει την λειτουργία του συστήματος ασφαλείας. Για να τεθεί η μηχανική ασφάλεια στο δρομέα πρέπει ο δρομέας να σταματήσει με την βοήθεια της πέδης συγκρατήσεως. Η πέδη συγκρατήσεως δεν απελευθερώνεται πριν αποσυνδεθεί η μηχανική ασφάλεια του ρότορα. Αν έχει

ενεργοποιηθεί το *emergency stop* (παύση λειτουργίας κινδύνου), ο μηχανισμός ελέγχου βήματος πτερυγίων θα λάβει εντολή από τις μονάδες τροφοδοσίας ασφαλείας και θα πραγματοποιηθεί γρήγορη ρύθμιση του βήματος των πτερυγίων. Εάν λειτουργήσει το *emergency stop* (παύση λειτουργίας κινδύνου) μπορεί να ενεργοποιηθεί η πέδη συγκρατήσεως και ή μπορεί να απαιτηθεί διάγνωση πριν την επανέναρξη λειτουργίας της μηχανής. Στον παρακάτω πίνακα βλέπουμε τους λόγους ενεργοποίησης της πέδης.

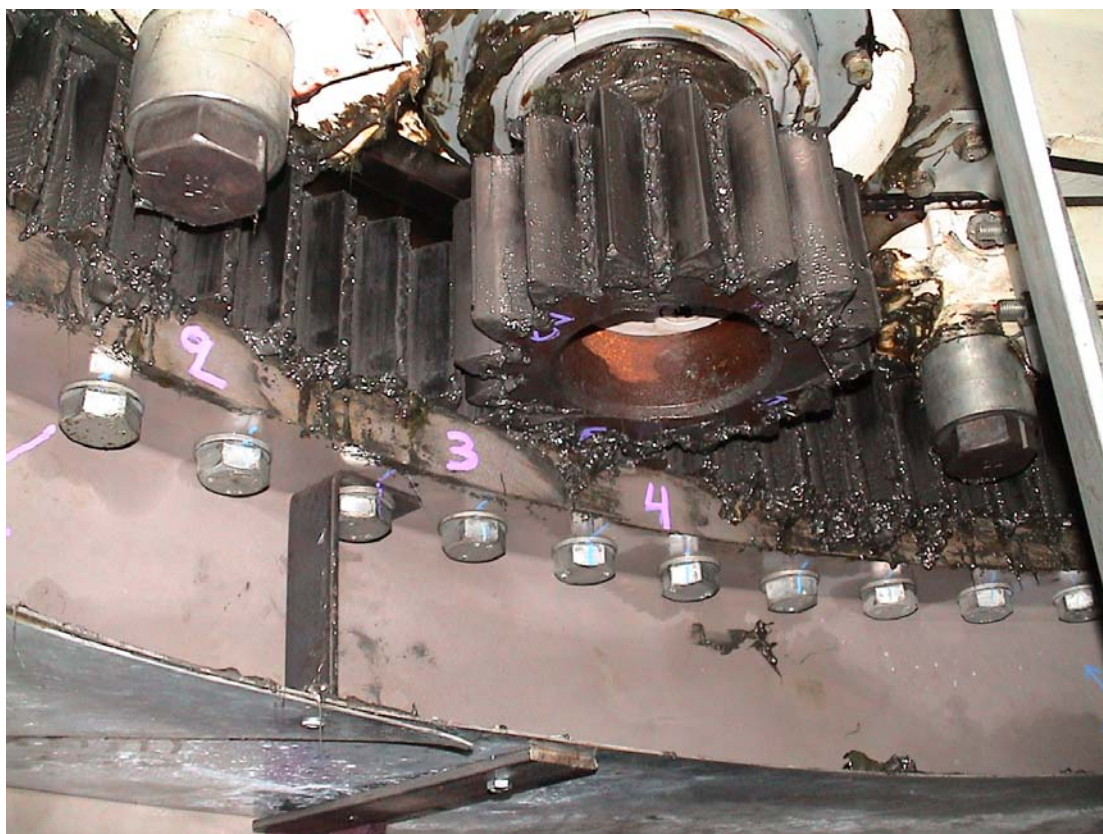
Πίνακας. 1.2 Λόγοι ενεργοποίησης πέδης κινδύνου.

Λόγοι ενεργοποίησης πέδης κινδύνου.	Ενεργοποίηση πέδης συγκρατήσεως.	Απαίτηση ανθρώπινης διάγνωσης.
Σφάλμα δικτύου.	όχι	όχι
Απόρριψη φορτίου.	όχι	όχι
Υπερτάχυνση 128%.	όχι	ναί
Άμεση παύση λειτουργίας.	ναί	ναί
Ανιχνευτής ταλάντωσης.	όχι	ναί
Μηχανισμός ασφάλειας ρότορα.	ναί	ναί
Περόνη διατμήσεως.	όχι	ναί
Συγχρονισμός βήματος πτερυγίων.	όχι	ναί
Διάκενο αέρος μεταξύ στάτη και δρομέα ηλεκτρογεννήτριας.	όχι	ναί

Αν ένα σφάλμα, που δεν απαιτεί διάγνωση (εκτός από το σφάλμα δικτύου), παρατηρείται πιο συχνά από τρεις (3) φορές την ημέρα, η διάγνωση θεωρείται αναγκαία ακόμα κι όταν η πέδη κινδύνου δεν έχει λειτουργήσει.

1.5 Άτρακτος.

Η E-40 βασίζεται στην αρχή να μην έχει πολλαπλασιαστή στροφών (έτσι χρησιμοποιεί τη γεννήτρια της ENERCON, πτερύγια ENERCON, ηλεκτρονικό έλεγχο ENERCON και την διαχείριση δικτύου ENERCON. Λέγοντας ότι ο δρομέας και η γεννήτρια είναι χωρίς γριναζωτό πολλαπλασιαστή στροφών, εννοείται ότι είναι απ' ευθείας συζευγμένα το ένα με το άλλο, γι' αυτό η γεννήτρια κινείται απ' ευθείας από τον ρότορα. Δεν υπάρχει θόρυβος και απώλειες από τον πολλαπλασιαστή στροφών, ούτε βέβαια αλλαγή ή απώλεια λαδιού, ούτε επίσης επιπρόσθετη τριβή (φθορά) και βλάβη των μηχανολογικών εξαρτημάτων σε υψηλές ταχύτητες ανέμου. Στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε το γριναζι τις ατράκτου.



Εικ1.5 Γρανάζι της ατράκτου.

1.6 Χαμηλή ταχύτητα διείδυσης.

Η ENERCON έχει σχεδιάσει την πλήμνη και τα πτερύγια έτσι ώστε ο δρομέας της ανεμογεννήτριας να είναι πολύ ελαφρύτερος απ' ό τι σε άλλες κατασκευές και άρα, η αρχική τιμή της αδράνειας να είναι πολύ χαμηλή. Εξ αιτίας αυτού και της δυνατότητας ρύθμισης των πτερυγίων, η ανεμογεννήτρια ξεκινάει να παράγει ενέργεια, σε πολύ χαμηλή ταχύτητα ανέμου $2,5 \text{ m/s}$, ενώ όλες οι άλλες ανεμογεννήτριες ξεκινούν να παράγουν ενέργεια στα 4 m/s . Επομένως οι ανεμογεννήτριες της ENERCON έχουν το πλεονέκτημα παραγωγής περισσότερης ενέργειας απ' ό τι άλλες ανεμογεννήτριες στις χαμηλές ταχύτητες ανέμου.

1.7 Αυτόματη έναρξη λειτουργίας.

Αν σε διαστήματα τριών (3) λεπτών μετρηθεί ταχύτητα, που είναι κατάλληλη για την λειτουργία της ανεμογεννήτριας και ο αισθητήρας του συστήματος ελέγχου δεν δείχνει κάποιο σφάλμα στα εξαρτήματα, τότε αρχίζει η αυτόματη διαδικασία έναρξης λειτουργίας. Η παραγωγή της ανεμογεννήτριας αρχίζει αυτόματα, όταν η ταχύτητα ανέμου έχει φτάσει στην χαμηλότερη τιμή του εύρους των ταχυτήτων λειτουργίας.

- **Αυτόματη θέση ρυθμίσεως και ελέγχου.**

Μετά από μια επιτυχή έναρξη λειτουργίας η ανεμογεννήτρια μπαίνει στην αυτόματη θέση ρυθμίσεως και ελέγχου. Οι αισθητήρες των εξαρτημάτων συνεχίζουν να ελέγχουν τις παραμέτρους που αφορούν:

1. Μετρήσεις για ασφαλή λειτουργία - παύση λειτουργίας - καταστάσεις κινδύνου κ.λ.π.

Κατά την διάρκεια της αυτόματης θέσης ρυθμίσεως και ελέγχου πάνω από την ονομαστική ταχύτητα ανέμου η ταχύτητα του ρότορα διατηρείται σε ονομαστική περιοχή στροφών ($18-38.5 \text{ σ.α.λ}$) με την ρύθμιση της γωνίας προσβολής του πτερυγίου. Οι απαιτούμενες αλλαγές στις γωνίες του πτερυγίου καθορίζονται από τις μετρήσεις ταχύτητας και επιτάχυνσης. Επιπλέον η γωνία του πτερυγίου ήδη ελέγχεται κατά την διάρκεια των φάσεων όπου οι ταχύτητες ανέμου είναι μικρότερες της ονομαστικής ταχύτητας.

2. Παύση λειτουργίας της ανεμογεννήτριας.

Αν η ανεμογεννήτρια σταματήσει είτε χειροκίνητα είτε από το σύστημα ελέγχου η γωνία των πτερυγίων ρυθμίζεται στις 90° και η μηχανή χαμηλώνει τις στροφές, μέχρι να έρθει περίπου σε θέση αναμονής. Όταν πραγματοποιείται παύση της λειτουργίας, το φρένο δεν λειτουργεί και το σύστημα προσανεμισμού της ατράκτου παραμένει σε λειτουργία. Η διαδικασία σταματήματος της ανεμογεννήτριας προέρχεται από:

1. Χειροκίνητο σταμάτημα.
2. Έλλειψη ανέμου.
3. Η ταχύτητα ανέμου βρίσκεται στο μέγιστο όριο λειτουργίας.
4. Η γωνία των πτερυγίων βρίσκεται στο όριο.
5. Περιστροφή των καλωδίων.
6. Σφάλμα (βλάβη) σε μονάδες τροφοδοσίας.
7. Σήμα υψηλής θερμοκρασίας.
8. Σφάλμα (βλάβη) σε μη σχετικά-ασφαλή εξαρτήματα.

- **Σφάλμα δικτύου.**

Σε περίπτωση σφάλματος δικτύου, ενεργοποιείται η διαδικασία παύσης κινδύνου με την βοήθεια της ταχείας ρύθμισης του βήματος των πτερυγίων. Η πέδη συγκρατήσεως δεν ενεργοποιείται και τα πτερύγια περιστρέφονται ελεύθερα.

- **Μείωση παραγωγής ισχύος.**

Η μείωση ή η απόρριψη παραγωγής από την γεννήτρια, υλοποιείται με την ρύθμιση της γωνίας προσβολής των πτερυγίων, μέσω του συστήματος αυτόματου ελέγχου και ρυθμίσεως.

- **Υπερτάχυνση.**

Αν ο δρομέας φτάσει σε 28% Υπερτάχυνση ένας ηλεκτρομηχανικός διακόπτης Υπερτάχυνση ενεργοποιεί την διαδικασία " *emergency stop*" (παύσης λειτουργίας κινδύνου) με την ταχεία ρύθμιση του βήματος των πτερυγίων. Απαιτείται διάγνωση πριν την επανέναρξη της μηχανής.

- **Άμεση παύση λειτουργίας.**

Αν ενεργοποιηθεί ο διακόπτης κινδύνου στην άτρακτο ή στη βάση του πύργου, τότε η διαδικασία άμεσης πεδήσεως *emergency stop* μπαίνει σε λειτουργία με γρήγορη ρύθμιση της γωνίας του βήματος των πτερυγίων και με ενεργοποίηση της πέδης συγκρατήσεως. Το σύστημα περιστροφής της ατράκτου τίθεται εκτός λειτουργίας.

- **Ανιχνευτής ταλάντωσης.**

Ο ανιχνευτής ταλάντωσης αναγνωρίζει μεγάλες ταλαντώσεις της ατράκτου και ενεργοποιεί τη διαδικασία άμεσης παύσης λειτουργίας με γρήγορη ρύθμιση της γωνίας των πτερυγίων.

- **Μηχανική ασφάλεια δρομέα.**

Για να τεθεί σε λειτουργία η μηχανική ασφάλεια του δρομέα, πρέπει τα πτερύγια να είναι σε θέση αεροδυναμικής πέδης. Στη συνέχεια ο δρομέας τίθεται σε ακινησία μέσω της πέδης συγκρατήσεως και η άτρακτος στρέφεται προς τη διεύθυνση του ανέμου. Αν η ανεμογεννήτρια πρόκειται να παραμείνει σταματημένη με τον δρομέα ασφαλισμένο, πρέπει να ενεργοποιηθεί το αυτόματο σύστημα περιστροφής της ατράκτου. Η χειροκίνητη επέμβαση στη μηχανική ασφάλεια του δρομέα, αυτόματα ενεργοποιεί τη διαδικασία πέδης λειτουργίας κινδύνου με ταχεία ρύθμιση του βήματος των πτερυγίων.

1.8 Συστροφή καλωδίων.

Τα καλώδια ελέγχου και τροφοδοσίας είναι αναρτημένα ελεύθερα μέσα στον πύργο και μπορούν να περιστραφούν μόνο μέχρι ένα ορισμένο βαθμό. Αν πραγματοποιηθούν τέσσερις πλήρες περιστροφές προς μια διεύθυνση (αριστερά - δεξιά) τότε η ανεμογεννήτρια σταματάει την λειτουργία της και στην συνέχεια τα καλώδια ξετυλίγονται περιστρέφοντας την άτρακτο αντίθετα.



Εικ1.5 Συστροφή καλωδίων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΤΡΙΦΑΣΙΚΗ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ

Κεφάλαιο 2^ο

ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΤΡΙΦΑΣΙΚΗ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ

2.1 Γενικά.

Σε αντίθεση με τα περισσότερα συστήματα μετατροπής της αιολικής ενέργειας, που χρησιμοποιούν ασύγχρονη τριφασική γεννήτρια οδηγούμενη από ένα σύστημα αύξησης στροφών, η καινούργια τεχνολογία που εισήγαγε η ENERCON σε ότι αφορά το κομμάτι της γεννήτριας ήταν σύγχρονη τριφασική γεννήτρια πολυπολική.

2.2 Χαρακτηριστικά σύγχρονης γεννήτριας.

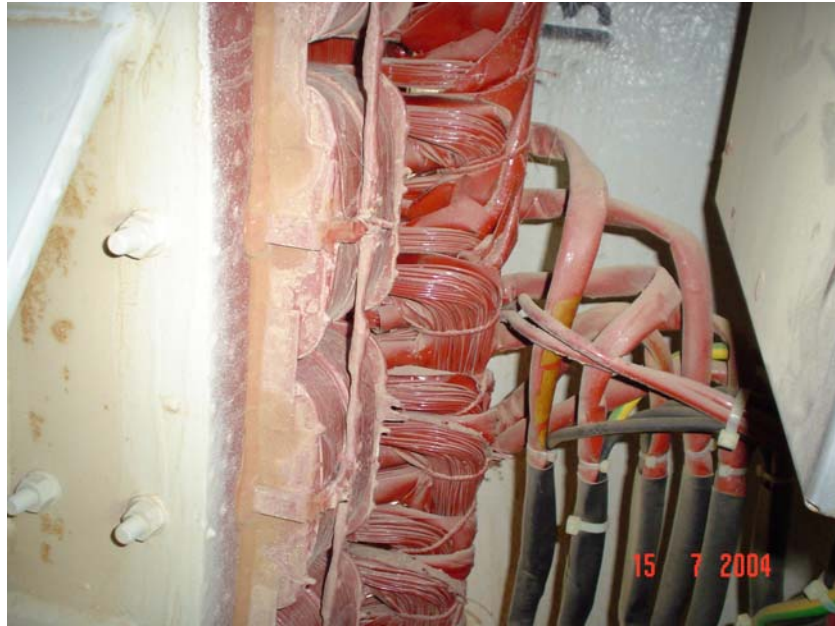
Σύγχρονη γεννήτρια ονομάζεται η ηλεκτρική μηχανή της οποίας η συχνότητα της τάσης εξόδου προσδιορίζεται από την ταχύτητα περιστροφής του δρομέα της. Η τάση που αναπτύσσεται στο εξωτερικό μιας σύγχρονης γεννήτριας εξαρτάται από την ταχύτητα περιστροφής του δρομέα της και από την μαγνητική ροή στο εσωτερικό της. Δεδομένου ότι το μαγνητικό πεδίο είναι σταθερό στην γεννήτρια της E-40, η παραγόμενη τάση εξαρτάται αποκλειστικά από την ταχύτητα περιστροφής του ρότορα. Η τάση στα άκρα κάθε φάσης μιας σύγχρονης γεννήτριας (φασική τάση) διαφέρει από αυτήν που αναπτύσσεται στο εσωτερικό της, λόγω της πτώσης τάσης που οφείλεται στην αντίδραση του οπλισμού και στην σύνθετη αντίσταση των τυλιγμάτων οπλισμού. Η πολική τάση της σύγχρονης γεννήτριας είναι ίση με την φασική τάση, όταν το τύλιγμα οπλισμού συνδέεται σε τρίγωνο και μεγαλύτερη από την φασική τάση όταν το τύλιγμα συνδέεται σε αστέρα.

Οι δυνατότητες παραγωγής ισχύος μιας σύγχρονης γεννήτριας περιορίζονται βασικά από την θερμότητα που αναπτύσσεται στο εσωτερικό της. Κάθε φορά που η θερμοκρασία της γεννήτριας ξεπερνάει την ονομαστική της τιμή, η διάρκεια ζωής της μειώνεται σημαντικά. Επειδή σε μια σύγχρονη γεννήτρια υπάρχουν δυο τυλίγματα (οπλισμού – διέγερσης), οι περιορισμοί υπερθέρμανσης είναι δύο. Η μέγιστη αύξηση της θερμοκρασίας που μπορεί να αντέξει μια γεννήτρια εξαρτάται από το είδος της μόνωσης. Αν και οι αντίστοιχες θερμοκρασίες ασφαλούς λειτουργίας των μονώσεων μεταβάλλονται ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της κάθε συγκεκριμένης μηχανής και ανάλογα με μέθοδο μέτρησης της θερμοκρασίας, ορίζονται γενικά στους 60, 80, 105, 125 °C πάνω από την θερμοκρασία περιβάλλοντος. Τέλος, όσο ανώτερης τάξης είναι η μόνωση της γεννήτριας, τόσο μεγαλύτερη είναι η ισχύς που μπορεί να παράγει, χωρίς να υπερθερμανθεί.

2.3 Δομή σύγχρονης δακτυλιοφόρου γεννήτριας E-40.

Η γεννήτρια αποτελείται από το κινητό μέρος, τον δρομέα, ο οποίος φέρει τους πόλους οι οποίοι είναι έκτυποι και το τύλιγμα διέγερσης το οποίο τροφοδοτείται με συνεχές ρεύμα (ανορθωμένο φασικό ρεύμα δικτύου) μέσω συστήματος δακτυλίων-ψηκρών (*slip-ring*) από εκεί και η ονομασία δακτυλιοφόρος γεννήτρια. Το *slip-ring* που έχει κατασκευάσει η ENERCON, εκτός την διέγερση της γεννήτριας, μεταφέρει όλα τα ηλεκτρικά σήματα από την νασέλα στην πλήμνη. Έτσι μέσω του *slip-ring* τροφοδοτούνται οι ηλεκτροκινητήρες ρύθμισης βήματος και τα κυκλώματα φωτισμού. Το *slip-ring* είναι στερεωμένο στην άκρη της νασέλας.

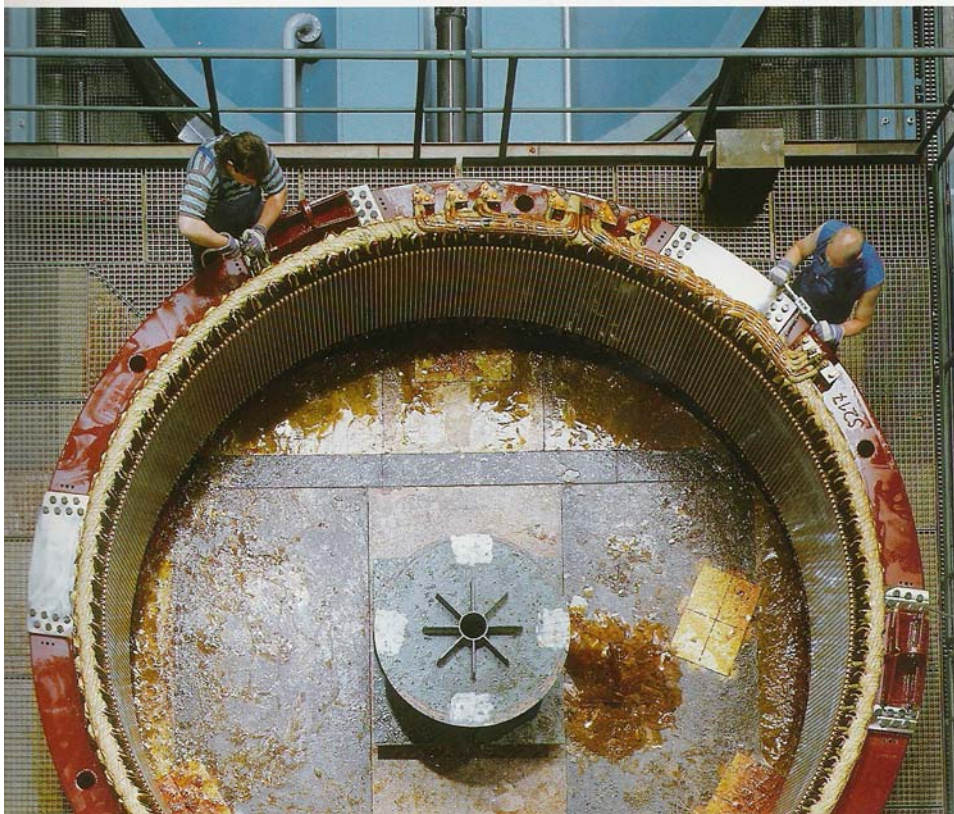
Ο αριθμός των πόλων είναι 72 οι οποίοι είναι συνδεδεμένοι σε σειρά ενώ το μαγνητικό πεδίο που δημιουργείται είναι ακτινικό. Με την ελεγχόμενη διέγερση από το δίκτυο πετυχαίνετε η ομαλή εκκίνηση της γεννήτριας καθώς και η ομαλή σύνδεση και μεταφορά της ισχύος στο δίκτυο. Στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε την γεννήτρια της E-40.



Εικ.2.1 Γεννήτρια E-40.

Ο στάτης φέρει τα τυλίγματα ισχύος τα οποία είναι τοποθετημένα στις εγκοπές των πυρήνων. Οι πυρήνες σχηματίζονται από ελάσματα. Τα τυλίγματα είναι χάλκινα και έχουν επάλειψη από μονωτικό βερνίκι για καλύτερη προστασίας ενώ κατά την διάρκεια της κατασκευής τους διαποτίζονται με ρετσίνα σε κενό αέρος και ύστερα θερμαίνονται σε ειδικό φούρνο. Ο στάτης καλύπτεται με ένα πρώτο αντιδιαβρωτικό στρώμα μέχρι να ολοκληρωθεί ο ελασματοποιημένος πυρήνας πριν εισαχθούν τα τυλίγματα στις σχισμές.

Η μόνωση των σχισμών είναι ένας συνδυασμός υλικών μονώσεων. Αυτό το υλικό μόνωσης αποτελείται από 3 στρώματα το εσωτερικό στρώμα είναι ένα ηλεκτρικά μονωμένο φύλλο, ενώ το εξωτερικό στρώμα αποτελείται από χαρτί αραμαδίου (Norgtex). Αυτός ο συνδυασμός έχει σαν αποτέλεσμα την χαμηλή απορρόφηση της υγρασίας και την καλή θερμική και χημική αντίσταση. Ο χάλκινος αγωγός καλύπτεται με κύριο στρώμα υψηλής θερμικής αντίστασης. Ο χαλκός προστατεύεται επιπρόσθετα με ένα επίστρωμα με βάση πολυαμιδαϊμίδη. Η όλη μόνωση αποτελείται από τον συνδυασμό δύο διαφορετικών βερνικωμένων στοιχείων. Σύμφωνα με αυτή την τεχνική των επιστρώσεων παρέχεται μια καλύτερη προστατευτική κάλυψη για τον χάλκινο αγωγό. Η εμποτισμένη ρητίνη που χρησιμοποιείται παρέχεται πάνω στην ακόρεστη πολυεστεριμίδη. Συγχρόνως ολόκληρος ο στάτης είναι διαποτισμένος με ρητίνη που γίνεται σε ειδικά διαμορφωμένο μηχάνημα. Κατά την διάρκεια της διεργασίας, ο αέρας που περιέχεται στα τυλίγματα απορροφάται με αντλία κενού έτσι ώστε να επιτρέπει στην ρητίνη να διεισδύσει μέχρι τα μικρότερα κενά που υπάρχουν στα τυλίγματα. Μετά η ρητίνη στερεοποιείται σε ένα φούρνο βαφής. Με ένα εκτεταμένο έλεγχο των τυλιγμάτων ολοκληρώνεται η παραγωγή της ηλεκτρογεννήτριας. Σε ονομαστική ισχύ 500 kW και με εξωτερική θερμοκρασία 30 °C η θερμοκρασία των τυλιγμάτων φτάνει τους 105 °C. Η μέγιστη θερμοκρασία συνεχής λειτουργίας είναι 144°C και μπορεί να παρατηρηθεί συνήθως τους καλοκαιρινούς μήνες. Μέγιστες υψηλές θερμοκρασίες, παρόλα αυτά δεν αναπτύσσονται, και σύμφωνα με τις συγκριτικά μεγάλες μάζες της γεννήτριας, συγκρινόμενη με τις μηχανές υψηλών ταχυτήτων δεν υπάρχουν θερμοκρασίες υψηλού βαθμού. Έτσι διαπιστώνονται σπανίως μηχανικές τάσεις στην γεννήτρια. Οι διακυμάνσεις της ταχύτητας του ανέμου, δηλαδή εναλλαγές στην ισχύ εξόδου της γεννήτριας, δεν δημιουργούν μηχανικά φορτία. Με την τήρηση των παραπάνω αναφερόμενων διαδικασιών εξασφαλίζεται μεγάλος χρόνος ζωής της γεννήτριας. Στην παρακάτω εικόνα που ακολουθεί βλέπουμε την κατασκευή μιας γεννήτριας.



Εικ. 2.2 Κατασκευή γεννήτριας (www.enercon.com).

2.4 Πλεονεκτήματα σύγχρονης γεννήτριας E-40.

Η ENERCON έχει σημαντικά πλεονεκτήματα σε σύγκριση με την κλασική διάταξη κιβώτιο ταχυτήτων-ασύγχρονη γεννήτρια που έχουν παρουσιάσει κατά καιρούς οι μεγαλύτεροι κατασκευαστές ανεμογεννητριών. Το γεγονός ότι μειώθηκαν σημαντικά τα κινητά μέρη είναι σημαντικό πλεονέκτημα το οποίο καθορίζει άλλες παραμέτρους, όπως διάρκεια ζωής, απόδοση κτλ. Έτσι ο βαθμός απόδοσης της γεννήτριας αυξήθηκε σημαντικά εφ' όσον δεν υπάρχουν πλέον οι απώλειες ενέργειας στην μετάδοση της κίνησης. Τα περύγια μαζί με το hub (πλήμνη) δίνουν απ' ευθείας κίνηση στο δρομέα της γεννήτριας. Σε όλη την περιοχή λειτουργίας από 10kW έως την ονομαστική ισχύ των 500kW ο βαθμός απόδοσης της γεννήτριας είναι 94%. Επίσης το κόστος συντήρησης μειώθηκε αφού δεν υπάρχει το γνωστό σύστημα αύξησης στροφών (κιβώτιο ταχυτήτων) το οποίο απαιτεί συχνή συντήρηση. Ανά τακτά χρονικά διαστήματα χρειάζεται στο κιβώτιο ταχυτήτων συμπλήρωση ή αλλαγή του λαδιού που υπάρχει μέσα στο κιβώτιο. Εάν για κάποιο λόγο δεν γίνει η σωστή συντήρηση τότε είναι ανασφαλή η σωστή λειτουργία του συστήματος. Μάλιστα αρκετά συχνά το σύστημα αυτό θέλει εξ' ολοκλήρου αλλαγή επειδή φθείρεται από την συνεχή λειτουργία με κρουστικά φορτία λόγω του ευμετάβλητου της ισχύος του ανέμου.

Ένα από τα λίγα μειονεκτήματα που παρουσιάζει είναι ότι λόγω του ότι επιβαρύνεται η πλήμνη και με το βάρος του ρότορα της γεννήτριας καθώς και λόγω της μεγάλης μάζας που αποκτάει η πλήμνη οι ροπές αδράνειας και οι δυνάμεις που αναπτύσσονται είναι μεγάλες με αποτέλεσμα να απαιτείται γερή κατασκευή. Σε αυτό συντελεί το κατάλληλα σχεδιασμένο *main pin*. *Main pin* ονομάζεται εκείνο το τμήμα της E-40 το οποίο εδράζει το κινητό μέρος της E-40 επάνω στο σταθερό μέρος. Για τον υπολογισμό των εντάσεων που ασκούνται στο *main pin* διαιρέθηκε σε 62.000 κομμάτια. Ο σκοπός της σχεδίασης του *main pin* ήταν να μειωθούν όσο το δυνατό οι απότομες μεταβολές των ασκούμενων δυνάμεων καθώς και η ομαλή κατανομή των δυνάμεων.

2.5 Αισθητήρια E-40.

- **Ανιχνευτής ταλάντωσης (vibration sensor).**

Ο ανιχνευτής ταλάντωσης αναγνωρίζει μεγάλες ταλαντώσεις της ατράκτου και ενεργοποιεί την διαδικασία άμεσης παύσης λειτουργίας με γρήγορη ρύθμιση της γωνίας των πτερυγίων.

- **Ανιχνευτής υπερτάχυνσης (acceleration sensor).**

Αν ο δρομέας φθάσει σε 28% υπερτάχυνσης, ένας ηλεκτρομηχανικός διακόπτης υπερτάχυνσης ενεργοποιεί την διαδικασία "emergency stop" (παύση έκτακτης λειτουργίας) με την ταχεία ρύθμιση του βήματος των πτερυγίων. Απαιτείται διάγνωση πριν την επανέναρξη της μηχανής.

- **Ανιχνευτής υπερθέρμανσης γεννήτριας (generator over temperature).**

Εάν για οποιοδήποτε λόγο η θερμοκρασία της γεννήτριας (στάτη-δρομέα) περάσει την μέγιστη τότε αυτόματα σταματάει η λειτουργία της φρενάροντας τον δρομέα. Υπάρχουν δυο ξεχωριστά αισθητήρια θερμότητας στον στάτη και στο δρομέα.

- **Ανιχνευτής εξωτερικής θερμοκρασίας.**

Μετράει την θερμοκρασία περιβάλλοντος. Εάν αυτή ξεπεράσει τα όρια ασφαλής λειτουργίας της ανεμογεννήτριας E-40, τότε σταματάει αυτόματα η ανεμογεννήτρια, με ταχεία ρύθμιση των πτερυγίων (90°). Για τα δεδομένα της Ελλάδας αυτή η μέτρηση αποκτάει μόνο θεωρητική αξία.

- **Ανιχνευτές θερμοκρασίας εμπρόσθιου και οπίσθιου ρουλεμάν.**

Όπως όλα τα κινούμενα μέρη εμφανίζουν δυνάμεις τριβής, έτσι και ο δρομέας της E-40 εμφανίζει δυνάμεις τριβής που εμφανίζονται με την μορφή θερμότητας, η οποία ανεβάζει τα όρια θερμοκρασίας. Η λίπανση των ρουλεμάν γι' αυτό το λόγο κρίνεται απαραίτητη. Εφ' όσον η θερμοκρασία των ρουλεμάν (bearing) υπερβεί την ανώτατη επιτρεπτή τιμή λειτουργίας, τότε εμφανίζει σφάλμα η μηχανή και φρενάρει, μέχρις ότου πέσει η θερμοκρασία στα επιτρεπτά όρια λειτουργίας. Φαινόμενα τα οποία μπορούν να οδηγήσουν σε υπερθέρμανση των ρουλεμάν είναι κακής ποιότητας γράσα ή απότομες και συχνές αυξομειώσεις της ταχύτητας του ανέμου (ριπές ανέμου). Επίσης σημαντικό ρόλο παίζει και θερμοκρασία περιβάλλοντος.

- **Ανιχνευτής θερμοκρασίας συσσωρευτών A, B, C.**

Οποσδήποτε η θερμοκρασία των συστοιχιών πρέπει να κυμαίνεται σε ορισμένα επίπεδα κατά την φόρτιση τους. Η θερμοκρασία παίζει σημαντικό ρόλο στο χρόνο ζωής της συστοιχίας.

- **Ανιχνευτής θερμοκρασίας καμπίνων ελέγχου.**

Λόγω του μετασχηματιστή και των ηλεκτρονικών στοιχείων που υπάρχουν στην καμπίνα ελέγχου εκλύονται ποσά θερμότητας τα οποία ανεβάζουν την θερμοκρασία. Κατά την λειτουργία του μετατροπέα υπάρχουν σε συνεχή λειτουργία ανεμιστήρες (fan coolers) οι οποίοι κρατάνε την θερμοκρασία της καμπίνας σε ανεκτά επίπεδα. Εάν για κάποιο λόγο σταματήσει η λειτουργία ενός ανεμιστήρα τότε ανιχνεύοντας το αισθητήριο την αύξηση της θερμοκρασίας πέρα από τα ανεκτά επίπεδα σταματάει την λειτουργία του μετατροπέα.

- **Ανιχνευτής θερμοκρασίας καμπίνων ισχύος.**

Παρόμοια με την καμπίνα ελέγχου και σε μεγαλύτερο βαθμό χρειάζεται η αντιμετώπιση των ποσών θερμότητας που εκλύονται από τον μετατροπέα ισχύος. Ένα ξεχωριστό αισθητήριο θερμοκρασίας υπάρχει σε κάθε καμπίνα ισχύος.

- **Ανιχνευτής θερμοκρασίας απαγωγών (heat sink temperature).**

Εκτός από τα αισθητήρια θερμότητας που υπάρχουν στις καμπίνας ισχύος υπάρχει και ένας θερμοδιακόπτης (*thermo switch*) για κάθε ένα από τους τρεις απαγωγούς θερμότητας. Με αυτό τον τρόπο αποφεύγεται η λειτουργία των διακοπτικών ισχύος σε οριακές θερμοκρασίες ή ακόμη και η καταστροφή τους.

- **Ανιχνευτής θερμοκρασίας μετασχηματιστή.**

Όπως ξέρουμε και οι μετασχηματιστές, όπως όλοι οι μετατροπείς ενέργειας, εμφανίζουν απώλειες οι οποίες είναι ανάλογες με την ισχύ τους. Γι' αυτό το λόγο υπάρχουν και τα μέσα ψύξης των μετασχηματιστών τα οποία είναι κατά κύριο λόγο με κυκλοφορία λαδιού, που χρησιμοποιείται ταυτόχρονα και σαν μονωτικό, ή με αέρα. Το αισθητήριο θερμοκρασίας υπάρχει για να ελέγχει την θερμοκρασία του μέσου ψύξης.

- **Τερματικοί διακόπτες πτερυγίων (limit switches blades).**

Και στα τρία πτερύγια υπάρχουν δυο τερματικοί διακόπτες (*low limit switch - upper limit switch*) οι οποίοι δίνουν εντολή παύσης της διαδικασίας ελέγχου βήματος όταν αντίστοιχα η γωνία περιστροφής του πτερυγίου βρίσκεται στο κάτω όριο και τείνει να μειωθεί ή στο πάνω όριο και τείνει να αυξηθεί. Έτσι εξασφαλίζεται η περιστροφή των πτερυγίων μέσα στα όρια λειτουργίας.

- **Ακουστικός αισθητήρας (acoustic sensor).**

Στους μετατροπείς ισχύος υπάρχουν ακουστικοί ανιχνευτές για την προστασία των ημιαγωγών ισχύος από το ηλεκτροακουστικό φαινόμενο. Το ηλεκτροακουστικό φαινόμενο είναι η ανάπτυξη dc τάσης σ' ένα ημιαγωγό από ένα ακουστικό κύμα το οποίο ταξιδεύει παράλληλα προς την επιφάνεια του ημιαγωγού με αποτέλεσμα να επηρεάζει την λειτουργία του.

- **Ανιχνευτής διάκενου στάτη δρομέα (air –gap monitoring sensor).**

Το διάκενο αέρα της γεννήτριας ελέγχεται για την σωστή απόσταση μεταξύ ρότορα και στάτη μέσω αισθητήριου (*air –gap monitoring sensor*). Αν το διάκενο αέρα μειωθεί κάτω από την ελάχιστη τιμή, οδηγείται σε μια άμεση παύση λειτουργίας με ταχεία ρύθμιση των πτερυγίων. Ανεξάρτητα όμως από αυτό τον ανιχνευτή το διάκενο στάτη και δρομέα πρέπει να ελέγχεται σε κάθε μηχανολογικό *service* από τους συντηρητές.

- **Ανιχνευτής διατμήσεως (Έλεγχος περόνης διάτμησης).**

Ο στάτης της δακτυλιοειδούς γεννήτριας είναι συνδεδεμένος με τον άξονα, με τη χρήση περιφερειακών περονών διατμήσεως των οποίων η αντοχή είναι 3.5 φορές της ονομαστικής ροπής. Αυτή η προστασία μηχανική υπερφόρτισης παρακολουθείται ελέγχοντας τη γωνία της θέσης του στάτη. Αν ο ανιχνευτής αντιδράσει, θα ενεργοποιηθεί η διαδικασία τη πέδης λειτουργίας κινδύνου με ταχεία ρύθμιση του βήματος των πτερυγίων.

- **Ανιχνευτής συστροφής καλωδίων.**

Τα καλώδια ελέγχου και τροφοδοσίας είναι αναρτημένα μέσα στον πύργο και μπορούν να περιστραφούν μόνο μέχρι ένα ορισμένο βαθμό. Ο αριθμός και η διεύθυνση περιστροφής ελέγχονται από ένα ηλεκτρομηχανικό έκκεντρο διακόπτη. Αν πραγματοποιηθούν (4) περιστροφές προς μια διεύθυνση, η ανεμογεννήτρια σταματάει την λειτουργία και τα καλώδια ξετυλίγονται περιστρέφοντας την άτρακτο αντίθετα. Αν το σήμα συστροφής καλωδίων δεν αναγνωριστεί, ο οριακός διακόπτης θα λειτουργήσει σε τέσσερις και μισό ($4\frac{1}{2}$) περιστροφές και θα σταματήσει οποιαδήποτε περαιτέρω κίνηση σε αυτή την διεύθυνση. Η μηχανή σταματάει την λειτουργία της.

- **Ανιχνευτής αιολικού δυναμικού (ανεμοδείκτης-ανεμόμετρο).**

Ο έλεγχος του συστήματος προσανεμισμού (*yaw control system*) γίνεται με την συνεργασία των μετρητικών στοιχείων και των ηλεκτροκινητήρων προσανεμισμού (*yaw motors*). Αρχικά ο έλεγχος περιστροφής λειτουργεί σε όλες τις ταχύτητες ανέμου που είναι μεγαλύτερες από την ταχύτητα έναρξης λειτουργίας. Η ταχύτητα του ανέμου μετριέται με το ανεμόμετρο το οποίο είναι ένας αναλογικός σε ψηφιακός μετατροπέας. Η διεύθυνση του ανέμου μετριέται με τον ανεμοδείκτη που είναι τοποθετημένος στο ύψος της πλήμνης. Αν η μέση μεταβολή της διεύθυνσης του ανέμου στον άξονα του δρομέα από την μετρημένη διεύθυνση ανέμου ξεπεράσει τις 10° για 1 min , η άτρακτος περιστρέφεται από τους δυο (2) ηλεκτροκινητήρες προσανεμισμού.

- **Ανιχνευτής προσέγγισης.**

Στην ανεμογεννήτρια E-40 υπάρχουν ανιχνευτές προσέγγισης σε σημεία της νασσέλας όπου υπάρχει κίνδυνος θραύσης όπως σε σημεία ενώσεων, στα γρανάζια προσανεμισμού κλπ. Γενικά όπου αναπτύσσονται δυνάμεις κρίνεται απαραίτητη η παρουσία ανιχνευτών προσέγγισης. Μόλις ενεργοποιηθεί ένας ανιχνευτής προσέγγισης, τότε η μηχανή έρχεται σε κατάσταση *emergency stop* αυτόματα.

- **Ανιχνευτής βήματος πτερυγίων (Rotary Encoder).**

Σε κάθε πτερύγιο υπάρχει και μια παλμογεννήτρια (*encoder*) η οποία δίνει στην έξοδο της παλμούς οι οποίοι είναι ανάλογοι με την ταχύτητα περιστροφής του πτερυγίου. Αυτός ο τύπος της παλμογεννήτριας (*encoder*) που έχει αναπτύξει η ENERCON έχει αντοχή σε κραδασμούς, ανοχή σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία και ελάχιστες ροπές αδράνειας και εκκίνησης. Η παλμογεννήτρια (*encoder*) τροφοδοτείται από το κύκλωμα υποδιανομής ή από την συστοιχία εάν αποσυνδεθεί η ανεμογεννήτρια από το δίκτυο ή σε περίπτωση σφάλματος, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η αδιάλειπτη λειτουργία του. Όλα τα δεδομένα καταλήγουν στην υπομονάδα ελέγχου βήματος. Ο encoder πριν την τοποθέτηση του χρειάζεται ειδική ρύθμιση, έτσι ώστε η μέτρηση να είναι απόλυτη, χωρίς σφάλμα.

- **Αυτόματη θέση ρυθμίσεως και ελέγχου (Auto mode).**

Μετά από μια επιτυχή έναρξη λειτουργίας, η ανεμογεννήτρια μπαίνει στην αυτόματη θέση ρυθμίσεως και ελέγχου. Οι αισθητήρες των εξαρτημάτων αρχίζουν να ελέγχουν τις παραμέτρους που αφορούν:

1.Μετρήσεις για ασφαλή λειτουργία.

2.Παύση λειτουργίας.

3.Καταστάσεις κινδύνου κλπ.

Κατά την διάρκεια της αυτόματης θέσης ρυθμίσεως και ελέγχου πάνω από την ονομαστική ταχύτητα ανέμου, η ταχύτητα του ρότορα διατηρείται σε ονομαστική περιοχή στροφών ($18-38 \text{ σ.α.λ}$) με την ρύθμιση της γωνίας προσβολής του πτερυγίου. Οι απαιτούμενες αλλαγές στις γωνίες του πτερυγίου καθορίζονται από τις μετρήσεις ταχύτητας και επιτάχυνσης. Επιπλέον η γωνία του πτερυγίου ελέγχεται ήδη κατά την διάρκεια των φάσεων όπου οι ταχύτητες ανέμου είναι μικρότερες από της ονομαστικής ταχύτητας, έτσι ώστε να βρίσκεται στις 3 στην ονομαστική λειτουργία.

- **Αυτόματη έναρξη λειτουργίας.**

Αν σε διάστημα (3) λεπτών μετρηθεί ταχύτητα του ανέμου που είναι κατάλληλη για την λειτουργία της ανεμογεννήτριας και ο αισθητήρας του συστήματος ελέγχου δεν δείχνει κάποιο σφάλμα στα εξαρτήματα τότε αρχίζει η αυτόματη διαδικασία έναρξης λειτουργίας.

- **Θέση συντήρησης (maintenance mode).**

Αν είναι στην θέση συντήρησης τα αυτόματα συστήματα περιστροφής της άτρακτου και μεταβολής του βήματος των πτερυγίων σταματούν. Και οι δύο (2) λειτουργίες μπορούν να λειτουργήσουν χειροκίνητα.

- **Παύση λειτουργίας της ανεμογεννήτριας E-40 (stop mode).**

Αν η ανεμογεννήτρια σταματήσει είτε από το σύστημα ελέγχου είτε χειροκίνητα, η γωνία των πτερυγίων ρυθμίζεται στις 90° και η μηχανή χαμηλώνει τις στροφές μέχρι να έρθει περίπου σε θέση αναμονής. Όταν πραγματοποιείται παύση της λειτουργίας, το φρένο δεν λειτουργεί και το σύστημα προσανεμισμού της ατράκτου παραμένει σε λειτουργία (αυτό συμβαίνει όταν η μηχανή είναι σε auto mode) έτσι έστω και αν είναι σταματημένη η ανεμογεννήτρια "παρακολουθεί" τις μεταβολές του ανέμου.

Η διαδικασία σταματήματος της ανεμογεννήτριας προέρχεται από:

1. Χειροκίνητο σταμάτημα.
2. Έλλειψη ανέμου.
3. Η ταχύτητα ανέμου βρίσκεται στο μέγιστο όριο λειτουργίας.
4. Η γωνία των πτερυγίων βρίσκεται στο όριο cut out.
5. Περιστροφή καλωδίων.
6. Σφάλμα σε μονάδες τροφοδοσίας.
7. Σήμα υψηλής θερμοκρασίας.
8. Σφάλμα σε μη σχετικά ασφαλή εξαρτήματα.

- **Μείωση-Απόρριψη παραγωγής ισχύος.**

Η μείωση ή η απόρριψη παραγωγής από την γεννήτρια υλοποιείται με την ρύθμιση της γωνίας προσβολής των πτερυγίων μέσω του συστήματος αυτόματου ελέγχου και ρυθμίσεως.

- **Συγχρονισμός γωνιών πτερυγίων.**

Η γωνία λειτουργίας και των τριών (3) πτερυγίων στο ρότορα καθορίζεται από πολλές ανεξάρτητες μετρήσεις με στόχο τον συγχρονισμό της κίνησης τους. Μεταβολές στον συγχρονισμό ενεργοποιεί την διαδικασία παύσης λειτουργίας κινδύνου με ταχεία ρύθμιση του βήματος των πτερυγίων. Αν και τα τρία (3) πτερύγια δεν έχουν λάβει την θέση των 90° τότε η ανεμογεννήτρια (άτρακτος) στρέφεται 90° σε σχέση με την διεύθυνση του ανέμου με το σύστημα περιστροφής της ατράκτου.

- **Πέδη συγκρατήσεως (ηλεκτρο-υδραυλικό σύστημα).**

Ο δρομέας μπορεί να σταματήσει με την βοήθεια της πέδης συγκρατήσεως που ενεργοποιείται από τον διακόπτη κινδύνου σε συνδυασμό με την διαδικασία "emergency stop" (παύση λειτουργίας κινδύνου), π.χ. ταχεία ρύθμιση του βήματος του πτερυγίου. Το σύστημα ασφαλείας λειτουργεί ανεξάρτητα από την πέδη συγκρατήσεως. Κάποιο σφάλμα στην πέδη συγκρατήσεως δεν επηρεάζει την λειτουργία του συστήματος ασφαλείας. Για να τεθεί η μηχανική ασφάλεια στον δρομέα, πρέπει ο δρομέας να σταματήσει με την βοήθεια της πέδης συγκρατήσεως. Η πέδη συγκρατήσεως δεν απελευθερώνεται πριν αποσυνδεθεί η μηχανική ασφάλεια του δρομέα. Αν έχει ενεργοποιηθεί το "emergency stop" (παύση λειτουργίας κινδύνου), ο μηχανισμός ελέγχου βήματος πτερυγίων θα λάβει εντολή από τις μονάδες τροφοδοσίας ασφαλείας και θα πραγματοποιηθεί γρήγορη ρύθμιση του βήματος των πτερυγίων. Εάν λειτουργήσει το "emergency stop" (παύση λειτουργίας κινδύνου), μπορεί να ενεργοποιηθεί η πέδη συγκρατήσεως και μπορεί να απαιτηθεί διάγνωση πριν την επανέναρξη λειτουργίας της μηχανής. Αν ένα σφάλμα που δεν απαιτεί διάγνωση (εκτός από το σφάλμα δικτύου) παρατηρείται πιο συχνά από τρεις (3) φορές την ημέρα, η διάγνωση θεωρείται αναγκαία ακόμα και όταν η πέδη κινδύνου δεν έχει λειτουργήσει.

- **Μηχανική ασφάλεια δρομέα (rotor lock).**

Για να τεθεί η μηχανική ασφάλεια του δρομέα, πρέπει τα πτερύγια να είναι σε θέση αεροδυναμικής πέδης. Στη συνέχεια ο δρομέας τίθεται σε ακινησία μέσω της πέδης συγκρατήσεως και η άτρακτος στρέφεται στην διεύθυνση του ανέμου. Εάν η ανεμογεννήτρια πρόκειται να παραμείνει σταματημένη με τον δρομέα ασφαλισμένο, πρέπει να ενεργοποιηθεί το αυτόματο σύστημα περιστροφής της ατράκτου (auto). Η χειροκίνητη επέμβαση στην μηχανική ασφάλεια του δρομέα, αυτόματα ενεργοποιεί την διαδικασία πέδης λειτουργίας κινδύνου με ταχεία ρύθμιση του βήματος των πτερυγίων. Η χρήση της μηχανικής ασφαλείας δρομέα γίνεται κύρια για την ασφάλεια των συντηρητών όταν αυτοί πρέπει να εισέλθουν στην πλήμνη (spinner) είτε για μηχανολογικό service για τους μηχανολόγους είτε για επισκευή ηλεκτρικού κυκλώματος για τους ηλεκτρολόγους.

2.6 Συστήματα ελέγχου E-40.

Ο μετατροπέας ισχύος δηλαδή ο αντιστροφέας (*inverter*) καθώς και ο ανορθωτής (*rectifier*) ελέγχονται από την κεντρική μονάδα ελέγχου (*MPU card*). Υπάρχει ο διαχωρισμός των μονάδων ελέγχου από τις μονάδες ισχύος. Για λόγους προστασίας και απομόνωσης από τα κυκλώματα ισχύος, και αποφυγής κατά αυτόν τον τρόπο βραχυκυκλωμάτων καθώς και για τον ασφαλή χειρισμό του προσωπικού, τα κυκλώματα ελέγχου τοποθετούνται σε ειδική καμπίνα, την καμπίνα ελέγχου (*control cabinet*), ενώ οι δυο γραμμές ισχύος (*αστέρα-τριγώνου*) στις καμπίνες ισχύος (*power cabinet*).

2.6.1 Μονάδα μικροεπεξεργαστή (MPU- MicroProcessingUnit).

Βρίσκεται στην πλακέτα του μικροεπεξεργαστή η οποία περιλαμβάνει το *chip* του μικροεπεξεργαστή, ο οποίος είναι ένας *32-bit* μικροεπεξεργαστής της SIEMENS το *chip* της EPROM το οποίο περιλαμβάνει το κύριο πρόγραμμα ελέγχου με τις βασικές ρουτίνες ελέγχου του μετατροπέα ισχύος καθώς και από άλλα μικροηλεκτρονικά στοιχεία. Η μονάδα του μικροεπεξεργαστή ελέγχει τις υπόλοιπες υπομονάδες του συστήματος, οι οποίες με την σειρά τους ελέγχουν τα επιμέρους τμήματα της ανεμογεννήτριας .

Οι επιμέρους υπομονάδες ελέγχου είναι :

- 1.Υπομονάδα ελέγχου βήματος περυγίων (*pitch control board*).
- 2.Υπομονάδα εισόδων –εξόδων (*I/O board*) .
- 3.Υπομονάδα οπτικής διανομής σημάτων (*opto –distribution board*).
- 4.Υπομονάδα οθόνης (*display board*).
- 5.Υπομονάδα επανάληψης δεδομένων (*data repeater board*).
- 6.Υπομονάδα διέγερσης (*excitation board*).
- 7.Υπομονάδα υπό-διανομής (*sub-distribution board*).

Επίσης υπάρχουν οι μονάδες ηλεκτρονικών ισχύος οι οποίες είναι:

- 1.Μονάδα ανορθωτή (*rectifier unit*).
- 2.Μονάδα διακοπτικού μετατροπέα (*dc chopper unit*).
3. Μονάδα αντιστροφέα (*inverter unit*).

Στην παρακάτω εικόνα που ακολουθεί βλέπουμε την μονάδα μικροεπεξεργαστή (MPU-MicroProcessingUnit).



Εικ.2.3 Κάρτα ελέγχου (MPU).

2.6.2 Υπομονάδα εισόδων-εξόδων (I/O board).

Διαχειρίζεται τα σήματα εισόδων και εξόδων. Λαμβάνει όλα τα σήματα των αισθητήριων και διακοπών ανεμομέτρου και γενικά όλων των στοιχείων ένδειξης καλής λειτουργίας και μέτρησης. Επίσης είναι υπεύθυνη για την παροχή σημάτων (εντολών) σε ρελέ ελέγχου, ηλεκτροκινητήρες yaw, γενικά σε διεργασίες ελέγχου και είναι διακομιστής δεδομένων ανάμεσα σε κάρτες ελέγχου, όπως είναι π.χ. η κύρια μονάδα ελέγχου και η υπομονάδα υποδιανομής.

2.6.2.1 Υπομονάδα οπτικής διανομής σημάτων (opto –distribution board).

Είναι υπεύθυνη για την μετατροπή των (ηλεκτρικών) δεδομένων σε οπτικά σήματα. Ο σκοπός αυτής της υπομονάδας είναι η παροχή σημάτων χωρίς παρεμβολές (θόρυβο), και με ηλεκτρική απομόνωση, για την προστασία των ευαίσθητων μονάδων ελέγχου. Αυτή η τεχνική χρησιμοποιείται για προστασία από ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές, γιατί ιδιαίτερα σε κυκλώματα ισχύος παρατηρούνται έντονα ηλεκτρομαγνητικά πεδία λόγω αυτεπαγωγών. Έτσι εξασφαλίζεται η ασφαλή μεταφορά των δεδομένων από τις μονάδες στις μονάδες ισχύος. Τα δεδομένα τελικά μετατρέπονται σε ηλεκτρικά, στις μονάδες ισχύος, μέσω ενός κυκλώματος φωτιδιόδου-αποδιαμορφωτή.

2.6.2.2 Υπομονάδα ελέγχου βήματος πτερυγίων (pitch control board).

Είναι τοποθετημένη στο *pitch box*. Υπάρχει μια υπομονάδα ελέγχου βήματος για κάθε πτερύγιο η οποία εκτελεί τις παρακάτω λειτουργίες:

1. Ελέγχει τον ηλεκτροκινητήρα βήματος (*pitch motor*).
2. Λαμβάνει δεδομένα από το ανεμοδείκτη και τα συγκρίνει με τα προηγούμενα.
3. Συγχρονίζει το πτερύγιο ελέγχου του με τα υπόλοιπα πτερύγια ώστε να έχουν την ίδια γωνία βήματος.
4. Λαμβάνει δεδομένα από τον *encoder* για την γωνία βήματος του πτερυγίου.
5. Θέτει το πτερύγιο εκτός ανέμου περίπου (90°) στην περίπτωση που τεθεί η ανεμογεννήτρια στην κατάσταση (*stop*) ή σε κατάσταση (*Emergency stop*) ή τέλος σε περίπτωση που η ταχύτητα του ανέμου ξεπεράσει για 10 λεπτά τα 25m/s ή στιγμιαία τα 30 m/s (ριπή ανέμου).

2.6.2.3 Υπομονάδα οθόνης (display board).

Είναι υπεύθυνη για την εμφάνιση δεδομένων στην οθόνη που βρίσκεται στην πόρτα της καμπίνας ελέγχου.

Η οθόνη χωρίζεται σε τέσσερα τμήματα, τα οποία παρέχουν πληροφορίες για την λειτουργική κατάσταση της ανεμογεννήτριας. Στο πρώτο τμήμα της οθόνης μπορούμε να διακρίνουμε από αριστερά προς τα δεξιά την ταχύτητα του ανέμου σε m/s, την ταχύτητα περιστροφής του δρομέα σε rpm, την στιγμιαία παραγόμενη ισχύ της γεννήτριας σε kW, την παραγόμενη ενέργεια από την αρχή λειτουργίας της ανεμογεννήτριας (από την τοποθέτηση της) ολική ενέργεια δηλαδή σε kwh, τις ώρες λειτουργίας της ανεμογεννήτριας.

Στο δεύτερο τμήμα υπάρχει η οθόνη με τα πλήκτρα λειτουργιών. Στην οθόνη ο χειριστής μπορεί να διακρίνει την λειτουργική κατάσταση της ανεμογεννήτριας π.χ εάν η ανεμογεννήτρια τίθεται σε λειτουργία τότε στην οθόνη εμφανίζεται το μήνυμα (*Turbine Start*), εάν λειτουργεί η ανεμογεννήτρια (*Turbine in Operation*), ενώ εάν δεν υπάρχει ο απαραίτητος άνεμος για την περιστροφή του δρομέα τότε εμφανίζεται στην οθόνη το μήνυμα (*Lack of Wind*). Γενικά στην οθόνη εμφανίζονται μηνύματα λειτουργικής κατάστασης και μηνύματα σφαλμάτων. Όλα αυτά τα μηνύματα βρίσκονται στην λίστα σφαλμάτων (*error list*) και εμφανίζονται εκτός της οθόνης της καμπίνας ελέγχου, στις οθόνες των υπολογιστών του κτιρίου ελέγχου μέσω του συστήματος SCADA και στα κινητά τηλέφωνα του τεχνικού προσωπικού μέσω SMS (*Send Message Service*) (μόνο τα μηνύματα σφαλμάτων).

Επίσης στην οθόνη μέσω των πλήκτρων (G1, G2, G3, G4, G5 και F1, F2, F3, F4, F5) μπορεί ο χειριστής να αλλάξει λειτουργικές παραμέτρους όπως της γωνίας των πτερυγίων και γενικές παραμέτρους όπως την ώρα και ημερομηνία. Στο τρίτο τμήμα υπάρχει η τομή της νασσέλας (*machine house*) της E-40 και του δρομέα, μαζί με διάφορα αισθητήρια – επενεργητές του συστήματος τα οποία συμβολίζονται με τα κόκκινα led τα οποία όταν είναι αναμμένα εννοούν ενεργοποίηση του αντίστοιχου αισθητήριου επενεργητή. Τέλος στο τέταρτο τμήμα υπάρχει μια σειρά ενδείκτων καλής λειτουργίας (*πράσινα led*) και κακής λειτουργίας (*κόκκινα led*).

2.6.2.4 Υπομονάδα υποδιανομής (Sub Distribution board).

Βρίσκεται στη νασέλλα σε χώρο προσπελάσιμο από το τεχνικό προσωπικό. Επικοινωνεί με την κύρια μονάδα μέσω της I/O υπομονάδας. Μέσω αυτής οι τεχνικοί μπορούν να εκτελέσουν μια σειρά από βασικούς χειρισμούς. Έτσι δεν είναι απαραίτητη η παρουσία και δεύτερου τεχνικού στην καμπίνα ελέγχου στην βάση του πύργου.

Οι χειρισμοί που μπορούν να γίνουν από την υπομονάδα υποδιανομής είναι:

1.Ελευθέρωση ρότορα (Rotor release): Με το πάτημα αυτού του μπουτόν το ηλεκτρο-υδραυλικό φρένο μειώνει την πίεση του. Χρησιμοποιείται σε περίπτωση που κλειδώνουμε τον δρομέα με το μηχανικό φρένο. Έτσι όταν πατιέται γυρίζει ελάχιστα ο δρομέας με συνέπεια το κλειδωμα του δρομέα με την χειροκίνητη μανιβέλα (μηχανικό φρένο) να γίνεται ευκολότερα.

2.Ξεκίνηση-σταμάτημα (Start- Stop): Εκκίνηση-σταμάτημα δρομέα. Με τη μεταγωγή του διακόπτη στο stop, τα πτερύγια έρχονται στην γωνία 90° και σταματάει η περιστροφή του δρομέα.

3.Σταμάτημα ακαριαίο (Emergency stop): Σταματάει σε ελάχιστο χρόνο ο δρομέας. Αποσυνδέονται τα τριφασικά κυκλώματα από την τάση. Πατιέται σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης ή για την εξασφάλιση της διακοπής της συνέχειας των τριφασικών κυκλωμάτων.

4.Πτερύγιο A (Blade A): Με το πάτημα του μπουτόν (button) αυτού μαζί με το (button +)ή με το (button -) περιστρέφει αυτόνομο το πτερύγιο A (εντός - εκτός ανέμου).

5.Πτερύγιο B (Blade B): Ομοίως με το πτερύγιο A.

6.Πτερύγιο C (Blade C): Ομοίως με το πτερύγιο A.

7.Πτερύγιο μέσα (Blade in (+)): Αυτό το μπουτόν φέρνει συγχρονισμένα τα πτερύγια A, B, C (εντός ανέμου), περίπου μέχρι γωνία 14° .

8.Πτερύγιο έξω (Blade out (-)): Αυτό το μπουτόν φέρνει συγχρονισμένα τα πτερύγια A, B, C (εκτός ανέμου), περίπου μέχρι γωνία 90° .

9.Στρίψιμο αριστερά (Yaw left): Ενεργοποιεί τον ηλεκτροκινητήρα για το αριστερό (yaw).

10.Στρίψιμο δεξιά (Yaw right): Ενεργοποιεί τον ηλεκτροκινητήρα για το δεξιά yaw.

11.Αυτόματα-χειροκίνητα (Auto-manual): Αυτός ο διακόπτης θέτει τα συστήματα ελέγχου στην αυτόματη λειτουργία (auto) ή στη χειροκίνητη (manual).

12.Κόρνα: Με αυτό το μπουτόν ενεργοποιείται η κόρνα που βρίσκεται στην καμπίνα ελέγχου. Με αυτό το τρόπο και με το σύστημα ενδοσυνεννόησης που υπάρχει γίνεται η επικοινωνία των τεχνικών στην βάση του πύργου και στην νασέλλα.

2.7 Μονάδα ανορθωτή (rectifier unit).

Η κύρια χρήση και λειτουργία των τριφασικών ανορθωτών, εκτός από την μετατροπή της μεταβλητής συχνότητας ενέργεια και σε συνεχές ρεύμα, είναι και ο έλεγχος της μεταφοράς της ηλεκτρικής ισχύος και η προστασία αποσύνδεση της γεννήτριας από το κύκλωμα ισχύος σε περίπτωση σφάλματος (βραχυκύκλωμα).

Οι τριφασικοί ανορθωτές που μπορεί να εγκατασταθούν σε συστήματα μετατροπής ισχύος σε αιολικά πάρκα διαχωρίζονται σε:

1.Μη ελεγχόμενες τριφασικές γέφυρες ανορθωτών.

2.Γέφυρες διόδων (ανορθωτές) με ρυθμιστές υποβιβασμού συνεχούς ρεύματος (dc chopper).

3.Ελεγχόμενοι τριφασικοί ανορθωτές.

Εφόσον δεν είναι ελεγχόμενη η γέφυρα του ανορθωτή, αυξάνεται η απόδοση του μετατροπέα. Σε αυτήν την ενότητα θα αναλύσουμε τα χαρακτηριστικά και την λειτουργία του τριφασικού ανορθωτή, ο οποίος χρησιμοποιεί για ανορθωτικά ισχύος διόδους ισχύος.

2.8 Εποπτεία και έλεγχος πάρκου.

Το σύστημα εποπτείας επιτρέπει την προβολή και τη στατιστική αξιολόγηση πολλών συγκεντρωμένων δεδομένων κατά τη διάρκεια της λειτουργίας των ανεμογεννητριών π.χ ταχύτητα του ανέμου ταχύτητα περιστροφής και παραγόμενη ισχύ. Η μορφή αποθήκευσης τους είναι δυαδική. Επίσης είναι δυνατό να μετατραπούν σε κάποια άλλη μορφή και έπειτα να γίνει η αξιολόγηση από το software της ENERCON. Μια άλλη χρήσιμη λειτουργία είναι η online παρακολούθηση μιας ανεμογεννήτριας. Μ' αυτό τον τρόπο μπορεί να γίνει σύγκριση της με οποιαδήποτε άλλη ανεμογεννήτρια μέσα στο αιολικό πάρκο.

2.8.1 Περιγραφή συστήματος ελέγχου και εποπτείας (ENERCON SCADA).

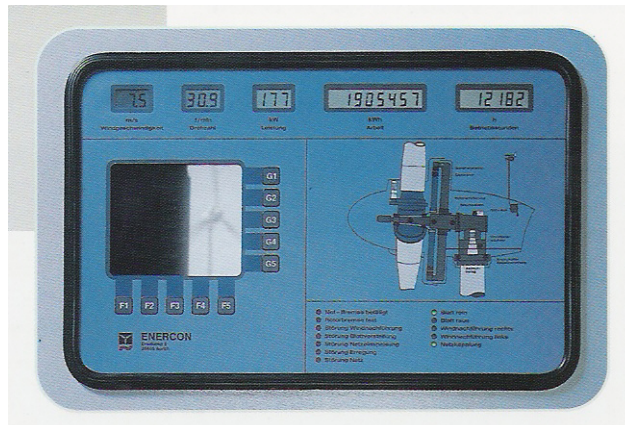
Οι ανεμογεννήτριες που εγκαθίστανται σε ένα αιολικό πάρκο συνδέονται με ένα κεντρικό υπολογιστή ελέγχου και ρυθμίσεων. Το σύστημα ελέγχου παρέχει τηλεχειρισμό των ανεμογεννητριών και συλλογή στοιχείων της παραγωγής κάθε ανεμογεννήτριας. Κάθε ανεμογεννήτρια είναι εξοπλισμένη με μια κάρτα επικοινωνίας (*data repeater card*) η οποία παρέχει επικοινωνία ανάμεσα στις ανεμογεννήτριες και στο σύστημα ελέγχου. Τα καλώδια επικοινωνίας τοποθετούνται κατά μήκος του αιολικού πάρκου υπόγεια, συνδέοντας έτσι τις ανεμογεννήτριες με τον κεντρικό υπολογιστή. Η σύνδεση των ανεμογεννητριών είναι σειριακή κατά ομάδες (π.χ. στο αιολικό πάρκο των *Κρυών* υπάρχουν δυο ομάδες ανεμογεννητριών από 1 έως 12 και από 13 έως 20). Το σύστημα ελέγχου τοποθετείται κύρια στο κτίριο ελέγχου (*control room*) ή αν δεν υπάρχει στον υποσταθμό. Η βάση δεδομένων που δημιουργείται περιέχει την απόδοση, λειτουργία και το ιστορικό συντήρησης της κάθε ανεμογεννήτριας. Οι παρακάτω πληροφορίες στον κεντρικό υπολογιστή του αιολικού πάρκου.

Πρόσθετοι δυνατοί έλεγχοι που επιτυγχάνονται για λόγους συντήρησης:

1. Έλεγχος του *cosφ*.
 2. Οριοθέτηση της ισχύος για ολόκληρο το αιολικό πάρκο ή για κάθε ανεμογεννήτρια ξεχωριστά.
 3. Ρύθμιση της βαθμίδας ισχύος για έναρξη ή παύση λειτουργιών του αιολικού πάρκου ή κάθε ανεμογεννήτρια ανάλογα.
 4. Έναρξη ή παύση της λειτουργίας του αιολικού πάρκου ή κάθε ανεμογεννήτρια ανάλογα.
- Ο κεντρικός υπολογιστής διευκολύνει στον χειρισμό και στην συντήρηση των ανεμογεννητριών. Τα παρακάτω στοιχεία τα οποία τα βλέπουμε και στην παρακάτω εικόνα έχουν την δυνατότητα να παρουσιαστούν ή σε μορφή πίνακα ή σε μορφή γραφήματος.

Τα στοιχεία για τα οποία ο υπολογιστής παρέχει συνεχή ενημέρωση τα βλέπουμε στην εικόνα 10.1:

1. Ταχύτητα ανέμου.
2. Διεύθυνση ανέμου.
3. Ισχύς εξόδου.
4. Στροφές δρομέα.
5. Συνολική παραγωγή ενέργειας.
6. Ώρες λειτουργίας .
7. Λειτουργία.



Εικ.2.4 Κοντρόλ πάνελ.

2.8.2 Στατιστικά στοιχεία ανά χρονική περίοδο.

Πληροφορίες για την ταχύτητα του ανέμου, ισχύς εξόδου, μέγιστης ισχύος στροφές δρομέα κατά την διάρκεια διαφορετικών χρονικών περιόδων (*μέρες, μήνες, χρόνια*) κατανομή της διεύθυνσης του ανέμου (*μέρες, μήνες*).

2.8.3 Καταστάσεις σφαλμάτων.

Σε περίπτωση σφάλματος το σύστημα ελέγχου αυτόματα πληροφορεί τον σταθμό του χρήστη και το προσωπικό συντήρησης σχετικά με την κατάσταση του σφάλματος.

Σε περίπτωση σφάλματος δικτύου ενεργοποιείται η διαδικασία παύσης κινδύνου (*emergency mode*) με την βοήθεια της ταχείας ρύθμισης του βήματος των πτερυγίων. Η πέδη συγκρατήσεως δεν ενεργοποιείται και τα πτερύγια περιστρέφονται ελεύθερα.

Στον πίνακα που ακολουθεί βλέπουμε την λίστα σφαλμάτων της ανεμογεννήτριας.

Πίνακας 2.1 Λίστα μηνυμάτων E-40 .

A/α	Μήνυμα-σφάλμα.	Message-error.
1	Ανεμογεννήτρια έτοιμη.	Turbine ready.
2	Ανεμογεννήτρια σε λειτουργία .	Turbine in operation.
3	Ανεμογεννήτρια εκτός λειτουργίας.	Turbine out of operation.
4	Κατάσταση ανέμου.	
5	Θύελλα.	Storm.
6	Ριπή.	Wind peak.
7	Μέση τιμή ταχύτητας ανέμου.	Mean wind.
8	Μέγιστη γωνία πτερυγίου.	Maximum blade angle.
9	Μέση γωνία πτερυγίου σε σχέση με την διεύθυνση του ανέμου.	Mean blade angle.
10	Επιδιόρθωση βλάβης-συντήρηση.	Service-maintenance.
11	Χειροκίνητη πέδη δρομέα.	Rotor brake manual.
12	Ασφάλεια δρομέα .	Rotor lock actuated switch.
13	Σφάλμα ανεμόμετρου.	Anemometer fault.
14	Περιστρεφόμενα καλώδια.	Twisting cables (left or right).
15	Σφάλμα προσανεμισμού.	Azimuth fault.
16	Έλεγχος ταλαντώσεων.	Vibration monitoring.
17	Ταλαντώσεις πύργου.	Tower vibrations.
18	Υπερτάχυνση.	Over speed.
19	Μήνυμα κατάστασης ελέγχου βήματος πτερυγίου.	Blade pitch control status messages.
20	Μήνυμα κατάστασης μπαταρίας.	Battery status messages.
21	Μήνυμα κατάστασης δικτύου.	Grid status messages.
22	Μήνυμα κατάστασης ισχύος εξόδου.	Power export status messages inverter, total power.
23	Θερμοκρασία γεννήτριας.	Generator temperature.
24	Έλεγχος διακένου αέρα.	Air gap monitoring.
25	Έλεγχος περόνης διάτμησης.	Shear pin monitoring.
26	Θερμοκρασία ρουλεμάν.	Bearing temperature.
27	Μήνυμα κατάστασης διέγερσης.	Excitation status message.
28	Αυτόματος διακόπτης κυκλώματος κινητήρα.	Motor circuit –breaker.
29	Ασφάλεια ημιαγωγού.	Semiconductor fuse.
30	Μήνυμα κατάστασης κεντρικής μονάδας κατανομής στοιχείων.	Data bus status message.
31	Μήνυμα κατάστασης τηλεχειρισμού.	Remote monitoring status message.
32	Θερμοκρασία ατράκτου.	Temperature of nacelle.
33	Θερμοκρασία θαλάμου ελέγχου.	Temperature of control cabinet.
34	Θερμοκρασία ηλεκτρονικών ισχύος.	Temperature of power electronics.

2.8.4 Εξοπλισμός συστήματος.

Για τον έλεγχο των ανεμογεννητριών είναι απαραίτητος ο παρακάτω εξοπλισμός.

- 1.Κεντρικός ηλεκτρονικός υπολογιστής: *INTEL PENTIUM*.
 - 2.Καλώδιο τεσσάρων τηλεφωνικών γραμμών μεταξύ κάθε ανεμογεννήτριας σε παράλληλη σειρά.
 - 3.Μοντεμ.
 - 4.Σύστημα επικοινωνίας *ENERCON SCADA*.
 - 5.Τηλεειδοποίηση (*SMS*).
 - 6.*On- line USV* (τροφοδοσία ισχύος από το δίκτυο αδιάλειπτα χωρίς διακοπές) στο αιολικό πάρκο.
- Αντικραυνική προστασία.

- 1.Σε κάθε εγκατάσταση και στον κεντρικό υπολογιστή.

2. Αντικεραυνική προστασία στην μονάδα κατανομής στοιχείων.

3. Αντικεραυνική προστασία για το *PC* και το *mode* .

Μελλοντική ενίσχυση .

Στο μέλλον τα παρακάτω στοιχεία ή στατιστικά θα παρουσιάζονται στο σύστημα ελέγχου σε περίπτωση σφάλματος:

1. Τάση τροφοδοσίας.

2. Χαρακτηριστικά φασικής συχνότητας.

3. Συχνότητα.

4. Θέση πτερυγίου .

Στο αιολικό πάρκο υπάρχει εγκατεστημένο στους υπολογιστές του κέντρου ελέγχου το λογισμικό επικοινωνίας *ENERCON SCADA* το οποίο έχει αναπτύξει η εταιρία *ENERCON*. Το *SCADA* (*εποπτικός έλεγχος και συλλογή δεδομένων*) μαζί με τους υπολογιστές αποτελούν το σύστημα αμφίδρομης επικοινωνίας του κέντρου ελέγχου (*control room*) με κάθε ανεμογεννήτρια ξεχωριστά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΚΑΛΩΔΙΩΝ ΚΑΙ ΑΓΩΓΩΝ ΙΣΧΥΟΣ

Κεφάλαιο 3^ο

ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΚΑΛΩΔΙΩΝ ΚΑΙ ΑΓΩΓΩΝ ΙΣΧΥΟΣ

3.1 Κατασκευή.

Τα καλώδια αυτά κατασκευάζονται με αγωγούς από χαλκό ή αλουμίνιο, μόνωση από διάφορα συμπαγή υλικά και διάφορες στρώσεις από μονωτικά υλικά ή μεταλλικές ταινίες ή σύρματα για μηχανική προστασία. Οι αγωγοί κατασκευάζονται σαν μονόκλωνοι ή πολύκλωνοι αγωγοί κυκλικής μορφής ή κυκλικού τομέα. Οι διαστάσεις των αγωγών και η ηλεκτρική τους αντίσταση καθορίζεται από τις αντίστοιχες προδιαγραφές.

3.2 Μονωτικά Υλικά.

Πάνω στους αγωγούς τοποθετείται η μόνωση, για την οποία συνηθέστερα χρησιμοποιούνται είτε θερμοπλαστικά υλικά (*PVC* ή *PE*) είτε ελαστικά υλικά (*BUTYL*, *EPR*, ειδικά μείγματα άκαυστα, μη τοξικά και μη παράγοντα καπνό για ειδικές χρήσεις) είτε θερμοσκληραινόμενα υλικά (*XLPE*). Ανάλογα με το χρησιμοποιούμενο υλικό μόνωσης καθορίζεται και η μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας του καλωδίου και κατά συνέπεια η επιτρεπόμενη φόρτιση τους.

3.3 Θωράκιση.

Τα καλώδια μέσης τάσης φέρουν πάνω και κάτω από τη μόνωση ημιαγωγίμη στρώση και πάνω από την εξωτερική ημιαγωγίμη στρώση θωράκιση αποτελούμενη από συρματίδια χαλκού ή χάλκινη ταινία κατάλληλης διατομής.

3.4 Μηχανικές προστασίες και μηχανικές επενδύσεις.

Οι μονωτικές φάσεις των καλωδίων αφού σχηματίσουν το καλώδιο, προστατεύονται με στρώσεις θερμοπλαστικών υλικών (*PVC* ή *PE*) ή ελαστικών υλικών (*Neoprene* ή άλλα ειδικά μείγματα άκαυστα, μη τοξικά και μη παράγοντα καπνό για ειδικές χρήσεις). Ανάμεσα στις στρώσεις αυτές μπορεί να χρησιμοποιηθεί και οπλισμός για μεγαλύτερη μηχανική προστασία από χαλύβδινα σύρματα ή χαλύβδινες ταινίες. Οι κυριότεροι τύποι, με τα τεχνικά χαρακτηριστικά των καλωδίων αυτών και των αγωγών, αναφέρονται παρακάτω.

3.5 Τρόποι σύνδεσης ανεμογεννητριών.

Υπάρχουν δύο τρόποι σύνδεσης οι οποίοι φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 3.1 Τρόποι σύνδεσης.

	Πλεονεκτήματα.	Μειονεκτήματα.
ΑΚΤΙΝΙΚΗ ΣΥΝΔΕΣΗ	Χαμηλότερο κόστος 1) Ως προς το μήκος του καλωδίου. 2) Ως προς τη διατομή του καλωδίου. 3) Ως προς την εγκατάσταση του καλωδίου.	Αναξιόπιστη σε σχέση με τη σύνδεση βρόγχου.
ΣΥΝΔΕΣΗ ΒΡΟΓΧΟΥ	Η πιο αξιόπιστη λύση.	Υψηλότερο κόστος. 1) Ως προς το μήκος του καλωδίου. 2) Ως προς τη διατομή του καλωδίου. 3) Ως προς την εγκατάσταση του καλωδίου.

3.6 Επιλογή καλωδίων ισχύος.

Η επιλογή των καλωδίων ισχύος γίνεται με τέσσερις βασικούς παράγοντες οι οποίοι είναι:

1. Η ισχύς βραχυκύκλωσης, η οποία είναι (250 MVA).
 2. Το μέγιστο φορτίο που τα διαρρέει (μέγιστο ρεύμα).
 3. Τρόπος σύνδεσης των ανεμογεννητριών (ακτινική ή βρόχος).
 4. Ανάλογα με το χρόνο ενεργοποίησης του διακόπτη απομόνωσης της Δ.Ε.Η. σε περίπτωση σφάλματος.
- Στην εικόνα που ακολουθεί βλέπουμε τα καλώδια ισχύος.



Εικ. 3.1 Καλώδια ισχύος.

3.7 Κατασκευή καναλιού καλωδίων.

Παράλληλα με το δρόμο πρέπει να γίνει η διάνοιξη ενός χαντακιού διαστάσεων 0.80 πλάτους επί 1,0 μέτρα βάθους, για την τοποθέτηση των καλωδίων σύνδεσης των ανεμογεννητριών υπόγεια. Στο δάπεδο του χαντακιού τοποθετείται άμμος πάχους 0.10-0.15m. Μετά τοποθετούνται τα καλώδια, κατά προτίμηση μέσα σε πλαστικούς σωλήνες (η διάμετρος των σωλήνων θα είναι 100 mm) και σκεπάζονται πάλι με άμμο 0.15m πάχους ενώ μετά ακολουθούν ο αγωγός της γείωσης και το οπτικό καλώδιο ελέγχου (μέσα σε σωλήνα), τα οποία τοποθετούνται μέσα στην άμμο. Ακολουθεί προαιρετικά στρώση με τσιμεντόπλακες ενώ στην συνέχεια ακολουθούν μία στρώση με χαλίκια 0.15m πάχους και η τελική στρώση με προϊόντα εκσκαφής. Τμήματα του χαντακιού που διακόπτονται από δρόμο ή εμπεριέχονται μέσα στις πλατείες πρέπει να έχουν πρόσθετο βάθος 0.20m.

3.8 Κατασκευή φρεατίων καναλιού καλωδίων.

Το υπόγειο κανάλι θα καταλήγει σε κάθε ανεμογεννήτρια σε φρεάτιο 1.20m πλάτους 1m μήκους και 1m βάθους. Ανά 60m θα κατασκευάζεται φρεάτιο για την πιο εύκολη πρόσβαση στις καλωδιώσεις.

3.9 Τοποθέτηση καλωδίων σε σωλήνες.

Όταν τα καλώδια τοποθετούνται μέσα σε σωλήνες. Η εσωτερική διάμετρος των σωλήνων θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 1,5 φορές μεγαλύτερη από τη διάμετρο του καλωδίου. Σε περίπτωση που τοποθετούνται περισσότερα του ενός καλώδια στον ίδιο σωλήνα τότε η εσωτερική διάμετρος των σωλήνων θα είναι τουλάχιστον 1.5 φορές μεγαλύτερη από την ισοδύναμη διάμετρο όλων μαζί των καλωδίων που περιέχονται στο σωλήνα

(ισοδύναμη διάμετρος θεωρείται η διάμετρος ενός καλωδίου, του οποίου το γεωμετρικό εμβαδόν της τομής του είναι ίσο με το άθροισμα των εμβαδών όλων των καλωδίων που θέλουμε να βάλουμε στο σωλήνα).

3.10 Καλώδια μέσα σε σωλήνες στο έδαφος.

Για διάμετρο καλωδίου μέχρι και 65mm η ελάχιστη εσωτερική διάμετρος του σωλήνα πρέπει να είναι 100 mm. Για διάμετρο καλωδίου μεγαλύτερη από 65mm η εσωτερική διάμετρος του σωλήνα πρέπει να είναι 125 mm. Για την επιτρεπόμενη ένταση φόρτισης ισχύουν οι αντίστοιχες τιμές των καλωδίων για εγκατάσταση στο έδαφος μειωμένες όμως κατά 15%.

3.11 Τοποθέτηση περισσότερων του ενός καναλιού στο ίδιο έδαφος.

Σε περίπτωση που τοποθετούνται περισσότερα του ενός καλωδίου, το ένα κοντά στο άλλο είναι απαραίτητο να υπάρχει αρκετός χώρος για αερισμό. Η μεταφερόμενη ισχύς και η θερμοκρασία του καλωδίου δεν επηρεάζεται σημαντικά εάν:

1. Η οριζόντια απόσταση μεταξύ των καλωδίων είναι τουλάχιστον ίση με δύο φορές τη διάμετρο των καλωδίων.
2. Η κατακόρυφη απόσταση μεταξύ των καλωδίων δεν είναι μικρότερη από τέσσερις φορές τη διάμετρο τους.
3. Τοποθετούνται σε οριζόντια διάταξη ακόμα και αν ο αριθμός των καλωδίων υπερβαίνει τα τρία.

3.12 Προστασία παράλληλων καλωδίων.

Παράλληλα καλώδια χρησιμοποιούνται σε μεγάλα ρεύματα όπου απαιτούνται διατομές άνω των 150 mm. Έτσι για παράδειγμα, 4 καλώδια ανά φάση δεν είναι σπάνια περίπτωση. Η προστασία μπορεί να γίνει με ένα κοινό όργανο προστασίας ή με ένα επιμέρους όργανο. Το πλεονέκτημα της ξεχωριστής προστασίας είναι ότι μόνο η γραμμή με το σφάλμα θα αποχωρισθεί. Συνήθως η προστασία γίνεται με κοινό όργανο. Όσον αφορά την κατανομή των ρευμάτων πρέπει να ληφθεί υπόψη μία διαφορά +/-5% από την ισοκατανομή.

3.13 Ακροδέκτες-μούφες.

Αφού εγκατασταθεί το καλώδιο εφαρμόζονται οι ακροκεφαλές του και οι ακροδέκτες του. Οι ακροδέκτες συνήθως συμπιέζονται με ειδικές χειροκίνητες ή υδραυλικές πρέσες ακροδεκτών. Δεν γίνεται συγκόλληση των ακροδεκτών σε καλώδια πλαστικά μέσης τάσης, γιατί υπάρχει κίνδυνος να καταστραφεί η μόνωση. Στην χαμηλή τάση μπορεί να γίνει κασσιτεροκόλληση των ακροδεκτών πάνω στους αγωγούς. Οι ακροκεφαλές στην Χαμηλή Τάση έχουν κυρίως σαν σκοπό να μην επιτρέπουν την είσοδο νερού ή υγρασίας στο καλώδιο. Μπορεί σε εσωτερικούς ή στεγασμένους χώρους να μην χρειάζεται προστασία, αν οι χώροι είναι ξηροί αλλιώς χρησιμοποιούνται αυτοσυρρικνούμενοι σωλήνες από PVC. Σε υπαίθριες εγκαταστάσεις έχουν επιβληθεί στην Χαμηλή Τάση ακροκεφαλές από ρητίνες. Στη μέση τάση έχουμε ακροκεφαλές που προσδίνουν ηλεκτρική αντοχή στην άκρη του καλωδίου και απαγορεύουν την είσοδο υγρασίας στο καλώδιο. Αυτές αποτελούνται:

Από ελαστικό σιλικόνης για εσωτερικούς (σπάνια για εξωτερικούς) χώρους και από πορσελάνη για εξωτερικούς χώρους. Από ρητίνες για εσωτερικούς ή και εξωτερικούς χώρους. Πρέπει να εξασφαλιστεί, ότι τόσο στους εσωτερικούς όσο και στους εξωτερικούς χώρους δεν μπαίνει υγρασία ή νερό στο καλώδιο από τον ακροδέκτη ή την ακροκεφαλή. Ακροκεφαλές από σιλικόνη ή πορσελάνη εφαρμόζονται πάνω στο καλώδιο αφού αφαιρεθεί ο μανδύας και καθαριστεί η μόνωση από το ημιαγωγό στρώμα. Ακροκεφαλές από ρητίνες φυτεύονται επί τόπου σε καλούπια που περιβάλλει το καλώδιο. Η στερεοποίηση τους επέρχεται από 30 λεπτά έως μερικές ώρες. Συνήθως βρίσκονται στο εμπόριο σαν κατασκευαστικό σύνολο (ρητίνη, καταλύτης, καλούπια μιας χρήσης, ακροδέκτης).

Σε υπαίθριες εγκαταστάσεις περισσότερη αξιοπιστία και διάρκεια ζωής έχουν ακροκεφαλές πορσελάνης πλην όμως είναι ακριβότερες αν συγκριθούν με ακροκεφαλές σιλικόνης ή ρητίνης.

3.14 Μούφες και διακλαδώσεις σε πλαστικά καλώδια.

Σύνδεση δύο καλωδίων δηλαδή οι μούφες ή διακλαδώσεις στο έδαφος πρέπει να αποφεύγονται, γιατί είναι σημεία υψηλού κινδύνου (εκεί συνήθως καταστρέφετε το καλώδιο). Σε περίπτωση σύνδεσης ή διακλάδωσης ενός καλωδίου πρέπει να εξασφαλιστεί η στεγανότητα στην είσοδο υγρασίας ή νερού και η αντοχή στην τάση. Τόσο για τη χαμηλή όσο και για τη μέση τάση γίνεται τώρα χρήση μωφών από ρητίνες δηλαδή γίνεται η σύνδεση και ακολούθως εκχύνονται οι ρητίνες σε ειδικά καλούπια που περιβάλλουν τον σύνδεσμο, όπου γίνεται η στερεοποίηση. Οι συνδέσεις στη Μέση Τάση μπορεί να είναι και λυόμενες όπως π.χ. σε στεγασμένες προκατασκευασμένες εγκαταστάσεις Μέσης Τάσης. Η εφαρμογή μιας ακροκεφαλής ή μιας μούφας στη Μέση Τάση πρέπει να γίνεται με απόλυτη τελειότητα από ειδικά εκπαιδευμένο προσωπικό, γιατί είναι ένα από τα πιο κρίσιμα σημεία της εγκατάστασης.

3.15 Ζυγοί και μπάρες Μέσης Τάσης.

Οι μονωτήρες στήριξης ή διέλευσης των ζυγών που θα χρησιμοποιηθούν είναι μονωτήρες εσωτερικού χώρου από εποξειδική ρητίνη. Οι διαστάσεις των ζυγών και των συνοδευτικών μπάρων πρέπει να αντέχουν στο ρεύμα συνεχούς φορτίου και των βραχυκυκλωμάτων. Οι μπάρες είναι χάλκινες με διαστάσεις τουλάχιστον $50 \times 5 \text{mm}^2$.

3.16 Ελάχιστες αποστάσεις.

Οι ελάχιστες αποστάσεις φάσης-φάσης είναι 215mm για 20KV και καθορίζονται από τις τάσεις που πρέπει να αντέχει η εγκατάσταση όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.3.2.

Πίνακας 3.2

Ονομαστική τάση.	20 KV
Αντοχή σε εναλλασσόμενη τάση, 1 mm.	50 KV
Αντοχή σε κρουστική τάση 1.2/5μs.	125 KV
Αντοχή σε κρουστική τάση 1.2/5μs.	215 KV
Μέγιστη συνεχώς επιτρεπόμενη τάση.	24mm

Τάσεις δοκιμής και ελάχιστες αποστάσεις για εγκαταστάσεις υπαίθριες ή εσωτερικού χώρου ονομαστικής τάσης $20/24 \text{KV}$.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΣ ΜΕΣΗΣ ΚΑΙ ΥΨΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ

Κεφάλαιο 4^ο

ΥΠΟΣΤΑΘΜΟ ΜΕΣΗΣ ΚΑΙ ΥΨΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ

4.1 Γενικά.

Εκτός από το κέντρο ελέγχου ένα αιολικό πάρκο χρειάζεται απαραίτητα ένα υποσταθμό ανύψωσης τάσης στις παρακάτω περιπτώσεις:

- 1.Όταν υπάρχει διασυνδεδεμένο σύστημα ή αυτόνομο σύστημα με γραμμές μέσης – υψηλής τάσης πλησίον του πάρκου (όπως αυτό της Κρήτης).
- 2.Όταν υπάρχουν μεγάλες απώλειες (πτώση τάσης) με γραμμή χαμηλής τάσης για τον πιο απομακρυσμένο τροφοδοτούμενο καταναλωτή. Τότε πρέπει να κατασκευαστεί ένα καινούργιο δίκτυο μέσης τάσης (20/24kV).

4.2 Σύστημα και όργανα προστασίας Υποσταθμών Μέσης Τάσης.

Τα συνηθέστερα σε ένα υποσταθμό μέσα ζεύξης και προστασίας στη Μέση Τάση:

- 1.Διακόπτες ισχύος (*Circuit Breakers*).
- 2.Διακόπτες φορτίου(*Switch Disconnectors*).
- 3.Αποζεύκτες (*Disconnectors*).
- 4.Γειωτές (*Earthing Switch*).
- 5.Ασφάλειες (*Fuses*).

Η επιλογή των παραπάνω μέσων βασίζεται:

- 1.Στα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά τους.
- 2.Στις συνθήκες ζεύξης-απόζευξης και προστασίας που απαιτούνται.

4.2.1 Διακόπτες ισχύος Μέσης Τάσης.

Η διακόπτες ισχύος Μέσης Τάσης διακρίνονται με τον τρόπο που γίνεται η σβέση του ηλεκτρικού τόξου σε:

- 1.Διακόπτες πτωχού ελαίου.
- 2.Διακόπτες κενού.

Η επιλογή τους γίνεται με βάση τις προδιαγραφές που θέτουμε, οι κυριότερες των οποίων είναι:

- 1.Ονομαστική τάση (π.χ 24kV).
- 2.Ονομαστικό ρεύμα (π.χ 630 A).
- 3.Ονομαστικό ρεύμα απόζευξης σε βραχυκύκλωμα (π.χ 20 kA).
- 4.Τρόπος λειτουργίας (χειροκίνητος ή με ηλεκτρικό κινητήρα).
- 5.Τρόπος ενεργοποίησης (τοπικά ή με τηλεχειρισμό). Για την λειτουργία με τηλεχειρισμό απαιτούνται βοηθητικές συσκευές για άμεση ή έμμεση ζεύξη /απόζευξη.

Οι διακόπτες ισχύος εφοδιάζονται με μηχανισμούς απόζευξης οι οποίοι διακρίνονται σε:

- 1.Έμμεσους μηχανισμούς στους οποίους μεταφέρεται ενισχυμένος ένας μηχανικός ή ηλεκτρονικός παλμός με τον οποίο ενεργοποιείται ο μηχανισμός απόζευξης του διακόπτη.
- 2.Έμμεσος μηχανισμός απόζευξης σε έλλειψη τάσης με τους οποίους αυτόματα γίνεται η απόζευξη του διακόπτη όταν η τάση του δικτύου πέσει κάτω από κάποια τιμή. Για τον λόγο αυτό οι μηχανισμοί συνδέονται σε μετασχηματιστές τάσης. Μέσω βοηθητικής επαφής είναι δυνατό να υπάρχει έλεγχος του χειριστή στον ανωτέρω μηχανισμό.
- 3.Έμμεσος μηχανισμός απόζευξης συνδεδεμένος με τον μετασχηματιστή. Οι μηχανισμοί αυτοί προκαλούν αυτόματα απόζευξη του διακόπτη σε περίπτωση βραχυκυκλώματος ή υπερφόρτισης του μετασχηματιστή και είναι ελεγχόμενοι από τον χειριστή του υποσταθμού. Για την λειτουργία αυτού του μηχανισμού απαιτούνται μετασχηματιστές ρεύματος και μετασχηματιστές προσαρμογής.
- 4.Άμεσος μηχανισμός απόζευξης (*Direct release*). Οι μηχανισμοί αυτοί διαρρέονται από το ρεύμα του διακόπτη και προκαλούν απόζευξη σε περίπτωση βραχυκυκλώματος ή υπερρεύματος.
- 5.Στους διακόπτες ισχύος είναι δυνατή η ρύθμιση του μεγέθους του ρεύματος στο οποίο θα γίνει η απόζευξη λόγω υπερρεύματος ή βραχυκυκλώματος καθώς και της χρονικής καθυστέρησης που μεσολαβεί από την στιγμή εμφάνισης του υπερρεύματος μέχρι τη στιγμή που θα συμβεί η απόζευξης.

4.2.2 Διακόπτες φορτίου.

Οι διακόπτες φορτίου είναι κατάλληλοι για ζεύξη-απόζευξη ρευμάτων μέχρι το ονομαστικό τους ρεύμα. Επίσης μπορούν να κάνουν ζεύξη σε βραχυκυκλώματα (*making capacity*). Οι διακόπτες φορτίου μπορούν να φέρουν και ασφάλειες μέσης τάσης (ασφαλειοδιακόπτες φορτίου) και γειωτή.

Η επιλογή τους γίνεται με βάση:

1. Το ονομαστικό τους ρεύμα (π.χ 400 A ή 630 A).
2. Την ονομαστική τάση (π.χ 20/24 kv).
3. Ικανότητα ζεύξης σε βραχυκύκλωμα (*making capacity*) π.χ 40 kA.
4. Αντοχή για 1 sec (π.χ 16 kA).

4.2.3 Αποζεύκτες.

Οι αποζεύκτες προσφέρουν μια οπτική αναγνώριση της απόζευξης του δικτύου. Μπορούν να χειριστούν μεγάλα ρεύματα μόνο όταν δεν υπάρχει διαφορά τάσης π.χ μεταξύ δύο ζυγών που λειτουργούν παράλληλα. Συνήθως οι αποζεύκτες συνοδεύονται από γειωτές σε κοινό πλαίσιο και αποτελούν μια αυτοτελή κατασκευή. Ο αποζεύκτης επιλέγεται με βάση:

1. Την ονομαστική τάση π.χ 20/24 kv.
 2. Το ονομαστικό ρεύμα π.χ 400 A ή 630 A.
 3. Την αντοχή σε ρεύμα βραχυκύκλωσης.
- Τέλος οι αποζεύκτες μπορούν να λειτουργήσουν είτε χειροκίνητα είτε με κινητήρα.

4.2.4 Ασφάλειες Μέσης Τάσης.

Οι ασφάλειες μέσης τάσης χρειάζονται προστατεύουν σε περίπτωση βραχυκυκλώματος. Σε περίπτωση ενεργοποίησης της ασφάλειας υπάρχει μηχανική ή ηλεκτρική ένδειξη μέσω βοηθητικού διακόπτη. Επίσης υπάρχει η δυνατότητα ενεργοποίησης του μηχανισμού απόζευξης του ασφαλειοδιακόπτη φορτίου που φέρει την ασφάλεια. Οι ασφάλειες λόγω του τρόπου κατασκευής τους έχουν την ικανότητα να μειώσουν το μέγιστο ρεύμα βραχυκύκλωσης. Όταν χρησιμοποιούνται για προστασία του μετασχηματιστή, η επιλογή τους γίνεται με βάση την τάση λειτουργίας και την ισχύ του μετασχηματιστή.

4.3 Καινοτομίες εξοπλισμού υποσταθμών Μέσης Τάσης.

Για πολλές δεκαετίες η τεχνολογία των *υποσταθμών* έμεινε αναλλοίωτη. Έτσι οι υποσταθμοί της δεκαετίας του 1940-1950 κτίζονται ακόμα και σήμερα σε δομή. Αργά αργά η τεχνολογία εισέβαλε στο χώρο αυτό.

Μερικά στοιχεία σύγχρονης τεχνολογίας - τεχνολογίας υποσταθμών είναι τα παρακάτω:

1. Μετασχηματιστές ρητίνης.
2. Διακόπτες κενού – διακόπτες αερίου.
3. Εποπτεία υποσταθμών ή ομάδων υποσταθμών με συστήματα αυτομάτου ελέγχου-*monitoring* με διάφορα αισθητήρια, σε συστήματα πολλών Μ/Σ.
4. Έλεγχος μεταγωγικών διακοπών προς αιολικό πάρκο με *servo – motor*.
5. Ακροκιβώτια θερμοσυστελλόμενα.
6. Πολυεστερικά στοιχεία αντί μεταλλικών σε κυψέλες .
7. Χρήση αισθητήριων ανίχνευσης τόξου σε πεδία και κυψέλες .
8. Χρήση καλωδίων *X-LPE* (*πλαστικής μόνωση*) σε δίκτυα Μέσης Τάσης (*ΔΕΗ*) .
9. Χρήση προγραμμάτων *H/Y* για την μελέτη, την παρακολούθηση - διαχείριση των *υποσταθμών*.

4.3.1 Συνδέσεις-διακλαδώσεις καλωδίων Μέσης Τάσης.

Σύνδεση δυο καλωδίων δηλαδή οι μούφες ή διακλαδώσεις στο έδαφος πρέπει να αποφεύγονται, γιατί είναι σημεία υψηλού κινδύνου (εκεί συνήθως καταστρέφεται το καλώδιο). Σε περίπτωση σύνδεσης ή διακλάδωσης ενός καλωδίου, πρέπει να εξασφαλιστεί η στεγανότητα στην είσοδο υγρασίας ή νερού και η αντοχή στην τάση. Στην μέση τάση χρησιμοποιούνται μούφες κατασκευασμένες από ρητίνη δηλαδή γίνεται η σύνδεση και ακολούθως εκχύνονται οι ρητίνες σε ειδικά καλούπια που περιβάλλουν τον σύνδεσμο, όπου γίνεται η σταθεροποίηση. Συνδέσεις καλωδίων Μέσης Τάσης έχουμε επίσης στις αφίξεις των γραμμών μεταφοράς από τις ανεμογεννήτριες και στις αναχωρήσεις των γραμμών μεταφοράς για τον υποσταθμό υψηλής τάσης οι οποίες

είναι ακροκεφαλές από πορσελάνη κατάλληλες για εξωτερικό χώρο. Η πορσελάνη είναι γεμισμένη από μονωτική μάζα για καλύτερη προστασία.

4.4 Δομή Υποσταθμού Μέσης Τάσης.

Η δομή ενός υποσταθμού μέσης τάσης που βρίσκεται εγκατεστημένος σε αιολικά πάρκα αποτελείται από μια σειρά ασφαλιστικών και διακοπτικών στοιχείων, όπως αυτές που αναφέρθηκαν στις προηγούμενες ενότητες, οι οποίες εξασφαλίζουν την ομαλή και ασφαλή μεταφορά της παραγόμενης ενέργειας και την άμεση και ταχεία διακοπή του κυκλώματος σε περίπτωση υπερφόρτισης ή βραχυκυκλώματος. Στα αιολικά πάρκα *Αχλαδίων, Κρυών, Ανεμόεσσας, ΟΑΣ* ο οποίος διαχειρίζεται την παραγόμενη ενέργεια από τέσσερα αιολικά πάρκα. Για κάθε πάρκο υπάρχει και ένα πεδίο για λόγους εφεδρείας, εκτός από τις γραμμές τις *Ανεμόεσσας* και *ΟΑΣ* οι οποίες ενώνονται σε μια γραμμή και έχουν ένα πεδίο ελέγχου. Στην εικόνα που ακολουθεί βλέπουμε τους διακόπτες της Μέσης Τάσης.



Εικ.4.1 Διακόπτες Μέσης Τάσης.(Υποσταθμός Μαριωνιάς).

Σε κάθε πεδίο υπάρχει τριφασικός διακόπτης ισχύος ο οποίος είναι διακόπτης(πρωχού) ελαίου. Ο όρος (πρωχός) τους αντιδιαστέλλει προς τους διακόπτες παλιών προδιαγραφών που χρησιμοποιούσαν πολλαπλάσιες ποσότητες λαδιού απ' ότι σήμερα. Η σβέση του τόξου γίνεται με έντονη ροή λαδιού γύρω από το τόξο. Επειδή οι διακόπτες ισχύος δεν έχουν ορατές επαφές και επειδή θεωρείται ότι η μόνωση του θαλάμου ζεύξης δεν είναι ικανοποιητική, πρέπει να συνοδεύονται από ένα αποζεύκτη. Επίσης μέσα στο πεδίο υπάρχουν μετρητικά-καταγραφικά όργανα, βοηθητικοί διακόπτες, ασφάλειες κλπ. Ο τρόπος τοποθέτησης των πεδίων είναι τυποποιημένος και σύμφωνα με της προδιαγραφές της ΔΕΗ. Τα καλώδια έρχονται από τις γραμμές τερματισμού και φεύγουν από τις γραμμές αναχωρήσεως υπόγεια μέσω καναλιών βάθους 1,5m και πλάτος 1,0m.

4.4.1 Λειτουργία του υποσταθμού.

Οι λειτουργίες του υποσταθμού είναι οι παρακάτω:

- 1.Παραλαβή.
- 2.Χειρισμοί από τους τεχνικούς.
- 3.Επιθεώρηση-Συντήρηση-Έλεγχος γειώσεων περιοδικά.
- 4.Αποκατάσταση βλαβών.
- 5.Περιοδικός έλεγχος της καλής λειτουργίας των κυκλωμάτων επιτήρησης.

6. Μέτρα πυροπροστασίας.

4.4.2 Απαραίτητα βοηθήματα κατά τους χειρισμούς.

Τα απαραίτητα βοηθήματα κατά τους χειρισμούς σε ένα υποσταθμό είναι τα παρακάτω:

1. Μονωτικά γάντια προστασίας και εργασίας.
2. Μονωτικό σκαμνάκι για πάτημα του χειριστή .
3. Λαβίδες αφαίρεσης των ασφαλειών.
4. Μονωτικός τάπητας κάτω.
5. Σήμανση των κυψέλων, συνδεσμολογία-ονοματολογία π.χ (Κυψέλη εισόδου από ΔΕΗ).
6. Χειριστήρια μονωμένα και κατάλληλα.
7. Διάγραμμα εκτέλεσης της σειράς χειρισμών.
8. Ύπαρξη εμφανών ενδείξεων για την πορεία των χειρισμών.

4.4.3 Τι συμβαίνει σε ένα βραχυκύκλωμα.

Το βραχυκύκλωμα ορίζεται απλά ως η επαφή (ή διαπίδυση) μεταξύ σημείων διαφορετικού δυναμικού. Συνοδεύεται από μεγάλη ροή ρεύματος ηλεκτρικά και από μικρή ή μεγάλη έκρηξη.

Τα φαινόμενα της έκρηξης είναι:

1. Θόρυβος κεραυνού.
2. Ωστικό κύμα.
3. Εμπόδιση της όρασης (λόγω λάμψης ,καπνών και αερίων).
4. Σπινθήρες από τα μέρη των κυψέλων.

Σε μια έκρηξη μπορούν να προκύψουν προϊόντα βαφής, χαλκού, αλουμινίου, ή σιδήρου. Η μόνη ασφαλιστική δικλείδα, πέρα της απαιτούμενης μηχανικής αντοχής της κυψέλης που είναι επιθυμητό να άγει απ' ευθείας στην ύπαιθρο μέσο αγωγών. Αυτό είναι υποχρεωτικό όταν ο υποσταθμός βρίσκεται σε περιβάλλον με ανθρώπους.

4.5 Τεχνική για τη σύνδεση της E-40 με το δίκτυο.

Για την ασφαλή μεταφορά της ισχύος των 500kW που παράγεται από την E-40 είναι αναγκαίο να υπάρχει ένα δίκτυο μέσης τάσης πλησίον του μετατροπέα αιολικής ενέργειας ή στο αιολικό πάρκο. Εάν δεν υπάρχει δίκτυο τότε πρέπει να κατασκευαστεί. Σε κάθε ανεμογεννήτρια υπάρχει εξωτερικά, στο ύψος των στύλων της μέσης τάσης, ένας μετασχηματιστής 630 KVA όπως βλέπουμε στην εικόνα 5.2 ο οποίος συνδέει την ανεμογεννήτρια με το δίκτυο. Πρόκειται για ένα τριφασικό εξωτερικής χρήσης μετασχηματιστή της ABB. Λειτουργεί σαν ανυψωτής τάσης δηλαδή ανυψώνει τα 400V της εξόδου του αντιστροφέα σε 20kV.



Εικ.4.2 Μετασχηματιστής ανύψωσης τάσης.(Αιολικό πάρκο Αχλαδίων).

Η συνδεσμολογία των τυλιγμάτων στο πρωτεύων είναι κατά αστέρα-τριγώνου, ενώ στο δευτερεύων είναι σε αστέρα. Έτσι λοιπόν το κόστος αυξάνεται εφ' όσον κάθε ανεμογεννήτρια έχει το δικό της Μ/Σ αλλά αυτό γίνεται για να ελαττωθούν οι απώλειες ισχύος κατά την μεταφορά. Εκτός από τον μετασχηματιστή υπάρχει στην μεριά της χαμηλής τάσης αεροδιακόπτης με τον οποίο απομονώνεται-συνδέεται η $E-40$ με το δίκτυο. Ο χειρισμός του αεροδιακόπτη πρέπει να είναι ταχύς ώστε να αποφεύγονται σπινθηρισμοί. Ένας άλλος τρόπος διασύνδεσης με το δίκτυο, της $E-40$, είναι με μετασχηματιστή τοποθετημένο σε κιόσκι δίπλα στην ανεμογεννήτρια και με υπόγειο καλώδιο. Αυτός ο τρόπος διασύνδεσης έχει το πλεονέκτημα της ασφαλούς μεταφοράς της ενέργειας (π.χ προστασία έναντι κεραυνών) αλλά το κόστος είναι πολλαπλάσιο απ' ότι ο κλασικός τρόπος.

4.6 Υποσταθμός Υψηλής Τάσης.

Οι αιολικοί σταθμοί συνδέονται με το δίκτυο υψηλής τάσης μέσω του νέου υποσταθμού της Μαρωνιάς όπως βλέπουμε στην εικόνα 4.2 και 4.3 που κατασκευάστηκε από τους επενδυτές με τις προδιαγραφές και την επίβλεψη της ΔΕΗ. Έτσι οι τρεις γραμμές μέσης τάσης 20 kV καταλήγουν στον υποσταθμό υψηλής όπου η τάση ανυψώνεται στα 150 kV . Στον υποσταθμό αυτό, με εγκατεστημένη ισχύ 50 MVA και με δυνατότητα τοποθέτησης και δεύτερου μετασχηματιστή $40/50\text{ MVA}$, συνδέονται οι αιολικοί σταθμοί μέσω εναέριου δικτύου μήκους 3 km που κατασκευάστηκε από τη ΔΕΗ με δαπάνες των επενδυτών.



Εικ. 4.3 Μετασχηματιστής υψηλής τάσης Μαρωνιάς.



Εικ. 4.4 Μετασχηματιστής υψηλής τάσης Μαρωνιάς.

4.7 Επαγόμενες διαταραχές.

Ένα ηλεκτρομαγνητικό φαινόμενο μεταδίδεται μέσω των τυλιγμάτων ενός μετασχηματιστή σε δίκτυα με διαφορετικές τάσεις. Οι διαταραχές αυτού του τύπου μπορεί να επηρεάσουν την λειτουργία των καταναλωτών, όπως για παράδειγμα η αναλαμπή των λαμπτήρων, βυθίσεις, διακοπές, αρμονικές κλπ .

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

ΓΕΙΩΣΕΙΣ

Κεφάλαιο 5^ο

ΓΕΙΩΣΕΙΣ

Γενικά.

Γείωση είναι η ένωση ενός κυκλώματος ή ενός μεταλλικού αντικειμένου με μια εγκατάσταση γείωσης. Εγκατάσταση γείωσης είναι ένα η περισσότερα ηλεκτρόδια γείωσης συνδεδεμένα. Το σύστημα γείωσης είναι ένα εγκατεστημένο κομμάτι της ανεμογεννήτριας και πρέπει να σχεδιάζεται για να καλύπτει τις τοπικές συνθήκες και διακυμάνσεις του περιβάλλοντος. Τα είδη των γειώσεων που έχουμε είναι τρία:

1. Γείωση λειτουργίας.
2. Γείωση προστασίας.
3. Γείωση του συστήματος αντικεραυνικής προστασίας.

Γείωση λειτουργίας είναι η γείωση ενός σημείου ενός ενεργού κυκλώματος π.χ γείωση ουδετέρου του M/Σ .

Γείωση προστασίας είναι η γείωση ενός μεταλλικού μέρους που δεν είναι στοιχείο ενεργού κυκλώματος π.χ γείωση του κελύφους μιας συσκευής. Η γείωση προστασίας μειώνει τις τάσεις επαφής. Η γείωση του συστήματος αντικεραυνικής προστασίας γίνεται με δυο τρόπους. Ανοιχτή (μέσω σπινθηριστών) ή συνεχής γείωση των προστατευτικών διατάξεων κατά των κεραυνών. Αυτές οι γειώσεις διοχετεύουν το ρεύμα των κεραυνών προς τη γη. Ανοικτές γειώσεις μειώνουν την ηλεκτροχημική διάβρωση και έχουμε περισσότερο χρόνο ζωής.

5.1 Συνδέσεις διάφορων εγκαταστάσεων σε κοινό γειωτή.

Σύμφωνα με τους κανονισμούς για να έχουμε μια ενιαία γείωση πρέπει η αντίσταση γείωσης να είναι 10Ω ενώ όταν έχουμε αντίσταση γείωσης μεγαλύτερη των 10Ω προσπαθούμε να πετύχουμε τη επιθυμητή τιμή επεκτείνοντας την γείωση μας μέχρι να φτάσουμε την επιθυμητή τιμή του 1Ω . Σε περίπτωση που δεν μπορούμε να φτάσουμε την επιθυμητή τιμή, έχουμε τις τρεις διαφορετικές γειώσεις ξεχωριστά.

Γειώσεις για την Μέση Τάση.

1. Στην έξοδο του υποσταθμού στον εναέριο στύλο της ΔΕΗ γειώνονται οι απαγωγείς της τάσης.
2. Στον μετασχηματιστή και στις κυψέλες Μέσης Τάσης γειώνονται τα μεταλλικά μέρη.
3. Στον μετασχηματιστή γειώνεται ο ουδέτερος κόμβος.
4. Στην εγκατάσταση γειώνεται το συλλεκτήριο σύστημα κεραυνών.
5. Ο ουδέτερος αγωγός του μετασχηματιστή γειώνεται στον πίνακα της Χαμηλής Τάσης.

5.2 Είδη γειώσεων.

Τα είδη των γειώσεων που θα χρησιμοποιηθούν είναι τα εξής:

1. Θεμελιακή γείωση.
2. Γείωση πλέγματος.

5.3 Γειωτής πλέγματος.

Πλέγμα από ταινίες με τετραγωνικά ανοίγματα πλάτους $0,7-2,0\text{ m}$ τοποθετείται οριζόντια σε βάθος $0,5-1,0\text{ m}$. Τα ελάχιστα πάχη είναι όπως στους γειωτές ταινίας. Το πλεονέκτημα των γειωτών πλέγματος είναι ότι οι βηματικές τάσεις στο έδαφος, επάνω από πλέγμα είναι αμελητέες. Επιτρέπονται προφανώς, και ανοίγματα μικρότερα από $0,7\text{ m}$. Αυτά όμως δεν έχουν μικρότερες βηματικές τάσεις απ' ότι πλέγματα με ανοίγματα $0,7\text{ m}$.

5.4 Θεμελιακή γείωση.

Η θεμελιακή γείωση είναι ένας γειωτής ταινίας που τοποθετείται στο κάτω μέρος των θεμελίων των πέλδων μέσα στο σκυρόδεμα. Η τοποθέτηση γίνεται στη βάση των πέλδων και είναι ένας κλειστός βρόχος. Επειδή το έδαφος και το σκυρόδεμα των θεμελίων είναι υγρό όλο το έτος συνήθως ο θεμελιακός γειωτής έχει σχετικά χαμηλή αντίσταση γείωσης. Τιμές των 2Ω δεν είναι σπάνιες. Το χαλύβδινο ηλεκτρόδιο τοποθετείται στο περιμετρικό θεμέλιο του κτιρίου. Σε περιπτώσεις που υπάρχει μόνωση κατά της υγρασίας το ηλεκτρόδιο πρέπει να τοποθετηθεί προς την πλευρά του εδάφους. Ο γειωτής πρέπει να περιβάλλεται από παντού από δονημένο σκυρόδεμα. Τοποθετείται σε ένα στρώμα πάχους τουλάχιστον $5cm$ γιατί αλλιώς διαβρώνεται. Μετά από την εκσκαφή των θεμελίων κατασκευάζεται μια στρώση από σκυρόδεμα πάχους $6-10cm$ όπως βλέπουμε στην παρακάτω εικόνα, εκεί μέσα τοποθετείται μια ταινία. Ακολούθως τοποθετείται ο οπλισμός των θεμελίων και χύνεται όλο το θεμέλιο. Η όρθια τοποθετημένη της ταινία εξασφαλίζει μια άνεση στην τοποθέτηση. Το σκυρόδεμα πρέπει να είναι αντοχής περιεκτικότητας $300kg$ τσιμέντου ανά m^3 . Η τοποθέτηση του γειωτή μέσα στο σκυρόδεμα στη βάση των θεμελίων εξασφαλίζει αντοχή στη διάβρωση και στις μηχανικές καταπονήσεις. Επιπλέον ο γειωτής είναι σε υγρό έδαφος όπου η αγωγιμότητα είναι μεγάλη. Στην περίπτωση των θεμελιακών γειώσεων συνδέονται στη θεμελιακή και τα αλεξικέρανα.



Εικ. 5.1 Κατασκευή θεμελίων.

5.5 Γειώσεις και συστήματα αντικεραυνικής προστασίας.

Οι γειώσεις του αιολικού πάρκου αποτελούνται από τέσσερα υποσυστήματα, τα οποία τελικά θα διασυνδεθούν:

- 1.Γειώσεις ανεμογεννήτριες και μετεωρολογικών ιστών.
- 2.Γείωση στον υποσταθμό.
- 3.Γειώσεις στους μετασχηματιστές.
- 4.Γειώσεις στα εσωτερικά δίκτυα Χαμηλής Τάσης και Μέσης Τάσης.

Αλεξικέρανα θα τοποθετηθούν, πέρα από τις ανεμογεννήτριες, στο κτίριο του υποσταθμού και στους μετεωρολογικούς ιστούς. Η σχεδίαση των γειώσεων και της αντικεραυνικής προστασίας αποτελεί αντικείμενο λεπτομερούς μελέτης, όπου θα συυπολογιστούν οι μετρήσεις ειδικής αντιστάσεως στη περιοχή του αιολικού πάρκου και οι απαιτήσεις ΔΕΗ. Ο σχεδιασμός θα γίνει με γνώμονα την άρτια και ασφαλή λειτουργία του εξοπλισμού, την προστασία του σε καταστάσεις σφαλμάτων και την προστασία του προσωπικού που έρχεται σε επαφή ή βρίσκεται στην ευρύτερη περιοχή του αιολικού σταθμού. Όλα τα σημεία εγκατάστασης, όπου θα μπορούσε να αναπτυχθεί υπέρταση, με κίνδυνο τη σωματική βλάβη του προσωπικού, θα συνδεθούν στο σύστημα γείωσης. Όμοια στη βάση του πυλώνα, στο δάπεδο του υποσταθμού και στους κλωβούς των μετασχηματιστών ανύψωσης θα τοποθετηθεί γειωμένο ισοδυναμικό πλέγμα ικανό να αποτρέψει την ανάπτυξη επικίνδυνης βηματικής τάσης.

5.6 Γείωση του αιολικού πάρκου.

Θα υπάρξει δίκτυο γειώσεων για την προστασία του πάρκου. Σε κάθε ανεμογεννήτρια θα τοποθετηθεί θεμελιακή γείωση και γείωση πλέγματος. Δύο δακτυλίδια διαφορετικής διαμέτρου ($100mm^2$) για την θεμελιακή γείωση και ταινία ($30x3 mm^2$) για την δημιουργία του ισοδυναμικού πλέγματος. Και η ταινία και τα δακτυλίδια θα είναι χάλκινα. Το πλέγμα τοποθετείται μέσα στο δάπεδο του πυλώνα (μπετόν) σε βάθος $5cm$ έως $10 cm$ και στηρίζεται με κατάλληλα στηρίγματα και εξαρτήματα σύνδεσης. Τα δακτυλίδια τοποθετούνται (σε διαφορετικό ύψος) το ένα μέσα στη διάμετρο του πυλώνα σε απόσταση $1m$ απ' τον πυλώνα (εσωτερικά του πυλώνα) και σε βάθος $0,5m$ τουλάχιστον ή και περισσότερο και το άλλο απ' έξω (εξωτερικά του πυλώνα), γύρω από τον πυλώνα της ανεμογεννήτριας σε απόσταση $1m$ από τον πυλώνα και σε βάθος $1m$ (ή και περισσότερο). Και τα δυο σχηματίζουν ένα κλειστό βρόχο. Και τα δυο δακτυλίδια τοποθετούνται μέσα στο σκυρόδεμα. Η θεμελιακή γείωση και η γείωση πλέγματος θα ενισχυθούν με την σύνδεσή τους με τον οπλισμό του πέδιλου της ανεμογεννήτριας και με τέσσερα (4) χάλκινα ηλεκτρόδια γείωσης $6 m$ ($\Phi 16$) από δύο σε κάθε δακτυλίδι. Πάνω στην άτρακτο της ανεμογεννήτριας υπάρχει αλεξικέραυνο, το οποίο συνδέεται με την γεννήτρια, τον πίνακα και όλα τα μεταλλικά μέρη της ανεμογεννήτριας. Ο αγωγός που συνδέει όλα τα παραπάνω, καταλήγει στην θεμελιακή γείωση μέσω δύο σπινθηριστών. Για την προστασία του αιολικού πάρκου από κάθε είδος υπερτάσεις θα συνδεθούν αντικεραυνικά συστήματα στους πίνακες Χαμηλής Τάσης και Μέσης Τάσης. Επίσης θεμελιακή γείωση, οποία τοποθετείται μέσα στο σκυρόδεμα σε βάθος $1m$ και σε απόσταση από τους τοίχους $1m$ γίνεται και στον υποσταθμό του αιολικού πάρκου. Παράλληλα τοποθετείται και ισοδύναμο πλέγμα γείωσης με τετραγωνικά ανοίγματα πλάτους ($0,7m$) εντός του δαπέδου του υποσταθμού σε βάθος $5 cm$ έως $10 cm$, το οποίο ενισχύεται με τέσσερα ηλεκτρόδια γείωσης στις κορυφές του. Για την δημιουργία του πλέγματος τοποθετείται ταινία $Cu 30x3mm^2$. Στο σύστημα γείωσης του υποσταθμού και των ανεμογεννητριών του αιολικού πάρκου εξέχουν διάφορες αναμονές γείωσης. Πάνω στις αναμονές αυτές, οι οποίες βρίσκονται $30 cm$ από το δάπεδο, συνδέεται μια ταινία περιμετρικά του οικίσκου ελέγχου ενώ όλα τα μεταλλικά μέρη του υποσταθμού συνδέονται σε αυτή, π.χ η πόρτα, ο πίνακας Μέσης Τάσης, ο πίνακας Χαμηλής Τάσης του υποσταθμού κ.λ.π. Επίσης, ακριβώς οι ίδιες συνδέσεις γίνονται και εντός της ανεμογεννήτριας.



Εικ. 5.2 Οπλισμός βάσης της ανεμογεννήτριας .

5.7 Διαστάσεις αγωγού γείωσης.

Οι διαστάσεις των αγωγών γείωσης και γενικότερα ο τρόπος γείωσης θα είναι τέτοιος ώστε να επιτευχθεί ικανοποιητική τιμή αντίστασης γείωσης (1Ω). Όλες οι παραπάνω γειώσεις θα είναι συνδεδεμένες με υπόγειο χάλκινο επικασιτερωμένο αγωγό ($95 mm^2 Cu$) ο οποίος τοποθετείται σε βάθος $0,6m$ και διατρέχει εντός του καναλιού διελεύσεως των καλωδίων σε όλο το μήκος του αιολικού πάρκου (κεντρικός αγωγός γειώσεων). Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται ενίσχυση της γειώσεως του αιολικού πάρκου.

5.8 Γείωση του κυκλώματος ισχύος.

Η γείωση των καλωδίων ισχύος γίνεται (όπου εφαρμόζεται), με γειωτή που είναι επιθυμητό να έχει αντίστοιχη ικανότητα ζεύξης στο βραχυκύκλωμα. Ο χειρισμός του γειωτή αυτού θα είναι μηχανικά μανδάλωμένος με τον

διακόπτη φορτίου. Δηλαδή ο χειρισμός του γειωτή θα είναι δυνατός μόνο όταν ο αντίστοιχος διακόπτης φορτίου θα είναι στη θέση ανοικτός. Η λειτουργία του γειωτή θα είναι εξαρτημένη χειροκίνητη.

5.9 Τρόποι βελτίωσης της αντίστασης γείωσης.

Αν η αντίσταση γείωσης δεν είναι ικανοποιητική, τότε το σύστημα γείωσης μπορεί να βελτιωθεί με τους εξής τρόπους:

1. Βάζουμε δύο ηλεκτρόδια γείωσης μεγαλύτερα από 6 m τα οποία είναι 10 m το κάθε ένα.
2. Δύο επιπλέον ηλεκτρόδια γείωσης πρέπει να προστεθούν και να τοποθετηθούν 90° το ένα από το άλλο.
3. Τοποθετούμε ειδικά βελτιωτικά υλικά γείωσης.
4. Επέκταση των γειώσεων σε μεγαλύτερη επιφάνεια.

5.10 Τέλειες ηλεκτρικές συνδέσεις.

Η μέθοδος της αλουμινοθερμικής συγκόλλησης είναι ένας οικονομικός τρόπος ηλεκτρικών συνδέσεων. Η σύνδεση πραγματοποιείται με την τήξη των υπό σύνδεση αγωγών με μια ενιαία μάζα και δεν έχει καμία σχέση με την συγκόλληση δύο αγωγών με λιωμένο μέταλλο ή μηχανικό σύνδεσμο, έχοντας ικανότητα διελεύσεως (ρεύματος) μεγαλύτερης από τον αγωγό. Η σύνδεση πραγματοποιείται με εξώθερμη αντίδραση που παράγει έναν υπέρθερμο λιωμένο χαλκό που τήκει τα άκρα των υπό σύνδεση μεταλλικών επιφανιών τα οποία συγκολλούνται μεταξύ τους με μια ενιαία μάζα. Από τα βασικά πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου είναι ότι πραγματοποιούνται με τον ίδιο τρόπο ηλεκτρικές συνδέσεις χάλυβα-χάλυβα, χαλκού-χάλυβα, αλουμινίου-χαλκού, αλουμινίου-αλουμινίου, χωρίς να απαιτείται εξωτερική πηγή θερμότητας ή ενέργειας. Το απαιτούμενο υλικό συγκόλλησης που είναι κατασκευασμένο σε πλαστικά κυάθια τοποθετείται στο χώρο τήξεως του καλουπιού. Το υλικό αυτό σκεπάζεται με υλικό αρχικής ενάυσεως που με την βοήθεια ειδικού αναπτήρα αναφλέγεται και μεταδίδει την ανάφλεξη στο συγκολλητικό υλικό. Η αναπτυσσόμενη θερμότης, τήκει τον δίσκο που κλείνει την δίοδο στο χώρο που ευρίσκονται τα προς σύνδεση μεταλλικά μέρη, που είναι κατάλληλα διαμορφωμένος να δεχθεί την απαιτούμενη ποσότητα του συγκολλητικού υλικού. Παρακάτω βλέπουμε τα πλεονεκτήματα της μεθόδου.

Πλεονεκτήματα της μεθόδου.

1. Έχει ικανότητα διέλευσης ρεύματος μεγαλύτερης τιμής από το ρεύμα που διαρρέει τους συγκολλημένους αγωγούς.
2. Δεν διαβρώνεται με την πάροδο του χρόνου.
3. Είναι μόνιμη σύνδεση η οποία δεν κόβεται.
4. Αντέχει σε επαναλαμβανόμενα σφάλματα.
5. Έχει χαμηλό κόστος εγκατάστασης.
6. Εκτελείται με φθηνό και ελαφρύ εξοπλισμό.
7. Εκτελείται σε πολύ μικρό χρόνο στο χώρο του έργου.
8. Δεν απαιτείται ειδικευμένος τεχνίτης για την πραγματοποίηση της συγκόλλησης.
9. Δεν απαιτείται εξωτερική πηγή ενέργειας.
10. Αρκεί μόνο οπτικός έλεγχος της ποιότητας της συγκόλλησης, λόγω της μεγάλης ποικιλίας μορφών συνδέσεων που πρακτικά είναι απεριόριστες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο

ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ

Κεφάλαιο 6^ο

ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ

Γενικά.

Στο συγκεκριμένο πρότυπο δίδοντας δεδομένα όπως, την χρήση της κατασκευής, τις διαστάσεις της, την γεωγραφική της θέση κ.λ.π και λαμβάνοντας διάφορες παραμέτρους βαρύτητας από αντίστοιχους πίνακες, εξάγεται κάποιο αποτέλεσμα με την βοήθεια του οποίου τεκμηριώνεται η τελική απόφαση. Αφού έχουμε κατατάξει την υποψήφια κατασκευή σε κάποια εκ των σταθμών προστασίας προβαίνουμε στον σχεδιασμό και την υλοποίηση της εγκατάστασης του ΣΑΠ.

6.1 Συλλεκτήριο σύστημα.

Το συλλεκτήριο σύστημα έχει σαν σκοπό τη συλλογή του κεραυνικού ρεύματος και τη διοχέτευση του με ασφάλεια μέσω των αγωγών καθόδου στο σύστημα γείωσης. Μπορεί να σχεδιασθεί ανεξάρτητα ή σε συνδυασμό, σύμφωνα με τις παρακάτω μεθόδους:

- 1.Γωνία προστασίας.
- 2.Κυλιόμενη σφαίρας.
- 3.Βρόχου.

Το συλλεκτήριο σύστημα μπορεί να αποτελείται από οποιοδήποτε συνδυασμό των ακόλουθων στοιχείων:

1.Ράβδων

Η τοποθέτηση τους γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να παρέχουν προστασία υπό μία γωνία, η οποία εξαρτάται από την υψομετρική διαφορά μεταξύ αυτών και της υπό προστασία επιφάνειας και της στάθμης προστασίας, όπως φαίνεται στον Πίνακα 6.1 που ακολουθεί.

2.Τεταμένων συρμάτων.

Ισχύουν ανάλογα με τα των μεταλλικών ράβδων.

3.Πώματος αγωγών.

Πλέγμα συνήθως από αγωγούς κυκλικής διατομής, οι οποίοι τοποθετούνται επί του δώματος ή επί της στέγης. Η διαστασιολόγηση του βρόχου εξαρτάται από την στάθμη προστασίας, σύμφωνα με τον Πίνακα 6.1 που ακολουθεί. Στον Πίνακα 6.1 που ακολουθεί δίδεται η διαστασιολόγηση των αγωγών που χρησιμοποιούνται στο συλλεκτήριο σύστημα (έχει τυποποιηθεί προς διευκόλυνση της εγκατάστασης) και ταυτόχρονα προτείνεται για κάθε περιβάλλον το κατάλληλο υλικό.

Πίνακας 6.1.

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	ΥΛΙΚΟ ΑΓΩΓΩΝ	ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ
Ρυτιγόνο Παραθαλάσσιο.	Χαλκός.	Μονόκλωνος Φ8mm Πολύκλωνο 50mm ²
Ηπειρωτικά.	Χάλυβας επιψευδαργυρωμένος.	Φ8mm.
	Κράμα αλουμινίου. Κράμα αλουμινίου.	Φ9mm.

Ο αγωγός χαλκού μπορεί να έχει εφαρμογή σε όλες τις εγκαταστάσεις αντικεραυνικής προστασίας παρέχοντας μακροζωία στο σύστημα αντικεραυνικής προστασίας. Η στήριξη των παραπάνω αγωγών γίνεται ανά 1m περίπου και οπωσδήποτε σε κάθε αλλαγή κατευθύνσεως του αγωγού. Υπάρχουν για κάθε επιφάνεια τα κατάλληλα στηρίγματα. Το υλικό των στηριγμάτων πρέπει να είναι ίδιο με εκείνο του αγωγού προκειμένου να αποφεύγονται γαλβανικά φαινόμενα, διότι σε σύντομο χρονικό διάστημα θα υπάρξει διάβρωση είτε στον αγωγό είτε στο στηρίγμα. Η ανωτέρω αρχή βρίσκει εφαρμογή και στα λοιπά υλικά της αντικεραυνικής προστασίας. Προσοχή θα πρέπει να δίδεται στην σωστή επιλογή των στηριγμάτων τα οποία τοποθετούνται στο δώμα, θα πρέπει να αποφεύγονται όσα για την στήριξη τους απαιτείται η διάτρηση της μόνωσης. Εάν παρ' όλα αυτά θα απαιτηθεί το άνοιγμα οπής και θα πρέπει να λαμβάνονται μέτρα αποκατάστασης της στεγανότητας εκεί όπου

τοποθετήθηκε το στήριγμα. Έτσι πχ, σε περίπτωση εγκατάστασης στηρίγματος σε οριζόντια επιφάνεια, θα πρέπει να γίνει χρήση της ροδέλας στεγανοποίησης. Η πιο σωστή λύση είναι να χρησιμοποιούνται στηρίγματα μονωμένου δώματος. Κάθε 20m περίπου ευθείας αγωγού καθώς επίσης και σε κάθε διασταύρωση αγωγών, τοποθετείται συστολοδιαστολικό για αγωγούς χαλύβδινους θερμά επιψευδαργυρωμένους και για αγωγούς χάλκινους. Οτιδήποτε αγωγίμο υπέρκειται της σκεπής ή του δώματος (πύργοι ψύξης, σωληνώσεις κ.λ.π) θα πρέπει να συνδέεται αγωγίμο με το συλλεκτήριο αγωγό μέσω κατάλληλων συνδέσμων όπως για παράδειγμα για χαλύβδινες επίπεδες επιφάνειες, για χάλκινες επίπεδες επιφάνειες κ.λ.π, και μέσω κατάλληλων περιλαίμιων όπως για παράδειγμα για τις σωληνώσεις κ.λ.π. Σε μη αγωγίμες εξάρσεις (καμινάδες, δώμα κ.λ.π) συνήθως τοποθετείται ακίδα επί της άνω επιφάνειας αυτών η οποία γεφυρώνεται με το κύριο συλλεκτήριο σύστημα, μέσω αγωγού ιδίων διαστάσεων και υλικού με τους αγωγούς του κύριου συλλεκτήριου συστήματος, είτε δημιουργούνται βρόχοι οι οποίοι μέσω τουλάχιστον δύο αγωγών καθόδου συνδέονται με το κύριο συλλεκτήριο σύστημα επίσης. Εάν δεν είναι δυνατή η χρήση εξαρτημάτων του ίδιου υλικού, για την αποφυγή ηλεκτροχημικής διάβρωσης μεταξύ διαφορετικών υλικών π.χ. χάλκινων και επιψευδαργυρωμένων, θα πρέπει να παρεμβάλλεται διμεταλλική επαφή.

6.2 Αγωγοί καθόδου.

Οι αγωγοί καθόδου έχουν ως σκοπό να οδηγούν το κεραυνικό ρεύμα, με ασφάλεια από το συλλεκτήριο στο σύστημα γείωσης. Τοποθετούνται είτε περιμετρικά στις εξωτερικές παράπλευρες επιφάνειες του κτιρίου, είτε εγκιβωτισμένοι στο σκυρόδεμα των υποστυλωμάτων της κατασκευής.

6.3 Τοποθέτηση των αγωγών καθόδου στις εξωτερικές παράπλευρες επιφάνειες.

Οι αγωγοί που χρησιμοποιούνται είναι ίδιου υλικού με τους αγωγούς του συλλεκτηρίου. Η στήριξη των αγωγών καθόδου γίνεται κατά ανάλογο τρόπο με την στήριξη των αγωγών του συλλεκτηρίου. Ένα έως δύο μέτρα περίπου πριν από την είσοδο του αγωγού καθόδου στο έδαφος τοποθετείται λυόμενος σύνδεσμος για χαλύβδινους αγωγούς ή για χάλκινους που σκοπό έχει τον διαχωρισμό του συλλεκτηρίου συστήματος και των αγωγών καθόδου από το σύστημα γείωσης, για την μέτρηση του τελευταίου και την συντήρηση γενικώς του συστήματος αντικεραυνικής προστασίας. Στις περιπτώσεις όπου θέλουμε να προστατεύσουμε τον αγωγό καθόδου από μηχανικές καταπονήσεις αντί του λυόμενου συνδέσμου τοποθετούμε προστατευτικό αγωγό διαμέτρου $\Phi 16mm$ χαλύβδινο θερμά επιψευδαργυρωμένο ή χάλκινο. Η χρησιμοποίηση ως μηχανική προστασία σωλήνας πλαστικής ή μεταλλικής δεν ενδείκνυται, διότι δεν επιτρέπει τον οπτικό έλεγχο του αγωγού της καθόδου. Άλλη δυνατότητα προστασίας από μηχανικές καταπονήσεις του αγωγού καθόδου είναι η τοποθέτηση αντί του προστατευτικού αγωγού ταινίας $30 \times 3,5 mm$ και χρήση λυόμενου συνδέσμου. Κατά την είσοδο των αγωγών στο έδαφος θα πρέπει να επενδύονται με αντιδιαβρωτική ταινία 20-30 cm, πριν και μετά την είσοδο τους στο έδαφος, προς αποφυγή της διάβρωσης των αγωγών σε εκείνο το σημείο. Κατά ανάλογο τρόπο ενεργούμε γενικώς όταν αγωγοί αλλάζουν μέσο όπως για παράδειγμα από το μπετόν στο έδαφος. Για την αποφυγή της ηλεκτροχημικής διάβρωσης ισχύουν τα ίδια που αναφέρονται στην παράγραφο του συλλεκτηρίου συστήματος.

6.4 Σύστημα γείωσης.

Σκοπός του συστήματος γείωσης είναι να επιτυγχάνει την διάχυση του κεραυνικού ρεύματος μέσα στη γη με ταχύτητα και ασφάλεια χωρίς να δημιουργούνται επικίνδυνες υπερτάσεις στο χώρο όπου είναι κατασκευασμένη. Η απαίτηση της τιμής της αντίστασης του συστήματος γείωσης είναι είτε κάτω από 10 Ω, είτε ένα ελάχιστο μήκος γειωτή. Ελάχιστο μήκος ηλεκτροδίων γείωσης τοποθετημένων οριζοντίως, ανάλογα με τη στάθμη προστασίας και την ειδική αντίσταση του εδάφους. Για κατακόρυφα ηλεκτρόδια ισχύει το ήμισυ του μήκους.

Τα παραπάνω μπορούν να επιτευχθούν είτε τοποθετώντας σε κάθε κάθοδο ηλεκτρόδια όπως:

- 1.Ραβδοειδείς (σταυρού θερμά επιψευδαργυρωμένα, κυκλικής διατομής ηλεκτρολυτικός επιχαλκωμένα).
- 2.Πλάκες θερμά επιψευδαργυρωμένες ή χάλκινες.
- 3.Ταινίες θερμά επιψευδαργυρωμένες ή χάλκινες.
- 4.Γειωτές τύπου " E " θερμά επιψευδαργυρωμένοι ή χάλκινοι.
- 5.Είτε κατασκευάζοντας περιμετρική ή θεμελιακή γείωση.

6.5 Εσωτερικό σύστημα αντικεραυνικής προστασίας (ΣΑΠ).

Το Εσωτερικό ΣΑΠ σκοπό έχει την μείωση των τάσεων που αναπτύσσονται κατά την διάρκεια κεραυνικού πλήγματος επί της κατασκευής ή πλησίον αυτής, στις ηλεκτρικά αγώγιμες εγκαταστάσεις της σε αποδεκτά επίπεδα έτσι ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος ανάπτυξης επικίνδυνων σπινθήρων ή τάσεων επαφής. Η μείωση των τάσεων επιτυγχάνεται με ισοδυναμικές, Συνδέσεις και τους απαγωγούς κρουστικών υπερτάσεων.

6.6 Ισοδυναμικές συνδέσεις.

Ο σκοπός των ισοδυναμικών συνδέσεων είναι να μειώσουν τις διαφορές δυναμικού μεταξύ των μεταλλικών μερών και εγκαταστάσεων στο εσωτερικό του υπό προστασία χώρου και να μειώσουν το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο που δημιουργείται κατά την άμεση ή έμμεση κεραυνοπληξία εντός αυτού. Ο εσωτερικός χώρος του υπό προστασία χώρου πρέπει να διαιρεθεί σε ζώνες αντικεραυνικής προστασίας (ΖΑΠ) ανάλογα με τα εγκατεστημένα μηχανήματα προκειμένου να ορισθούν χώροι διαφορετικής επίδρασης κεραυνικής ηλεκτρομαγνητικής κρούσης. Εάν απαιτείται μία επιπλέον μείωση των επαγόμενων ρευμάτων και ή του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου, πρέπει να δημιουργούνται συμπληρωματικές ζώνες. Στα όρια των ζωνών αντικεραυνικής προστασίας (ΖΑΠ) τοποθετούνται ισοδυναμικοί ζυγοί πάνω στους οποίους γεφυρώνονται τα μεταλλικά μέρη και οι εγκαταστάσεις που διασχίζουν τα όρια των ζωνών (μεταλλικές σωλήνες, καλωδιώσεις κ.λ.π) με τη χρήση κατάλληλων περιλαίμιων και συνδέσμων. Προτείνεται ο ισοδυναμικός ζυγός σχήματος ταινίας για την ελαχιστοποίηση των ηλεκτρομαγνητικών κρούσεων. Υπάρχουν διάφοροι τύποι τέτοιων ισοδυναμικών ζυγών κ.λ.π. Οι ισοδυναμικές συνδέσεις πραγματοποιούνται είτε μέσω γυμνών αγωγών είτε μέσω καλωδίων και εάν είναι απαραίτητο μέσω απαγωγών κρουστικών υπερτάσεων και υπερεντάσεων.

6.7 Προστασία έναντι κεραυνών.

Το σύστημα προστασίας της ανεμογεννήτριας από τους κεραυνούς επιτρέπει στο ρεύμα (από κεραυνό) να φτάσει στη γη με την βοήθεια κατάλληλων επαφών χωρίς να περάσουν μέσα από ρουλεμάν, συνδέσμους και το ηλεκτρικό κύκλωμα. Το κάλυμμα της νασέλλας πρέπει να δρα σαν κλωβός προκειμένου να προστατεύει κατά τον κεραυνό τα όργανα που βρίσκονται μέσα σ' αυτήν. Στην οροφή της τοποθετείται αντικεραυνική μπάρα. Όλο το σύστημα αντικεραυνικής προστασίας πρέπει να είναι ικανό να αντεπεξέλθει σε κτύπημα κεραυνού με τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

1. μέγιστο ρεύμα: 100 kA.
2. ηλεκτρικό φορτίο: 200Cb.

Το ηλεκτρικό σύστημα της ανεμογεννήτριας διαθέτει προστασία έναντι υπερτάσεων και υπερρευμάτων που προκαλούνται από κεραυνό.

6.8 Το σύστημα αντικεραυνικής προστασίας της E-40.

Η E-40 είναι εξοπλισμένη με το σύστημα αντικεραυνικής προστασίας της ENERCON το οποίο εκτρέπει τα χτυπήματα των κεραυνών μακριά από την ανεμογεννήτρια χωρίς να προκληθεί ζημιά στα πτερύγια ή το υπόλοιπο τμήμα της μηχανής. Αυτό επιτυγχάνεται καθώς το σύστημα κατευθύνει τον κεραυνό από τα πτερύγια του ρότορα ή από την υψηλότερη επιφάνεια της άτρακτου μέσα στο έδαφος. Η μονάδα «εξωτερικής αντικεραυνικής προστασίας» περιλαμβάνει ειδικότερα σύστημα αντικεραυνικής προστασίας στα πτερύγια του ρότορα και σύστημα εκτροπής του ρεύματος του κεραυνού. Τα πεδία παρεμβολής καθώς και οι τάσεις παρεμβολής μέσα στην ανεμογεννήτρια μειώνονται, λόγω του συστήματος εξωτερικής αντικεραυνικής προστασίας. Με τον τρόπο αυτό, αποκλείεται η διείσδυση μεγαλύτερης ποσότητας ρεύματος. Για ολοκληρωμένη προστασία τόσο του ηλεκτρικού όσο και του ηλεκτρονικού εξοπλισμού λαμβάνονται περαιτέρω μέτρα τα οποία αναφέρονται ως σύστημα «εσωτερικής αντικεραυνικής προστασίας».

6.9 Σύστημα αντικεραυνικής προστασίας των πτερυγίων του δρομέα.

Τα πτερύγια του δρομέα της ENERCON είναι εξοπλισμένα με ένα σύστημα ολοκληρωμένης αντικεραυνικής προστασίας, το οποίο σε περίπτωση κεραυνού αποτρέπει βλάβη των πτερυγίων ή το ενδεχόμενο πυρκαγιάς στην άτρακτο. Το σύστημα αντικεραυνικής προστασίας των πτερυγίων του ρότορα περιλαμβάνει τέσσερα στοιχεία:

1. Ακροπτερύγιο ως δομικό στοιχείο από αλουμίνιο.
2. Λάμα αλουμινίου στο χείλος προσβολής.
3. Λάμα αλουμινίου στο χείλος διαφυγής.
4. Αγωγίμο δακτυλίδι από αλουμίνιο κοντά στη βάση του πτερυγίου.

Το μεταλλικό (αλουμίνιο) τμήμα του ακροπερυγίου, το οποίο είναι αγωγίμο, έχει υποστεί συγκόλληση με δύο λάμες αλουμινίου οι οποίες βαδίζουν επί της ακμής διαφυγής και της ακμής προσβολής. Η λάμα αλουμινίου, που βρίσκεται κατά μήκος της ακμής διαφυγής του περυγίου του ρότορα, είναι ενσφηνωμένη απ' ευθείας στην επιφάνεια. Η λάμα του αλουμινίου της ακμής προσβολής περνά σε μικρή απόσταση κάτω από την ακμή προσβολής. Ένα αγωγίμο μεταλλικό δακτυλίδι, επίσης από αλουμίνιο, που βρίσκεται κοντά στη βάση του περυγίου του δρομέα συνδέει τις λάμες της ακμής διαφυγής και της ακμής προσβολής και οδηγεί τον κεραυνό προς το σύστημα κεραυνικής προστασίας της ατράκτου. Το δακτυλίδι αυτό βρίσκεται σε ασφαλή απόσταση από τα αγωγίμα μέρη κοντά στη σύνδεση του περυγίου, έτσι ώστε το περύγιο από μόνο του να λειτουργεί «ηλεκτρικά μονωμένο». Δεδομένου ότι η κατεύθυνση του κεραυνού λαμβάνει χώρα στη βάση του περυγίου και όχι μέσω του συστήματος που φέρει τον πυλώνα και τον δρομέα, η φέρουσα το δρομέα κατασκευή προστατεύεται από την οποιαδήποτε ενδεχόμενη ζημία."

6.10 Εκτροπή του ρεύματος του κεραυνού.

Το ρεύμα μεταφέρεται από το περύγιο του ρότορα μέσω ενός σπινθηριστή στο μεταλλικό κέλυφος του δρομέα. Σε καθένα από τα τρία περύγια αντιστοιχεί ένας σπινθηριστής που βρίσκεται συνδεδεμένος στο κέλυφος του δρομέα. Κάθε σπινθηριστής αποτελείται από μία αλουμινένια ράβδο που έχει το ένα άκρο σε σχήμα κώνου ούτως ώστε στο σημείο αυτό το ηλεκτρικό πεδίο να είναι όσο το δυνατό υψηλότερο σε σχέση με το υπόλοιπο περιβάλλον. Το ρεύμα μεταφέρεται από το μεταλλικό κέλυφος του δρομέα στην άτρακτο με ένα δεύτερο δακτυλίδι και ένα δεύτερο σπινθηριστή. Η ρύθμιση αυτή επιτρέπει την κατεύθυνση του κεραυνού στην φέρουσα κατασκευή ανεξαρτήτως της θέσης του ρεύματος του δρομέα και της γωνίας ρεύματος του περυγίου. Ένα αλεξικέραυνο βρίσκεται επίσης στο οπίσθιο μέρος της επένδυσης της ατράκτου για να προστατεύει την άτρακτο και τις συσκευές μέτρησης. Το ρεύμα κατευθύνεται από τα αλεξικέραυνα στο κέλυφος της ατράκτου προς τον κύριο φορέα μέσω στατικών βραχιόνων στον άξονα και από εκεί μέσω ενός καλωδίου με διατομή $100 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$. Οι ατσάλινοι πύργοι είναι αγωγίμοι ούτως ώστε το ρεύμα να κατευθύνεται κατά μήκος αυτών. Στη βάση του πύργου ο κεραυνός γίνεται αγωγίμος μέσω δύο μεταλλικών στεφάνων. Η βάση είναι εξοπλισμένη με δύο δακτυλίδια γείωσης, εκ των οποίων το ένα βρίσκεται μέσα στη διάμετρο του πύργου και ένα απ' έξω. Δύο τμήματα γείωσης από τη βάση του πύργου και δύο τμήματα γείωσης από το εσωτερικό δακτυλίδι γείωσης οδηγούν στη γη, κάτι που εξασφαλίζει καλή επαφή με το έδαφος. Τα τμήματα γείωσης είναι επίσης συνδεδεμένα με τη θωράκιση της βάσης. Κάθε τμήμα έχει διατομή 100 mm^2 . Αν η βάση είναι εξοπλισμένη με πασσάλους γείωσης, οι πάσσαλοι αυτοί είναι επίσης συνδεδεμένοι με τα δακτυλίδια γείωσης. Η αντίσταση γείωσης της βάσης έχει υποστεί δοκιμές και δεν θα πρέπει να μην υπερβαίνει τα 2Ω .

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο

ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗΣ ΜΕ ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ

Κεφάλαιο 7^ο

ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗΣ ΜΕ ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ

7.1 Απαιτήσεις διασύνδεσης στο ηλεκτρικό σύστημα.

Ο τρόπος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από μια ανεμογεννήτρια παρουσιάζει μερικά πλεονεκτήματα (*ανεξάντλητη εγχώρια πηγή ενέργειας, χαμηλό κόστος (kwh) καθαρή πηγή ενέργεια*) και μερικά μειονεκτήματα κυριότερο των οποίων είναι η στοχαστική διαθεσιμότητα της ενέργειας του ανέμου. Αυτή η μη ελεγχόμενη διαθεσιμότητα της αιολικής ενέργειας ωθεί στην χρήση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από τον άνεμο για την εξοικονόμηση καυσίμου και όχι για αντικατάσταση μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ισχύος. Αυτό σημαίνει ότι τα συστήματα μετατροπής αιολικής ενέργειας σε ηλεκτρική ενδείκνυται να χρησιμοποιούνται παράλληλα με τα συμβατικά συστήματα. Σε περίπτωση αυτόνομης λειτουργίας αιολικών συστημάτων απαιτείται κάποια μορφή αποθήκευσης ενέργειας η οποία καθιστά το ολικό σύστημα οικονομικά ασύμφορο. Οι απαιτήσεις που πρέπει να καλύπτει ένα σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τον άνεμο, σε διασύνδεση με το ηλεκτρικό δίκτυο είναι οι ακόλουθες:

1. Υψηλός βαθμός αποδόσεως της ανεμογεννήτριας για όλη την περιοχή ισχύος.
2. Το δίκτυο πρέπει να απορροφά κάθε στιγμή τη μέγιστη δυνατή ισχύ από το σύστημα της ανεμογεννήτριας.
3. Η ηλεκτρική ισχύς που προσάγεται στο δίκτυο πρέπει να είναι απαλλαγμένη από παραμορφώσεις και χωρίς άεργο ισχύ.
4. Η απόρριψη μιας ή περισσότερων ανεμογεννητριών δεν πρέπει να διαταράσσει την λειτουργία του δικτύου.
5. Σφάλματα ή πλήρης πτώση τάση του δικτύου δεν πρέπει να προκαλούν βλάβες στο σύστημα της ανεμογεννήτριας.
6. Σφάλματα στο σύστημα της ανεμογεννήτριας δεν πρέπει να προκαλούν αστάθεια και υπερτάσεις στο δίκτυο.
7. Το σύστημα της ανεμογεννήτριας να είναι αξιόπιστο και να λειτουργεί με ελάχιστη συντήρηση.

7.2 Επιπτώσεις των ανεμογεννητριών στο ΣΗΕ.

Η ένταξη αιολικής παραγωγής σε ένα ΣΗΕ και ιδιαίτερα σε ένα αυτόνομο σύστημα, προϋποθέτει την προσεκτική εξέταση τεχνικών ζητημάτων, όπως:

A. Στο επίπεδο του ηλεκτρικού συστήματος:

1. Ευστάθεια του συστήματος.
2. Έλεγχος συχνότητας.
3. Ικανότητα προσαρμογής στις αυξομειώσεις της ηλεκτρικής ζήτησης.
4. Προδιαγραφές εξοπλισμού.

B. Στο επίπεδο της ηλεκτρικής διανομής:

1. Ρύθμιση τάσης, απώλειες στο δίκτυο.
2. Ποιότητα ηλεκτρικής παροχής.
3. Διαβάθμιση προστασιών.
4. Προδιαγραφές εξοπλισμού.

Η σύνδεση και η παράλληλη λειτουργία των ανεμογεννητριών στα δίκτυα των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας (ΣΗΕ), μπορεί να έχει δυσμενείς επιπτώσεις στους καταναλωτές, δηλαδή στην σταθερότητα και στη συνέχεια της τάσεως τροφοδοτήσεως. Επίσης μπορεί να έχει επιπτώσεις στην ασφάλεια των καταναλωτών και του προσωπικού εκμεταλλεύσεως που εργάζεται στα δίκτυα. Για το λόγο αυτό διεθνώς το θέμα αποτελεί αντικείμενο μελέτης με στόχο την έκδοση κανονισμών που θα καθορίζουν τις προϋποθέσεις υπό τις οποίες είναι επιτρεπτή η σύνδεση των μονάδων αυτών.

Οι διαταραχές που προκαλεί η παράλληλη λειτουργία των ανεμογεννητριών στο δίκτυο, μπορούν να διακριθούν σε δυο κατηγορίες:

A. Σε εκείνες που συμβαίνουν κατά την κανονική λειτουργία και οι οποίες συνίστανται βασικά σε διαταραχές της τάσεως του δικτύου. Οι διαταραχές αυτές μπορεί να προέρχονται:

1. Από την μεταβολή που προκαλείται στη ροή των φορτίων, όταν οι ανεμογεννήτριες τίθενται σε λειτουργία.
2. Από την ζεύξη-απόζευξη των ανεμογεννητριών (*απότομες μεταβολές βυθίσεις της τάσης*) καθώς και λόγω των συνεχών μεταβολών της παραγόμενης ισχύος, που οφείλεται στην αστάθεια του ανέμου (*συνεχείς διακυμάνσεις της ισχύος*).
3. Από παραμόρφωση της τάσεως λόγω των αρμονικών.

Β. Σε εκείνες που συμβαίνουν κατά την διάρκεια ανωμαλιών (*βραχυκυκλώματα*) του δικτύου, οπότε προκαλούνται:

1.Ανωμαλίες στην ορθή λειτουργία των προστασιών του δικτύου διανομής, οι οποίες γενικά έχουν επιλεγεί με την προϋπόθεση της ακτινικής λειτουργίας του δικτύου.

2.Την πρόσθετη καταπόνηση στοιχείων του δικτύου, δεδομένου ότι τα βραχυκυκλώματα του δικτύου θα τροφοδοτούνται από τις ανεμογεννήτριες.

3.Την πρόκληση ανωμαλιών σε περίπτωση απομονωμένης λειτουργίας. Η κατάσταση αυτή προκύπτει στην περίπτωση κατά την οποία ένα τμήμα του δικτύου διανομής απομονώνεται από την κύρια τροφοδότηση του και παραμένει τροφοδοτούμενο από τις ανεμογεννήτριες με τάση και συχνότητα που μπορεί να απέχουν σημαντικά από τις ονομαστικές του τιμές. Αυτό μπορεί να έχει ως συνέπεια να προκληθούν ανωμαλίες σε καταναλωτές του δικτύου ή ακόμη και ατυχήματα στο προσωπικό που θα αναλάβει την αποκατάσταση της ανωμαλίας.

7.3 Ταχείες μεταβολές της τάσεως.

Οι ταχείες μεταβολές της τάσεως μπορεί να δημιουργούνται κατά την ζεύξη και απόζευξη των ανεμογεννητριών στο δίκτυο καθώς και κατά την διάρκεια της λειτουργίας των ανεμογεννητριών στο δίκτυο λόγω των μεταβολών της παραγόμενης ισχύος, η οποία ακολουθεί τις μεταβολές του ανέμου.

7.4 Διαταραχές κατά την ζεύξη-απόζευξη.

Με την παραδοχή ότι η συχνότητα των ζεύξεων-αποζεύξεων της ανεμογεννήτριας δεν είναι μεγαλύτερη των τριών ανά ώρα, μπορεί να γίνονται αποδεκτές απότομες μεταβολές της τάσεως των οποίων το όριο δεν ξεπερνά το 5% της ονομαστικής υπό την προϋπόθεση ότι η μεταβατική κατάσταση δεν διαρκεί πέρα του 1sec. Για την διατήρηση της συχνότητας των ζεύξεων-αποζεύξεων στα όρια που προαναφέρονται, τίθεται συχνά σαν απαίτηση των ηλεκτρικών επιχειρήσεων, η πρόβλεψη των κατάλληλων μέτρων από τον κατασκευαστή της ανεμογεννήτριας.

7.5 Διαταραχές κατά την διάρκεια της λειτουργίας.

Οι διακυμάνσεις της τάσεως του δικτύου που προκαλούνται κατά την διάρκεια της λειτουργίας της ανεμογεννήτριας, μπορεί να είναι συνεχείς επί μεγάλα χρονικά διαστήματα ,ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του ανέμου στη συγκεκριμένη θέση εγκατάστασης της ανεμογεννήτριας. Οι μεταβολές αυτές είναι όμοιες με τις προκαλούμενες από κινητήρες κυμαινόμενου φορτίου που δημιουργούν τα γνωστά προβλήματα στο φωτισμό ή και σε άλλες συσκευές με τις μικρές σε εύρος αλλά μεγάλες σε συχνότητα διακυμάνσεις της τάσεως. Σύμφωνα με κάποιους κανονισμούς εάν γίνει δεκτό ότι συμβατικά οι απότομες μεταβολές κατά την λειτουργία από μηδενική στην πλήρη ισχύ της ανεμογεννήτριας, δεν είναι περισσότερες των 2 ανά πρώτο λεπτό, προκύπτει ένα όριο διακυμάνσεως 2%. Μια πρακτική προσέγγιση του θέματος, η οποία έχει προταθεί για ανεμογεννήτριες που συνδέονται στο δίκτυο *Χαμηλής Τάσης*, είναι το να υπολογίζεται η ανύψωση της τάσεως που προκαλείται κατά την είσοδο της ανεμογεννήτριας (*με πλήρη ισχύ*) και εάν αυτή είναι μικρότερη του 1%, το μάλλον πιθανό είναι η παράλληλη με το δίκτυο λειτουργία της να μην δημιουργεί προβλήματα. Εάν γίνεται υπέρβαση του ορίου αυτού ,είναι αναγκαία μια λεπτομερής εξέταση. Λεπτομερής εξέταση απαιτείται κατά κανόνα πάντοτε προκειμένου περι σχετικά μεγάλο μεγέθους ανεμογεννητριών που συνδέονται στο δίκτυο.

7.6 Έλεγχος τάσης δικτύου με το σύστημα της E-40.

Η παραδεκτή περιοχή λειτουργίας για την παράλληλη λειτουργία με το δίκτυο οριοθετείται από την ελάχιστη και μέγιστη τιμή της τάσης του δικτύου που δίδονται από την *ΔΕΗ*. Αυτές οι δυο οριακές τιμές, υπόταση (*under voltage*) και υπέρταση (*over voltage*), μπορούν να ρυθμιστούν ξεχωριστά ή μια από την άλλη. Ο χρόνος που απαιτείται για την περίοδο μέτρησης μπορεί επίσης να ρυθμιστεί σύμφωνα με αυτές της *ΔΕΗ*.

7.7 Ισχύς εξόδου εξαρτώμενη από το δίκτυο.

Η τάση του δικτύου μετρείται και παρακολουθείται συνεχώς. Αν η τάση αυξηθεί, για παράδειγμα λόγω έλλειψης καταναλωτών κατά τη διάρκεια της νύχτας, η ισχύς εξόδου μειώνεται αμέσως. Το ρεύμα που παρέχεται στο σύστημα ρυθμίζεται από ένα βρόγχο ελέγχου τόσο γρήγορα για να μη παρατηρηθεί υπέρταση. Ο αισθητήρας της ενεργού τάσης ενεργεί έτσι ώστε να παραχθεί η μέγιστη ισχύ που μπορεί το σύστημα να λάβει εκείνη τη στιγμή. Με άλλα λόγια, η ενεργός ισχύς μειώνεται για να ταιριάζει στην δεκτικότητα του δικτύου. Μ' αυτό τον

τρόπο δεν είναι ανάγκη να σταματήσουν την λειτουργία τους όλες οι ανεμογεννήτριες μαζί. Η E-40 ρυθμίζει από μόνη της τα ασθενή δίκτυα, όπως τα δίκτυα των αυτόνομων ελληνικών νησιών.

7.8 Έλεγχος συχνότητας δικτύου.

Η ελάχιστη και μέγιστη συχνότητα λειτουργίας παράλληλα με το σύστημα μπορούν να τεθούν σε οριακές τιμές. Αν η συχνότητα κάτω από ή αυξηθεί πάνω από αυτά τα όρια, η εγκατάσταση (αιολικό πάρκο) θα αποσυνδεθεί από το δίκτυο αμέσως. Μέσω της ελεγχόμενης λειτουργίας της τάσης της E-40 επιτυγχάνεται μια σταθερότητα στην συχνότητα του δικτύου.

7.9 Έλεγχος άεργου ισχύος.

Η φασική γωνία ($\cos\phi$) ανάμεσα στην τάση και ένταση τροφοδοσίας του συστήματος μπορούν να επιλεγούν μέσω εισαγωγής κάποιων στοιχείων. Αν τα στοιχεία αυτά δεν υπάρχουν τότε η E-40 αυτόματα θεωρεί $\cos\phi = 1$. Σ' αυτή την περίπτωση, μόνο η πραγματική ισχύς θα τροφοδοτήσει το δίκτυο. Το $\cos = 1$ θα παραμείνει σταθερό σε όλη την περιοχή ισχύος από 0 έως 500 kW. Υπάρχει επίσης η πιθανότητα:

1. Να επιλεγεί άλλο $\cos\phi$ π.χ 0,95 επαγωγικό ή 0,9 χωρητικό, για όλη την περιοχή ισχύος.

2. Να χρησιμοποιηθεί η E-40 ως μια δυναμική αντισταθμιστική συσκευή για σταθερότητα του δικτύου.

Σε αυτή την περίπτωση ένα επιθυμητό $\cos\phi$ θα τεθεί μέσω των στοιχείων του πίνακα διανομής και περίπου χωρίς χρονική καθυστέρηση η E-40 θα ακολουθήσει το καθορισμένο $\cos\phi$. Με την E-40, το πραγματικό και το φανταστικό μέρος της έντασης του ρεύματος μπορεί να ελεγχθεί δυναμικά.

7.10 Συντονισμός συχνότητας δικτύου.

Η μορφή του ρεύματος που παρέχεται στο σύστημα δημιουργείται εξ' ολοκλήρου σε μια ημιτονοειδή μορφή με 50 Hz. Μια μεταβολή στη σύνθετη αντίσταση του συστήματος δεν μπορεί να μεταβάλλει τη μορφή του ρεύματος. Πρακτικά μόνο ρεύμα με συχνότητα του δικτύου παρέχεται στο σύστημα. Δεν υπάρχουν παθητικές συσκευές διόρθωσης (πυκνωτές) με ευκρινή αντίσταση.

7.11 Αποσύνδεση (μικρής χρονικής διάρκειας) από το δίκτυο.

Η E-40 αποσυνδέεται αμέσως οπότε η τάση ή η συχνότητα πέφτει κάτω ή πάνω από τις συγκεκριμένες ελάχιστες ή μέγιστες τιμές ανάλογα. Καθώς δεν υπάρχουν πυκνωτές διόρθωσης η συχνότητα θα ελαττωθεί αμέσως και η E-40 θα αποσυνδεθεί από το δίκτυο μέσα σε 10 ms.

7.12 Σύνδεση του πάρκου με την ΔΕΗ.

Η σύνδεση του πάρκου με την ΔΕΗ γίνεται με εναέριο αγωγό ASCR 6 * (1 * 95 mm²) δυο αγωγοί σε κάθε φάση. Στην αναχώρηση αλλά και στην άφιξη η ΔΕΗ εγκαθιστά στον προκατασκευασμένο μεταλλικό πίνακα διακόπτη ισχύος, ηλεκτρονόμους, μετασχηματιστές και μετρητές. Οι ηλεκτρονόμοι του αιολικού πάρκου είναι σταθερού χρόνου και είναι ρυθμισμένοι αρκετά χαμηλά ώστε να προστατεύουν τους μετασχηματιστές από βραχυκυκλώματα. Οι μικρότεροι μετασχηματιστές έχουν ονομαστικό ρεύμα ίσο με 10% του ρεύματος της ρύθμισης των ηλεκτρονόμων. Από εκεί και κάτω πρέπει ο μετασχηματιστής με ιδιαίτερο μέσο προστασίας π.χ με ασφάλειες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο

ΤΟ ΑΥΤΟΝΟΜΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΗΣ ΚΡΗΤΗΣ

Κεφάλαιο 8^ο

ΤΟ ΑΥΤΟΝΟΜΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΗΣ ΚΡΗΤΗΣ

8.1 Γενικά.

Το αυτόνομο σύστημα της Κρήτης παρουσιάζει ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τα οποία το καθιστούν μοναδικό στην Ελλάδα. Έχει τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα ενός αυτόνομου νησιωτικού συστήματος με όλα τα μειονεκτήματα που αυτό συνεπάγεται, όπως θα δούμε παρακάτω, αλλά συνάμα έχει και χαρακτηριστικά τα οποία τα συναντάμε σε μεγάλα διασυνδεδεμένα δίκτυα π.χ βροχοειδή δίκτυα, δυο μεγάλους ατμοηλεκτρικούς σταθμούς βάσης κλπ. Έτσι μπορεί να μελετηθεί εύκολα και να βγουν συμπεράσματα ακόμη και για τα διασυνδεδεμένα δίκτυα. Η Κρήτη παρουσιάζει τα κοινά ενεργειακά προβλήματα όλων των νησιωτικών περιοχών, όπως:

1. Μεγάλη ενεργειακή εξάρτηση από το πετρέλαιο, σε σχέση με την ηπειρωτική Ελλάδα.
2. Υψηλοί ρυθμοί αύξησης ενεργειακής ζήτησης (διπλάσιοι του εθνικού μέσου όρου) που οφείλονται στην αλματώδη ανάπτυξη του βιοτικού επιπέδου και του τουρισμού.
3. Υψηλό κόστος ενέργειας (εκτός κόστους μεταφοράς) λόγω της υπερλειτουργίας των αεριοστροβιλικών μονάδων οι οποίες έχουν υψηλό κόστος λειτουργίας.
4. Μη σημαντικό φορτίο βάσης λόγω έλλειψης μεγάλων βιομηχανικών μονάδων.

8.2 Μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Στην Κρήτη υπάρχουν δυο ατμοηλεκτρικοί σταθμοί (ΑΗΣ). Ο πρώτος ατμοηλεκτρικός σταθμός της Κρήτης υπάρχει στα Λινοπεράματα Ηρακλείου και λειτουργεί από το 1965 (μέχρι τότε λειτουργούσαν μικροί τοπικοί σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στις μεγαλύτερες πόλεις της Κρήτης) ο οποίος έχει ονομαστική ισχύ 192,8 MW. Ο δεύτερος συμβατικός σταθμός είναι εγκατεστημένος στα Χανιά ο οποίος είναι λειτουργίας συνδυσασμένου κύκλου και έχει ονομαστική ισχύ 327,6MW. Επίσης υπάρχουν δυο μικροί υδροηλεκτρικοί σταθμοί στην Γεωργιούπολη (Χανιά) και στον Αλμυρό (Ηράκλειο) συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 0,6MW. Παράλληλα έχει εγκριθεί η κατασκευή ενός τρίτου ατμοηλεκτρικού σταθμού στον Αθρινόλακο (Σητεία) στον οποίο έχει ήδη κατασκευαστεί το πρώτο μέρος, παρ' όλες τις αντιδράσεις των οικολογικών ομάδων. Αυτές οι μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας υπήρχαν στην Κρήτη μέχρι και τα τέλη της δεκαετίας του 1980. Οι δεκαετία του 1990, όμως επιφύλασσε τρομακτικές αλλαγές στο ενεργειακό σκηνικό της Κρήτης. Από τις αρχές του 1990 άρχισε να διαφαίνεται ότι η αιολική ενέργεια, από τις ήπιες μορφές ενέργειας θα έπαιζε σημαντικό ρόλο στην ηλεκτροπαραγωγή της Κρήτης. Σε αυτό συνέβαλλε το γεγονός ότι η Κρήτη, μαζί με τα νησιά του Αιγαίου (κυρίως Κυκλάδες), την Εύβοια και μερικά μέρη της ηπειρωτικής Ελλάδας, παρουσιάζει πολύ καλό αιολικό δυναμικό. Αλλά εκτός από αυτό σπουδαίο ρόλο στην ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας στην Κρήτη έπαιξαν και Ευρωπαϊκά προγράμματα στήριξης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας καθώς και η μερική απελευθέρωση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που μέχρι τότε ήταν μονοπώλιο από την ΔΕΗ. Από 19/02/2001 η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από συμβατικές και μη πηγές ενέργειας απελευθερώθηκε πλήρως σύμφωνα με τις κοινοτικές οδηγίες και υπήρξε αμέσως έντονο ενδιαφέρον από τον ιδιωτικό τομέα. Παρακάτω θα δούμε στον πίνακα 8.1 για τις καταναλώσεις καυσίμων των μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη.

Πίνακας 8.1 Κατανάλωση καυσίμων.

ΜΟΝΑΔΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	ΕΤΟΣ 2002		ΕΤΟΣ 2001	
	ΜΑΖΟΥΤ 3500 (tn)	DIESEL (klit)	ΜΑΖΟΥΤ 3500 (tn)	DIESEL (klit)
ΑΤΜ ΜΟΝΑΔΑ				
No 1 ΛΙΝ	16.329,19		16.493,00	
No 2 & 3 ΛΙΝ	64.869,80		67.470,00	
No 4 ΛΙΝ	40.180,15		47.093,00	
No 5 ΛΙΝ	50.311,35		50.401,00	
No 6 ΛΙΝ	51.702,42		47.800,00	
ΣΥΝΟΛΟ ΑΤΜ.	224.022,90		229.257,00	
DIESEL				
No 1 ΛΙΝ	14.230,10	50,90		47,00
No 2 ΛΙΝ	14.453,80	49,20		58,90
No 3 ΛΙΝ	14.238,50	49,70		30,10
No 4 ΛΙΝ	11.336,00	60,60		60,50
ΣΥΝΟΛΟ DIESEL	54.258,40	210,40		196,50
ΑΕΡ ΜΟΝΑΔΑ				
No 1 ΛΙΝ		11.840,08		6.467,67
No 2 ΛΙΝ		13.528,39		6.520,50
No 3 ΛΙΝ		13.667,17		3.102,50
No 4 ΛΙΝ		14.274,90		4.657,50
No 1 ΧΑΝΙΑ		5.767,07		2.151,75
No 11 ΧΑΝΙΑ		66.289,56		50.688,46
No 12 ΧΑΝΙΑ		54.506,00		43.679,70
No 4 ΧΑΝΙΑ		13.062,90		5.722,86
No 5 ΧΑΝΙΑ		22.814,89		11.373,17
No 6 ΧΑΝΙΑ		78.070,71		95.767,22
No 7 ΧΑΝΙΑ		78.668,23		84.961,67
Σ.Κ ΧΑΝΙΑ		156.738,93		180.728,89
ΣΥΝ. ΑΕΡ.		372.489,89		315.122,99
ΓΕΝ. ΣΥΝΟΛΟ		372.700,89	270.629,00	315.319,49

8.3 Η ανάπτυξη σταθμών από ΑΠΕ στην Κρήτη.

Η ανάπτυξη σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) αποτελεί υψηλή προτεραιότητα για την Κρήτη. Στον τομέα αυτόν τα τελευταία χρόνια έχει σημειωθεί μεγάλη πρόοδος. Είναι γνωστό ότι το δυναμικό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη οριακά ανταποκρίνεται στην κάθε φορά ζήτηση. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος, απαιτείται η ανάπτυξη των συμβατικών μονάδων παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος πράγμα το οποίο γίνεται με καθυστέρηση και με τα γνωστά προβλήματα. Η ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ, μπορεί να δώσει σημαντικό χέρι βοήθειας στην αντιμετώπιση του ενεργειακού προβλήματος του νησιού. Οι ΑΠΕ μπορούν να λειτουργήσουν συμπληρωματικά στο ηλεκτρικό σύστημα κορμού με τους θερμικούς σταθμούς παραγωγής, δεν αποτελούν όμως από μόνες τους την λύση του ενεργειακού προβλήματος. Αρκετές προτάσεις που διαμόρφωσαν από το παρελθόν, έχουν δείξει ότι οι ΑΠΕ μπορούν να συμβάλουν στην κατεύθυνση της αύξησης του δυναμικού ηλεκτροπαραγωγής στην Κρήτη αλλά και με την χρήση τους σε άλλες αποκεντρωμένες ενεργειακές εφαρμογές να αντικαταστήσουν μεγάλο μέρος των συμβατικών καυσίμων και ποσοστό της ηλεκτρικής ενέργειας. Αν και υπάρχουν στόχοι και διαμορφώνονται διάφορα σχέδια για πλήρη παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος από ΑΠΕ, θα απαιτηθεί αρκετός χρόνος για να φτάσουμε σε αυτό το σημείο.

8.4 Η ανάπτυξη των ΑΠΕ στην Κρήτη.

Μετά την απελευθέρωση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε σταθμούς ΑΠΕ, αναπτύσσεται έντονο ενδιαφέρον για επενδύσεις σε έργα ΑΠΕ στην Κρήτη. Το ενδιαφέρον αφορά προς το παρόν σχεδόν αποκλειστικά τα αιολικά πάρκα, αλλά επεκτείνεται σταδιακά και σε άλλες τεχνολογίες ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ (φωτοβολταϊκά, βιομάζα, ηλιοθερμικά, κλπ). Στην συγκεκριμένη ευνοϊκή συγκυρία αποδεικνύεται ότι οι επενδύσεις για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ, είναι οικονομικά συμφέρουσες γι' αυτούς που θα τις αναλάβουν, για τη ΔΕΗ που θα διανέμει το παραγόμενο ηλεκτρικό ρεύμα. Μετά από δημόσιες προσκλήσεις και την υποβολή αιτήσεων για τη χορήγηση αδειών ηλεκτροπαραγωγής και την αξιολόγησή τους, οι αδειοδοτήσεις που δόθηκαν σήμερα από τη ρυθμιστική αρχή ενέργειας σε έργα ΑΠΕ στην Κρήτη είναι:

Πίνακας 8.2 Αδειοδοτήσεις σε έργα ΑΠΕ.

	ΑΙΟΛΙΚΑ	ΜΙΚΡΑ ΥΔΡ/ΚΑ	ΒΙΟΜΑΖΑ	Φ/Β	ΣΥΝΟΛΟ
ΙΣΧΥΣ (MW)	126,7	0,65	5,42	0,89	133,66
ΠΛΗΘΟΣ ΕΡΓΩΝ	23	1	1	8	33

Τα εγκατεστημένα σήμερα αιολικά πάρκα στην Κρήτη είναι τα εξής :

Πίνακας 8.3 Εν λειτουργία αιολικά πάρκα στην Κρήτη.

A/A	ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	ΘΕΣΗ	ΠΛΗΘΟΣ Α/Γ	ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ	ΤΟΠΟΣ&ΤΡΟΠΟΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ	ΙΣΧΥΣ Α/Γ [KW]	ΙΣΧΥΣ Α/Π [MW]
1	ΔΕΗ	1992	ΜΟΝΗ ΤΟΠΛΟΥ	17	WINDMASTER	ΥΣ ΣΗΤΕΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗ ΔΙΑΝΟΜΗΣ 15KV	300	5,10
2	ΔΕΗ	1993		2	TACKE		1500	1,50
		1995		1	NORDTANK			
3	ΟΑΣ	1993	ΖΑΚΡΟΣ	1	TACKE	ΥΣ ΣΗΤΕΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗ ΔΙΑΝΟΜΗΣ 15KV	500	0,50
4	ΡΟΚΑΣ	1998	ΜΟΔΙ	17	BONUS	ΥΣ ΣΗΤΕΙΑΣ ΖΥΓΟΣ Α/Π 20KV	600	18,65
		2000		13			650	
5	IWECO	1999	ΜΕΓΑΛΗ ΒΡΥΣΗ	9	ZONT	ΥΣ ΜΟΙΡΩΝ ΖΥΓΟΣ Α/Π 20KV	550	4,95
6	ΑΙΟΛΟΣ	1999	ΧΑΝΔΡΑΣ	18	ZONT	ΥΣ ΣΗΤΕΙΑΣ ΖΥΓΟΣ Α/Π 20KV	550	9,90
7	ΑΧΛΑΔΙΑ	1999	ΑΧΛΑΔΙΑ	20	ENERCON	ΥΣ ΜΑΡΩΝΙΑΣ 150KV	500	10,00
8	ΑΝΕΜΟΕΣΣΑ		ΑΧΛΑΔΙΑ	10				5,00
9	ΚΡΙΑ		ΚΡΙΑ	20				10,00
10	ΔΕΗ	2000	ΞΗΡΟΛΙΜΝΗ	8	MICON	ΥΣ ΣΗΤΕΙΑΣ ΖΥΓΟΣ Α/Π 20KV	600	4,80
11	ΔΕΗ			9				5,40
12	ENERCON ΟΑΣ	2002	ΑΧΛΑΔΙΑ	5	ENERCON	ΥΣ ΜΑΡΩΝΙΑΣ 150KV	500	2,50
13	ΠΛΑΤΥΒΟΛΑ	2003	ΑΧΛΑΔΙΑ	5	MICON	ΥΣ ΣΗΤΕΙΑΣ ΖΥΓΟΣ Α/Π 20KV	600	3,00
14	ΠΛΑΣΤΙΚΑ ΚΡΗΤΗΣ	2003	ΑΓΙΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ	9	VESTAS	ΥΣ ΑΓΙΟΥ ΝΙΚΟΛΑΟΥ	660	5,94
15	ΤΕΡΝΑ	2005	ΑΓΙΑ ΒΑΡΒΑΡΑ	17	GAMMESA	Υ/Σ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	850	14,45
16	ENVITEC	2006	ΜΟΙΡΕΣ	7	ENERCON	ΥΣ ΜΟΙΡΩΝ ΖΥΓΟΣ Α/Π 20KV	800	5,60

8.5 Η ανάπτυξη των ΑΠΕ στο νομό Χανίων.

Για το νομό Χανίων έχουν εκδηλώσει ενδιαφέρον για κατασκευή έργων ηλεκτροπαραγωγής έχοντας κινήσει τις διαδικασίες αδειοδότησης οι παρακάτω:

1. Η εταιρία ΜΕΤΚΑ αιολικά πάρκα Πλατάνου Α.Ε. για κατασκευή αιολικού πάρκου στον Πλάτανο του δήμου Κισάμου, συνολικής ισχύος 3,3MW. Για το έργο έχει δοθεί άδεια παραγωγής από το υπουργείο ανάπτυξης με προϋπολογισμό 2.196.625 ευρώ.

2. Η εταιρία INVIRECO-αιολικά πάρκα Κρήτης-Σπάθα Α.Ε. για την κατασκευή αιολικού πάρκου στο ακρωτήριο Σπάθα του δήμου Κολυμβαρίου, συνολικής ισχύος 4,62 MW. Για το έργο έχει δοθεί άδεια παραγωγής από το υπουργείο ανάπτυξης με προϋπολογισμό 4.196.625 ευρώ.

3. Η κοινοπραξία Umweltkoncept-Αέννας Α.Ε. δήμος Μουσούρων για την κατασκευή αιολικού πάρκου στην θέση Βατάλιο Πρασέ του δήμου Μουσούρων, συνολικής ισχύος 4.62 MW.

4. Η εταιρία Θ&I Κλαπάκης Ο.Ε. έχει εγκαταστήσει και έχει λάβει άδεια λειτουργίας για φωτοβολταϊκό πάρκο στην θέση Λουτράκι του δήμου Πλατανιά. Η άδεια αφορά σταθμό που θα αποτελείται από 923Φ/Β γεννήτριες. Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια πωλείται στην ΔΕΗ.

5. Πρόσφατα εκδήλωσε ενδιαφέρον η εταιρία ΥΔΡΟΑΙΟΛΙΚΗ ΚΡΗΤΗΣ Α.Ε. για την κατασκευή ενός μεγάλου Υβριδικού σταθμού 63 MW στην Κρήτη. Το προτεινόμενο έργο συνδυάζει την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από αιολικά πάρκα ισχύος 62,9 MW την αποθήκευση αυτής της ενέργειας με την μορφή δυναμικής ενέργειας με αντλησιοταμίευση και με την επανάκτηση της ηλεκτρικής στη συνέχεια σε επιθυμητό χρόνο. Το σύστημα αποτελείται από 4 αιολικά πάρκα για την παραγωγή της ενέργειας που συνδέονται με το δίκτυο υψηλής τάσης της Κρήτης. Δύο στο νομό Χανίων στην Σπίνα δήμων Καντάνου και Βουκολιών (17MW) και την Μελισιά δήμων Ινναχωρίου και Κισάμου (20,4 MW) και άλλα δυο στο νομό Ρεθύμνου. Για την αποθήκευση και παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας προβλέπεται η κατασκευή δύο ταμιευτηρίων στο νομό Ηρακλείου. Ο νομός Χανίων παρουσιάζει πολλές δυνατότητες ανάπτυξης των σταθμών ΑΠΕ αλλά και του συνδυασμού τους. Επίσης ο νομός παρουσιάζει δυνατότητες για την ανάπτυξη και άλλου συστήματος αντλησιοταμίευση.

8.6 Αιολικά πάρκα.

Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς είναι 78,95 MW εκ' των οποίων το 93,7% είναι εγκατεστημένο στο νομό Λασιθίου και συγκεκριμένα στην ευρύτερη περιοχή της Σητείας. Στους υπόλοιπους νομούς, εκτός του νομού Ηρακλείου, δεν έχει γίνει καμία επένδυση σε ότι αφορά την αιολική ενέργεια και σε αυτό συμβάλει και το μικρότερο αιολικό δυναμικό σε σχέση με την ανατολική Κρήτη. Επίσης πρόσφατα η περιφέρεια Κρήτης ανακοίνωσε την κατάταξη προέγκρισης ένταξης στην κυρίως αδειοδοτική διαδικασία αιολικών σταθμών ηλεκτροπαραγωγής μη εγγυημένης ισχύος από ΑΠΕ στην Κρήτη, η οποία είναι:

Πίνακας 8.4 Προέγκριση αδειοδότησης αιολικών πάρκων.

Επωνυμία αιτούντος.	Ισχύς ανά μονάδα Σε (KW)	Αριθμός Μονάδων.	Ισχύς σε (MW).
Έντεκα αιολικά πάρκα Κρήτης ΑΕ.	900	3	2,70
Οργανισμός ανάπτυξης Σητείας ΑΕ.	600	2	1,20
Πλαστικά Κρήτης ΑΕΒΕΕ.	660	9	5,94
Αιολικό πάρκο Βαταλίου ΕΕ.	900	6	5,40
Κ.Ι. Σαραντόπουλος ΑΕ αιολικά πάρκα.	660	7	4,62
Ρόκας αιολική Κρήτη ΑΒΕΕ.	600	5	3,00
Ελληνική Ενεργκικιντορ ΑΕ και Energiekontor AG .	900	7	6,30
IWEGO Χώνος Κρήτης ΑΕ.	750	6	4,50
ΔΕΗ / ΔΕΜΕ.	600	5	3,00
Κ/Ε ΕΝΒΙΡΕΚΟ αιολικά πάρκα Κρήτης και Σπάθα ΑΕ.	660	7	4,62
Δομική Κρήτης ΑΕ.	660	7	4,62
ΜΕΤΚΑ αιολικά Πλατάνου ΑΕ.	660	5	3,30
Σύνολο.			54,45

Δηλαδή μεσοπρόθεσμα θα προστεθούν και άλλα 54.45 MW από αιολική ενέργεια στα ήδη υπάρχοντα 78.95MW, δηλαδή εκτιμάται ότι η συνολική εγκατεστημένη ισχύς από τα αιολικά πάρκα στην Κρήτη θα ανέρχεται σε 133.4 MW .

8.7 Οφέλη λειτουργίας αιολικών πάρκων.

Είναι γνωστό ότι η λειτουργία, δηλαδή η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τα αιολικά πάρκα δεν μπορεί να προγραμματίζεται με βεβαιότητα λόγω της αβεβαιότητας της εμφάνισης ανέμου. Επομένως η εγκατάσταση αιολικών πάρκων σε ένα ΣΗΕ στοχεύει κυρίως στην υποκατάσταση παραγωγής ηλεκτρικής από καύσιμα και στην επακόλουθη μείωση της περιβαλλοντικής μόλυνσης.

Οφέλη λειτουργίας αιολικών πάρκων :

- 1.Οικονομικά οφέλη: (η τιμή της κιλοβατώρας για τη ΔΕΗ περίπου 27 λεπτά).
- 2.Περιβαλλοντικά οφέλη:Αξίζει να αναφέρουμε εδώ ότι μόνο η λειτουργία του μεγαλύτερου αιολικού πάρκου στην Κρήτη (αιολικά πάρκα Αχλαδίων-Ανεμόεσσας-Κρυών-ΟΑΣ) με την μέση ετήσια παραγωγή των 90.000.000 kWh υποκαθιστά σε ετήσια βάση την καύση 22.500 τόνων πετρελαίου και ετήσια μείωση εκπομπών στη ατμόσφαιρα των παρακάτω ρύπων:
 1. 76.500 τόνους εκπομπών.
 2. 1.395 τόνους εκπομπών SO₂.
 3. 16.2 τόνους εκπομπών CO.
 4. 108 τόνους εκπομπών NO_x.
 5. 4.7 τόνους εκπομπών HC.
 6. 72 τόνους εκπομπών σωματιδίων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. ΠΕΤΡΟΣ ΝΤΟΚΟΠΟΥΛΟΣ «ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΩΝ ΜΕΣΗΣ ΚΑΙ ΧΑΜΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ», ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΖΗΤΗ, Β' ΕΚΔΟΣΗ 1992.
2. Ι. Ε. ΦΡΑΓΚΙΔΑΚΗΣ «ΦΥΣΙΚΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ», ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΖΗΤΗ 2003.
3. ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ ΑΛΕΞΑΚΗΣ «ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ», ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΜΙΧΑΛΗ ΣΙΔΕΡΗ.
4. ΜΙΛΤΙΑΔΗ ΚΑΠΟΥ «ΓΕΙΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΛΕΞΙΚΕΡΑΥΝΑ» Ε' ΕΚΔΟΣΗ.
5. ΜΙΛΤΙΑΔΗ ΚΑΠΟΥ «ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΙ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΧΩΡΩΝ» Γ' ΕΚΔΟΣΗ.
6. ΦΥΛΛΑΔΙΟ ENERCON «DIALOGUE ENERGY FOR THE WORD».
7. ΕΝΗΜΕΡΩΤΙΚΟ ΦΥΛΛΑΔΙΟ E-40.
8. ΦΥΛΛΑΔΙΟ ENERCON «WIND BLAD» ΕΚΔΟΣΕΙΣ 01-06/2001.
9. ΕΝΗΜΕΡΩΤΙΚΟ ΦΥΛΛΑΔΙΟ «ΑΝΕΓΕΡΣΗ 3 ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΠΑΡΚΩΝ 27,5 MW ΣΗΤΕΙΑΣ».
10. ΦΥΛΛΑΔΙΟ «ΕΤΗΣΙΑ ΕΚΘΕΣΗ ΚΡΗΤΗΣ ΤΩΝ ΑΠΕ», ΕΚΔΟΣΗ 2002.
11. ΦΥΛΛΑΔΙΟ ENERCON «INSTALLATION ABROAD».
12. ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ «www.spin.gr».
13. ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ «www.energy/eoliki.gr».
14. ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ «www.electrotech.gr».
15. ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ «www.enercon.com».
16. ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ «www.wel.gr».
17. Y. L. Karnavas, "The Autonomous Electrical Power System of Crete Island – A Review", *International Review of Electrical Engineering*, vol. 1, no. 4, Sep.-Oct. 2006, pp. 567-574.