

Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης

Πρόγραμμα Σπουδών Επιλογής

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΠΑΡΚΩΝ ΣΤΗ ΚΡΗΤΗ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΤΑΜΙΩΛΑΚΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: ΚΑΤΣΑΠΡΑΚΑΚΗΣ ΔΗΜΗΤΡΗΣ

Πρόλογος

Η αιολική ενέργεια αποτελεί μια ανανεώσιμη και ήπια προς το περιβάλλον μορφή ενέργειας, η οποία προέρχεται από τη μετατροπή μικρού ποσοστού της ηλιακής ακτινοβολίας σε κινητική ενέργεια του ανέμου. Η χρήση της αιολικής ενέργειας στις μεταφορές και στην παραγωγική διαδικασία ανάγεται στα πρώιμα ιστορικά χρόνια, όπου και η αναφορά της ελληνικής μυθολογίας στο θεό Αίολο.

Η αξιοποίηση της κινητικής ενέργειας του ανέμου ξεκίνησε από τα πρώιμα ιστορικά χρόνια και έπαιξε αποφασιστικό ρόλο στην εξέλιξη της ανθρωπότητας με τη χρήση της τόσο στη ναυτιλία όσο και στην άρδευση καθώς και στις αγροτικές καλλιέργειες. Η αναφορά της ελληνικής μυθολογίας στο θεό Αίολο ο οποίος με την βοήθεια των οκτώ βοηθών θεών (Βορέα, Καικία, Αηλιώτη, Εύρο, Νότο, Λιψ, Ζέφυρο και Σκίρωνο) θεωρείται ο διαχειριστής των ανέμων, υπογραμμίζει τη σημασία της αιολικής ενέργειας στην οικονομική και παραγωγική δραστηριότητα εκείνων των χρόνων.

Στη χώρα μας, όπως και σε ολόκληρο τον κόσμο το ενδιαφέρον για την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας διατηρήθηκε και στα μεταβυζαντινά χρόνια, αν και τον 19^ο αιώνα η χρήση του άνθρακα και του πετρελαίου περιόρισαν σημαντικά τις εφαρμογές της. Μετά τον πόλεμο η χρήση της αιολικής ενέργειας αρχίζει να υποχωρεί και οι βασικοί λόγοι που οδήγησαν στο γεγονός αυτό είναι δύο. Ο πρώτος είναι η ανάπτυξη άλλων μορφών ενέργειας που παρουσιάζουν μεγαλύτερη πυκνότητα και ταυτόχρονα είναι απαλλαγμένες από τον στατιστικό χαρακτήρα του ανέμου, δηλαδή παρουσιάζουν μεγαλύτερη αξιοπιστία διαθεσιμότητας. Ο δεύτερος βρίσκεται στη δημιουργία εκτεταμένων ηλεκτρικών δικτύων, που φθάνουν ακόμα και στα πιο απομακρυσμένα και απομονωμένα μέρη. Με αυτά τα δεδομένα έπαψε κάθε ενδιαφέρον γύρω από ανεμόμυλους για περίπου τριάντα χρόνια, μετά τον 2^ο Παγκόσμιο Πόλεμο.

Όμως την τελευταία δεκαετία η αιολική ενέργεια αρχίζει να διεκδικεί και να παίρνει την θέση που της αξίζει. Το πρωταρχικό κίνητρο ήταν οικονομικό γιατί μετά την πετρελαϊκή κρίση του 1973 έπρεπε να βρεθούν και να αξιοποιηθούν νέες πηγές ενέργειας, και στην συνέχεια εμφανίστηκε και ένας νέος παράγοντας, που τη φορά αυτή ήταν οικολογικός.

Σήμερα τους ανεμόμυλους της Μυκόνου και του Λασιθίου αντικαθιστούν σύγχρονες ανεμογεννήτριες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σημαντικής ισχύος και αξιοσημείωτης αξιοπιστίας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ι.....	5
1.1 Αιολικές Μηχανές στην Κρήτη	5
1.2 Περιγραφή αιολικής μηχανής	6
1.3 Σύστημα Ελέγχου Εγκατεστημένων Αιολικών Μηχανών στη Κρήτη	7
1.4 Διείσδυση Αιολικής Ισχύος και Ποιότητα Ισχύος	9
1.5 Εγκατεστημένες Ανεμογεννήτριες στην Κρήτη	14
1.6 Αιολικές Μηχανές Enercon	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΙ	
ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΗΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ V52	18
2.1 Γενικά χαρακτηριστικά.....	18
2.2 Πρότυπα εγκρίσεων	21
2.3 Σύνδεση δικτύου	21
2.4 Όροι εδάφους	21
2.5 Κλιματολογικοί όροι.....	22
2.2 Τεχνικά χαρακτηριστικά V52.....	23
2.2.1 Περιγραφή VCS, OptiSpeed™	23
2.2.2 Γεννήτρια	23
2.2.3 Σύστημα προσανατολισμού (yaw system).....	24
2.2.4 Ρότορας - Φτερά - Σημείο διασύνδεσης (hub).....	26
2.2.5 Κύριος άξονας (Main Shaft).....	28
2.2.6 Σασμάν (Gearbox)	28
2.2.7 Mechanical Brake	29
2.2.8 Υδραυλικό σύστημα	30
2.2.9 Αισθητήρας μέτρησης διεύθυνσης και ταχύτητας αέρα	32
2.2.10 Μονάδα Ελέγχου (Control Unit)	33
2.2.11 Σύστημα ασφαλείας	34
2.2.12 Γείωση της Ανεμογεννήτριας V-52.....	34
2.2.13 Αντικεραυνική Προστασία της Ανεμογεννήτριας V-52.....	35
2.2.14 Χαρακτηριστική ισχύος	35
2.3 Σύστημα ελέγχου.....	39
2.3.1 Έλεγχος της ανεμογεννήτριας	39
2.3.2 Συλλογή δεδομένων	39
2.3.3 Σύστημα παραμέτρων	40
2.3.4 Έλεγχος της Α/Γ με OptiTip.....	41
2.3.5 Γενική διαμόρφωση ελέγχου	41
2.3.6 Κύριος ελεγκτής.....	42
2.3.7 Τμηματική λειτουργία φορτίων	44
2.3.8 Πλήρεις λειτουργία φορτίων.....	44
2.3.9 Σύνδεση αστέρα - τρίγωνο.....	44
2.3.10 Εξωτερικός έλεγχος ισχύος.....	46
2.3.11 Έλεγχος θορύβου	46
2.3.12 Περιοριστής ώθησης.....	46
2.3.13 Ξεκίνημα και σταμάτημα.....	47
2.3.14 Ρύθμιση βήματος	48
2.3.15 Έλεγχος ισχύος / μετατροπέας ισχύος	49
2.3.16 Εξωτερική αναφορά ισχύος	50
2.3.17 Άεργη ισχύς.....	51

2.3.18	Vestas Anti Massive Start-up II (VAMS).....	52
2.4	VESTAS CONVERTER SYSTEM (VCS)	53
2.4.1	Προηγμένες επιλογές δικτύου (AGO)	55
2.5	Έλεγχος Θερμοκρασίας	58
2.5.1	Έλεγχος θερμοκρασίας λαδιού σασμάν	58
2.5.2	Off line φίλτρο	59
2.5.3	Ψύξη γεννήτριας	59
2.5.4	Έλεγχος θερμοκρασίας δαχτυλιδιών ολίσθησης (slip ring) της γεννήτριας	59
2.5.5	Ψύξη VCS και Skip Pack.....	60
2.5.6	Έλεγχος θερμοκρασιών ελεγκτών	61
2.5.7	Αισθητήρας θερμοκρασίας περιβάλλοντος	61

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΙΙ

	ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΗΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ V52	62
3.1	ΤΡΙΜΗΝΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ.....	62
3.1.1	Ηλεκτρικά τεστ	62
3.1.2	Συντήρηση στα Μηχανικά μέρη	63
3.2	ΕΞΑΜΗΝΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ.....	66
3.2.1	Συντήρηση Στα Μηχανικά Μέρη	66
3.3	ΕΤΗΣΙΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ	67
3.4	ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ.....	68

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙV

	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ – ΣΦΑΛΜΑΤΑ - ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΕΙΣ.....	69
4.1	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ.....	69
4.2	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΕΙΣ	71
4.3	ΣΦΑΛΜΑΤΑ.....	80

ΚΕΦΑΛΑΙΟ V

5.1	Κόστος Λειτουργίας και Συντήρησης.....	90
-----	--	----

	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	93
--	---------------------------	-----------

Εισαγωγή

Η πτυχιακή εργασία αυτή μελετά την λειτουργία των αιολικών πάρκων στην Κρήτη βασισμένη σε πραγματική εμπειρία από ήδη λειτουργούντα αιολικά πάρκα.

Περιγράφεται η ηλεκτρομηχανολογική λειτουργία των αιολικών μηχανών.

Καταγράφονται και αξιολογούνται οι μηχανικές και ηλεκτρικές βλάβες που έχουν παρουσιαστεί σε διάρκεια τριών χρόνων, και η συντήρηση των αιολικών μηχανών.

Επίσης καταγράφονται τα έξοδα λειτουργίας και συντήρησης του αιολικού πάρκου.

Στο 1^ο κεφάλαιο αναφέρεται στις αιολικά πάρκα που είναι εγκατεστημένα στην Κρήτη, τους τύπους των αιολικών μηχανών που είναι εγκατεστημένες και γίνεται μια γενική αναφορά στον τρόπο λειτουργίας τους και στα προβλήματα που μπορεί να παρουσιάσουν στο ηλεκτρικό δίκτυο.

Στο 2^ο κεφάλαιο παρουσιάζονται αναλυτικά τα χαρακτηριστικά και ο τρόπος λειτουργίας ενός συγκεκριμένου τύπου ανεμογεννήτριας της V52.

Το 3^ο κεφάλαιο αναφέρεται στην συντήρηση της αιολικής μηχανής V52.

Στο 4^ο κεφάλαιο καταγράφονται τα σφάλματα που παρουσίασαν οι δέκα ανεμογεννήτριες σε τρία χρόνια λειτουργίας τους, πως αντιμετωπίστηκαν και τι εργασίες έγιναν για την βελτίωση τους.

Τέλος στο 5^ο κεφάλαιο γίνεται καταγραφή και εκτίμηση του κόστους λειτουργίας και συντήρησης .

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο

1.1 Αιολικές Μηχανές στην Κρήτη

Οι αιολικές μηχανές αποτελούν ανθρώπινες επινοήσεις, που έχουν σκοπό την αξιοποίηση του μεγαλύτερου δυνατού ποσοστού της κινητικής ενέργειας του ανέμου. Τελικός στόχος είναι η μετατροπή της αιολικής ενέργειας σε ωφέλιμη ενέργεια.

Ο τύπος ανεμογεννήτριας που έχει επικρατήσει σήμερα και είναι εγκατεστημένες στην Κρήτη, είναι οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα, οι οποίες έχουν τον άξονα τους παράλληλο προς την επιφάνεια της γης και παράλληλο με την διεύθυνση του ανέμου. Αποτελούνται από τρία αεροδυναμικά φτερά τα οποία ρυθμίζουν και την ταχύτητα περιστροφής της πτερωτής είτε με τη στροφή των φτερών υπό γωνία σε σχέση με τη διεύθυνση του ανέμου, είτε με την χρήση ειδικών αεροδυναμικών βοηθημάτων (ακροπτερύγια).

Οι τεχνολογίες στις αιολικές μηχανές που είναι εγκατεστημένες στην Κρήτη ουσιαστικά είναι δύο. Όλες είναι οριζόντιου άξονα με μεταβλητές στροφές και ρυθμιζόμενο βήμα.

Ουσιαστική διαφορά στην τεχνολογία έχει η Enercon η οποία δεν έχει πολλαπλασιαστική στροφών.

Στον παρακάτω πίνακα (1.1) φαίνονται οι αιολικές μηχανές που είναι εγκατεστημένες στην Κρήτη. Από αυτές σήμερα μόνο η Vestas V52 και η Gamesa G52 συνεχίζουν να παράγονται από τις κατασκευαστικές εταιρείες και είναι και οι πιο μικρές αιολικές μηχανές που υπάρχουν στην αγορά (για την κατηγορία των μεγάλων μηχανών)

Σήμερα όλες οι εταιρείες στρέφονται στην κατασκευή μεγαλύτερων αιολικών μηχανών οι οποίες απαιτούν λιγότερο χώρο εγκατάστασης και έχουν καλύτερες παραγωγές.

Η φιλοσοφία η λειτουργία και ο έλεγχος των αιολικών μηχανών αυτών είναι ο ίδιος για όλες τις ανεμογεννήτριες στην Κρήτη. Διαφέρουν στα υλικά και στον τρόπο κατασκευής της ανεμογεννήτριας. Εμείς σ' αυτό το κεφάλαιο θα αναφερθούμε γενικά για όλες τις αιολικές μηχανές, στην γεννήτρια της Enercon η οποία δεν έχει σασμάν και στα προβλήματα ισχύος που προκαλούνται από τις ανεμογεννήτριες.

1.2 Περιγραφή αιολικής μηχανής

Τα βασικά μέρη μιας ανεμογεννήτριας οριζόντιου άξονα είναι:

- ο πύργος στήριξης,
- η πτερωτή,
- ο άξονας περιστροφής,
- το σύστημα μετάδοσης της κίνησης,
- το σύστημα ελέγχου της ανεμογεννήτριας,
- η ηλεκτρική γεννήτρια και
- το σύστημα προσανατολισμού της μηχανής.

Η αιολική ισχύς από την πτερωτή μεταφέρεται στον άξονα περιστροφής (ρότορας) και μέσω του κιβωτίου στην ηλεκτρική γεννήτρια τα οποία βρίσκονται στην πάνω πλευρά του πύργου στήριξης.

Πύργος στήριξης

Δύο είναι οι τύποι πύργων που κατασκευάζονται, ο σωληνωτός και ο τύπος δικτύωματος. Αυτός που έχει επικρατήσει όμως είναι ο σωληνωτός λόγω καλύτερης αισθητικής, το εσωτερικό του πύργου μπορεί να αποτελεί και το θάλαμο στέγασης των οργάνων της ανεμογεννήτριας, έχει εσωτερική σκάλα ή και ασανσέρ πρόσβασης στο κουβούκλιο στην κορυφή του.

Πτερωτή

Η πτερωτή της ανεμογεννήτριας είναι συνήθως κατασκευασμένη από ελαφρά κράματα μετάλλων, ενισχυμένο πολυεστέρα, αλλά και ξύλο σε συνδυασμό με ειδικές ρητίνες. Για τη βελτίωση της συνολικής συμπεριφοράς μιας πτερωτής ανεμογεννήτριας χρησιμοποιούνται πτερωτές μεταβλητού βήματος. Η μεταβολή του βήματος μιας πτερωτής συνίσταται στην περιστροφή του πτερυγίου γύρω από τον διαμήκη άξονά του, με αποτέλεσμα τη μεταβολή της γωνίας προσβολής του από τον άνεμο. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται η διατήρηση σταθερής ταχύτητας περιστροφής της ανεμογεννήτριας, η βελτιστοποίηση της αεροδυναμικής απόδοσης των πτερυγίων, ο έλεγχος της παραγόμενης ισχύος, ο περιορισμός των δυνάμεων που καταπονούν τα πτερύγια.

Η πλήμνη αποτελεί το δεύτερο σημαντικό της πτερωτής (δρομέας) και περιλαμβάνει εκείνο το μέρος της ανεμογεννήτριας πάνω στο οποίο προσαρμόζονται τα πτερύγια. Η τελική της μορφή εξαρτάται τόσο από το είδος της πτερωτής όσο και από τους βαθμούς ελευθερίας στη θέση σύνδεσης πτερυγίων και άξονα.

Ο άξονας περιστροφής

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

Το σύστημα μετάδοσης της κίνησης

Ένα από τα σπουδαιότερα μέρη της ανεμογεννήτριας είναι το σύστημα μετάδοσης της κίνησης που περιλαμβάνει διβάθμιο ή τριβάθμιο κιβώτιο μετασχηματισμού της χαμηλής ταχύτητας περιστροφής της πτερωτής σε υψηλότερες ταχύτητες περιστροφής στις οποίες λειτουργούν συνήθως οι ηλεκτρικές γεννήτριες. Ο τυπικός βαθμός απόδοσης ενός διβάθμιου συστήματος μετάδοσης είναι περίπου 96%.

Το σύστημα κίνησης περιλαμβάνει επίσης υδραυλικό ή μηχανικό φρένο και ελαστικούς συνδέσμους απορρόφησης στρεπτικών ταλαντώσεων. Το μηχανικό φρένο της ανεμογεννήτριας τοποθετείται είτε στον άξονα υψηλής ταχύτητας περιστροφής οπότε απαιτείται μικρή σχετικά δύναμη ροπής πέδησης, αλλά δεν προστατεύεται η πτερωτή από απώλεια φορτίου ή θραύση του συστήματος μετάδοσης κίνησης, είτε στον άξονα χαμηλής ταχύτητας περιστροφής. Στην τελευταία περίπτωση λόγω της μεγάλης ροπής πέδησης απαιτείται φρένο αυξημένων διαστάσεων, βάρους και κόστους. Στην περίπτωση όμως αυτή προστατεύεται καλύτερα η πτερωτή και το κιβώτιο μετάδοσης, γι' αυτό και αποτελεί τη βέλτιστη τεχνικά λύση.

Ηλεκτρική γεννήτρια

Για την μετατροπή της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιούνται κυρίως σύγχρονες και ασύγχρονες γεννήτριες εναλλασσόμενου ρεύματος και σπανίως ηλεκτρικές γεννήτριες συνεχούς ρεύματος. Η απλότητα στην κατασκευή και η ευκολία με την οποία συνδέεται στο δίκτυο η ασύγχρονη γεννήτρια, είναι το πλεονέκτημα της. Όμως η ανάγκη να παίρνει ρεύμα μαγνήτισης από το δίκτυο δημιουργεί προβλήματα όταν η ισχύς της ανεμογεννήτριας είναι συγκρίσιμη με την ισχύ του ηλεκτρικού δικτύου.

Σύστημα προσανατολισμού της μηχανής

Για τον προσανατολισμό της ανεμογεννήτριας σε παράλληλη θέση του άξονα με την διεύθυνση του ανέμου χρησιμοποιείται σερβοκινητήρας που περιστρέφει την άτρακτο της μηχανής με τη βοήθεια γραναζιών. Ο σερβομηχανισμός ελέγχεται από τον ανεμοδείκτη του ανεμογράφου.

1.3 Σύστημα Ελέγχου Εγκατεστημένων Αιολικών Μηχανών στη Κρήτη

Η ανεμογεννήτρια ελέγχεται από ένα μικροεπεξεργαστή, ο οποίος ελέγχει και ρυθμίζει την ανεμογεννήτρια όταν αυτή λειτουργεί σε κανονικές συνθήκες. Το σύστημα κινδύνου ενεργοποιείται αρχικά από τον επεξεργαστή όταν αναγνωρίσει ένα σφάλμα παράλληλα μ' αυτό όλες οι σχετικές λειτουργίες ασφαλείας ελέγχονται ηλεκτρομηχανολογικά. Ο ηλεκτρομηχανικός έλεγχος

έχει προτεραιότητα από τον έλεγχο με τον μικροεπεξεργαστή. Έλεγχος συστήματος προσανεμισμού (yaw).

Αρχικά, ο έλεγχος περιστροφής λειτουργεί σε όλες τις ταχύτητες ανέμου, που είναι μεγαλύτερες από την ταχύτητα (ανέμου) έναρξης λειτουργίας. Η διεύθυνση του ανέμου μετريέται με τον ανεμοδείκτη, που είναι τοποθετημένος στο ύψος της πλήμνης. Η άτρακτος περιστρέφεται από τους δύο (2) ηλεκτροκινητήρες προσανεμισμού.

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 αιολικής μηχανής 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:

- μετρήσεις για ασφαλή λειτουργία
- μετρήσεις για παύση λειτουργίας
- καταστάσεις κινδύνου

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 πραγματοποιείτε παύση λειτουργίας, το φρένο δεν λειτουργεί και το σύστημα προσανεμισμού της άτρακτου παραμένει σε λειτουργία

Σταμάτημα της ανεμογεννήτριας μπορεί να προκληθεί από:

- χειροκίνητο σταμάτημα
- έλλειψη ανέμου
- η ταχύτητα ανέμου βρίσκεται στο μέγιστο όριο λειτουργίας
- περιστροφή καλωδίων
- σφάλμα σε μονάδες τροφοδοσίας
- σήμα υψηλής θερμοκρασίας
- σφάλμα (βλάβη) σε εξαρτήματα

Συστροφή Καλωδίων

Τα καλώδια ελέγχου και τροφοδοσίας είναι αναρτημένα ελεύθερα στον μέσα στον πύργο και περιστρέφονται αλλά μέχρι ένα βαθμό. Ο αριθμός περιστροφής όπως και η διεύθυνση ελέγχονται από ένα ηλεκτρομηχανικό διακόπτη. Αν πραγματοποιηθούν τέσσερις στροφές προς την ίδια κατεύθυνση η ανεμογεννήτρια σταματάει την λειτουργία της και ξετυλίγει τα καλώδια περιστρέφοντας την άτρακτο αντίθετα.

Πέδη συγκρατήσεως (φρένο)

Ο ρότορας μπορεί να σταματήσει με την βοήθεια του φρένου που ενεργοποιείται από τον διακόπτη κινδύνου σε συνδυασμό με τη διαδικασία emergency stop (παύση λειτουργία κινδύνου), π.χ. ταχεία ρύθμιση του βήματος πτερυγίου. Κάποιο σφάλμα στο φρένο δεν επηρεάζει την λειτουργία του συστήματος ασφαλείας. Σε περίπτωση σφάλματος του δικτύου, ενεργοποιείται η διαδικασία παύσης κινδύνου με την βοήθεια της ταχείας ρύθμισης του βήματος των φτερών. Το φρένο δεν ενεργοποιείται και ο ρότορας περιστρέφεται ελεύθερα.

Αν οι στροφές του ρότορα ξεπεράσουν τις ονομαστικές στροφές κατά 30% (διαφέρει για κάθε κατασκευαστή από 27 μέχρι 33) ένας ηλεκτρικός διακόπτης υπερτάχυνση ενεργοποιεί το κύκλωμα του emergency stop και το μηχανικό φρένο ενεργοποιείται ταυτόχρονα με την ταχεία ρύθμιση του βήματος των φτερών.

Μείωση – Απόρριψη 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.

Ανιχνευτής Ταλάντωσης

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

1.4 Διείδυση Αιολικής Ισχύος και Ποιότητα Ισχύος

Η ηλεκτρική ισχύς που παράγεται από τις ανεμογεννήτριες, παρουσιάζει συνήθως τα ακόλουθα προβλήματα ισχύος :

- διαταραχές πλάτους τάσης σταθερής κατάστασης (steady state voltage level)
- διακυμάνσεις τάσης (voltage variations or fluctuations)
- μεταβατικά φαινόμενα (transients)
- αρμονικές (harmonics)
- διακυμάνσεις βασικής συχνότητας (power frequency variations).

Στη συνέχεια παρουσιάζονται ο τρόπος με τον οποίο τα ανωτέρω προβλήματα ισχύος προκαλούνται από τις ανεμογεννήτριες, η έντασή τους και οι πιθανές τους συνέπειες στην ομαλή λειτουργία ενός συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας.

- **Διαταραχές πλάτους τάσης σταθερής κατάστασης**

Η παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος από αιολικά πάρκα μπορεί να επηρεάσει το πλάτος τάσης σταθερής κατάστασης. Η επίδραση εξαρτάται από το πόσο ισχυρό είναι το ηλεκτρικό δίκτυο και τη συνολική παραγωγή αιολικής ισχύος. Σε ένα ασθενές δίκτυο, μεγάλη διείσδυση αιολικής ισχύος μπορεί να προκαλέσει αλλοίωση του πλάτους της τάσης έξω από τα επιτρεπτά όρια. Τούτο αυτομάτως θέτει ένα περιορισμό στη μέγιστη αιολική διείσδυση.

Η αιτία αλλαγής του πλάτους τάσης σταθερής κατάστασης είναι η μακροχρόνια αλλαγή της μέσης ταχύτητας του ανέμου, σε κλίμακα χρόνου μερικών λεπτών. Το πλάτος τάσης, ως συνάρτηση της παραγόμενης ενεργού και άεργου ισχύος, μπορεί να οριστεί προσεγγιστικά από τη σχέση (1.1):

$$V = R \frac{P}{V_n} - X \frac{Q}{V_n} + V_n \quad (1.1)$$

όπου:

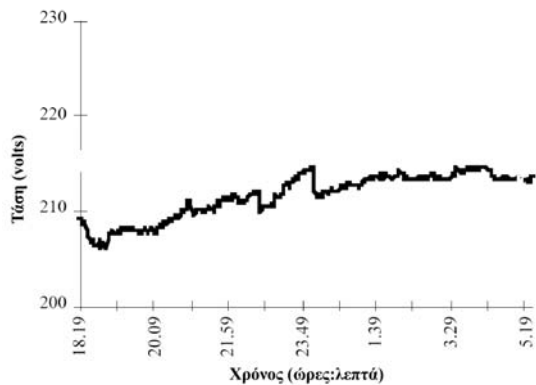
- V_n ονομαστικό πλάτος τάσης δικτύου
- V πλάτος τάσης στο σημείο σύνδεσης του αιολικού πάρκου
- P παραγόμενη ενεργή ισχύς
- Q καταναλισκόμενη άεργος ισχύς
- R αντίσταση δικτύου
- X άεργη αντίσταση δικτύου (επαγωγική ή χωρητική).

Η επίδραση στο πλάτος τάσης σταθερής κατάστασης ανεμογεννητριών με γεννήτριες επαγωγής απευθείας συνδεδεμένες στο δίκτυο (σταθερών στροφών) εξαρτάται, σε μικρό βαθμό, από τα χαρακτηριστικά της γεννήτριας και, κυρίως, από το λόγο X/R του δικτύου. Δίκτυα με τιμή του λόγου αυτού από 2 έως 3 συνήθως δεν είναι επιρρεπή από τις ανεμογεννήτριες, όσον αφορά στη μεταβολή του πλάτους τάσης σταθερής κατάστασης. Τούτο ισχύει με την προϋπόθεση ότι το σύστημα είναι εφοδιασμένο με τους κατάλληλους πυκνωτές για την κάλυψη των αναγκών σε άεργη ισχύ της επαγωγικής γεννήτριας των ανεμογεννητριών.

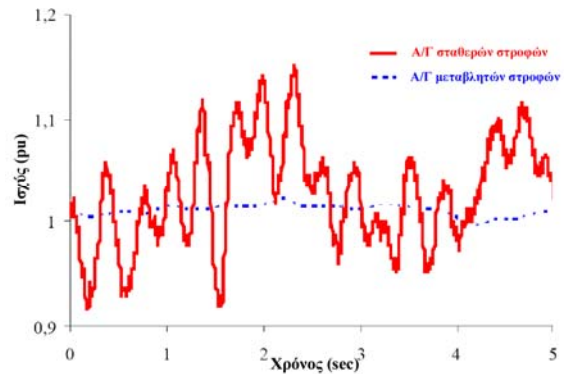
Ανεμογεννήτριες που χρησιμοποιούν μετασχηματιστές με ηλεκτρονικά ισχύος παρέχουν αυτόματο έλεγχο άεργου ισχύος. Θεωρητικά μπορούν να ελέγξουν την παραγωγή τους βάσει οποιουδήποτε κριτηρίου, όπως, για παράδειγμα, να διατηρήσουν το συντελεστή ισχύος κοντά στη μονάδα, ή να ελέγξουν το πλάτος τάσης στην έξοδο της ανεμογεννήτριας.

➤ Διακυμάνσεις τάσης

Μία ανεμογεννήτρια παράγει, γενικά, ισχύ που μεταβάλλεται, εξαρτώμενη από την ταχύτητα του ανέμου στην περιοχή εγκατάστασης και λειτουργίας της. Αυτή η μεταβαλλόμενη ηλεκτρική ισχύς μπορεί να προκαλέσει διακυμάνσεις τάσης συχνότητας 0,01 – 10 Hz (σχήμα 1.1α). Οι διακυμάνσεις της παραγόμενης ενεργού ισχύος είναι πιο ήπιες στις ανεμογεννήτριες μεταβλητών στροφών (σχήμα 1.1β).



Σχήμα 1.1α: Διακύμανση τάσης κατά την κανονική λειτουργία ανεμογεννητριών σταθερών στροφών, ελεγχόμενου βήματος πτερυγίων.



Σχήμα 1.1β: Διακύμανση ενεργού ισχύος κατά την κανονική λειτουργία ανεμογεννητριών σταθερών (ελεγχόμενου βήματος πτερυγίων) και μεταβλητών στροφών.

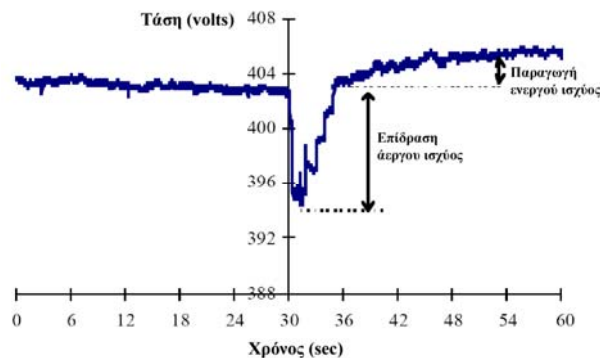
Η επίδραση των διακυμάνσεων τάσης σε ένα ηλεκτρικό δίκτυο μετράται με βάση την ένταση του προκαλούμενου flicker φωτισμού. Μετρήσεις έχουν δείξει ότι η εφαρμογή αυστηρών περιορισμών σχετικά με το προκαλούμενο flicker, μπορεί να αποτελέσει αιτία για περιορισμό της διείσδυσης αιολικής ισχύος, όταν χρησιμοποιούνται συγκεκριμένες ανεμογεννήτριες σταθερών στροφών. Η χρήση μετασχηματιστών με ηλεκτρονικά ισχύος στις ανεμογεννήτριες μεταβλητών στροφών παρέχει δυνατότητα μείωσης των διακυμάνσεων τάσης. Στις περιπτώσεις αυτές, ακόμα και αυστηροί περιορισμοί στις εκπομπές flicker δεν είναι δυνατό να αποτελέσουν αιτία απόρριψης αιολικής ισχύος. Πάντως, οι σύγχρονες ανεμογεννήτριες σταθερών στροφών, μπορούν να παράγουν στη χειρίστη των περιπτώσεων flicker έντασης περίπου 50% μεγαλύτερης από τις αντίστοιχες μηχανές μεταβλητών στροφών. Ακόμα και σε αυτές τις περιπτώσεις, το προκαλούμενο flicker δεν είναι ορατό και δεν αποτελεί λόγο απόρριψης αιολικής ισχύος.

➤ Μεταβατικά φαινόμενα

Δύο ήδη μεταβατικών φαινομένων προκαλούνται από τη λειτουργία ανεμογεννητριών σε ασθενή δίκτυα. Το πρώτο αναφέρεται στην προκαλούμενη πτώση τάσης (voltage sag) κατά την εκκίνηση μιας ανεμογεννήτριας (σχήμα 1.2α). Η πτώση τάσης οφείλεται στα ρεύματα υψηλής εντάσεως που καταναλώνει η γεννήτρια κατά την εκκίνησή της. Το δεύτερο αναφέρεται στις διαδικασίες ηλέκτρισης – αποφόρτισης πυκνωτών. Η ηλέκτριση ή η αποφόρτιση πυκνωτών συνοδεύονται από ρεύματα υψηλών συχνοτήτων, τα οποία προκαλούν μεταβατικό φαινόμενο τάσης στο ηλεκτρικό δίκτυο.

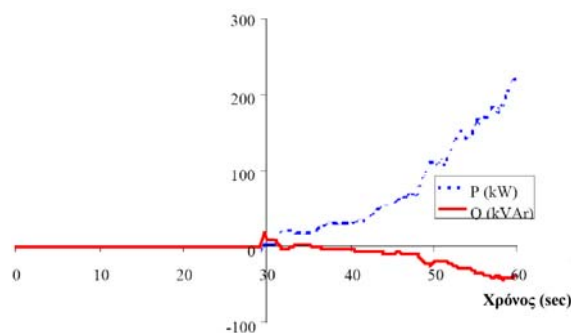
Η λειτουργία μιας ανεμογεννήτριας μεταβλητών στροφών δεν προβλέπεται να προκαλέσει σημαντικά μεταβατικά φαινόμενα στο δίκτυο. Το σχήμα 1.2β παρουσιάζει τη μεταβολή της ενεργού και άεργου ισχύος ανεμογεννήτριας μεταβλητών στροφών κατά την εκκίνησή της, με άνεμο ταχύτητας ίσης με την ονομαστική. Στο σχήμα 1.2γ παρουσιάζεται το

αντίστοιχο διάγραμμα κατά τη σύνδεση στο ηλεκτρικό δίκτυο ανεμογεννήτριας σταθερών στροφών και ελεγχόμενου βήματος πτερυγίων, με άνεμο ονομαστικής ταχύτητας. Όπως φαίνεται στο σχήμα αυτό, υπάρχουν σημαντικές διακυμάνσεις της ενεργού και, ιδιαίτερα, της άεργου ισχύος της ανεμογεννήτριας, οι οποίες μπορεί να προκαλέσουν διαταραχές τάσης σε ένα ασθενές δίκτυο.

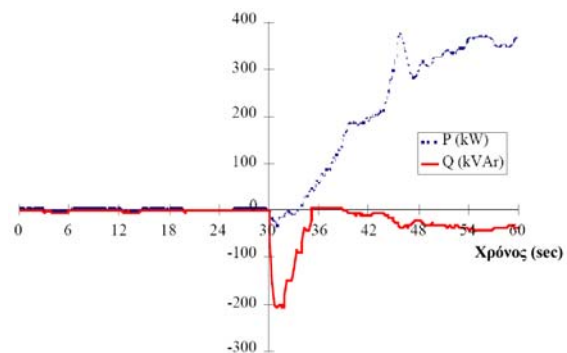


Σχήμα 1.2α: Διακύμανση τάσης κατά την εκκίνηση ανεμογεννήτριας ονομαστικής ισχύος 600 kW, σταθερών στροφών, ελεγχόμενου βήματος πτερυγίων.

Η πρόκληση μεταβατικών φαινομένων από ανεμογεννήτριες δεν μπορεί να χαρακτηριστεί ως σημαντικό πρόβλημα ισχύος, παρά μόνο αν ευαίσθητος ηλεκτρικός εξοπλισμός είναι συνδεδεμένος στο ίδιο δίκτυο χαμηλής τάσης με την ανεμογεννήτρια από την οποία προέρχεται το μεταβατικό φαινόμενο.



Σχήμα 1.2β: Διακύμανση ενεργού και άεργου ισχύος κατά την εκκίνηση ανεμογεννήτριας ονομαστικής ισχύος 600 kW, μεταβλητών στροφών.



Σχήμα 1.2γ: Διακύμανση ενεργού και άεργου ισχύος κατά την εκκίνηση ανεμογεννήτριας ονομαστικής ισχύος 600 kW, σταθερών στροφών, ελεγχόμενου βήματος πτερυγίων.

➤ Αρμονικές

Ανεμογεννήτριες που χρησιμοποιούν μετασχηματιστές με ηλεκτρονικά ισχύος παράγουν αρμονικές και ενδιάμεσες αρμονικές υψηλής τάξης. Η προκαλούμενη παραμόρφωση της κυματομορφής τάσης είναι τόσο εντονότερη, όσο πιο ασθενές είναι το ηλεκτρικό δίκτυο. Επομένως, προκειμένου να ενταχθούν σε ένα ασθενές δίκτυο ανεμογεννήτριες

μεταβλητών στροφών με μετασχηματιστές με ηλεκτρονικά ισχύος, θα πρέπει να ελεγχθούν οι εκπεμπόμενες αρμονικές στο δίκτυο. Συμβατότητα με τους περιορισμούς του δικτύου μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση φίλτρων. Ένα κοινό συμπέρασμα σχετικών εργασιών είναι ότι οι αρμονικές που προκαλούνται από τις ανεμογεννήτριες είναι κάτω από τα επιτρεπτά όρια και δεν αποτελούν λόγω απόρριψης αιολικής ισχύος.

➤ **Διακυμάνσεις συχνότητας**

Η εισαγωγή ενός σχετικά μικρού ποσοστού αιολικής ισχύος σε ένα σύστημα παραγωγής, δεν επηρεάζει τη συχνότητα του συστήματος, καθώς οι εισερχόμενες διαταραχές συχνότητας από τα αιολικά πάρκα, λόγω μεταβλητότητας του ανέμου, είναι μικρές και αντισταθμίζονται εύκολα από τις θερμοηλεκτρικές μηχανές του συστήματος. Ωστόσο, η εισαγωγή μεγάλου σχετικά ποσοστού αιολικής ισχύος σε ένα σύστημα, μπορεί να είναι πολύ σημαντική όσον αφορά τη σταθερότητα της συχνότητας, ιδιαίτερα αν οι εγκατεστημένες ανεμογεννήτριες είναι σταθερών στροφών. Η συχνότητα του συστήματος ρυθμίζεται κλασσικά από τις θερμοηλεκτρικές μηχανές. Πάντως, οι νέες ανεμογεννήτριες μεταβλητών στροφών παρουσιάζουν πολύ καλύτερα χαρακτηριστικά σχετικά με τη συχνότητα του συστήματος.

1.5 Εγκατεστημένες Ανεμογεννήτριες στην Κρήτη

Σήμερα στην Κρήτη είναι 212 εγκατεστημένες ανεμογεννήτριες ονομαστικής ισχύος 129,5 MW.

ΙΔΙΟΚΤΗΤΗΣ	ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ	ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ	ΑΡΙΘΜΟΣ Α/Γ	ΙΣΧΥΣ Α/Γ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΓΚ/ΝΗ ΙΣΧΥΣ MW
ΡΟΚΑΣ	Ξηρολίμνη Σητεία	Bonus SWT-0,6-44	30	600	18
ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ	Ζήρος		1	500	0,5
ΑΕΟΛΟΣ Α.Ε	Χανδράς Σητεία	Zond Z43	18	550	9,9
IWECO ΜΕΓΑΛΗ ΒΡΥΣΗ Α.Ε.Β.Ε.	Μεγάλη Βρύση Ηρακλείου	Zond Z43	9	550	4,95
ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ ΑΧΛΑΔΙΩΝ Α.Ε.	Αχλάδια Κρυών Σητείας	Enercon E40	20	500	10
ENERCON HELLAS Α.Ε.	Αχλάδια Κρυών Σητείας	Enercon E40	5	500	2,5
ΑΝΕΜΟΕΣΑ ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ Α.Ε.	Αχλάδια Κρυών Σητείας	Enercon E40	10	500	5
ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ ΚΡΥΩΝ Α.Ε.	Πλατύβολα Κρυών Σητείας	Enercon E40	20	500	10
ΕΝ.ΤΕ.ΚΑ. ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ Α.Ε.	Ξηρολίμνη Σητείας	Nec Migon NM-58	3	900	2,7
WRE HELLAS Α.Ε.	Πλατύβολα Κρυών Σητείας	Nec Migon NM-44	4	750	3
ΔΕΗ	Ξηρολίμνη Σητείας	Nec Migon NM-44	17	600	10,2
ΔΕΗ	Μονή Τοπλού Σητείας		17	300	5,1
ΔΕΗ	Μονή Τοπλού Σητείας		3	500	1,5
ΠΛΑΣΤΙΚΑ ΚΡΗΤΗΣ ΑΕΒΕ	Βρουχάς Αγ. Νικολάου	Vestas V52	14	850	11,9
ΔΟΜΙΚΗ ΚΡΗΤΗΣ Α.Ε.	Βοσκερό Κρουσώνα Ηρακλείου	Vestas V52	7	850	5,95
ΥΔΡΟΑΙΟΛΙΚΗ ΚΡΗΤΗΣ Α.Ε	Ρόβας Καστέλι Χανίων	Vestas V52	11	850	9,35
IWECO ΧΩΝΟΣ ΚΡΗΤΗΣ Α.Ε.	Χώνος Σητείας	Vestas V52	6	850	5,1
ΤΕΡΝΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΡΗΤΗΣ Α.Ε.	Περδικορική Αγ.Βαρβάρας Ηρακλείου	Gamesa G-52	17	850	14,45

Πίνακας 1.1: Εγκατεστημένες αιολικές μηχανές στην Κρήτη

Για την λειτουργία και την συντήρηση αυτών των ανεμογεννητριών απασχολούνται περίπου 45 άτομα.

Από αυτές τις κατασκευάστριες εταιρείες των αιολικών μηχανών που αναφέρονται στον παραπάνω πίνακα (1.1) η μόνη που παραμένουν να υφίστανται με την αρχική τους μορφή είναι η Enercon, η Vestas και η Gamessa οι υπόλοιπες δεν άντεξαν τον ανταγωνισμό και τα τεράστια κονδύλια που έδιναν για την ανάπτυξη της τεχνολογίας τους.

Η Bonus αγοράστηκε από την Siemens και η οποία κατασκευάζει μεγαλύτερες αιολικές μηχανές (από 1,5 MW και πάνω). Η Nec Migon αγοράστηκε από την Vestas και σταμάτησε να παράγει τις αιολικές μηχανές της Nec Migon. Οι αιολικές μηχανές Zond δεν παράγονται πια και το πρόβλημα με αυτές είναι ότι δεν υπάρχουν ανταλλακτικά για τα κύρια μέρη της μηχανής όπως σασμάν.

Η Gamessa και η Vestas ουσιαστικά έχουν την ίδια τεχνολογία και είναι σαν δίδυμες αδερφές οι οποίες έχουν τα ίδια συστήματα τον ίδιο τρόπο λειτουργίας με διαφορετικά ονόματα. Μέχρι το 2003 οι δύο αυτές εταιρείες ήταν μία.

Η Enercon είναι αυτή που διαφέρει από όλες τις άλλες. Κατέχει μια διαφορετική τεχνολογία η οποία είναι και η μοναδική στον κόσμο η οποία την εφαρμόζει στις αιολικές μηχανές οριζόντιου άξονα, Γι' αυτό θα αναφερθούμε παρακάτω ξεχωριστά για αυτήν και θα καταγράψουμε μόνο τις διαφορές που έχει από τις άλλες.

1.6 Αιολικές Μηχανές Enercon

Στην Κρήτη είναι εγκατεστημένες 55 ανεμογεννήτριες από τέσσερις εταιρείες. Την λειτουργία και την συντήρηση την έχει αναλάβει η Enercon Hellas η οποία έχει και 5 ανεμογεννήτριες στην ιδιοκτησία της. Γι' αυτές τις ανεμογεννήτριες απασχολούνται 10 άτομα.

Οι αιολικές μηχανές της Enercon βασίζονται στην αρχή της ανεμογεννήτριας χωρίς πολλαπλασιαστή στροφών (σασμάν), χρησιμοποιώντας τη γεννήτρια, τα πτερύγια, τον ηλεκτρονικό έλεγχο και τη διαχείριση του δικτύου Enercon.

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

Η γεννήτρια που χρησιμοποιούν είναι μια πολύπλοκη γεννήτρια δώδεκα πόλων, σύγχρονη μεταβλητής ταχύτητας με συνεχόμενη ρύθμιση των στροφών.

Η μέγιστη απόδοση της γεννήτριας επιτυγχάνεται σε διάφορες περιοχές στροφών για αέρα 14,5 - 25 m/sec.

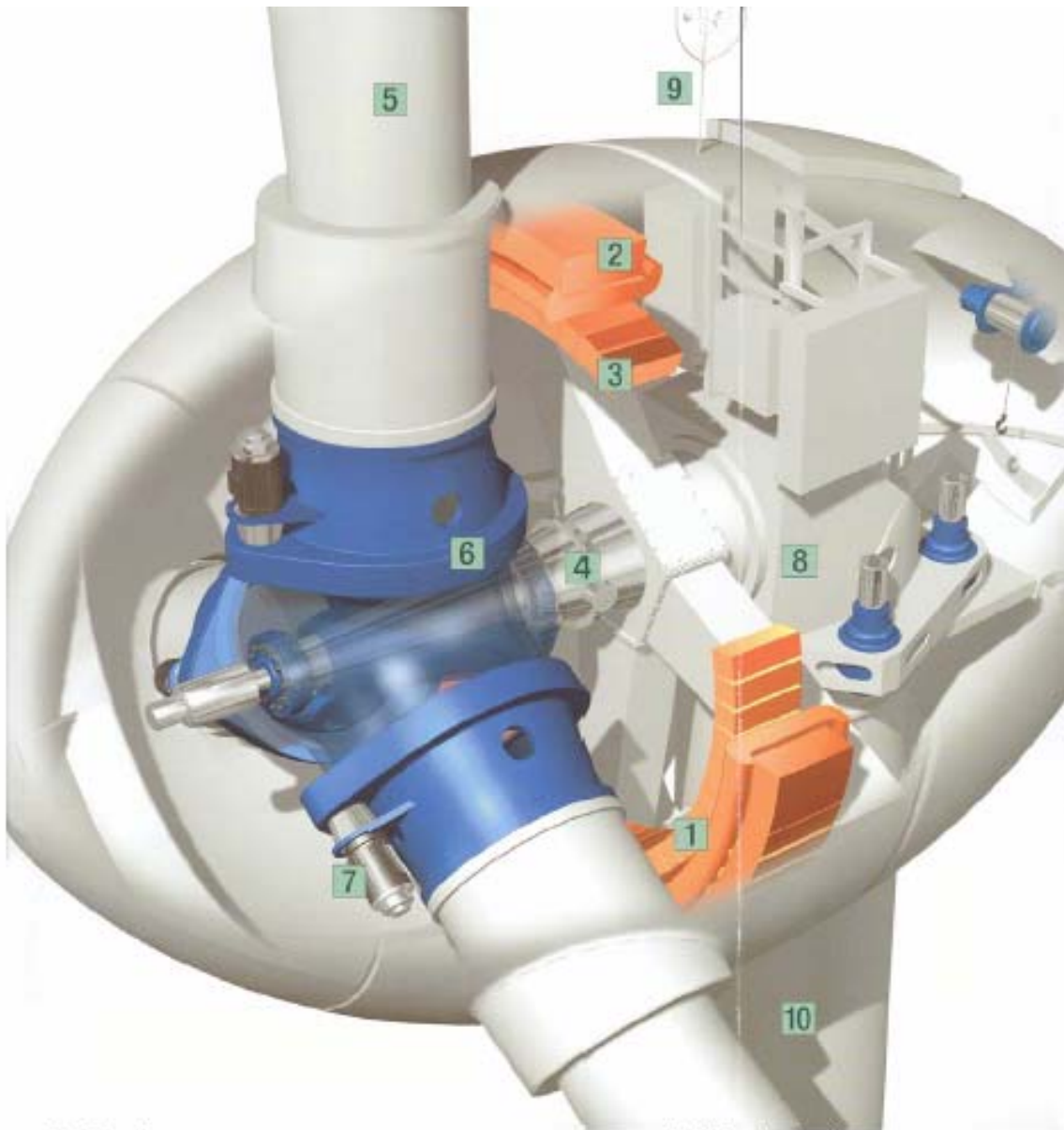
Εξ' αιτίας αυτού και των ηλεκτρονικών ισχύος, το κιβώτιο ταχυτήτων που ανεβάζει τις στροφές στο επίπεδο των επαγωγικών γεννητριών αφαιρείται με αποτέλεσμα να έχουμε μειωμένες απώλειες μετάδοσης και εξάλειψη της φθοράς του κιβωτίου ταχυτήτων και της διαρροής του λαδιού.

Ο ρότορας της ανεμογεννήτριας συνδέεται άμεσα με το ρότορα της γεννήτριας από τον κύριο άξονα. Η ταχύτητα του ρότορα της ανεμογεννήτριας είναι ίδια με την ταχύτητα του ρότορα της γεννήτριας, η οποία είναι 34rpm (μέγιστη ταχύτητα ρότορα). Άρα περιστρέφεται με ταχύτητα 40 φορές μικρότερη απ' αυτήν των ανεμογεννητριών με κιβώτιο ταχυτήτων οπότε και με πολύ λιγότερες φθορές.

Η γεννήτρια της Enercon είναι μεταβλητής ταχύτητας και δεν είναι άμεσα συνδεδεμένη με το δίκτυο. Η μεταβλητή τάση και η μεταβλητή συχνότητα που παράγεται, μετατρέπεται σε DC από ανορθωτές, στην συνέχεια αυξάνεται από ένα chopper και τέλος μέσω ενός αντιστροφέα (ο οποίος αποτελείται από IGBT) μετατρέπεται σε εναλλασσόμενο ρεύμα AC, και έτσι προσαρμόζεται η τάση της ανεμογεννήτριας με την τάση του δικτύου.

Η σύγχρονη γεννήτρια της Enercon με τα ηλεκτρονικά ισχύος είναι ικανή να λειτουργεί σε μια ευρεία κλίμακα συντελεστών ισχύος, αλλά ο σταθερός συντελεστής ισχύος κατά τη λειτουργία της γεννήτριας είναι σχεδόν ένα. Λόγω όμως των πολλών ηλεκτρονικών που υπάρχουν στην αιολική μηχανή για την μετατροπή της τάσης από DC σε AC και τα ηλεκτρονικά που αντικαθιστούν το σασμάν, δημιουργούνται αρμονικές οι οποίες φτάνουν κοντά στα όρια και συνήθως σε δίκτυα όπως της Κρήτης στην αρχή της λειτουργίας υπάρχει πρόβλημα μέχρι να ρυθμιστεί το λογισμικό των αιολικών μηχανών στις απαιτήσεις του δικτύου. Με αυτές τις αιολικές μηχανές μπορούμε να έχουμε τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

- Χαμηλή κατανάλωση άεργης ισχύος.
- Παραγωγή άεργης ισχύος με συντελεστή ισχύος 0,95.
- Δεν χρειάζονται πυκνωτές αντιστάθμισης.
- Βοηθάει την εγκατάσταση με χωρητικό συντελεστή ισχύος αν χρειάζεται.



- 1) Γεννήτρια
- 2) Στάτης γεννήτριας
- 3) Ρότορας γεννήτριας
- 4) Κύριος άξονας
- 5) Λεπίδες ρότορα

- 6) Φλάντζα λεπίδων
- 7) Μηχανισμός ελέγχου του pitch
- 8) Κύριος φορέας (yaw)
- 9) Ανεμόμετρο
- 10) Πυλώνας

Enercon E-40

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΗΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ V52

2.1 Γενικά χαρακτηριστικά

Η Α/Γ V52 – 850 kW είναι μια ανεμογεννήτρια μεταβλητού βήματος αντίθετη στον άνεμο, με σύστημα αυτοματισμού για τον προσανατολισμού του ρότορα στη διεύθυνση πνοής του ανέμου και ο ρότορας έχει τρία φτερά.

Η διάμετρος του ρότορα είναι 52 μέτρα και λειτουργεί χρησιμοποιώντας το σύστημα OptiSpeed™. Αυτό το χαρακτηριστικό γνώρισμα επιτρέπει στο ρότορα να λειτουργεί με μεταβλητή ταχύτητα (rpm).

Η Α/Γ V52-850 είναι εξοπλισμένη με το ειδικό σύστημα της VESTAS OptiTip®, το οποίο ρυθμίζει το βήμα των φτερών. Με το OptiTip®, η γωνία των φτερών είναι συνεχώς ρυθμισμένη έτσι ώστε τα φτερά να βρίσκονται πάντα στη βέλτιστη γωνία σε σχέση με τον αέρα. Αυτό βελτιστοποιεί την παραγωγή ισχύος και τα επίπεδα θορύβου.

Ο κύριος άξονας (main shaft) μεταβιβάζει την ενέργεια στη γεννήτρια μέσω του κιβωτίου ταχυτήτων. Το κιβώτιο ταχυτήτων είναι ένα συνδυασμένο πλανητικό και ελικοειδές κιβώτιο ταχυτήτων. Από το κιβώτιο ταχυτήτων η ενέργεια μεταβιβάζεται στη γεννήτρια μέσω ενός συνδέσμου (composite) φτιαγμένο από συνθετικά υλικά.

Η γεννήτρια είναι μια ειδική ασύγχρονη γεννήτρια 4-πόλων.

Στις υψηλές ταχύτητες αέρα το OptiSpeed™ και το ρυθμιζόμενο σύστημα του βήματος OptiTip® των φτερών κρατούν την ισχύ στο ονομαστικό, ανεξάρτητα από τη θερμοκρασία και την πυκνότητα του αέρα. Στις χαμηλότερες ταχύτητες αέρα το σύστημα OptiTip® και το OptiSpeed™ βελτιστοποιούν την παραγωγή ισχύος με την επιλογή των βέλτιστων στροφών και της γωνίας του βήματος των φτερών.

Ένα υδραυλικό σύστημα δισκόφρενου είναι τοποθετημένο στον άξονα της υψηλής ταχύτητας του κιβωτίου ταχυτήτων.

Όλες οι λειτουργίες της ανεμογεννήτριας επιτηρούνται και ελέγχονται από διάφορες μονάδες ελέγχου βασισμένες σε μικροεπεξεργαστές. Αυτό το σύστημα ελέγχου τοποθετείται στη nacelle. Οι αλλαγές στο βήμα του φτερού πραγματοποιείτε από ένα

υδραυλικό σύστημα, το οποίο επιτρέπει στα φτερά να περιστραφούν κατά 95° . Αυτό το σύστημα (υδραυλικό) παρέχει επίσης την πίεση για το σύστημα φρένων.

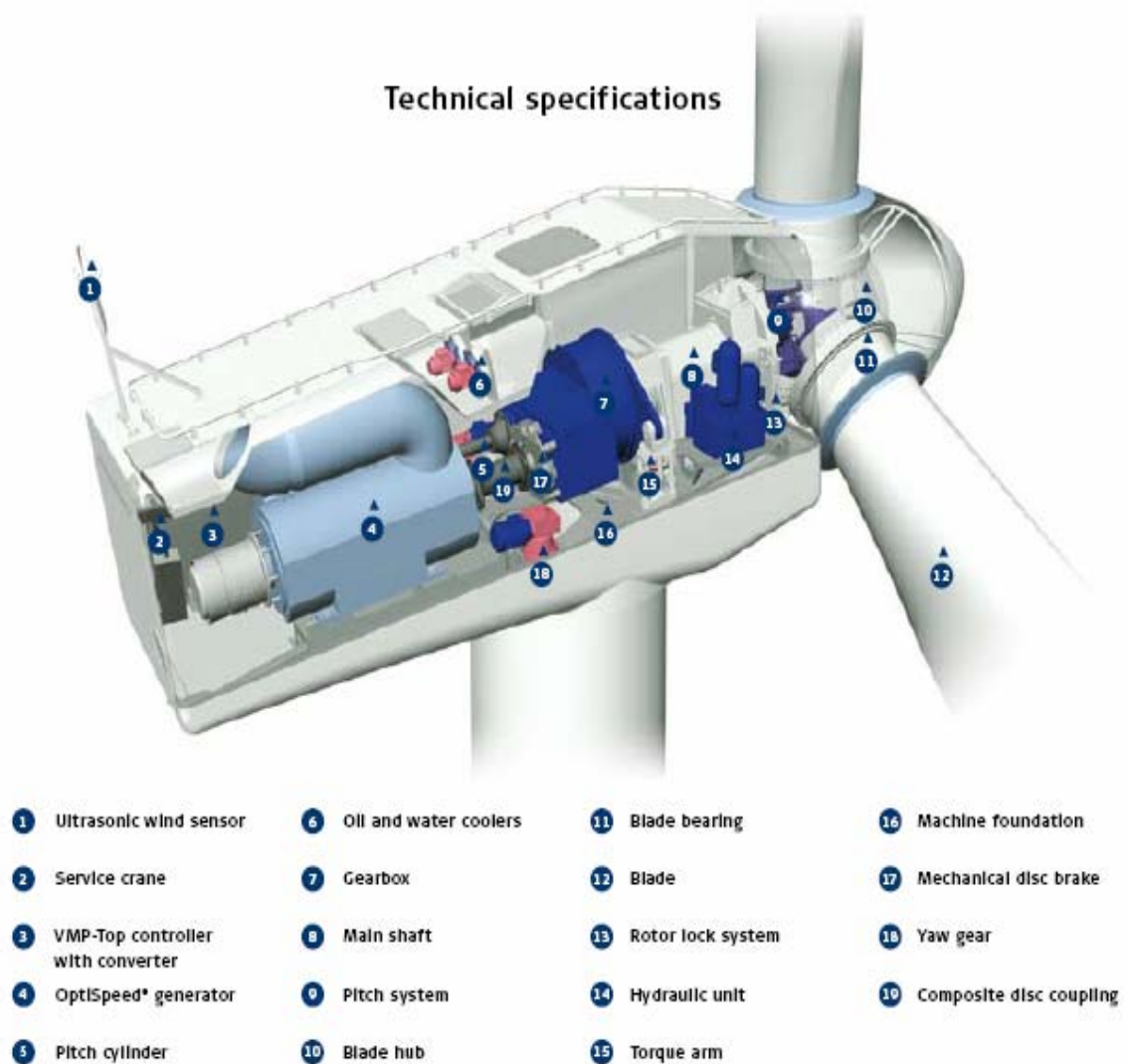
Δύο ηλεκτρικά συγκροτήματα γραναζιών (yaw gear) περιστρέφονται ταυτόχρονα σε ένα μεγάλο οδοντωτό δαχτυλίδι (yaw ring) το οποίο είναι τοποθετημένο στην κορυφή του πύργου με αποτέλεσμα να περιστρέφεται η άτρακτος.

Το κέλυφος της άτρακτου (nacelle) είναι φτιαγμένη από ενισχυμένο fiber glass το οποίο προστατεύει όλα τα συστατικά στη nacelle από τη βροχή, χιόνι, σκόνη, κ.λ.π. Η πρόσβαση στη nacelle γίνεται από τον πύργο μέσω ενός κεντρικού ανοίγματος.

Μέσα στη nacelle υπάρχει ένας γερανός ανυψωτικής δύναμης 250 κλ.

Ο πύργος είναι σωληνοειδής, από χάλυβα, χρωματισμένος.

Η εγκατάσταση της άτρακτου παρουσιάζεται στο σχέδιο 2.1



Σχέδιο 2.1

2.2 Πρότυπα εγκρίσεων

Η Α/Γ V52-850 kW OptiSpeed™ εγκρίνεται από τα ακόλουθα πρότυπα:

Country	Design criteria	Conditions	Hub height [m]
Denmark	DS472 + Teknisk Grundlag	Roughness Class 0, 1, 2, 3	40, 44, 49, 55, 60, 65, 74
Germany	DIBt	Zone III	60, 65
		Zone II	60, 65, 74, 86
Holland	NVN11400/0	Class II _A	36.5, 40, 44, 49, 55, 60, 65, 70
IEC	IEC 61400-1	Class I _A	40, 44, 49, 55, 60, 65
IEC		Class II _A	55, 60, 65, 74

Πίνακας 2.1 Πρότυπα εγκρίσεων που έχει πιστοποιηθεί η V52.

2.3 Σύνδεση δικτύου

Οι διακοπόμενες ή γρήγορες διακυμάνσεις της συχνότητας του δικτύου μπορούν να προκαλέσουν σοβαρή ζημία στην Α/Γ. Οι ανοχές για τη συχνότητα είναι $\pm 1/-3$ Hz (50 Hz), και για την τάση είναι $\pm 10\%$ του ονομαστικού.

Η αντίσταση της γείωσης δεν πρέπει να ξεπερνάει τα 10 ohm. Επιπλέον, συνιστάται η Α/Γ να συνδέεται με τύπο καλωδίου TN.

2.4 Όροι εδάφους

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

Μια μέγιστη κλίση 10° μέσα σε μια ακτίνα 100 μέτρων από την Α/Γ.

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

Μια μέγιστη κλίση 20° έξω από μια ακτίνα 500 μέτρων από την Α/Γ.

Ειδάλλως αν το έδαφος είναι σύνθετο, τότε μπορούν να γίνουν ιδιαίτερες εκτιμήσεις σε συνεργασία με την Vestas.

Οι Α/Γ μπορούν να τοποθετηθούν στο αιολικό πάρκο με μια απόσταση μεταξύ τους τουλάχιστον 5 φορές τη διάμετρο του ρότορα ($5 \times 52 = 260\text{m}$). Εάν οι Α/Γ τοποθετούνται σε μια σειρά, κάθετη στην κυρίαρχη κατεύθυνση αέρα, η απόσταση μεταξύ των Α/Γ πρέπει να είναι τουλάχιστον 4 φορές τη διάμετρο του ρότορα ($4 \times 52 = 208\text{m}$).

2.5 Κλιματολογικοί όροι

Η V52-850 kW OptiSpeed™ σχεδιάζεται για να λειτουργεί στις περιβαλλοντικές θερμοκρασίες που κυμαίνονται από -20°C μέχρι και + 40°C.

Σε ορισμένους συνδυασμούς υψηλού αέρα, υψηλής θερμοκρασίας, χαμηλής πυκνότητας αέρα ή και χαμηλής τάσης, μπορεί να εμφανιστεί μια λανθασμένη εκτίμηση της παραγόμενης ισχύος. Αυτό συμβαίνει προκειμένου να διατηρηθούν μέσα στα θερμοκρασιακά όρια τα κύρια συστατικά όπως το κιβώτιο ταχυτήτων, η γεννήτρια κ.λπ.

Γενικά συνιστάται η τάση δικτύου να είναι κοντά στο ονομαστικό. Όταν υπάρχει διακοπή ρεύματος από το δίκτυο και πολύ χαμηλές θερμοκρασίες, για να ξεκινήσει ξανά η Α/Γ θα πρέπει να περάσει ένας ορισμένος χρόνος για τη θέρμανση των επεξεργαστών ελέγχου.

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

Επιπλέον, επίσης στους τόπους με υψόμετρο πάνω από 1000 μ. από τη στάθμη της θάλασσας, θα υπάρξει ένας αυξανόμενος κίνδυνος από το παγωμένο περιβάλλον.

Η σχετική υγρασία μπορεί να είναι 100% (μέγιστο 10% εγκαίρως). Ο Α/Γ παραδίδεται με μια προστασία διάβρωσης σύμφωνα με την κατηγορία του ISO 12944-2. C3 εσωτερική, C4 στην πλήμνη των φτερών και C5 εξωτερικά. Επί των ακραίων διαβρωτικών τόπων ο πύργος προστατεύεται στην κατηγορία C4 εσωτερική και C5-M εξωτερικά..

2.2 Τεχνικά χαρακτηριστικά V52

2.2.1 Περιγραφή VCS, OptiSpeed™

OptiSpeed™, το οποίο ονομάζονται επίσης και Vestas Converter System (VCS), εξασφαλίζει μια σταθερή ηλεκτρική ενέργεια από την Α/Γ. Επίσης επιτρέπει την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας έστω και αν οι στροφές της γεννήτριας μειωθούν μέχρι και 60% των ονομαστικών στροφών. Αυτό σημαίνει ότι η γεννήτρια μπορεί να παράγει από 900 στροφές μέχρι τις ονομαστικές 1500 στροφές.

Το σύστημα μετατροπέα (VCS) αποτελείται από:

Μια ασύγχρονη γεννήτρια.

Ένα μετατροπέα ισχύος με διακόπτες IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor).

Επαφές (Relays).

προστασίες.

Αντιστάσεις.

Πυκνωτές.

Φίλτρα.

Μετασχηματιστή.

Chopper.

Το VCS μαζί με τον ρυθμιστή του βήματος (OptiTip®), εξασφαλίζει την ενεργειακή βελτιστοποίηση, τον χαμηλό θόρυβο και τη μείωση των φορτίων στο κιβώτιο ταχυτήτων.

Το VCS ελέγχει το ρεύμα στο κύκλωμα του ρότορα της γεννήτριας (διέγερση). Αυτό δίνει τον ακριβή έλεγχο της άεργης ισχύος και δίνει μια σωστή και ακριβής σύνδεση μεταξύ της γεννήτριας και του δικτύου.

2.2.2 Γεννήτρια

Τύπος:	Ασύγχρονη με διέγερση στον ρότορα από το VCS
Ονομαστική ισχύς:	850 kW
Τάση:	690 VAC
Συχνότητα:	50/60 Hz
Αριθμός πόλων:	4
Βαθμός προστασίας:	IP54
Ονομαστική ταχύτητα:	1620 RPM (50Hz) και 1944 RPM (60 Hz)
Ονομαστικό ρεύμα:	711 A
Συντελεστής ισχύος:	1.0
Περιοχή λειτουργίας συντελεστή ισχύος:	0.98 _{CAP} - 0.95 _{IND} (Optional)
Κατασκευαστής:	ABB, Leroy Somer, Weire, Siemens.

Ένα σημαντικό μέρος της Α/Γ είναι η ασύγχρονη γεννήτρια. Μετατρέπει τη μηχανική ενέργεια από το κιβώτιο ταχυτήτων σε ηλεκτρική ενέργεια. Η γεννήτρια συνδέεται με το δίκτυο άμεσα, το οποίο μεταφέρει την ηλεκτρική ενέργεια στον καταναλωτή.

Αν και ασύγχρονη γεννήτρια λειτουργεί με μεταβλητές στροφές. Το σύστημα του VCS ρυθμίζει την διέγερση του ρότορα έτσι ώστε η τάση στην έξοδο της γεννήτριας να είναι σταθερή.

Τα τυλίγματα του στάτη μπορούν να συνδεθούν σε αστέρα ή τρίγωνο ανάλογα την ταχύτητα του αέρα.

Η ονομαστική περιστροφική ταχύτητα της γεννήτριας εξαρτάται από τη συχνότητα του δικτύου. Το κιβώτιο ταχυτήτων είναι αυτό που καθορίζει τις στροφές της γεννήτριας.

Ο συσχετισμός μεταξύ της συχνότητας, της αναλογίας των γραναζιών του κιβωτίου ταχυτήτων και της ταχύτητας περιστροφής είναι:

Turbine	Frequency	Gear ration	Synchronous generator speed	Rotor speed
V52	50	1:62.0	1500	24.2
V52	60	1:74.5	1800	24.2

Πίνακας 2.2

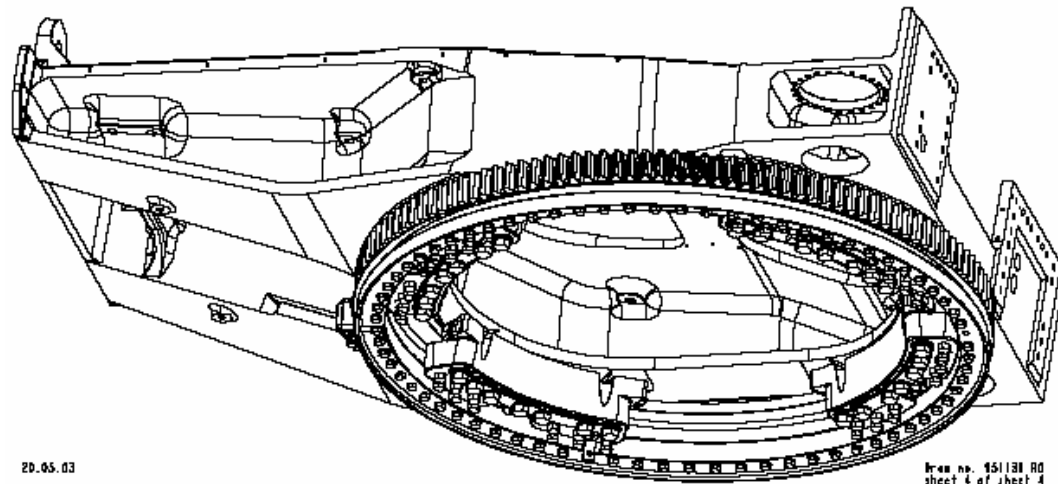
2.2.3 Σύστημα προσανατολισμού (yaw system)

Το yaw system έχει τρεις λειτουργίες:

Να κρατήσει την Α/Γ αντίθετη στον άνεμο

Να ελέγξει την συστρόφη των καλωδίων στον πύργο και να τα ξεστρίψει όταν χρειάζεται

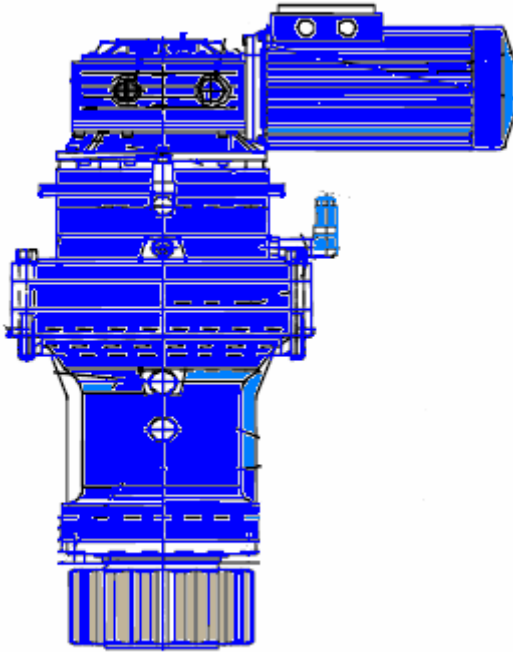
Να δώσει την τιμή της διεύθυνσης της ατράκτου



Σχέδιο 2.2 Σύστημα προσανατολισμού

Η άτρακτος τοποθετείται πάνω σε μια πλάκα σαν δακτυλίδι η οποία σφίγγεται στον πύργο.

Η V52 έχει δύο yaw gear τα οποία αποτελούνται από τρία βηματικά πλανητικά γρανάζια ένα ατέρμονα και ένα ηλεκτροκινητήρα.



Τα yaw gear χρησιμοποιούνται για τον αυτόματο προσανατολισμό της άτρακτου στον άνεμο τα οποία και συγκρατούν την άτρακτο με τα ηλεκτρικά φρένα που έχουν οι ηλεκτροκινητήρες έτσι ώστε να μην περιστραφεί η άτρακτος.

Οι ηλεκτροκινητήρες είναι ασύγχρονοι, οδηγούνται από δύο ρελλέ και το καθένα έχει και από ένα βοηθητικό ρελλέ. Το ένα ρελλέ είναι για δεξιά παρέκκλιση και το άλλο για αριστερά. Ο κάθε ηλεκτροκινητήρας προστατεύεται από ένα θερμικό και είναι εξοπλισμένος με φρένο.

Ο ελεγκτής παίρνει τις πληροφορίες της διεύθυνσης του ανέμου από το ανεμόμετρο και γίνιει την εντολή στους ηλεκτροκινητήρες μέσω του βοηθητικού ρελλέ.

Ο αυτόματος προσανατολισμός απενεργοποιείται όταν η ταχύτητα του αέρα είναι μικρότερη από 2,5 m/sec.

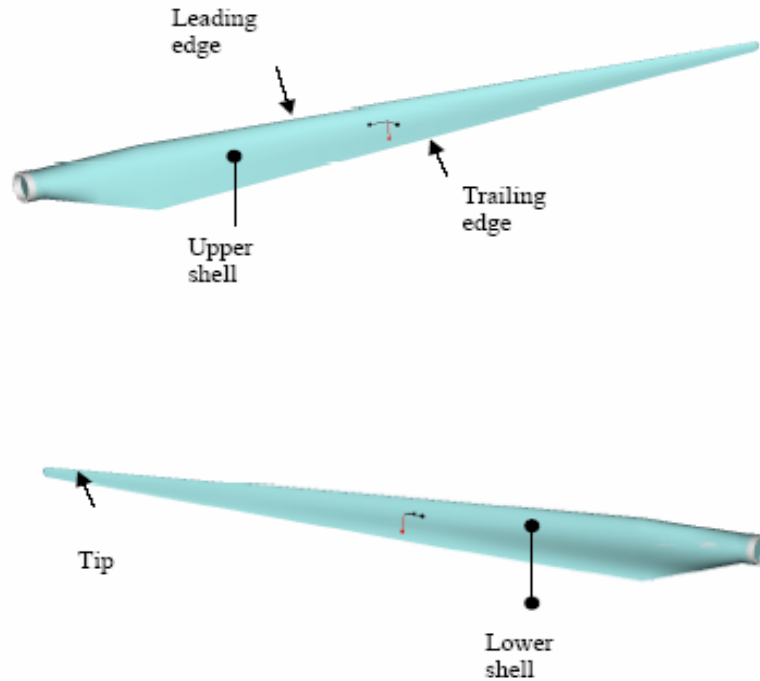
Σχέδιο 2.3: Yaw gear

Τύπος yaw system:	Σύστημα ρουλεμάν ολίσθησης με ενσωματωμένο τριβέα
Υλικό δακτυλιδιού :	34CrNiMo6 Q+T alt. 42CrMo4 Q+T / EN10083
Ρουλεμάν ολίσθησης:	PETP
Ταχύτητα παρέκκλισης:	< 0.5°/sec.
Τύπος yaw gear:	Τρία βηματικά πλανητικά γρανάζια και ένα ατέρμονα
Ηλεκτροκινητήρας:	2,2 kW, 6 πόλοι ασύγχρονος με ηλεκτρικό φρένο

Υπάρχει στο σύστημα παρέκκλισης και ένα αισθητήρας όπου επιβλέπει και μετράει το στρίψιμο των καλωδίων στον πύργο.

2.2.4 Ρότορας - Φτερά - Σημείο διασύνδεσης (hub)

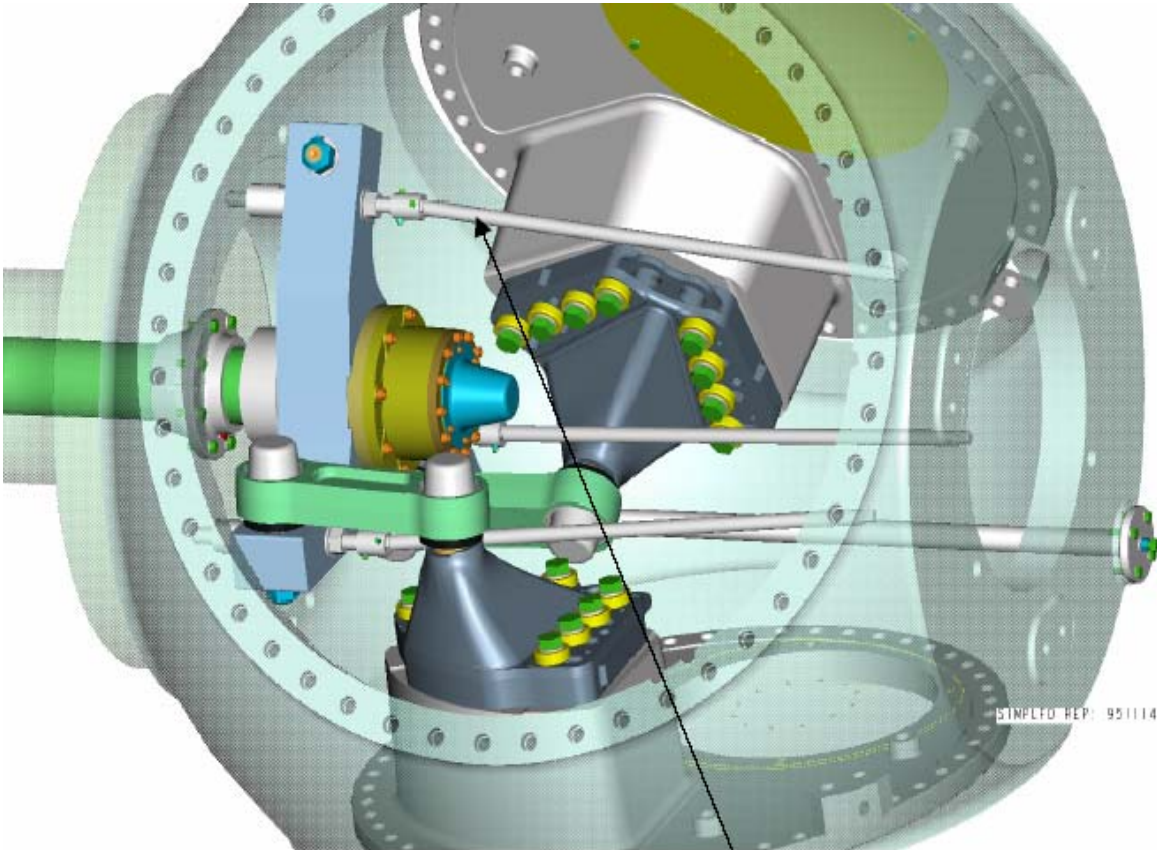
Τα φτερά αποτελούνται από ίνες γυαλιού που ενισχύεται με εποξική κόλλα. Κάθε φτερό αποτελείται από δύο κομμάτια σαν κοχύλια, που συνδέονται ακτινικά με μια ενισχυτική κόλλα. Υπάρχουν ειδικά χαλύβδινα δακτυλίδια στην άκρη τα οποία συνδέουν το φτερό με το ρουλεμάν του φτερού. Το ρουλεμάν φτερών είναι ένας ένσφαιρος τριβέας τεσσάρων σημείων που βιδώνεται στην πλήμνη (hub) των φτερών.



Σχέδιο 2.4 Φτερά

Διάμετρος ρότορα:	52 meter
Επιφάνεια σάρωσης:	2124 m ²
Ταχύτητα ρότορα:	26 RPM
Περιοχή λειτουργίας ρότορα:	14.0 - 31.4 RPM
Διεύθυνση περιστροφής:	Δεξιόστροφα (Μπροστινή όψη)
Προσανατολισμός:	Ανάντη
Κλίση:	6°
Κωνική γωνία φτερών:	3°
Αριθμός φτερών:	3
Αεροδυναμικά φρένα:	Πλήρης σύμπραξη των φτερών
Αρχή κατασκευής φτερών:	Κοχύλια που συνδέονται με την υποστήριξη της ακτίνας
Υλικό κατασκευής φτερών:	Ίνες γυαλιού με εποξικές ρητίνες
Σύνδεση φτερού με ρουλεμάν:	Ένωση με νήμα χάλυβα και μπουλόνια
Προφίλ φτερού:	NACA63 και FFA-W3
Μήκος φτερών:	25.3 m

Χορδή φτερού (πλάτος) άκρη / τέλος:	2.3 m/0.33 m
Συστροφή φτερού άκρη / τέλος:	16°/0°
Βάρος φτερού:	Περίπου 1900 κιλά
Ρουλεμάν φτερού:	Ρουλεμάν σφαιρικό τεσσάρων σημείων
Τύπος σημείου διασύνδεσης φτερών:	Σιδερένια συνδετική μπάλα
Υλικό hub	EN-GJS-400-18U-LT / EN1563

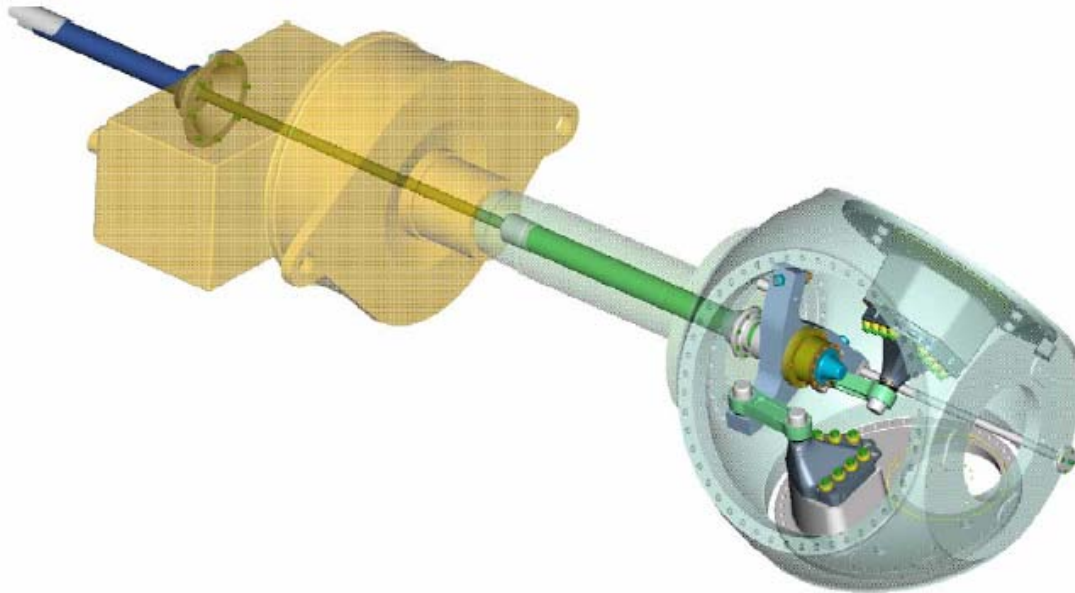


Σχέδιο 2.5 (Hub) Διασυνδετικό εξάρτημα φτερών

2.2.5 Κύριος άξονας (Main Shaft)

Ο κύριος άξονας είναι αυτός που μεταβιβάζει την ενέργεια από τον ρότορα στο σασμάν. Εσωτερικά από αυτόν περνάει ο άξονας του pitch.

Ο κύριος άξονας στηρίζεται και περιστρέφεται σε δύο σφαιρικά κυλινδρικά ρουλεμάν



Σχέδιο 2.6 Σασμάν – κύριος άξονας – Hub – τραβέρσα με τις συνδετικές ράβδους για την στροφή των φτερών.

2.2.6 Σασμάν (Gearbox)

Τύπος:	1 πλανητικό γρανάζι και 2 ελικοειδές γρανάζια
Λόγος:	1:62 για 50 Hz
Ψύξη:	Αντλία λαδιού ηλεκτρική και μηχανική με ψυγείο λαδιού.
Θέρμανση λαδιού:	Με αντίσταση 1.5 kW
Κατασκευαστής:	Η Vestas προμηθεύεται τα σασμάν από διάφορους κατασκευαστές οι οποίοι τα κατασκευάζουν σύμφωνα με τις οδηγίες της Vestas. (Rexroth, Metso, κλπ.)

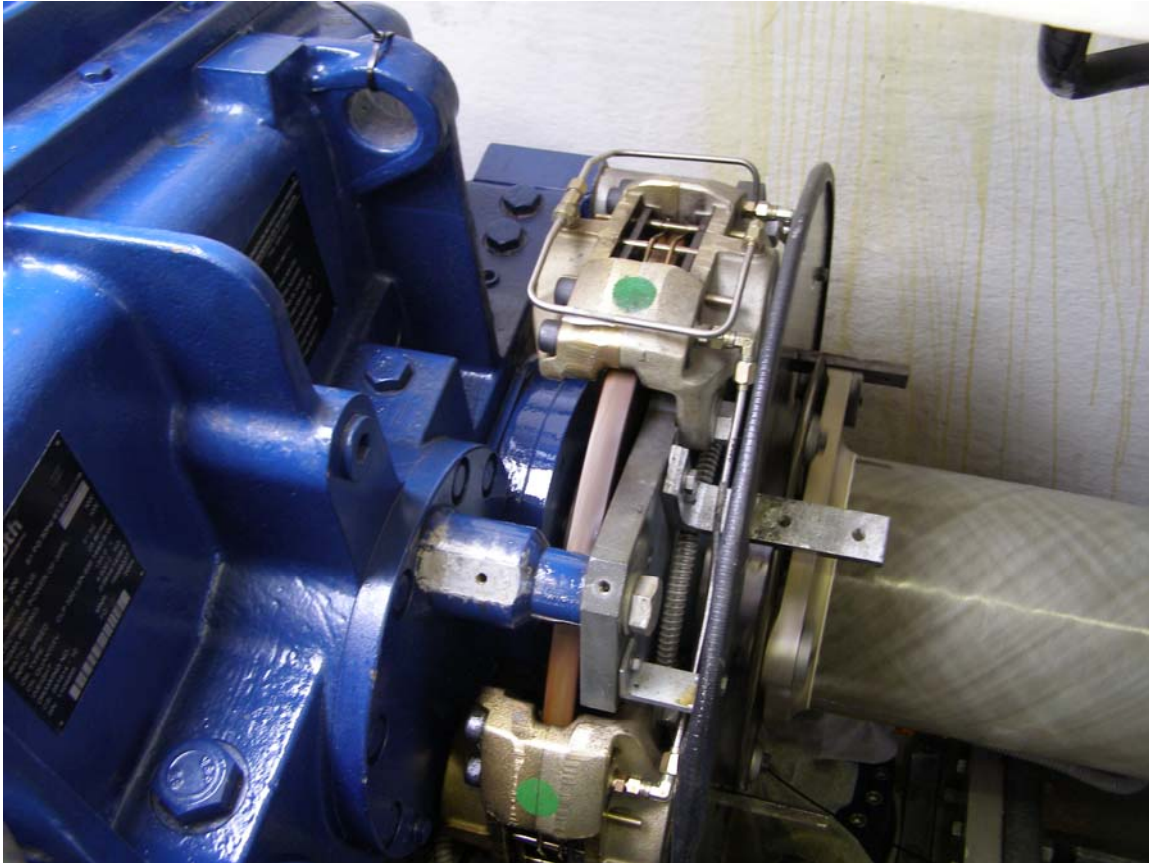
Το σασμάν είναι ένας πολλαπλασιαστής στροφών. Στη V52 850kW 50 Hz ο λόγος πολλαπλασιασμού είναι 1 προς 62 στροφές.

Συνδέεται από την μία μεριά με τον κύριο άξονα του ρότορα με ένα κωνικό υδραυλικό δίσκο και από την άλλη πλευρά της υψηλής ταχύτητας με την γεννήτρια μέσω ενός συνδέσμου φτιαγμένος από πολυεστέρα υψηλής αντοχής και ελαστικότητας.

Στο σασμάν πάνω στην πλευρά της υψηλής ταχύτητας είναι τοποθετημένο και το μηχανικό φρένο.

Ο καθαρισμός του σασμάν γίνεται από δύο φίλτρα. Το ένα είναι τοποθετημένο στο κύκλωμα ψύξης και το άλλο είναι ανεξάρτητο και το οποίο λειτουργεί ανάλογα με τη θερμοκρασία του λαδιού. Εκτός από τα φίλτρα και το σύστημα ψύξης έχει και αντίσταση για την θέρμανση του λαδιού η οποία λειτουργεί όταν έχουμε χαμηλές θερμοκρασίες στο λάδι. Υπάρχει και ένας πιεσοστάτης ο οποίος επιβλέπει την πίεση στο κύκλωμα ψύξης.

Μέσα από το σασμάν περνάει και ο άξονας του pitch.



Σχήμα 2.7 Σασμάν – Μηχανικό φρένο – Σύνδεσμος σασμάν Γεννήτρια

2.2.7 Mechanical Brake

Τύπος:	Υδραυλικό δισκόφρενο
calipers:	3
Διάμετρος δισκόφρενου:	600 mm
Υλικό Δισκόφρενου:	VWS-GJV-300-2U-D

Τα φρένα τροφοδοτούνται από μπαταρίες. Οι μπαταρίες αυτές είναι τοποθετημένες μέσα στον κεντρικό πίνακα και συνδεδεμένες με τον κεντρικό επεξεργαστή. Οι μπαταρίες υπάρχουν για να προστατέψουν την Α/Γ από διακοπές ρεύματος στο δίκτυο.

2.2.8 Υδραυλικό σύστημα

Το υδραυλικό σύστημα εξυπηρετεί δύο λειτουργίες:

Ρίψη των φτερών γύρω από τον άξονα τους (κίνηση του βήματος από 90° μέχρι -5°)

Να ενεργοποιήσει το φρένο στον άξονα της υψηλής ταχύτητας του σασμάν.

Το σύστημα αποτελείται από μια μονάδα ισχύος που βρίσκεται στη δεξιά πλευρά της ατράκτου και τους συνδετικούς σωλήνες που συνδέουν την υδραυλική με το έμβολο του βήματος και τα φρένα.

Παροχή αντλίας:	8.7 l/min.
Μέγιστη πίεση λειτουργίας:	200 bar
Πίεση φρένων:	44 bar
Ποσότητα λαδιού:	60 L
Ηλεκτροκινητήρας:	4 kW – 50/60 Hz

Σύστημα υδραυλικής αντλίας

Η υδραυλική είναι εξοπλισμένη με μια αντλία, η οποία είναι κοινή για το φρένο και για τη γωνία του βήματος. Η αντλία αυτή είναι μέσα στη δεξαμενή του λαδιού και η οποία παίρνει κίνηση από ένα ηλεκτροκινητήρα 4 kW ο οποίος βρίσκεται πάνω από την δεξαμενή του λαδιού. Η παροχή λαδιού εξαρτάται από τη φόρτιση και κυμαίνεται από 8,4 μέχρι 8,6 l/min.

Η λειτουργία της αντλίας ελέγχεται από τον πάνω controller ο οποίος παίρνει το σήμα από ένα πρεσοστάτη ο οποίος βρίσκεται πάνω στο μπλοκ της υδραυλικής. Η αντλία σταματάει να λειτουργεί όταν φτάσει η πίεση φτάσει στα 200 bar και ξεκινάει ξανά όταν πέσει στα 180 bar.

Ενώ η αντλία σταματάει παρέχεται στο σύστημα πίεση από τον συσσωρευτή ο οποίος έχει μια φούσκα με άζωτο και μια μόνιμη πίεση στα 80bar έστω και αν το υδραυλικό σύστημα είναι άδειο και η αντλία δεν λειτουργεί.

Σε κατάσταση Run, Pause και Stop η αντλία λειτουργεί αυτόματα. Σε κατάσταση Emergency stop η αντλία δεν λειτουργεί.

Το λάδι στέλνεται από την αντλία στον συσσωρευτή μέσω ενός φίλτρου και δύο βαλβίδων αντεπιστροφής. Το φίλτρο είναι εξοπλισμένο με μια βαλβίδα παράκαμψης (by pass), οπτικό και ηλεκτρικό δείκτη μόλυνσης ο οποίος ενεργοποιείται πριν από την βαλβίδα και ανοίγει σε περίπτωση πτώσης πίεσης στο φίλτρο.

Υπάρχει μια βαλβίδα ασφαλείας η οποία ανοίγει στα 250 bar σε περίπτωση λάθους στον έλεγχο της αντλίας

Για τυχόν διαρροή λαδιού υπάρχει ένας αισθητήρας όπου ελέγχει τη στάθμη του λαδιού.



Σχήμα 2.8 Υδραυλική μονάδα



Σύστημα βήματος

Το έμβολο του βήματος γυρίζει τα φτερά γύρω από τον άξονα τους από 90° μέχρι -5° και αυτό ρυθμίζεται από μια αναλογική βαλβίδα με τρεις ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες και με δύο βαλβίδες αντεπιστροφής.

Σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης (διακοπή ρεύματος ή από κάποιο σφάλμα στην Α/Γ) η αντλία δεν λειτουργεί αλλά το έμβολο έχει πίεση από τον συσσωρευτή.

Σύστημα φρένων

Το σύστημα του φρένου τροφοδοτείται από το σύστημα της υδραυλικής μέσω μιας βαλβίδας η οποία ρυθμίζει την πίεση στα 44 bar

Υπάρχει ένας δεύτερος μικρότερος συσσωρευτής ο οποίος είναι για την πίεση στα φρένα.

Όταν εμφανίζεται κάποιο σφάλμα το φρένο ενεργοποιείται μετά από ένα λεπτό, έτσι ώστε να προλάβουν τα φτερά να γυρίσουν στις 87° και οι στροφές στο ρότορα να μειωθούν.

Σημεία μέτρησης

Στη μονάδα της αντλίας είναι τοποθετημένες δέκα σημεία ελέγχου που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της πίεσης στις διαφορετικές θέσεις στο σύστημα σχετικά με την περιοδική λειτουργία ή την ανίχνευση βλαβών στο υδραυλικό σύστημα

Όλες οι μετρήσεις πίεσης στη συντήρηση ή στην ανίχνευση βλαβών γίνονται με ψηφιακό μετρητή ο οποίος συνδέεται στα σημεία ελέγχου.

2.2.9 Αισθητήρας μέτρησης διεύθυνσης και ταχύτητας αέρα

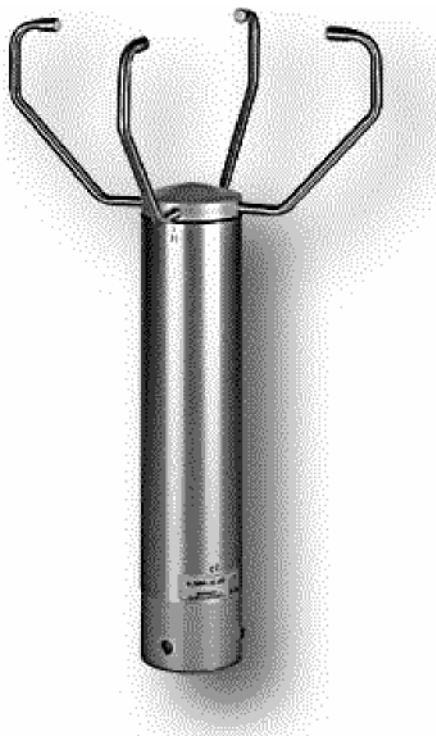
Στην V52 χρησιμοποιείται ένας συνδυασμένος αισθητήρας αέρα που μετρά την ταχύτητα και την διεύθυνση του αέρα.

Η διεύθυνση του αέρα είναι μέτρο σχετικό με τη θέση της νασσέλας.

Ο αισθητήρας είναι χωρίς κινούμενα μέρη και η μέτρηση είναι βασισμένη στις υπερηχητικές αρχές.

Το Ultrasonic Anemometer 2D έχει ως σκοπό να μετρήσει την διεύθυνση και την ταχύτητα του αέρα σε δύο διαστάσεις. Έχει την ικανότητα να παίρνει τιμές πάρα πολύ γρήγορα με αποτέλεσμα να μπορεί να μετράει και τα κάστ.

Το ανεμόμετρο αυτό είναι εξοπλισμένο με μια αντίσταση θέρμανσης έτσι ώστε το όργανο να μην επηρεάζεται από έντονα καιρικά φαινόμενα όπως χιόνια, πάγος, έντονη βροχή.



Σχήμα 2.8: Αισθητήρας αέρα US

Τρόπος λειτουργίας

Το US ανεμόμετρο αποτελείται από 4 υπερηχητικούς μετασχηματιστές ανά 2 ζευγάρια οι οποίοι ο ένας είναι απέναντι από τον άλλο σε μια απόσταση 200χιλ.

Έτσι διαμορφώνονται δύο πορείες μέτρησης κάθετες μεταξύ τους. Οι μετασχηματιστές ενεργούν και οι δύο ανά ζευγάρι σαν ακουστικές συσκευές αλλά και σαν ακουστικοί δέκτες.

Οι αντίστοιχες πορείες μέτρησης και η κατεύθυνση μέτρησης τους επιλέγονται μέσω του ηλεκτρονικού ελέγχου. Όταν ξεκινάει μια

μέτρηση πραγματοποιείται μια ακολουθία μετρήσεων μέσα σε 20 msec σε 20 °C.

Η ακολουθία αυτή αποτελείται από 8 μεμονωμένες μετρήσεις και στις 4 κατευθύνσεις (ακουστικές κατευθύνσεις διάδοσης) οι οποίες περιστρέφονται δεξιόστροφα α) από το Νότο στο Βορρά β) από τη δύση στην Ανατολή γ) από τον Βορρά στο Νότο και δ) από την Ανατολή στη Δύση.

2.2.10 Μονάδα Ελέγχου (Control Unit)

Τροφοδοσία:

Τάση:	3 x 690 VAC - 50/60 Hz
Lockable circuit breaker:	800 A
Power supply for lightning –Standard:	1x10 A – 230 VAC – 50/60 Hz
Power supply for outlets – Standard:	1x13 A – 230 VAC – 50/60 Hz
Other voltages can be supplied on request.	

Computer:

Communication:	ArcNet
Program memory:	EPROM (flash)
Programming language:	C++
Configuration:	Modular
Operation:	Numeric keyboard + Function keys pad
Display:	4 x 40 characters

Supervision/control:

- Active power
- Reactive power
- Yawing
- Hydraulics
- Environment (Wind, Temperature)
- Rotation
- Generator
- Pitch system
- Grid

Information:

- Operating data
- Production
- Operation log
- Alarm log
- Run/Pause

Commands:

Man. Yaw start/stop
Maintenance routines

Και η πάνω και η κάτω μονάδα ελεγκτών έχουν ενσωματωμένο στοιχείο θέρμανσης 400W έτσι ώστε να μην πέσει κάτω από 0°C η θερμοκρασία στους υπολογιστές.

2.2.11 Σύστημα ασφαλείας

Η Α/Γ V52-850 kW είναι εξοπλισμένη και με μηχανικά και αεροδυναμικά φρένα που θα ενεργοποιηθούν σε περίπτωση κατάστασης έκτακτης ανάγκης. Ο στρόβιλος επιπλέον έχει ένα ανεξάρτητο ηλεκτρικό κύκλωμα έκτακτης ανάγκης που θα ενεργοποιηθεί από μια κατάσταση υπερβολικής επιτάχυνσης.

2.2.12 Γείωση της Ανεμογεννήτριας V-52

Το σύστημα γείωσης της Α/Γ συνδέεται με το σύστημα γείωσης του μετασχηματιστή. Αυτό το σύστημα γείωσης γίνεται με βάση τους κανονισμούς IEC 364 312.2.1, 413.1.3.2 και 413.1.3.3.

Αυτά τα συστήματα γείωσης έχουν τα ακόλουθα πλεονεκτήματα.

Δίνουν μια καλή προστασία από τις πρόσκαιρες υπερτάσεις της μέσης και υψηλής τάσης του δικτύου.

Εάν υπάρχει κάποια διαρροή ως προς γη το σύστημα γείωσης θα προκαλέσει μια μεγάλη μείωση της σύνθετης αντίστασης στο κύκλωμα βραχυκύκλωματος και ο διακόπτης θα αποσυνδεθεί.

Ο ισοδυναμικός αγωγός σύνδεσης μπορεί να είναι ο ουδέτερος αγωγός του δικτύου.

Εάν είναι απαραίτητο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένας χωριστός γυμνός αγωγός από χαλκό 35mm² ή 50mm² ανάλογο του ρεύματος βραχυκύκλωσης. Αυτό έχει το πλεονέκτημα ότι θα βελτιώσει το σύστημα γείωσης.

Ο εξοπλισμός της γείωσης έχει προσαρμοστεί στον τοπικό τύπο εδάφους. Το σύστημα γείωσης εκτελείται κανονικά ως περιμετρική γείωση που συμπληρώνεται με τις ράβδους (βάθος-ηλεκτρόδια).

Αυτό δίνει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

1. Προσωπική ασφάλεια.

Η περιμετρική γείωση περιορίζει τη βηματική τάση που προκαλείται από κεραυνό και έτσι μπορεί να προστατέψει κάποια άτομα που μπορεί να βρίσκονται κοντά στη βάση του πύργου, εάν η Α/Γ χτυπηθεί από κεραυνό.

2. Ασφάλεια λειτουργίας.

Οι ράβδοι εξασφαλίζουν μια σταθερή και χαμηλή αντίσταση μετάβασης στην γη για ολόκληρο το σύστημα γείωσης.

Το σύστημα γείωσης εκτελείται με τον ακόλουθο τρόπο:

1. Η περιμετρική γείωση τοποθετείται σε μια απόσταση 1 μ από το θεμέλιο της Α/Γ.

2. Η περιμετρική γείωση συμπληρώνεται με δύο ράβδους χαλκού. Το ηλεκτρόδιο γείωσης τοποθετείται 180° μεταξύ τους.

3. Η περιμετρική γείωση συνδέεται σε δύο σημεία στον πύργο αντίθετα.

Εάν η γήινη σύνθετη αντίσταση δεν είναι αρκετά χαμηλή, κατόπιν το σύστημα γείωσης μπορεί να βελτιωθεί.

1. Οι δύο ράβδοι μπορούν να επεκταθούν σε 10 μ.
2. Δύο πρόσθετες γήινες ράβδοι σε 10 μ μπορούν να προστεθούν (90° μεταξύ των 4 ράβδων).

2.2.13 Αντικεραυνική Προστασία της Ανεμογεννήτριας V-52

Η αντικεραυνική προστασία της V52 συμπεριλαμβάνει προστασία επίσης και για τα φτερά πράγμα το οποίο πολλοί κατασκευαστές δεν προσφέρουν ακόμα αλλά αποτελεί πολύ σημαντικό κριτήριο. Σε οποιαδήποτε από τα φτερά είναι σε κορυφαία θέση και η άκρη του είναι στο υψηλότερο σημείο, άρα παρέχεται προστασία στο υψηλότερο σημείο της ανεμογεννήτριας.

2.2.14 Χαρακτηριστική ισχύος

Οι πίνακες και οι καμπύλες ισχύος υπολογίζονται με βάση την NACA63 και FFA-W3 για τα φτερά.

Οι παράμετροι για τον υπολογισμό της χαρακτηριστικής ισχύος είναι οι ακόλουθες:

Frequency:	50/60 Hz
Rotor diameter:	52 meter
Tip angle:	Pitch regulated
Turbulence intensity:	10 %

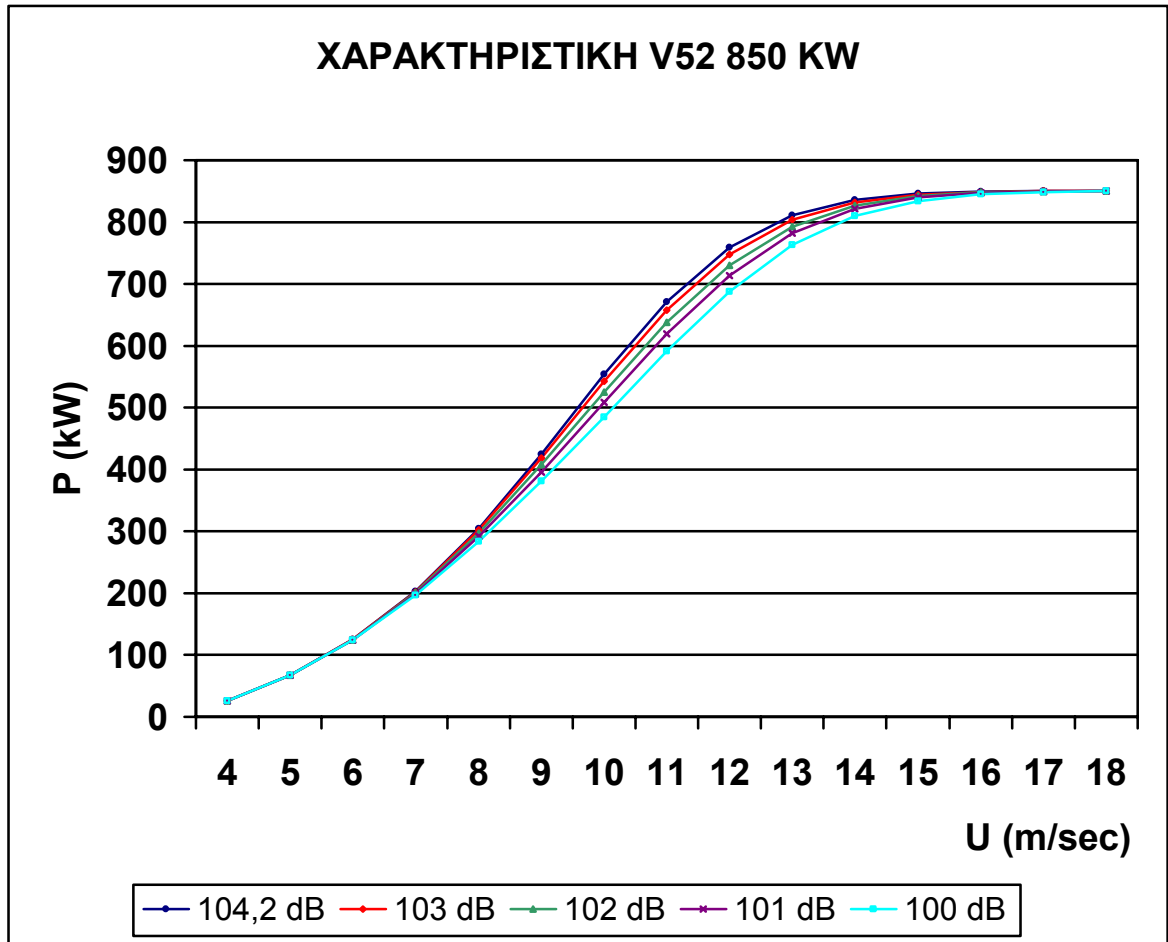
Ταχύτητα αέρα που υπολογίζεται ως μέση τιμή 10 λεπτών στο ύψος του κέντρου του ρότορα και κάθετος σ' αυτόν.

Η καμπύλη ισχύος μετριέται στον επίγειο ελεγκτή στη χαμηλή τάση του μετασχηματιστή. Επομένως οι απώλειες στο μετασχηματιστή και στα καλώδια μέσης ή υψηλής τάσης δεν συμπεριλαμβάνονται στις μετρήσεις.

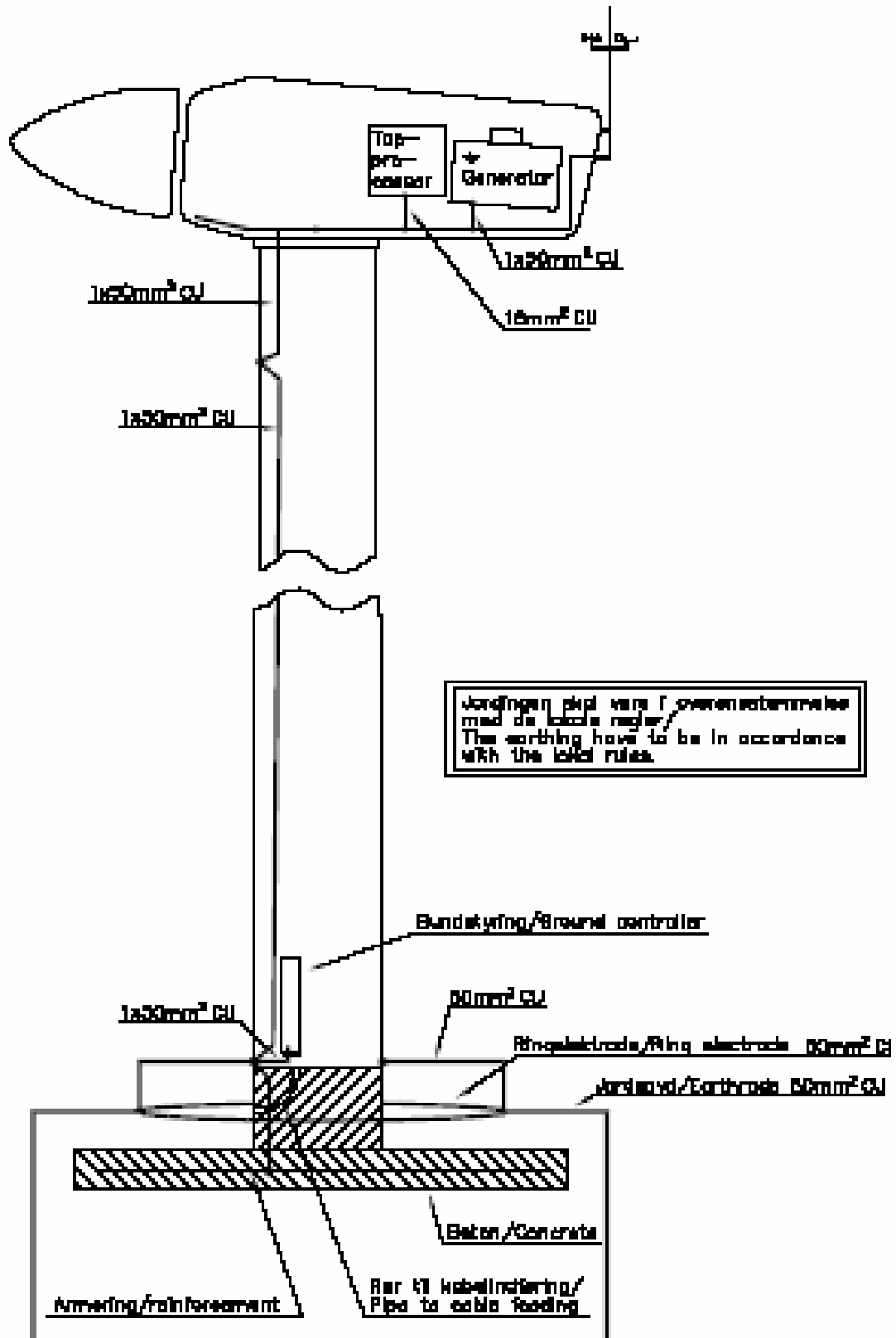
Προκειμένου να ικανοποιηθούν συγκεκριμένες απαιτήσεις της περιοχής για το χαμηλό θόρυβο, είναι δυνατό να προγραμματιστούν τα επίπεδα εκπομπής θορύβου. Το χαμήλωμα του επιπέδου εκπομπής θορύβου, θα επηρεάσει αρνητικά την παραγωγή ενέργειας έναντι της τυποποιημένης ρύθμισης 104,2 dB (A).

Πυκνότητα [kg/m ³]	1.120	1.150	1.180	1.210	1.225	1.240	1.270
	Ταχύτητα [m/s]						
4	22.3	23.2	24.1	25.1	25.5	26.0	27.0
5	60.5	62.5	64.5	66.4	67.4	68.4	70.4
6	113	116	119	123	125	126	130
7	184	189	195	200	203	206	211
8	276	284	292	300	304	308	317
9	387	398	409	420	425	431	441
10	507	521	534	547	554	561	572
11	624	637	651	665	671	679	688
12	720	731	742	753	759	765	770
13	787	794	800	807	811	814	817
14	824	827	831	834	836	838	839
15	841	842	843	845	846	846	847
16	847	848	848	849	849	849	849
17	849	849	850	850	850	850	850
18→25	850	850	850	850	850	850	850

Πίνακας 2.1 Πίνακας ισχύος σε σχέση με την πυκνότητα και με στάθμη θορύβου: 104.2 dB(A) σε ύψος 10m.



Διάγραμμα 2.1: Χαρακτηριστική ισχύος V52 σε σχέση την στάθμη θορύβου και με πυκνότητα αέρα $1,225 \text{ kg/m}^3$ σε ύψος 10m.



Σχήμα 2.9 Γείωση Α/Γ

2.3 Σύστημα ελέγχου

2.3.1 Έλεγχος της ανεμογεννήτριας

Ο έλεγχος της Α/Γ γίνεται από τον VMP-Controller (Vestas Multi Processor Controller)

Ο VMP-Controller επιτηρεί και ελέγχει όλες τις λειτουργίες στην Α/Γ, προκειμένου να εξασφαλιστεί ότι η απόδοση του στροβίλου είναι η βέλτιστη με οποιαδήποτε ταχύτητα αέρα.

Ο VMP-Controller θα σταματήσει το στρόβιλο εάν ανιχνεύσει κάποιο σφάλμα.

Ο VMP-Controller αποτελείται από τρεις ελεγκτές (controller) οι οποίοι επικοινωνούν μεταξύ τους με μια οπτική ίνα:

Ground controller, ο οποίος βρίσκεται στο κάτω μέρος του πύργου, και ελέγχει τους κύριους διακόπτες. Από αυτόν ένας χειριστής μπορεί να λειτουργήσει την Α/Γ και να δει όλα τα στοιχεία της (σφάλματα, προειδοποιήσεις λειτουργία, σήματα αισθητήρων, κατάσταση κύριων και βοηθητικών συστατικών κλπ.).

Converter controller (VCP) ο οποίος βρίσκεται στην nacelle φροντίζει την παρέμβαση και τη διακοπή της γεννήτριας, τη μέτρηση του ρεύματος, της τάσης και τον έλεγχο του μετατροπέα.

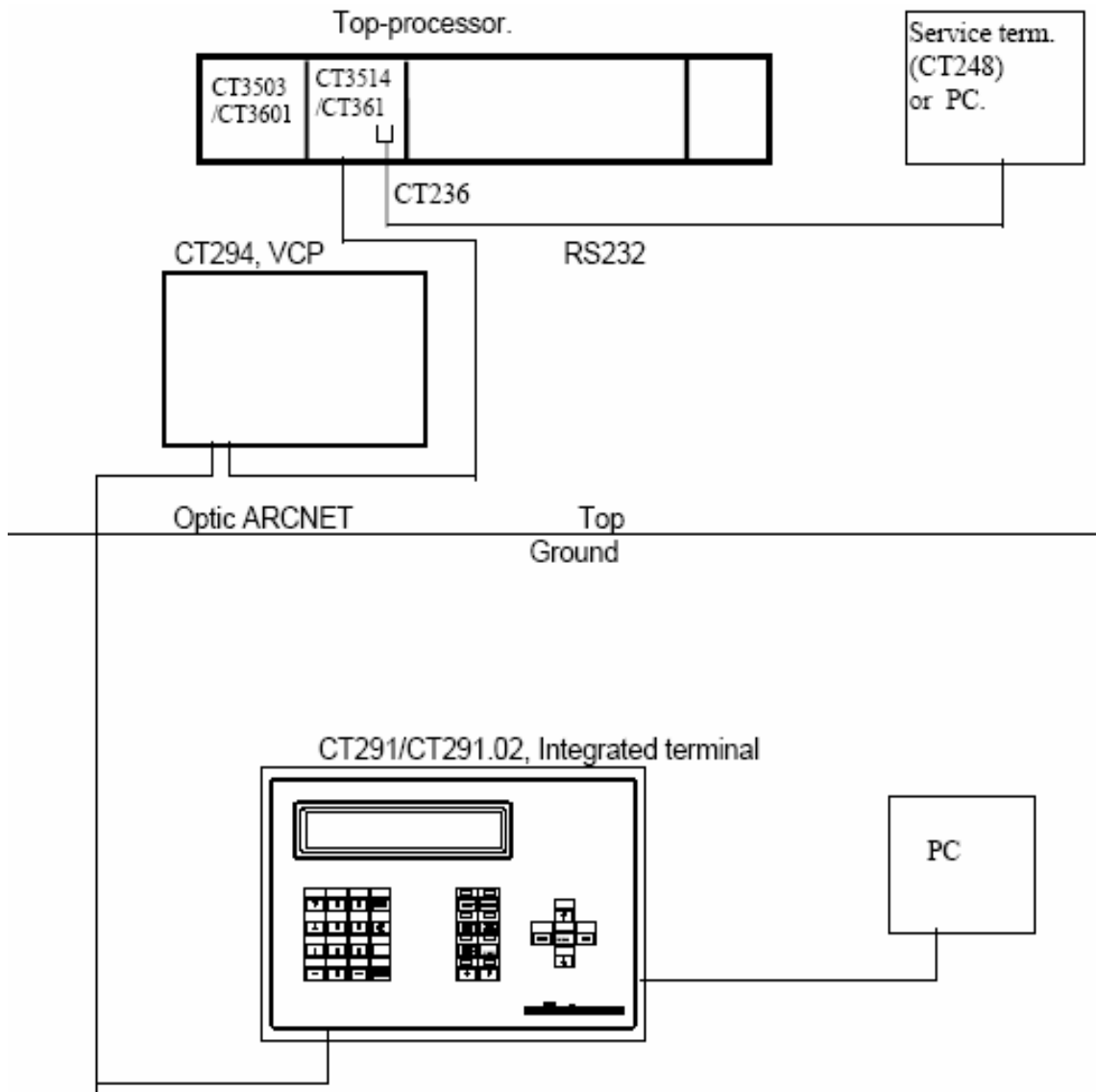
Top controller ο οποίος βρίσκεται στην nacelle και φροντίζει τη λειτουργία της μηχανής π.χ. θερμοκρασίες, έλεγχος του βήματος και της ταχύτητας, έλεγχος της παρέκκλισης από την διεύθυνση του αέρα κλπ. Μπορεί να συνδεθεί με ένα φορητό controller με display και μπορεί να ελέγχεται η Α/Γ από κάποιον όταν βρίσκεται στη nacelle δηλ. όταν ένας χειριστής θέλει να εξετάσει τα στοιχεία από την Α/Γ, ή θέλει να ξεκινήσει ή να σταματήσει την Α/Γ ενώ βρίσκεται μέσα στην άτρακτο.

2.3.2 Συλλογή δεδομένων

Ο VMP-Controller συλλέγει συνεχώς τα στοιχεία για την απόδοση του στροβίλου π.χ.:

- Ταχύτητα ρότορα και γεννήτριας
- Ταχύτητα και διεύθυνση αέρα
- Υδραυλική πίεση
- Θερμοκρασίες
- Παραγωγή ενέργειας
- Βήμα κλπ.

Εάν προκύψουν παρατυπίες ή λάθη, κατά την λειτουργία της Α/Γ αυτά αποθηκεύονται σε διάφορα αρχεία καταγραφής από τα οποία μπορούμε να δούμε και να αναλύσουμε τα λάθη (error) στην Α/Γ και να τα επιλύσουμε.



Σχήμα 3.1: Επικοινωνία μεταξύ του Top και του Ground controller

2.3.3 Σύστημα παραμέτρων

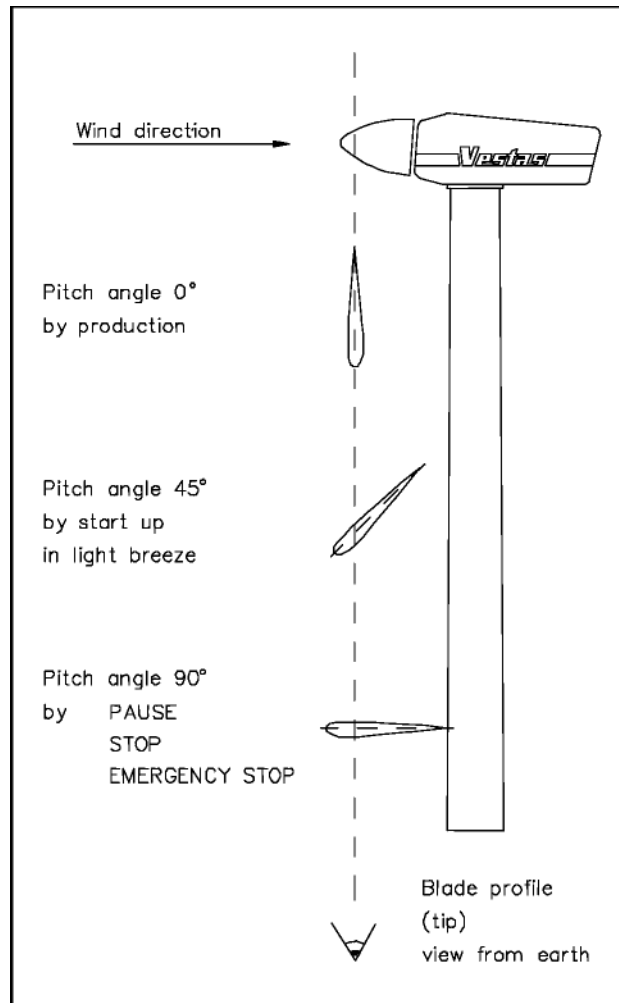
Το λογισμικό στο σύστημα VMP-Controller είναι φτιαγμένο έτσι ώστε όλες οι μεταβλητές μπορούν να τεθούν χωριστά με διάφορες παραμέτρους.

Οι παράμετροι αυτοί καθορίζουν τα όρια όπως τιμές βαθμολόγησης για το ανεμόμετρο, για την υδραυλική πίεση, τον συγχρονισμό της Α/Γ με το δίκτυο κ.λπ.

2.3.4 Έλεγχος της Α/Γ με OptiTip

Όταν η Α/Γ είναι σε κατάσταση Pause, Stop, ή Emergency stop τα φτερά είναι σε μια θέση 90° από τον αέρα.

Όταν η Α/Γ είναι σε κατάσταση Run η Α/Γ είναι σε παραγωγή και τα φτερά είναι σε μια θέση κοντά στο 0 η οποία μεταβάλλεται ανάλογα με την ταχύτητα του αέρα και αυτό ελέγχεται από τα συστήματα ελέγχου OptiTip και OptiSpeed από τον VMP controller.



Σχήμα 3.2: Η θέση του βήματος στις διαφορετικές καταστάσεις λειτουργίας.

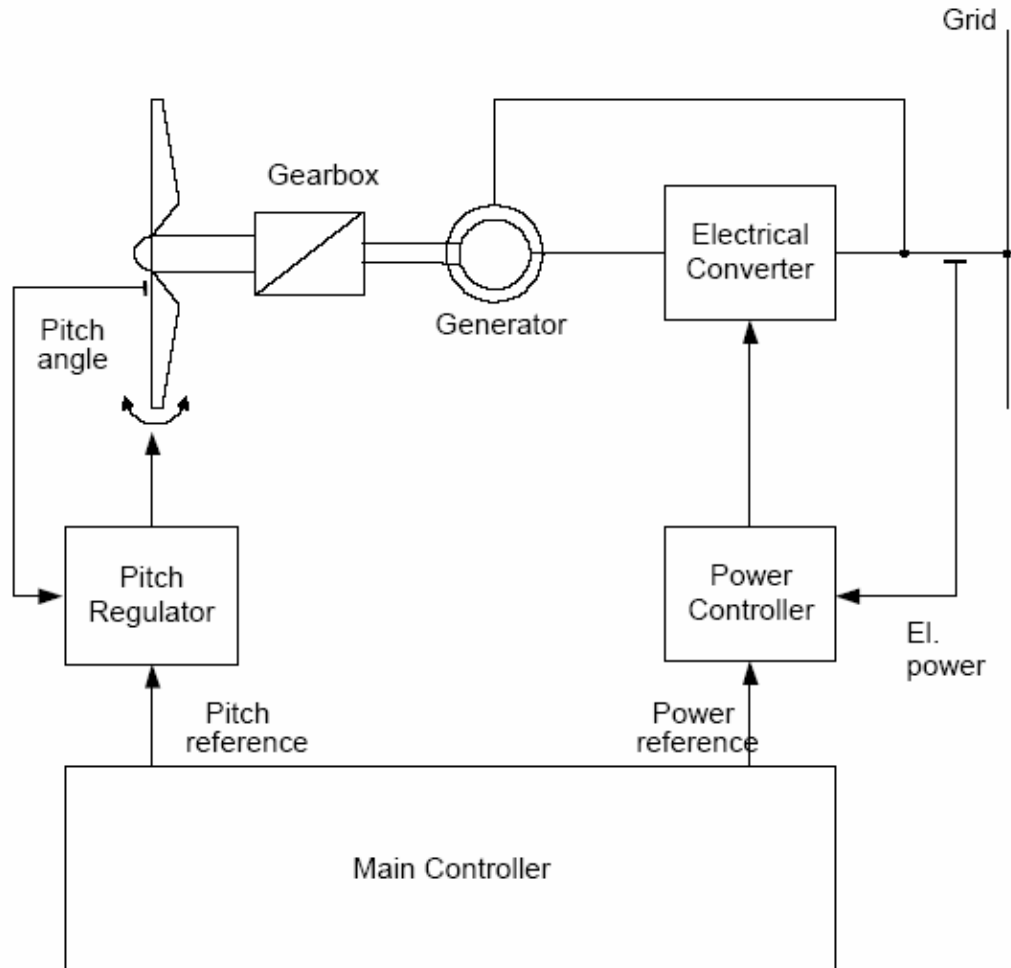
2.3.5 Γενική διαμόρφωση ελέγχου

Στο σχήμα 4,1 παρουσιάζεται το θεωρητικό σύστημα ελέγχου Vestas OptiSpeedTM. Οι λειτουργίες ελέγχου διαιρούνται σε 3 μπλοκ:

Κύριο ελεγκτή (main controller). Διαχειρίζεται τις γενικές λειτουργίες ελέγχου και παράγει τις τιμές αναφοράς για την γωνία του βήματος, και για την παραχθήσα ηλεκτρική ισχύς.

Ρυθμιστής βήματος (Pitch Regulator). Ρυθμίζει την γωνία του βήματος σύμφωνα με την τιμή αναφοράς που έχει πάρει από τον κύριο ελεγκτή.

Ελεγκτής ισχύος (Power Controller). Ρυθμίζει την παραχθήσα ηλεκτρική ισχύ που παραδίδεται στο δίκτυο σύμφωνα με την τιμή αναφοράς έχει πάρει από τον κύριο ελεγκτή.



Σχήμα 3.3: Γενική διαμόρφωση ελέγχου

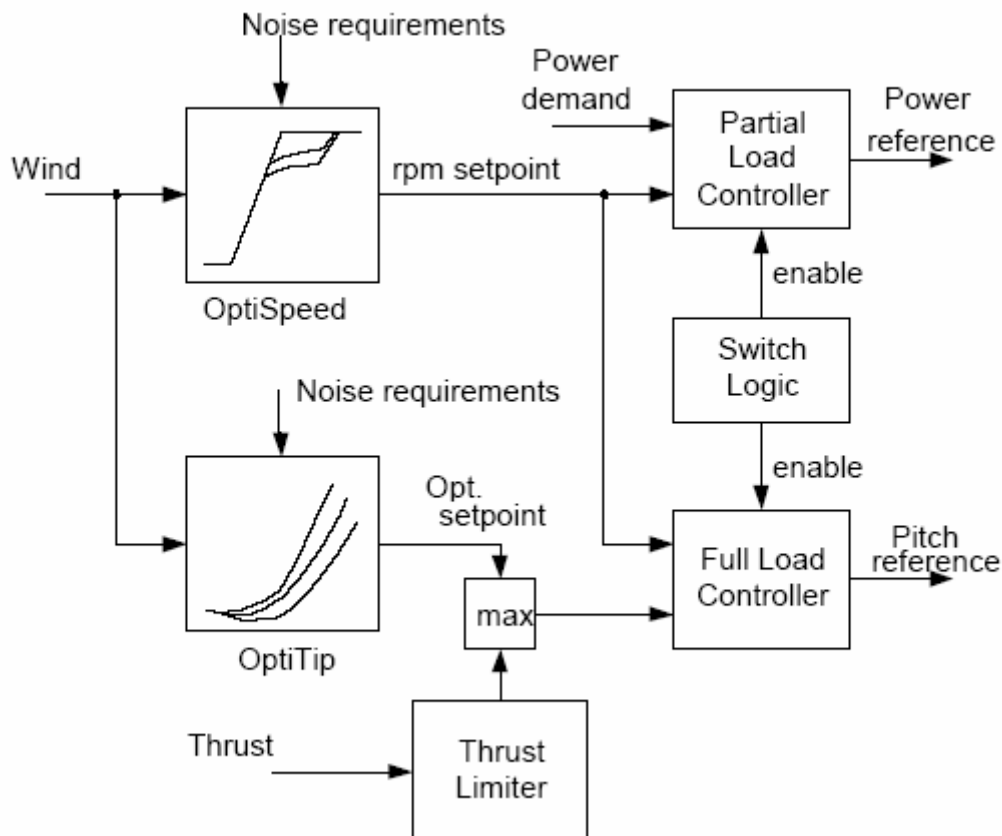
2.3.6 Κύριος ελεγκτής

Ο κύριος ελεγκτής περιέχει τους γενικούς βρόγχους ελέγχου και τους περισσότερους από τους αλγόριθμους επίβλεψης. Ο στόχος του είναι να εξασφαλίσει ότι ο στρόβιλος ικανοποιεί οποιαδήποτε στιγμή τις ακόλουθες απαιτήσεις απόδοσης:

- Μεγιστοποίηση της παραχθήσας ενέργειας
- Περιορισμός των μηχανικών φορτίων
- Περιορισμός του ακουστικού θορύβου.
- Διατήρηση της ποιότητας ισχύος.

Το σχήμα 4,2 παρουσιάζει το μπλοκ διάγραμμα του κύριου ελεγκτή και πιο πολύ ουσιαστικές λειτουργίες. Στην αριστερή πλευρά υπάρχουν δύο μπλοκ αποκαλούμενα OptiSpeed και OptiTip που χρησιμοποιούνται για να υπολογίσουν τη βέλτιστη περιστροφή ανά λεπτό και τη γωνία του βήματος τα οποία εξαρτώνται από την ταχύτητα του αέρα .

Το βέλτιστο set point ορίζεται ως το λειτουργικό σημείο όπου ο στρόβιλος παράγει μέγιστη ηλεκτρική ισχύς, ακόμα που κρατά το θόρυβο κάτω από το επιτρεπόμενο επίπεδο.



Σχήμα 3.4: Κύρια δομή του κύριου ελεγκτή

Τα μπλοκ δεξιά είναι αρμόδια για τον έλεγχο της Α/Γ στον καθορισμένο set point εξασφαλίζοντας ότι η ηλεκτρική ισχύς περιορίζεται στην απαιτούμενη ισχύ. Εάν η ταχύτητα του αέρα αυξηθεί επάνω από ένα ορισμένο επίπεδο η γωνία του βήματος θα αυξηθεί πάνω από το βέλτιστο set point. Στην περίπτωση που όταν η απαιτούμενη ισχύς είναι ίση με την εκτιμημένη ισχύς αυτή η ταχύτητα του αέρα ονομάζεται 'εκτιμημένη ταχύτητα αέρα'.

Με ταχύτητα αέρα κάτω από την εκτιμημένη ταχύτητα αέρα η Α/Γ δεν είναι ικανή να παράγει την εκτιμημένη ισχύ. Σε αυτήν την περίπτωση οι λογικοί διακόπτες θα ενεργοποιήσουν τον ελεγκτή φορτίων, και η Α/Γ θα παράγει ηλεκτρική ενέργεια με την βέλτιστη αποδοτικότητα. Εάν η ταχύτητα αέρα είναι επάνω από τη εκτιμημένη ταχύτητα αέρα ο ελεγκτής φορτίων ενεργοποιείται και περιορίζει την ισχύ στην εκτιμημένη ισχύ.

Επιπλέον το σύστημα έχει ένα περιοριστή ώθησης που χρησιμοποιείται για τον περιορισμό της αεροδυναμικής ώθησης στο ρότορα και στον πύργο.

2.3.7 Τμηματική λειτουργία φορτίων

Εάν η ταχύτητα αέρα είναι μεταξύ της ταχύτητας αέρα παρεμβάσεων και της εκτιμημένης ταχύτητας αέρα η παραχθέντα ηλεκτρική ισχύς θα είναι κάτω από την εκτιμημένη ισχύς.

Σ' αυτήν την περίπτωση ο στρόβιλος ελέγχεται για να παράγει τη μέγιστη ισχύς κάτω από τους δεδομένους περιορισμούς θορύβου.

Όπως φαίνεται στο σχήμα 4,3 η τμηματική περιοχή φορτίων μπορεί να διαιρεθεί σε τρεις σειρές:

Λειτουργία σε χαμηλή ταχύτητα ($V_{on} < V <= V_1$). Οι στροφές κρατιούνται στη χαμηλότερη πιθανή τιμή που καθορίζεται από τη μέγιστη ολίσθηση. (Λειτουργία κάτω από τη σύγχρονη ταχύτητα).

Λειτουργία στο βέλτιστο αποδοτικότητας Σε αυτή την περιοχή ταχύτητας αέρα, το σύστημα OptiSpeed ελέγχει τις στροφές του ρότορα ανάλογα με την ταχύτητα του αέρα με αποτέλεσμα τη μέγιστη αεροδυναμική αποδοτικότητα του ρότορα. Η γωνία του βήματος κρατιέται σταθερή.

Λειτουργία στις ονομαστικές στροφές ($V_2 <= V <= V_{rd}$). Εάν η ταχύτητα του αέρα είναι υψηλότερη από V_2 η Α/Γ είναι σε σταθερή λειτουργία ανάλογα τις στροφές. Επομένως οι στροφές θα κυμανθούν δυναμικά γύρω από ένα σταθερό set point.

2.3.8 Πλήρεις λειτουργία φορτίων

Εάν η ταχύτητα αέρα είναι μεταξύ της εκτιμημένης (V_{rd}) και της ταχύτητας αποκοπής (V_{off}) η Α/Γ θα λειτουργεί στην ονομαστική ισχύ. Αυτό σημαίνει ότι οι στροφές της γεννήτριας τώρα ελέγχονται από τη γωνία του βήματος. Εάν η ταχύτητα αέρα μειωθεί, αναγκάζοντας κατά συνέπεια τη γωνία του βήματος να μειωθεί σε μια τιμή κοντά στη βέλτιστη γωνία βήματος, ο πλήρεις ελεγκτής φορτίων θα απενεργοποιηθεί και θα αναλάβει τον έλεγχο ο τμηματικός ελεγκτής φορτίων.

2.3.9 Σύνδεση αστέρα - τρίγωνο

Προκειμένου να μεγιστοποιηθεί η αποδοτικότητα της γεννήτριας ο στάτης μπορεί να συνδεθεί σε δύο διαφορετικές συνδέσεις:

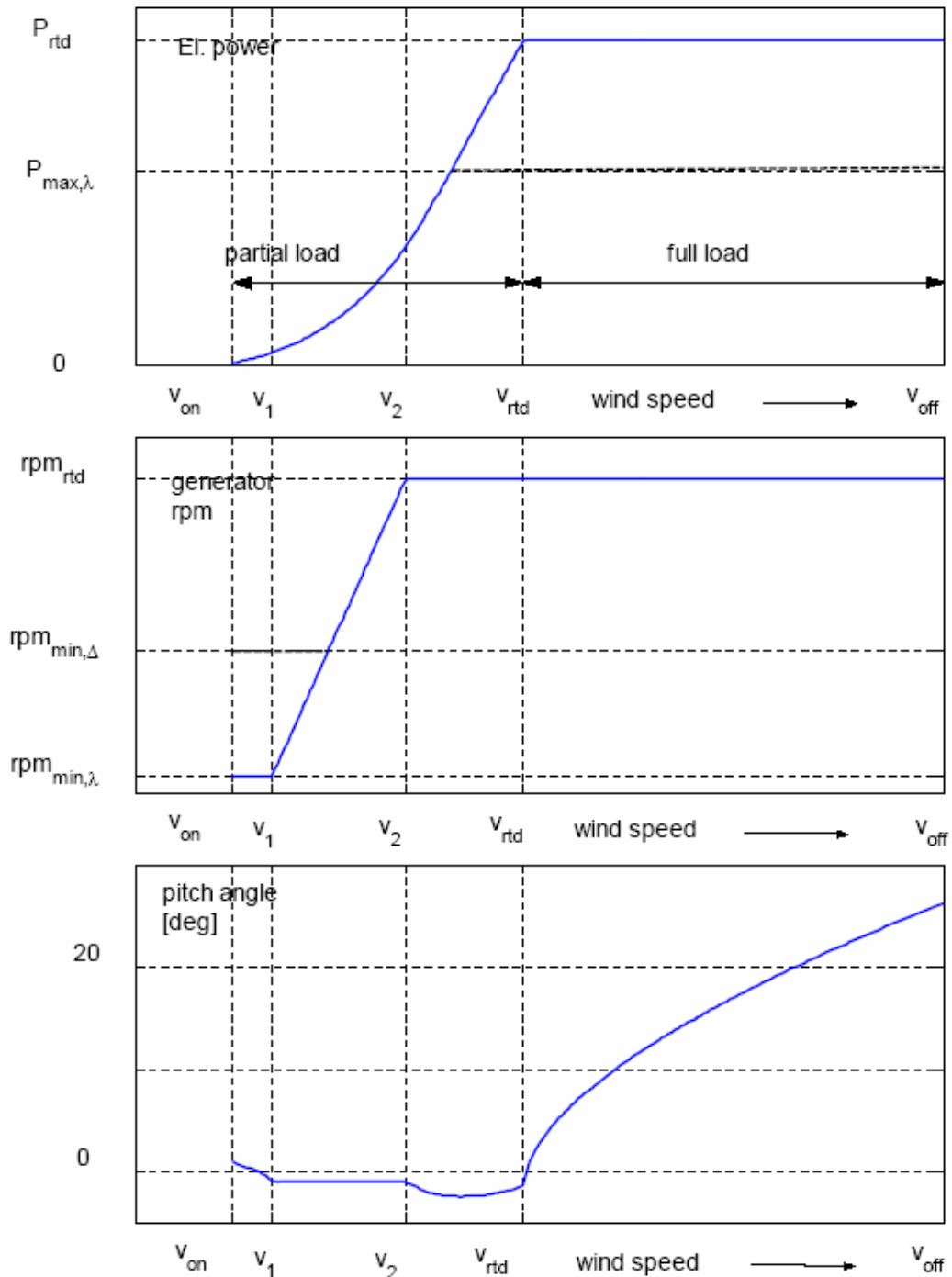
- A) Σύνδεση Αστέρα (λ)
- B) Σύνδεση Τριγώνου (Δ)

Στη σύνδεση αστέρα οι στροφές της γεννήτριας μπορούν να καλύψουν ολόκληρη την περιοχή από το rpm_{min} στο rpm_{rd} ενώ η ισχύς της γεννήτριας περιορίζεται σε P_{max}

Στη σύνδεση τριγώνου η ισχύς είναι απεριόριστη ενώ οι στροφές περιορίζονται έτσι ώστε να μην υπερβούν από το $rpm_{min,\Delta}$. Το σύστημα ελέγχου επιλέγει τη

σύνδεση του στάτη αν είναι σε αστέρα ή τρίγωνο και εξαρτάται από την ταχύτητα του αέρα.

Για την αλλαγή από αστέρα σε τρίγωνο και το αντίθετο η παραγωγή μηδενίζεται και ξανασυγχρονίζεται η γεννήτρια και μπαίνει ξανά σε παραγωγή.



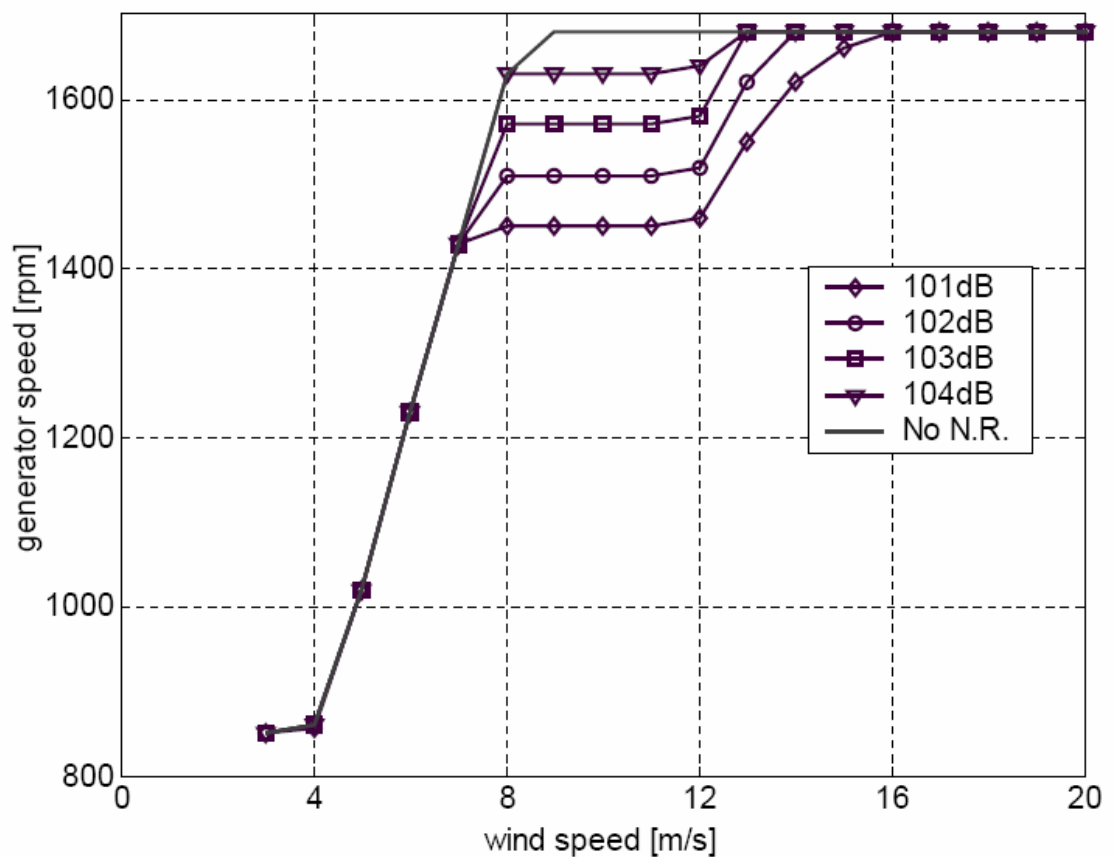
Σχήμα 3.5: Καμπύλες σε κατάσταση λειτουργίας, για την ισχύ, τις στροφές της γεννήτριας, και τη γωνία του βήματος εξαρτώμενες από την ταχύτητα του αέρα. Υποτίθεται ότι η Α/Γ λειτουργεί με τη μέγιστη απαίτηση ισχύος και χωρίς μείωση θορύβου.

2.3.10 Εξωτερικός έλεγχος ισχύος

Είναι δυνατό να ελεγχθεί η παραγωγή ισχύος μέσω Remote Control System (RCS) ή με τη ρύθμιση μιας παραμέτρου. Σε αυτήν την περίπτωση, το σύστημα ελέγχου θα ερμηνεύσει τη δεδομένη απαίτηση ισχύος δεδομένου ότι «πλήρες φορτίο», δηλ. ο ελεγκτής θα μετατραπεί σε πλήρη λειτουργία φορτίων εάν η απαιτούμενη ισχύς επιτυγχάνεται.

2.3.11 Έλεγχος θορύβου

Οι Α/Γ V52 προσφέρονται με διαφορετικές τοποθετήσεις θορύβου. Η ρύθμιση θορύβου έχει μια επιρροή στις καμπύλες λειτουργίας στη μερική περιοχή φορτίων. Εάν η Α/Γ χρησιμοποιείται με μια χαμηλότερη ζήτηση θορύβου, οι στροφές μειώνονται και η γωνία του βήματος αυξάνεται. Μαζί με τη μείωση θορύβου, επίσης η αεροδυναμική αποδοτικότητα μειώνεται, το οποίο οδηγεί σε μια χαμηλότερη καμπύλη ισχύος και μια αύξηση της εκτιμημένης ταχύτητας αέρα.



Σχήμα 3.6: Στροφές γεννήτριας σε διαφορετικά επίπεδα θορύβου.

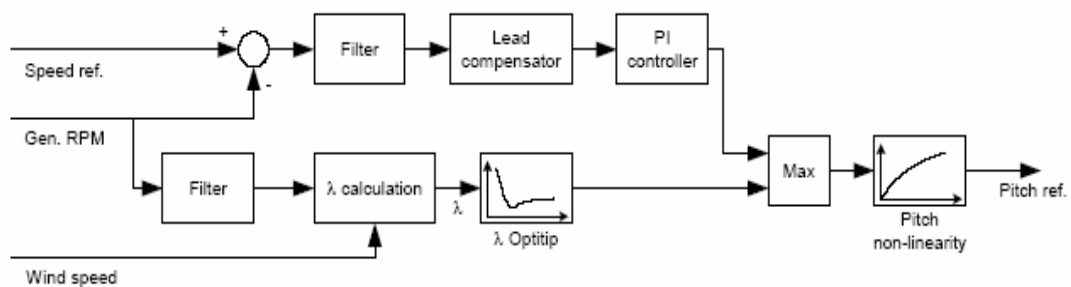
2.3.12 Περιοριστής ώθησης

Η λειτουργία του περιοριστή ώθησης είναι να περιοριστεί η αεροδυναμική ώθηση σε μια σταθερή μέγιστη αξία. Σε αυτόν τον σκοπό, ο ελεγκτής υπολογίζει την ώθηση του ρότορα από τις μετρήσεις της ισχύος, τις στροφές της γεννήτριας και της

γωνίας του βήματος και υπολογίζει μια γωνία βήματος που εξασφαλίζει ότι η ώθηση είναι κάτω από το διευκρινισμένο όριο. Ο περιοριστής ώθησης ενεργοποιείται κυρίως στην υψηλή αναταραχή προκειμένου να αποφευχθούν τα μέγιστα φορτία στα φτερά και τον πύργο.

2.3.13 Ξεκίνημα και σταμάτημα

Κατά τη διάρκεια του ξεκινήματος από pause σε run και κανονικού σταματήματος από run σε pause ή στις περιόδους με μια ταχύτητα αέρα κάτω από την ταχύτητα αέρα παρεμβάσεων, η Α/Γ χρησιμοποιείται με μια αποσυνδεδεμένη γεννήτρια. Σε αυτήν την περίπτωση, ένας ελεγκτής ταχύτητας χρησιμοποιείται για να ελέγξει τις στροφές της Α/Γ (Σχήμα 3.7).



Σχήμα 3.7: Έλεγχος ταχύτητας για τη λειτουργία με αποσυνδεδεμένη γεννήτρια

Ο ελεγκτής είναι ένας συμβατικός αντισταθμιστής κατεύθυνσης που συνδέεται στη σειρά με έναν ελεγκτή PI, που ακολουθείται από μια μη γραμμικότητα του βήματος που μειώνει το κέρδος με το αυξανόμενο βήμα. Αυτό αντισταθμίζει τη μη γραμμική αεροδυναμική.

Όταν δεν υπάρχει αέρας, η Α/Γ είναι έτοιμη να ξεκινήσει με τη διατήρηση μιας βέλτιστης γωνίας του βήματος σύμφωνα με τη λειτουργία λάμδα OptiTip (λ). Όταν η ταχύτητα αέρα και η ταχύτητα της γεννήτριας αυξάνονται, η γωνία του βήματος θα παραμείνει βέλτιστη έως ότου επιτυγχάνεται η αναφορά στροφών.

Ο ελεγκτής ταχύτητας αρχίζει με μια αναφορά στις στροφές για να συνδεθεί σε αστέρα με μια ταχύτητα 1250 στροφές ανά λεπτό. Δύο κριτήρια πρέπει να ικανοποιηθούν πριν από την έναρξη διαδικασίας σύνδεσης: Η γωνία του βήματος πρέπει να είναι τουλάχιστον 3 φορές πάνω για να εξασφαλιστεί αρκετή ενέργεια από τον αέρα και οι στροφές της γεννήτριας πρέπει να είναι +/- 15 στροφές της ταχύτητας σύνδεσης για περισσότερο από 1 sec.

Εάν ο αέρας είναι ισχυρός και η γωνία του βήματος επομένως είναι υψηλότερη από 14° από την ταχύτητα σύνδεσης σε αστέρα, ο ελεγκτής ταχύτητας δίνει μια αναφορά για σύνδεση σε δέλτα, η ταχύτητα σύνδεσης σε δέλτα είναι 1450 στροφές ανά λεπτό.

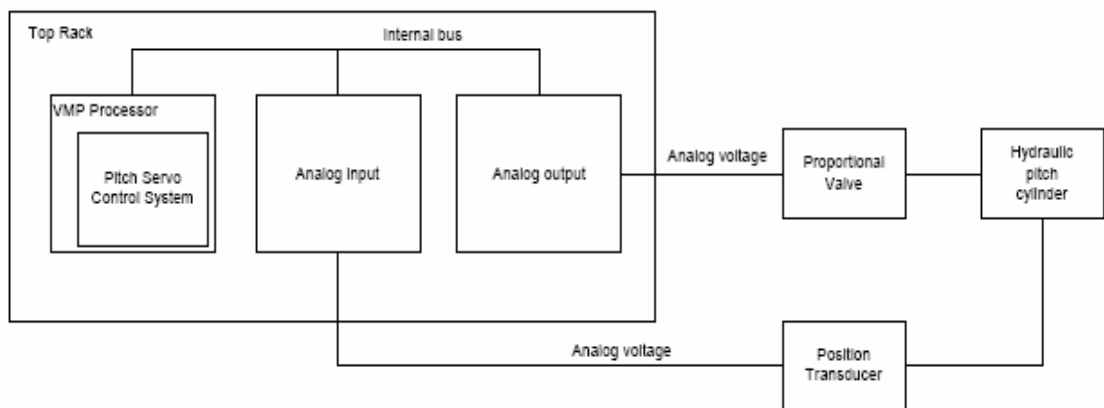
Όταν η γεννήτρια συνδεθεί με το δίκτυο, η αναφορά ισχύος αυξάνεται ανά 50 kW/sec έως ότου επιτευχθεί το βέλτιστο επίπεδο ισχύος.

2.3.14 Ρύθμιση βήματος

Οι Α/Γ Vestas OptiSpeed έχουν ένα σύστημα ελέγχου και ρύθμισης του βήματος με σερβομηχανισμό. Το σύστημα ρύθμισης του βήματος είναι ένας βρόγχος που ελέγχει το βήμα για να ακολουθήσει μια δεδομένη αναφορά όσο το δυνατόν γρηγορότερα διατηρώντας την ικανοποιητική απόσβεση.

Ο ρυθμιστής βήματος είναι μη γραμμικός P-controller αντισταθμίζοντας τη νεκρή ζώνη και οι περιορισμοί στην αναλογική βαλβίδα. Η μετατροπή της θέσης του εμβόλου επιτυγχάνεται από τον VMP controller κοντά στη γραμμική προσέγγιση.

Οι σχέσεις μεταξύ της γωνίας του βήματος, της θέσης του εμβόλου και της τάσης μετατροπής φαίνεται στον πίνακα 3.1.



Σχήμα 3.8: Σύστημα ρύθμισης βήματος

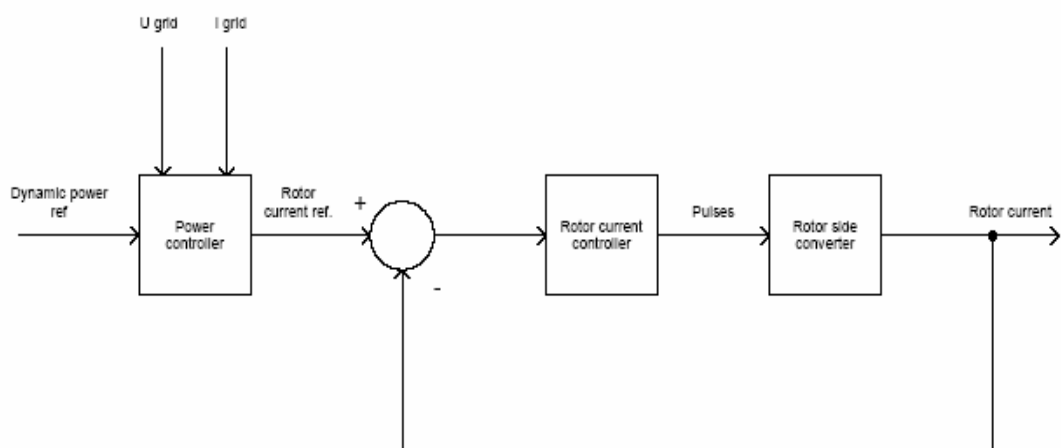
Pitch (deg)	Position (mm)	Position (V)
-5	0	0,040
0	27	0,460
5	56	0,970
10	87	1,500
15	119	2,050
25	185	3,190
30	218	3,760
35	251	4,320
40	282	4,870
45	313	5,400
50	344	5,920
55	373	6,430
60	402	6,930
65	430	7,410
70	458	7,890
75	486	8,370
80	514	8,850
85	542	9,350
90	572	9,860

Πίνακας 3.1: Σχέση ανάμεσα στη γωνία του βήματος, τη θέση του εμβόλου και της τάσης μετατροπής.

2.3.15 Έλεγχος ισχύος / μετατροπέας ισχύος

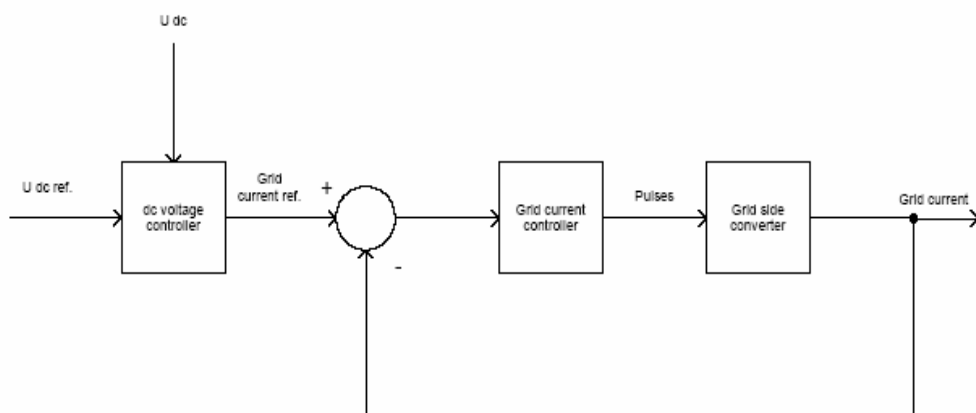
Ο ελεγκτής ισχύος βασίζεται σε έναν μετατροπέα συχνότητας στο κύκλωμα του ρότορα της γεννήτριας επιτρέποντας στην Α/Γ να μεταβάλλονται οι στροφές της γεννήτριας από + 30% μέχρι και - 50% γύρω από τη σύγχρονη ταχύτητα, χωρίς επιρροή στην ποιότητα ισχύος.

Ο ελεγκτής ισχύος στο μετατροπέα συχνότητας λαμβάνει μια αναφορά ισχύος από τον ελεγκτή VMP και διατηρεί αυτό το επίπεδο ισχύος με τη βοήθεια ενός γρήγορου βρόχου ελέγχου ρεύματος.



Σχήμα 3.9: Ελεγκτής ισχύος / μετατροπέας ρότορα

Ο μετατροπέας συχνότητας αποτελείται από έναν μετατροπέα στον ρότορα και έναν δευτερεύοντα μετατροπέα δικτύου. Ο δευτερεύων μετατροπέας δικτύου δεν είναι, εντούτοις, ένα μέρος του συστήματος ελέγχου ισχύος δεδομένου ότι ο κύριος στόχος του είναι να διατηρήσει μια σταθερή τάση στο dc-link.



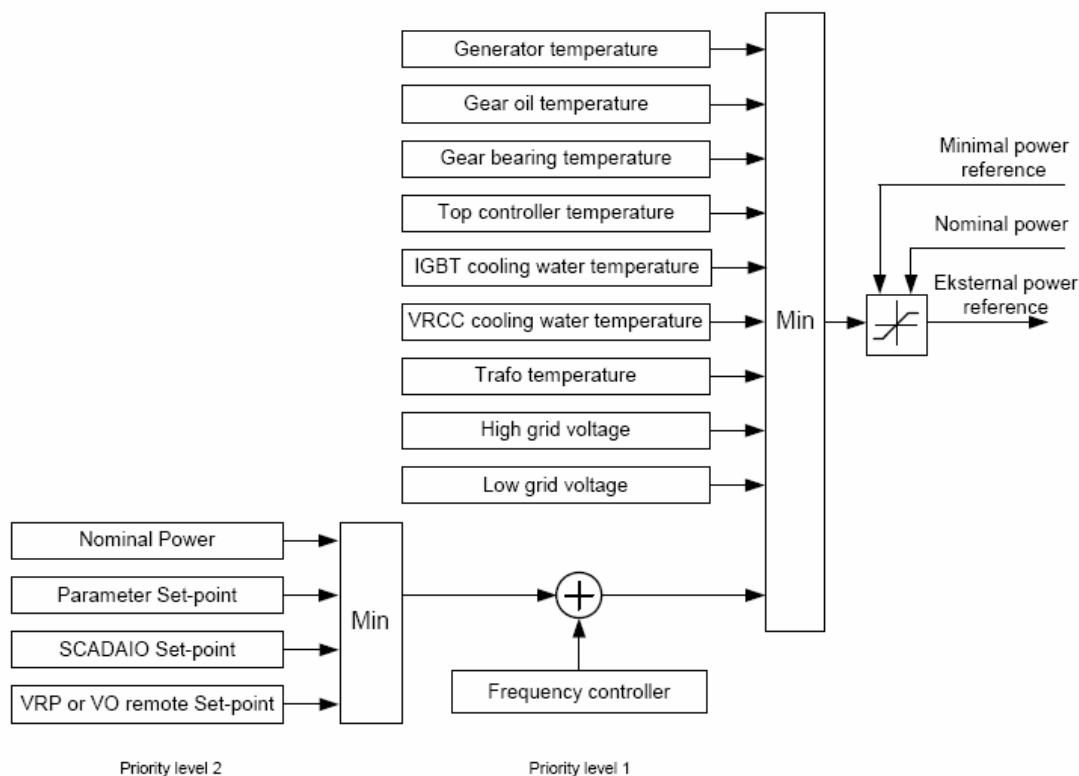
Σχήμα 3.10: Σύστημα μετατροπέα δικτύου

2.3.16 Εξωτερική αναφορά ισχύος

Η παραγόμενη ισχύς από την Α/Γ κανονικά άμεσα συνδέεται με την ταχύτητα του αέρα, εντούτοις, η ισχύς μπορεί να χαμηλώσει σε μικρότερες τιμές από μια εξωτερική αναφορά

Όπως φαίνεται στο σχέδιο 5, διάφορες διαφορετικές πηγές μπορούν να επηρεάσουν την παραγόμενη ισχύ. Η εξωτερική αναφορά ισχύος επιλέγεται ως ελάχιστο διάφορων πηγών αναφορών που τίθενται από τρεις διαφορετικές ομάδες:

- Αιτήματα χειριστών
- Υψηλές θερμοκρασίες
- Απαιτήσεις δικτύου



Σχήμα 3.11: Πηγές αναφορών για μείωση της παραγωγής

Ονομαστική ισχύς (Nominal Power)

Η αναφορά ισχύος δεν μπορεί να υπερβεί την ονομαστική ισχύ καθώς επίσης και δεν μπορεί να χαμηλώσει κάτω από την ελάχιστη αναφορά ισχύος η οποία εξαρτάτε από την ταχύτητα του αέρα.

Μείωση της παραγωγής από τον χειριστή

Ο χειριστής μπορεί να μειώσει την παραγωγή με τρεις διαφορετικούς τρόπους Από την Α/Γ αλλάζοντας δύο παραμέτρους και η παραγωγή μένει σ' αυτές τις τιμές μέχρι να ξαναλαχτούν από τον χειριστή.

Από τον server του πάρκου δίνοντας μια τιμή.

Remote μέσω του server

Μείωση της παραγωγής που προκαλείτε από υψηλές θερμοκρασίες.

Μείωση της παραγωγής μπορεί να προκληθεί από υψηλής θερμοκρασίας σε ένα από τα ακόλουθα συστατικά:

- Γεννήτρια
- Λάδι σασμάν
- Ρουλεμάν σασμάν
- Κορυφαίος ελεγκτής
- Αντιψυκτικό υγρό (IGBT)
- Θερμοκρασία μετασχηματιστών

2.3.17 Άεργη ισχύς

Οι στρόβιλοι είναι σε θέση να παράγουν άεργη ισχύ.

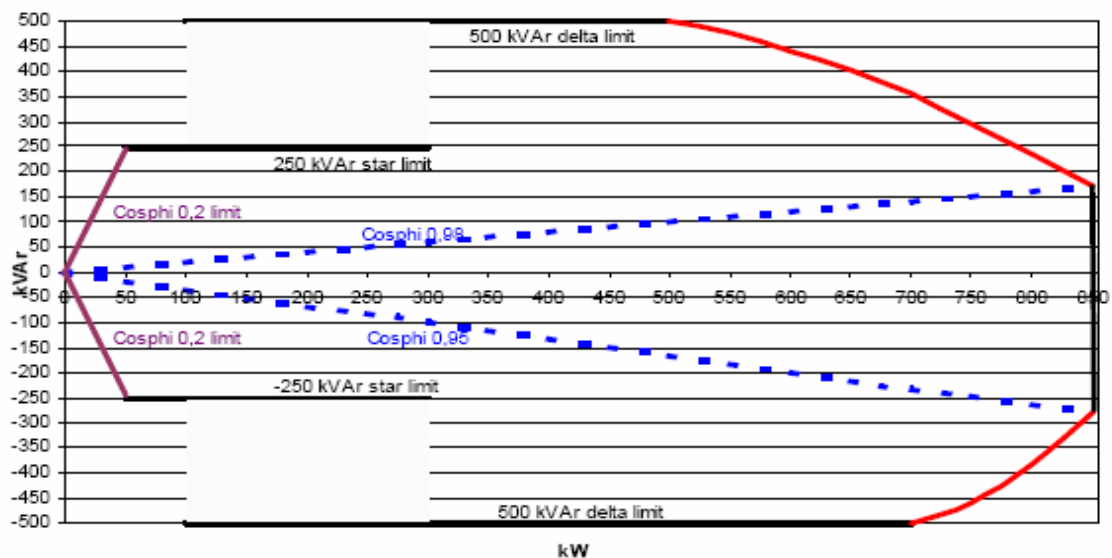
Από τον κεντρικό ελεγκτή, είναι δυνατό να ελεγχθεί η παραγωγή της άεργης ισχύος

Περιοχή εργασίας άεργη ισχύος

Τα όρια στην εκτιμημένη παραγωγή είναι $\cos\phi = 0.98$ για χωρητικά και 0.95 για επαγωγικά, (για την V52) τα οποία μπορούμε να δούμε δύο διανύσματα (S_{max} - μέγιστη προφανής ισχύς) που περιορίζουν την περιοχή εργασίας (δείτε Σχήμα 6.1).

Σε σύνδεση δέλτα η παραγωγή άεργης ισχύος μπορεί να είναι και 500 kVAr για την V52 ενώ σε σύνδεση αστέρα περιορίζεται στη μισή παραγωγή από την ενεργό ισχύ.

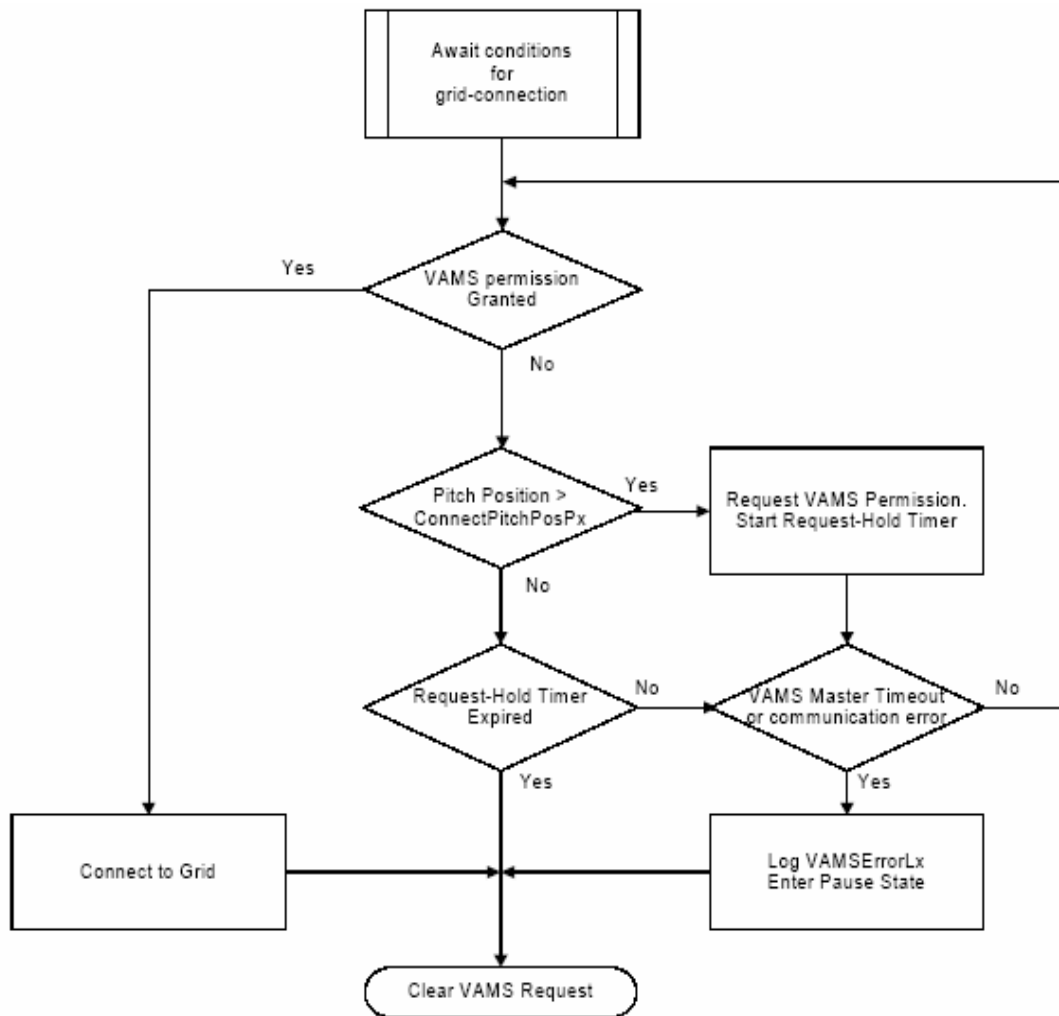
Είναι δυνατό να επιλεγθεί εάν θέλουμε η Α/Γ να λειτουργεί με μια σταθερή παραγωγή άεργης ισχύος ή ακόμα και εάν θέλουμε η άεργη να έχει προτεραιότητα της ενεργής ισχύος ή και να παράγει χωρητικά σύμφωνα με τις απαιτήσεις:



Σχήμα 3.12: Περιοχή εργασίας άεργης ισχύος

2.3.18 Vestas Anti Massive Start-up II (VAMS)

Το VAMS II είναι ένας μηχανισμός λογισμικού που χρησιμοποιείται για να αποτρέψει δύο ή περισσότερες Α/Γ - που είναι τοποθετημένες στο ίδιο αιολικό πάρκο – να ξεκινήσουν και να συνδεθούν ταυτόχρονα με το δίκτυο. Όταν η Α/Γ είναι έτοιμη να συνδέσει τη γεννήτρια της με το δίκτυο, πρέπει να ζητήσει την άδεια από ένα κεντρικό ελεγκτή. Ο ελάχιστος χρόνος μεταξύ δύο συνδέσεων στο δίκτυο είναι 8 δευτ.



Σχήμα 3.13: Διάγραμμα αποτύπωσης διαδικασιών για την ελεγχόμενη σύνδεση στο δίκτυο

2.4 VESTAS CONVERTER SYSTEM (VCS)

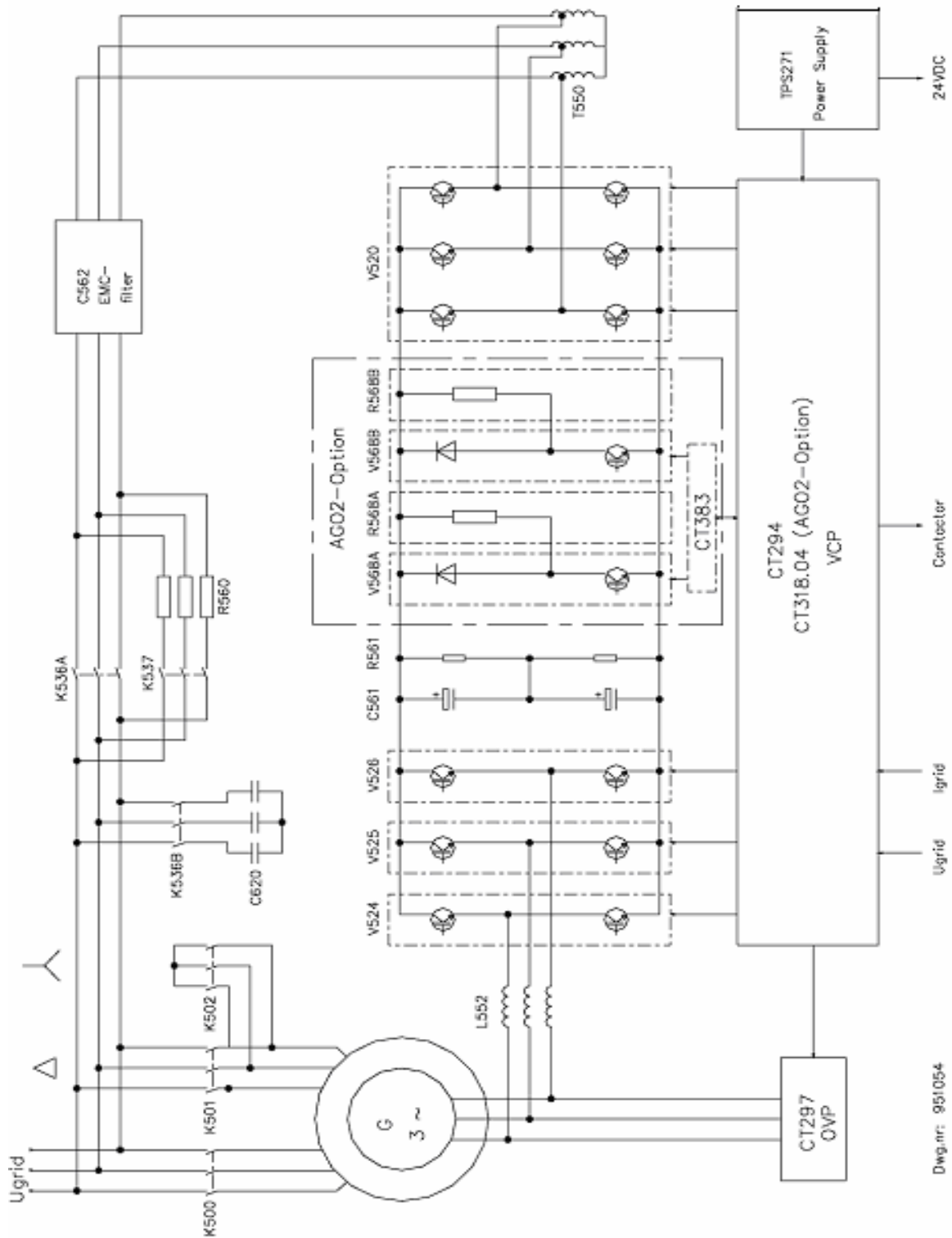


Figure 1 Diagram of the VCS

Σχήμα 3.14: Διάγραμμα Vestas Converter System

Το σύστημα VCS είναι αυτό που επιτρέπει στην γεννήτρια να λειτουργεί με μεταβλητές στροφές και να συμπεριφέρεται σαν σύγχρονη γεννήτρια.

Η γεννήτρια συνδέεται με το δίκτυο 690 V στο στάτη και ο ρότορας τροφοδοτείται με το ρεύμα διέγερσης από τον μετατροπέα μέσω των δακτυλιδιών ολίσθησης.

Η γεννήτρια μπορεί να συνδεθεί σε αστέρα ή σε τρίγωνο. Συνδέεται σε αστέρα εάν η συνολική ισχύς είναι χαμηλή δηλ. σε χαμηλές ταχύτητες ανέμου, και σε τρίγωνο σε υψηλή συνολική ισχύς δηλ. υψηλές ταχύτητες ανέμου. Το πλεονέκτημα στη σύνδεση σε αστέρα είναι ότι οι απώλειες στον μετατροπέα και στην γεννήτρια μειώνονται.

Ο μετατροπέας συχνότητας συνδέεται με το δίκτυο στα 690 V μέσω μιας ασφάλειας, αλλά τα ηλεκτρονικά ισχύος του μετατροπέα δεν είναι σχεδιασμένα για 690 V, επομένως υπάρχει ένας αυτομετασηματιστής (T550) από 690V σε 480V ο οποίος έχει ενσωματωμένο τσόκ.

Ο μετατροπέας είναι ένας μετατροπέας 4 τεταρτημορίων ο οποίος έχει την δυνατότητα να παρέχει ρεύμα σε οποιαδήποτε κατεύθυνση και τη συχνότητα από την πλευρά του δικτύου (grid inverter) και από την πλευρά του ρότορα (rotor inverter) οι οποίοι είναι εξοπλισμένοι με πυκνωτές (DC Link C561)

Όλα τα ηλεκτρονικά ισχύος στον μετατροπέα συχνότητας (VCS) ελέγχονται από την VCP (Vestas Converter Processor)

Όταν ξεκινάει η διαδικασία συγχρονισμού φορτίζονται οι πυκνωτές του DC-Link μέσω του κλειστού ρελλέ K537 και των αντιστάσεων R560. όταν η τάση φθάσει στο 90% της τελικής τιμής το K537 ανοίγει και ταυτόχρονα κλείνουν τα ρελλέ K537A και K537B οπότε ενεργοποιείται ο grid inverter V520 και η τάση στους πυκνωτές του DC-Link προσαρμόζεται στα 800 V DC

Τα συστατικά V520 και V524-V526 είναι ιδιαίτερα ηλεκτρονικά ισχύος και ονομάζονται Skippack τα οποία περιέχουν τα IGBTs τους οδηγούς τα μετρητικά της θερμοκρασίας της τάσης και του ρεύματος στο DC-Link. Τα SkiiPPack μετατρέπουν το εναλλασσόμενο ρεύμα σε συνεχές και το αντίστροφο.

Ο μετατροπέας παράγει αρμονικές στο δίκτυο γι' αυτό υπάρχουν οι πυκνωτές C620 όπου κόβουν τις αρμονικές από το δίκτυο. Για την μείωση των ρευμάτων υψηλής συχνότητας υπάρχει το φίλτρο C562.

Προκειμένου να συνδεθεί η γεννήτρια με το δίκτυο πρέπει πρώτα ο ρότορας να μαγνητιστεί. Αυτό το φροντίζει η VCP μέσω των inverters η οποία ελέγχει τους όρους συγχρονισμού της γεννήτριας με το δίκτυο και όταν αυτοί ικανοποιούνται κλείνουν τα κεντρικά ρελλέ και συνδέεται η γεννήτρια με το δίκτυο.

Το ρεύμα στον ρότορα της γεννήτριας μπορεί να είναι ανεξάρτητο από τους όρους του δικτύου επομένως μπορεί να επιλεγθεί μια επιθυμητή γωνία φάσεων και έτσι να έχουμε και παραγωγή άεργης ισχύος .

Με αύξηση του ρεύματος στο ρότορα έχουμε αντιστάθμιση ενώ με μείωση έχουμε χωρητικά φορτία από την γεννήτρια.

Στο ρότορα τοποθετείται μια προστασία από υπερτάσεις (OVP Over Voltage Protection) όπου προστατεύει τον μετατροπέα από τις υψηλές τάσεις που μπορεί να δημιουργηθούν από τον ρότορα. Σε περίπτωση υπέρτασης στο ρότορα η γεννήτρια και ο μετατροπέας αποσυνδέονται από το δίκτυο. Η OVP μπορεί να ενεργοποιηθεί είτε από εντολή της VCP είτε από εσωτερική μέτρηση της τάσης.

Η VCP ελέγχει περισσότερο τον μετατροπέα. Μετράει την τάση και το ρεύμα δικτύου, τη συνολική ισχύς, και επικοινωνεί με τους controller.

Τροφοδοτείται από ένα τροφοδοτικό 24V DC, το οποίο τροφοδοτεί και τα Skippack, όπως επίσης και τα βοηθητικά ρελλέ και τα feedback.

2.4.1 Προηγμένες επιλογές δικτύου (AGO)

Ο σκοπός του AGO είναι να εξασφαλίσει τη λειτουργία της A/Γ από βυθίσεις τάσης που προκαλούνται από το δίκτυο. Για τις A/Γ με σύστημα VCS και VCRS υπάρχει το AGO2 το οποίο αντικατέστησε το AGO3 επειδή δεν λειτουργούσε σωστά.

Το AGO2 είναι ένα τροποποιημένο τμήμα στον μετατροπέα το οποίο και αυτό ελέγχεται από την VCP και καθιστά την A/Γ με πιο μεγάλη αντοχή στις διαταραχές του δικτύου (βυθίσεις τάσης, υπερτάσεις).

Κατά την διάρκεια μιας βύθισης για να μην βγουν εκτός τα ουσιαστικά συστήματα ελέγχου υποστηρίζετε από ένα σύστημα UPS το οποίο εξασφαλίζει τον έλεγχο του βήματος των φτερών χωρίς να ενεργοποιηθεί σήμα κινδύνου και να σταματήσει η A/Γ.

Κατά την διάρκεια μιας βύθισης τάσης θα έχουμε μια υπερφόρτιση στο DC-Link με αποτέλεσμα την αύξηση της ισχύος και τον ξεσυγχρονισμό της γεννήτριας.

Οι A/Γ που είναι εξοπλισμένες με το AGO2 έχουν ένα κύκλωμα με τσόπερ που αποτελείται από ένα πιο ισχυρό μετατροπέα με ειδικές αντιστάσεις και τους ηλεκτρονικούς διακόπτες ισχύος (IGBT) τα οποία θα παραλάβουν τα παραπάνω φορτία με αποτέλεσμα η μαγνήτιση του ρότορα να παραμείνει στα όρια που χρειάζεται χωρίς να βγει εκτός δικτύου η γεννήτρια.

Με το AGO2 οι A/Γ τη στιγμή της διαταραχής του δικτύου θα παράγουν ένα χωρητικό ρεύμα το οποίο θα βελτιώσει τη σταθερότητα του δικτύου και θα επανέλθει στην παραγωγή ισχύος σχεδόν αμέσως μετά τη διαταραχή του δικτύου.

Το σύστημα του βήματος των φτερών βελτιστοποιείται για να κρατήσει τις στροφές της γεννήτριας εντός των ορίων έτσι ώστε να είναι σε θέση να επαναλάβει την κανονική παραγωγή ισχύος μετά από τη βύθιση.

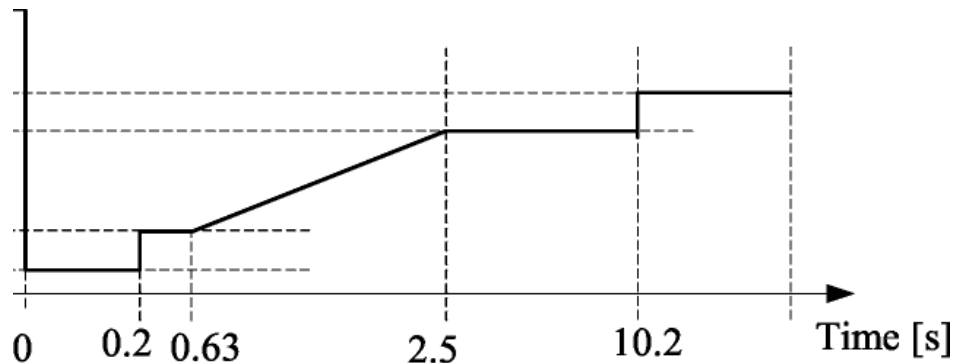
Ο κωδικοποιητής στη γεννήτρια χρησιμοποιείται σε όλες τις καταστάσεις και όχι μόνο κατά τη διάρκεια των βυθίσεων τάσης.

Τα τσόπερ στο AGO2 είναι ενεργά σε κάθε περίπτωση με αποτέλεσμα να κόβουν τις υψηλές DC τάσεις, οι οποίες δημιουργούνται από κάστ αέρα, από βυθίσεις, υπερτάσεις και τις απότομες διακοπές ρεύματος.

Στο σχήμα 3,14 διευκρινίζεται η ανοχή τάσης η οποία εμφανίζεται στην έξοδο της γεννήτριας.

Οι κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν την τάση στην έξοδο της γεννήτριας είναι τα χωρητικά φορτία και η κατάσταση του δικτύου. Αυτά τα παραπάνω χωρητικά φορτία που δημιουργούνται στο μετασχηματιστή κατά την διάρκεια του σφάλματος αυξάνουν την τάση στην έξοδο της γεννήτριας. Οι πρόσθετες σύνθετες αντιστάσεις

όπως επίσης και οι άλλες ενισχυτικές μονάδες ελαττωμάτων τείνουν να αυξήσουν την τάση στην έξοδο της γεννήτριας. Αυτό έχει επιπτώσεις ότι η καμπύλη ανοχής στο κοινό σημείο της σύνδεσης εξαρτάται της συγκεκριμένης διαμόρφωσης περιοχών και θα είναι πιο ανεκτική από την καμπύλη που καθορίζεται στην έξοδο της γεννήτριας.



Σχήμα 3.14: Καμπύλη ανοχής τάσης για τα τριφασικά σφάλματα

Κατά τη διάρκεια μιας βύθισης τάσης του δικτύου η παραγωγή της ενεργούς ισχύος μειώνεται και η άεργη ισχύς αυξάνεται. Η Α/Γ σταματάει να ελέγχει την παραγωγή ενεργούς και άεργης ισχύος και ελέγχει την διέγερση και τις στροφές του ρότορα. Έτσι μπορεί να γίνει ο έλεγχος της τάσης στην έξοδο της γεννήτριας δίνοντας άεργα φορτία στο δίκτυο.

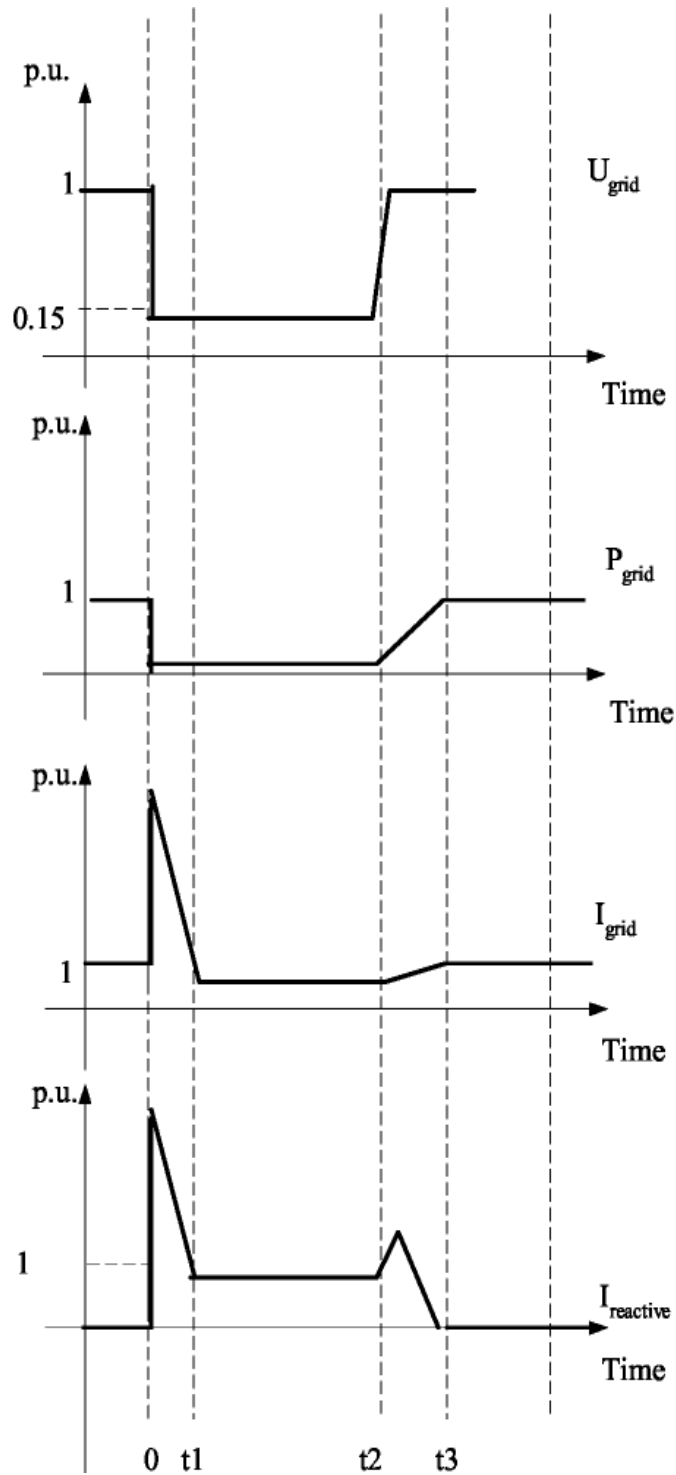
Η αρχή λειτουργίας μιας Α/Γ με AGO2 είναι:

1. στην αρχική φάση της βύθισης τάσης η γεννήτρια δίνει ένα μεγάλο ρεύμα βραχυκυκλώματος. Αυτό βοηθάει τα ρελλέ προστασίας του δικτύου να εντοπίσουν το πρόβλημα. Λόγω της βύθισης ο converter μεταφέρει τον έλεγχο στον ρότορα της γεννήτριας ο οποίος παράγει άεργα και το δίκτυο τροφοδοτείται από άεργο ρεύμα.

2. Στο χωρητικό ρεύμα που παράγεται τίθεται ένα όριο από της παραμέτρους στο λογισμικό της Α/Γ. Φυσικά το ενεργό ρεύμα μειώνεται ανάλογα με την παραγωγή του άεργου

3. Κατά την διάρκεια του σφάλματος η γεννήτρια μαγνητίζεται συνεχώς από το σύστημα του μετατροπέα και η ενεργή και η άεργη ισχύς η οποία παρέχεται στο δίκτυο είναι ελεγχόμενη.

4. Αναπόφευκτα η ταχύτητα του ρότορα κατά την εμφάνιση του σφάλματος θα αυξηθεί λόγω της ξαφνικής μείωσης στην μεταφορά ισχύος στο δίκτυο. Η αύξηση της ταχύτητας μπορεί να ελεγχθεί από τον έλεγχο του βήματος. Αυτή παραπάνω κινητική ενέργεια θα βοηθήσει έτσι ώστε να μπει πολύ γρήγορα σε κανονική λειτουργία μόλις επιλυθεί το σφάλμα.



Σχήμα 3.15: Κατά την διάρκεια μιας βύθισης τάσης

2.5 Έλεγχος Θερμοκρασίας

2.5.1 Έλεγχος θερμοκρασίας λαδιού σασμάν

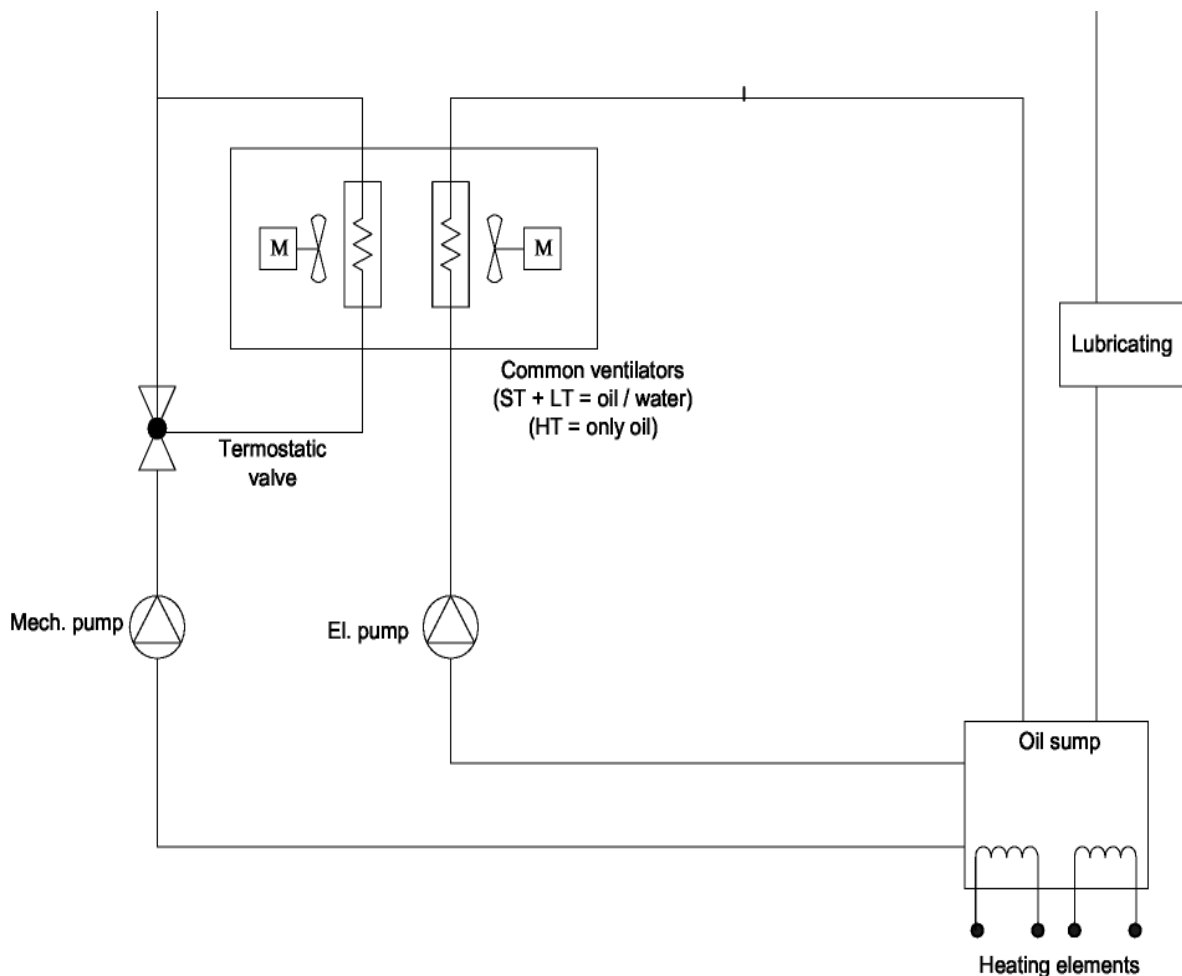
Ψύξη λαδιού

Για την ψύξη του λαδιού του σασμάν υπάρχει ένα ψυγείο με δύο ανεμιστήρες (χαμηλή και υψηλή ταχύτητα)

Όταν η θερμοκρασία λαδιού υπερβαίνει τους 45 °C η θερμοστατική βαλβίδα ανοίγει σταδιακά μέχρι τους 60 °C όπου και είναι πλήρως ανοικτή και είναι κλειστή η παράκαμψη από το ψυγείο και το λάδι οδηγείται όλο στο ψυγείο.

Η ηλεκτρική αντλία αναλαμβάνει στους 59 °C και σταματάει τη λειτουργία της στους 55 °C. Ο πρώτος ανεμιστήρας ξεκινάει στους 60 °C και σταματάει στους 55 °C. Ο δεύτερος ξεκινάει στους 70 °C και σταματάει στους 65 °C.

Όταν η θερμοκρασία ξεπεράσει τους 80 °C η Α/Γ θα μπει σε κατάσταση pause και θα στείλει ένα σφάλμα για την υψηλή θερμοκρασία στο λάδι του σασμάν.



Σχήμα 4.1: Ψύξη λαδιού σασμάν

Θέρμανση λαδιού σασμάν

Εάν η θερμοκρασία στο λάδι του σασμάν πέσει κάτω από τους 5 °C τότε το λάδι ζεσταίνεται με την λειτουργία αντιστάσεων οι οποίες είναι τοποθετημένες μέσα στο σασμάν. Οι αντιστάσεις θα σταματήσουν τη λειτουργία τους όταν το λάδι φτάσει στους 8 °C.

2.5.2 Off line φίλτρο

Στο σασμάν υπάρχει ένα επιπλέον φίλτρο εξωτερικό το οποίο ξεκινάει να φιλτράρει το λάδι σε θερμοκρασία 40 °C και σταματάει στους 35 °C.

2.5.3 Ψύξη γεννήτριας

Η γεννήτρια ψύχεται από ένα εξωτερικό ανεμιστήρα δύο ταχυτήτων, ο οποίος ίδιος ανεμιστήρας ψύχει και το εσωτερικό της νασσέλας οδηγώντας τον αέρα από το εσωτερικό της νασσέλας προς το περιβάλλον.

Ο ανεμιστήρας θα ξεκινήσει στη 1^η (χαμηλή) ταχύτητα εάν ένας από τους παρακάτω όρους είναι αληθής:

Θερμοκρασία τυλιγμάτων γεννήτριας μεγαλύτερη από 70 °C

Θερμοκρασία ρουλεμάν γεννήτριας μεγαλύτερη από 80 °C

Θερμοκρασία νασσέλας μεγαλύτερη από 35 °C

Η αλλαγή στην 2^η (υψηλή) ταχύτητα θα γίνει εάν ένας από τους παρακάτω όρους είναι αληθής:

Θερμοκρασία τυλιγμάτων γεννήτριας μεγαλύτερη από 95 °C

Θερμοκρασία νασσέλας μεγαλύτερη από 40 °C

Εάν η θερμοκρασία στην γεννήτρια υπερβεί τους 135 °C η Α/Γ θα στείλει σφάλμα και θα μπει σε κατάσταση pause.

2.5.4 Έλεγχος θερμοκρασίας δαχτυλιδιών ολίσθησης (slip ring) της γεννήτριας.

Στο slip ring του ρότορα της γεννήτριας υπάρχει ένας ανεμιστήρας ο οποίος στέλνει αέρα στον χώρο. Επιπλέον υπάρχει ένας αισθητήρας θερμοκρασίας (PT 100) και μία αντίσταση όπου θερμαίνει το χώρο όταν χρειάζεται. Το ανώτατο όριο θερμοκρασίας είναι 70 °C .

Ο ανεμιστήρας ενεργοποιείται όταν η ταχύτητα της γεννήτριας περάσει τις 150 rpm. Ενεργοποιείται επίσης όταν υπάρχει υψηλή θερμοκρασία έστω και αν είναι σε κατάσταση pause.

Για να εξασφαλιστεί η σωστή λειτουργία της Α/Γ ο χώρος πρέπει να έχει τη σωστή θερμοκρασία, και να ελαχιστοποιηθεί ο κίνδυνος ύπαρξης υδρατμών, γι' αυτό το λόγο πριν ξεκινήσει η Α/Γ και μπει στην παραγωγή η αντίσταση θερμαίνει το χώρο και ο ανεμιστήρας λειτουργεί Αυτή η διαδικασία μπορεί και να διαρκέσει 1 ώρα.

Η εντατική θέρμανση του slip ring εκτελείται, εάν η θερμοκρασία του χώρου είναι κάτω από 0°C. Η αντίσταση είναι ενεργή για 30 λεπτά ανά διαφορά θερμοκρασίας 10°C μεταξύ της θερμοκρασίας του slip ring και της θερμοκρασίας

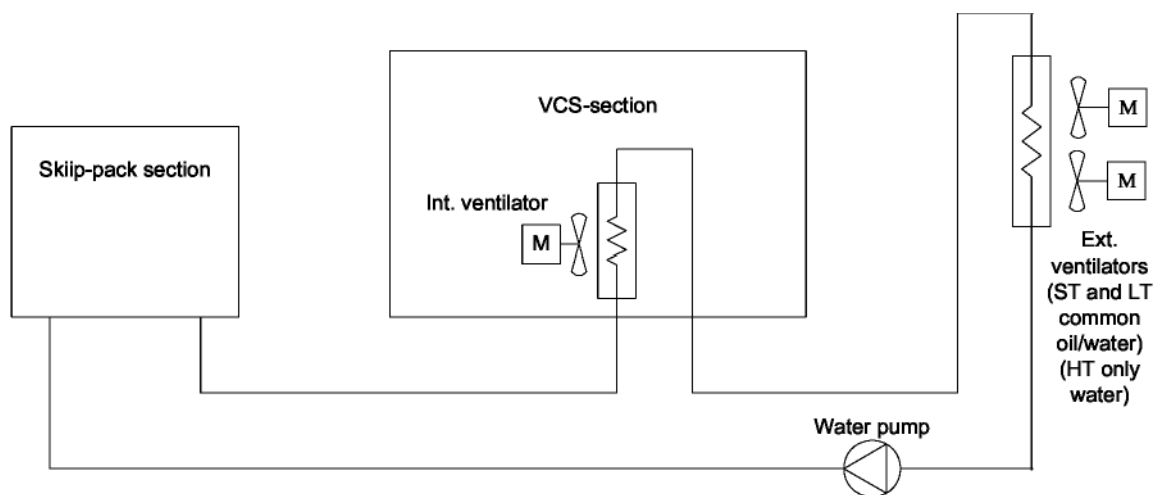
της νασσέλας συν ένα περιθώριο 5°C. Ο χρόνος προθέρμανσης περιορίζεται σε ένα μέγιστο 1 ώρα, αλλά ελάχιστο 5 λεπτά.

Για να ελαχιστοποιηθεί ο κίνδυνος της θέρμανσης και εξαερισμού συμπύκνωσης εκτελείται για ένα πρόσθετο λεπτό.

Ο κίνδυνος για τη συμπύκνωση αποφεύγεται από τη θέρμανση και τον εξαερισμό του χώρου, εάν η θερμοκρασία του χώρου είναι επάνω από 0°C. Η μονάδα θέρμανσης χρησιμοποιείται για τη θέρμανση του slip ring και ο ανεμιστήρας χρησιμοποιείται για την αφαίρεση του υγρού αέρα από την αίθουσα. Η μονάδα θέρμανσης και ο ανεμιστήρας είναι ενεργοί για 1 λεπτό ανά διαφορά θερμοκρασίας 1°C μεταξύ της θερμοκρασίας του χώρου του slip ring και της θερμοκρασίας της νασσέλας συν το περιθώριο 5°C. Ο χρόνος θέρμανσης και εξαερισμού περιορίζεται σε ένα μέγιστο 1 ώρα, αλλά ελάχιστο 1 λεπτό.

2.5.5 Ψύξη VCS και Skiip Pack

Το κύκλωμα ψύξης για τη VCS και τα Skiip Pack αποτελείται από το ίδιο ψυγείο και τους ίδιους ανεμιστήρες με το σύστημα ψύξης του σασμάν και η κυκλοφορία του ψυκτικού υγρού γίνεται από έναν κυκλοφορητή, ακόμα υπάρχει επιπλέον και ένα εσωτερικό ψυγείο με ανεμιστήρα.



Σχέδιο 4.2 Κύκλωμα ψύξης VCS ΚΑΙ Skiip Pack

Ο κυκλοφορητής ξεκινάει όταν η θερμοκρασία του ψυκτικού υγρού είναι πάνω από 20°C.

Ο εσωτερικός ανεμιστήρας ξεκινάει εάν ένας από τους παρακάτω όρους ισχύει:

Η θερμοκρασία στην VCP είναι πάνω από 25 °C

Εάν η παραγωγή της ισχύς είναι πάνω από 500 kW

Τα όρια όπου η Α/Γ θα στείλει σφάλμα και θα μπει σε κατάσταση pause είναι τα παρακάτω:

Θερμοκρασία VCP 58 °C

Θερμοκρασία Skipack 55 °C

Θερμοκρασία ψυκτικού υγρού 56 °C

Θερμοκρασία επεξεργαστή 58 °C

2.5.6 Έλεγχος θερμοκρασιών ελεγκτών

Για την σωστή λειτουργία των επεξεργαστών και τον σωστό υπολογισμό, θα πρέπει η θερμοκρασία στους υπολογιστές να είναι πάντα πάνω από τους 0 °C . Γι' αυτό το λόγο υπάρχουν αντιστάσεις θέρμανσης στους ελεγκτές όπου κρατούν τη θερμοκρασία στα επιθυμητά όρια.

Οι αντιστάσεις θερμαίνουν το χώρο μέχρι τους 10 °C και έπειτα σβήνουν.

2.5.7 Αισθητήρας θερμοκρασίας περιβάλλοντος

Η θερμοκρασία περιβάλλοντος μετριέται με ένα PT-100 το οποίο είναι τοποθετημένο πάνω στην άτρακτο.

Εάν η θερμοκρασία πέσει κάτω από -20 °C για περισσότερο από 20 sec η Α/Γ μπαίνει σε κατάσταση αναμονής (pause)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3⁰

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΗΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ V52

Στη συντήρηση γίνεται έλεγχος και αντικατάσταση κάποιων υλικών στα ηλεκτρικά και μηχανολογικά μέρη της Α/Γ.

Τα προγράμματα συντήρησης είναι τα παρακάτω τέσσερα:

1. Τρίμηνη συντήρηση (Γίνεται τρεις μήνες μετά την παράδοση της Α/Γ και αφορά έλεγχο στα ηλεκτρικά μέρη και έλεγχο στις βίδες)
2. Εξάμηνη συντήρηση (Η πρώτη εξάμηνη συντήρηση γίνεται έξι μήνες μετά την παράδοση της Α/Γ και επαναλαμβάνεται μετά από ένα χρόνο. Αφορά έλεγχο στα ηλεκτρικά μέρη και στα μηχανικά μέρη γρασάρισμα στα ρουλεμάν έλεγχο στην πίεση της υδραυλικής)
3. Ετήσια συντήρηση (Γίνεται ένα χρόνο μετά την παράδοση της Α/Γ ή έξι μήνες μετά την εξάμηνη συντήρηση. Επαναλαμβάνονται οι εργασίες που γίνονται στην εξάμηνη και επιπλέον γίνεται αλλαγή κάποιων υλικών όπως φίλτρα και ελέγχονται όλοι οι πιεσοστάτες)
4. Συντήρηση 4 ετών (Γίνεται τέσσερα χρόνια μετά την παράδοση της Α/Γ και περιλαμβάνει την τρίμηνη και την ετήσια συντήρηση μαζί)

3.1 ΤΡΙΜΗΝΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ

Η τρίμηνη συντήρηση περιλαμβάνει

- Οπτικό έλεγχο σε όλα τα μπουλόνια και τις βίδες και έλεγχο με δυναμόκλειδα σε κάποια από αυτά.
- Η κάθε βίδα με βάση τα χαρακτηριστικά της σφίγγεται και με την ανάλογη δύναμη
- Ηλεκτρικά τεστ.

Διαρκεί περίπου 7 ώρες από 2 άτομα

3.1.1 Ηλεκτρικά τεστ

1. Έλεγχος στο σύστημα του UPS
 - Έλεγχος στις μπαταρίες του UPS
2. Έλεγχος στο σύστημα του AGO2
3. Έλεγχος ότι το σύστημα παρέκκλισης ανταποκρίνεται
4. Έλεγχος στον κεντρικό διακόπτη Q8
5. Έλεγχος στα μανιτάρια έκτακτης ανάγκης
6. Έλεγχος στο battery backup (εφεδρικές μπαταρίες)

7. Έλεγχος στον αισθητήρα κραδασμών
8. Έλεγχος στις αντιστάσεις θέρμανσης των υπολογιστών
9. Έλεγχος στο ανεμόμετρο
10. Έλεγχος της κίνησης και της πραγματικής θέσης του εμβόλου για την κίνηση του βήματος των φτερών
11. Έλεγχος της αναλογικής βαλβίδας για την ταχύτητα και την κίνηση του βήματος.
12. Έλεγχος της πραγματικής ταχύτητας της γεννήτριας

3.1.2 Συντήρηση στα Μηχανικά μέρη

1. Έλεγχος και συσφίξεις στη πλήμνη
 - Έλεγχος στα μπουλόνια που συγκρατεί την πλήμνη πάνω στο hub με δυναμόκλειδο.
 - Έλεγχος για χαλαρά μπουλόνια που ενώνει τα κομμάτια της μύτης.
2. Έλεγχος στην αντικεραυνική προστασία
 - Έλεγχος σε όλα τα καλώδια και τις συνδέσεις της αντικεραυνικής προστασίας.
3. Έλεγχος στα φτερά
 - Το κάθε φτερό συνδέεται με το ρουλεμάν με 52 μπουλόνια εκ των οποίων ελέγχονται το 1/3 από αυτά, με ειδικό δυναμόκλειδο λόγω του περιορισμένου χώρου και των μεγάλων δυνάμεων που χρησιμοποιούνται. Εάν βρεθεί ένα χαλαρό μπουλόνι στο φτερό ελέγχονται όλα.
 - Έλεγχος στα φτερά για ρωγμές ή τυχόν χτύπημά από κεραυνό
 - Έλεγχος της αντικεραυνικής προστασίας των φτερών
4. Έλεγχος και συσφίξεις στα ρουλεμάν των φτερών με το hub.
 - Το ρουλεμάν του φτερού συνδέεται με το hub με 52 μπουλόνια εκ των οποίων ελέγχονται το 1/3 από αυτά, με ειδικό δυναμόκλειδο λόγω του περιορισμένου χώρου και των μεγάλων δυνάμεων που χρησιμοποιούνται. Εάν βρεθεί ένα χαλαρό μπουλόνι στο φτερό ελέγχονται όλα.
5. Έλεγχος και συσφίξεις στο ρουλεμάν της τραβέρσας.
 - 10 άλλεν βίδες M12 ελέγχονται με δυναμόκλειδο.
6. Έλεγχος και συσφίξεις στον κύριο άξονα
 - Έλεγχος στα μπουλόνια που ενώνει το hub με τον κύριο άξονα, με ειδικό δυναμόκλειδο.
 - Έλεγχος στα μπουλόνια συγκράτησης των ρουλεμάν του κυρίου άξονα με την βάση της νασσέλας με ειδικό δυναμόκλειδο.
7. Έλεγχος στο σύστημα συγκράτησης του σασμάν
 - Έλεγχος στα 8 από τα 16 μπουλόνια M24 στους βραχίονες συγκράτησης του σασμάν με ειδικό δυναμόκλειδο.
 - Έλεγχος στα 4 μπουλόνια M36 στη βάση των βραχιόνων, με ειδικό δυναμόκλειδο
8. Έλεγχος στο σασμάν.

- Έλεγχος στη στάθμη λαδιού του σασμάν
 - Έλεγχος στο φίλτρο αέρα του σασμάν.
9. Σύνδεσμος γεννήτριας σασμάν
- Οπτικός έλεγχος για ρωγμές
 - Έλεγχος με δυναμόκλειδο στις βίδες σύνδεσης.
10. Έλεγχος της γεννήτριας.
- Έλεγχος στα κιβώτια σύνδεσης των καλωδίων πάνω στην γεννήτρια, στο κιβώτιο σύνδεσης στην κορυφή του πύργου όπου είναι και ο διακόπτης Q7, στο κιβώτιο στη μέση του πύργου, και στο κιβώτιο όπου είναι ο κεντρικός διακόπτης Q8. Οι συνδέσεις ελέγχονται με δυναμόκλειδο.
 - Έλεγχος στα ρουλεμάν της γεννήτριας (αν ακούγεται κάποιος περίεργος θόρυβος)
 - Έλεγχος στις βούρτσες και στο τύμπανο ολίσθησης και καθαρισμός με οινόπνευμα από την σκόνη που προκαλείται από τις βούρτσες.
11. Έλεγχος στο σύστημα της υδραυλικής αντλίας.
- Έλεγχος της στάθμης λαδιού
 - Έλεγχος για τυχόν διαρροές
 - Έλεγχος του πρεσοστάτη ένδειξης πίεσης
 - Έλεγχος για την σωστή λειτουργία της αντλίας (Να σταματάει στα 200 bar και να ξεκινάει στα 180 bar)
 - Έλεγχος πίεσης στον μικρό και μεγάλο συσσωρευτή και συμπλήρωμα αζώτου εάν χρειαστεί.
 - Έλεγχος της βαλβίδας ασφαλείας.
12. Έλεγχος στα yaw και στο σύστημα του yaw.
- Έλεγχος με δυναμόκλειδο τα μπουλόνια συγκράτησης του yaw gear.
 - Έλεγχος με δυναμόκλειδο τα μπουλόνια σύνδεσης του πύργου με το σύστημα παρέκκλισης (yaw)
13. Έλεγχος στην νασσέλα
- Έλεγχος στις εξωτερικές και στις εσωτερικές ράγες.
14. Έλεγχος και συσφίξεις στον πύργο
- Έλεγχος με ειδικό δυναμόκλειδο στα μπουλόνια της κάτω φλάντζας ένωσης του πύργου με το θεμέλιο.
 - Έλεγχος με ειδικό δυναμόκλειδο στα μπουλόνια της μεσαίας φλάντζας ένωσης του κάτω με τον πάνω πύργο.
 - Έλεγχος στη σκάλα του πύργου.

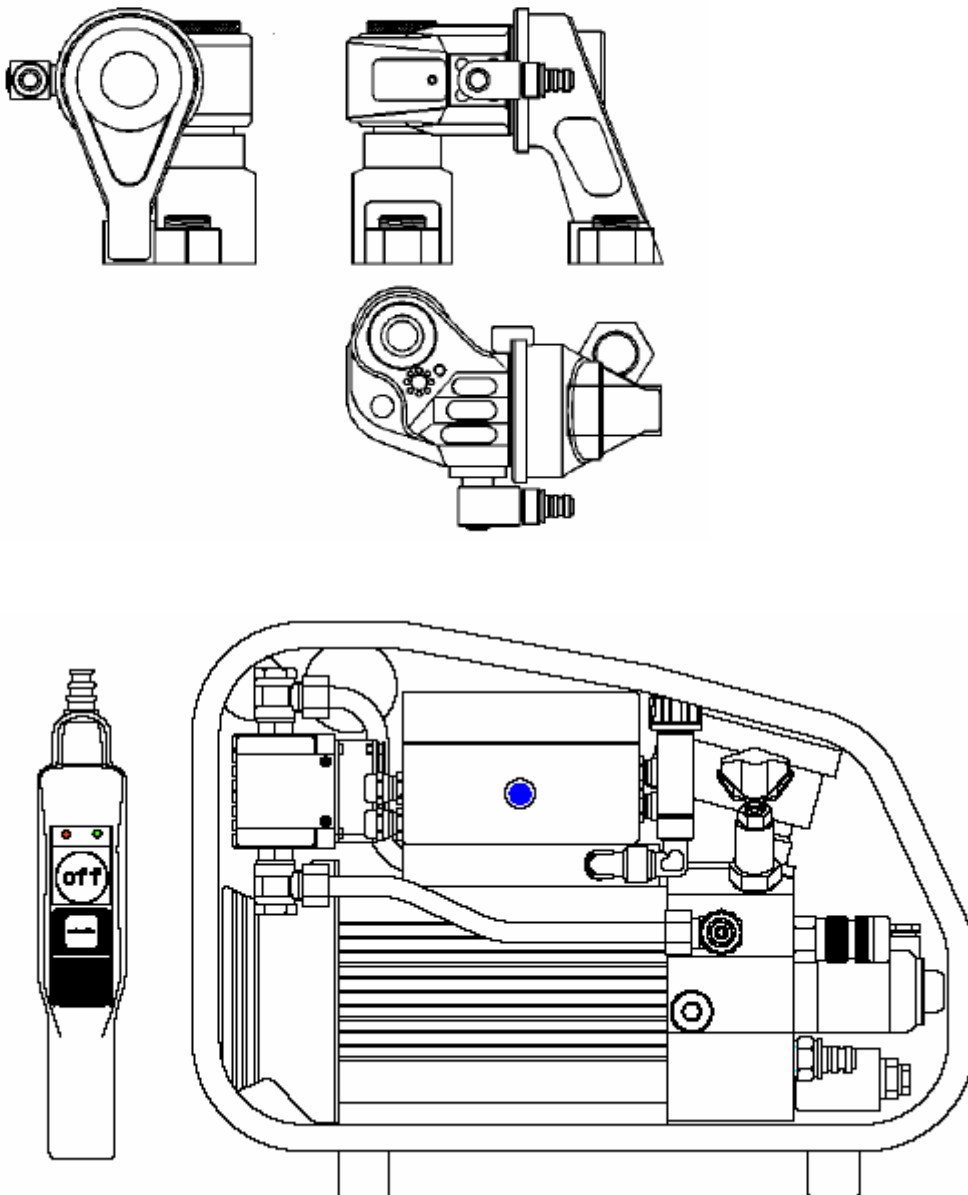
Ειδικά εργαλεία για τις συσφίξεις

Τα ειδικά εργαλεία για τις σύσφιξης αποτελούνται από:

- Μια υδραυλική αντλία λαδιού που η δυνατότητα της φτάνει μέχρι τα 700 bar

- Υδραυλικό δυναμόκλειδο με καρέ $\frac{3}{4}$ " το οποίο συνδέεται με την υδραυλική αντλία με ένα λάστιχο υψηλής πίεσης και έχει δυνατότητα σύσφιξης μέχρι 2000 Nm
- Υδραυλικό δυναμόκλειδο με καρέ 1" το οποίο συνδέεται με την υδραυλική αντλία με ένα λάστιχο υψηλής πίεσης και έχει δυνατότητα σύσφιξης μέχρι 4000 Nm

Το κόστος γι' αυτά τα εργαλεία ανέρχεται στα 25000 ευρώ.



3.2 ΕΞΑΜΗΝΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ

Η εξάμηνη συντήρηση περιλαμβάνει

- Οπτικό έλεγχο σε όλα τα μέρη της Α/Γ.
- Δεν περιλαμβάνει συσφίξεις
- Ηλεκτρικά τεστ τα όποια είναι τα ίδια με την τρίμηνη.

Διαρκεί περίπου 8 ώρες από 2 άτομα

3.2.1 Συντήρηση Στα Μηχανικά Μέρη

1. Πλήμνη
 - Οπτικός έλεγχος στα μπουλόνια που συγκρατεί την πλήμνη πάνω στο hub.
 - Οπτικός έλεγχος για χαλαρά μπουλόνια που ενώνει τα κομμάτια της μύτης.
 - Οπτικός έλεγχος για ρωγμές
2. Αντικεραυνική προστασία
 - Έλεγχος σε όλα τα καλώδια και τις συνδέσεις της αντικεραυνικής προστασίας.
3. Φτερά
 - Έλεγχος στα φτερά για ρωγμές ή τυχόν χτύπημά από κεραυνό
 - Έλεγχος της αντικεραυνικής προστασίας των φτερών
4. Ρουλεμάν των φτερών με το hub.
 - Γρασάρισμα των ρουλεμάν. Το κάθε ρουλεμάν παίρνει 520 γρ. γράσου.
 - Έλεγχος διαρροής γράσου από τα λάστιχα των ρουλεμάν
 - Έλεγχος τζόγου μεταξύ φτερού και ρουλεμάν.
5. Τραβέρσα και συνδετική ράβδος.
 - Έλεγχος και λάδωμα του άξονα της τραβέρσας.
 - Γρασάρισμα των ρουλεμάν του άξονα
6. Κύριος άξονας
 - Γρασάρισμα των ρουλεμάν.
 - Ακουστικός έλεγχος των ρουλεμάν.
7. Έλεγχος στο σασμάν.
 - Έλεγχος στη στάθμη λαδιού του σασμάν
 - Έλεγχος στο φίλτρο αέρα του σασμάν.
 - Παίρνουμε δείγμα λαδιού για ανάλυση.
 - Έλεγχος για ρινίσματα μετάλλου στο εσωτερικό του σασμάν.
 - Έλεγχος για διαρροή λαδιού.
8. Σύνδεσμος γεννήτριας - σασμάν
 - Οπτικός έλεγχος για ρωγμές.

9. Σύστημα ψυκτικού υγρού.
 - Συμπλήρωση ψυκτικού υγρού εάν χρειάζεται.
10. Γεννήτρια
 - Έλεγχος στα ρουλεμάν της γεννήτριας (αν ακούγεται κάποιος περίεργος θόρυβος).
 - Γρασάρισμα των ρουλεμάν.
 - Έλεγχος στις βούρτσες και στο τύμπανο ολίσθησης και καθαρισμός με οινόπνευμα από την σκόνη που προκαλείται από τις βούρτσες σε όλο το χώρο.
 - Αλλαγή στις βούρτσες εάν αυτό χρειάζεται
11. Έλεγχος στο σύστημα της υδραυλικής αντλίας.
 - Έλεγχος της στάθμης λαδιού
 - Έλεγχος για τυχόν διαρροές
 - Έλεγχος του πρεσοστάτη ένδειξης πίεσης.
 - Έλεγχος ορίων λειτουργίας της υδραυλικής. (Να σταματάει στα 200 bar και να ξεκινάει στα 180 bar)
 - Έλεγχος πίεσης στον μικρό και μεγάλο συσσωρευτή και συμπλήρωμα αζώτου εάν χρειαστεί.
 - Έλεγχος της βαλβίδας ασφαλείας.
12. Έλεγχος στα yaw και στο σύστημα του yaw.
 - Έλεγχος του yaw gear για τζόγους στον άξονα και για περιεργούς θορύβους.
 - Έλεγχος για διαρροή λαδιού
 - Έλεγχος και ρύθμιση των ελατηρίων στο σύστημα του yaw.
 - Γρασάρισμα της επιφάνειας τριβής
 - Γρασάρισμα στα γρανάζια..
13. Έλεγχος στην νασσέλα
 - Έλεγχος στις εξωτερικές και στις εσωτερικές ράγες.

3.3 ΕΤΗΣΙΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ

Η ετήσια συντήρηση διαρκεί 10 ώρες από 2 άτομα

Στην ετήσια συντήρηση επαναλαμβάνονται ότι γίνεται στην εξάμηνη συντήρηση και γίνονται επιπλέον τα παρακάτω.

- Αλλαγή του on line φίλτρου του σασμάν
- Αλλαγή του off line φίλτρου του σασμάν
- Αλλαγή του φίλτρου αέρα του σασμάν
- Αλλαγή του φίλτρου λαδιού της υδραυλικής
- Αλλαγή του φίλτρου αέρα της υδραυλικής
- Παίρνουμε δείγμα λαδιού της υδραυλικής για ανάλυση
- Έλεγχος και ρύθμιση εάν χρειάζεται δύο πιεσοστατών της υδραυλικής

- Μέτρηση του τζόγου στα ρουλεμάν μεταξύ της συνδετικής ράβδου και της τραβέρσας για κάθε φτερό ξεχωριστά.
- Μέτρηση του τζόγου στα ρουλεμάν μεταξύ της συνδετικής ράβδου και του torque arm του φτερού
- Μέτρηση τζόγου στα στο σύστημα συγκράτησης του σασμάν
- Εξαέρωση του φρένου
- Μέτρηση του πάχους στα τακάκια του φρένου και αλλαγή εάν χρειάζεται

3.4 ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

Κόστος υλικών 6μηνης συντήρησης / Α/Γ	400 Ευρώ
Κόστος υλικών ετήσιας συντήρησης Α/Γ	1000 Ευρώ
ΣΥΝΟΛΟ	1400 Ευρώ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^Ο

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ – ΣΦΑΛΜΑΤΑ - ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΕΙΣ

4.1 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

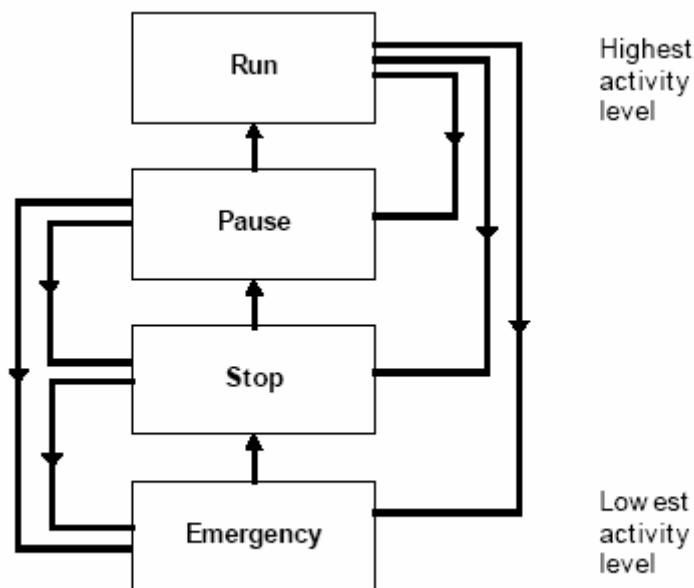
Η μηχανή μπορεί να μπει σε τέσσερις καταστάσεις:

1. **RUN** Αυτή η κατάσταση είναι με την υψηλότερη δραστηριότητα.
 - Το φρένο είναι ελεύθερο.
 - Η Α/Γ λειτουργεί και παράγει.
 - Το σύστημα του βήματος λειτουργεί και επιλέγει τον βέλτιστο τρόπο λειτουργίας.
 - Η Α/Γ παρεκκλίνει της πορείας αυτόματα.
 - Τα συστήματα ψύξης λειτουργούν αυτόματα.
2. **PAUSE**
 - Το φρένο είναι ελεύθερο.
 - Η Α/Γ δεν παράγει.
 - Η υδραυλική αντλία διατηρεί την πίεση λειτουργίας.
 - Το σύστημα του βήματος λειτουργεί και ρυθμίζει το βήμα των φτερών στις 86 μοίρες.
 - Η Α/Γ παρεκκλίνει της πορείας αυτόματα.
 - Τα συστήματα ψύξης λειτουργούν αυτόματα.
3. **STOP**
 - Το φρένο είναι ελεύθερο.
 - Η Α/Γ δεν παράγει.
 - Η υδραυλική αντλία διατηρεί την πίεση λειτουργίας.
 - Το σύστημα του βήματος λειτουργεί και ρυθμίζει το βήμα των φτερών στις 86 μοίρες.
 - Η Α/Γ παρεκκλίνει της πορείας αυτόματα.
 - Τα συστήματα ψύξης δεν λειτουργεί.
4. **EMERGENCY STOP**. Αυτή η κατάσταση είναι με την χαμηλότερη δραστηριότητα.
 - Το φρένο είναι ενεργοποιημένο.
 - Το κύκλωμα έκτακτης ανάγκης είναι ενεργό.
 - Η Α/Γ δεν παράγει.

- Όλα τα αποτελέσματα από τον υπολογιστή είναι ανενεργά.
- Η υδραυλική αντλία δεν λειτουργεί.
- Το σύστημα του βήματος είναι στις 86 μοίρες.
- Το σύστημα παρέκκλισης δεν λειτουργεί.
- Τα συστήματα ψύξης δεν λειτουργεί.

Όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα η αύξηση στο επίπεδο δραστηριότητας γίνεται βαθμιαία. Αυτή η βαθμιαία άνοδος εξασφαλίζει την ανίχνευση μηχανικών βλαβών.

Όταν όμως η μηχανή είναι σε run και ανιχνευτεί κάποιο σφάλμα ο λειτουργικός τρόπος μπορεί να πάει κατευθείαν σε κατάσταση έκτακτης ανάγκης.



Σχήμα 1.1 Αλλαγή μεταξύ των λειτουργικών καταστάσεων.

4.2 ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΕΙΣ

Κατά την διάρκεια λειτουργίας των μηχανών η Vestas συνεχίζει να βελτιώνει τις μηχανές για να μειώνονται τα σφάλματα και να αντικαθιστά όσα υλικά ανακαλύπτει ότι μπορεί να παρουσιάσουν πρόβλημα. Εκτός από αντικατάσταση υλικών γίνεται και αναβάθμιση του λογισμικού των μηχανών και του κεντρικού server.

Στα τρία χρόνια λειτουργίας αυτών των μηχανών έχουν γίνει οι παρακάτω αναβαθμίσεις:

1. Αναβάθμιση λογισμικού

Έχει γίνει πέντε φορές αναβάθμιση του λογισμικού των μηχανών στα τρία χρόνια λειτουργίας τους.

2. Υδραυλική αντλία

Η υδραυλική αντλία ήταν κατασκευασμένη από κράμα αλουμινίου, με αποτέλεσμα να μην αντέχει στην υψηλή πίεση που δούλευε.

Αντικαταστάθηκε σε όλες τις μηχανές με αντλία κατασκευασμένη από κράμα σιδήρου.

Ο χρόνος εργασίας από δύο άτομα για την αντικατάσταση ήταν τρις ώρες για κάθε μηχανή.





3. Κύκλωμα ψύξης λαδιού

Τοποθέτηση μιας επιπλέον βαλβίδα πίεσης στο κύκλωμα ψύξης του σασμάν η οποία ρυθμίζει την ροή του λαδιού αναλόγως τη θερμοκρασία.

Ο χρόνος αντικατάστασης από δυο άτομα είναι δύο ώρες



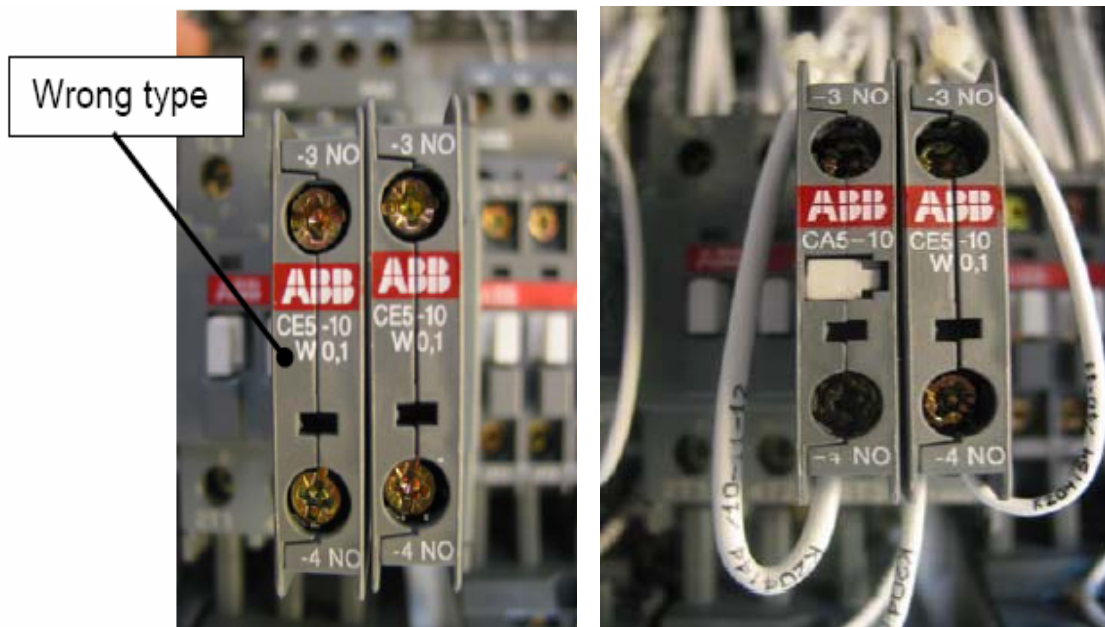
4. Ρελλέ σύνδεσης της γεννήτριας σε δέλτα

Το ρελλέ που υπήρχε ήταν με ενσωματωμένο βοηθητικό ρελλέ και αυτό κάποιες φορές δεν ανταποκρινόταν. Αντικαταστάθηκε με άλλο τύπο ρελλέ όπου το βοηθητικό ρελλέ είναι εξωτερικό και πιο αξιόπιστο. Ο χρόνος αντικατάστασης από ένα άτομο είναι μια ώρα.



5. Επαφές στο ρελλέ της υδραυλικής και στα μοτέρ του yaw.

Αντικατάσταση των επαφών των ρελλέ της υδραυλικής και των yaw με διαφορετικό τύπο



6. Στήριγμα της καμπίνας



Τοποθέτηση επιπλέον στηριγμάτων στην καμπίνα που είναι μέσα στη νασσέλα όπου μέσα σ' αυτήν βρίσκονται οι πίνακες με τα ρελλέ, οι κάρτες, το σύστημα του μετατροπέα..

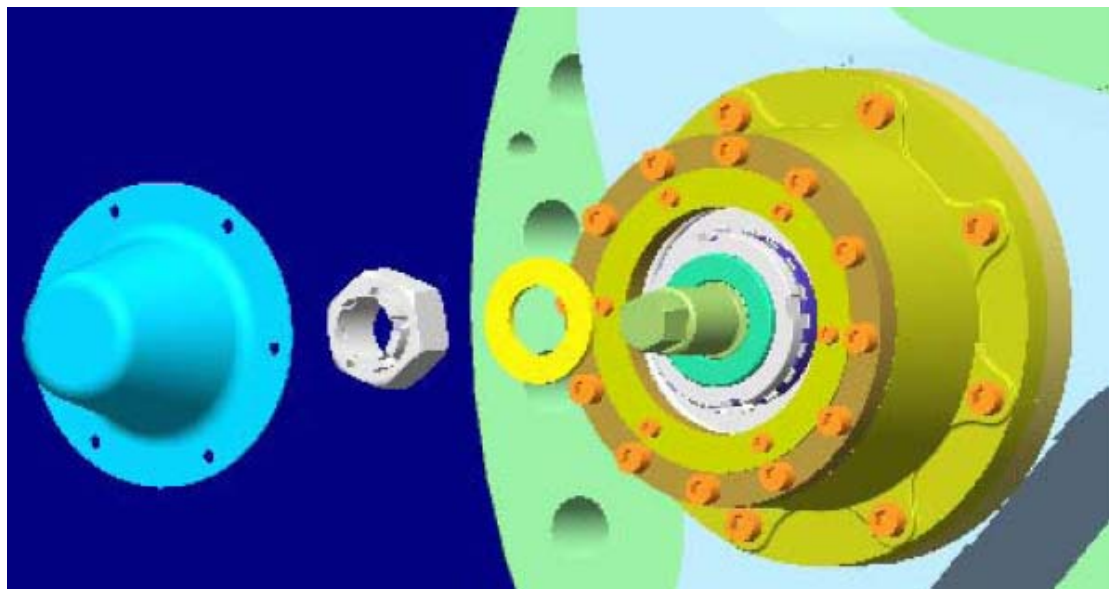
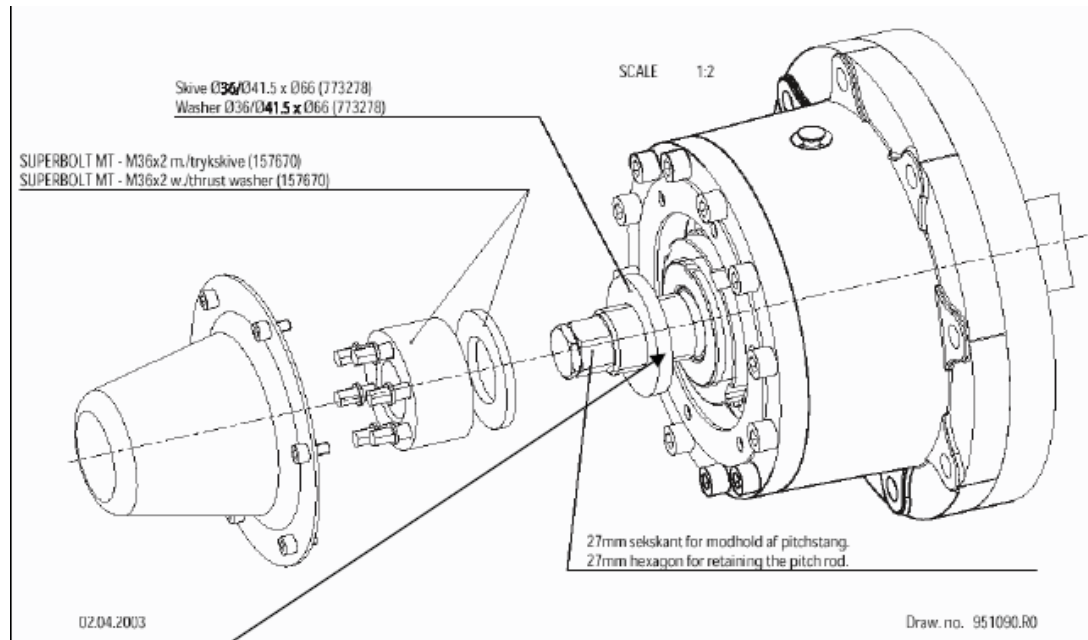
Ο λόγος είναι ότι από τους κραδασμούς οι βίδες που την συγκρατούσαν χαλάρωναν με αποτέλεσμα να σπάνε κάποια κομμάτια ή και να χαλαρώνουν οι βίδες που στερεωνόταν οι κάρτες και άλλα στοιχεία που είναι τοποθετημένα μέσα στην καμπίνα.



7. Τζόγος στο ρουλεμάν της τραβέρσας

Τοποθετήθηκε μια επιπλέον ροδέλα στο ρουλεμάν του άξονα του βήματος στην τραβέρσα για την προστασία του ρουλεμάν.

Ο Χρόνος τοποθέτησης από δυο άτομα ήταν τέσσερις ώρες.



8. Πρόβλημα στο γερανάκι.

Αλλαγή του συστήματος αποθήκευσης της αλυσίδας του γερανού που βρίσκεται στην νασσέλα επειδή ήταν δύσκολο να δουλέψεις εάν χρειαζόταν στα ντουλάπια που ήταν πίσω του και επειδή η αλυσίδα κατά την διάρκεια λειτουργίας του γερανού δεν ευθυγραμμιζόταν με το γεράκι με αποτέλεσμα να φθείρεται η αλυσίδα και το γεράκι.



Ο χρόνος μετατροπής ήταν δύο ώρες από δύο άτομα.

9. Στήριξη των κεντρικών καλωδίων

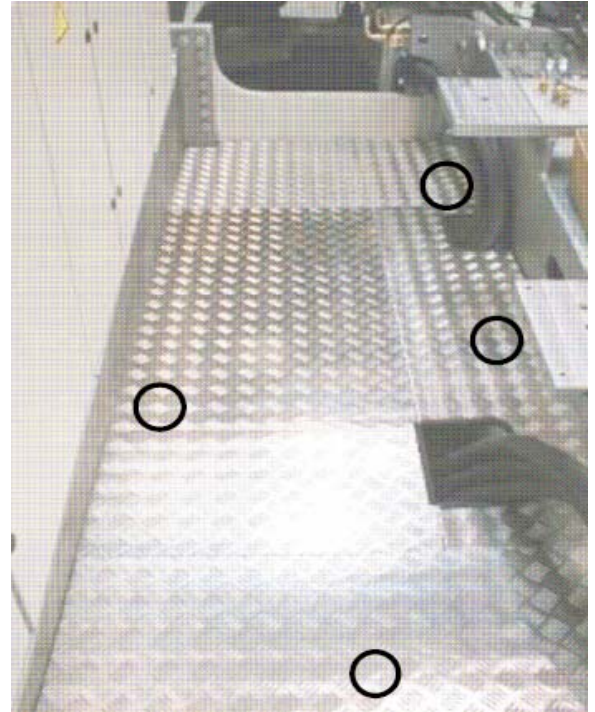
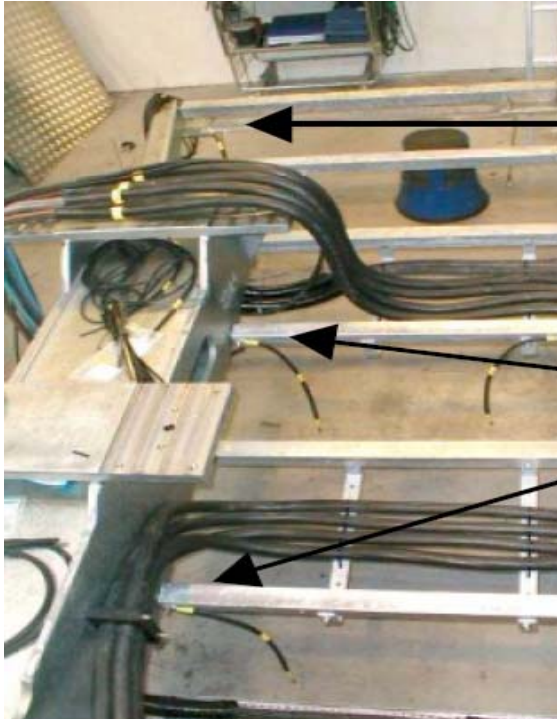
Τοποθέτηση επιπλέον στηριγμάτων των κεντρικών καλωδίων μέσα στον πύργο.



Ο χρόνος τοποθέτησης είναι μιάμιση ώρα από δύο άτομα.

10. Επιπλέον γειώσεις

Τοποθέτηση επιπλέον γειώσεων στο πάτωμα της νασσέλας για βελτίωση της



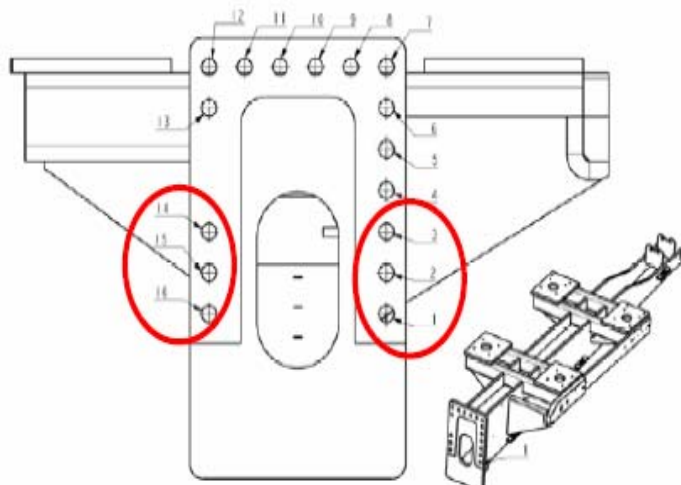
προστασίας.

Ο Χρόνος τοποθέτησης είναι δύο ώρες από δύο άτομα.

11. Στήριξη βάσης γεννήτριας

Αντικατάσταση έξι
μπουλονιών που
στηρίζεται η βάση της
γεννήτριας με άλλου τύπου
μπουλόνια.

Ο χρόνος αντικατάστασης
είναι δύο ώρες από δύο
άτομα.



12. Αντικατάσταση του AGO3 με το AGO2.

Αυτή η αναβάθμιση είναι μια ιδιαίτερη περίπτωση. Το AGO (Advance Grid Option) είναι ένα σύστημα στον converter το οποίο προστατεύει την μηχανή από το σκληρό δίκτυο. Λόγο του κακού δικτύου στην Κρήτη μπήκε σ' αυτές τις μηχανές για πρώτη φορά.

Ο σκοπός του AGO είναι να εξασφαλίσει τη λειτουργία της Α/Γ από βυθίσεις τάσης που προκαλούνται από το δίκτυο.

Το AGO2 και το AGO3 είναι ένα τροποποιημένο τμήμα στον μετατροπέα το οποίο και αυτό ελέγχεται από την VCP και καθιστά την Α/Γ με πιο μεγάλη αντοχή στις διαταραχές του δικτύου (βυθίσεις τάσης, υπερτάσεις).

Το AGO3 είναι προγενέστερο του AGO2. Το AGO3 όμως από ότι αποδείχτηκε δεν ανταποκρινόταν σύμφωνα με τις προδιαγραφές που κατασκευάστηκε. Ενώ έπρεπε να διατηρεί την γεννήτρια συνδεδεμένη με το δίκτυο σε μικρές βυθίσεις της τάξεως μέχρι και 15% αυτό δεν γινόταν. Αυτός ήταν και ο βασικός λόγος που αντικαταστάθηκε.

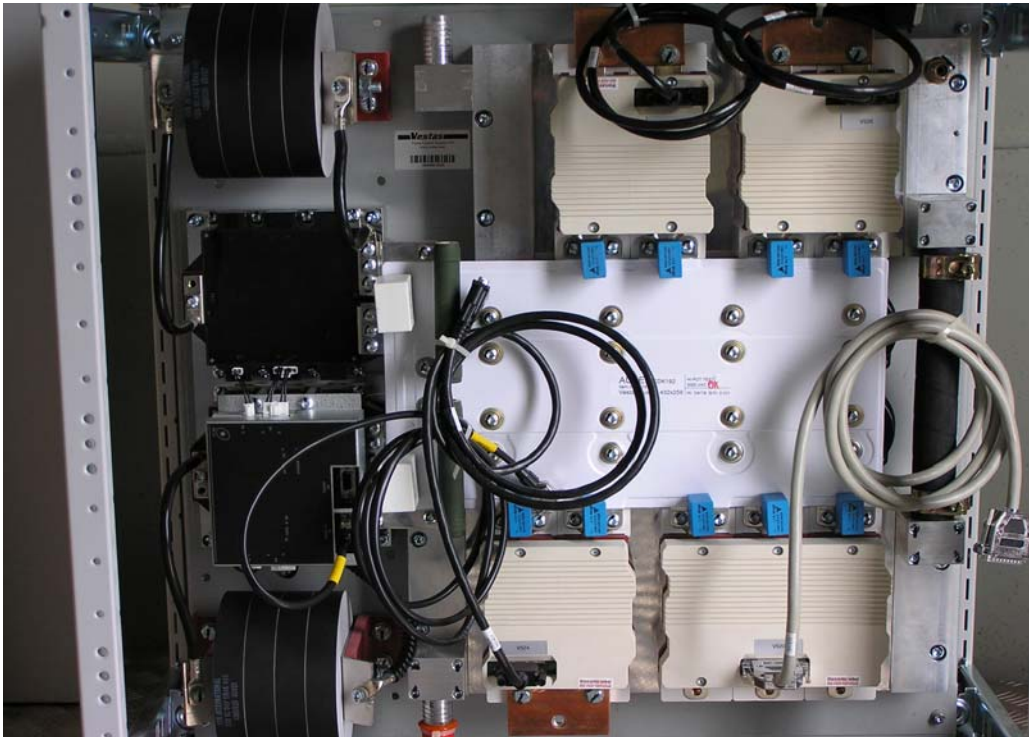
Οι διαφορές του AGO2 από το AGO3 ήταν και στο λογισμικό και στα υλικά. Τα υλικά που αλλάχθηκαν ήταν η VCP, οι inverters με τα IGBT, μπηκαν επιπλέον πυκνωτές, αντιστάσεις, chopper και για να τοποθετηθούν όλα αυτά αλλάχθηκε και το κύκλωμα ψύξης.

Ο χρόνος που χρειάστηκε για αυτήν την εργασία ήταν οκτώ ώρες από τρία άτομα.

AGO3



AG02



4.3 ΣΦΑΛΜΑΤΑ

Τα σφάλματα καταχωρούνται σε ένα αρχείο το operation log και στο alarm log. Στο operation log καταχωρούνται ανά μισή ώρα και τα παρακάτω δεδομένα:

- Μέση τιμή ταχύτητας αέρα.
- Μέση τιμή διεύθυνσης αέρα.
- Παραγωγή
- Όλες οι καταστάσεις και οι αλλαγές.
- Οι προειδοποιήσεις για κάποιες παρατυπίες που προκαλούνται είτε από κάστ είτε από κάποια δυσλειτουργία που δεν είναι απαραίτητο να σταματήσει η μηχανή αλλά μπορεί να σε προειδοποιήσει για κάτι που θα συμβεί.

Αναλόγως το σφάλμα που θα ανιχνευτή θα μπει και στην ανάλογη κατάσταση λειτουργίας (pause, stop, emergency stop).

Τα σφάλματα χωρίζονται σε διάφορες κατηγορίες αναλόγως τη σοβαρότητα τους και έτσι έχουμε και την ανάλογη αναγνώριση αυτών.

Τα σφάλματα αναγνωρίζονται ως εξής:

1. **AytoSht:** Αυτόματο καινούργιο ξεκίνημα μετά από ένα λεπτό το οποίο καταγράφεται.
2. **AutoLng:** Αυτόματο καινούργιο ξεκίνημα μετά από δέκα λεπτά το οποίο καταγράφεται.
3. **AutoNoCntSht:** Αυτόματο καινούργιο ξεκίνημα μετά από ένα λεπτό το οποίο δεν καταγράφεται.
4. **AutoNoCntLng:** Αυτόματο καινούργιο ξεκίνημα μετά από δέκα λεπτά το οποίο δεν καταγράφεται.
5. **Remote:** Κάποιος χειριστής πρέπει να αναγνωρίσει το σφάλμα από μακριά μέσω υπολογιστή και καταγράφεται στο operation log.
6. **Local:** Ο χειριστής πρέπει να επισκεφτεί την μηχανή και να ελέγξει τους λόγους εμφάνισης του σφάλματος και καταγράφεται στο operation log.

Όταν ένα σφάλμα αυτόματης εκκίνησης ενός ή δέκα λεπτών εμφανιστεί δέκα φορές μέσα σε ένα εικοσιτετράωρο θα εμφανιστεί ένα σφάλμα το οποίο θα είναι remote.

Ο μεγαλύτερος χρόνος αποκατάστασης ενός σφάλματος που έχει εμφανιστεί στα τρία χρόνια λειτουργίας του αιολικού πάρκου είναι δεκαοκτώ μέρες, και ο μέσος χρόνος ανά σφάλμα είναι εννιά ώρες.

Παρακάτω θα αναφερθούμε στα σφάλματα που μας έχουν απασχολήσει στα τρία χρόνια λειτουργίας του αιολικού πάρκου το οποίο αποτελείται από εννέα μηχανές V52 850kW.

Σφάλματα επικοινωνίας

Σφάλμα το οποίο εμφανίστηκε δώδεκα φορές. Τέσσερις φορές χρειάστηκε να ξαναφορτωθεί το πρόγραμμα της μηχανής. Αλλάχθηκαν τρεις ground controller, τρις κάρτες CT3514 η οποία είναι για την οπτική ίνα και δύο φορές ο top controller.

Ενεργοποίηση του κυκλώματος έκτακτης ανάγκης

Σφάλμα το οποίο εμφανίστηκε οκτώ φορές. Την μία φορά βρήκαμε μια χαλαρή σύνδεση ενός καλωδίου πάνω σε μια κλέμα, δύο φορές είχαν πρόβλημα δύο βοηθητικά ρελλέ και τις υπόλοιπες το σφάλμα εμφανιζόταν από υπερτάχυνση του ρότορα λόγω κακών καιρικών συνθηκών.

Χαμηλή πίεση στο κύκλωμα ψύξης του λαδιού του σασμάν.

Σφάλμα το οποίο έχει εμφανιστεί σε δύο μηχανές αρκετές φορές και εμφανιζόταν σε πολύ χαμηλό αέρα (χωρίς δυνατότητα παραγωγής) και σε συγκεκριμένη διεύθυνση του αέρα. Το πρόβλημα λύθηκε με την αλλαγή του πιεσοστάτη από αναλογικός σε ψηφιακό και με αλλαγή μιας παραμέτρου στο λογισμικό.

Θερμικό στο off line φίλτρο

Εμφανίστηκε δύο φορές. Την μια υπήρχε χαλαρή σύνδεση στην σύνδεση του ηλεκτροκινητήρα και την άλλη είχαμε καμένο ηλεκτροκινητήρα.

Χαμηλή τάση στο δίκτυο.

Σφάλμα το οποίο εμφανίζεται όποτε υπάρχει διακοπή στο δίκτυο. Εμφανίστηκε όμως δύο φορές όπου υπήρχε τάση στο δίκτυο. Σε μία μηχανή είχαμε καμένες τις ασφάλειες των 80 A. αυτό πιθανότατα συνέβη από κεραυνό επειδή το σφάλμα αυτό εμφανίστηκε κατά την διάρκεια κακοκαιρίας. Σε άλλη μηχανή είχαμε βραχυκύκλωμα στο φίλτρο υψηλών συχνοτήτων ρευμάτων στην οποία είχαν καεί και εδώ οι ασφάλειες.

Υψηλή θερμοκρασία στο στάτη της γεννήτριας.

Σφάλμα το οποίο εμφανίστηκε καλοκαίρι και σε φουλ παραγωγή σε ένα τύπο γεννήτριας ο οποίος ήταν μόνο σε αυτήν την μηχανή. Έπειτα από αρκετό ψάξιμο και υπολογισμούς αποδείχτηκε ότι ο ανεμιστήρας της γεννήτριας ήταν μικρός. Αντικαταστάθηκε με άλλον τύπο γεννήτριας.

Υψηλή θερμοκρασία στο ρουλεμάν υψηλής ταχύτητας του σασμάν.

Εμφανίστηκε δύο φορές και τις δύο το πρόβλημα ήταν στο PT100 τα οποία και αντικαταστήσαμε

Υψηλές στροφές στο ρότορα.

Οι στροφές στο ρότορα μετριούνται από ένα επαγωγικό αισθητήρα. Τις περισσότερες φορές που έχει εμφανισθεί αυτό το σφάλμα χρειάζεται ρύθμιση της απόστασης του αισθητήρα. Έχει συμβεί όμως να χρειάζεται αλλαγή ο αισθητήρας ή ακόμα και η βάση στήριξης του αισθητήρα. Στο σφάλμα αυτό εμπλέκεται και η ηλεκτρονική κάρτα όπου μετράει τους παλμούς αλλά μέχρι τώρα δεν έχει συμβεί να έχει χαλάσει αυτή.

Διαφορά στροφών γεννήτριας και ρότορα.

Αυτό το σφάλμα συνδέεται με το προηγούμενο αλλά εμπλέκεται άλλος ένας επαγωγικός αισθητήρας όπου αυτός μετράει τις στροφές της γεννήτριας και μια ηλεκτρονική κάρτα όπου κάνει την σύγκριση στις στροφές του ρότορα με τις στροφές της γεννήτριας και κάνει την επαλήθευση αν η αναλογία είναι σωστή.

Ενεργοποίηση της προστασίας από επιτάχυνση στο ρότορα (VOG)

Αυτό το σφάλμα εμφανίζεται σε ακραία καιρικά φαινόμενα και όταν ο αέρας δεν είναι στρωτός. Ενεργοποιείτε η προστασία από επιτάχυνση όταν οι στροφές στο ρότορα ξεπεράσουν τις 32 rpm. Οι στροφές στο ρότορα μετριούνται από ένα δεύτερο επαγωγικό αισθητήρα δίπλα στον άλλο. Η αναγνώριση του σφάλματος γίνεται με reset στην ηλεκτρονική κάρτα.

Στα τρία παραπάνω σφάλματα η ρύθμιση των επαγωγικών αισθητήρων γίνεται στην αρχή της λειτουργίας του πάρκου. Μετά είναι δύσκολο να χαθεί αυτή η ρύθμιση. Η απόσταση των αισθητήρων μεταξύ αισθητήρα και πλάκας πρέπει να είναι από 2,5 χιλ. μέχρι 5 χιλ. Συνήθως η αρχική ρύθμιση είναι 3 χιλ. άλλα

να χρειάζεται τέσσερα ή και πέντε και αυτό εξαρτάται από την πλάκα και το πόδι στήριξης των αισθητήρων.

Υψηλή θερμοκρασία στα φρένα.

Υπάρχουν έξι τακάκια στο δισκόφρενο τα οποία φρενάρουν τον ρότορα. Ένα από αυτόματα έξι έχει έναν αισθητήρα (thermistor) ο οποίος αναγνωρίζει την υψηλή θερμοκρασία στα φρένα και αυτό συμβαίνει όταν αυτό το τακάκι έχει φαγωθεί, οπότε πρέπει να εκλεχθούν όλα και να αλλαχθούν όσα χρειάζονται. Επειδή όμως υπάρχει εφεδρική τροφοδοσία από μπαταρίες (battery backup) στο σύστημα ενεργοποίησης του φρένου σε περίπτωση διακοπής ρεύματος από το δίκτυο, και αυτές οι μπαταρίες είναι συνδεδεμένες σε σειρά στο κύκλωμα εάν αυτές δεν φορτίζονται σωστά δεν έχει το κύκλωμα τάση και εμφανίζεται το σφάλμα αυτό.

Λειτουργία της υδραυλικής ένα λεπτό.

Αυτό το σφάλμα εμφανίζεται όταν η υδραυλική δουλεύει ένα λεπτό χωρίς να φτάσει στα 200 bar. Αυτό σημαίνει ότι:

- Υπάρχει διαρροή λαδιού από κάποιο μαρκούτσι, εσωτερικό ή εξωτερικό. Έχει συμβεί και στις εννιά μηχανές να έχουμε διαρροή από το εσωτερικό μαρκούτσι και το αλλάξαμε με μαρκούτσι υψηλότερης αντοχής.
- Υπάρχει κρακ στην αντλία και δεν μπορεί να σηκώσει πίεση. Έχει συμβεί σε οκτώ μηχανές από τις εννιά.
- Έχει χαλάσει η βαλβίδα ασφαλείας και αντι να ανοίγει στα 250 bar ανοίγει σε πίεση μικρότερη από 200 bar.
- Να υπάρχει διαρροή από κάποιο άλλο σημείο της υδραυλικής μονάδας (ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες, πιεσοστάτες κλπ.)

Απότομη μείωση της πίεσης στο υδραυλικό κύκλωμα του φρένου.

Ο πιεσοστάτης που μετράει την πίεση στο κύκλωμα του φρένου ήταν χαλασμένος.

Χαμηλή πίεση λειτουργίας στο υδραυλικό σύστημα.

Αυτό το σφάλμα προκαλείτε από μια απότομη πτώση της πίεσης στο σύστημα της υδραυλικής και εμφανίζεται όταν πέσει κάτω από τα 160 bar. Συνέβη μια φορά στα τρία χρόνια όταν έσπασε ή βαλβίδα πλήρωσης του αζώτου.

Χαμηλή στάθμη λαδιού στην υδραυλική.

Το επίπεδο του λαδιού το ελέγχει μία ηλεκτρονική κάρτα μέσω ενός επαγωγικού αισθητήρα με φλοτέρ. Όταν το φλοτέρ του αισθητήρα είναι κάτω η κάρτα δεν παίρνει σήμα από τον αισθητήρα οπότε μετά από πέντε sec εμφανίζει το σφάλμα. Από ότι αποδείχτηκε ο χρόνος των πέντε δευτερολέπτων δεν ήταν αρκετός για την ορθή πληρότητα του λαδιού. Το λάδι μέσα στο τανκ της υδραυλικής κινείται δεξιά αριστερά λόγω του κουνήματος της ανεμογεννήτριας, με αποτέλεσμα ο αισθητήρας να βρισκόταν και δέκα

δευτερόλεπτα εκτός λαδιού. Αντιμετωπίσαμε αυτό το πρόβλημα με την αύξηση του χρόνου στα δεκαπέντε δευτερόλεπτα.

Χαμηλή στάθμη λαδιού του σασμάν.

Η αρχή λειτουργίας και σ' αυτόν τον αισθητήρα είναι ίδια με της υδραυλικής, αλλά εδώ χρειάστηκε να αλλάξουν οι αισθητήρες.

Χαμηλή στάθμη ψυκτικού υγρού.

Το ίδιο με τα παραπάνω αλλά οι αισθητήρες αυτοί δεν ήταν σωστά σχεδιασμένοι με αποτέλεσμα να εμφανίζουν ψευδή σφάλματα. Τους αντικαταστήσαμε όλους με διαφορετικό τύπο.

Θερμικό σφάλμα στον ηλεκτροκινητήρα της υδραυλικής.

Το θερμικό ουσιαστικά είναι μια προειδοποίηση για την κατάσταση του ηλεκτροκινητήρα και για αυτό μπαίνει σε όλους τους ηλεκτροκινητήρες. Σ' αυτήν την περίπτωση ο ηλεκτροκινητήρας είχε ξεσφίξει από την βάση στήριξης του με αποτέλεσμα να ζορίζετε και να τραβάει πολλά αμπέρ και να πέφτει το θερμικό.

Λάθος επιστροφή σήματος για την κατάσταση του ρελλέ του ανεμιστήρα για την ψύξη του λαδιού.

Όλα τα ρελλέ έχουν μια επαφή όπου ο επεξεργαστής ελέγχει την κατάσταση του ρελλέ και αν ανταποκρίνεται στην εντολή που έχει δώσει. Σ' αυτήν τη περίπτωση είχαμε πρόβλημα δύο φορές στο ρελλέ όπου είχε κολλήσει και άλλες τέσσερις όπου το βοηθητικό ρελλέ είχε το πρόβλημα.

Λάθος επιστροφή σήματος για την κατάσταση του ρελλέ της υδραυλικής.

Το ίδιο σφάλμα με το προηγούμενο αλλά σε διαφορετικό ρελλέ.

Λάθος επιστροφή σήματος για την κατάσταση του ρελλέ του μοτέρ παρέκκλισης.

Το ίδιο σφάλμα με τα προηγούμενα.

Λάθος επιστροφή σήματος για την κατάσταση του ρελλέ σύνδεσης της γεννήτριας με το δίκτυο.

Το ίδιο με τα προηγούμενα αλλά ήταν στο μεγάλο ρελλέ όπου συνέδεε τα τυλίγματα της γεννήτριας σε αστέρα.

Σφάλμα ανεμομέτρου.

Σφάλμα το οποίο μπορεί να εμφανιστεί όταν υπάρχει πυκνή ομίχλη και κάποιες φορές χρειάζεται να γίνει reset στην κάρτα CT3218 η οποία ελέγχει το ανεμόμετρο και κάνει τους υπολογισμούς. Κάποιες φορές μπορεί να χαλάσει η κάρτα αλλά είχαμε πολλά χαλασμένα ανεμόμετρα τα οποία είναι ευαίσθητα στις υπερτάσεις

Καμένη ασφάλεια της αντικεραυνικής προστασίας.

Παρουσιάστηκε σε μία μηχανή και αυτό συνέβη κατά την διάρκεια καταιγίδας

Θερμικό σφάλμα στον ηλεκτροκινητήρα του yaw.

Υπήρχε χαλαρή σύνδεση σε ένα καλώδιο στον ηλεκτροκινητήρα του yaw.

Διακοπή τροφοδοσίας 24V στην αναλογική βαλβίδα.

Από υπέρταση κάηκε η αναλογική βαλβίδα και η ασφάλεια προστασίας.

Θερμικό σφάλμα στον ηλεκτροκινητήρα του ανεμιστήρα της γεννήτριας.

Εδώ είχαμε βραχυκυκλωμένο το τύλιγμα της υψηλής ταχύτητας

Χαμηλή θερμοκρασία στον χώρο του slip ring.

Πρόβλημα στο PT100

Δεν υπάρχει συγχρονισμός της γεννήτριας με το δίκτυο.

Σφάλμα στο σύστημα του converter. Αυτό το σφάλμα μπορεί να εμφανιστεί για πολλές αιτίες. Με το σφάλμα αυτό μπορούν να συμβαίνουν τα παρακάτω:

- Καμένη γεννήτρια
- Πρόβλημα στην VCP
- Πρόβλημα στις ψήκτρες
- Πρόβλημα στους inverters.
- Πρόβλημα στις διόδους

Παρέλευση χρόνου για την σύνδεση της γεννήτριας με το δίκτυο.

Και αυτό το σφάλμα είναι το ίδιο με το παραπάνω

Υψηλός αριθμός προειδοποιήσεων

Αυτό το σφάλμα εμφανίζεται όταν συμβούν πάνω από δέκα φορές μέσα σε 20 ώρες κάποια σφάλματα τα οποία διορθώνονται αυτόματα από το λογισμικό. Οι προειδοποιήσεις αυτές συνήθως συμβαίνουν όταν υπάρχουν πτώσεις τάσεως ή ο αέρας είναι πολύ άστατος.

Υψηλή θερμοκρασία στο ρουλεμάν της γεννήτριας.

Σήκωνε θερμοκρασία στο ρουλεμάν λόγω του ότι τα τυλίγματα στον ρότορα της γεννήτριας είχαν πρόβλημα. Αλλάξαμε την γεννήτρια.

Άνοιγμα του κεντρικού διακόπτη της Α/Γ (Trip Q8)

Trip Q8 είχαμε είτε λόγω κολλημένου ρελλέ, είτε καμένης γεννήτριας στο στάτη, είτε από πτώση κεραυνών στην γύρω περιοχή.

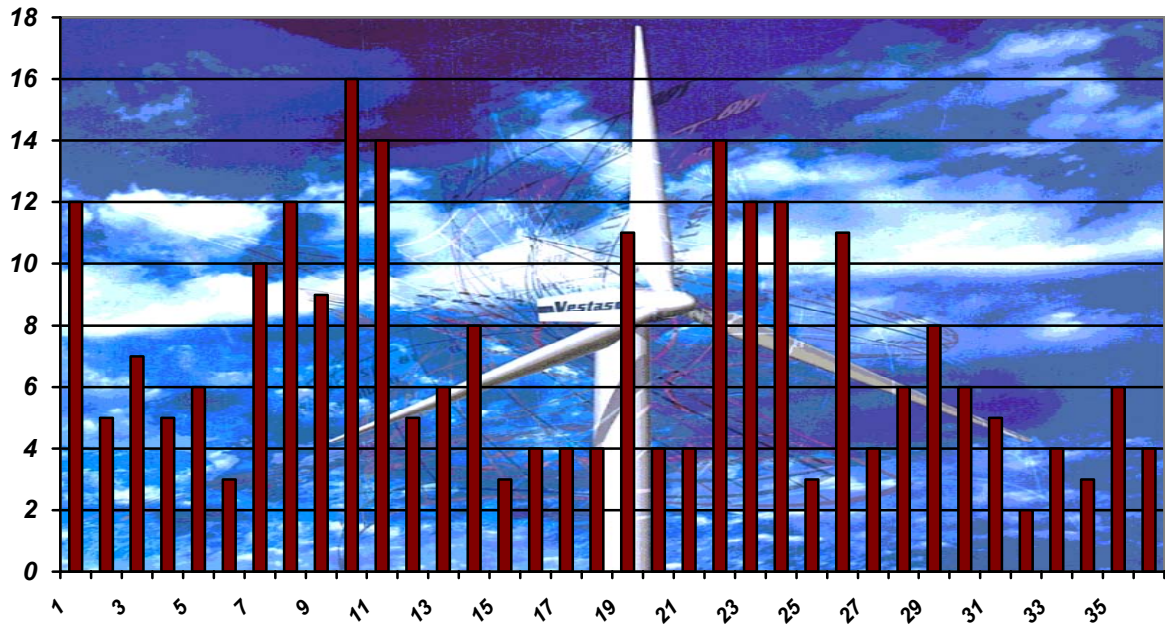
Μόνο μία φορά χρειάστηκε να αλλάξουμε τον Q8 ο οποίος είχε πρόβλημα, μόλις η παραγωγή της ανεμογεννήτριας ανέβαινε πάνω από τα 200 kW ο Q8 έπεφτε.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται πόσα σφάλματα εμφανίστηκαν στα τρία χρόνια λειτουργίας για κάθε μηχανή ανά μήνα.

ΜΗΝΑΣ	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	ΣΥΝΟΛΟ
1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	12
2	2	1	1					1			5
3	1	1	1	1	1				1	1	7
4		1	1		1		1		1		5
5		2	1			2				1	6
6		2				1					3
7	1	2	3	2		1			1		10
8	1	1		3	2	1	1		1	2	12
9	2	1	2	1				1	2		9
10	2	2	4	2		1			4	1	16
11		4	3	2			1		4		14
12			2		1				1	1	5
13		3	1				1	1			6
14		3		2		1		2			8
15		1				1			1		3
16		2							1	1	4
17				4							4
18		2		2							4
19	1	3	1	3	2				1		11
20		1			1	1				1	4
21			2					1	1		4
22	1	2	1	1	1		1	2	4	1	14
23		3	1	1	3			1	1	2	12
24	2	3		3	1				2	1	12
25	1			1		1					3
26	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	11
27					1		1	1		1	4
28			1	1	1	1			1	1	6
29	1	1	2				1		1	2	8
30			1			2			3		6
31		1		2			1	1			5
32		1					1				2
33		2		1					1		4
34					1				1	1	3
35		1	1		1			2		1	6
36								2	2		4
ΣΥΝΟΛΟ	17	48	31	35	19	15	11	17	37	22	
ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ				252							

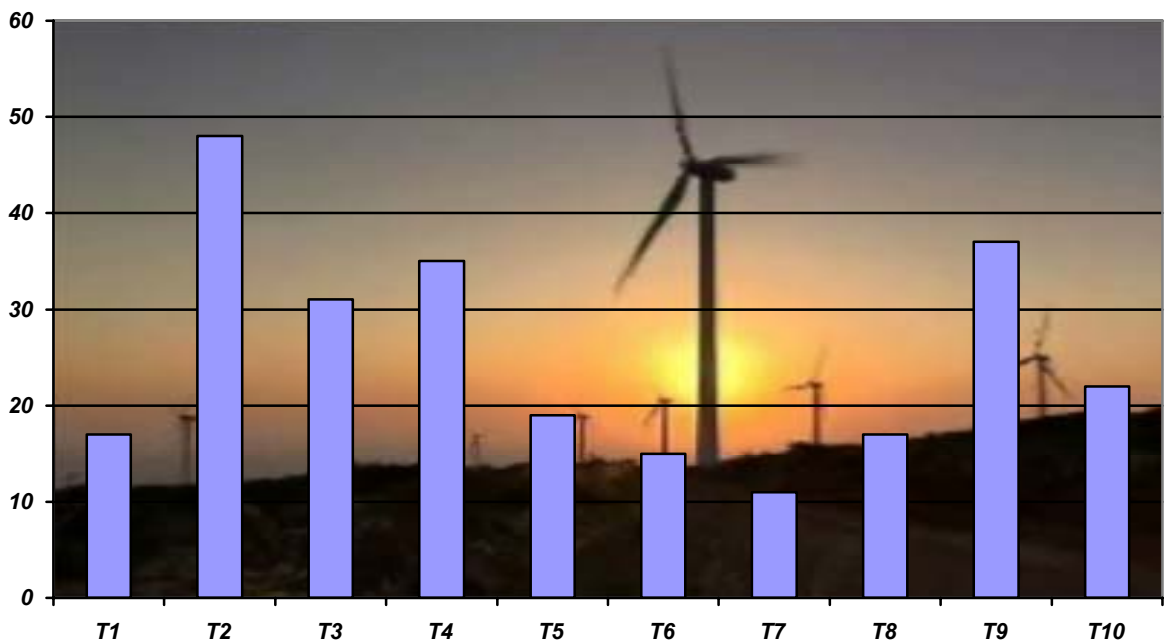
Πίνακας 2.1 Σφάλματα σε 10 αιολικές μηχανές

ΣΥΝΟΛΟ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ ΑΝΑ ΜΗΝΑ



Διάγραμμα 2.1: Συνολικά σφάλματα ανά μήνα για τρία χρόνια λειτουργίας

ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΑΝΑ ΑΙΟΛΙΚΗ ΜΗΧΑΝΗ



Διάγραμμα 2.1: Συνολικά σφάλματα ανά Α/Γ στα τρία χρόνια λειτουργίας

Στον επόμενο πίνακα βλέπουμε τα ανταλλακτικά που χρειάστηκαν για την αποκατάσταση των σφαλμάτων.

Τεμάχια.	Περιγραφή
3	Αισθητήρας στάθμης ψυκτικού υγρού
6	Ασφάλεια 80 A
9	Υδραυλική αντλία αλουμινίου
4	Αισθητήρας υπερτάχυνση
9	Επεξεργαστής μετατροπέα (VCP)
1	Θερμοστατική Βαλβίδα
6	Γράσο γεννήτριας
6	Γεννήτρια 850 KW
2	Ψήκτρα ουδετέρου
5	Αισθητήρας θερμοκρασίας PT-100
14	Βοηθητικός ηλεκτρονόμος
6	Ηλεκτρονόμος υδραυλικής αντλίας
1	Ηλεκτρονόμος οδήγησης inverter
2	Πυκνωτές 12,5 Kvar 690 V 50 Hz
3	Αντίσταση 120 KΩ 6W 5%
1	Βάση επαγωγικού αισθητήρα υπερτάχυνσης
2	Πρεσοστάτης φρένου
4	Ψηφιακή κάρτα (PLC)
3	Ηλεκτρονόμος του ηλεκτροκινητήρα παρέκκλισης
4	Αναλογική βαλβίδα ρύθμισης του βήματος των φτερών
19	Ανεμόμετρο US
2	Ρελλέ ισχύος σύνδεσης Αιολική μηχανή - Δίκτυο
6	Ψήκτρες διέγερσης γεννήτριας
1	Ψηκτροφορέας γεννήτριας
2	Ρελλέ ισχύος σύνδεσης της γεννήτριας σε αστέρα
1	Φίλτρο λαδιού σασμάν
1	Βοηθητική επαφή ρελλέ
1	Συσσωρευτής πίεσης 80 bar
4	Μπαταρίες εφεδρικής τροφοδοσίας 12 Volt
2	Τακάκια δισκόφρενου με ενσωματωμένο thermistor
1	Επαγωγικός αισθητήρας στροφών γεννήτριας
3	Κάρτα επικοινωνίας
2	Φίλτρο αποκοπής υψίσυχων ρευμάτων
2	Πρεσοστάτης για τον έλεγχο της πίεσης στο λάδι του σασμάν
3	Ground controller
3	Αντικεραυνικά χαμηλής τάσης
10	Μαρκούτσια 250 bar
1	Βοηθητικό ηλεκτρονόμο κεντρικού διακόπτη Q8
4	Κωδικοποιητής ταχύτητας της γεννήτριας
10	Ανεπίστροφη Βαλβίδα υδραυλικής αντλίας

8	Αντιστροφέας (inverter)
2	Αισθητήρας στάθμης λαδιού σασμάν
1	Κεντρικός διακόπτης ανεμογεννήτριας Q8
3	Κυκλοφορητής ψυκτικού υγρού
10	Ψυκτικό υγρό για VCS
1	Ενδεικτικό στάθμης λαδιού σασμάν
1	Στραγγαλιστικό πηνίο

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι ώρες λειτουργίας του αιολικού πάρκου στα τρία χρόνια και η μέση τιμή για μία ανεμογεννήτρια όπως επίσης και οι παραγωγές.

Βλέπουμε ότι για εξήντα ώρες τον χρόνο η κάθε αιολική μηχανή δεν λειτουργεί λόγο είτε προγραμματισμένης συντήρησης είτε από εργασίες για την επίλυση των σφαλμάτων.

Για δεκαεπτά ώρες η κάθε μηχανή έμεινε σταματημένη με σφάλμα μέχρι οι τεχνικοί να φτάσουν στη αιολική μηχανή. Η ανταπόκριση των τεχνικών για την επίλυση του σφάλματος ήταν λιγότερο από μια ώρα .

Για εκατόν πενήντα πέντε ώρες ή εξίμιση μέρες τον χρόνο η κάθε μηχανή έμεινε σταματημένη λόγο είτε βλάβης στο δίκτυο είτε για την συντήρηση του δικτύου από την ΔΕΗ, είτε για την συντήρηση των υποσταθμών.

Συνολικά η κάθε μηχανή ήταν εκτός λειτουργίας διακόσιες τριάντα τέσσερις ώρες ή δέκα μέρες τον χρόνο λόγο συντήρησης ή σφαλμάτων δηλ. το 0,38 % του έτους η αιολική μηχανή δεν ήταν διαθέσιμη.

Το αιολικό πάρκο για 8237 ώρες από τις 8760 ώρες του έτους είχε αέρα έτσι ώστε να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια οι αιολικές μηχανές, δηλ. για 523 ώρες το πάρκο δεν είχε αέρα πάνω από 3,5 m/sec.

	Α/Γ		Α/Π
	3 χρόνια	1 έτος	
Λειτουργία του Α/Π	26.280 h	8760 h	262.800 h
Σύνδεση με το Δίκτυο	25.817 h	8605 h	258.170 h
Χρόνος Λειτουργίας	24.712 h	8237 h	247.120 h
Χρόνος Διαθεσιμότητας	25.185 h	8395 h	251.850 h
Χρόνος σε Σφάλμα ή service	237 h	79 h	2.370 h
Χρόνος που χρειάστηκε να επιλυθούν τα σφάλματα και η συντήρηση	180 h	60 h	1.800 h
Συνολικός χρόνος σε σφάλμα	57	19 h	570
Συνολική παραγωγή	8841132 Kwh	2947044 Kwh	88411320 Kwh

Πίνακας 2.2 Ώρες λειτουργίας αιολικού πάρκου σε διάφορες καταστάσεις.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

5.1 Κόστος Λειτουργίας και Συντήρησης

Η κατασκευάστριες εταιρείες κατέχουν την τεχνογνωσία και δεν την πουλάνε ούτε την παρέχουν με την πώληση των αιολικών μηχανών. Με την πώληση των αιολικών μηχανών συμπεριλαμβάνεται και η εγκατάσταση τους όπως επίσης και η λειτουργία των μηχανών για πέντε με δέκα μέρες αναλόγως την εταιρεία χωρίς να παρουσιαστή κάποια δυσλειτουργία, οπότε και παραλαμβάνεται το έργο από τον επενδυτή.

Για την από εκεί και πέρα λειτουργία του αιολικού πάρκου, υπογράφεται ένα συμβόλαιο, μεταξύ κατασκευάστριας εταιρείας και επενδυτή για την εγγύηση, την λειτουργία και την συντήρηση των ανεμογεννητριών.

Αυτή η συμφωνία διαφέρει από εταιρεία με εταιρεία για το χρόνο διάρκειας, και την τιμή. Όλες οι εταιρείες δίνουν πέντε χρόνια εγγύηση εκτός από την Enercon που δίνει δώδεκα χρόνια, για όλα τα εξαρτήματα που αποτελείτε η αιολική μηχανή, εκτός από βλάβη η οποία προκαλείτε από κεραυνό.

Με αυτόν τον τρόπο η λειτουργία των αιολικών μηχανών είναι στη δικαιοδοσία της κατασκευάστριας εταιρείας η οποία παίρνει πληροφορίες από τη λειτουργία της, τη μελετάει και αναβαθμίζει τις μηχανές αυτές που είναι εγκατεστημένες και βελτιώνει αυτές που θα εγκαταστήσει.

Για τις δέκα εγκατεστημένες αιολικές μηχανές της Vestas V52, τις οποίες μελετάει η εργασία αυτή, απασχολούνται δύο άτομα από την πλευρά του πελάτη και δύο τεχνικοί από την Vestas.

Το συμβόλαιο που υπογράφεται από τον επενδυτή και την κατασκευάστρια εταιρεία το οποίο ονομάζεται WOM (Warranty – Operation – Maintenance) ισχύει για πέντε χρόνια, και το οποίο έχει δυνατότητα επέκτασης, όπως επίσης και η εγγύηση των υλικών. Η Vestas είναι υποχρεωμένη να παρέχει μια διαθεσιμότητα πάνω από 98% για το αιολικό πάρκο ετησίως. Εάν πέσει η διαθεσιμότητα της μηχανής κάτω από αυτό το ποσοστό η Vestas θα πληρώσει την χαμένη παραγωγή, ασχέτου εάν έχει ή δεν έχει αέρα. Η συντήρηση των μηχανών, η επίλυση των βλαβών και οτιδήποτε άλλο χρειάζεται η αιολική μηχανή για την λειτουργία της παρέχεται από την Vestas με 13.000 ευρώ ανά αιολική μηχανή το έτος.

Εκτός από την οικονομική αυτή επιβάρυνση του επενδυτή είναι υποχρεωμένος να παρέχει εργασία από δύο άτομα για σαράντα ώρες την εβδομάδα ανεξαρτήτου ώρας και ημέρας εάν αυτό ζητηθεί από τους τεχνικούς της Vestas. Τα άτομα αυτά δεν είναι απαραίτητο να έχουν ειδικές τεχνικές γνώσεις. Αυτές τους παρέχονται από τους ανθρώπους της Vestas.

Άρα το κόστος για την πρώτη πενταετία για τον επενδυτή ανέρχεται στα 130.000 ευρώ για τις δέκα μηχανές συν τα έξοδα του προσωπικού το οποίο είναι 50.000 ευρώ ετησίως. Εκτός όμως από την λειτουργία των αιολικών μηχανών ο επενδυτής έχει το κόστος συντήρησης των υποσταθμών, τον έλεγχο των επικοινωνιών και την συλλογή στατιστικών στοιχείων από τις μηχανές την επεξεργασία τους και την αποστολή μηνιαίων αναφορών στη ΡΑΕ και σε διάφορους φορείς.

Οι εργασίες αυτές μπορούν να πραγματοποιούνται από τα ίδια άτομα τα οποία βοηθούν τους τεχνικούς της Vestas.

Το ετήσιο κόστος για τον επενδυτή λοιπόν ανέρχεται στα 180.000 ευρώ δηλ. 18.000 ευρώ το κόστος συντήρησης και λειτουργίας για κάθε αιολική μηχανή στο αιολικό πάρκο με δέκα ανεμογεννήτριες τον χρόνο.

Παρακάτω θα δούμε το κόστος της κατασκευάστριας εταιρείας (Vestas) για τις δέκα αιολικές μηχανές οπου αναφέρεται και η εργασία.

Έχει δύο τεχνικούς για την λειτουργία και τη συντήρηση των αιολικών μηχανών αλλά και για την διαχείριση της αποθήκης (παραγγελίες, παρακολούθηση ανταλλακτικών, αναφορές κλπ.).

Για να μπορεί να ανταποκριθεί άμεσα σε οποιαδήποτε βλάβη των ανεμογεννητριών θα πρέπει να έχει στην αποθήκη της τα όλα τα ανταλλακτικά που πιθανόν θα χρειαστεί για να αντιμετωπιστεί μια βλάβη.

Το κόστος των ανταλλακτικών που είναι στην αποθήκη ανέρχεται στα 130.000 ευρώ περίπου.

Το κόστος των εργαλείων, που χρειάζονται οι τεχνικοί για να μπορούν να ανταποκριθούν άμεσα στην αποκατάσταση οποιασδήποτε βλάβης είναι 108.000 ευρώ συμπεριλαμβανομένου και του αυτοκινήτου και των υπολογιστών.

Στον πίνακα 1 βλέπουμε τα ανταλλακτικά που χρησιμοποιήθηκαν για την αντιμετώπιση των σφαλμάτων (βλάβες). Το κόστος αυτών των ανταλλακτικών είναι 492.000 ευρώ, χωρίς να συμπεριλαμβάνονται τα μεταφορικά και το κόστος εγκατάστασης που ενδεχομένως να χρειάζεται κάποια σοβαρή βλάβη (π.χ. κόστος γερανού για την αλλαγή της γεννήτριας). Οι τιμές αυτές είναι τιμές πώλησης της κατασκευάστριας εταιρείας στον επενδυτή εάν πλήρωνε τα ανταλλακτικά. Ουσιαστικά για την κατασκευάστρια εταιρεία το κόστος των ανταλλακτικών είναι πολύ μικρότερο αλλά το χρησιμοποιεί έτσι ώστε ο επενδυτής να υπογράψει συμβόλαιο λειτουργίας του αιολικού πάρκου και τις επόμενες πενταετίες.

Με την πρώτη ματιά βλέπει κάποιος ότι η λειτουργία και η συντήρηση των αιολικών μηχανών είναι ασύμφορη ακόμα και για την κατασκευάστρια εταιρεία αλλά αυτά είναι υπολογισμένα από όταν γίνεται η πώληση των μηχανών και η κατασκευάστρια εταιρεία έχει προσθέσει το κόστος αυτό στην αξία της ανεμογεννήτριας.

Από τα ανταλλακτικά που χρησιμοποιήθηκαν βλέπουμε ότι αλλάχθηκαν έξι γεννήτριες, οι οποίες είναι αυτές που αυξάνουν το κόστος λειτουργίας. Αν λάβουμε υπ' όψιν ότι οι κατασκευάστρια εταιρεία (ABB, Leroy Somer, Weire

κλπ.) δίνει εγγύηση για επτά χρόνια καλής λειτουργίας, αυτό το κόστος πρέπει να αφαιρεθεί.

Άρα λοιπόν το κόστος των ανταλλακτικών ανέρχεται στα 192000 ευρώ λόγω του ότι το κόστος της γεννήτριας είναι 50000 ευρώ.

Το κόστος για την συντήρηση απ' ότι είδαμε στο κεφάλαιο 3 ανέρχεται στα 1400 ευρώ για κάθε αιολική μηχανή τον χρόνο.

Όπως βλέπουμε η αιολική μηχανή για τον επενδυτή έχει πολύ λίγα ετήσια λειτουργικά έξοδα καθώς και έξοδα συντήρησης. Σε σχέση και με τα έσοδα που έχει ένα αιολικό πάρκο τα έξοδα λειτουργίας και συντήρησης μπορείς και να μην υπολογίζονται σχεδόν καθόλου αφού τείνουν να μηδενιστούν.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ανεμοκινητήρες
Συγγραφέας: Γ. Μπεργελές
Εκδόσεις: Συμεών

Διαχείριση της Αιολικής Ενέργειας
Συγγραφέας: Ιωάννης Κλεάνθη Καλδέλλης
Εκδόσεις: Α. Σταμούλης

Διείσδυσης Αιολικής Ισχύος Σε Απομονωμένα Ενεργειακά Συστήματα
Κατσαμπρακάκης Δημήτρης

Vestas Wind Technology SA