



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΧΑΝΙΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ
ΜΕΛΕΤΗ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ
ΥΠΟΓΕΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΕΝΑΕΡΙΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ
ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΑΙΟΛΙΚΟΥ
ΣΤΑΘΜΟΥ ΜΕ ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ»**

ΝΙΚΟΛΑΟΥ ΧΡΥΣΟΥΛΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΚΑΤΣΙΓΙΑΝΝΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

ΧΑΝΙΑ
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2012



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΧΑΝΙΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ
ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ ΥΠΟΓΕΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΕΝΑΕΡΙΩΝ
ΔΙΚΤΥΩΝ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΑΙΟΛΙΚΟΥ
ΣΤΑΘΜΟΥ ΜΕ ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ»**

**'FEASIBILITY STUDY AND TECHNO-ECONOMIC
ANALYSIS OF UNDERGROUNDING MEDIUM
VOLTAGE OVERHEAD POWER LINES IN AN
INTERCONNECTED WIND FARM'**

**ΝΙΚΟΛΑΟΥ ΧΡΥΣΟΥΛΑ
Α.Μ.:667**

**ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ: ΚΑΤΣΙΓΙΑΝΝΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ (ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ)
ΚΑΡΑΠΙΔΑΚΗΣ ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ
ΤΣΙΚΑΛΑΚΗΣ ΑΝΤΩΝΙΟΣ**

ΧΑΝΙΑ
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2012

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την ολοκλήρωση της παρούσας πτυχιακής εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους βοήθησαν, είτε άμεσα είτε έμμεσα, στην περάτωση αυτής της εργασίας.

Ευχαριστώ τον καθηγητή κ. Κατσιγιαννη Ιωάννη για την εμπιστοσύνη και την άψογη συνεργασία που είχαμε. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους προϊσταμένους και τους συναδέλφους μου στην εταιρία 'Ρόκας Ανανεώσιμες' για το χρόνο που μου διέθεσαν και για τις πληροφορίες και τα στοιχεία που μου παραχώρησαν, τα οποία ήταν απαραίτητα για την εκπόνηση της παρούσας πτυχιακής εργασίας. Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω την κα. Χαντέ Ελευθερία (RES, Operation and maintenance Manager, Rokas Renewables), τον κ. Γριαγγέλου Μαρίνο (RES, Operation and maintenance Coordinator, Rokas Renewables) και τον κ. Θωμά Θεοδόση (προϊστάμενος αιολικού πάρκου) για τις πολύτιμες συμβουλές τους και φυσικά για την εμπιστοσύνη και την κατανόηση που μου έχουν δείξει.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου και ιδιαίτερα τους γονείς μου για την συμπαράστασή τους από την αρχή ως το τέλος των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	9
1.1. ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ.....	9
1.2. ΣΥΜΒΑΤΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	10
1.3. ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	11
1.4. ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	13
1.5. ΔΟΜΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	13

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	14
2.1. ΕΝΑΕΡΙΟ ΔΙΚΤΥΟ.....	15
2.2. ΥΠΟΓΕΙΟ ΔΙΚΤΥΟ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ.....	17
2.3. ΜΕΣΑ ΖΕΥΞΕΩΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ.....	17
2.4. ΥΠΕΡΤΑΣΗ.....	19
2.5. ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑ.....	20

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3. ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ.....	21
3.1. ΑΙΟΛΙΚΟ ΠΑΡΚΟ 'ΑΙΟΛΟΣ'.....	21
3.1.1. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ.....	25
3.1.2. SCADA.....	27
3.1.3. ΟΠΤΙΚΗ ΙΝΑ.....	28
3.2. ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥ ΑΞΟΝΑ.....	30
3.3. ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ.....	32
3.4. ΚΑΜΠΥΛΗ ΙΣΧΥΟΣ (Power Curve).....	32

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4. ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ 'ΑΙΟΛΟΣ' ΜΕ ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ.....	37
4.1. ΕΝΑΕΡΙΟ ΔΙΚΤΥΟ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ 'ΑΙΟΛΟΣ'.....	37
4.1.1. ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗΣ.....	39
4.2. ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	40
4.3. ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΕΝΑΕΡΙΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ.....	42

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

5. ΥΠΟΓΕΙΟ ΔΙΚΤΥΟ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ ΣΤΟ ΑΙΟΛΙΚΟ ΠΑΡΚΟ 'ΑΙΟΛΟΣ'.....	44
5.1. ΜΗΚΟΣ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ.....	44
5.2. ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ.....	56

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

6. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ.....	59
----------------------------------	----

6.1. ΒΑΣΙΚΟΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΙ ΟΡΙΣΜΟΙ.....	59
6.2. ΕΠΙΣΤΡΟΦΗ ΤΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ ΚΑΙ ΘΕΤΙΚΗ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΟ ΕΒΙΤΔΑ.....	61
6.3. ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗΣ ΤΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ.....	62
6.4. ΣΕΝΑΡΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗΣ ΤΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ.....	64
6.4.1. ΣΕΝΑΡΙΟ 1: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗΣ ΜΕ ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ.....	64
6.4.2. ΣΕΝΑΡΙΟ 2: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗΣ ΧΩΡΙΣ ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ....	65
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7	
7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	68
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	69

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο σύγχρονος τρόπος ζωής εξαρτάται άμεσα από την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Για το λόγο αυτό είναι απαραίτητο ένα ασφαλές και αξιόπιστο σύστημα μεταφοράς και διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας.

Στα πλαίσια της παρούσας πτυχιακής εργασίας μελετάται η βιωσιμότητα της επένδυσης που σχετίζεται με την υπογειοποίηση των εναέριων γραμμών μέσης τάσης σε αιολικό πάρκο της Νότιας Εύβοιας. Το συγκεκριμένο αιολικό πάρκο βρίσκεται πολύ κοντά στη θάλασσα, όπου επικρατούν άσχημες καιρικές συνθήκες όπως υψηλή υγρασία, άλατα, χιονόπτωση και δυνατός άνεμος, γεγονός που προκαλεί συχνά ζημιές και αποσυνδέσεις στις εναέριες γραμμές. Συνέπεια αυτής της κατάστασης είναι η μειωμένη παραγωγή και διαθεσιμότητα της ηλεκτρικής ενέργειας.

ABSTRACT

Modern life depends directly on electricity consumption. For this reason, it is essential to have a safe and reliable transmission and distribution of electricity. In the context of this thesis, is studied the viability of the investments related to the undergrounding of medium voltage overhead power lines in wind farms in South Evia. The wind farm is installed near the sea, and it is suffering from very bad weather conditions such as high humidity, salty environment, snowfall, high winds which often cause damages and disconnections. Consequence of this situation is the reduced production and availability of electricity.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η ηλεκτρική ενέργεια είναι η ενέργεια που μεταφέρει το ηλεκτρικό ρεύμα λόγω της ύπαρξης διαφοράς δυναμικού στα άκρα ενός αγωγού. Σύμφωνα με τα ιστορικά στοιχεία της ΔΕΗ Α.Ε., η πρώτη μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας κατασκευάστηκε στην Αθήνα το 1889 από την «Γενική Εταιρεία Εργοληψιών». Τον ίδιο χρόνο η «Βελγική Εταιρεία» αναλαμβάνει απ' τις τουρκικές αρχές το φωτισμό της Θεσσαλονίκης (η οποία ανήκει ακόμα στην Οθωμανική Αυτοκρατορία) με την κατασκευή εργοστασίου παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Δέκα χρόνια αργότερα κάνουν την εμφάνισή τους στην Ελλάδα οι πολυεθνικές εταιρίες ηλεκτρισμού. Μέχρι το 1929 ηλεκτροδοτήθηκαν 250 πόλεις με πληθυσμό άνω των 5.000 κατοίκων, ενώ το 1950 υπήρχαν στη Ελλάδα περίπου 400 εταιρίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που ως πρωτογενή καύσιμα χρησιμοποιούσαν το πετρέλαιο και το γαιάνθρακα, αμφότερα εισαγόμενα από το εξωτερικό.

Το 1950 ιδρύθηκε η ΔΕΗ και οι δραστηριότητες παραγωγής, μεταφοράς και διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας συγκεντρώθηκαν σε ένα δημόσιο φορέα. Η ΔΕΗ στράφηκε προς την αξιοποίηση των εγχώριων πηγών ενέργειας ενώ ξεκίνησε και η ενοποίηση των δικτύων μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας σε ένα εθνικό διασυνδεδεμένο σύστημα. Τα πλούσια λιγνιτικά κοιτάσματα του ελληνικού υπεδάφους που είχαν νωρίτερα εντοπισθεί, άρχισαν να εξορύσσονται και να χρησιμοποιούνται ως καύσιμη ύλη σε λιγνιτικές μονάδες ηλεκτροπαραγωγής που δημιουργούσε η ΔΕΗ.

Στις μέρες μας η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας έχει αυξηθεί σημαντικά, λόγω της βελτίωσης του βιοτικού επιπέδου της ανθρωπότητας. Η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται είτε από συμβατικές πηγές ενέργειας είτε από ανανεώσιμες. Οι συμβατικές πηγές ενέργειας (ή μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας) δεν είναι δυνατό να ανανεώσουν, σε εύλογο χρονικό διάστημα, την αποθηκευμένη τους ενέργεια καθώς η διαδικασία σχηματισμού τους διαρκεί εκατομμύρια χρόνια. Τέτοιες πηγές ενέργειας είναι τα στερεά καύσιμα των γαιανθράκων (λιγνίτης, ανθρακίτης, τύρφη) τα υγρά καύσιμα που παίρνουμε με κατεργασία (μαζούτ, πετρέλαιο, βενζίνη, κηροζίνη κλπ.), τα αέρια καύσιμα (το φυσικό αέριο, υγραέριο κλπ.) και η πυρηνική ενέργεια που παίρνουμε από τη σχάση ραδιενεργών υλικών.

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι ο ήλιος (ηλιακή ενέργεια), ο άνεμος (αιολική ενέργεια), οι υδατοπτώσεις (υδροηλεκτρική ενέργεια), η ενέργεια των κυμάτων, ρευμάτων, ωκεανών και η ενέργεια βιομάζας. Οι παραπάνω πηγές ενέργειας υπάρχουν σε αφθονία στο φυσικό περιβάλλον, δεν εξαντλούνται αλλά διαρκώς ανανεώνονται και δύνανται να μετατρέπονται σε ηλεκτρική

ενέργεια. Στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ανήκει και η γεωθερμική ενέργεια που προέρχεται από το εσωτερικό της γης και σχετίζεται με την ηφαιστειότητα και τις ειδικότερες γεωλογικές και γεωτεκτονικές συνθήκες της κάθε περιοχής. Το παγκόσμιο ενδιαφέρον προς την κατεύθυνση της μεγαλύτερης και ταυτόχρονα καλύτερης αξιοποίησης των ανανεώσεων πηγών ενέργειας οφείλεται στην προσπάθεια επίλυσης του ενεργειακού προβλήματος, αφού τα αποθέματα συμβατικών πηγών ενέργειας εξαντλούνται, με χαρακτηριστικό παράδειγμα την πετρελαϊκή κρίση κατά τη δεκαετία του 1970. Σημαντικό ρόλο έπαιξε και η συνειδητοποίηση των περιβαλλοντικών προβλημάτων που δημιουργούν οι συμβατικές πηγές ενέργειας, όπως για παράδειγμα η καύση ορυκτών καυσίμων που έχει σαν αποτέλεσμα την εκπομπή ρύπων όπως μονοξείδιο του άνθρακα (CO), οξείδια του θείου (SO_x) και του αζώτου (NO_x), άκαυστοι υδρογονάνθρακες (HC) και μέταλλα μεγάλης πυκνότητας. Απόρροια της αυξημένης εκπομπής ρύπων στην ατμόσφαιρα είναι η τρύπα του όζοντος και το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

1.2. ΣΥΜΒΑΤΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, συμβατικές πηγές ενέργειας είναι τα στερεά καύσιμα των γαιανθράκων, τα υγρά και τα αέρια καύσιμα καθώς και η πυρηνική ενέργεια.

Οι γαιάνθρακες έχουν σχηματιστεί από δάση, τα οποία καταπλακώθηκαν από πετρώματα και υπέστησαν ενανθράκωση από το αναερόβιο βακτήριο του άνθρακα. Ανάλογα με το χρόνο που το καταπλακωμένο ξύλο έμεινε στο φλοιό της γης σχηματίστηκαν οι διάφοροι τύποι γαιανθράκων, των οποίων η περιεκτικότητα σε άνθρακα ποικίλλει. Οι κυριότερες μορφές γαιανθράκων που χρησιμοποιούνται ως καύσιμο είναι: α) ο ανθρακίτης που περιέχει 92-96% καθαρό άνθρακα και είναι σκληρός, λείος με μαύρο χρώμα, β) ο λιθάνθρακας που περιέχει 80-92% καθαρό άνθρακα και είναι μαύρος ή σκούρος καφέ, σκληρός και γυαλιστερός και γ) ο λιγνίτης που περιέχει 50-65% καθαρό άνθρακα και έχει σκούρο καφέ χρώμα. Ο λιγνίτης χρησιμοποιείται ως καύσιμο σε εργοστάσια παραγωγής ενέργειας και αφήνει σημαντικό υπόλειμμα κατά την καύση του.

Η χρησιμοποίηση των υγρών καυσίμων είναι δείγμα της βιομηχανικής ανάπτυξης του 20ου αιώνα και ιστορικά τα υγρά καύσιμα παρουσιάστηκαν μετά απ' τα στερεά. Τα σπουδαιότερα από τα υγρά καύσιμα είναι το πετρέλαιο και τα προϊόντα του (βενζίνη, γκαζολίνη κ.ά.). Το πετρέλαιο είναι ορυκτό που αποτελεί κυρίως μείγμα υδρογονανθράκων και άλλων οργανικών ενώσεων φυσικής προέλευσης. Στην υγρή του μορφή είναι ελαιώδες και εύφλεκτο, έχει χαρακτηριστική οσμή, είναι αδιάλυτο στο νερό και ελαφρύτερο από αυτό. Επίσης, θεωρείται σημαντικό ορυκτό για την παγκόσμια οικονομία, καθώς αποτελεί την κύρια πρωτογενή πηγή ενέργειας και την πρώτη ύλη από την οποία παράγεται ένας τεράστιος αριθμός προϊόντων.

Ένα από τα κυριότερα αέρια καύσιμα είναι το φυσικό αέριο, που βγαίνει κυρίως πάνω από πετρελαιοπηγές και βρίσκεται στο πάνω μέρος των πετρελαιοφόρων κοιτασμάτων. Το φυσικό αέριο είναι ένα αέριο μίγμα υδρογονανθράκων και βασικό συστατικό του είναι το μεθάνιο. Είναι άχρωμο και άοσμο ενώ η χαρακτηριστική του οσμή δίνεται τεχνικά ώστε να γίνεται αντιληπτό σε τυχόν διαρροές. Η καύση του φυσικού αερίου, σε σχέση με αυτή άλλων καυσίμων όπως ο γαιάνθρακας, έχει λιγότερο επιβλαβείς συνέπειες για το περιβάλλον καθώς παράγει μικρότερες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα για κάθε μονάδα παραγόμενης ενέργειας.

Πυρηνική ενέργεια ή Ατομική ενέργεια ονομάζεται η ενέργεια που απελευθερώνεται όταν μετασχηματίζονται ατομικοί πυρήνες. Είναι δηλαδή η δυναμική ενέργεια που είναι εγκλεισμένη στους πυρήνες των ατόμων λόγω της αλληλεπίδρασης των σωματιδίων που τα συνιστούν. Η πυρηνική ενέργεια απελευθερώνεται κατά τη σχάση ή σύντηξη των πυρήνων και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να καλύψει ενεργειακές ανάγκες εφόσον οι πυρηνικές αντιδράσεις είναι ελεγχόμενες (όπως συμβαίνει στην καρδιά ενός πυρηνικού αντιδραστήρα). Αν και η χρήση πυρηνικής ενέργειας δεν αυξάνει το ποσό των αερίων που συντελούν στην ανάπτυξη του φαινομένου του θερμοκηπίου, οι σταθμοί πυρηνικής ενέργειας αποτελούν μεγάλο κίνδυνο καθώς η διαρροή ραδιενέργειας μετά από ατύχημα μπορεί να είναι καταστροφική. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι το ατύχημα που συνέβη στην πρώην Σοβιετική Ένωση, στο Τσερνομπίλ, το 1986 όπου σκοτώθηκαν εκατοντάδες άνθρωποι και χιλιάδες άλλοι εκτέθηκαν σε υπερβολικά μεγάλες ποσότητες επικίνδυνης ραδιενέργειας, όταν μετά από τρομερές εκρήξεις έσπασε ο αντιδραστήρας, προκλήθηκε φωτιά στο γραφίτη (επιβραδυντή) και έλιωσαν τα πυρηνικά καύσιμα.

1.3. ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έχουν μελετηθεί ως λύση στο πρόβλημα της αναμενόμενης εξάντλησης των μη ανανεώσιμων (συμβατικών) πηγών ενέργειας καθώς προέρχονται από διάφορες φυσικές διαδικασίες, όπως ο άνεμος, η γεωθερμία, η κυκλοφορία του νερού και άλλες.

Η αιολική ενέργεια είναι η ενέργεια του ανέμου που προέρχεται από τη μετακίνηση αερίων μαζών της ατμόσφαιρας και δημιουργείται έμμεσα από την ηλιακή ακτινοβολία. Οι άνεμοι δημιουργούνται από την ανομοιομορφη θέρμανση της επιφάνειας της γης η οποία προκαλεί τη μετακίνηση μεγάλων μαζών αέρα από τη μια περιοχή στην άλλη. Η αιολική ενέργεια δεν εξαντλείται, σε αντίθεση με το σύνολο των συμβατικών καυσίμων, και δεν επιβαρύνει τα οικοσυστήματα των περιοχών εγκατάστασης. Επίσης, κατά τη μετατροπή της σε ηλεκτρική δεν εκλύονται αέρια θερμοκηπίου ή άλλοι ρύποι, και οι επιπτώσεις στο περιβάλλον είναι μικρές σε σύγκριση με τα εργοστάσια ηλεκτροπαραγωγής από συμβατικά καύσιμα.

Ηλιακή ενέργεια χαρακτηρίζεται το σύνολο των διαφόρων μορφών ενέργειας που προέρχονται από τον ήλιο. Τέτοιες είναι το φως ή φωτεινή ενέργεια, η

θερμότητα ή θερμική ενέργεια καθώς και διάφορες ακτινοβολίες ή ενέργεια ακτινοβολίας. Η ηλιακή ενέργεια στο σύνολό της είναι πρακτικά ανεξάντλητη, αφού προέρχεται από τον ήλιο και χωρίζεται σε τρεις κατηγορίες εφαρμογών: τα παθητικά ηλιακά συστήματα, τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα, και τα φωτοβολταϊκά συστήματα. Τα παθητικά και τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα εκμεταλλεύονται τη θερμότητα που εκπέμπεται μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ τα φωτοβολταϊκά συστήματα στηρίζονται στη μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρικό ρεύμα μέσω του φωτοβολταϊκού φαινομένου.

Η υδροηλεκτρική ενέργεια (Υ/Ε) είναι η ενέργεια η οποία στηρίζεται στην εκμετάλλευση και τη μετατροπή της δυναμικής ενέργειας του νερού των λιμνών και της κινητικής ενέργειας του νερού των ποταμών σε ηλεκτρική ενέργεια. Η μετατροπή αυτή γίνεται σε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο, μέσω της πτερωτής του στροβίλου, έχουμε την μετατροπή της κινητικής ενέργειας του νερού σε μηχανική ενέργεια με την μορφή περιστροφής του άξονα της πτερωτής και στο δεύτερο στάδιο, μέσω της γεννήτριας, επιτυγχάνουμε τη μετατροπή της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική. Το σύνολο των έργων και εξοπλισμού μέσω των οποίων γίνεται η μετατροπή της υδραυλικής ενέργειας σε ηλεκτρική, ονομάζεται Υδροηλεκτρικό Έργο (ΥΗΕ). Η υδροηλεκτρική ενέργεια είναι μια εγχώρια και πρακτικά ανεξάντλητη πηγή ενέργειας η οποία δεν παράγει ατμοσφαιρικούς ρύπους και θόρυβο. Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί μπορούν να τεθούν σε λειτουργία όταν ζητηθεί επιπλέον ηλεκτρική ενέργεια και εκτός από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μπορούν να ικανοποιήσουν και άλλες ανάγκες όπως άρδευση, ύδρευση.

Βιομάζα αποκαλείται οποιοδήποτε υλικό παράγεται από ζωντανούς οργανισμούς (όπως είναι το ξύλο και άλλα προϊόντα του δάσους, υπολείμματα καλλιεργειών, κτηνοτροφικά απόβλητα, απόβλητα βιομηχανιών τροφίμων κ.λπ.) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για παραγωγή ενέργειας. Η ενέργεια της βιομάζας (βιοενέργεια ή πράσινη ενέργεια) είναι δευτερογενής ηλιακή ενέργεια, καθώς η ενέργεια που είναι δεσμευμένη στις φυτικές ουσίες προέρχεται από τον ήλιο. Με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, τα φυτά μετασχηματίζουν την ηλιακή ενέργεια σε βιομάζα. Οι ζωικοί οργανισμοί αυτή την ενέργεια την προσλαμβάνουν με την τροφή τους και αποθηκεύουν ένα μέρος της. Αυτή την ενέργεια αποδίδει τελικά η βιομάζα, μετά την επεξεργασία και τη χρήση της.

Γεωθερμική ενέργεια ονομάζεται η θερμική ενέργεια που προέρχεται από το εσωτερικό της γης. Η θερμότητα αυτή εξέρχεται στην επιφάνεια σε μορφή ατμού ή θερμού νερού μέσω ηφαιστειακών εκροών, ρηγμάτων του υπεδάφους, κυκλοφορίας των υπόγειων υδάτων καθώς και από φυσικούς υδάτινους ταμιευτήρες υψηλής θερμοκρασίας. Ανάλογα με τη θερμοκρασία των ρευστών που ανέρχονται στην επιφάνεια, η γεωθερμική ενέργεια χαρακτηρίζεται ως υψηλής ενθαλπίας (για θερμοκρασίες πάνω από 150 °C), μέσης ενθαλπίας (για θερμοκρασίες 100 - 150 °C), και χαμηλής ενθαλπίας (για θερμοκρασίες μικρότερες από 100 °C). Για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος χρησιμοποιείται η γεωθερμική ενέργεια υψηλής ενθαλπίας, όπου ζεστό νερό μεταφέρεται σε γεωτρήσεις από υπόγειες δεξαμενές και με την

απελευθέρωση της πίεσης μετατρέπεται σε ατμό. Ο ατμός διαχωρίζεται από τα ρευστά που διοχετεύονται σε περιφερειακά τμήματα της δεξαμενής για να βοηθήσουν να διατηρηθεί η πίεση. Η γεωθερμική ενέργεια μπορεί να παράγει ηλεκτρισμό με συνεχή διάρκεια 24 ώρες το 24ωρο χωρίς να εξαρτάται από φυσικές αιτίες που μπορεί να την παρεμποδίσουν. Επίσης, για την κατασκευή μιας γεωθερμικής μονάδας παραγωγής ηλεκτρισμού δεν χρειάζεται μεγάλη έκταση γης και οι τιμές του ηλεκτρικού ρεύματος είναι χαμηλές επειδή οι μονάδες γεωθερμίας έχουν χαμηλό κόστος λειτουργίας.

1.4. ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η αξιοποίηση του εγχώριου αιολικού δυναμικού για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας προσφέρει μια σημαντική εναλλακτική λύση για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών, καθώς η ανεμολογική κατάσταση της Ελλάδας ενισχύεται από τη διαμόρφωση του εδάφους.

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η ολοκληρωμένη μελέτη της βιωσιμότητας της επένδυσης που σχετίζεται με την υπογειοποίηση των εναέριων γραμμών μέσης τάσης σε αιολικό πάρκο της Εύβοιας.

Με βάση τα αποτελέσματα που προκύπτουν, αξιολογείται κατά πόσο η υπογειοποίηση του εναέριου δικτύου στο συγκεκριμένο αιολικό πάρκο θεωρείται οικονομικά βιώσιμη επένδυση ενώ παράλληλα μελετώνται κάποια εναλλακτικά σενάρια που αφορούν ορισμένα οικονομικά στοιχεία του έργου.

1.5. ΔΟΜΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η δομή της εργασίας είναι η ακόλουθη:

Στο κεφάλαιο 2 παρουσιάζονται τα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιούνται για την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας σε εξυπηρετούμενες περιοχές κατανάλωσης. Επίσης, αναλύονται τα μέσα και οι συσκευές από τα οποία αποτελούνται τα ηλεκτρικά δίκτυα και παρατίθενται οι ορισμοί της υπέρτασης και του βραχυκυκλώματος.

Στο κεφάλαιο 3 παρουσιάζονται κάποια στοιχεία που αφορούν την αιολική ενέργεια και τον τρόπο αξιοποίησής της. Παρουσιάζεται, επίσης, το αιολικό πάρκο "Αίολος", που βρίσκεται στην Εύβοια, καθώς και ο τρόπος επικοινωνίας και μεταφοράς δεδομένων από και προς τις ανεμογεννήτριες.

Στο κεφάλαιο 4 παρουσιάζεται ο τρόπος διασύνδεσης του αιολικού πάρκου με το δίκτυο. Επίσης, παρατίθενται οι απώλειες σε ηλεκτρική ενέργεια και € αλλά και το κόστος συντήρησης του εναέριου δικτύου για 10 χρόνια λειτουργίας του αιολικού πάρκου.

Στο κεφάλαιο 5 παρουσιάζεται ο τρόπος κατασκευής του υπόγειου δικτύου καθώς και τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν.

Στο κεφάλαιο 6 παρουσιάζεται η αξιολόγηση της επένδυσης και δίνονται βασικοί οικονομικοί ορισμοί.

Στο κεφάλαιο 7 παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν μετά την ολοκλήρωση της μελέτης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Για την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας σε εξυπηρετούμενες περιοχές κατανάλωσης χρησιμοποιούνται τα Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΣΗΕ), τα οποία μπορούν να διακριθούν στους σταθμούς παραγωγής και στα δίκτυα μεταφοράς και διανομής.

Οι σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι οι χώροι όπου γίνεται η παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος, είτε με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είτε με συμβατικές.

Για τη μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιούνται οι «γραμμές μεταφοράς». Οι γραμμές μεταφοράς ενέργειας μέσης τάσης μεταφέρουν ενέργεια από τους υποσταθμούς μεταφοράς στους υποσταθμούς διανομής και μπορεί να είναι τόσο εναέριες όσο και υπόγειες. Οι γραμμές αυτές χρησιμοποιούνται και για την πολλαπλή σύνδεση των σταθμών παραγωγής με τις καταναλώσεις. Η μεταφερόμενη ενέργεια χαρακτηρίζεται από την τάση και τη συχνότητα, ενώ η μεταφερόμενη ισχύς καθορίζει την ένταση που διαρρέει τη γραμμή.

Η διανομή ηλεκτρικής ενέργειας περιλαμβάνει τις γραμμές διανομής, που ξεκινούν από τους υποσταθμούς μεταφοράς και καταλήγουν στους υποσταθμούς διανομής και είναι γνωστές σαν γραμμές μέσης τάσης, τους υποσταθμούς διανομής, όπου μετασχηματίζεται η μέση τάση στη χαμηλή τάση, και τέλος τις γραμμές διανομής της χαμηλής τάσης, που ξεκινούν από τους υποσταθμούς διανομής και καταλήγουν στους μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας των καταναλωτών.

Οι γραμμές διανομής πρέπει να εξασφαλίζουν καλή και οικονομική λειτουργία και το βασικό χαρακτηριστικό που επηρεάζει αυτή τη λειτουργία είναι η πτώση τάσης στη γραμμή διανομής που οφείλεται στην αντίστασή της. Τα δίκτυα διανομής διακρίνονται, ανάλογα με την τάση, σε δίκτυα υψηλής τάσης (ΥΤ) (35-150 kV ή 400kV), δίκτυα μέσης τάσης (ΜΤ) (1-35 kV) και δίκτυα χαμηλής τάσης (ΧΤ) (110-1000V). Οι αναφερόμενες τάσεις είναι οι πολικές τριφασικού συστήματος, δηλαδή οι τάσεις μεταξύ φάσεων. Οι γραμμές διανομής μέσης τάσης έχουν μόνο τρεις αγωγούς και λειτουργούν με τάση πολική 20kV. Ανάλογα με την κατασκευαστική τους διαμόρφωση τα δίκτυα διανομής διακρίνονται σε εναέρια και υπόγεια.

Αξίζει να σημειωθεί ότι στην Ελλάδα υπάρχει το διασυνδεδεμένο ηπειρωτικό σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας, στο οποίο έχουν διασυνδεθεί, μέσω δικτύου μέσης ή και υψηλής τάσης, πολλά νησιά που βρίσκονται σε κοντινή απόσταση από τα παράλια της ηπειρωτικής χώρας (π.χ. Σποράδες, νησιά

Αργοσαρωνικού, Ιόνια Νησιά κ.α.), και το αυτόνομο (π.χ. Κρήτη) που τροφοδοτείται από τοπικούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Κατά τη μεταφορά και διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας συμβαίνουν αναπόφευκτα σφάλματα τα οποία εμποδίζουν την ομαλή λειτουργία του δικτύου. Τα σφάλματα μπορούν να χωριστούν σε αυτά που εκδηλώνονται τόσο λόγω ακραίων περιβαλλοντικών φαινομένων (κεραυνοπληξία, χιονοπτώσεις, ανεμοθύελλες, κτλ.) και άλλων απρόσμενων τυχαιών παραγόντων όσο και σε εκείνα που οφείλονται σε ηλεκτρικά και διηλεκτρικά φαινόμενα, όπως διαρροή, βραχυκύκλωμα, σπινθηρισμοί, τόξα, διάσπαση κτλ. Συνεπώς, με τον όρο «σφάλμα» εννοούμε μια μη κανονική λειτουργία σε μια διάταξη.

Ένα σφάλμα μπορεί να είναι παροδικό ή μόνιμο. Τα παροδικά σφάλματα διαρκούν ελάχιστο χρόνο και δημιουργούνται στα εναέρια δίκτυα όπου κατά την πτώση ενός κεραυνού, για παράδειγμα, μπορεί να προκληθεί η διάσπαση του αέρα ανάμεσα σε 2 φάσεις και η δημιουργία ηλεκτρικού τόξου. Τα παροδικά σφάλματα μπορούν να εξαλειφθούν πολλές φορές και μόνα τους χωρίς να διακοπεί καθόλου η τάση. Τα σφάλματα αυτά ονομάζονται τότε «αυτοαποσβενδόμενα».

Τα μόνιμα σφάλματα υφίστανται συνεχώς μέχρι να διακοπεί η τροφοδοσία στο κύκλωμα, που υπάρχει το σφάλμα, είτε αυτόματα από τα υπάρχοντα μέσα προστασίας, είτε από τον άνθρωπο.

Ένας από τους πιο σημαντικούς τρόπους αντιμετώπισης των παραπάνω φαινομένων είναι η συντήρηση του δικτύου, η οποία πρέπει να γίνεται σύμφωνα με τον Κανονισμό Εγκατάστασης και Συντήρησης Υπαιθρίων Γραμμών Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΚΕΣΥΓΗΕ) και τις σχετικές οδηγίες που αφορούν τη μεταφορά και διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας.

Σε κάθε περίπτωση, η ικανότητα που έχει ένα επιμέρους σύστημα να επανακτά ένα αποδεκτό σημείο λειτουργίας μετά από μια διαταραχή, έτσι ώστε το συνολικό σύστημα να παραμένει πρακτικά αμετάβλητο ονομάζεται ευστάθεια του συστήματος. Η διατήρηση ευσταθούς λειτουργίας στο ενδεχόμενο μιας διαταραχής εξαρτάται τόσο από τις αρχικές λειτουργικές συνθήκες όσο και από τη φύση της διαταραχής.

Στα ΣΗΕ διακρίνονται τρία είδη ευστάθειας:

- Ευστάθεια μόνιμης κατάστασης ή μικρών διαταραχών, που σχετίζεται με την ευστάθεια ενός σημείου ισορροπίας και αφορά στην απόκριση του συστήματος σε μικρές διαταραχές (π.χ. μικρές ή μεσαίες μεταβολές φορτίσεων του συστήματος).
- Μεταβατική ευστάθεια, που αναφέρεται στις μεγάλες και απότομες διαταραχές δυναμικής μορφής που είναι αποτέλεσμα ή συνεπάγονται μεταβολή των στοιχείων του συστήματος (π.χ. βραχυκυκλώματα, απόρριψη ή εισαγωγή μεγάλων φορτίων κλπ).
- Ευστάθεια τάσης, που αναφέρεται στην ικανότητα ενός συστήματος να διατηρήσει μετά από μία διαταραχή ικανοποιητικές τάσεις σε όλους τους ζυγούς.

2.1. ΕΝΑΕΡΙΟ ΔΙΚΤΥΟ

Το εναέριο δίκτυο είναι ένα από τα μέσα που χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά ενέργειας. Οι κατασκευές ανάρτησης γραμμών στα εναέρια δίκτυα μπορεί να είναι από ξύλο, μέταλλο ή τοιμέντο και οι χρησιμοποιούμενοι αγωγοί είναι από αλουμίνιο ή χαλκό ή κράματα αλουμινίου με ενίσχυση από ατσάλι.

Για τη μεταφορά μεγάλων ποσοτήτων ηλεκτρικής ισχύος σε αποστάσεις μεγαλύτερες από 1000m χρησιμοποιείται η μέση τάση, δηλαδή η τάση μεταξύ δύο φάσεων (πολική τάση). Στη μέση τάση δε χρησιμοποιείται η τάση μεταξύ φάσης και ουδέτερου (φασική τάση), επειδή δεν υπάρχει αγωγός ουδέτερου.

Οι τυποποιημένες ονομαστικές τάσεις λειτουργίας για τα δίκτυα μέσης τάσης (ΜΤ) είναι 20 kV, 15 kV και 6,6 kV.

Τα εναέρια δίκτυα ΜΤ ενδείκνυται να έχουν δενδροειδή μορφή, δηλαδή αποτελούνται από τον «κορμό» (ή την «κύρια γραμμή»), που κατασκευάζεται συνήθως με αγωγούς μεγάλης διατομής, και τις «διακλαδώσεις» πάνω στις οποίες συνδέονται κατά κανόνα οι Υ/Σ ΜΤ/ΧΤ. Οι διακλαδώσεις κατασκευάζονται με αγωγούς μικρότερης διατομής από ότι ο κορμός.

Γενικά, τα δίκτυα ΜΤ μπορεί να είναι ακτινικά ή βροχοειδή. Στα βροχοειδή δίκτυα οι γραμμές των 20kV, που αναχωρούν από τον κεντρικό υποσταθμό 150/20kV της ΔΕΗ, σχηματίζουν ένα κλειστό βρόγχο κατά μήκος του οποίου συνδέονται οι καταναλωτές. Ο βρόγχος καταλήγει ξανά στους ζυγούς των 20kV του υποσταθμού 150/20kV και προστατεύεται στις δύο άκρες του με τους διακόπτες ισχύος. Στα ακτινικά δίκτυα οι γραμμές των 20kV αναχωρούν από τον κεντρικό υποσταθμό 150/20kV της ΔΕΗ και απλώνονται σαν τις ακτίνες ενός κύκλου. Κατά μήκος κάθε γραμμής συνδέονται με ασφάλεια οι καταναλωτές μέσης τάσης μέσω των δικών τους ιδιωτικών υποσταθμών.

Τα εναέρια δίκτυα ΜΤ λειτουργούν συνήθως ακτινικά, δηλαδή όλες οι γραμμές από τις οποίες αποτελείται το δίκτυο τροφοδοτούνται από το ένα μόνο άκρο τους. Η τροφοδότηση του κορμού της γραμμής στο ένα άκρο της γίνεται από τους ζυγούς ΜΤ του Υ/Σ ΥΤ/ΜΤ μέσω ενός διακόπτη ισχύος, εξοπλισμένου με τις κατάλληλες προστασίες, ενώ στο άλλο άκρο ο κορμός μπορεί να διασυνδέεται, μετά από χειρισμό, με άλλη γραμμή του ίδιου ή και άλλου Υ/Σ ΥΤ/ΜΤ. Κατά μήκος του κορμού μπορεί να εγκαθίστανται αποζεύκτες, διακόπτες φορτίου ή και διακόπτες ισχύος. Οι δύο πρώτοι χρησιμεύουν στο να μπορεί ο κορμός να απομονώνεται κατά τμήματα, όταν είναι αναγκαίο, είτε για εκτέλεση εργασιών συντήρησης είτε για την αποκατάσταση μιας βλάβης, ενώ τα υπόλοιπα τμήματα μπορούν να ανατροφοδοτηθούν.

Στις ευρωπαϊκές χώρες, γενικά, οι γραμμές των εναέριων δικτύων διανομής ΜΤ, περιλαμβάνουν μόνο τους τρεις αγωγούς φάσεων, δηλαδή δεν ακολουθεί ο ουδέτερος.

Τα εναέρια δίκτυα έχουν μικρό κόστος κατασκευής, το οποίο φθάνει το 30% περίπου του κόστους ενός υπογείου δικτύου. Επίσης, ο χρόνος υλοποίησης τους είναι μικρότερος έναντι των υπογείων δικτύων ενώ η επιθεώρηση, ο εντοπισμός της θέσης σχετικά με την βλάβη και η συντήρηση γίνεται πιο

γρήγορα. Ωστόσο, οι απώλειες, οι οποίες οφείλονται στην μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας σε θερμότητα τόσο εξαιτίας της ηλέκτρισης του εξοπλισμού όσο και εξαιτίας των αποστάσεων στις οποίες μεταφέρεται η ενέργεια, έχει σαν αποτέλεσμα να απαιτείται η παραγωγή περισσότερης ηλεκτρικής ενέργειας από αυτή που τελικά απορροφάται.

2.2. ΥΠΟΓΕΙΟ ΔΙΚΤΥΟ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

Στα υπόγεια δίκτυα, τα καλώδια τοποθετούνται μέσα στη γη σε βάθος 0,6m – 1,2m και αποτελούνται από το αγωγίμο μέρος τους και από μονωτικά και προστατευτικά υλικά. Κάθε αγωγός αποτελείται από πλήθος συρματιδίων συγκεκριμένης διατομής και τοποθετούνται ελικοειδώς. Στο τέλος ο αγωγός περιβάλλεται από διάφορα υλικά τα οποία προσδίδουν τελικά στο καλώδιο προστασία ηλεκτρική αλλά και μηχανική.

Ο εντοπισμός της θέσης μιας βλάβης και η αποκατάστασή της σε ένα εναέριο δίκτυο είναι γενικά μια εύκολη διαδικασία. Αντίθετα, ο εντοπισμός της θέσης μιας βλάβης ενός υπογείου καλωδίου είναι μια πολύ πιο σύνθετη εργασία, που απαιτεί πολύ περισσότερο χρόνο και εξειδικευμένο εξοπλισμό και εργαλεία. Για αυτό το λόγο στα υπόγεια δίκτυα ΜΤ ακολουθείται συνήθως ο κανόνας του να υπάρχει η δυνατότητα, μετά από μια βλάβη, να επανατροφοδοτηθούν οι Υ/Σ ΜΤ/ΧΤ από άλλη οδό, μετά την εκτέλεση ορισμένων χειρισμών ή και αυτόματα, χωρίς να προηγείται κατ' ανάγκη η επισκευή της βλάβης.

Η απαίτηση αυτή ικανοποιείται από τα τρία βασικά σχήματα υπόγειων δικτύων ΜΤ, τα οποία είναι το βροχοειδές δίκτυο, το οποίο χαρακτηρίζεται από το ότι οι γραμμές αποτελούν τμήματα βρόχου, που αρχίζουν και τελειώνουν στον ίδιο Υ/Σ ΥΤ/ΜΤ, από το ατρακτοειδές δίκτυο και από το δίκτυο διπλής τροφοδότησης.

Τα υπόγεια δίκτυα είναι πιο ασφαλή από ότι τα εναέρια, αφού δεν επηρεάζονται από τις εξωτερικές συνθήκες του περιβάλλοντος και απαιτούν λιγότερη συντήρηση. Ωστόσο είναι πιο ακριβά στην κατασκευή τους.

Επίσης, στα υπόγεια δίκτυα μπορεί να παρατηρηθούν σφάλματα τα οποία οφείλονται σε κακές συνδέσεις (μούφες) κατά την κατασκευή τους, σε κακό τράβηγμα κατά την εγκατάσταση ή σε εκτελούμενες εργασίες (π.χ. εκσκαφές) στα σημεία που βρίσκονται τα υπόγεια καλώδια. Σφάλματα παρατηρούνται, επίσης, λόγω υπερτάσεων (π.χ. κεραυνοί) στα σημεία που συνδέονται τα ακροκιβώτια με εναέρια γραμμές. Για το λόγο αυτό είναι απαραίτητοι οι απαγωγείς τάσης (αλεξικέραυνα), οι οποίοι εκτονώνουν το κρουστικό κύμα προς τη γη πριν συναντήσει το υπόγειο καλώδιο.

2.3. ΜΕΣΑ ΖΕΥΞΕΩΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

Τα μέσα ζεύξεως χρησιμεύουν στα δίκτυα για την εκτέλεση των διαφόρων «χειρισμών», δηλαδή τη ζεύξη-απόζευξη τμημάτων του δικτύου. Οι κύριες κατηγορίες είναι οι αποζεύκτες (Α/Ζ), οι διακόπτες Φορτίου (Δ/Φ) και οι διακόπτες Ισχύος (Δ/Ι).

Αποζεύκτες ονομάζονται οι συσκευές που χρησιμοποιούνται για το άνοιγμα ή το κλείσιμο ενός κυκλώματος, είτε όταν το ρεύμα που διακόπτεται είναι αμελητέο είτε όταν δεν επέρχεται ουσιαστική μεταβολή στην τάση μεταξύ των πόλων όταν ανοίγει.

Διακόπτες Φορτίου ονομάζονται οι συσκευές που έχουν την ικανότητα να διακόπτουν ή να αποκαθιστούν εντάσεις υπό κανονικές συνθήκες λειτουργίας του κυκλώματος, καθώς και να αποκαθιστούν εντάσεις ρευμάτων βραχυκυκλώσεως.

Διακόπτες Ισχύος (βραχυκυκλώσεως) ονομάζονται οι συσκευές που έχουν την ικανότητα να διακόπτουν ή να αποκαθιστούν εντάσεις υπό κανονικές συνθήκες λειτουργίας του κυκλώματος, αλλά κυρίως υπό ορισμένες μη κανονικές συνθήκες όπως είναι τα βραχυκυκλώματα.

Τα μέσα προστασίας χρησιμεύουν για την αυτόματη απομόνωση τμημάτων του δικτύου σε περίπτωση σφάλματος ή στη πρόληψη βλάβης στοιχείων του δικτύου. Οι κύριες κατηγορίες είναι οι διακόπτες ισχύος, όταν δέχονται εντολές από τους ηλεκτρονόμους προστασίας (H/N), καθώς και οι ασφάλειες (ΑΣΦ).

Στα μέσα προστασίας χρησιμοποιούνται επίσης οι όροι «υπερφόρτιση» και «υπερένταση». Όταν το ρεύμα σε μια διάταξη είναι λίγο μεγαλύτερο από το ονομαστικό ρεύμα λειτουργίας και μπορεί να πάρει τιμή μέχρι και τη διπλάσια του ονομαστικού συμβαίνει υπερφόρτιση. Για ρεύματα μεγαλύτερα από το διπλάσιο ονομαστικό ρεύμα χρησιμοποιείται ο όρος «υπερένταση». Υπερένταση έχουμε όταν υπάρχει κάποιο βραχυκύκλωμα.

Τα μέσα προστασίας στην Μέση Τάση χωρίζονται σε ασφάλειες ΜΤ και διακόπτες ΜΤ. Οι ασφάλειες ΜΤ χρησιμοποιούνται για να προστατεύσουν ένα κύκλωμα ΜΤ όταν σε αυτό υπάρχει βραχυκύκλωμα αλλά και υπερφόρτιση που διαρκεί αρκετή ώρα.

Οι διακόπτες ΜΤ ανάλογα με τα ρεύματα που μπορούν να διακόψουν χωρίζονται στις παρακάτω κατηγορίες:

- Αποζεύκτες και γειωτές, οι οποίοι ανοίγουν και κλείνουν το κύκλωμα όταν αυτό διαρρέεται από ελάχιστο ρεύμα ή υπάρχει μηδενική τάση.
- Διακόπτες φορτίου (ΔΦ), οι οποίοι μπορούν να ανοίξουν και να κλείσουν τις επαφές τους όταν διαρρέονται από ονομαστικά ρεύματα, δηλαδή σε κανονική κατάσταση λειτουργίας, αλλά και από μηδενικά ρεύματα.
- Διακόπτες Ισχύος, που συνηθέστερα λέγονται αυτόματοι διακόπτες, οι οποίοι λειτουργούν σε μηδενικά και σε ονομαστικά ρεύματα αλλά και σε ρεύματα που εμφανίζονται σε βραχυκυκλώματα. Οι διακόπτες ισχύος κατηγοριοποιούνται ανάλογα με το μέσο που χρησιμοποιούν για την σβέση του ηλεκτρικού τόξου.
- Διακόπτης Απομόνωσης (ΔΑ), ο οποίος μπορεί να ανοίξει και να κλείσει όταν διαρρέεται από ονομαστικό ρεύμα αλλά δεν μπορεί να ανοίξει σε περίπτωση βραχυκυκλώματος. Επίσης συνεργάζεται με έναν Διακόπτη Ισχύος και έχει προδιαγραφές όπως ένας Διακόπτης φορτίου.

Οι διακόπτες είναι πολύ πιο ακριβοί από τις ασφάλειες αλλά έχουν το πλεονέκτημα ότι δεν χρειάζονται αλλαγή όπως μια ασφάλεια. Βέβαια και αυτοί έχουν μια διάρκεια ζωής που μετριέται σε κύκλους μηχανικής λειτουργίας και εξαρτάται από το είδος του διακόπτη.

2.4. ΥΠΕΡΤΑΣΗ

Οι υπερτάσεις στην ΜΤ μπορεί να προκληθούν είτε από λάθος χειρισμούς που μπορούν να συμβούν κατά το άνοιγμα ή κλείσιμο ενός διακόπτη ΜΤ είτε από τη πτώση κεραυνού σε κάποιο σημείο, πάνω στις εναέρια γραμμές μεταφοράς ή σε κάποιον υποσταθμό. Οι υπερτάσεις λόγω χειρισμών ονομάζονται εσωτερικές υπερτάσεις ενώ αυτές που οφείλονται σε εξωτερικά αίτια ονομάζονται εξωτερικές υπερτάσεις. Οι τελευταίες εμφανίζονται μόνο στα εναέρια δίκτυα και όχι στα υπόγεια, όπου υπάρχουν μόνο εσωτερικές υπερτάσεις. Οι εσωτερικές υπερτάσεις είναι σχετικά μικρές συγκριτικά με τις εξωτερικές, που μπορεί να πάρουν τιμές πολλών εκατοντάδων kV.

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται στην ΜΤ έχουν προδιαγραφές για να αντέχουν στις εσωτερικές υπερτάσεις αλλά όχι και στις εξωτερικές. Έτσι πρέπει να υπάρχει προστασία έναντι εξωτερικών υπερτάσεων κυρίως στις υπαίθριες εγκαταστάσεις ΜΤ. Στα υπόγεια δίκτυα δεν είναι απαραίτητη αυτή η προστασία καθώς δεν μπορεί να πέσει κεραυνός πάνω σε υπόγειο καλώδιο. Ακόμα όμως και να πέσει κεραυνός στην αναχώρηση ενός υπόγειου καλωδίου, η υπέρταση που δημιουργείται αποσβένεται σε ανεκτά επίπεδα αν το μήκος του καλωδίου είναι μεγαλύτερο από 500 m.

Για την προστασία των εγκαταστάσεων ΜΤ χρησιμοποιούνται οι απαγωγείς υπερτάσεων, τα γνωστά αλεξικέραυνα. Το αλεξικέραυνο τοποθετείται μεταξύ του αγωγού ΜΤ και της γης. Ένας απαγωγέας υπερτάσεων σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας προβάλλει μια πολύ μεγάλη αντίσταση που δεν επιτρέπει στο ρεύμα του αγωγού να περάσει από μέσα του και να κλείσει κύκλωμα με την γη.

Κατά την πτώση ενός κεραυνού η υπέρταση που δημιουργείται έχει ως αποτέλεσμα να μην προβάλλει ο απαγωγέας υπερτάσεων καμία αντίσταση. Έτσι όλο το ρεύμα του κεραυνού περνάει μέσα από το αλεξικέραυνο και οδεύει με ασφάλεια προς τη γη. Εδώ πρέπει να τονιστεί ότι η λειτουργία του αλεξικέραυνου δεν είναι η απομάκρυνση του κεραυνού αλλά η ασφαλή όδευση προς την γη έτσι ώστε να μειώσει την υπέρταση σε επίπεδα που να μην προκαλέσει ζημιές σε όργανα και μηχανήματα στις εγκαταστάσεις ΜΤ.

Πιο συγκεκριμένα ένα αλεξικέραυνο αποτελείται από ένα διάκενο αέρα σε σειρά με μη γραμμικές αντιστάσεις από ανθρακικό πυρίτιο. Κατά τη διάρκεια μιας υπέρτασης το διάκενο διασπάται και ο αγωγός ΜΤ βραχυκυκλώνεται με την γη μέσω των μη γραμμικών αντιστάσεων. Οι αντιστάσεις αυτές μειώνονται όσο αυξάνεται το ρεύμα και έτσι δεν αυξάνεται η τάση πάνω από τα όρια αντοχής. Αυτή η λειτουργία διαρκεί όσο και η διάρκεια του κεραυνού, συνήθως από 50 έως 100 μ s. Όταν ο κεραυνός σταματήσει και στα άκρα του απαγωγέα υπέρτασης εφαρμοστεί η ονομαστική τάση του δικτύου

δεν μπορεί πλέον να διασπαστεί το διάκενο και έτσι δεν ρέει ρεύμα προς τη γη.

2.5. ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑ

Το βραχυκύκλωμα είναι η επαφή μεταξύ σημείων διαφορετικού δυναμικού και συνοδεύεται από μεγάλη ροή ρεύματος και από μικρή ή μεγάλη έκρηξη. Τα φαινόμενα της έκρηξης είναι θόρυβος κεραυνού, ωστικό κύμα, εμπόδιση της όρασης (λόγω λάμψης, καπνών και αερίων) και σπινθήρες από τα μέρη των κυψελών.

Το αποτέλεσμα του βραχυκυκλώματος σε ένα ηλεκτρικό δίκτυο ονομάζεται ρεύμα βραχυκύκλωσης. Ο πιο κοινός τύπος βραχυκυκλώματος είναι το «νεκρό» βραχυκύκλωμα κρατά το οποίο η σύνθετη αντίσταση στο σημείο του σφάλματος είναι σχεδόν αμελητέα. Τα ρεύματα βραχυκύκλωσης είναι κατά κανόνα πολύ μεγαλύτερα από τα ρεύματα λειτουργίας.

Τα βραχυκυκλώματα μπορούν να είναι συμμετρικά ή ασύμμετρα. Συμμετρικά είναι τα τριφασικά βραχυκυκλώματα και συμβαίνουν όταν έρχονται σε επαφή μεταξύ τους οι τρεις φάσεις. Αυτά είναι και οι πιο σοβαρές περιπτώσεις βραχυκυκλωμάτων. Τα ασύμμετρα βραχυκυκλώματα είναι πιο συνηθισμένα από τα συμμετρικά αλλά όχι τόσο σοβαρά. Ασύμμετρα είναι τα μονοφασικά και διφασικά βραχυκυκλώματα. Το μονοφασικό συμβαίνει όταν έρχεται σε επαφή η μία φάση με τον ουδέτερο ή η μια φάση με τη γη. Το διφασικό βραχυκύκλωμα συμβαίνει όταν έρχονται σε επαφή μεταξύ τους οι δύο φάσεις.

Για την προστασία από τα βραχυκυκλώματα χρησιμοποιούνται ηλεκτρικά κυκλώματα ελέγχου και τηλεπικοινωνιών, τα οποία είναι εγκατεστημένα στους υποσταθμούς και τους σταθμούς παραγωγής, ή κατά μήκος των καλωδίων. Τα κύρια όργανα προστασίας είναι οι ηλεκτρονόμοι ή ρελαί, με τους οποίους αναγνωρίζεται η εμφάνιση βραχυκυκλώματος και δίνονται οι εντολές προς τους διακόπτες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3. ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η εκμετάλλευση της ενέργειας του ανέμου από τον άνθρωπο αποτελεί μία πρακτική που βρίσκει τις ρίζες της στην αρχαιότητα. Χαρακτηριστικά παραδείγματα εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας είναι τα ιστιοφόρα και οι ανεμόμυλοι. Η αιολική ενέργεια είναι η κινητική ενέργεια που παράγεται από τη δύναμη του ανέμου και μετατρέπεται σε μηχανική ή και ηλεκτρική ενέργεια.

Σήμερα, για την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας χρησιμοποιούνται οι ανεμογεννήτριες (Α/Γ), δηλαδή μηχανές οι οποίες μετατρέπουν την κινητική ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική ενέργεια. Η μετατροπή αυτή γίνεται σε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο, μέσω της περωτής, έχουμε την μετατροπή της κινητικής ενέργειας του ανέμου σε μηχανική ενέργεια με την μορφή περιστροφής του άξονα της περωτής και στο δεύτερο στάδιο, μέσω της γεννήτριας, επιτυγχάνουμε την μετατροπή της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική.

Για την παραγωγή ενέργειας από τον άνεμο υπάρχουν ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα, οι οποίες έχουν τον άξονά τους παράλληλο προς την κατεύθυνση του ανέμου, και ανεμογεννήτριες κατακόρυφου άξονα, οι οποίες προσαρμόζονται αυτόματα στη διεύθυνση του ανέμου. Επίσης, ανάλογα με τα περύγια που έχουν, οι ανεμογεννήτριες χωρίζονται σε μονόπτερες, δίπτερες και τρίπτερες. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι πιο διαδεδομένες είναι οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα με τρία περύγια, καθώς παράγουν μεγάλα ποσά ενέργειας χωρίς να απαιτείται υψηλή ταχύτητα ανέμου.

Η επιλογή της θέσης μιας Α/Γ εξαρτάται από σημαντικές παραμέτρους, οι οποίες πρέπει να ληφθούν υπόψη πριν την εγκατάσταση του αιολικού πάρκου. Μια από τις παραμέτρους που λαμβάνονται υπόψη είναι η ένταση του ανέμου, γι' αυτό και επιλέγονται περιοχές με υψηλό αιολικό δυναμικό. Για τη μέτρηση της διεύθυνσης και της ταχύτητας του ανέμου χρησιμοποιούνται οι ανεμοδείκτες και τα ανεμόμετρα αντίστοιχα.

Μια διάταξη ανεμογεννητριών ονομάζεται αιολικό πάρκο. Για τη λειτουργία του αιολικού πάρκου καθώς και για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανεμογεννήτριες χρειάζεται η έκδοση άδειας, η οποία χορηγείται από το Υπουργείο Ανάπτυξης μετά από αίτηση των ενδιαφερόμενων στη Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας. Επίσης, είναι απαραίτητη η ύπαρξη εναέριου ή υπόγειου δικτύου σύνδεσης με τη ΔΕΗ.

3.1. ΑΙΟΛΙΚΟ ΠΑΡΚΟ “ΑΙΟΛΟΣ”

Το αιολικό πάρκο ‘Αίολος’ βρίσκεται στη νότια Εύβοια και αποτελείται από 44 τρίπτερες ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 27,4MW. Οι 40 από αυτές τις μηχανές είναι BONUS 600kW MK IV (φωτογραφία 3.1) και για τη μετατροπή της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική έχουν τετραπολικές ασύγχρονες γεννήτριες εναλλασσόμενου ρεύματος. Η λειτουργία των παραπάνω ανεμογεννητριών ξεκίνησε το 2000 και η σύνδεσή τους με το δίκτυο γίνεται με εναέριες γραμμές μέσης τάσης.

Αποτελώντας επέκταση του αιολικού πάρκου των 40 μηχανών, το 2010 μπήκαν σε λειτουργία 4 ακόμα ανεμογεννήτριες τύπου Pitch ονομαστικής ισχύος 850kW η κάθε μία. Οι τελευταίες αποτελούνται από σύγχρονες γεννήτριες εναλλασσόμενου ρεύματος της εταιρίας GAMESA EOLICA (φωτογραφία 3.2) και συνδέθηκαν στο υπάρχον δίκτυο με υπόγεια καλώδια.

Με τον όρο εγκατεστημένη ισχύ εννοούμε το σύνολο της ονομαστικής ισχύος (kVA) του αιολικού πάρκου, δηλαδή την ισχύ που μπορεί να αποδίδουν συνεχώς οι ανεμογεννήτριες χωρίς προβλήματα υπερφόρτισης. Η ΔΕΗ πρέπει να γνωρίζει τη συνολική εγκατεστημένη ισχύ μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης.

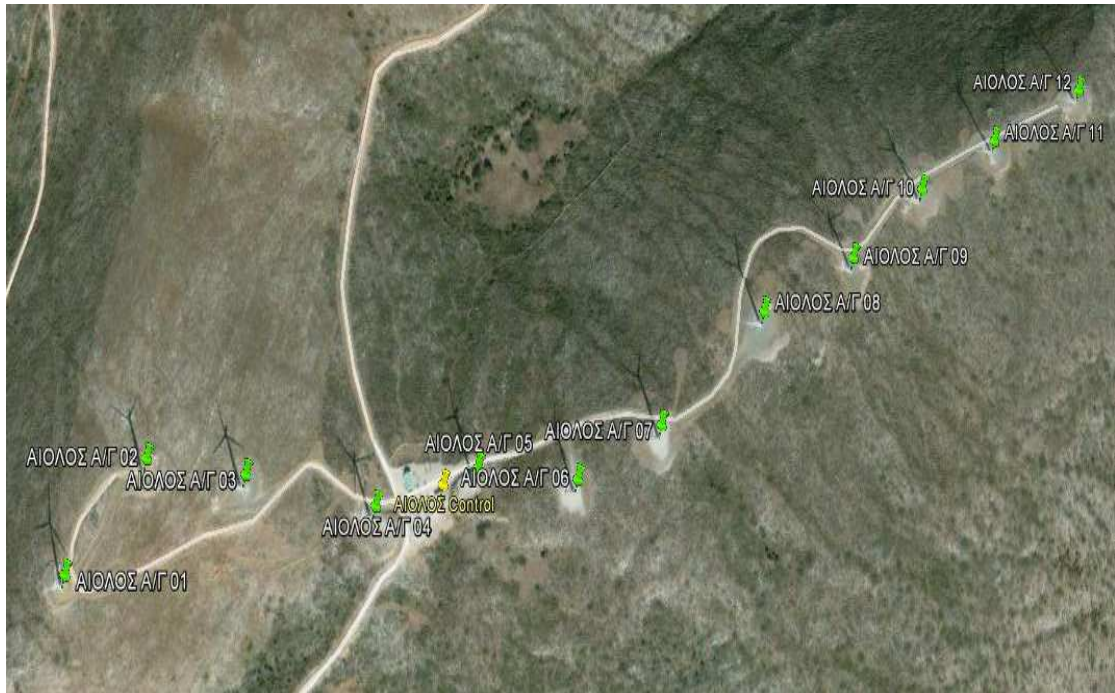


Φωτογραφία 3.1: Ανεμογεννήτρια BONUS MK IV 600kW

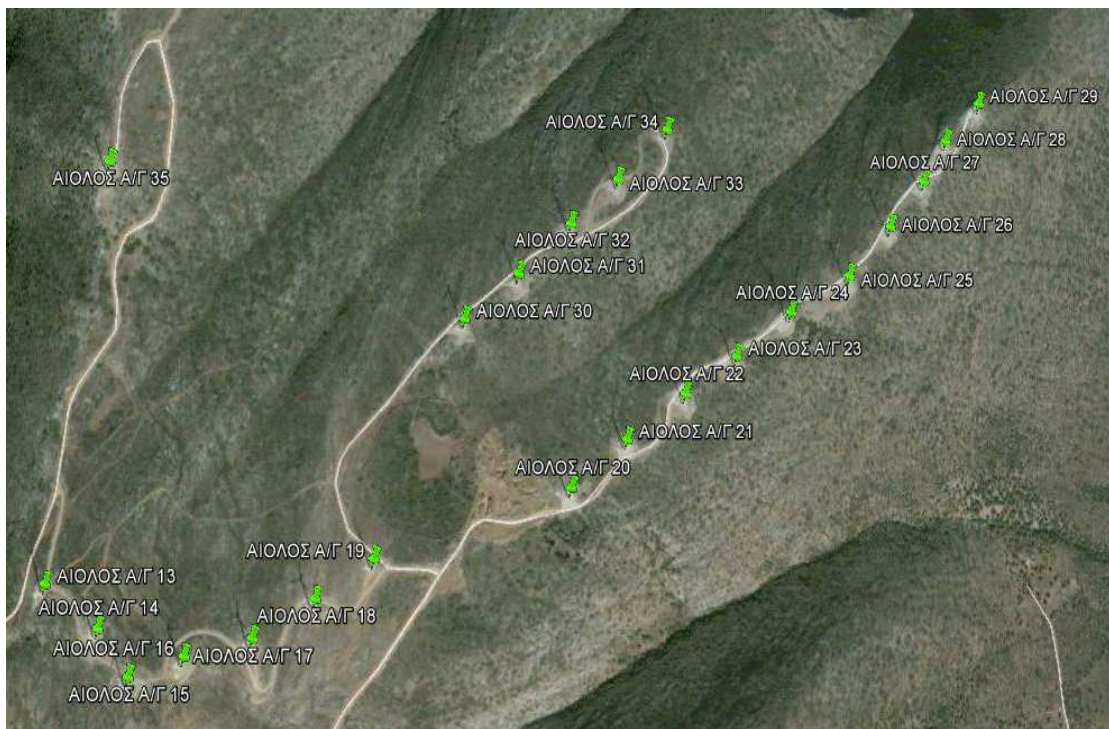


Φωτογραφία 3.2: Ανεμογεννήτρια GAMESA G52 850kW

Στις φωτογραφίες 3.3, 3.4 και 3.5 παρουσιάζεται το σύνολο των ανεμογεννητριών του αιολικού πάρκου



Φωτογραφία 3.3: Αιολικό πάρκο 'Αίολος'. Ανεμογεννήτριες 1-12



Φωτογραφία 3.4: Αιολικό πάρκο 'Αίολος'. Ανεμογεννήτριες 13-35



Φωτογραφία 3.5: Αιολικό πάρκο 'Αίολος'. Ανεμογεννήτριες 36-40 & Ext 1-4

3.1.1. Χαρακτηριστικά αιολικών μηχανών

Οι παράγοντες οι οποίοι χαρακτηρίζουν μια ανεμογεννήτρια είναι οι ακόλουθοι:

- Η διάμετρος D της πτερωτής της ανεμογεννήτριας, η οποία καθορίζει το εμβαδό το οποίο σαρώνει η πτερωτή και επομένως την ενεργό επιφάνεια δια μέσου της οποίας επιχειρούμε να αξιοποιήσουμε την αιολική ενέργεια.
- Το ύψος τοποθέτησης H για μηχανές οριζόντιου άξονα ή απλά το ύψος του δρομέα για μηχανές κατακόρυφου άξονα, το οποίο καθορίζεται με βάση τη διάμετρο D της πτερωτής και συνήθως ο λόγος H/D είναι ίσος με 1 ή 1,5.
- Το πλήθος z των πτερυγίων της πτερωτής, το οποίο συνδέεται και με τη στιβαρότητα της μηχανής.
- Το είδος των πτερυγίων της πτερωτής, που περιλαμβάνει αφενός τον τύπο των πτερυγίων, το πάχος, τη συστροφή τους και αφετέρου τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή τους.
- Η ονομαστική ταχύτητα περιστροφής n της πτερωτής, η οποία καθορίζεται από διάφορους παράγοντες, όπως η συχνότητα του ηλεκτρικού δικτύου σε περιπτώσεις διασυνδεδεμένων μηχανών και η αντοχή των πτερυγίων σε φυγόκεντρες τάσεις.
- Το βήμα της πτερωτής το οποίο αποτελεί γεωμετρικό της στοιχείο και συνήθως μεταβάλλεται από το πόδι έως το κεφάλι των πτερυγίων.
- Η ονομαστική ισχύς Pe της μηχανής, η οποία καθορίζει το μέγεθος μιας ανεμογεννήτριας και αποτελεί το μέτρο της στιγμιαίας ωφέλιμης

παραγόμενης ενέργειας από την αξιοποίηση της αιολικής ισχύος σε μια επιφάνεια εμβαδού A .

- Ο συντελεστής φορτίου ($\Sigma\Phi$), ο οποίος υπολογίζει την πραγματική αποδοτικότητα μιας ανεμογεννήτριας και αναφέρεται σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Ο ετήσιος Συντελεστής Φορτίου ορίζεται ως ο λόγος της ενέργειας που παράγει η ανεμογεννήτρια σε ένα χρόνο EWT_{year} (σε kWh) προς την ενέργεια που θα παρήγαγε θεωρητικά η ανεμογεννήτρια εάν λειτουργούσε στην ονομαστική της ισχύ P_e (σε kW) και για τις 8760 ώρες του έτους

Στους πίνακες 3.1 και 3.2 παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά των ανεμογεννητριών Bonus 600kW και Gamesa G52 850kW αντίστοιχα.

Πίνακας 3.1: Χαρακτηριστικά Α/Γ BONUS 600kW

ΜΟΝΤΕΛΟ	BONUS MK IV
ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ	600kW
ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ	15,5 m/s
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΕΝΑΡΞΗΣ	5 m/s
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΠΟΚΟΠΗΣ	25 m/s
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΠΤΕΡΩΤΗΣ	44 m
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΣΑΡΩΣΗΣ	1520 m ²
ΥΨΟΣ ΠΥΛΩΝΑ	35 m

Πίνακας 3.2: Χαρακτηριστικά Α/Γ GAMESA 850kW

ΜΟΝΤΕΛΟ	GAMESA_G52_850kW
ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ	850kW
ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ	16m/s
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΕΝΑΡΞΗΣ	4m/s
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΠΟΚΟΠΗΣ	25m/s
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΦΤΕΡΩΤΗΣ	52m
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΣΑΡΩΣΗΣ	2123,72m ²
ΥΨΟΣ ΠΥΛΩΝΑ	55m

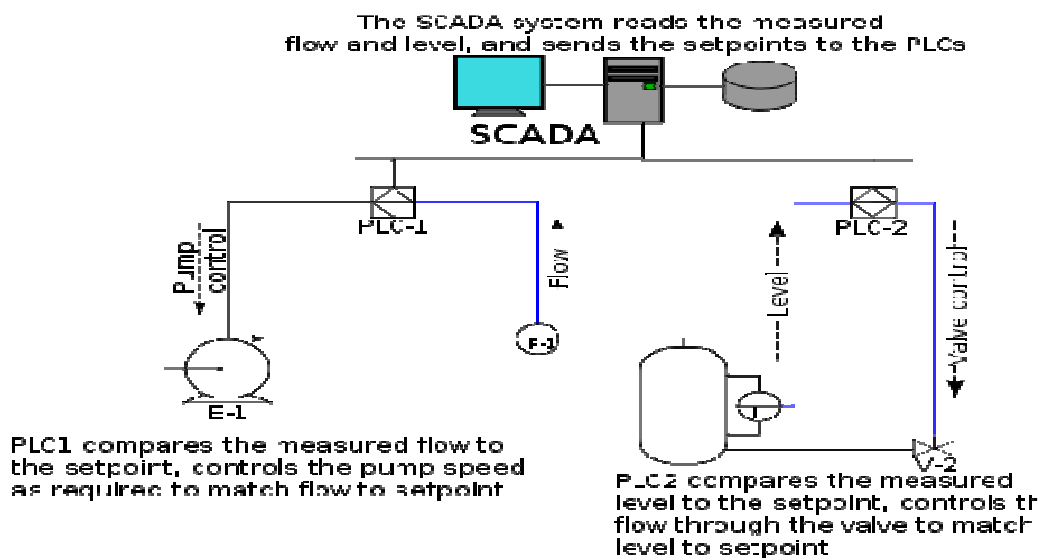
Η παρακολούθηση των ανεμογεννητριών στο αιολικό πάρκο 'Αίολος' γίνεται μέσω SCADA το οποίο έχει εγκατασταθεί σε ηλεκτρονικό υπολογιστή που βρίσκεται στο Κεντρικό Δωμάτιο Ελέγχου (Central Control Room). Στο σημείο

αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι το CCR είναι ο χώρος συγκέντρωσης όχι μόνο των πληροφοριών αλλά και του προσωπικού που είναι υπεύθυνο για την ομαλή λειτουργία των ανεμογεννητριών. Για την επικοινωνία καθώς και για τη μεταφορά δεδομένων και εντολών από τις ανεμογεννήτριες στο SCADA, και αντίστροφα, χρησιμοποιούνται οπτικές ίνες. Στο αιολικό πάρκο 'Αίολος', η οπτική ίνα που μεταφέρει τα δεδομένα είναι συνδεδεμένη εναέρια με τις ανεμογεννήτριες BONUS και υπόγεια με τις ανεμογεννήτριες GAMESA.

3.1.2. SCADA

Ο όρος SCADA (supervisory control and data acquisition) περιγράφει μια κατηγορία συστημάτων βιομηχανικού αυτόματου ελέγχου και τηλεμετρίας. Το χαρακτηριστικό των συστημάτων SCADA είναι ότι αποτελούνται από τοπικούς ελεγκτές, που ελέγχουν επί μέρους στοιχεία και μονάδες μιας εγκατάστασης, συνδεδεμένους σε ένα κεντρικό Master Station (Κόριο Σταθμό Εργασίας). Ο κεντρικός σταθμός εργασίας μπορεί κατόπιν να επικοινωνεί τα δεδομένα που συλλέγει από την εγκατάσταση σε ένα πλήθος από σταθμούς εργασίας σε τοπικό LAN ή και να μεταδίδει τα δεδομένα της εγκατάστασης σε μακρινά σημεία μέσω κάποιου συστήματος τηλεπικοινωνίας, π.χ. μέσω του ενσύρματου τηλεφωνικού δικτύου ή μέσω κάποιου ασύρματου δικτύου. Επίσης είναι δυνατό ο κάθε ένας τοπικός ελεγκτής να βρίσκεται σε απομακρυσμένη τοποθεσία και να μεταδίδει τα δεδομένα προς το master station μέσω απλού καλωδίου ή μέσω ασύρματου πομποδέκτη, πάντα με σύνολο από τοπικούς ελεγκτές συνδεδεμένους σε τοπολογία προς ένα master station.

Στο σχέδιο 3.1 παρουσιάζεται ο τρόπος λειτουργίας ενός συστήματος SCADA.



Σχέδιο 3.1: Scada System

3.1.3. Οπτική ίνα

Η οπτική ίνα είναι μια γυάλινη ή πλαστική ίνα που μεταφέρει το φως κατά μήκος της (Εικόνα 3.1). Χρησιμοποιείται ευρέως σε δίκτυα επικοινωνιών, και επιτρέπει την μετάδοση σε μεγαλύτερες αποστάσεις και με μεγαλύτερη ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων σε σχέση με άλλες μορφές επικοινωνίας όπως ο χαλκός. Οι οπτικές ίνες χρησιμοποιούνται αντί των μεταλλικών καλωδίων, διότι τα σήματα ταξιδεύουν μαζί τους με λιγότερη απώλεια και δεν επηρεάζονται από ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές. Το φως κατά την διέλευση του παραμένει στον πυρήνα της οπτικής λόγω του φαινομένου της ολικής ανάκλασης. Αυτό προκαλεί την ίνα να λειτουργήσει ως κυματοδηγός. Το φως που παράγουν οι φωτεινές πηγές βρίσκεται στην περιοχή του υπέρυθρου και δεν είναι ορατό από το ανθρώπινο μάτι. Στο δέκτη της οπτικής ίνας υπάρχει ένας ανιχνευτής φωτός. Ένας τέτοιος ανιχνευτής είναι ο φωτοδέκτης, ο οποίος παράγει ένα μικρό ρεύμα όταν φωτίζεται. Έτσι, μετατρέπει τα φωτεινά σήματα σε ηλεκτρικά, τα οποία περιέχουν την ωφέλιμη πληροφορία και περνούν στις επόμενες βαθμίδες ηλεκτρονικής επεξεργασίας.

Η ένωση οπτικών ινών είναι πιο πολύπλοκη από ότι η ένωση συρμάτων ή καλωδίων. Τα άκρα των ινών πρέπει να είναι σχισμένα με προσοχή, και στη συνέχεια, συγκολλημένα με μηχανική πίεση ή με σύντηξη χρησιμοποιώντας ηλεκτρικό τόξο. Στις συνδέσεις χρησιμοποιούνται ειδικοί ακροδέκτες.

Οι ίνες οι οποίες υποστηρίζουν πολλές συχνότητες διερχόμενου φωτός ονομάζονται πολύτροπες (MMF), ενώ εκείνες που μπορούν να μεταφέρουν φως μιας μόνο συχνότητας ονομάζονται μονότροπες (SMF). Οι πολύτροπες έχουν γενικά μεγαλύτερη διάμετρο πυρήνα, και χρησιμοποιούνται για τις θαλάσσιες συνδέσεις επικοινωνίας εξ απόστασεως και για εφαρμογές όπου υπάρχει ανάγκη μεταφοράς μεγάλου όγκου δεδομένων. Οι μονότροπες ίνες χρησιμοποιούνται όταν οι ανάγκες επικοινωνίας απαιτούν συνδέσεις σε απόσταση μεγαλύτερη από 550 μέτρα.

Οι οπτικές ίνες διαθέτουν πολύ μεγάλο εύρος ζώνης συχνοτήτων, με αποτέλεσμα να επιτυγχάνουν υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης, που, με πολυπλεξία, φθάνουν ακόμη και τα 128 Gbit/s. Λόγω της κατασκευής τους οι οπτικές ίνες είναι ανεπηρέαστες από ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία και κατά συνέπεια από εξωτερικά σήματα θορύβου. Για το λόγο αυτό βρίσκουν μεγάλη εφαρμογή σε περιβάλλοντα υψηλού ηλεκτρομαγνητικού θορύβου. Επίσης, είναι ιδιαίτερα ασφαλές μέσο μετάδοσης, καθώς είναι σχεδόν αδύνατη η εξωτερική επέμβαση για την υποκλοπή ή την παρεμβολή των μεταφερόμενων σημάτων.

Τα σήματα που μεταδίδονται σε οπτικές ίνες εξασθενούν ελάχιστα σε σχέση με άλλα ενσύρματα μέσα. Ένα φωτεινό σήμα μπορεί να διαδοθεί μέσω οπτικής ίνας, σε αποστάσεις μεγαλύτερες από 200 χιλιόμετρα, χωρίς τη βοήθεια αναμεταδοτών. Δεδομένου ότι τα οπτικά καλώδια μεταφέρουν οπτικά σήματα και όχι ηλεκτρικά δεν παρουσιάζουν κίνδυνο σπινθήρων γι' αυτό και προτιμώνται σε περιοχές υψηλού κινδύνου από σπινθήρες. Ταυτόχρονα δεν επηρεάζονται από την υγρασία, σε αντίθεση με τα χάλκινα καλώδια, που η έκθεση τους σε υγρασία, μπορεί να προκαλέσει βραχυκυκλώματα.

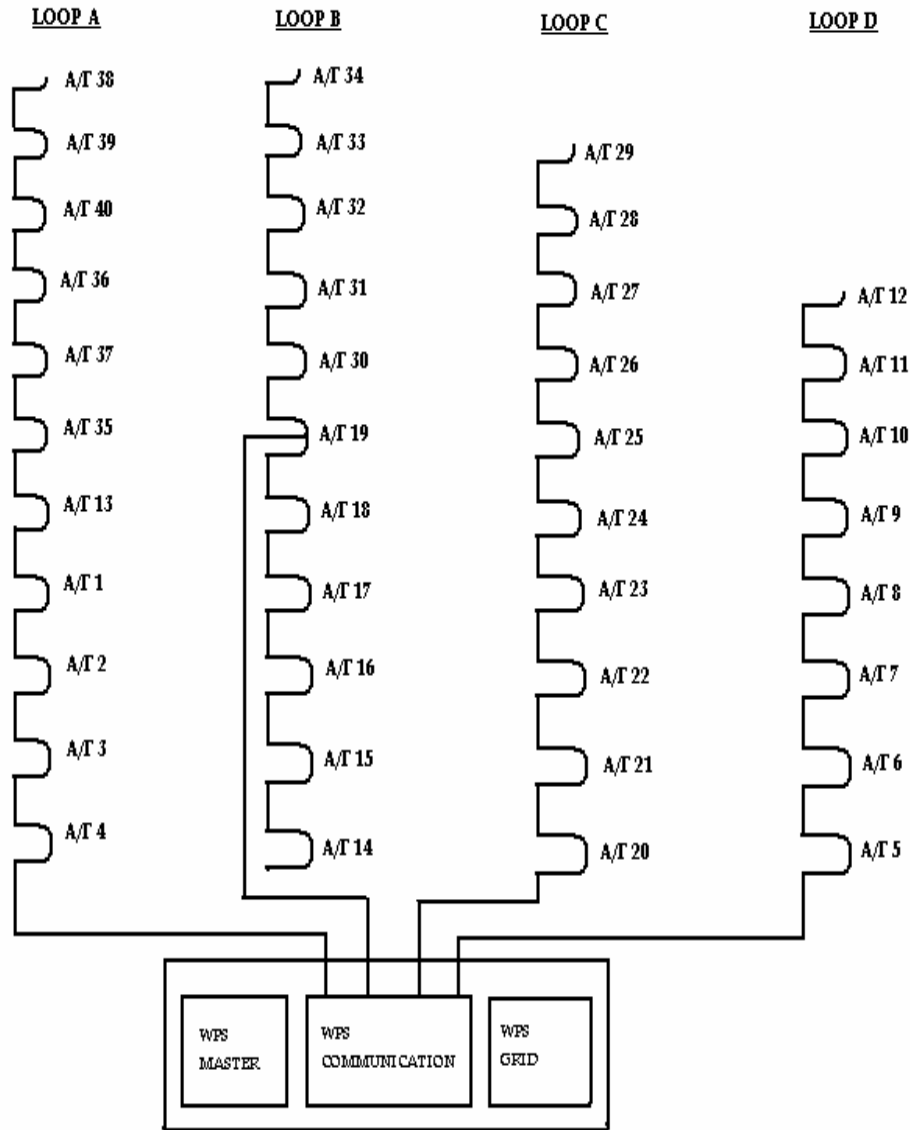
Ωστόσο, η σύνδεση των οπτικών ινών με άλλα εξαρτήματα είναι μια πολύπλοκη διαδικασία, ενώ ένα σημαντικό πρόβλημα είναι η ευθυγράμμιση

της ίνας με τη φωτεινή πηγή του πομπού, καθώς και μικρές ακόμη αποκλίσεις στην ευθυγράμμιση αυτή μπορούν να προξενήσουν μεγάλη απώλεια του φωτεινού σήματος.

Στην εικόνα 3.1 φαίνεται η μορφή μιας οπτικής ίνας και στο σχέδιο 3.2 παρουσιάζεται μονογραμμικά ο τρόπος σύνδεσης της οπτικής ίνας που υπάρχει στο εν λόγω αιολικό πάρκο.



Εικόνα 3.1: Οπτική ίνα



Σχέδιο 3.2: Μονογραμμική σχεδίαση οπτικής ίνας στο Α/Π Αίολος (στις 40 ανεμογεννήτριες)

3.2. ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥ ΑΞΟΝΑ

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, οι αιολικές μηχανές (ανεμογεννήτριες ή Α/Γ) μετατρέπουν την κινητική ενέργεια του αέρα σε μηχανική. Οι ανεμογεννήτριες τοποθετούνται σε έναν πύργο στήριξης για μεγιστοποίηση της παραγωγής τους, καθώς το ύψος του πύργου και η τοποθέτηση των πτερυγίων και του δρομέα σε αυτό το ύψος δίνει πρόσβαση σε μεγαλύτερες ταχύτητες ανέμου.

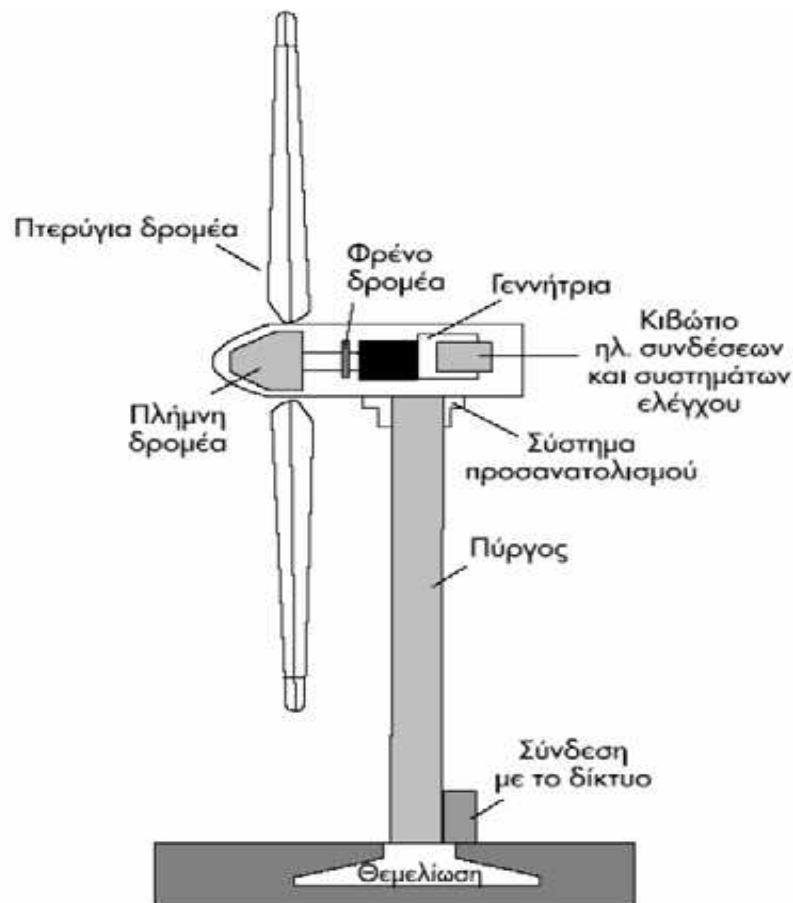
Ο πύργος στηρίζει όλη την ηλεκτρομηχανολογική εγκατάσταση και είναι σωληνωτός. Στη βάση του είναι τοποθετημένο το σύστημα ελέγχου, το οποίο

παρακολουθεί, συντονίζει και ελέγχει όλες τις λειτουργίες της ανεμογεννήτριας, φροντίζοντας για την απρόσκοπτη λειτουργία της.

Ο δρομέας αποτελείται από τρία πτερύγια από ενισχυμένο πολυεστέρα, τα οποία προσδένονται πάνω σε μια πύρμη. Η ταχύτητα περιστροφής του δρομέα παραμένει σταθερή κατά την κανονική λειτουργία της μηχανής και προσαρμόζεται από το σύστημα μετάδοσης της κίνησης, δηλαδή από τον κύριο άξονα (main shaft) και το κιβώτιο ταχυτήτων (gear box).

Πάνω στον πύργο της ανεμογεννήτριας βρίσκεται και η ηλεκτρική γεννήτρια (σύγχρονη ή επαγωγική), η οποία συνδέεται με την έξοδο του κιβωτίου ταχυτήτων μέσω συνδέσμου (cardan shaft) και μετατρέπει τη μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική. Τέλος, απαραίτητη είναι η ύπαρξη συστήματος πέδης (δισκόφρενο), το οποίο βρίσκεται ανάμεσα στο κιβώτιο ταχυτήτων και τον σύνδεσμο (cardan shaft).

Στην εικόνα 3.2 παρουσιάζονται τα βασικά τμήματα μιας ανεμογεννήτριας.



Εικόνα 3.2: Τα βασικά τμήματα μιας ανεμογεννήτριας

3.3. ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ

Οι βασικές κατηγορίες ηλεκτρικών μηχανών που μετατρέπουν την μηχανική ενέργεια σε εναλλασσόμενη ηλεκτρική είναι οι σύγχρονες γεννήτριες (εναλλακτήρες) και οι ασύγχρονοι κινητήρες (ή κινητήρες επαγωγής).

Η τάση που αναπτύσσεται στο εξωτερικό μιας σύγχρονης γεννήτριας εξαρτάται από την ταχύτητα περιστροφής του δρομέα της και από την μαγνητική ροή στο εσωτερικό της. Για να λειτουργήσει μια σύγχρονη γεννήτρια πρέπει η τροφοδοσία του τυλίγματος του δρομέα της να γίνει με συνεχές ρεύμα. Οι σύγχρονες γεννήτριες λειτουργούν παράλληλα, καθώς έτσι επιτυγχάνεται συνεχής και αξιόπιστη εξυπηρέτηση των καταναλωτών, χαμηλότερο κόστος λειτουργίας και αυξημένη ηλεκτρική ευστάθεια στο δίκτυο.

Η ασύγχρονη γεννήτρια είναι πολύ απλή στην κατασκευή της. Αποτελείται από ένα ακίνητο μέρος, το στάτη, και από ένα κινητό, το δρομέα. Στο εσωτερικό του στάτη υπάρχουν αυλακώσεις μέσα στις οποίες τοποθετείται ένα τύλιγμα. Το τύλιγμα αυτό παίρνει ρεύμα από το δίκτυο και δημιουργεί μαγνητικό πεδίο, το οποίο επαγωγικά δημιουργεί ρεύματα στο δρομέα. Όσο πιο γρήγορα περιστρέφεται ο στάτης τόσο περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια παράγεται. Οι ασύγχρονες γεννήτριες παράγουν ενεργό ισχύ αλλά απορροφούν άεργο ισχύ.

3.4. ΚΑΜΠΥΛΗ ΙΣΧΥΟΣ (Power Curve)

Η καμπύλη ισχύος καθορίζει την απόδοση της ανεμογεννήτριας συναρτήσει της ταχύτητας του ανέμου και είναι δεδομένη από τον κατασκευαστή. Είναι διαφορετική για κάθε ανεμογεννήτρια καθώς εξαρτάται από διάφορες ιδιότητές της, όπως η επιφάνεια σάρωσης της φτερωτής, η αεροδυναμική και οι αποδόσεις των κιβωτίων ταχυτήτων και της μηχανής.

Η ισχύς που μπορεί να δώσει η ανεμογεννήτρια σε μια συγκεκριμένη ταχύτητα ανέμου ονομάζεται ονομαστική ισχύς της ανεμογεννήτριας. Κάθε ανεμογεννήτρια έχει μια χαρακτηριστική καμπύλη ταχύτητας- ισχύος (power curve) που φανερώνει τη σχέση μεταξύ της παραγόμενης ενέργειας και της ταχύτητας του ανέμου για κάθε τύπο ανεμογεννήτριας.

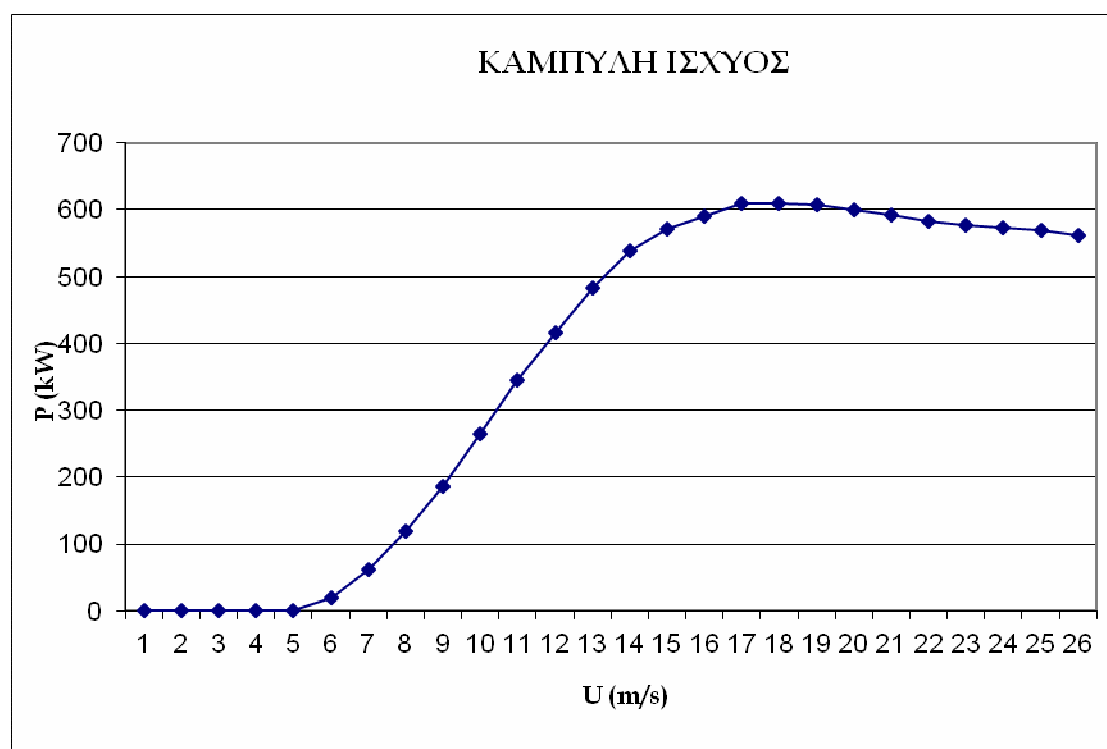
Αξιίζει να σημειωθεί ότι η παραγόμενη ισχύς της ανεμογεννήτριας είναι μηδενική, όταν η ταχύτητα του ανέμου είναι μικρότερη από την ταχύτητα έναρξης λειτουργίας V_{in} της ανεμογεννήτριας. Συνεπώς, για ταχύτητες ανέμου μικρότερες της V_{in} δεν είναι δυνατή η αξιοποίηση του διαθέσιμου αιολικού δυναμικού. Οι συνήθεις τιμές της ταχύτητας έναρξης λειτουργίας κυμαίνονται μεταξύ των 3m/s και 6m/s.

Όταν η ταχύτητα του ανέμου υπερβεί την ταχύτητα έναρξης λειτουργίας V_{in} και μέχρι την ταχύτητα ονομαστικής ισχύος V_R , η ισχύς της ανεμογεννήτριας αυξάνεται καθώς αυξάνεται η ταχύτητα του ανέμου. Οι συνήθεις τιμές της ταχύτητας ονομαστικής ισχύος κυμαίνονται μεταξύ 8m/s και 15m/s.

Από την ταχύτητα ονομαστικής λειτουργίας της ανεμογεννήτριας και μέχρι την ταχύτητα διακοπής λειτουργίας V_{out} , η παραγόμενη ισχύς είναι σταθερή και ίση με την ονομαστική ισχύ P_e της μηχανής, ανεξάρτητα από τη διαθέσιμη ισχύ του ανέμου.

Για ταχύτητες ανέμου μεγαλύτερες από την ταχύτητα διακοπής λειτουργίας η παραγόμενη ισχύς είναι μηδενική, δεδομένου ότι οι λόγοι ασφαλείας της εγκατάστασης επιβάλλουν τη διακοπή λειτουργίας της ανεμογεννήτριας.

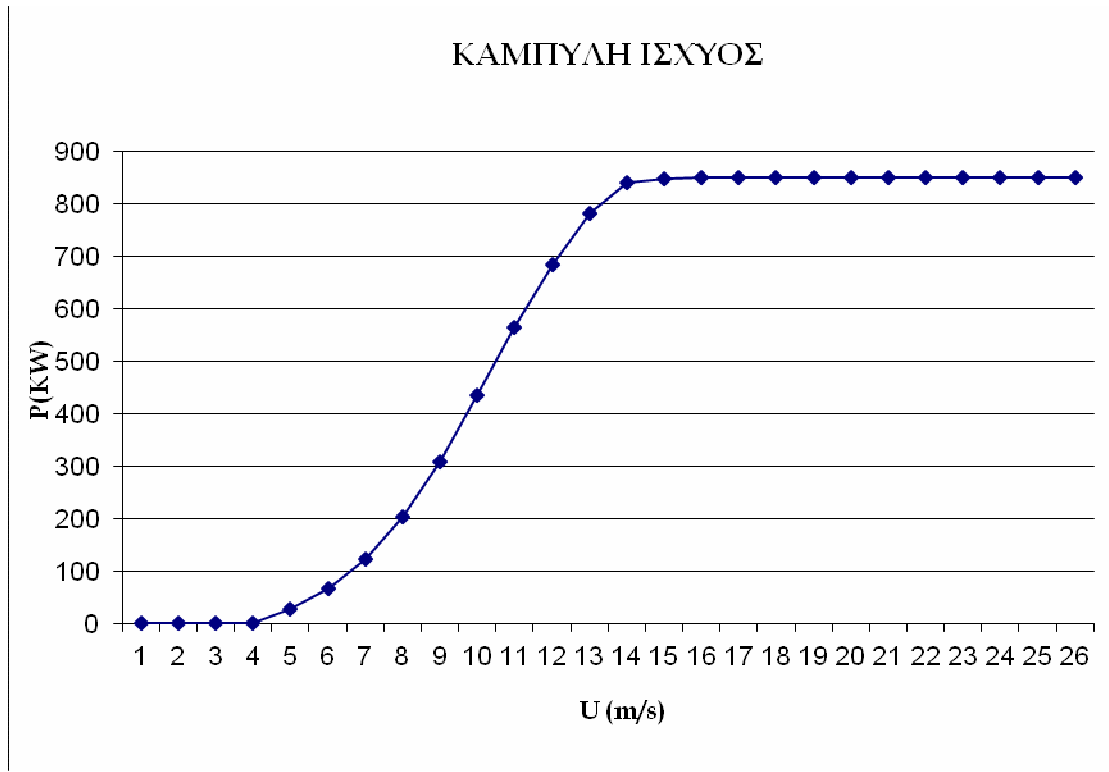
Στα διαγράμματα 3.1 και 3.2 παρουσιάζονται οι καμπύλες ισχύος των ανεμογεννητριών Bonus 600kW και Gamesa G52 850kW αντίστοιχα. Στους πίνακες 3.3 και 3.4 αναφέρονται οι τιμές των διαγραμμάτων.



Διάγραμμα 3.1: Καμπύλη ισχύος Α/Γ BONUS 600kW

Πίνακας 3.3: Καμπύλη ισχύος Α/Γ BONUS 600kW

Ταχύτητα Ανέμου (m/s)	Ισχύς (kW)
0	0
1	0
2	0
3	0
4	0
5	19,80
6	62,30
7	119,10
8	186,70
9	263,90
10	345,50
11	415,40
12	483,70
13	539,00
14	571,80
15	590,60
16	609,90
17	610,00
18	607,00
19	600,50
20	591,40
21	583,30
22	577,50
23	573,50
24	568,80
25	561,40



Διάγραμμα 3.2: Καμπύλη ισχύος Α/Γ GAMESA 850kW

Πίνακας 3.4: Καμπύλη ισχύος Α/Γ GAMESA 850kW

Ταχύτητα Ανέμου (m/s)	Ισχύς (kW)
0	0
1	0
2	0
3	0
4	27,90
5	65,20
6	123,10
7	203,00
8	307,00
9	435,30
10	564,50
11	684,60
12	779,90
13	840,60
14	848,00
15	849,00
16	850,00
17	850,00
18	850,00
19	850,00
20	850,00
21	850,00
22	850,00
23	850,00
24	850,00
25	850,00

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4. ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ ‘ΑΙΟΛΟΣ’ ΜΕ ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ

Η διασύνδεση του Α/Π με το δίκτυο διανομής της ΔΕΗ γίνεται διαμέσου εναέριων αγωγών. Το εναέριο δίκτυο είναι 20kV και χωρίζεται σε εσωτερικό και εξωτερικό δίκτυο.

«Εσωτερικό δίκτυο» ονομάζεται το δίκτυο που μεταφέρει την παραγόμενη ισχύ της κάθε ανεμογεννήτριας προς το «Central Control Room» (CCR) και τους πίνακες μέσης τάσης και το οποίο ανήκει στον παραγωγό. Το CCR συνδέεται με τον υποσταθμό της ΔΕΗ με το «εξωτερικό δίκτυο» το οποίο ανήκει στη ΔΕΗ ως μέρος του δικτύου διανομής της.

Η συντήρηση του εσωτερικού δικτύου γίνεται αποκλειστικά από τον παραγωγό και τα υλικά που χρησιμοποιούνται τόσο για την κατασκευή όσο και για την συντήρηση των δικτύων πληρούν τα πρότυπα και τις προδιαγραφές της ΔΕΗ. Η συντήρηση του εξωτερικού δικτύου γίνεται αποκλειστικά από τη ΔΕΗ.

Πρέπει να σημειωθεί ότι, παραγωγός αποκαλείται το φυσικό νομικό πρόσωπο στο οποίο επιτρέπεται, σύμφωνα με τις προβλέψεις του νόμου, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με σκοπό τη διοχέτευση του συνόλου της παραγόμενης ενέργειας στο δίκτυο.

4.1. ΕΝΑΕΡΙΟ ΔΙΚΤΥΟ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ ‘ΑΙΟΛΟΣ’

Στο εναέριο δίκτυο του εν λόγω Α/Π, οι αγωγοί είναι τοποθετημένοι πάνω σε μονωτήρες οι οποίοι βρίσκονται πάνω σε ξύλινους στύλους. Οι ξύλινοι στύλοι έχουν μικρό κόστος και μικρό βάρος, γεγονός που κάνει εύκολη τόσο τη μεταφορά όσο και την τοποθέτησή τους. Παρόλα αυτά όμως έχουν μικρή μηχανική αντοχή καθώς και μικρή διάρκεια ζωής, επειδή σαπίζουν κυρίως γύρω από την επιφάνεια επαφής τους με το έδαφος στο τμήμα θεμελίωσής τους.

Για την κατασκευή των ξύλινων στύλων χρησιμοποιούνται κορμοί κωνοφόρων δέντρων οι οποίοι υπόκεινται επεξεργασία. Η διάρκεια ζωής τους εξαρτάται από την ποιότητα της ξυλείας, την προέλευσή της, το έδαφος που θα τοποθετηθούν, καθώς και από την κατεργασία τους. Το μήκος τους ποικίλει και είναι max περίπου στα 13 m και πακτώνονται στο έδαφος κατά το 1/6 του μήκους αυτού.

Πάνω στον ξύλινο στύλο είναι τοποθετημένες ξύλινες ή μεταλλικές τραβέρσες διαφόρων τύπων και κατασκευών, οι οποίες χρησιμοποιούνται για την τοποθέτηση διαφόρων υλικών όπως μονωτήρων, ασφαλειοαποζευκτών, αλεξικέραυνων κλπ. Οι αγωγοί στηρίζονται πάνω στους μονωτήρες οι οποίοι εξασφαλίζουν τη διηλεκτρική αντοχή (μόνωση) μεταξύ δυο ή περισσότερων αγωγών και αγωγών προς γη ενώ οι μονωτήρες κατασκευάζονται από

πορσελάνη, γυαλί ή συνθετικά υλικά (PVC) και συνήθως είναι δυο ειδών: Μονωτήρας ανάρτησης (τέρματος) και μονωτήρας ευθυγραμμίας (κώδωνος). Στο τέλος κάθε εναέριας γραμμής, σε περιπτώσεις αλλαγών της κατεύθυνσης – πορείας ή και σε αρκετές περιπτώσεις κατά μήκος της εναέριας γραμμής & ενδιάμεσα τοποθετούνται επίτονοι ή αντηρίδες ως ενίσχυση στον τρόπο στήριξης των ξύλινων στύλων γιατί εκεί αναπτύσσονται μεγάλες δυνάμεις από τον αέρα και το βάρος των εναέριων αγωγών.

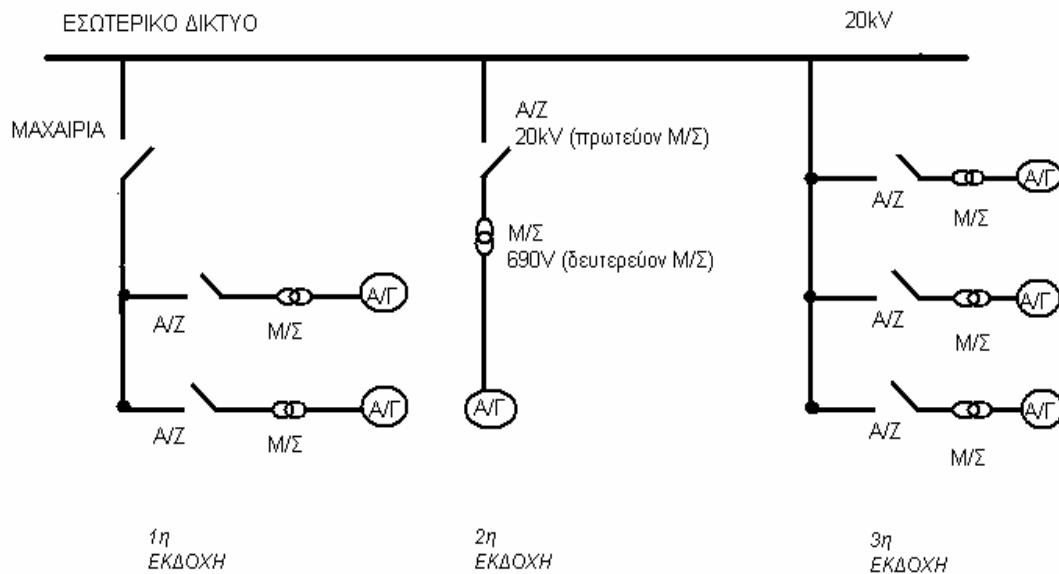
Οι επίτονοι είναι συρματόσχοινα από ατσάλι που χρησιμοποιούνται για την αγκύρωση της κολώνας με το έδαφος. Ο επίτονος που χρησιμοποιείται σε στύλους για εναέριες γραμμές μέσης τάσης πρέπει πάντα να έχει ενδιάμεσα μονωτήρα από πορσελάνη ή γυαλί (πιάτο) για αποφυγή διαρροής τάσης από τους αγωγούς προς την γη. Διαθέτει επίσης και προφυλακτήρα (προστατευτικό μεταλλικό κάλυμμα) προς τη μεριά πρόσδεσής του στο έδαφος ενώ δεν προβλέπεται η γείωσή του αφού πρόκειται για συρματόσχοινα που χρησιμοποιούνται μόνο για την ενίσχυση και ορθή στήριξη των στύλων. Η τοποθέτησή του γίνεται με τη βοήθεια των εντατήρων (συρματοπάλαγκα και πιάστρες) ώστε το συρματόσχοινο να τανυστεί σωστά.

Οι αντηρίδες είναι ξύλινοι στύλοι και τοποθετούνται με τέτοιο τρόπο, ώστε να στηρίζουν τους κύριους στύλους. Επίσης, πρέπει να σημειωθεί ότι πολλές φορές γίνεται χρήση των δίδυμων στύλων, δηλαδή 2 στύλων παράλληλα που συνδέονται με κοχλίες, όταν είναι αδύνατη η χρησιμοποίηση επιτόνου ή αντηρίδας.

Επίσης, ανάλογα με την κατασκευή, υπάρχουν ασφαλειοαποζεύκτες, αεροδιακόπτες και αλεξικέραυνα. Οι αεροδιακόπτες είναι αποζεύκτες τριπολικοί και χρησιμεύουν στο να απομονώνουν ένα μέρος του δικτύου ή ολόκληρο το δίκτυο από το κεντρικό δίκτυο, εσωτερικό ή εξωτερικό. Οι ασφαλειοαποζεύκτες είναι και αυτοί τριπολικοί, διαθέτουν τηκτά - ασφάλειες και λειτουργούν αφενός μεν σαν αποζεύκτες διακόπτοντας κυκλώματα μικρού σχετικά φορτίου και αφετέρου σαν ασφάλειες για την προστασία έναντι βραχυκυκλωμάτων. Τα αλεξικέραυνα χρησιμεύουν σαν απαγωγείς κρουστικών τάσεων από κεραυνούς.

Τέλος το μέγεθος της διατομής του καλωδίου μέσης τάσης καθορίζεται από την αντοχή του στο προσδοκώμενο σε εκείνο το σημείο ρεύμα βραχυκύκλωσης (I_{max}). Ο υπολογισμός των ρευμάτων βραχυκύκλωσης εξαρτάται από το είδος του βραχυκυκλώματος (μονοφασικό, διφασικό, τριφασικό, ή και ως προς γη). Κατά μήκος του εσωτερικού δικτύου υπάρχουν κόμβοι ή υποκλάδοι, οι οποίοι συνδέονται με μια ή περισσότερες ανεμογεννήτριες πάλι με εναέριο δίκτυο. Ο κάθε κόμβος προς τις ανεμογεννήτριες ασφαλιζεται με ασφαλειοαποζεύκτη (A/Z), ο οποίος απομονώνει το πρωτεύον κύκλωμα του μετασχηματιστή. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να γίνεται ηλεκτρική απομόνωση του μετασχηματιστή και αντίστοιχα της ανεμογεννήτριας όταν αυτό κριθεί απαραίτητο. Από τον κάθε κόμβο έως και την είσοδο του A/Z η σύνδεση γίνεται με εναέριους αγωγούς, ενώ από την έξοδο του A/Z έως και την A/Γ η σύνδεση γίνεται με καλώδια XLPE.

Στο σχέδιο 4.1 απεικονίζεται μονογραμμικά η μορφή του εσωτερικού εναέριου δικτύου.



Σχέδιο 4.1: Μονογραμμικό διάγραμμα εσωτερικού δικτύου στο Α/Π 'Αίολος'

4.1.1. Μετασχηματιστής

Για την ανύψωση και τον υποβιβασμό της τάσης στα συστήματα μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας είναι απαραίτητη η ύπαρξη μετασχηματιστών.

Ο μετασχηματιστής (Μ/Σ) που χρησιμοποιείται στο Α/Π 'Αίολος' είναι για τάσεις 20kV στο πρωτεύον τύλιγμα και για τάσεις 690V στο δευτερεύον. Επίσης, είναι ελαίου και για εξωτερική χρήση (φωτογραφία 4.1). Γενικότερα είναι μια συσκευή με σταθερά μέρη, η οποία μεταφέρει ηλεκτρική ενέργεια μεταξύ δυο κυκλωμάτων, διαμέσου επαγωγικά συζευγμένων ηλεκτρικών αγωγών. Έχει δύο πηνία για κάθε φάση, τα οποία είναι μεταξύ τους ηλεκτρικά ανεξάρτητα και μαγνητικά συζευγμένα.

Ένα μεταβαλλόμενο ηλεκτρικό ρεύμα στο πρωτεύον (δηλαδή στο τύλιγμα που τροφοδοτούμε) δημιουργεί ένα μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο. Αυτό το μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο επάγει μεταβαλλόμενη τάση στο δευτερεύον (δηλαδή στο κύκλωμα από το οποίο παίρνουμε την ηλεκτρική ενέργεια με μετασχηματισμένη τάση).

Έστω ότι στο πρωτεύον κύκλωμα η τάση είναι U_1 , η ένταση είναι I_1 και ο αριθμός των σπειρών είναι N_1 και ότι αντίστοιχα στο δευτερεύον κύκλωμα η τάση είναι U_2 , η ένταση είναι I_2 και ο αριθμός των σπειρών είναι N_2 τότε ο λόγος μετασχηματισμού 'k' ορίζεται ως εξής:

$$k = \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2}$$

Σε μετασχηματιστές μέσης και υψηλής τάσης ο πυρήνας με τα τυλίγματα τοποθετούνται μέσα σε δοχείο που γεμίζεται με λάδι το οποίο είναι ειδικό λάδι μετασχηματιστών και συνήθως είναι ορυκτέλαιο ή συνθετικό λάδι.



Φωτογραφία 4.1: Μετασχηματιστής ελαίου εξωτερικής χρήσης

4.2. ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Οι απώλειες ηλεκτρικής ενέργειας εξαρτώνται από τον τρόπο σύνδεσης του Α/Π με το δίκτυο της Δ.Ε.Η και από τα μήκη των καλωδίων σύνδεσης των ανεμογεννητριών. Τα εναέρια δίκτυα έχουν χαμηλό κόστος κατασκευής και η αποκατάσταση μιας βλάβης είναι σχετικά εύκολη διαδικασία.

Οι φθορές και οι βλάβες που εμφανίζονται στον ηλεκτρολογικό εξοπλισμό είναι πολλές φορές φυσιολογικές αλλά και αναπόφευκτες. Από τη στιγμή που θα εγκατασταθεί ο εξοπλισμός αρχίζει και μια διαδικασία φυσιολογικής φθοράς, η οποία χωρίς κάποιον έλεγχο μπορεί να προκαλέσει δυσλειτουργία ή κάποια ηλεκτρική βλάβη.

Η φθορά όμως μπορεί να επιταχυνθεί και από παράγοντες όπως οι άσχημες περιβαλλοντικές συνθήκες. Οι αγωγοί των εναέριων γραμμών, για παράδειγμα, κατά τη διάρκεια του χειμώνα μπορεί να έρθουν σε επαφή λόγω του δυνατού αέρα ή του σχηματισμού πάγου δημιουργώντας στιγμιαία ένα προσωρινό βραχυκύκλωμα μεταξύ των φάσεων ή μεταξύ φάσης και γης. Αντίστοιχα, το καλοκαίρι, η αστοχία στη μόνωση των ραγισμένων μονωτήρων σε συνδυασμό με τη σκόνη που επικάθεται στους μονωτήρες δημιουργεί υπερπηδήσεις που προκαλούν βραχυκυκλώματα μεταξύ φάσης και γης.

Η ελαχιστοποίηση των προβλημάτων, η πρόληψη των σφαλμάτων αλλά και η έγκαιρη αποκατάσταση των βλαβών στα εναέρια δίκτυα επιτυγχάνεται με σωστή συντήρηση του δικτύου και άμεση επέμβαση από εκπαιδευμένο προσωπικό. Η συντήρηση έχει σκοπό τη διατήρηση του εξοπλισμού σε μια επιθυμητή στάθμη αξιοπιστίας και λειτουργίας. Η αξιοπιστία καθορίζεται από την ικανότητα του συστήματος να μην καταρρεύσει μετά την εμφάνιση ξαφνικών διαταραχών που μπορεί να συμβούν.

Στον πίνακα 4.1 παρατίθενται οι απώλειες ηλεκτρικής ενέργειας σε kWh που οφείλονται σε προβλήματα του εσωτερικού δικτύου και σημειώθηκαν σε δέκα χρόνια λειτουργίας του Α/Π ‘Αίολος’.

Πίνακας 4.1: Απώλειες ηλεκτρικής ενέργειας

Έτος	kWh
2001	1.166.167,00
2002	624.955,00
2003	815.705,24
2004	651.162,62
2005	685.425,38
2006	664.876,25
2007	721.190,00
2008	115.102,69
2009	638.880,83
2010	678.196,95
Average (M.O.)	676.166,20
Total (Σύνολο)	6.761.661,96

Αντίστοιχα στον πίνακα 4.2 έχουν υπολογιστεί οι απώλειες σε € όταν η τιμή πώλησης του ρεύματος που παράγεται από τις Α/Γ είναι 0,08785 €/kWh.

Πίνακας 4.2: Απώλειες σε €

Έτος	€
2001	102.447,77
2002	54.902,30
2003	71.659,71
2004	57.204,64
2005	60.214,62
2006	58.409,38
2007	63.356,54
2008	10.111,77
2009	56.125,68
2010	59.579,60
Average (M.O.)	59.401,20
Total (Σύνολο)	594.012,00

4.3. ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΕΝΑΕΡΙΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ

Η συντήρηση του δικτύου πραγματοποιείται σύμφωνα με προδιαγραφμένες απαιτήσεις και προκειμένου να είναι αποδοτική, απαιτείται εκπαιδευμένο προσωπικό, τακτικές προγραμματισμένες επιθεωρήσεις και προληπτικές εργασίες.

Μία από τις μεθόδους συντήρησης που εφαρμόζεται στο εσωτερικό εναέριο δίκτυο του εν λόγω αιολικού πάρκου, είναι η προληπτική συντήρηση με βάση το χρόνο. Πραγματοποιούνται, δηλαδή, προγραμματισμένοι περιοδικοί έλεγχοι και όταν κριθεί απαραίτητο, γίνεται αντικατάσταση των υλικών που έχουν υποστεί φθορά. Κατά την διάρκεια των προγραμματισμένων δραστηριοτήτων συντήρησης πραγματοποιείται και πλύσιμο των μονωτήρων, προκειμένου να αποφευχθούν βραχυκυκλώματα που οφείλονται στη σκόνη που επικάθεται σε αυτούς εξαιτίας της ανομβρίας και των εποχιακών ανέμων.

Για τη διάγνωση της πραγματικής κατάστασης του εξοπλισμού, όσο αυτός βρίσκεται σε λειτουργία, γίνεται θερμογράφηση των γραμμών μεταφοράς. Με τον τρόπο αυτό εντοπίζονται προβλήματα κακών επαφών και υπερφορτώσεων των αγωγών τα οποία επισκευάζονται πριν την εμφάνιση σοβαρών βλαβών. Η σωστή συντήρηση μειώνει τα προβλήματα και πολλές φορές προλαμβάνει σοβαρές βλάβες στα εναέρια δίκτυα. Ωστόσο σε περιόδους που επικρατούν άσχημες περιβαλλοντικές συνθήκες, η εμφάνιση σφαλμάτων μπορεί να είναι αναπόφευκτη. Όταν συμβεί αυτό, εντοπίζεται το πρόβλημα και επιδιορθώνεται ή αντικαθίσταται το μέρος του δικτύου που αστόχησε.

Τόσο κατά τη διάρκεια της συντήρησης όσο και κατά τον εντοπισμό και την επιδιόρθωση μιας βλάβης, είναι απαραίτητη η ύπαρξη κατάλληλου εξοπλισμού, μηχανημάτων, εργαλείων και μέσων ατομικής προστασίας ενώ οι

εργαζόμενοι εκπαιδεύονται ώστε να επέμβουν άμεσα και με ασφάλεια όταν αυτό χρειαστεί. Επίσης, για την άμεση αποκατάσταση μιας βλάβης και τη μείωση του χρόνου επισκευής της, κρίνεται απαραίτητη η διατήρηση μεγάλων αποθεμάτων σε υλικά και ανταλλακτικά.

Σκοπός της ομαλής λειτουργίας του δικτύου είναι η μεγάλη διαθεσιμότητα της παραγωγικής εγκατάστασης. Για το λόγο αυτό, όταν παρουσιάζονται πολλές και σημαντικές βλάβες, μισθώνεται εξωτερικός εργολάβος και μαζί με το υπάρχον προσωπικό αποκαθιστούν τις βλάβες γρηγορότερα.

Στον πίνακα 4.3 αναφέρονται τα ποσά που δαπανήθηκαν σε εργασίες προληπτικής και διορθωτικής συντήρησης στο δίκτυο.

Πίνακας 4.3 : Κόστος προληπτικής και διορθωτικής συντήρησης

	€/έτος
Επιπλέον κόστος προσωπικού (βάρδιες, εκπαίδευση κλπ)	36.400,00
Κόστος εξοπλισμού και οχημάτων (αποσβέσεις, καύσιμα, συντήρηση)	8.304,76
Αμοιβές διοίκησης	3.000,00
Εργαλεία, Μέσα Ατομικής Προστασίας, Σεμινάρια	3.333,33
Μέτρα πρόληψης (θερμοκάμερα, πλύσιμο δικτύου)	5.333,33
Συντήρηση δρόμων	4.000,00
Αντικατάσταση μονωτήρων	16.666,67
ΣΥΝΟΛΟ	76.038,09

Τα χρήματα που δαπανήθηκαν για τη μίσθωση εξωτερικών εργολάβων είναι 5254,47 €/έτος ενώ για τα υλικά το πόσο υπολογίζεται σε 16001,13 €/έτος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

5. ΥΠΟΓΕΙΟ ΔΙΚΤΥΟ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ ΣΤΟ Α/Π 'ΑΙΟΛΟΣ'

5.1. ΜΗΚΟΣ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ

Το υπόγειο δίκτυο ΜΤ του αιολικού πάρκου 'Αίολος' θα κατασκευαστεί σύμφωνα με τα πρότυπα της ΔΕΗ και θα αποτελείται από:

- Καλώδιο XLPE (2 διατομών)
- Ακροκιβώτια, δηλαδή ακροδέκτες που θα προσαρμοστούν στα καλώδια μέσης τάσης (MV Termination)
- Μούφες (Joints for MV cables)
- Αλεξικέραυνα (Surge Arrester)
- Πίνακες Μέσης Τάσης (MV Cubicles) τοποθετημένους σε ειδικούς οικίσκους (MV ISOBOXES).

Ο ξύλινος στύλος, ο οποίος διαθέτει αυτήν την στιγμή ασφαλειοαποζεύκτη και συνδέεται με την κάθε Α/Γ, θα αντικατασταθεί από πίνακα μέσης τάσης ο οποίος θα αποτελείται από 3 πεδία:

1. πεδίο εισόδου (σύνδεση με Α/Γ)
2. αυτόματος διακόπτης προς Μ/Σ
3. πεδίο εξόδου (σύνδεση με την επόμενη Α/Γ και το δίκτυο)

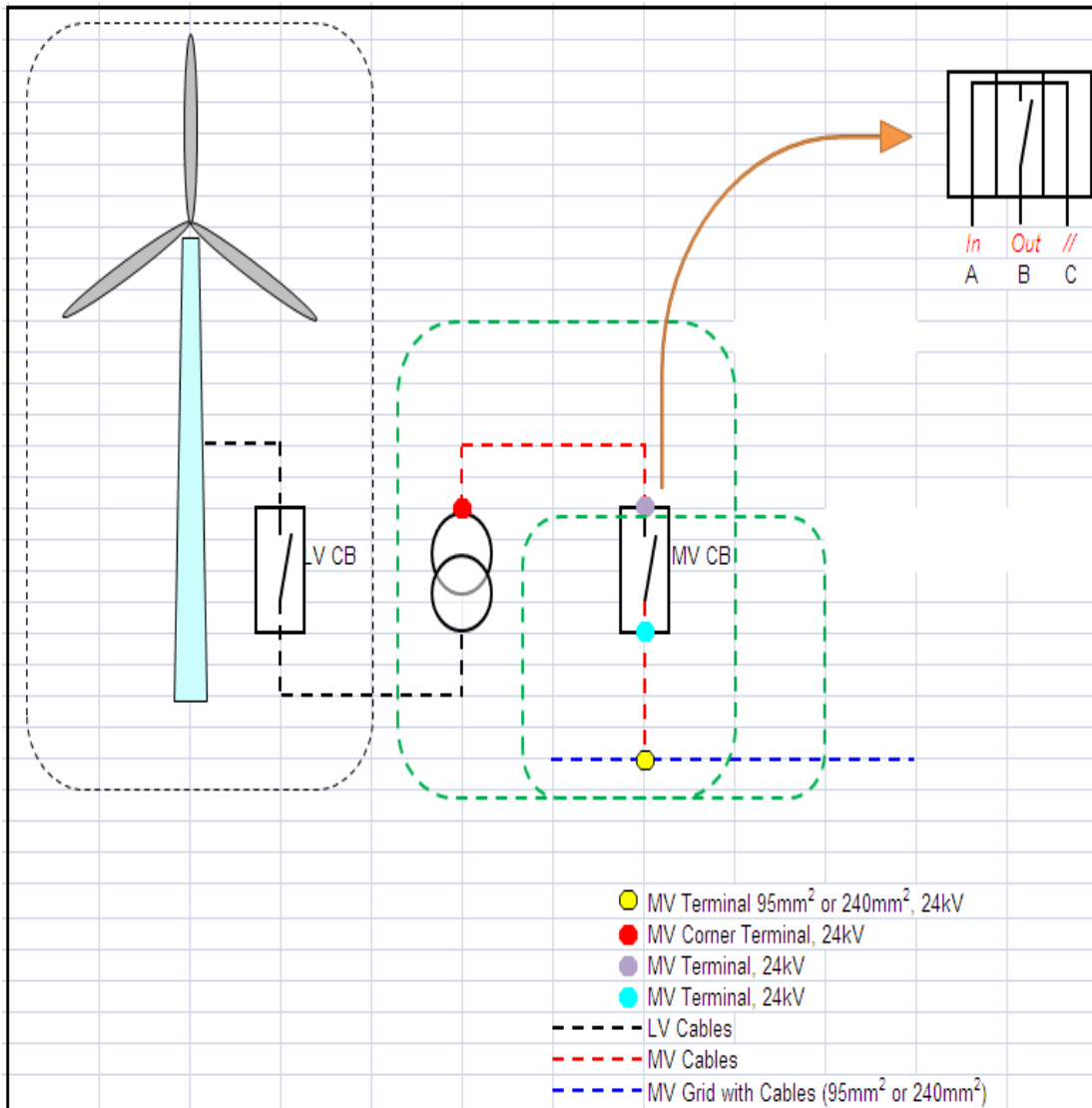
Στα τρία πεδία κάθε πίνακα θα υπάρχουν εννέα ακροκιβώτια (τρία στην είσοδο, τρία στον αυτόματο διακόπτη και τρία στην έξοδο) ενώ ο κάθε πίνακας θα βρίσκεται μέσα σε οικίσκο για λόγους προστασίας.

Οι διατομές καλωδίων που έχουν επιλεγεί για το υπόγειο δίκτυο του Α/Π 'Αίολος' είναι 95mm² (για το τμήμα του δικτύου με το χαμηλότερο φορτίο) και 240mm². Το καλώδιο με διατομή 95mm² θα χρησιμοποιηθεί σε κλάδους έως 10 ανεμογεννητριών και σε συνάρτηση με το μήκος, δηλαδή όχι μεγαλύτερο από 3km μήκος. Από τα 3km και μετά θα χρησιμοποιηθεί καλώδιο με διατομή 240mm².

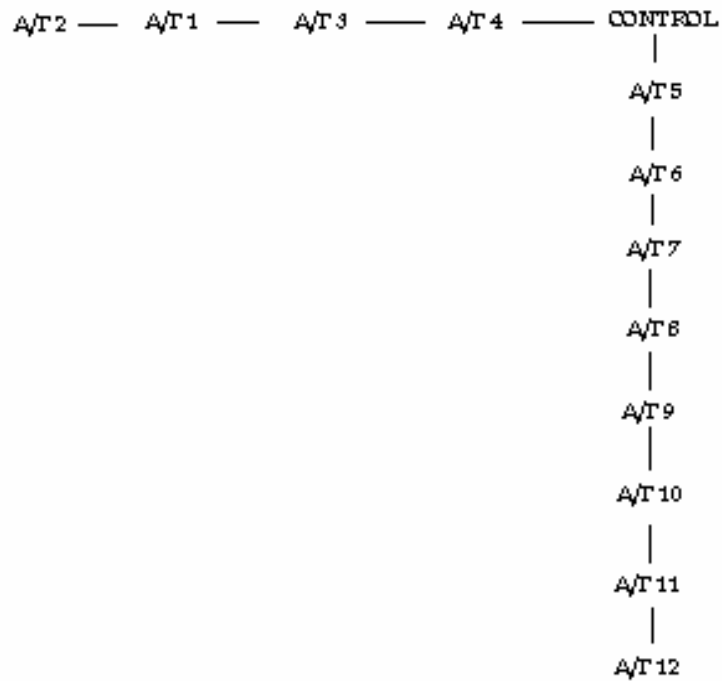
Πρέπει να σημειωθεί ότι για τον υπολογισμό των αποστάσεων χρησιμοποιήθηκε GPS. Επίσης, ο χαρακτηρισμός των ακροκιβωτίων έχει γίνει ως εξής:

- Ακροκιβώτια (Α): MV Terminations (TR side)
- Ακροκιβώτια (Β): MV Terminations (MV Cubicle side)
- Ακροκιβώτια (Γ): MV Grid side or MV Cub at Control)

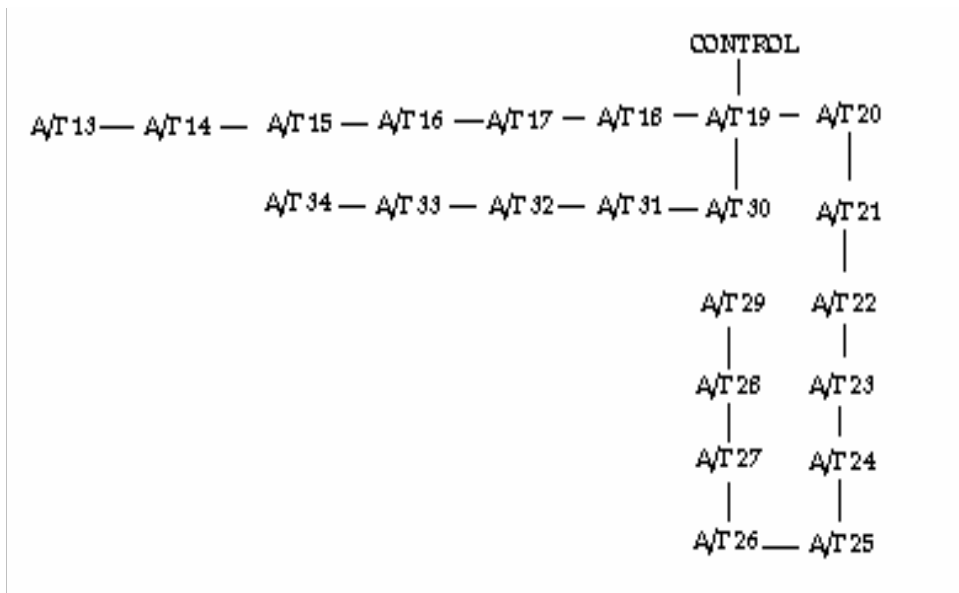
Στο διάγραμμα 5.1 φαίνεται η μονογραμμική σχεδίαση του τρόπου σύνδεσης της κάθε ανεμογεννήτριας με το δίκτυο μέσης τάσης και στα διαγράμματα 5.2, 5.3, 5.4 φαίνεται η γενική διάταξη του πάρκου με τα νοήμερα των ανεμογεννητριών.



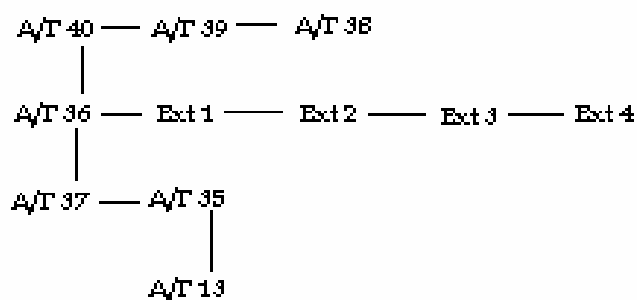
Διάγραμμα 5.1: Μονογραμμική σχεδίαση του τρόπου σύνδεσης της κάθε ανεμογεννήτριας με το δίκτυο μέσης τάσης.



Διάγραμμα 5.2: Γενική διάταξη πάρκου (Α/Γ 1-12)



Διάγραμμα 5.3: Γενική διάταξη πάρκου (Α/Γ 13-34)



Διάγραμμα 5.4: Γενική διάταξη πάρκου (A/Γ 35-40 & Ext 1-4)

Στους πίνακες 5.1, 5.4, 5.7 υπολογίζεται αναλυτικά το μήκος του υπόγειου δικτύου και στους πίνακες 5.2, 5.3, 5.5, 5.6, 5.8, 5.9 τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν. Στο σημείο αυτό πρέπει να σημειωθεί ότι το μήκος του καναλιού είναι 10m μικρότερο από την απόσταση μεταξύ των ανεμογεννητριών καθώς το κανάλι που θα δημιουργηθεί θα φτάνει έως το μετασχηματιστή που υπάρχει ήδη δίπλα σε κάθε ανεμογεννήτρια. Από το σημείο αυτό και μέχρι τον πύργο της ανεμογεννήτριας τα καλώδια είναι υπόγεια. Επίσης, σε ότι αφορά τον τύπο διανομής των καλωδίων, ο 3x1πολικός αγωγός έχει τριπλάσια ισχύ και χρησιμοποιείται σε μεγάλες αποστάσεις καθώς έτσι μειώνονται τα μαγνητικά πεδία που δημιουργούνται.

Πίνακας 5.1: Μήκος υπόγειου δικτύου (A/Γ 1-12)

A/Γ No.	Από A/Γ	Σε A/Γ	Απόσταση μεταξύ των A/Γ (m)	Μήκος καναλιού (m)
2	2	1	150	140
1	1	3	230	220
3	3	4	170	160
4	4	Control	80	70
5	5	Control	50	40
	5	6	120	110
6	6	7	130	120
7	7	8	170	160
8	8	9	130	120
9	9	10	120	110
10	10	11	110	100
11	11	12	140	130
12	12	0	0	0
			1.600	1.480
1x(3x95)			1.600	
1x(3x240)			0	

Υποσύνολο Νο.1

Τύπος διανομής (3πολικό ή 3x1πολικό)	Αγωγοί	Κανάλι
Σύνολο	1.600	1.480
Για 3πολικό αγωγό	1.600	1.480
Για 3x1πολικό αγωγό	4.800	-

Πίνακας 5.2: Υλικά υπόγειου δικτύου (Α/Γ 1-12)

Από Α/Γ	Σε Α/Γ	Μούφες	Ακροκιβώτια (Α)	Ακροκιβώτια (Β)	Ακροκιβώτια (Γ)
2	1	0	3	3	3
1	3	3	3	3	3
3	4	3	3	3	3
4	Control	3	3	3	3
5	Control	3	3	3	3
5	6	0	0	0	0
6	7	3	3	3	3
7	8	3	3	3	3
8	9	3	3	3	3
9	10	3	3	3	3
10	11	3	3	3	3
11	12	3	3	3	3
12	0	0	3	3	3
		30	36	36	36
	1x(3x95)	30			
	1x(3x240)	0			

Υποσύνολο Νο.1α

Τύπος διανομής (3πολικό ή 3x1πολικό)	Μούφες	Ακροκιβώτια (Α)	Ακροκιβώτια (Β)	Ακροκιβώτια (Γ)
Σύνολο	30	36	36	36
Για 3πολικό αγωγό	30	36	36	36
Για 3x1πολικό αγωγό	90	108	108	108

Πίνακας 5.3: Υλικά υπόγειου δικτύου (Α/Γ 1-12)
 Αλεξικέραυνα: Surge Arrester
 Πίνακες ΜΤ: MV Cubicles
 Οικίσκος ΜΤ: MV Isobox

Από Α/Γ	Σε Α/Γ	Αλεξικέραυνα	Πίνακες Μ.Τ.	Οικίσκος Μ.Τ.
2	1	3	1	1
1	3	3	1	1
3	4	3	1	1
4	Control	3	1	1
5	Control	3	1	1
5	6	0	0	0
6	7	3	1	1
7	8	3	1	1
8	9	3	1	1
9	10	3	1	1
10	11	3	1	1
11	12	3	1	1
12	0	3	1	1
		36	12	12

Υποσύνολο Νο.1β

Τύπος διανομής (3πολικό ή 3x1πολικό)	Αλεξικέραυνα	Πίνακες Μ.Τ.	Οικίσκος Μ.Τ.
Σύνολο	36	12	12
Για 3πολικό αγωγό	36	12	12
Για 3x1πολικό αγωγό	-	-	-

Πίνακας 5.4: Μήκος υπόγειου δικτύου (Α/Γ 13-34)

Α/Γ Νο.	Από Α/Γ	Σε Α/Γ	Απόσταση μεταξύ των Α/Γ (m)	Μήκος καναλιού (m)
13	13	14	140	130
14	14	15	90	80
15	15	16	110	100
16	16	17	160	150
17	17	18	240	230
18	18	19	150	140
19	19	20	420	410
	19	Control	1.200	1.190
20	20	21	150	140
21	21	22	140	130
22	22	23	130	120
23	23	24	140	130
24	24	25	150	140
25	25	26	130	120
26	26	27	110	100
27	27	28	90	80
28	28	29	110	100
29	30	19	480	470
30	30	31	140	130
31	31	32	150	140
32	32	33	120	110
33	33	34	140	130
34	34	0	0	0
			4.690	4.470
1x(3x95)			2.180	
1x(3x240)			2.510	

Υποσύνολο Νο.2

Τύπος διανομής (3πολικό ή 3x1πολικό)	Αγωγοί	Κανάλι
Σύνολο	4.690	4.470
Για 3πολικό αγωγό	4.690	4.470
Για 3x1πολικό αγωγό	14.070	

Πίνακας 5.5: Υλικά υπόγειου δικτύου (Α/Γ 13-34)

Α/Γ No.	Από Α/Γ	Μούφες	Ακροκιβώτια (Α)	Ακροκιβώτια (Β)	Ακροκιβώτια (Γ)
13	13	3	3	3	3
14	14	3	3	3	3
15	15	3	3	3	3
16	16	3	3	3	3
17	17	3	3	3	3
18	18	3	3	3	3
19	19	3	3	3	3
	19	0	0	0	3
20	20	3	3	3	3
21	21	3	3	3	3
22	22	3	3	3	3
23	23	3	3	3	3
24	24	3	3	3	3
25	25	3	3	3	3
26	26	3	3	3	3
27	27	3	3	3	3
28	28	3	3	3	3
29	30	3	3	3	3
30	30	3	3	3	3
31	31	3	3	3	3
32	32	3	3	3	3
33	33	3	3	3	3
34	34	0	3	3	3
		63	66	66	69
	1x(3x95)	42			
	1x(3x240)	21			

Υποσύνολο Νο.2α

Τύπος διανομής (3πολικό ή 3x1πολικό)	Μούφες	Ακροκιβώτια (Α)	Ακροκιβώτια (Β)	Ακροκιβώτια (Γ)
Σύνολο	63	66	66	69
Για 3πολικό αγωγό	63	66	66	69
Για 3x1πολικό αγωγό	189	198	198	207

Πίνακας 5.6: Υλικά υπόγειου δικτύου (Α/Γ 13-34)

Α/Γ No.	Από Α/Γ	Αλεξικέραυνα	Πίνακες Μ.Τ.	Οικίσκος Μ.Τ.
13	13	3	1	1
14	14	3	1	1
15	15	3	1	1
16	16	3	1	1
17	17	3	1	1
18	18	3	1	1
19	19	3	1	1
	19	0	0	0
20	20	3	1	1
21	21	3	1	1
22	22	3	1	1
23	23	3	1	1
24	24	3	1	1
25	25	3	1	1
26	26	3	1	1
27	27	3	1	1
28	28	3	1	1
29	30	3	1	1
30	30	3	1	1
31	31	3	1	1
32	32	3	1	1
33	33	3	1	1
34	34	3	1	1
		66	22	22

Υποσύνολο Νο.2β

Τύπος διανομής (3πολικό ή 3x1πολικό)	Αλεξικέραυνα	Πίνακες Μ.Τ.	Οικίσκος Μ.Τ.
Σύνολο	66	22	22
Για 3πολικό αγωγό	66	22	22
Για 3x1πολικό αγωγό	-	-	-

Πίνακας 5.7: Μήκος υπόγειου δικτύου (Α/Γ 35-40 & Ext 1-4)

<i>A/Γ No.</i>	<i>Από A/Γ</i>	<i>Σε A/Γ</i>	<i>Απόσταση μεταξύ των A/Γ (m)</i>	<i>Μήκος καναλιού (m)</i>
40	40	39	170	160
39	39	38	100	90
38	38	0	0	0
	40	36	900	890
37	36	37	120	110
35	35	37	680	670
	35	13	1.100	1.090
36	36	Ext1	120	110
<i>Ext1</i>	Ext1	Ext2	120	110
<i>Ext2</i>	Ext2	Ext3	150	140
<i>Ext3</i>	Ext3	Ext4	140	130
<i>Ext4</i>	Ext4	0	0	0
			3.600	3.500
1x(3x95)			2.500	
1x(3x240)			1.100	

Υποσύνολο Νο.3

Τύπος διανομής (3πολικό ή 3x1πολικό)	Αγωγοί	Κανάλι
Σύνολο	3.190	3.500
Για 3πολικό αγωγό	3.190	3.500
Για 3x1πολικό αγωγό	9.570	

Πίνακας 5.8: Υλικά υπόγειου δικτύου (Α/Γ 35-40)

Από Α/Γ	Σε Α/Γ	Μούφες	Ακροκιβώτια (Α)	Ακροκιβώτια (Β)	Ακροκιβώτια (Γ)
40	39	3	3	3	3
39	38	3	3	3	3
38	0	0	3	3	3
40	36	3	3	3	3
36	37	3	3	3	3
35	37	3	3	3	3
35	13	3	3	3	3
36	Ext1	3	3	3	3
Ext1	Ext2	3	3	3	3
Ext2	Ext3	3	3	3	3
Ext3	Ext4	3	3	3	3
Ext4	0	0	3	3	3
		30	36	36	36
1x(3x95)		27			
1x(3x240)		3			

Υποσύνολο Νο.3α

Τύπος διανομής (3πολικό ή 3x1πολικό)	Μούφες	Ακροκιβώτια (Α)	Ακροκιβώτια (Β)	Ακροκιβώτια (Γ)
Σύνολο	30	36	36	36
Για 3πολικό αγωγό	30	36	36	36
Για 3x1πολικό αγωγό	90	108	108	108

Πίνακας 5.9: Υλικά υπόγειου δικτύου (Α/Γ 35-40)

Από Α/Γ	Σε Α/Γ	Αλεξικέραυνα	Πίνακες Μ.Τ.	Οικίσκος Μ.Τ.
40	39	3	1	1
39	38	3	1	1
38	0	3	1	1
40	36	0	0	0
36	37	3	1	1
35	37	3	1	1
35	13	0	0	0
36	Ext1	3	1	1
Ext1	Ext2	3	1	1
Ext2	Ext3	3	1	1
Ext3	Ext4	3	1	1
Ext4	0	3	1	1
		30	10	10

Υποσύνολο Νο.3β

Τύπος διανομής (3πολικό ή 3x1πολικό)	Αλεξικέραυνα	Πίνακες Μ.Τ.	Οικίσκος Μ.Τ.
Σύνολο	30	10	10
Για 3πολικό αγωγό	30	10	10
Για 3x1πολικό αγωγό	-	-	-

Στον πίνακες 5.10, 5.11, 5.12 που ακολουθούν παρατίθεται συνολικά το μήκος του υπόγειου δικτύου καθώς και οι συνολικές ποσότητες των υλικών, όπως προκύπτουν από τους πίνακες που προηγήθηκαν. Οι παρακάτω αποστάσεις έχουν υπολογιστεί χωρίς το 'Αίολος Ext' καθώς η σύνδεση του γίνεται ήδη με υπόγεια καλώδια.

Πίνακας 5.10: Συνολικό μήκος υπόγειου δικτύου

Τύπος διανομής (3πολικό ή 3x1πολικό)	Αγωγοί	Κανάλι
Σύνολο	9.480	9.450
Για 3πολικό αγωγό	9.480	9.450
Για 3x1πολικό αγωγό	28.440	
1x(3x95)	6.280	29.670
1x(3x240)	3.610	

Πίνακας 5.11: Σύνολο υλικών υπόγειου δικτύου (μέρος Α)

Τύπος διανομής (3πολικό ή 3x1πολικό)	Μούφες	Ακροκιβώτια (Α)	Ακροκιβώτια (Β)	Ακροκιβώτια (Γ)
Σύνολο	123	138	138	141
Για 3πολικό αγωγό	123	138	138	141
Για 3x1πολικό αγωγό	369	414	414	423
1x(3x95)	99			
1x(3x240)	24			

Πίνακας 5.12: Σύνολο υλικών υπόγειου δικτύου (μέρος Β)

Τύπος διανομής (3πολικό ή 3x1πολικό)	Αλεξικέραυνα	Πίνακες Μ.Τ.	Οικίσκος Μ.Τ.
Σύνολο	132	44	44
Για 3πολικό αγωγό	132	44	44
Για 3x1πολικό αγωγό	-	-	-

5.2. ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ

Προκειμένου να υπολογιστεί το κόστος των υλικών σε πραγματικές τιμές αγοράς, έχουν ληφθεί υπόψη πραγματικές πρόσφατες περιπτώσεις αγοράς υλικών από το αιολικό πάρκο καθώς και προσφορές από προμηθευτές.

Για να υπολογιστούν τα αναμενόμενα κόστη ακολουθήθηκαν τα παρακάτω βήματα:

- 1) Καθορίστηκε η διαδρομή της υπόγειας γραμμής και υπολογίστηκε το μήκος των καλωδίων. Τα καλώδια που επιλέχθηκαν είναι XLP 3x95mm², για το τμήμα του δικτύου με χαμηλότερο φορτίο, και XLP 3x240mm², για το υπόλοιπο τμήμα.
- 2) Καθορίστηκε ο τύπος σύνδεσης με την κάθε ανεμογεννήτρια. Ο εναέριος αποζεύκτης θα πρέπει να αντικατασταθεί από ένα διακόπτη μέσης τάσης. Υπογραμμίζεται ότι κάθε μετασχηματιστής 0,69/20kV μέχρι τώρα προστατεύεται ηλεκτρικά μόνο από εναέριο αποζεύκτη.

- 3) Υπολογίστηκε τόσο η ποσότητα όσο και το κόστος του υπόλοιπου εξοπλισμού που απαιτείται.
- 4) Υπολογίστηκαν οι ποσότητες και το κόστος των πινάκων μέσης τάσης.
- 5) Υπολογίστηκε το κόστος για τις εκκαφές και την εγκατάσταση των καλωδίων σύμφωνα με τις σχετικές προδιαγραφές για τη μέση τάση.
- 6) Υπολογίστηκε το κόστος για τις δοκιμές των καλωδίων και των γειώσεων.
- 7) Υπολογίστηκε το κόστος για την απομάκρυνση του υφιστάμενου εναέριου δικτύου.
- 8) Υπόλοιπα κόστη (μικρά υλικά, εργαλεία, μεταφορές κ.λ.π.).

Με βάση τις παραδοχές και εκτιμήσεις που έγιναν παραπάνω, στον πίνακα 5.13 παρατίθεται το συνολικό μήκος του υπόγειου δικτύου και το συνολικό κόστος κατασκευής του αντίστοιχα.

Πρέπει να σημειωθεί ότι δεν έχουν συμπεριληφθεί οι αποστάσεις του 'Αιολος Exτ' καθώς η σύνδεσή του γίνεται με υπόγεια.

Πίνακας 5.13: Συνολικό μήκος υπόγειου δικτύου και ποσότητες υλικών

Α/Π	Ανάλυση Α/Π	Μήκος (m)	Μούφες για αγωγό 95mm ²	Μούφες για αγωγό 240mm ²	Ακροκίβωτα (Α)	Ακροκίβωτα (Β)	Ακροκίβωτα (Γ)	Αλεξικέραυνα	Πίνακες Μ.Τ.	Ουκίσκος Μ.Τ.
Αιολος	Αιολος Α/Γ 1-12	1.600	30	0	36	36	36	36	12	12
	Αιολος Α/Γ 13-34	4.690	42	21	66	66	69	66	22	22
	Αιολος Α/Γ 35-40	3.190	18	3	24	24	24	18	6	6
		9.480	90	24	126	126	129	120	40	40
Σύνολο (m)		9.480	90	24	126	126	129	120	40	40
Μήκος για 3x95mm ² or 3x240mm ² (m)		9.480	90	24	126	126	129	120	40	40
Μήκος για 1x(3x95)mm ² or 1x(3x240)mm ² (m)		28.440	270	72	378	378	387	360	40	40

Στον πίνακα 5.14 έχει παρουσιάζεται το συνολικό κόστος των υλικών και των εργασιών.

Πίνακας 5.14.: Συνολικό κόστος υλικών

ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ			
Περιγραφή	Ποσότητα (m,m ² ,pcs)	Τιμή (€)	Κόστος (€)
Καλώδιο 1x(3x95mm)	18.330	4,80	87.984,00
Καλώδιο 1x(3x240mm)	10.830	5,50	59.565,00
Μούφες για αγωγό 1x95mm ²	270	25,00	6.750,00
Μούφες για αγωγό 1x240mm ²	72	30,00	2.160,00
Ακροκιβώτια (Α)	378	60,00	22.680,00
Ακροκιβώτια (Β)	378	25,00	9.450,00
Ακροκιβώτια (Γ)	387	40,00	15.480,00
Αλεξικέραυνα	360	45,00	16.200,00
Πίνακες ΜΤ	40	6.500,00	260.000,00
Οικίσκος ΜΤ	40	1.200,00	48.000,00
Βάση για τον οικίσκο 0,8m x 5m x 4m	640	80,00	51.200,00
Εγκατάσταση του "Grounding System" (σύστημα γείωσης)	40	300,00	12.000,00
Εργασίες εκσκαφής 0,6m x 1,2m	9.480	50,00	474.000,00
Κάλυψη των κενών με χώμα			
Κόστος ανέγερσης για την εγκατάσταση του εξοπλισμού (Ωρες) & εγκατάσταση των καλωδίων	9.480	23,00	218.040,00
Αφαίρεση του εναέριου δικτύου: ξύλινοι στύλοι, ACSR καλώδια, μονωτήρες			
Συνολικό κόστος μεταφοράς του εξοπλισμού	1	10.000,00	10.000,00
Διάφορα μικρά υλικά (cos καλωδίων, μπουλόνια, σύνδεσμοι, κλπ.)	1	5.000,00	5.000,00
Σήμανση της διαδρομής καλωδίων	474	5,00	2.370,00
ΣΥΝΟΛΟ			1.300.879,00
PLUS +3%			1.426.627,15

το μέτρο

το μέτρο

το τεμάχ.

το τεμάχ.

το τεμάχ.

το τεμάχ.

το τεμάχ.

το τεμάχ.

το set

το τεμάχ.

το
κυβικό
μέτρο

το set

το μέτρο

το μέτρο

set

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

6. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ

Επένδυση ονομάζεται η δέσμευση κεφαλαίων για ένα χρονικό διάστημα, η οποία αναμένεται να αποφέρει πρόσθετα κεφάλαια στον επενδυτή. Οι επενδύσεις σε ενεργειακά συστήματα είναι οικονομικά σκόπιμες, εάν η μείωση των λειτουργικών δαπανών για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών μπορεί να αποσβέσει το αρχικό κεφάλαιο σε εύλογο χρονικό διάστημα ή αν τα έσοδα από τη διάθεση της παραγόμενης ενέργειας οδηγούν σε κέρδη ικανά να ικανοποιήσουν τους επιχειρηματικούς στόχους του επενδυτή.

Η οικονομική βιωσιμότητα επενδύσεων σε ενεργειακά συστήματα εξαρτάται από τα ετήσια λειτουργικά οφέλη και από το κόστος κατασκευής και λειτουργίας του συστήματος.

Η οικονομική αξιολόγηση στηρίζεται σε ορισμένους δείκτες ή κριτήρια. Για να αποφευχθούν παραπλανητικά αποτελέσματα και λανθασμένα συμπεράσματα, ο κάθε δείκτης πρέπει να υπολογίζεται με αναγωγή μελλοντικών αξιών και όρων σε παρούσες αξίες, ώστε οι σχετικές συγκρίσεις να έχουν κοινή βάση.

Στο πλαίσιο της αξιολόγησης επενδύσεων πρέπει να ληφθεί υπόψη το κόστος του κεφαλαίου, το οποίο αναφέρεται στην αμοιβή που απαιτείται από επενδυτές ώστε να πειστούν για την παροχή χρηματοδότησης για μια επένδυση. Εάν ο στόχος της εταιρείας είναι να παραμείνει επικερδής, κάθε χρήση του κεφαλαίου πρέπει να επιστρέφει τουλάχιστον το κόστος του κεφαλαίου και ιδανικά ένα ποσό μεγαλύτερο από αυτό. Η χρήση του κόστους κεφαλαίου αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση προκειμένου να εκτιμηθεί η βιωσιμότητα μιας επένδυσης.

6.1. ΒΑΣΙΚΟΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΙ ΟΡΟΙ

Οικονομικός κύκλος ζωής της επένδυσης (N): Θεωρείται η χρονική περίοδος κατά τη διάρκεια της οποίας ανακτάται το αρχικό επενδυτικό κεφάλαιο καθώς και η επιθυμητή απόδοσή του. Ο οικονομικός κύκλος ζωής πρέπει να είναι ίσος ή μικρότερος της πραγματικής ζωής του βασικού εξοπλισμού της επένδυσης.

Αρχικό Κόστος Επένδυσης: Είναι η δαπάνη που καταβάλλει ο επενδυτής, κατά το χρόνο που πραγματοποιείται η επένδυση.

Ετήσιο Οικονομικό Όφελος: Είναι το υπολογιζόμενο οικονομικό όφελος ανά έτος από τις πωλήσεις ενέργειας στη Δ.Ε.Η.

Ετήσιες Λειτουργικές Δαπάνες: Είναι οι μισθοί των εργαζομένων, τα κόστη συντήρησης των Α/Γ, τα ενοίκια που πιθανώς να δίνονται στους ιδιοκτήτες

των οικοπέδων καθώς και οι δαπάνες που γίνονται για την ασφάλιση των Α/Γ.

Καθαρό Ετήσιο Οικονομικό Όφελος: Είναι το ποσό που μένει αν από το ετήσιο οικονομικό όφελος αφαιρέσουμε τις ετήσιες λειτουργικές δαπάνες .

Μέσο σταθμικό κόστος κεφαλαίου (Weighted Average Cost of Capital, WACC): Είναι η ελάχιστη απόδοση που αναμένεται να καταβάλει η επιχείρηση κατά μέσο όρο στους μετόχους της για την χρηματοδότηση των περιουσιακών της στοιχείων.

Φορολογία: Είναι η επιβολή υποχρεωτικών φόρων υπέρ του κράτους. Οι φόροι αποτελούν αναγκαστικό μέσο μετάθεσης πόρων από τον ιδιωτικό στο δημόσιο τομέα και συνεπάγονται παροχή από τους ιδιωτικούς φορείς προς τους δημόσιους χωρίς αντίστοιχα ειδική αντιπαροχή των τελευταίων προς τους πρώτους.

Πληθωρισμός: είναι η συνεχής αύξηση του γενικού επιπέδου των τιμών μιας οικονομίας μέσα σε μια συγκεκριμένη οικονομική περίοδο. Ο πληθωρισμός μπορεί να είναι είτε θετικός είτε αρνητικός, ενώ δεν υφίσταται όταν οι τιμές σταθεροποιηθούν, ανεξαρτήτως αν είναι υψηλές ή όχι.

Τόκος και επιτόκιο (d): Επιτόκιο είναι ο τόκος ανά μονάδα χρόνου και κεφαλαίου και συνήθως εκφράζεται επί τοις εκατό ανά έτος. Υπάρχουν δύο όψεις του επιτοκίου, το επιτόκιο δανεισμού που ο δανειζόμενος καταβάλλει τα χρήματα που δανείστηκε και επομένως αποτελεί δαπάνη, και το επιτόκιο αγοράς που κερδίζει κάποιος όταν δανείζει ή επενδύει χρήματα. Το επιτόκιο αγοράς μπορεί να είναι επίσης ο επιθυμητός ή αναμενόμενος βαθμός απόδοσης μιας επένδυσης.

Παρούσα αξία της επένδυσης (present value, PV): Είναι το συνολικό ποσό μιας επένδυσης που αντιπροσωπεύει μια σειρά μελλοντικών πληρωμών.

Καθαρή παρούσα αξία της επένδυσης (net present value, NPV): Είναι το συνολικό καθαρό όφελος μιας επένδυσης που προκύπτει ως διαφορά μεταξύ του λειτουργικού οφέλους και του συνόλου των δαπανών κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής της επένδυσης.

*Αν $NPV > 0$ τότε η επένδυση είναι βιώσιμη κάτω από τις δεδομένες συνθήκες (οικονομικό κύκλο ζωής και επιθυμητό βαθμό απόδοσης της επένδυσης)

*Αν $NPV = 0$ τότε η επένδυση είναι βιώσιμη με μέσο ετήσιο βαθμό απόδοσης ίσο με τον επιθυμητό βαθμό απόδοσης της επένδυσης.

*Αν $NPV < 0$ τότε η επένδυση είναι αντιοικονομική

Εσωτερικός βαθμός απόδοσης κεφαλαίου (internal rate of return, IRR): Είναι η τιμή του επιτοκίου αγοράς που κάνει την παρούσα αξία μιας σειράς πληρωμών και εισπράξεων ίση με το μηδέν.

Έντοκη περίοδος αποπληρωμής (discounted pay back period, DPB): Είναι το χρονικό διάστημα που απαιτείται για την αποπληρωμή της αρχικής επένδυσης, δηλ. ο χρόνος για τον οποίο η NPV μηδενίζεται. Μια επένδυση θεωρείται οικονομικά βιώσιμη, εάν η τιμή του DPB ικανοποιεί τις προσδοκίες του επενδυτή ως προς το χρόνο αποπληρωμής.

Περίοδος επανείσπραξης (pay back, PB): Είναι η περίοδος αποπληρωμής της αρχικής επένδυσης.

Έντοκη περίοδος αποπληρωμής (pay back period, PBP): Είναι το χρονικό διάστημα που απαιτείται για την αποπληρωμή του ποσού της αρχικής επένδυσης και των τόκων που θα μπορούσαν να ληφθούν από μία εναλλακτική τοποθέτηση του αρχικού κεφαλαίου.

Συντελεστής προεξόφλησης: Είναι ο συντελεστής με τον οποίο πολλαπλασιάζεται ένα μελλοντικό ποσό για τον υπολογισμό της παρούσας αξίας του.

Κεφαλαιουχικές δαπάνες: Είναι οι δαπάνες ή επενδύσεις για την απόκτηση κεφαλαιουχικών αγαθών (όπως είναι ο εξοπλισμός) με την προσδοκία για καλύτερη απόδοση ή μείωση του κόστους.

EBITDA: (Earnings Before Interest, Tax, Depreciation and Amortization): Είναι τα κέρδη μιας επιχείρησης πριν αφαιρεθούν τόκοι, φόροι και απόσβεση.

EBIT: (Earnings Before Interest, Tax): Είναι τα κέρδη μιας επιχείρησης πριν αφαιρεθούν φόροι.

Απόσβεση: Είναι η μείωση της αξίας ενός περιουσιακού στοιχείου με το πέρασμα του χρόνου, λόγω γενικής φθοράς και χρήσης ή παλαιώσης

6.2. ΕΠΙΣΤΡΟΦΗ ΤΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ ΚΑΙ ΘΕΤΙΚΗ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΟ EBITDA

Κατά την αξιολόγηση της επένδυσης, πρέπει να αναφερθεί ότι το κόστος για την υπογειοποίηση του εναέριου δικτύου θα συμπεριληφθεί στον ισολογισμό σαν κεφαλαιουχική δαπάνη. Επίσης, το κέρδος λόγω της μείωσης των απωλειών και της μείωσης των εξόδων κατά τη λειτουργία και συντήρηση θα εμφανιστεί στο EBITDA.

Στη συνέχεια υπολογίζεται η απόδοση της επένδυσης, λαμβάνοντας υπόψη τους παρακάτω παράγοντες:

- Στις δαπάνες που έχουν αναφερθεί παραπάνω, θα πρέπει να εφαρμοστεί ένας παράγοντας αύξησης που οφείλεται στη γήρανση των εγκαταστάσεων. Επειδή, όμως, οι επιπτώσεις της γήρανσης δεν είναι μια σχέση γραμμική, είναι δύσκολο να εκτιμηθεί. Έτσι είναι πιο σωστό τεχνικά να εξεταστεί μια αύξηση 5% μετά από 10 χρόνια λειτουργίας και 15% μετά από 15 χρόνια λειτουργίας του αιολικού πάρκου.
- Η υπογειοποίηση του εναέριου δικτύου θα έχει θετική επίδραση στο χρόνο ζωής του αιολικού πάρκου. Ωστόσο, για τον υπολογισμό των αποσβέσεων, ο συνολικός χρόνος ζωής εκτιμάται ότι θα είναι 20 χρόνια, όπως προβλέπεται στην άδεια λειτουργίας. Λαμβάνοντας υπόψη ότι το αιολικό πάρκο λειτουργεί περίπου 10 χρόνια, έχει εκτιμηθεί η απόσβεση ως 10% ετησίως.
- Το κόστος συντήρησης του υπόγειου δικτύου και αντίστοιχα των πινάκων μέσης τάσης έχει υπολογιστεί εμπειρικά σύμφωνα με άλλα πάρκα που λειτουργούν με υπόγειο δίκτυο και είναι περίπου 9000€ ανά έτος.

Στον πίνακα 6.1 έχει υπολογιστεί το συνολικό κόστος συντήρησης ανά έτος τόσο για τα δέκα πρώτα χρόνια λειτουργίας του αιολικού πάρκου όσο και για τα δέκα επόμενα, για τα οποία υπολογίζεται μια επιπλέον αύξηση ανά πενταετία λόγω παλαιώσης των δικτύων.

Πίνακας 6.1: Συνολικό κόστος συντήρησης

Κόστος συντήρησης/Έτος (€) για 10 χρόνια λειτουργίας	Κόστος συντήρησης/Έτος (€) για τα χρόνια 10-15	Κόστος συντήρησης/Έτος (€) για τα χρόνια 15-20
97.293,69	102.158,37	111.887,74

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι, κατά Μ.Ο. το κόστος συντήρησης του δικτύου για τα χρόνια 10-20 θα είναι 107.023,06 €/έτος.

Στον πίνακα 6.2 παρουσιάζεται η θετική επίδραση στο EBITDA, δηλαδή τα κέρδη πριν αφαιρεθούν τόκοι, φόροι και απόσβεση. Η απώλεια κερδών υπολογίστηκε στον πίνακα 4.2.

Πίνακας 6.2: Θετική επίδραση στο EBITDA

Κόστος λειτουργίας & συντήρησης εναέριου δικτύου (κ€)	107
Κόστος λειτουργίας & συντήρησης υπόγειου δικτύου (κ€)	9
Απώλεια κερδών (κ€)	59
Θετική επίδραση στο EBITDA	149
Αποσβέσεις (10%)	148
Θετική επίδραση στο EBIT	1
Επιπλέον φόρος	0
Καθαρό όφελος	149

6.3. ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗΣ ΤΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ

Περίοδος αποπληρωμής ονομάζεται το χρονικό διάστημα που απαιτείται για την αποπληρωμή της αρχικής επένδυσης και εξαρτάται από το συνολικό κόστος της επένδυσης και από τα καθαρά κέρδη που αναμένονται για αυτό το χρονικό διάστημα.

Όπως υπολογίστηκε παραπάνω, το συνολικό κόστος της επένδυσης είναι 1.300.879€ και οι ετήσιες απώλειες κατά τη λειτουργία και συντήρηση στα δέκα χρόνια λειτουργίας είναι 59.401,20€.

Στο σημείο αυτό πρέπει να σημειωθεί ότι στη βιωσιμότητα μιας επένδυσης επιδρά πολύ ισχυρά ο πληθωρισμός, αφού επηρεάζει τα πάγια κεφάλαια, το κεφάλαιο κίνησης και το κόστος παραγωγής. Για το λόγο αυτό, οι

υπολογισμοί έχουν γίνει τοποθετώντας τον πληθωρισμό στο 4%, σύμφωνα με τη διακύμανση που παρουσίασε τα τελευταία δέκα χρόνια στην Ελλάδα.

Στον πίνακα 6.3 παρουσιάζεται ο πληθωρισμός για τα έτη 2001 έως και 2010.

Πίνακας 6.3: Πληθωρισμός από το 2001 έως και το 2010

Έτος	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Πληθωρισμός	3,7	3,9	3,4	3	3,5	3,3	3	4,2	1,3	4,7

Στα πλαίσια υπολογισμού της περιόδου αποπληρωμής της επένδυσης, σημαντικό ρόλο έχει τόσο η φορολογία όσο και ο συντελεστής προεξόφλησης, που στη συγκεκριμένη περίπτωση θεωρούνται σταθερά και ίσα με 20% και 13,75% αντίστοιχα, όπως παρουσιάζονται στο πίνακα 6.4.

Πίνακας 6.4: Συνολικό κόστος επένδυσης, πληθωρισμός, φορολογία, συντελεστής προεξόφλησης

Σύνολο επένδυσης, κ€	1.300,879
Πληθωρισμός	4%
Φορολογία	20%
Συντελεστής προεξόφλησης	13,75%

Επίσης, η μείωση του κόστους λειτουργίας και συντήρησης αλλά και η πρόσθετη εξοικονόμηση που μπορεί να επιτευχθεί, κατά την πραγματοποίηση του έργου, είναι εξίσου σημαντικά και έχουν υπολογιστεί από το αρμόδιο τμήμα. Για την συγκεκριμένη περίπτωση είναι 75.000€ και 87.000€ αντίστοιχα. Για κάθε έτος, από το δεύτερο και μετά, ο υπολογισμός των ετήσιων απωλειών, των απωλειών κατά τη λειτουργία και της πρόσθετης εξοικονόμησης γίνεται αν οι αντίστοιχες τιμές του προηγούμενου έτους πολλαπλασιαστούν με τον πληθωρισμό αυξημένο κατά 1.

Στη συνέχεια, για την αξιολόγηση του επενδυτικού σχεδίου επιλέχθηκε η μέθοδος της Καθαρής Παρούσας Αξίας. Αξίζει να σημειωθεί πως η μέθοδος της Καθαρής Παρούσας Αξίας μπορεί να αποτελέσει από μόνη της ένα κριτήριο αξιολόγησης επενδυτικών έργων. Το βασικό πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου είναι ότι λαμβάνεται υπόψη ολόκληρη η διάρκεια της επένδυσης. Παράλληλα, λαμβάνεται υπόψη και η διαχρονική αξία του χρήματος μέσω του επιτοκίου αναγωγής.

Η Καθαρή Παρούσα Αξία υπολογίζεται από τη σχέση:

$$ΚΠΑ = \sum_{t=1}^v \left(\frac{\text{Καθαρό ΚΧρδος}}{\dots} \right) - E_0$$

όπου: E_0 = η αρχική επένδυση το χρόνο $T=0$
 v = η διάρκεια ζωής του επενδυτικού σχεδίου
 ε = το επιτόκιο προεξόφλησης

Τελικά, ο χρόνος αποπληρωμής της επένδυσης υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\text{Χρόνος αποπληρωμής} = \frac{\text{Σύνολο επένδυσης}}{\text{Μ.Ο. Καθαρών κερδών}}$$

6.4. ΣΕΝΑΡΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗΣ ΤΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ

Για τον υπολογισμό του χρόνου αποπληρωμής της συγκεκριμένης επένδυσης έχουν ληφθεί υπόψη δύο σενάρια:

- Με επιπλέον εξοικονόμηση χρημάτων κατά τη λειτουργία και συντήρηση του αιολικού πάρκου.
- Χωρίς επιπλέον εξοικονόμηση χρημάτων κατά τη λειτουργία και συντήρηση του αιολικού πάρκου.

6.4.1. Σενάριο 1: Υπολογισμός του χρόνου αποπληρωμής με επιπλέον εξοικονόμηση

Σε αυτή την περίπτωση, τα καθαρά κέρδη κάθε έτους υπολογίζονται ως εξής:

- Αύξηση εσόδων = Ετήσιες Απώλειες Απώλειες κατά τη λειτουργία
 Πρόσθετη εξοικονόμηση
- Φόροι = Φορολογία * Αύξηση εσόδων
- Καθαρά κέρδη = Αύξηση εσόδων - Φόροι

Στον πίνακα 6.5 παρουσιάζονται τα καθαρά κέρδη της πρώτης πενταετίας

Πίνακας 6.5: Καθαρά κέρδη τα πρώτα πέντε χρόνια

	1ο ΕΤΟΣ	2ο ΕΤΟΣ	3ο ΕΤΟΣ	4ο ΕΤΟΣ	5ο ΕΤΟΣ
Ετήσιες απώλειες, κ€	59,40	61,78	64,25	66,82	69,49
Απώλειες κατά τη λειτουργία & συντήρηση, κ€	75,00	78,00	81,12	84,36	87,74
Πρόσθετη εξοικονόμηση, κ€	87,00	90,48	94,10	97,86	101,78
Αύξηση εσόδων, κ€	221,40	230,26	239,47	249,05	259,01
Φόροι, κ€	44,28	46,05	47,89	49,81	51,80
Καθαρά κέρδη, κ€	177,12	184,21	191,58	199,24	207,21

Στον πίνακα 6.6 παρουσιάζονται τα καθαρά κέρδη της δεύτερης πενταετίας

Πίνακας 6.6: Καθαρά κέρδη τα επόμενα πέντε χρόνια

	6ο ΕΤΟΣ	7ο ΕΤΟΣ	8ο ΕΤΟΣ	9ο ΕΤΟΣ	10ο ΕΤΟΣ
Ετήσιες απώλειες, κ€	72,27	75,16	78,17	81,29	84,55
Απώλειες κατά τη λειτουργία & συντήρηση, κ€	91,25	94,90	98,69	102,64	106,74
Πρόσθετη εξοικονόμηση, κ€	105,85	110,08	114,49	119,07	123,83
Άύξηση εσόδων, κ€	269,37	280,14	291,35	303,00	315,12
Φόροι, κ€	53,87	56,03	58,27	60,60	63,02
Καθαρά κέρδη, κ€	215,49	224,11	233,08	242,40	252,10

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι τα καθαρά κέρδη για τα δέκα χρόνια θα είναι κατά μέσο όρο 212,65κ€.

Υπολογίζοντας στη συνέχεια την Καθαρή Παρούσα Αξία των κερδών, με τη βοήθεια του πίνακα 6.4, προκύπτει ότι είναι 1.075,17€ και η αποπληρωμή της επένδυσης θα γίνει σε 6 χρόνια περίπου. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα 6.7 που ακολουθεί.

Πίνακας 6.7: ΚΠΑ και χρόνος αποπληρωμής της επένδυσης με επιπλέον εξοικονόμηση.

ΚΠΑ κερδών (με επιπλέον εξοικονόμηση)	1.075,17 €
Χρόνια αποπληρωμής (με επιπλέον εξοικονόμηση)	6,12

6.4.2. Σενάριο 2: Υπολογισμός του χρόνου αποπληρωμής χωρίς επιπλέον εξοικονόμηση

Σε αυτή την περίπτωση, τα καθαρά κέρδη κάθε έτους υπολογίζονται ως εξής:

- $\text{Αύξηση εσόδων} = \text{Ετήσιες Απώλειες} - \text{Απώλειες κατά τη λειτουργία}$
- $\text{Φόροι} = \text{Φορολογία} * \text{Αύξηση εσόδων}$
- $\text{Καθαρά κέρδη} = \text{Αύξηση εσόδων} - \text{Φόροι}$

Στον πίνακα 6.8 παρουσιάζονται τα καθαρά κέρδη της πρώτης πενταετίας

Πίνακας 6.8: Καθαρά κέρδη τα πρώτα πέντε χρόνια

	1ο ΕΤΟΣ	2ο ΕΤΟΣ	3ο ΕΤΟΣ	4ο ΕΤΟΣ	5ο ΕΤΟΣ
Ετήσιες απώλειες, κ€	59,40	61,78	64,25	66,82	69,49
Απώλειες κατά τη λειτουργία & συντήρηση, κ€	75,00	78,00	81,12	84,36	87,74
Πρόσθετη εξοικονόμηση, κ€	87,00	90,48	94,10	97,86	101,78
Αύξηση εσόδων, κ€	134,40	139,78	145,37	151,18	157,23
Φόροι, κ€	26,88	27,96	29,07	30,24	31,45
Καθαρά κέρδη, κ€	107,52	111,82	116,29	120,95	125,78

Στον πίνακα 6.9 παρουσιάζονται τα καθαρά κέρδη της δεύτερης πενταετίας

Πίνακας 6.9: Καθαρά κέρδη τα επόμενα πέντε χρόνια

	6ο ΕΤΟΣ	7ο ΕΤΟΣ	8ο ΕΤΟΣ	9ο ΕΤΟΣ	10ο ΕΤΟΣ
Ετήσιες απώλειες, κ€	72,27	75,16	78,17	81,29	84,55
Απώλειες κατά τη λειτουργία & συντήρηση, κ€	91,25	94,90	98,69	102,64	106,74
Πρόσθετη εξοικονόμηση, κ€	105,85	110,08	114,49	119,07	123,83
Αύξηση εσόδων, κ€	163,52	170,06	176,86	183,94	191,29
Φόροι, κ€	32,70	34,01	35,37	36,79	38,26
Καθαρά κέρδη, κ€	130,82	136,05	141,49	147,15	153,04

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι τα καθαρά κέρδη για τα δέκα χρόνια θα είναι κατά μέσο όρο 129,09κ€.

Υπολογίζοντας στη συνέχεια την Καθαρή Παρούσα Αξία των κερδών, με τη βοήθεια του πίνακα 6.4, προκύπτει ότι είναι 652,68€ και η αποπληρωμή της επένδυσης θα γίνει σε 10 χρόνια περίπου. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα 6.10 που ακολουθεί.

Πίνακας 6.10: ΚΠΑ και χρόνος αποπληρωμής της επένδυσης χωρίς επιπλέον εξοικονόμηση.

ΚΠΑ κερδών (χωρίς επιπλέον εξοικονόμηση)	652,68 €
Χρόνια αποπληρωμής (χωρίς επιπλέον εξοικονόμηση)	10,08

Από τα αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν παραπάνω, προκύπτει ότι το σενάριο 1, που λαμβάνει υπόψη την επιπλέον εξοικονόμηση, προσφέρει σημαντικά μεγαλύτερα κέρδη και μικρότερη απόσβεση σε σχέση με το σενάριο 2, στο οποίο δεν λαμβάνεται υπόψη η επιπλέον εξοικονόμηση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία έγινε μια μελέτη για την υπογειοποίηση των εναέριων γραμμών μέσης τάσης σε αιολικό πάρκο της Εύβοιας. Αρχικά, έγινε παρουσίαση των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας δίνοντας ιδιαίτερη σημασία τόσο στις εναέριες όσο και στις υπόγειες γραμμές μεταφοράς ενέργειας.

Στη συνέχεια, περιγράφοντας την λειτουργία του εν λόγω αιολικού πάρκου, παρουσιάστηκε ο τρόπος διασύνδεσής του με το δίκτυο (μέσω εναέριων γραμμών μεταφοράς) και υπολογίστηκαν οι απώλειες που εξαρτώνται από αυτόν τον τρόπο σύνδεσης.

Έπειτα, καθορίστηκε το μήκος της υπόγειας γραμμής και ο τύπος σύνδεσης με την κάθε ανεμογεννήτρια. Επίσης, υπολογίστηκαν οι ποσότητες του εξοπλισμού που απαιτείται και το συνολικό κόστος κατασκευής του υπόγειου δικτύου.

Αξιολογώντας τελικά την επένδυση υπολογίστηκε ο χρόνος αποπληρωμής λαμβάνοντας υπόψη δύο σενάρια. Το πρώτο σενάριο αφορά την αποπληρωμή της επένδυσης πετυχαίνοντας επιπλέον εξοικονόμηση και το δεύτερο χωρίς επιπλέον εξοικονόμηση. Από τα αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν προέκυψε ότι συμφέρει η υπογειοποίηση του εναέριου δικτύου λαμβάνοντας υπόψη την επιπλέον εξοικονόμηση, καθώς προσφέρει σημαντικά μεγαλύτερα κέρδη.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ιωάννης Κ. Καδέλλης, "Διαχείριση της αιολικής Ενέργειας", 2^η Έκδοση, Εκδόσεις Σταμούλη Α.Ε., Αθήνα 2005.

Πέτρος Ντοκόπουλος, "Εισαγωγή στα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας", Εκδόσεις Παρατηρητής.

Νικόλαος Α. Βοβός, "Έλεγχος και ευστάθεια συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας", Εκδόσεις Ζήτη, 2008.

Bonus Mk IV 600kW:
Wind Power Supervisor. User manual
Assembly instructions
Service manual

Gamesa G52 850kW:
Maintenance & operation manual

Διπλωματική εργασία "Οικονομοτεχνική μελέτη αιολικού πάρκου στη Δυτική Κρήτη με τη χρήση των λογισμικών WASP και RETSCREEN", Μπαρμπάρηγου Μυρτώ

<http://ape.chania.teicrete.gr>

www.ecofinder.gr

<http://el.wikipedia.org>

www.energia.gr

www.euretirio.com

<http://nefeli.lib.teicrete>

<http://nemertes.lis.upatras.gr>

www.rae.gr

www.ypeka.gr