

**Α.Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ**

“Ανίχνευση και επισκευή βλαβών σε καλώδια μέσης τάσης”



Επιβλέπων Καθηγητής: Δρ. ΚΑΜΙΝΑΡΗΣ ΣΤΑΥΡΟΣ
Επίκουρος Καθηγητής

Σπουδαστής: ΡΟΖΟΠΟΥΛΟΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ (ΑΜ:35583)

Πειραιάς, Ιούνιος 2012

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ολοκληρώνοντας αυτή την εργασία, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου Δρ. Καμινάρη Σταύρο για την βοήθειά του κατά την εκπόνηση αυτής της εργασίας, αλλά και καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Θα ήθελα ακόμα να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές του τμήματος που πραγματικά μας δίδαξαν πολλά, με την ευχή να συνεχίζουν να προσπαθούν για την περαιτέρω ανάπτυξη και βελτίωση του τμήματος σε συνεργασία με τους φοιτητές, έτσι ώστε οι απόφοιτοι του τμήματος Ηλεκτρολογίας να αποτελούν χρήσιμο και απαραίτητο δυναμικό για την κοινωνία μας.

Τέλος ευχαριστώ πολύ όλους τους καλούς φίλους μου που όλα αυτά τα χρόνια μοιραστήκαμε αμέτρητες εμπειρίες και με στήριξαν σε δύσκολες στιγμές και φυσικά την οικογένεια μου για την αγάπη, τη στήριξή τους και την προτροπή να γίνομαι συνεχώς καλύτερος.

Ροζόπουλος Αλέξανδρος

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευχαριστίες.....	i
Περιεχόμενα.....	ii
Λιστα Εικονων.....	v
Λιστα Πινακων.....	vii
Summary.....	viii
Προλογος.....	vii
1^ο - Κεφάλαιο “ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ”	8
1.1 Μονωτικά Υλικά.....	8
1.2 Αξιολόγηση Μονωτικών Υλικών	8
1.2.1 Διηλεκτρική Αντοχή	8
1.2.2 Συντελεστής Απωλειών.....	9
1.2.3 Ειδική Επιφανειακή & Θερμική Αγωγιμότητα.....	9
1.2.4 Μηχανική Αντοχή.....	11
1.3 Βασικά Μονωτικά Υλικά.....	12
1.3.1 PVC (Πολυβινυλοχλωρίδιο)	12
1.3.2 Τεχνητό Καουτσούκ (ελαστικό).....	12
1.3.3 Γυαλί	12
1.3.4 Πορσελάνη.....	12
1.3.5 Ορυκτέλαιο	13
1.3.6 Πίσσα	13
1.4 Θωράκιση.....	13
1.5 Ορισμός Εναέριου – Υπόγειου & Υποβρύχιου Δικτύου Καλωδίωσης.....	14
1.5.1 Εναέρια Δίκτυα	14
1.5.2 Υπόγεια Δίκτυα.....	14
1.5.3 Υποβρύχια Δίκτυα.....	14
1.6 Ορισμός Τάσεων καλωδίωσης.....	14
1.6.1 Υπερψηλή Τάση (Υ.Υ.Τ.).....	14
1.6.2 Υπερψηλή Τάση (Υ.Υ.Τ.).....	14

1.6.3	Μέση Τάση (Μ.Τ.).....	14
1.6.4	Χαμηλή Τάση (Χ.Τ.).....	14
1.7	Ορισμός Υποσταθμών Διανομής.....	15
1.7.1	Εναέριοι Υποσταθμοί.....	15
1.7.2	Επίγειοι Υποσταθμοί.....	16
1.7.3	Υποβρύχιοι Υποσταθμοί.....	17
2^ο - Κεφάλαιο “ΚΑΛΩΔΙΑ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ”		19
2.1	Τύποι Καλωδίων.....	19
2.2	Περιγραφή Τμημάτων των Καλωδίων.....	21
2.3	Ανάλυση Τμημάτων.....	22
2.3.1	Αγωγοί.....	22
2.3.2	Ημιαγώγιμα Στρώματα.....	22
2.3.3	Μόνωση	23
2.3.4	Μανδύας.....	23
2.3.5	Ζώνη Μηχανικής Ενίσχυσης.....	24
2.3.6	Εξωτερικός Μανδύας.....	24
2.3.7	Ακροκεφαλές.....	25
2.3.8	Σύνδεσμοι ή Μούφες.....	25
2.4	Πρότυπα Καλωδίων.....	26
2.5	Εγκατάσταση Καλωδίων	26
2.6	Ζυγοί & Μπάρες Μέσης Τάσης.....	26
2.7	Διακόπτες Ισχύος Μέσης Τάσης.....	27
2.8	Ασφάλειες Μέσης Τάσης.....	27
3^ο - Κεφάλαιο “ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΚΑΙ ΕΠΙΣΚΕΥΗ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ”		29
3.1	Καλώδια Μέσης Τάσης	29
3.1.1	Εναέρια Δίκτυα Μέσης Τάσης.....	29
3.1.2	Αμιγή Υπόγεια Δίκτυα.....	30
3.1.3	Μικτά Υπόγεια Δίκτυα.....	31
3.1.4	Υποβρύχια Δίκτυα.....	32
3.1.5	Τηλέλεγχος & Αυτοματοποίηση των Δικτύων Μέσης Τάσης.....	32
3.2	Δοκιμές σε Καλώδια Μέσης Τάσης.....	34

3.2.1	Δοκιμές μετά την εγκατάσταση	36
3.2.2	Δοκιμές VLF	37
3.2.3	Παράμετροι Δοκιμών VLF	38
3.3	Σφάλματα στα Δίκτυα Μέσης Τάσης	40
3.3.1	Είδη Σφαλμάτων στα Δίκτυα Μέσης Τάσης.....	40
3.3.1.1	<i>Μονοφασικά Σφάλματα προς τη γη στα Εναέρια Δίκτυα.....</i>	<i>41</i>
3.3.1.2	<i>Πολυφασικά Σφάλματα στα Εναέρια Δίκτυα.....</i>	<i>43</i>
3.3.1.3	<i>Σφάλματα στα Υπόγεια Δίκτυα</i>	<i>43</i>
3.3.1.4	<i>Σφάλματα στα Υποβρύχια Δίκτυα.....</i>	<i>44</i>
3.3.2	Σφάλματα σε Συστήματα Υποβρύχιων καλωδίων	45
3.3.3	Αίτια Πρόκλησης Σφαλμάτων	46
3.3.4	Στατιστική Σφαλμάτων	48
3.3.5	Ειδοποίηση της ΔΕΗ – Προσδιορισμός της βλάβης.....	50
3.3.6	Χρόνος Αποκατάστασης Βλαβών Μέσης Τάσης.....	52
3.3.7	Επισκευή Υποβρύχιων Καλωδίων	53
3.4	Ανίχνευση & Εντοπισμός Σφαλμάτων Καλωδίων Μέσης Τάσης.....	54
3.4.1	Εισαγωγή.....	54
3.4.2	Εντοπισμός Σφάλματος Μέσης Τάσης μέσω Πηνίου	54
3.4.3	Εντοπισμός Σφάλματος Μέσης Τάσης.....	56
3.4.4	Μέθοδοι Ανίχνευσης Βασισμένοι στην Τάση Μηδενικής Ακολουθίας.....	57
3.4.5	Ανίχνευση Πορείας Καλωδίων	58
3.4.6	Ενδεικτικά Διέλευσης Σφάλματος	59
3.4.7	Συστήματα εντοπισμού Σφαλμάτων σε Υπόγεια & Εναέρια Καλώδια	60
3.4.8	Μέθοδοι Ανίχνευσης Διαλειπόντων Σφαλμάτων.....	64
3.4.9	Μέθοδοι Υπολογισμού Απόστασης Σφαλμάτων προς τη Γη.....	64
3.5	Υποβρύχια Διασυνδέσεις.....	65
3.5.1	Εγκατάσταση Υποβρύχιων Καλωδίων.....	65
3.5.2	Διεθνείς Υποβρύχια Διασυνδέσεις.....	66
3.5.3	Υποβρύχια Διασύνδεση Νησιού (Περίπτωση Κρήτης)	67
4^ο	- Κεφάλαιο “ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ”.....	70
	Αναφορές - Βιβλιογραφία.....	73

ΛΙΣΤΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1. 1 – Ισοδύναμο κύκλωμα πυκνωτή C με απώλειες λόγω αγωγιμότητας.....	9
Εικόνα 1. 2 – Μεταβολή επιφανειακής αγωγιμότητας σε συνάρτηση με την καθαρότητα της επιφάνειάς τους και τη σχετική υγρασία στο περιβάλλον	10
Εικόνα 1. 3 – Διάρκεια ζωής μονωτικού σε σχέση με τη θερμοκρασία.....	11
Εικόνα 1. 4 – Καλώδιο STP με θωράκιση.....	13
Εικόνα 1. 5 – Εναέριοι υποσταθμοί.....	15
Εικόνα 1. 6 – Επίγειοι υποσταθμοί.....	16
Εικόνα 1. 7 – Μονωτήρας διέλευσης.....	17
Εικόνα 1. 8 – Υποβρύχιος υποσταθμός	18
Εικόνα 2. 1– Μονοπολικά καλώδια.....	19
Εικόνα 2. 2 – Μονοπολικό καλώδιο με χάλκινους αγωγούς.....	20
Εικόνα 2. 3 – Τριπολικό καλώδιο με αγωγούς αλουμινίου	20
Εικόνα 2. 4 – Αγωγοί καλωδίων.....	22
Εικόνα 2. 5 – Επίδραση εξομαλυντικών στρωμάτων στη μορφή του ηλεκτρικού πεδίου ενός πολύκλωνου αγωγού.....	23
Εικόνα 2. 6 – Ακροκεφαλή λαδιού MT20kV	25
Εικόνα 2. 7 – βασικά μέρη μίας ασφάλειας σκόνης.....	28
Εικόνα 2. 8 – Ασφάλεια εκτόνωσης πάνω στη βάση σε κατάσταση λειτουργίας.....	28
Εικόνα 3. 1 – Εναέρια γραμμή μέσης τάσης	30
Εικόνα 3. 2 – Πειραματική διάταξη ελέγχου μανδύα με συνεχή τάση.....	34
Εικόνα 3. 3 – Πειραματική διάταξη με VLF τάση	38
Εικόνα 3. 4 – Σχηματική διάταξη δοκιμών VLF	39
Εικόνα 3. 5 – Διατομή και πραγματική προβολή υποβρύχιου καλωδίου.....	45
Εικόνα 3. 6 – Χρόνος εξυπηρέτησης τηλεφωνημάτων.....	51
Εικόνα 3. 7 – Χρόνος εξυπηρέτησης «ψευδοκλήσεων».....	52
Εικόνα 3. 8 – Επισκευή «προσωρινών» διακοπών MT.....	53

Εικόνα 3. 9 – Επισκευή «μόνιμων» διακοπών MT	53
Εικόνα 3. 10 – Διαδρομή καλωδίου με πηγή ακουστικής συχνότητας 1-12kHz	55
Εικόνα 3. 11 – Πορεία με μέτρηση της κατακόρυφης συνιστώσας του πεδίου	55
Εικόνα 3. 12 – Υπολογισμός του βάθους με μέτρηση της συνιστώσας του πεδίου 45° ως προς την κατακόρυφο	56
Εικόνα 3. 13 – Χρόνος εντοπισμού «μόνιμου» σφάλματος MT	57
Εικόνα 3. 14 – Προσδιορισμός της θέσης σφάλματος καλωδίου με κρουστική γεννήτρια και ακουστικά.	59
Εικόνα 3. 15 – Ανίχνευση υπόγειων βλαβών	61
Εικόνα 3. 16 – Περιγραφή Δέκτη	62
Εικόνα 3. 17 – Περιγραφή Πομπού	62
Εικόνα 3. 18 – Ηχοπαλμόμετρο καλωδίων.....	63
Εικόνα 3. 19 – Σύνθεση μέσης τάσης υποθαλάσσιο καλώδιο.....	66
Εικόνα 3. 20 – Διάγραμμα διασυνδεδεμένων συστημάτων Βαλκανικής.....	67

ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 3. 1 – Τάσεις δοκιμής VLF για συνημιτονοειδή-ορθογώνια κυματομορφή	38
Πίνακας 3. 2 – Τάσεις δοκιμής VLF για ημιτονοειδή κυματομορφή.....	39

SUMMARY

The purpose of this thesis is to describe the error detection and repair methods of Middle Voltage cables. Initially, there will be an introductory chapter in which the explanation of some relative concepts and definitions will be given. These definitions will be very helpful to the comprehension of the study. Continuing, there will be a description of the middle voltage cables parts and of some basic elements of middle voltage networks.

In the third chapter of the research will be a reference to the definitions and the characteristics of the middle voltage networks and more specifically of the underground and submarine networks. Information will be given, concerning the tests that can be applied to the cables. Such tests could be after installation and VLF tests. Also, different types of errors will be described, as single-phase and three-phase errors and the causes of their provocation, while the errors that appear in the three network categories will be studied.

Furthermore, significant part of the research will concern the error detection of middle voltage cables and their repair. Information will be given concerning the detection of the error using different methods. Finally, there will be a description of the error detection systems into the three main categories of middle voltage networks.

Keywords

Middle Voltage Cables, Underground networks, Submarine networks, Tube, Connection

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι να περιγραφεί ο τρόπος ανίχνευσης και επισκευής των βλαβών σε καλώδια Μέσης Τάσης. Αρχικά, παρατίθεται μία εισαγωγική ενότητα στην οποία εξηγούνται σχετικές έννοιες και ορισμοί που βοηθούν στην περαιτέρω κατανόηση της έρευνας. Στη συνέχεια, περιγράφονται τα τμήματα που απαρτίζουν ένα καλώδιο μέσης τάσης καθώς και κάποια βασικά στοιχεία των δικτύων μέσης τάσης.

Στο τρίτο κεφάλαιο της εργασίας γίνεται μία αναφορά στους ορισμούς και στα χαρακτηριστικά των τύπων δικτύων μέσης τάσης που υπάρχουν και που είναι τα εναέρια, τα υπόγεια και τα υποβρύχια. Γίνεται αναφορά στις δοκιμές που μπορούν να εφαρμοστούν στα καλώδια Μέσης Τάσης όπως είναι οι δοκιμές μετά την εγκατάσταση και οι δοκιμές VLF, στις οποίες εξετάζονται και οι επιμέρους παράμετροι. Περιγράφονται τα διάφορα είδη σφαλμάτων όπως είναι τα μονοφασικά και τα πολυφασικά και τα αίτια πρόκλησής τους, ενώ μελετώνται τα σφάλματα που μπορεί να προκύψουν στα εναέρια, υπόγεια και υποβρύχια δίκτυα.

Ακόμη, βασικό κομμάτι της πτυχιακής εργασίας αποτελεί ο τρόπος ανίχνευσης και εντοπισμού των σφαλμάτων στα δίκτυα μέσης τάσης. Παρατίθενται πληροφορίες για τον εντοπισμό του σφάλματος, για τις μεθόδους ανίχνευσης που βασίζονται στην Τάση μηδενικής ακολουθίας, την ανίχνευση της πορείας των καλωδίων, την ανίχνευση διαλειπόντων σφαλμάτων και τις μεθόδους υπολογισμού της απόστασης σφαλμάτων προς γη. Τέλος, περιγράφονται τα συστήματα εντοπισμού σφαλμάτων στα υπόγεια και εναέρια καλώδια και μελετώνται τα προβλήματα που παρουσιάζονται στα υποβρύχια δίκτυα.

Λέξεις κλειδιά

Καλώδια Μέσης Τάσης, Εναέρια δίκτυα, Υπόγεια δίκτυα, Υποβρύχια δίκτυα, Αγωγός, Διασύνδεση, Ανίχνευση.

1^ο - ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ”

1.1 Μονωτικά Υλικά

Τα υλικά αυτά, έχουν πολύ μεγάλη ηλεκτρική αντίσταση, γεγονός που τα κάνει να μην επιτρέπουν το ηλεκτρικό ρεύμα να περάσει από την μάζα τους. Όταν πρόκειται για αγωγούς (ή καλώδια), τα μονωτικά υλικά που χρησιμοποιούνται πιο συχνά είναι είτε θερμοπλαστικά (π.χ. *PVC* ή *PE*,) είτε ελαστικά (π.χ. *BUTYL*, *EPR*, ειδικά μείγματα άκαυστα κλπ) είτε θερμοσκληραινόμενα (π.χ. *XLPE*). Σύμφωνα λοιπόν με το υλικό μόνωσης που κάθε φορά χρησιμοποιείται, καθορίζεται η μέγιστη θερμοκρασία ανοχής για τη λειτουργία του καλωδίου.[1]

1.2 Αξιολόγηση Μονωτικών Υλικών

Για την αξιολόγηση των μονωτικών υλικών πρέπει να ληφθούν υπόψη κάποια βασικά κριτήρια, τα οποία αναφέρονται παρακάτω:

1.2.1 Διηλεκτρική Αντοχή

Διηλεκτρική αντοχή (Ed) ενός μονωτικού υλικού εντός ομογενούς πεδίου ορίζεται το πηλίκο της ελάχιστης ενεργού τιμής της τάσης για τη διάσπαση (U_{dmin}) προς την απόσταση των ηλεκτροδίων (d):

$$Ed = U_{dmin} / d \quad (\text{σε Kv / cm}) \quad (1.1)$$

Η τιμή της διηλεκτρικής αντοχής (Ed), αποτελεί κριτήριο επιλογής των διαφόρων μονωτικών υλικών. Η αγώγιμη σύνδεση δύο μονωμένων ηλεκτροδίων μεταξύ τους, μέσω ηλεκτρικής εκκένωσης, ονομάζεται διάσπαση (U_{dmin}). Σε περίπτωση που αυτή συμβεί με εκκένωση στην επιφάνεια ενός στερεού μονωτικού ονομάζεται *επιφανειακή διάσπαση*, ενώ όταν συμβεί στο μέσο ενός στερεού μονωτικού, λέγεται *υπερπήδηση*. [2], [3]

Στην πράξη, όταν υπάρχει τάση για μεγάλο χρονικό διάστημα, προκαλείται εξασθένηση της διηλεκτρικής αντοχής του μονωτικού υλικού, κυρίως εξαιτίας των μερικών

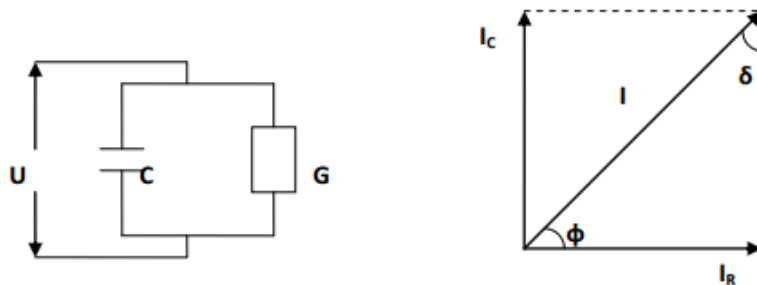
εκκενώσεων. Έτσι όταν υπολογίζονται τα μονωτικά υλικά, η διηλεκτρική αντοχή τους θεωρείται πως είναι περίπου στο 10% της τιμής των δοκιμών.[4]

1.2.2 Συντελεστής Απωλειών

Οπουδήποτε εφαρμόζεται μόνωση και πάνω της επιδρά ηλεκτρικό πεδίο, υπάρχουν πάντοτε απώλειες ενέργειας. Η ενέργεια που απορροφάται στα υλικά μετατρέπεται κατά ένα μεγάλο μέρος σε θερμότητα, η οποία αν δεν αποβληθεί προς το περιβάλλον, θα προκαλέσει την κακή λειτουργία και την πρόωρη καταστροφή της ηλεκτροτεχνικής διάταξης. [4]

Ιδανικός μονωτής ονομάζεται ένα ομοιογενές υλικό που δεν παρουσιάζει απώλειες. Στην πράξη όμως δεν συμβαίνει κάτι τέτοιο (υπάρχουν απώλειες). Έτσι, κάθε μονωτικό υλικό έχει τουλάχιστον ένα ρεύμα διαρροής λόγω της αγωγιμότητάς του, που μπορεί να είναι ελάχιστο. Οι τιμές C και G θεωρούνται σταθερές και ο συντελεστής απωλειών δίνεται από την παρακάτω σχέση: [2]

$$\tan \delta = \frac{I_R}{I_C} = \frac{G}{\omega C} \quad (1.2)$$



Εικόνα 1. 1 – Ισοδύναμο κύκλωμα πυκνωτή C με απώλειες λόγω αγωγιμότητας⁴

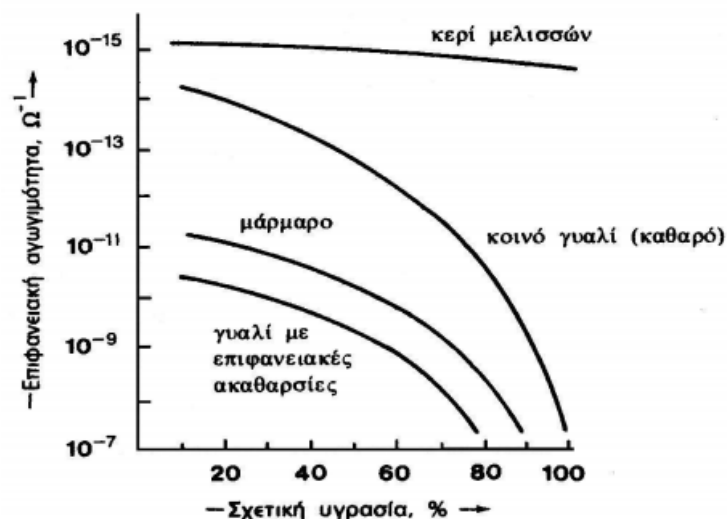
1.2.3 Ειδική Επιφανειακή & Θερμική Αγωγιμότητα

Ειδική αγωγιμότητα ονομάζεται το πολύ σημαντικό εκείνο κριτήριο αξιολόγησης των μονωτικών υλικών, που εκφράζει τους ελεύθερους ηλεκτρικούς φορείς. Η ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα των ηλεκτρομονωτικών υλικών, η οποία είναι εξαιρετικά μικρή, εξαρτάται από τις συνθήκες λειτουργίας τους όπως είναι για παράδειγμα η τιμή πεδιακής έντασης, η θερμοκρασία, η υγρασία κλπ. και η τιμή της είναι μεγαλύτερη από 10¹⁰ [Ωcm]⁻¹. [2]

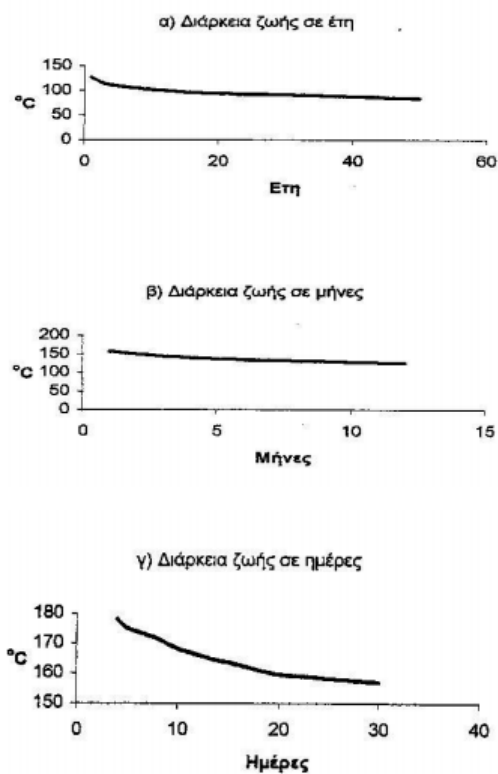
Ως επιφανειακή αγωγιμότητα χαρακτηρίζεται το κριτήριο αξιολόγησης για τη μείωση της διηλεκτρικής αντοχής στην επιφάνεια των στερεών μονωτικών. Η επιφανειακή αγωγιμότητα δεν αποτελεί κάποια σταθερά των μονωτικών υλικών, και αυτό γιατί οι παράγοντες που προκαλούν την αύξηση της ποικίλουν ανάλογα με τις συνθήκες λειτουργίας τους.[2] Η υγρασία του περιβάλλοντος και η ρύπανση της επιφάνειας του σώματος, επηρεάζουν σημαντικά την επιφανειακή αγωγιμότητα. Έτσι όταν η υγρασία στην ατμόσφαιρα ξεπερνά το 70%-80%, η επιφανειακή αγωγιμότητα των περισσότερων σωμάτων αποκτά αξιόλογες τιμές.[4] Το ρεύμα που δημιουργείται από την επιφανειακή αγωγιμότητα των στερεών μονωτικών υλικών λέγεται ρεύμα ερπυσμού και παραμένει σχετικά σταθερό όταν δεν υπάρχει μεταβολή των συνθηκών.

Είναι γενικά παραδεκτό, ότι όσο πιο καλός μονωτής είναι ένα υλικό, τόσο καλύτερες είναι οι θερμομονωτικές του ιδιότητες. Διάφορα φαινόμενα τοπικής αύξησης του αριθμού των ελεύθερων ηλεκτρικών φορέων, σε θέσεις αυξημένης πεδιακής έντασης, σχετίζονται με τη θερμική καταπόνηση των μονωτικών. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ συμβαδίζει με το συντελεστή ηλεκτρικής αγωγιμότητας.[2]

Η διάρκεια ζωής των στερεών μονωτικών υλικών, σχετίζεται με την επίδραση της θερμοκρασίας. Στα γραφήματα της εικόνας 1.3 αναπαριστάται η επίδραση αυτή στη μείωση του χρόνου ζωής του μονωτικού υλικού.[4]



Εικόνα 1. 2 – Μεταβολή επιφανειακής αγωγιμότητας σε συνάρτηση με την καθαρότητα της επιφάνειάς τους και τη σχετική υγρασία στο περιβάλλον



Εικόνα 1. 3 – Διάρκεια ζωής μονωτικού σε σχέση με τη θερμοκρασία

1.2.4 Μηχανική Αντοχή

Σε πολλές εφαρμογές, συχνά ενδιαφέρει η μηχανική αντοχή της όλης κατασκευής. Αυτό συμβαίνει για παράδειγμα κατά το βραχυκύκλωμα, όπου η μηχανική αντοχή επηρεάζει τη διηλεκτρική αντοχή λόγω εξάσκησης μεγάλων δυνάμεων ηλεκτρικής προέλευσης. Αυτές οι δυνάμεις είναι σε θέση να μειώσουν τις αποστάσεις μόνωσης και μπορεί ακόμη να καταστρέψουν τα μονωτικά υλικά, σε περίπτωση που δεν έχουν γίνει οι σωστές επιλογές ως προς τη μηχανική αντοχή των μονώσεων και τη διατήρηση των αποστάσεων μόνωσης γενικότερα.[2], [5]

Πέρα από τα βασικά κριτήρια που περιγράφηκαν παραπάνω, υπάρχουν και κάποια άλλα που καθορίζουν την πυκνότητα, το κόστος, τη χημική σταθερότητα, την αντοχή σε ακτινοβολίες, σε καύση κλπ.[3]

1.3 Βασικά Μονωτικά Υλικά

1.3.1 PVC (Πολυβινυλοχλωρίδιο)

Ένα συνθετικό μονωτικό υλικό που ανήκει στα θερμοπλαστικά υλικά είναι και το PVC. Έχει πολύ καλή μονωτική συμπεριφορά, ενώ δεν επηρεάζεται από την υγρασία. Βασικό πλεονέκτημα του μονωτικού αυτού υλικού είναι το χαμηλό του κόστος, καθώς και η αντοχή του στο νερό, στο λάδι, στη βενζίνη, τα οξέα, ακόμη και στο ηλιακού φωτός. Μειονεκτήματά του είναι ότι σε θερμοκρασίες κάτω από 3⁰ C γίνεται σκληρό και υπάρχει κίνδυνος να εμφάνισης ρωγμών στην επιφάνειά του. Χρησιμοποιείται ευρέως για τη μόνωση αγωγών.[6]

1.3.2 Τεχνητό Καουτσούκ (ελαστικό)

Είναι συνθετικό και έχει καλές μονωτικές ιδιότητες. Ουσιαστικά πλεονεκτήματα είναι πως δεν επηρεάζεται από χαμηλές θερμοκρασίες και από υγρασία. Μειονέκτημα του σε σχέση με το PVC είναι η μικρότερη αντοχή του σε μηχανικές καταπονήσεις. Χρησιμοποιείται επίσης ως υλικό για τη μόνωση αγωγών.[6]

1.3.3 Γυαλί

Είναι ανόργανο και πολύ καλό μονωτικό υλικό. Έχει ως βασικό του συστατικό το διοξείδιο του πυριτίου, μέσα στα πλεονεκτήματά του συμπεριλαμβάνονται το ότι είναι φθηνό, δεν προσβάλλεται από οξέα και υγρασία και είναι στεγανό. Η ευαισθησία του, η μη αντοχή του σε πολύ ψηλές θερμοκρασίες και η δύσκολη κατεργασία του αποτελούν βασικά του μειονεκτήματα. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην κατασκευή μονωτήρων στις γραμμές μεταφοράς και διανομής, λαμπτήρων κλπ.[6]

1.3.4 Πορσελάνη

Αποτελεί μονωτικό υλικό ανόργανο και για να θεωρείται κατάλληλη για ηλεκτρικές εφαρμογές πρέπει να είναι συμπαγής, να αντέχει σε ψηλές θερμοκρασίες, να έχει καλή μηχανική αντοχή και η επιφάνειά της να έχει υποστεί υάλωση. Χρησιμοποιείται στην κατασκευή μονωτήρων, βάσεων ασφαλειών, πυκνωτών.[6]

1.3.5 Ορυκτέλαιο

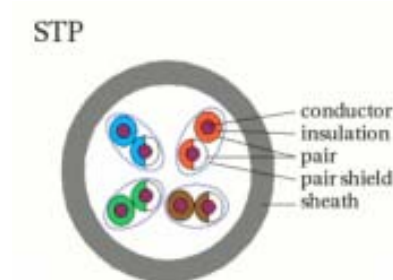
Προέρχεται από την απόσταξη του αργού πετρελαίου και έχει πολύ καλές μονωτικές ιδιότητες. Σημαντικό χαρακτηριστικό τους είναι πως ψύχουν τα ηλεκτρικά υλικά που μονώνουν και τα προστατεύουν από την υγρασία. Προσοχή όμως χρειάζεται σε περίπτωση που πάρει υγρασία το ίδιο το ορυκτέλαιο. Έτσι, πρέπει να υπάρχει ένα είδος συστήματος αφύγρανσης του αέρα που εισέρχεται στο δοχείο του ορυκτελαίου. Βρίσκονται στη μόνωση θαλάμων διακοπών, μετασηματιστών, καλωδίων κλπ.[6]

1.3.6 Πίσσα

Αποτελεί ορυκτό μονωτικό υλικό και παράγεται από την απόσταξη του αργού πετρελαίου ή του λιθάνθρακα. Προστατεύει διάφορες συσκευές και εξαρτήματα από την υγρασία και χρησιμοποιείται για παράδειγμα στα υποθαλάσσια καλώδια κλπ.[6]

1.4 Θωράκιση

Η θωράκιση χρησιμοποιείται στους χώρους όπου υπάρχουν αρκετές ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές (EMI), όπως στα καλώδια υψηλής τάσης και στα μηχανήματα που καταναλώνουν μεγάλες ποσότητες ρεύματος. Ως θωράκιση, μπορεί να ονομαστεί η ημιαγωγίμη στρώση που φέρουν πάνω-κάτω τα καλώδια μέσης τάσης, που αποτελείται από συρματίδια χαλκού ή από μία χάλκινη ταινία κατάλληλης διατομής.[1]



Εικόνα 1. 4 – Καλώδιο STP με θωράκιση

1.5 Ορισμός Εναέριου – Υπόγειου & Υποβρύχιου Δικτύου Καλωδίωσης

1.5.1 Εναέρια Δίκτυα

Είναι τα πλέον χρησιμοποιούμενα δίκτυα στη μεταφορά και τη διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας. Η κατασκευή τους είναι εύκολη, όπως και ο έλεγχος και η συντήρησή τους.[7]

1.5.2 Υπόγεια Δίκτυα

Συνήθως συναντώνται μέσα στις πόλεις για λόγους ασφαλείας αλλά και για λόγους καλαισθησίας. Εφαρμόζονται ευρέως, αν και το κόστος κατασκευής είναι αρκετά μεγάλο. Αύξηση στο κόστος κατασκευής προσδίδουν και τα ειδικά καλώδια και εξαρτήματα που απαιτούνται.[7]

1.5.3 Υποβρύχια Δίκτυα

Συνήθως χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση των νησιών με το Εθνικό δίκτυο. Φυσικά και σε αυτή την περίπτωση χρησιμοποιούνται κατάλληλα υποβρύχια καλώδια.[7]

1.6 Ορισμός Τάσεων καλωδίωσης

1.6.1 Υπερυψηλή Τάση (Υ.Υ.Τ.)

Αφορά τάση 400 KV.

1.6.2 Υπερυψηλή Τάση (Υ.Υ.Τ.)

Αφορά πολική τάση πάνω από 30KV έως 150KV.

1.6.3 Μέση Τάση (Μ.Τ.)

Αφορά πολική τάση από 1 έως 30 KV.

1.6.4 Χαμηλή Τάση (Χ.Τ.)

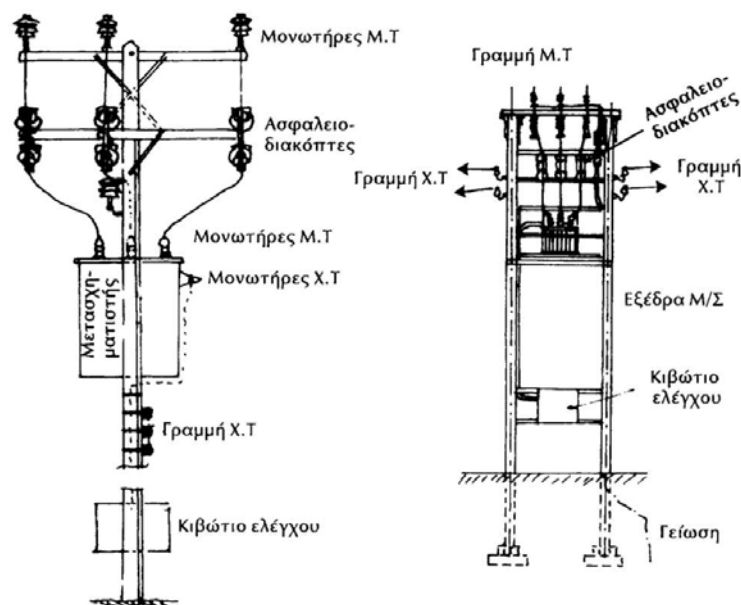
Αφορά πολική τάση έως 1 KV.[7]

1.7 Ορισμός Υποσταθμών Διανομής

Είναι εκείνοι οι σταθμοί, στους οποίους καταλήγουν οι γραμμές μεταφοράς μέσης τάσης. Στην περιοχή εκείνη η μέση τάση μετατρέπεται σε χαμηλή. Οι υποσταθμοί διανομής χαρακτηρίζονται από την ισχύ τους και τον τόπο εγκατάστασης τους σε εναέριους, επίγειους και υπόγειους. Παρακάτω θα περιγραφούν συνοπτικά οι τρεις αυτές κατηγορίες, καθώς κρίνεται σκόπιμο στην εισαγωγική αυτή ενότητα, ο αναγνώστης να κατανοήσει τις έννοιες.

1.7.1 Εναέριοι Υποσταθμοί

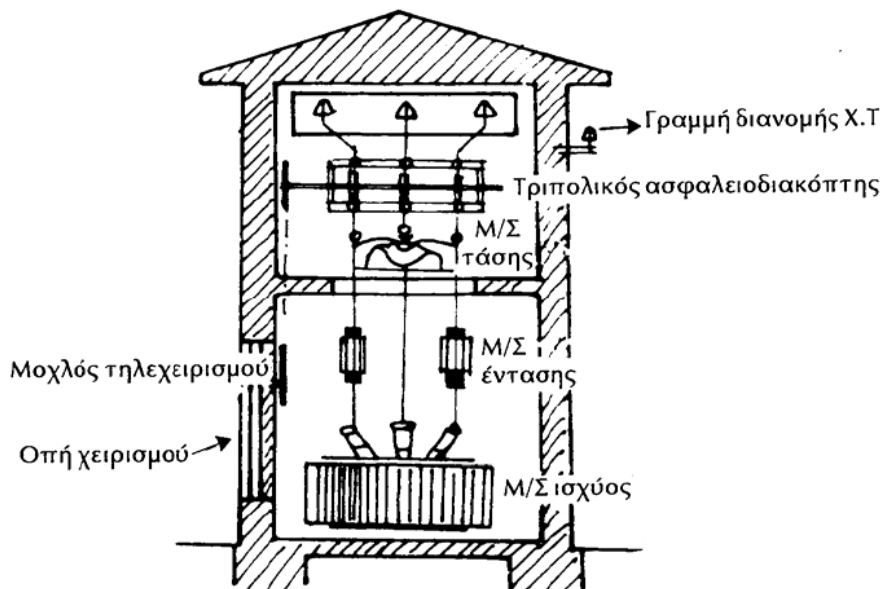
Στους εναέριους σταθμούς, οι μετασχηματιστές, και οι λοιπές εγκαταστάσεις τοποθετούνται πάνω σε στύλους. Οι εν λόγω υποσταθμοί εξυπηρετούν εναέρια δίκτυα μέσης και χαμηλής τάσης. Συνήθως βρίσκονται εκτός κέντρων των πόλεων και θεωρούνται ως το πιο οικονομικό είδος υποσταθμού. Ένας τέτοιος υποσταθμός αναπαριστάται στην Εικόνα 1.5. Ανάλογα με το βάρος της η κατασκευή στηρίζεται σε ένα ή δύο ή το πολύ τέσσερις στύλους, ενώ μία διακλάδωση της γραμμής μέσης τάσης, που στηρίζεται σε μονωτήρες, φθάνει στον μετασχηματιστή. Στη συνέχεια, η χαμηλή τάση οδηγείται σε κιβώτιο με ασφάλειες και όργανα ελέγχου.[8]



Εικόνα 1. 5 – Εναέριοι υποσταθμοί

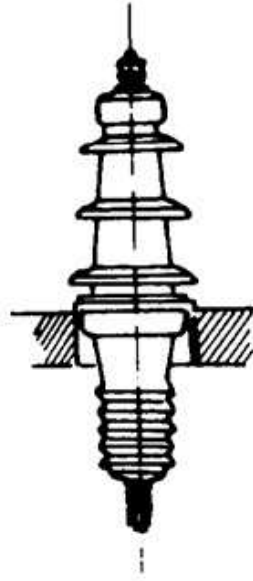
1.7.2 Επίγειοι Υποσταθμοί

Η εγκατάστασή τους γίνεται στην επιφάνεια του εδάφους και εξυπηρετούν μεγάλες ισχύς. Χωρίζονται σε δύο κατηγορίες που είναι οι κλειστοί ή στεγασμένοι και οι ανοικτοί επίγειους υποσταθμοί. Πλεονέκτημα των σταθμών αυτών είναι ότι μπορούν να εξυπηρετήσουν τόσο εναέριες όσο και υπόγειες γραμμές. Οι στεγασμένοι συνήθως εφαρμόζονται σε ειδικά κτίρια ή σε κατάλληλα διαρρυθμισμένους χώρους (Εικόνα 1.6). Οι χώροι αυτοί χωρίζονται σε κυψέλες, ενώ εκτός από τους μετασχηματιστές, στις εγκαταστάσεις συμπεριλαμβάνονται και τα όργανα μέτρησης, τα αλεξικέραυνα, οι διάφοροι διακόπτες και οι ασφάλειες.



Εικόνα 1. 6 – Επίγειοι υποσταθμοί

Οι μονωτήρες διέλευσης, αποτελούν μια μορφή μονωτήρων που χρησιμοποιούνται στους υποσταθμούς και οι οποίοι φαίνονται στην Εικόνα 1.7. η διάταξή τους απαιτεί τη μία πλευρά τους να συνδέεται στη γραμμή, ενώ η άλλη στους ακροδέκτες του μετασχηματιστή. Ο εσωτερικός και εξωτερικός μονωτήρας συνδέονται από μια πλάκα πορσελάνης.

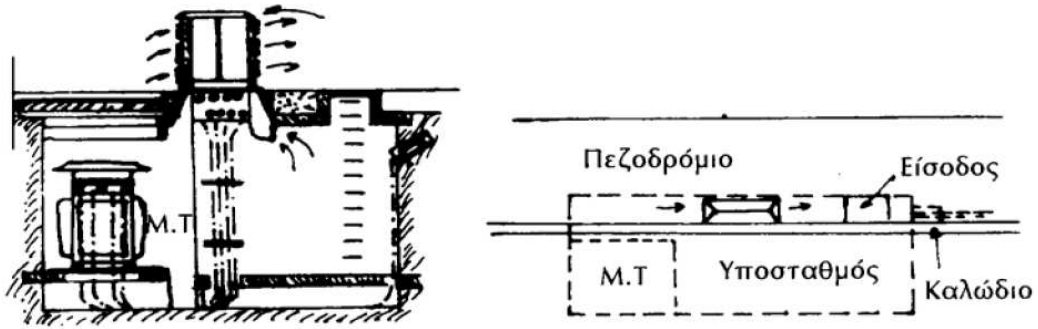


Εικόνα 1. 7 – Μονωτήρας διέλευσης

Για να μπορέσει να διεξαχθεί ο έλεγχος χωρίς ιδιαίτερη δυσκολία, θα πρέπει τα όργανα να είναι τοποθετημένα σε κάποιο άνοιγμα που να είναι εύκολα προσβάσιμο, ενώ ο μετασχηματιστής μπορεί να βρίσκεται σε ράγες. Συνήθως η ισχύς των υπαίθριων επίγειων υποσταθμών είναι πιο μεγάλη από εκείνη των εναέριων και το κόστος τους μικρότερο των στεγασμένων επίγειων υποσταθμών.[8]

1.7.3 Υποβρύχιοι Υποσταθμοί

Οι υποβρύχιοι υποσταθμοί, όπως μαρτυρεί και το όνομά τους, κατασκευάζονται κάτω από την επιφάνεια του εδάφους, και χρησιμοποιούνται για τη δικτύωση των κέντρων των πόλεων, των πλατειών και των πεζοδρομίων. Προβλήματα που παρουσιάζονται σε αυτό τον τύπο υποσταθμών είναι η ψύξη και η στεγανότητα. Ο σχεδιασμός ενός τέτοιου υποσταθμού φαίνεται στην Εικόνα 1.8.



Εικόνα 1. 8 – Υποβρύχιος υποσταθμός

Υποσταθμοί αυτού του τύπου χρησιμοποιούνται για οικονομικούς λόγους, επειδή το τιμολόγιο μέσης τάσης είναι σημαντικά μικρότερο του τιμολογίου χαμηλής τάσης.[8]

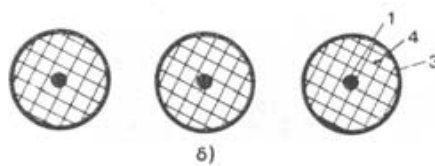
2^ο - ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ΚΑΛΩΔΙΑ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ”

2.1 Τύποι Καλωδίων

Υπάρχουν δύο βασικές κατηγορίες στις οποίες μπορούν να χωριστούν τα καλώδια μέσης τάσης. Έτσι, μπορεί να είναι είτε μονοπολικά ή μονοφασικά είτε τριπολικά ή τριφασικά. Χαρακτηριστικό στοιχείο των μονοπολικών καλωδίων είναι ότι η κάθε μια φάση είναι αυτόνομη και τα τρία καλώδια που απαρτίζουν το τριφασικό σύστημα μπορεί είτε να είναι συνεστραμμένα μεταξύ τους, είτε να εγκαθίστανται ανεξάρτητα το ένα από το άλλο. Τα μονοπολικά καλώδια είναι συνήθως πλαστικά για να είναι πιο εύκαμπτα. Το βασικό πλεονέκτημα της κατηγορίας αυτής είναι πως σε περίπτωση φθοράς κάποιας φάσης, μπορεί εύκολα να γίνει η αντικατάσταση της.[9]

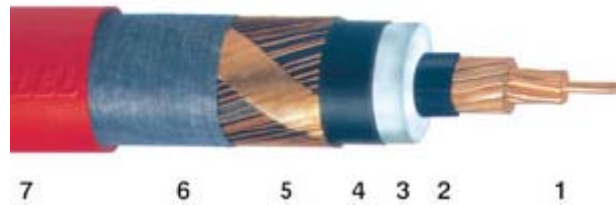
Η διαφορά των τριπολικών καλωδίων σε σχέση με τα μονοπολικά είναι πως μπορεί να αποτελούνται είτε από ένα κοινό περίβλημα (μανδύα) ή να έχει η κάθε μία φάση το δικό της ξεχωριστό περίβλημα. Στην πρώτη περίπτωση του κοινού περιβλήματος (μανδύα), υπάρχει επίσης και ξεχωριστή μόνωση του κάθε καλωδίου. Στη δεύτερη περίπτωση, τα καλώδια έχουν το καθένα τη δική του μόνωση και επάνω από αυτή το δικό τους ξεχωριστό μανδύα. Ένας τρίτος τύπος αυτής της κατηγορίας είναι εκείνα τα καλώδια, που έχουν κοινό μολύβδινο μανδύα, αλλά φέρουν επάνω από τη μόνωση κάθε φάσεως ένα λεπτό διάτρητο μεταλλικό διάφραγμα.[9], [10]



Εικόνα 2. 1- Μονοπολικά καλώδια

Μερικοί τύποι καλωδίων μέσης τάσης απεικονίζονται παρακάτω:[16]

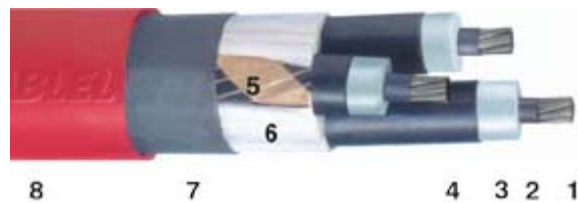
⇒ XLPE / CWS / PVC (2×SY) με ονομαστική τάση 12/20 kV και προδιαγραφές IEC 60502-2



Εικόνα 2. 2 – Μονοπολικό καλώδιο με χάλκινους αγωγούς

1. Πολύκλωνος αγωγός αλουμινίου ή χαλκού.
2. Εσωτερικό ημιαγώγιμο στρώμα XLPE.
3. Μόνωση XLPE.
4. Εξωτερικό ημιαγώγιμο στρώμα XLPE.
5. Ηλεκτρική θωράκιση αποτελούμενη από σύρματα χαλκού τυλιγμένα ελικοειδώς συγκρατούμενα από χάλκινη ταινία τυλιγμένη σε ανοιχτή ελίκωση.
6. Πλαστική ταινία.

⇒ XLPE/CWS/PVC (A2XSEY) με ονομαστική τάση 12/20 kV και προδιαγραφές IEC 60502-2



Εικόνα 2. 3 – Τριπολικό καλώδιο με αγωγούς αλουμινίου

1. Πολύκλωνος αγωγός αλουμινίου ή χαλκού.
2. Εσωτερικό ημιαγώγιμο στρώμα XLPE.
3. Μόνωση XLPE.
4. Εξωτερικό ημιαγώγιμο στρώμα XLPE.
5. Ηλεκτρική θωράκιση αποτελούμενη από σύρματα χαλκού τυλιγμένα ελικοειδώς συγκρατούμενα από χάλκινη ταινία τυλιγμένη σε ανοιχτή ελίκωση.

6. Γεμίσματα από πολυπροπυλένιο.
7. Πλαστικές ταινίες.

2.2 Περιγραφή Τμημάτων των Καλωδίων

Τα τμήματα που απαρτίζουν τα καλώδια μέσης τάσης είναι τα παρακάτω:[9]

- ⇒ Οι αγωγοί: Μπορεί να είναι ένας (μονοπολικά καλώδια) ή τρεις (τριπολικά καλώδια) και είναι φτιαγμένοι από αλουμίνιο ή χαλκό.
- ⇒ Τα ημιαγώγιμα στρώματα: Χρησιμοποιούνται για τη μείωση του ηλεκτρικού πεδίου και την ανύψωση της διηλεκτρικής αντοχής και τοποθετούνται πάνω σε αγωγούς με ανώμαλη επιφάνεια.
- ⇒ Η μόνωση: Συνήθως είναι χαρτί εμποτισμένο με λάδι ή παχύρρευστη μάζα, PVC, PE, XLPE κλπ.
- ⇒ Ο εξωτερικός γειωμένος αγωγός (ή μανδύας): Ένα σχετικά λεπτό στρώμα που δε φέρει μεγάλα ρεύματα, εκτός κι αν υπάρχει η περίπτωση σφαλμάτων.
- ⇒ Η ζώνη μηχανικής ενίσχυσης: Ουσιαστικά είναι ένα περίβλημα από ατσάλινα σύρματα ή ταινίες.
- ⇒ Ο εξωτερικός μανδύας: Ο μανδύας αυτός παρέχει προστασία κατά της υγρασίας και συνήθως είναι φτιαγμένος από συνθετικό (PVC), μόλυβδο ή ίνες γιούτας με πίσσα.

Υπάρχουν όμως και κάποιες διατάξεις οι οποίες συνοδεύουν τα καλώδια κατά την εγκατάσταση και λειτουργία τους:

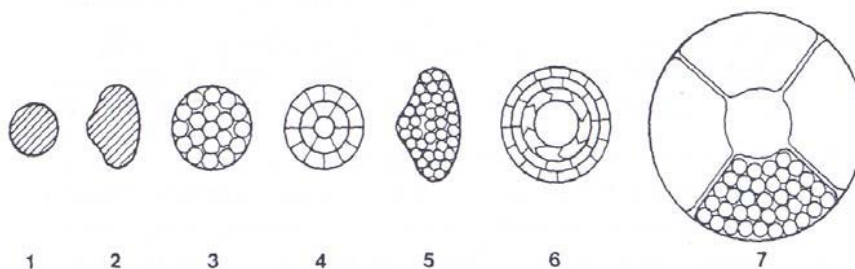
- ⇒ Τα ακροκιβώτια: Εμποδίζουν τη δημιουργία ηλεκτρικών τόξων και τις υπερπηδήσεις και εφαρμόζονται στις άκρες των καλωδίων.
- ⇒ Οι σύνδεσμοι ή μούφες: Χρησιμοποιούνται στη σύνδεση δύο καλωδίων, τις διακλαδώσεις, αλλά και ως παγίδες υδροστατικής πίεσης.
- ⇒ Το σύστημα επιβολής και ελέγχου πίεσης: Εφαρμόζεται στα καλώδια με λάδι ή αέριο υπό πίεση.
- ⇒ Το σύστημα κυκλοφορίας ψυκτικού υγρού: Εφαρμόζεται σε περίπτωση ψύξης με βεβιασμένη κυκλοφορία νερού ή λαδιού.

2.3 Ανάλυση Τμημάτων

2.3.1 Αγωγοί

Το πρώτο αυτό (Εσωτερικό) τμήμα του καλωδίου είναι φτιαγμένο από ηλεκτροτεχνικό χαλκό (E-Cu) ή ηλεκτροτεχνικό αλουμίνιο (E-Al). Τα υλικά αυτά είναι υλικά υψηλής αγωγιμότητας και επιδέχονται μία ειδική επεξεργασία, ώστε να είναι εύκαμπτα. Βασικό μειονέκτημα του χαλκού από τεχνικής απόψεως είναι το βάρος του. Αντιθέτως, το αλουμίνιο είναι πολύ ελαφρύτερο αν και είναι κατώτερο του χαλκού σε αγωγιμότητα και αντοχή.[9], [10], [11]

Η διατομή του αγωγού μπορεί να είναι κυκλική ή να αποτελείται από κυκλικούς τομείς. Όταν υπάρχει ανάγκη δημιουργία αγωγών με μεγάλες διατομές, τότε αυτοί γίνονται πολύκλωνοι. Υπάρχουν επίσης και οι λεγόμενες διατομές κυκλικού τομέα, που χρησιμοποιούνται σε πολυπολικά καλώδια μεγάλων διατομών. Κοίλες και ελλειπτικές διατομές συναντώνται σε καλώδια με μόνωση χαρτιού-λαδιού και εξωτερικής πίεσης. Στη διατομή μορφής κυκλικού τομέα, οι τομείς είναι μεμονωμένοι και οι επί μέρους αγωγοί συνεστραμμένοι. Με τον τρόπο αυτό μειώνεται η αντίσταση στο εναλλασσόμενο ρεύμα σε σχέση με αγωγούς όπου δεν έχουμε μονωμένους τομείς. Αυτό προκύπτει λόγω του επιδερμικού φαινομένου. [9], [10], [11]

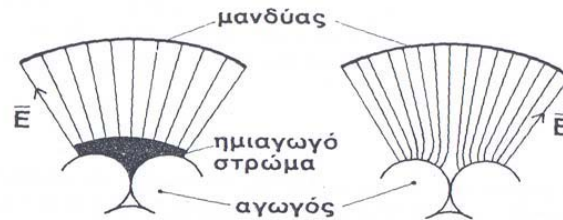


Εικόνα 2. 4 – Αγωγοί καλωδίων

2.3.2 Ημιαγωγήμα Στρώματα

Οι πολύκλωνοι αγωγοί έχουν συνήθως μία πιο ανώμαλη επιφάνεια από ότι οι μονόκλωνοι, έτσι για να μειωθεί η ένταση στην επιφάνεια των πολύκλωνων αγωγών (Πεδιακή ένταση), τοποθετούνται στρώματα από ημιαγωγήμα υλικά, για παράδειγμα χαρτί ή πλαστικά με γραφίτη. Τα στρώματα αυτά βοηθούν ώστε να αποφεύγονται τα κενά μεταξύ

αγωγού και μόνωσης, που ευθύνονται για την σταδιακή καταστροφή της μόνωσης. Ακόμη, είναι απαραίτητα κατά τη δημιουργία βραχυκυκλωμάτων ώστε να μειώνουν τις θερμικές και μηχανικές φθορές της μόνωσης.[9]



Εικόνα 2. 5 – Επίδραση εξομαλυντικών στρωμάτων στη μορφή του ηλεκτρικού πεδίου ενός πολύκλωνου αγωγού

2.3.3 Μόνωση

Το πάχος της μόνωσης χαρακτηρίζει και την ηλεκτρική αντοχή του καλωδίου σε τάση και ένταση, αλλά και τη μέγιστη συνεχή ή την παροδικά επιτρεπόμενη θερμοκρασία. Ο τύπος της μόνωσης επιλέγεται ανάλογα με την εφαρμογή και αφού ληφθούν υπόψη οι ηλεκτρικές, θερμικές και μηχανικές ιδιότητες του καλωδίου, η ευκαμψία του και η μηχανική του αντοχή. Η ικανότητα μόνωσης ενός καλωδίου δίνεται κατά VDE 0271 από τις ονομαστικές τάσεις μεταξύ αγωγού και γης (U_0) και μεταξύ αγωγών και φάσεων (UN).[5]

Τα πιο συνηθισμένα μονωτικά υλικά που χρησιμοποιούνται στα καλώδια μέσης τάσης είναι το χαρτί, το χαρτί που είναι ποτισμένο με λάδι.

2.3.4 Μανδύας

Ο μανδύας είναι ουσιαστικά ένας γειωμένος αγωγός, που έχει ως σκοπό να παρέχει προστασία στους φέροντες τάση αγωγούς. Επίσης έχει συχνά και το ρόλο προστατευτικού στρώματος κατά της εισβολής της υγρασίας ή άλλων χημικών επιδράσεων από έξω προς τη μόνωση. Συνήθως είναι φτιαγμένος από μόλυβδο ή αλουμίνιο. Όταν κατασκευάζονται από αλουμίνιο, το καλώδιο αποκτά και μηχανική αντοχή έναντι εξωτερικών αιτίων. Το ίδιο όμως δεν συμβαίνει στην περίπτωση που το βασικό υλικό είναι ο μόλυβδος. Πλεονεκτήματα όμως του μολύβδου είναι η ευκαμψία του, το γεγονός πως είναι αδιάβροχο υλικό και επίσης το ότι αντέχει σε χημικές επιδράσεις του εδάφους. Όμως, βασικό του μειονέκτημα είναι πως δεν αντέχει σε κραδασμούς και μπορεί εύκολα να ραγίσει. Σε αντίθεση το αλουμίνιο έχει

αυξημένη αντοχή στους κραδασμούς, υψηλότερη μηχανική αντοχή και αγωγιμότητα σε σχέση με το μόλυβδο. Στα μειονεκτήματά του συγκαταλέγεται η ακαμψία και η ευαισθησία του στη διάβρωση. Οι μεταλλικοί μανδύες των καλωδίων μπορούν να γειωθούν τουλάχιστον στο ένα άκρο τους, αλλά η πιο συνηθισμένη εφαρμογή είναι οι μεταλλικοί μανδύες να γειώνονται και στα δύο τους άκρα και να βραχυκυκλώνονται. Μία ακόμη τεχνική που χρησιμοποιείται είναι η λεγόμενη τεχνική διασταύρωσης των μεταλλικών μανδύων ή αλλιώς Cross Bonding, όπου ο μεταλλικός μανδύας κάθε μονοπολικού καλωδίου χωρίζεται σε τρία μέρη (ή πολ/σια του τρία) που είναι μονωμένα μεταξύ τους με κατάλληλες μούφες.[9], [10], [12], [13]

2.3.5 Ζώνη Μηχανικής Ενίσχυσης

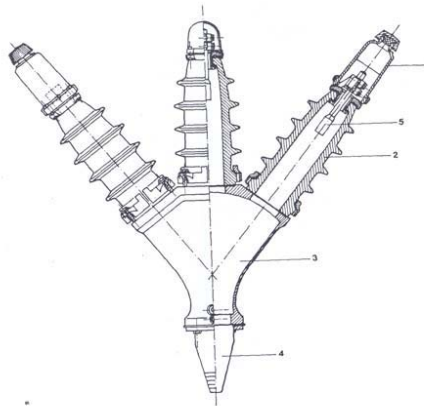
Τα καλώδια μπορεί να καταπονούνται σε ειδικές περιπτώσεις μηχανικά και να καταστραφούν αν δεν έχουν κατάλληλη μηχανική ενίσχυση. Σε κάθε περίπτωση τέτοιας καταπόνησης πρέπει να εξασφαλιστεί από τον κατασκευαστή ότι το καλώδιο είναι κατάλληλο για τέτοιες καταπονήσεις. Η προστασία του καλωδίου μπορεί να επιτευχθεί χρησιμοποιώντας χαλύβδινες ταινίες ή χαλύβδινα σύρματα. Οι χαλύβδινες ταινίες τοποθετούνται πάνω από το μανδύα, έχουν μερικά εκατοστά πλάτος, είναι τυλιγμένες αντίστροφα η μία ως προς την άλλη και επικαλύπτει η μία τα κενά της άλλης. Το πάχος τους εκλέγεται ανάλογα με τη διάμετρό του καλωδίου και είναι της τάξης του 0,1-1mm. Ανάμεσα στην ενίσχυση και στον μολύβδινο εξωτερικό αγωγό τοποθετούνται στρώματα από πλαστικές ταινίες και ίνες με πίσσα, ώστε να υπάρχει προστασία του μανδύα του καλωδίου.[9], [14]

2.3.6 Εξωτερικός Μανδύας

Ο εξωτερικός μανδύας προστατεύει το καλώδιο και τα υπόλοιπα εσωτερικά μέρη του από τη διάβρωση και την υγρασία. Έτσι, χρησιμοποιούνται στρώματα από συνθετικά υλικά ή ίνες εμποτισμένες με πίσσα, οι οποίες είναι ίνες φυτικές (γιούτα) ή υάλινες ή συνθετικές, που μεταξύ τους παρεμβάλλονται πλαστικές ταινίες. Οι μεταλλικοί μανδύες περιβάλλονται με αυτοβουλκανιζόμενες, αυτοκόλλητες ταινίες και ακολούθως συμπιέζεται πάνω τους ένας μανδύας χωρίς ραφή, από PVC ή πολυαιθυλένιο. [9], [10]

2.3.7 Ακροκεφαλές

Η σύνδεση των τμημάτων των καλωδίων μεταξύ τους πρέπει να γίνεται πολύ προσεκτικά ώστε να εξασφαλισθεί η αποφυγή ασθενών σημείων στο εσωτερικών των συνδέσμων κατά μήκος της καλωδιακής γραμμής. Η ίδια προσοχή όμως πρέπει να λαμβάνεται και κατά τη σύνδεση των καλωδίων στα τερματικά άκρα όπου συνδέονται οι διάφορες εγκαταστάσεις οι οποίες πρόκειται να τροφοδοτηθούν από τα καλώδια. Οι ακροκεφαλές αποτρέπουν την είσοδο υγρασίας και ρύπων της ατμόσφαιρας στο καλώδιο και είναι φτιαγμένες από διάφορα υλικά ανάλογα με τη χρήση, όπως από ελαστικό σιλικόνης για τους εσωτερικούς χώρους, από πορσελάνη συνήθως για τους εξωτερικούς χώρους ή από ρητίνες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν και στις δύο περιπτώσεις. [13]



Εικόνα 2. 6 – Ακροκεφαλή λαδιού MT20kV

Το καλώδιο απογυμνώνεται από το εξωτερικό περίβλημα και τη μηχανική ενίσχυση και ο μανδύας του συγκολλείται στην ακροκεφαλή. Στη συνέχεια, αφαιρείται ο μανδύας από την άκρη του καλωδίου που βρίσκεται μέσα στην ακροκεφαλή. Το εσωτερικό της ακροκεφαλής αποτελείται από λάδι, που λειτουργεί ως μόνωση. [9] [10]

2.3.8 Σύνδεσμοι ή Μούφες

Η σύνδεση των καλωδίων και τα σημεία διακλαδώσεων γίνονται με τη χρήση ειδικών εξαρτημάτων που ονομάζονται μούφες ή σύνδεσμοι. Πολλές φορές βρίσκονται κάτω από το έδαφος οπότε πρέπει να είναι σε θέση να αντέχουν στις επιδράσεις του εδάφους και να εξασφαλίζουν στεγανότητα στην είσοδο υγρασίας και αντοχής στην τάση. Υπάρχουν μούφες διαφόρων ειδών όπως αρσενικές, θηλυκές, εύκαμπτες αλλά και απλές. [14]

2.4 Πρότυπα Καλωδίων

Υπάρχουν πρότυπα διαφόρων τύπων όσον αφορά τα καλώδια. Μερικά από αυτά είναι και τα παρακάτω:[15]

- ⇒ Εναρμονισμένα πρότυπα, αναγνωρίζονται από το χαρακτηριστικό “H”.
- ⇒ Πρότυπα της IEC, τα οποία εκδίδει η International Electrotechnical Commission.
- ⇒ Εθνικά πρότυπα, μη αναγνωρισμένα από την ευρωπαϊκή επιτροπή της CENELEC, αναγνωρίζονται από το χαρακτηριστικό “CC-N”.
- ⇒ Εθνικά πρότυπα, αναγνωρισμένα από την ευρωπαϊκή επιτροπή της CENELEC, αναγνωρίζονται από το χαρακτηριστικό “A”.
- ⇒ Πρότυπα κατασκευαστή.

2.5 Εγκατάσταση Καλωδίων

Η εγκατάσταση των καλωδίων μπορεί να γίνει με πολλές διαφορετικές μεθόδους ανάλογα με την εφαρμογή. Έτσι μπορεί να είναι εναέρια, στο έδαφος, στη θάλασσα (υποβρύχια), πάνω σε δάπεδο ή πάνω σε τοίχο.[14]

Μέσα στο έδαφος, η εγκατάσταση μπορεί να γίνει σε διάφορα βάθη, είτε κάτω από πεζοδρόμια είτε κάτω από οδοστρώματα.[10] Πάνω από την εγκατάσταση τοποθετείται λεπτόκοκκο χώμα, το οποίο δεν περιέχει πέτρες και για την μόνωση από τη θερμότητα αλλά και την αποφυγή τραυματισμού των καλωδίων. Άλλοι τρόποι τοποθέτησης καλωδίων στη γη είναι μέσα από κανάλια από μπετόν ή χαλύβδινους σωλήνες, ή μέσα σε τούνελ. Σε περιπτώσεις που η εγκατάσταση των καλωδίων γίνεται μέσα σε οχετούς ή σήραγγες, πρέπει να αερίζονται με φυσικά ή με τεχνητό τρόπο.[10], [12]

2.6 Ζυγοί & Μπάρες Μέσης Τάσης

Οι ζυγοί που χρησιμοποιούνται στηρίζονται σε μονωτήρες εσωτερικού χώρου που συνήθως είναι φτιαγμένοι από ειδικό υλικό που ονομάζεται εποξειδική ρητίνη. Το μέγεθος τους αλλά και το μέγεθος από τις μπάρες που τους συνοδεύουν είναι ανάλογο με την εκάστοτε εφαρμογή, ώστε να αντέχουν σε τυχόν βραχυκυκλώματα αλλά και στο ρεύμα συνεχούς φορτίου. Το υλικό που χρησιμοποιείται για να κατασκευαστούν αυτές οι μπάρες είναι συνήθως ο χαλκός.[1]

2.7 Διακόπτες Ισχύος Μέσης Τάσης

Διακόπτες αυτού του είδους είναι και:

- ⇒ Οι διακόπτες πτωχού ελαίου.
- ⇒ Οι διακόπτες κενού.

Για να επιλεγθεί όμως το είδος που θα χρησιμοποιηθεί πρέπει να ληφθούν υπόψη κάποιοι παράγοντες που είναι οι παρακάτω:

- ⇒ Η ονομαστική τάση.
- ⇒ Το ονομαστικό ρεύμα.
- ⇒ Το θερμικό ρεύμα
- ⇒ Η συχνότητα διακοπής (κύκλοι λειτουργίας/ώρα)
- ⇒ Το ονομαστικό ρεύμα απόζευξης σε βραχυκύκλωμα.
- ⇒ Ο τρόπος λειτουργίας.
- ⇒ Ο τρόπος ενεργοποίησης.

Υπάρχουν όμως και κάποιοι μηχανισμοί απόζευξης όσον αφορά τους διακόπτες ισχύος, που αναφέρονται παρακάτω:

1. Έμμεσος μηχανισμός απόζευξης σε έλλειψη τάσης με τον οποίο γίνεται αυτόματα η απόζευξη του διακόπτη όταν η τάση του δικτύου πέσει κάτω από κάποια τιμή.
2. Έμμεσος μηχανισμός απόζευξης συνδεδεμένος με τον μετασχηματιστή.
3. Άμεσος μηχανισμός απόζευξης.
4. Στους διακόπτες ισχύος είναι δυνατή η ρύθμιση του μεγέθους του ρεύματος στο οποίο θα γίνει η απόζευξη λόγω μεγαλύτερου ρεύματος ή βραχυκυκλώματος καθώς και της χρονικής καθυστέρησης που μεσολαβεί από την στιγμή εμφάνισης του ρεύματος αυτού μέχρι τη στιγμή που θα συμβεί η απόζευξη.[1]

2.8 Ασφάλειες Μέσης Τάσης

Οι εν λόγω ασφάλειες χρησιμοποιούνται για την προστασία του συστήματος σε περίπτωση βραχυκυκλώματος. Όταν ενεργοποιηθεί η ασφάλεια κρίνεται απαραίτητο να υπάρχει κάποιου είδους ένδειξη (ηλεκτρική ή μηχανική) μέσω βοηθητικού διακόπτη. Επίσης οι ασφάλειες μέσης τάσης χρησιμοποιούνται για να προστατεύσουν ένα κύκλωμα όταν σε

αυτό υπάρχει υπερφόρτιση που διαρκεί αρκετή ώρα. Οι ασφάλειες μέσης τάσης χωρίζονται σε δυο βασικές κατηγορίες:

1. Στις ασφάλειες σκόνης, οι οποίες αποτελούνται από ένα κύλινδρο από πορσελάνη μέσα στον οποίο υπάρχει το τηκτό (άργυρος τυλιγμένος γύρω από κεραμικό υλικό) και η σκόνη χαλαζία.
2. Στις ασφάλειες εκτόνωσης, που είναι ένας μονωτικός κυλινδρικός σωλήνας μέσα στον οποίο βρίσκεται ένας αγωγός, το τηκτό. Το τηκτό είναι τανυσμένο με ελατήριο ενώ ο σωλήνας είναι ανοιχτός πάνω και κάτω. Εσωτερικά του σωλήνα υπάρχει στρώμα από βορικό οξύ.



Εικόνα 2. 7 – βασικά μέρη μίας ασφάλειας σκόνης



Εικόνα 2. 8 – Ασφάλεια εκτόνωσης πάνω στη βάση σε κατάσταση λειτουργίας

Οι ασφάλειες έχουν την ικανότητα, λόγω κατασκευής, να μειώσουν το μέγιστο ρεύμα βραχυκύκλωσης. Όταν χρησιμοποιούνται για προστασία του μετασχηματιστή, η επιλογή τους γίνεται με βάση την τάση λειτουργίας και την ισχύ του μετασχηματιστή.[1]

3^ο - ΚΕΦΑΛΑΙΟ

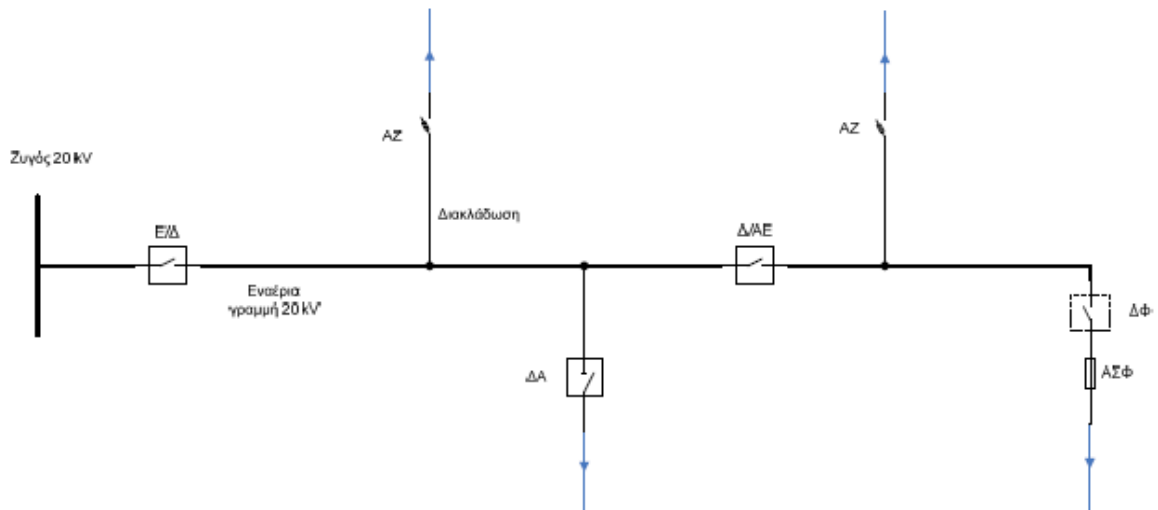
“ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΚΑΙ ΕΠΙΣΚΕΥΗ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ”

3.1 Καλώδια Μέσης Τάσης

Σε περιπτώσεις που το περιβάλλον (φυσικό ή τεχνητό) δεν προσφέρεται για εναέρια μεταφορά ή σε περιπτώσεις ύπαρξης μεγάλων ανοιγμάτων που δεν μπορούν να στηριχθούν αγωγοί, η διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας επιτυγχάνεται με καλώδια. Ωστόσο, αυτές οι καλωδιακές γραμμές είναι δύσκολο να συντηρηθούν, ενώ το κόστος κατασκευής τους είναι αρκετά υψηλό. Τα καλώδια, αντίθετα με τους απλούς μονωμένους αγωγούς μπορούν να ενταφιασθούν ή να ποντισθούν, χωρίς να επηρεάζεται η λειτουργία τους. Οι υπόγειες γραμμές κοστίζουν πολύ περισσότερο από τις εναέριας και η εγκατάστασή τους δικαιολογείται μόνο όταν τίθενται λόγοι ασφαλείας, σημαντικοί λόγοι αισθητικής του περιβάλλοντος, ή δυσχέρειες στην εξεύρεση ζωνών διέλευσης και είναι ανέφικτη η μεταφορά με εναέρια γραμμές. Συνθήκες τέτοιου είδους επικρατούν συνήθως στις πόλεις και στις κατοικήσιμες περιοχές γενικότερα. [15]

3.1.1 Εναέρια Δίκτυα Μέσης Τάσης

Μία μορφή εναέριου δικτύου Μέσης Τάσης μπορεί να είναι σαν και αυτή που παρουσιάζεται στην Εικόνα 3.1. Σε μια γραμμή μέσης τάσης η οποία ξεκινάει από τα 20kV, διακρίνεται ο κορμός και οι διακλαδώσεις της. Στην Εικόνα 3.1, ο κορμός είναι η κάθετη πιο σκούρη γραμμή στην αριστερή πλευρά, ενώ οι διακλαδώσεις με την λεπτή. Ο κορμός συνήθως προστατεύεται από έναν ή περισσότερους αυτόματους διακόπτες. Επίσης προστατεύεται από έναν διακόπτη ισχύος με κύκλους επαναφοράς, ο οποίος ονομάζεται διακόπτης αναχώρησης. Αυτός όμως, σε μια γραμμή μεγάλου μήκους, δεν μπορεί να αντιληφθεί τα σφάλματα στο τέλος της. Για το λόγο αυτό, χρησιμοποιείται ένας ακόμη διακόπτης έξω από τον υποσταθμό, σε κάποιο σημείο της γραμμής.



Εικόνα 3. 1 – Εναέρια γραμμή μέσης τάσης

Ε/Δ: Ελαιοδιακόπτης, Δ/ΑΕ: Διακόπτης Αυτόματης Επαναφοράς, ΔΑ: διακόπτης απομόνωσης, ΔΦ: Διακόπτης φορτίου, ΑΖ: Ασφαλειοαποζεύκτης, ΑΣΦ: Ασφάλεια.

Τα χαρακτηριστικά του διακόπτη αυτού είναι Ισχύος και ονομάζεται Διακόπτης Αυτόματης Επαναφοράς (Δ/ΑΕ). Με αυτόν σε περίπτωση σφάλματος αποσυνδέεται ένα μικρότερο κομμάτι της γραμμής και έτσι οι καταναλωτές που βγαίνουν εκτός είναι πολύ λιγότεροι. Ο όρος ΔΙ ίσως να είναι και άγνωστος σε τεχνικά συνεργεία ΜΤ της Δ.Ε.Η και δεν χρησιμοποιείται για έναν συγκεκριμένο τύπο διακόπτη.

Στα σημεία που χωρίζονται οι εναέρια γραμμές (διακλαδώσεις), η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού χρησιμοποιεί πολλές φορές ασφαλειοαποζεύκτη (Α/Ζ) ή ΔΑ ή ΔΦ σε συνδυασμό με ασφάλεια. Η μέγιστη τιμή της ασφάλειας που είναι 30Τ Α. Μόνο όταν πριν από την ασφάλεια υπάρχει ένας ΔΑ/Ε, τότε η τιμή της γίνεται 20 η 15Α.

Σε περίπτωση που το φορτίο κατανάλωσης δεν μπορεί να καλυφθεί από τις ασφάλειες 30,20,15Α τότε ως πρέπει να χρησιμοποιηθεί ΔΑ ή ΔΦ ως προστασία, συμπεριλαμβάνοντας και μία ασφάλεια για την προστασία από σφάλματα (ένταση γύρω στα 40Α). [31]

3.1.2 Αμιγή Υπόγεια Δίκτυα

Για να μπορέσουν να τροφοδοτηθούν κατάλληλα οι πυκνοκατοικημένες περιοχές ή ακόμη και οι περιοχές στις οποίες υπάρχει αρχαιολογικό ή τουριστικό ενδιαφέρον, χρησιμοποιούνται τα λεγόμενα υπόγεια δίκτυα Διανομής ενέργειας, ώστε να μην εμπλέκονται στο φυσικό περιβάλλον των περιοχών αυτών. Αυτός ο τύπος δικτύων είναι πιο

ασφαλής αφού τα καλώδια είναι κρυμμένα και δεν επηρεάζονται εύκολα από εξωτερικούς παράγοντες. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να είναι πιο ανθεκτικά και να μπορούν να χρησιμοποιηθούν μακροπρόθεσμα χωρίς ιδιαίτερες απαιτήσεις συντήρησης. Το μειονέκτημα είναι πως κοστίζουν περισσότερο λόγω της κατασκευής τους. Ανάλογα με το μέγεθος του ΜΣ 20/0,4Kv που υπάρχει στους Υποσταθμούς ΜΤ/ΧΤ, τα υπόγεια δίκτυα διαιρούνται σε δύο κατηγορίες: [31]

1. Στην πρώτη κατηγορία (Y1), υπάρχουν υποσταθμοί διανομής με ΜΣ 1000kVA ή 2 x 630kVA.
2. Στη δεύτερη κατηγορία (Y2), υπάρχουν υποσταθμοί διανομής με ΜΣ 630kVA.

Υπάρχουν όμως και περιπτώσεις δικτύων που περιλαμβάνουν γραμμές, οι οποίες δεν είναι μόνο υπόγειες αλλά κάποια τμήματα τους είναι εναέρια. Δίκτυα τέτοιου είδους ονομάζονται *μικτά*. Στα μικτά δίκτυα κάθε μία από τις κατηγορίες που είδαμε παραπάνω, διαιρείται σε 2 υποκατηγορίες σύμφωνα με το μέσο προστασίας στον υποσταθμό διανομής. Αυτές οι υποκατηγορίες ονομάζονται σύμφωνα με τις κατηγορίες στις οποίες ανήκουν σε **Y1 A**, **Y1 B** για την πρώτη κατηγορία, και οι **Y2 A**, **Y2 B** για τη δεύτερη κατηγορία.

Σαν πλεονέκτημα των υπογείων καλωδίων μπορεί να ληφθεί το γεγονός ότι δημιουργούν ένα σύστημα γειώσεων με αρκετά χαμηλές τιμές αντίστασης και επομένως δεν απαιτείται προστασία στα μεταλλικά μέρη του υποσταθμού. Επίσης στα υπόγεια καλώδια δεν υπάρχει κίνδυνος πτώσης κεραυνού. [31]

3.1.3 Μικτά Υπόγεια Δίκτυα

Στα μικτά υπόγεια δίκτυα υπάρχει αυτόματη επαναφορά στο Ε/Δ. Το γεγονός αυτό αποτελεί και μία από τις βασικές διαφορές στον καθορισμό προστασίας του δικτύου. Σε περιπτώσεις μικτών δικτύων, όπου οι γραμμές όπως αναφέρθηκε είναι υπόγειες αλλά κάποια τμήματά τους μπορεί να είναι εναέρια, τότε δεν μπορεί να αγνοηθεί η προστασία των καταναλωτών από τάσεις επαφής. Έτσι θεωρείται πως υπάρχει αντίσταση γείωσης των ΥΣ ΜΤ/ΧΤ 2Ω , και ότι η τιμή γείωση των μεταλλικών, όπου υπάρχει εναέριο δίκτυο, πρέπει να είναι μικρότερη από 40Ω . Ενώ στα υπόγεια δίκτυα δεν υπάρχουν παροδικά σφάλματα, στα εναέρια τμήματα του δικτύου μπορεί να συμβούν. Τα σφάλματα αυτά υπάρχει σημαντική περίπτωση να μετατραπούν σε μόνιμα. Τα μήκη των δικτύων, υπόγειων και εναέριων είναι μικρά άρα τα ρεύματα σε περίπτωση σφάλματος είναι μεγάλα. Αυτό απαιτεί τον περιορισμό

των καταπονήσεων του δικτύου στο ελάχιστο. Πρέπει οπότε να υπάρχει η αυτόματη επαναφορά στον ΕΔ, όπως και στοιχείο στιγμιαίας λειτουργίας (ΣΛ). [31]

3.1.4 Υποβρύχια Δίκτυα

Τρεις είναι οι τύποι εγκαταστάσεων στις οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα υποβρύχια καλώδια:

1. Σε διαβάσεις ποταμών ή διαδρομών με σχετικά ρηγά νερά.
2. Σε εγκαταστάσεις που απαιτούνται μεγαλύτερα υποβρύχια καλώδια, δηλαδή σε περιπτώσεις διασύνδεσης ακτής με ακτή και νησιού με την ηπειρωτική χώρα κλπ. Τις περισσότερες φορές τα καλώδια βρίσκονται μέσα σε βαθιά νερά και διασχίζουν δρόμους καραβιών και ζώνες αλιείας.
3. Μεταξύ πλατφορμών, πλατφορμών και ενοτήτων βυθού ή μεταξύ μιας ακτής και μιας πλατφόρμας εξόρυξης πετρελαίου ή φυσικού αερίου, όπου αυτά τα καλώδια απλώνονται και τοποθετούνται σε βάθη πάνω από 200 m.

Τα υποβρύχια καλώδια, λόγω του ότι εγκαθίστανται σε περιβάλλοντα με εντελώς διαφορετικές συνθήκες σε σχέση με τα καλώδια στεριάς, είναι απαραίτητο να σχεδιαστούν έτσι ώστε να αντέχουν τις περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν σε κάθε διαδρομή στην οποία θα τεθούν προς εγκατάσταση. Τα πιο συνηθισμένα υποβρύχια καλώδια που είναι κατάλληλα για εγκατάσταση είναι κυρίως στερεή εμποτισμένη μάζα τύπου χαρτιού ή είναι καλώδια γεμισμένα υγρό ή αέριο ή ακόμη και πολυμερικά καλώδια. Τα τελευταία, όπως και τα θερμοπλαστικά μονωμένα καλώδια χρησιμοποιούνται συνήθως για τον έλεγχο και για εφαρμογές σε όργανα. [36]

3.1.5 Τηλέλεγχος & Αυτοματοποίηση των Δικτύων Μέσης Τάσης

Τα Κέντρα Ελέγχου Δικτύων Διανομής, αποτελούν τα κύρια σημεία για τον τηλε-έλεγχο και την αυτοματοποίηση των δικτύων Μέσης Τάσης. Αυτά τα Κέντρα είναι τοπικής εμβέλειας και τα τελευταία χρόνια υπάρχει τάση μείωσης του πλήθους τους, ενώ αυξάνονται τα δίκτυα ελέγχου.

Η επικοινωνία των Κέντρων Ελέγχου με τον εξοπλισμό που ελέγχουν γίνεται είτε μέσα από τα δημόσια τηλεπικοινωνιακά δίκτυα, είτε μέσα από τηλεπικοινωνιακά δίκτυα που ανήκουν στις ηλεκτρικές επιχειρήσεις. Οι τηλεπικοινωνιακές γραμμές συνήθως χρησιμοποιούνται για τον τηλεέλεγχο. [26]

Οι πληροφορίες σχετικά με τη Μέση Τάση η οποίες μεταβιβάζονται αυτόματα από τον εξοπλισμό προστασίας και λειτουργίας των υποσταθμών Υψηλής Τάσης στα Κέντρα Ελέγχου Δικτύων, [28] είναι:

- ⇒ Θέση διακοπών ισχύος των αναχωρήσεων
- ⇒ Θέση διακοπών φορτίου και αποζευκτών
- ⇒ Λειτουργία ηλεκτρονόμων

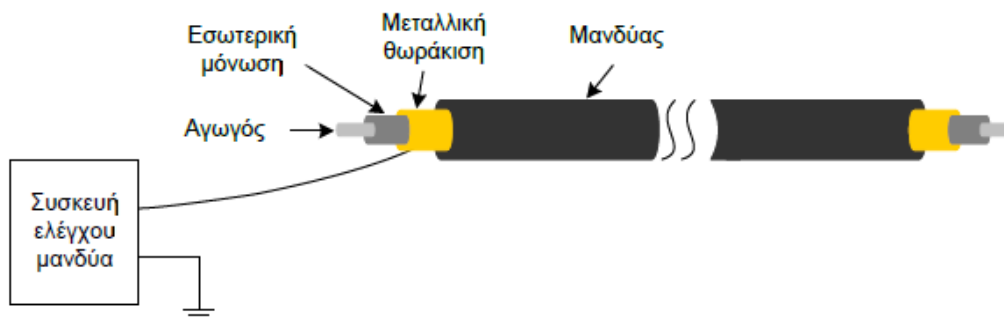
Ακόμη, μεταβιβάζονται πληροφορίες όσον αφορά την ανίχνευση σφάλματος, δίνοντας στοιχεία για τον τύπο και την αιτία του σφάλματος, καθώς και στοιχεία μετρήσεων για την τάση των ζυγών Μέσης Τάσης, το ρεύμα των αναχωρήσεων, και άλλα. Οι πληροφορίες σχετικά με τον εξοπλισμό προστασίας και λειτουργίας που είναι εγκατεστημένος σε άλλες θέσεις των γραμμών Μέσης Τάσης, οι οποίες μεταβιβάζονται στα Κέντρα Ελέγχου Δικτύων, αφορούν στην κατάσταση που βρίσκονται οι διακόπτες φορτίου και στην ενεργοποίηση των ενδεικτικών διέλευσης σφάλματος. [26]

Οι εντολές λειτουργίας των διακοπών ισχύος των αναχωρήσεων και άλλων στοιχείων των υποσταθμών Υψηλής προς Μέση Τάση (διακοπών ζεύξης ζυγών κλπ) και άλλες που έχουν αναφερθεί μέχρι στιγμής αποτελούν τους τηλεχειρισμούς του συστήματος λειτουργίας.

Το σύστημα τηλεελέγχου αποτελείται με τη σειρά του από τους τηλεχειρισμούς που μπορούν να γίνουν και από τις ενδείξεις που μπορούν να μεταβιβαστούν στα Κέντρα Ελέγχου Δικτύων, από τα πρωτόκολλα επικοινωνίας κλπ.[26] Το ζητούμενο είναι να επεκταθεί το σύστημα τηλεελέγχου, λόγω του ότι η βαρύτητα που δίνεται στην ποιότητα παρεχόμενης ενέργειας είναι συνεχώς αυξανόμενη. Άλλοι λόγοι επέκτασης του συστήματος είναι η μείωση του κόστους λειτουργίας των δικτύων, η αντιμετώπιση βλαβών κλπ. Το λογισμικό διαχείρισης σφαλμάτων βοηθά σημαντικά στην αυτόματη απομόνωση του σφάλματος και στην τροφοδότηση των τμημάτων της γραμμής που δεν έχουν σφάλμα, χωρίς την ανθρώπινη παρέμβαση αλλά χρησιμοποιώντας τηλεχειρισμό των διακοπτικών στοιχείων. [26]

3.2 Δοκιμές σε Καλώδια Μέσης Τάσης

Η δοκιμή των καλωδίων μέσης τάσης όσον αφορά τον έλεγχο του μανδύα, εφαρμόζεται μετά την εγκατάστασή τους [17], με συνεχή τάση. Η υψηλή αυτή και συνεχής τάση, μεταξύ της γης και της μεταλλικής θωράκισης έχει τιμή από 3kV έως 5kV, ανάλογα με το υλικό κατασκευής του μανδύα του καλωδίου (π.χ. πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC) ή πολυαιθυλένιο (PE)). Η δοκιμή διαρκεί τουλάχιστον 1 λεπτό, ενώ ο μανδύας πρέπει να διατηρείται άθικτος κατά την εφαρμογή (Εικόνα 3.1).



Εικόνα 3. 2 – Πειραματική διάταξη ελέγχου μανδύα με συνεχή τάση

Φυσικό είναι ο έλεγχος του μανδύα να πραγματοποιείται κατά την αρχική τοποθέτηση του καλωδίου, πριν τοποθετηθούν τα ακροκιβώτια και οι μούφες. Αν ο έλεγχος είναι επιτυχής και δεν παρουσιαστεί κάποιο πρόβλημα, γίνεται η ολοκλήρωση της τοποθέτησης του καλωδίου. Σε αντίθετη περίπτωση, θα πρέπει να εντοπιστεί το σημείο με το σφάλμα και να επιδιορθωθεί. Στη δοκιμή του μανδύα παρατηρούνται συνήθως τα πιο πολλά σφάλματα των καλωδίων που μπορεί να οφείλονται:

1. σε λανθασμένη τοποθέτηση του καλωδίου είτε γιατί:
 - ⇒ τα καλώδια δεν έχουν σκεπαστεί με άμμο
 - ⇒ τα καλώδια χτυπήθηκαν από πέτρες
 - ⇒ τα καλώδια δεν έχουν περαστεί σωστά
 - ⇒ ή έχουν εγκατασταθεί σε περίοδο επικράτησης πολύ χαμηλών θερμοκρασιών
2. Πιο σπάνια τα σφάλματα μπορεί να οφείλονται σε:
 - ⇒ ελαττωματικά καλώδια
 - ⇒ πλήγωμα του καλωδίου κατά τη μεταφορά από το εργοστάσιο

Υπάρχουν όμως και κάποια σφάλματα που γίνονται κατά τη δοκιμή του μανδύα, και αυτά μπορεί να είναι:

1. η εσφαλμένη επιλογή τάσης
2. η παράληψη σύνδεσης του ακροδέκτη επιστροφής στον αγωγό γείωσης
3. ο μη εντοπισμός των θέσεων των σφαλμάτων και η μη πραγματοποίηση αυτών.

Κανονισμοί που αναφέρονται στις δοκιμές με εφαρμογή υψηλής τάσης πολύ χαμηλής συχνότητας είναι αυτοί της CENELEC [18] και της IEEE [19]. Αυτοί οι κανονισμοί δεν επιτρέπουν την εφαρμογή υψηλής συνεχούς τάσης σε καλώδια μέσης τάσης που είναι κατασκευασμένα από πλαστική μόνωση, γιατί η εφαρμογή αυτή:

- ⇒ αδυνατεί να εντοπίσει πολλούς τύπους αλλοίωσης της μόνωσης και
- ⇒ μπορεί να ενεργοποιήσει διάφορες εστίες εμφάνισης νέων σφαλμάτων, εξαιτίας της μεγάλης διάρκειας εφαρμογής ισχυρών φορτίων, που μπορεί να είναι ξένα σωματίδια ή κοιλότητες που δημιουργούνται κατά την έκχυση του μονωτικού υλικού.

Είναι πλέον αποδεδειγμένο [20] ότι, η εφαρμογή τάσης VLF σε περιπτώσεις καλωδίων πλαστικής μόνωσης δεν προκαλεί καμία καταπόνηση στο μονωτικό υλικό. Ο χρόνος της δοκιμής VLF κυμαίνεται από 15 έως 60 min κατά IEEE [19] και 60min κατά CENELEC [18]. Στις VLF δοκιμές χρησιμοποιούνται εναλλασσόμενες τάσεις, ημιτονοειδούς ή συνημιτονοειδούς-ορθογώνιας μορφής, συχνότητας από 0,01Hz έως 1Hz. Η συχνότητα που χρησιμοποιείται συνήθως είναι 0,1Hz. [21]

Οι δοκιμές των καλωδίων χρήζουν ιδιαίτερης σπουδαιότητας πρώτον γιατί υπάρχει απαίτηση μεγάλης διάρκειας ζωής και δεύτερον γιατί η επισκευή μίας σύνδεσης καλωδίων είναι μία πολύ πολύπλοκη διαδικασία. Οι δοκιμές όμως των καλωδίων διακρίνονται σε κάποιες κατηγορίες που είναι οι εξείς: [15]

- ⇒ **Δοκιμές σειράς**, που μετρούν την αντίσταση στο συνεχές ρεύμα, την ποιότητα του αγωγού, εφαρμόζουν δοκιμές υπό τάση, δοκιμές μερικών εκκενώσεων, αλλά και μετρήσεις του συντελεστή απωλειών σε σχέση με την τάση.
- ⇒ **Δοκιμές δειγματοληψίας**. Σχετίζονται με μετρήσεις που αφορούν τις διαστάσεις του καλωδίου, όπως η διάμετρος των στρωμάτων και το πάχος της μόνωσης του καλωδίου.
- ⇒ **Δοκιμές σχεδίασης**. Εφαρμόζονται στην κατασκευή του καλωδίου καθώς και μετά από αλλαγή κάποιου υλικού. Στις δοκιμές αυτού του τύπου γίνεται μέτρηση των

διαστάσεων, των ιδιοτήτων των υλικών και των δοκιμών γήρανσης σε κάποιο καλώδιο.

- ⇒ **Δοκιμές τύπου.** Χωρίζονται σε ηλεκτρικές δοκιμές και μηχανικές δοκιμές τύπου και πραγματοποιούνται σε δείγματα καλωδίων.
- ⇒ **Δοκιμές μετά την εγκατάσταση.** Θεωρητικά, μπορούν να γίνουν με συνεχές ή εναλλασσόμενο ρεύμα. Όμως συνήθως γίνονται τέτοιες δοκιμές με συνεχές ρεύμα, που η πηγή είναι μικρών διαστάσεων και μπορεί εύκολα να μεταφερθεί. [22], [15]

3.2.1 Δοκιμές μετά την εγκατάσταση

Όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη ενότητα, τα καλώδια μέσης τάσης, για τον έλεγχο του μανδύα, δοκιμάζονται μετά την εγκατάσταση [23] με συνεχή τάση. Για να εφαρμοστούν δοκιμές με εναλλασσόμενη τάση, απαιτούνται συσκευές μεγάλης ισχύος και όγκου, που είναι δύσκολο να μεταφερθούν το κόστος τους είναι εξαιρετικά υψηλό. Όσο πιο χαμηλή είναι η συχνότητα, τόσο πιο μικρό είναι το ρεύμα και η ισχύς που απαιτούνται για τη δοκιμή υψηλών χωρητικότητων.

Η αύξηση της συχνότητας μειώνει γραμμικά την τάση διάσπασης σε λογαριθμική κλίμακα συχνότητας. Η τάση αυτή διάσπασης σε περιπτώσεις που δεν υπάρχουν μηχανικές βλάβες, είναι περίπου 200% πιο μεγάλη στα 0,1Hz σε σχέση με τα 50Hz. Το σημαντικό σε αυτό το σημείο είναι να γνωρίζουμε τον βαθμός φθοράς της μόνωσης, καθώς και το πόσο αυτός επιτρέπει τη συνέχιση της λειτουργίας του καλωδίου. Συνεπώς, το αποτέλεσμα της δοκιμής πρέπει να χαρακτηρίζεται από την ποιότητα και όχι από την ποσότητα. [24].

Οι δοκιμές αυτού του τύπου συμπεριλαμβάνουν: [15]

1. **Τη δοκιμή συνεχούς τάσης στα μεταλλικά περιβλήματα.** Μεταξύ μανδύα του καλωδίου και γης.
2. **Τη δοκιμή μόνωσης.** Η δοκιμή αυτή αφορά:
 - ⇒ **Δοκιμή AC.** Εναλλασσόμενη τάση για 5 λεπτά μεταξύ αγωγού και μεταλλικού περιβλήματος.
 - ⇒ **Δοκιμή DC.** Συνεχής τάση ίση με $4U_0$ για 15 λεπτά.

3.2.2 Δοκιμές VLF

Οι δοκιμές VLF εφαρμόζονται προκειμένου να διαπιστωθεί:

- ⇒ αν κατά την εγκατάσταση του, το καλώδιο, έχει υποστεί μηχανικές καταπονήσεις που μπορεί να επηρεάσουν την ηλεκτρική του συμπεριφορά και τις ιδιότητες της μόνωσης.
- ⇒ αν ήταν επιτυχής η τοποθέτηση των ενδιάμεσων συνδέσμων και των ακροκιβωτίων τερματισμού.

Οι VLF δοκιμές κατηγοριοποιούνται σε *δοκιμές αντοχής* και σε *διαγνωστικές δοκιμές*. Στην πρώτη κατηγορία, η μόνωση του καλωδίου πρέπει να αντέξει σε μια συγκεκριμένη τάση, για ένα συγκεκριμένο χρόνο, χωρίς να καταστραφεί η μόνωση (διάτρηση). Αυτός ο τύπος δοκιμής θεωρείται καταστρεπτικός. Στην δεύτερη κατηγορία, οι δοκιμές διαπιστώνουν την κατάσταση και μετρούν το βαθμό φθοράς του καλωδίου. Αυτές οι δοκιμές δεν θεωρούνται καταστρεπτικές.

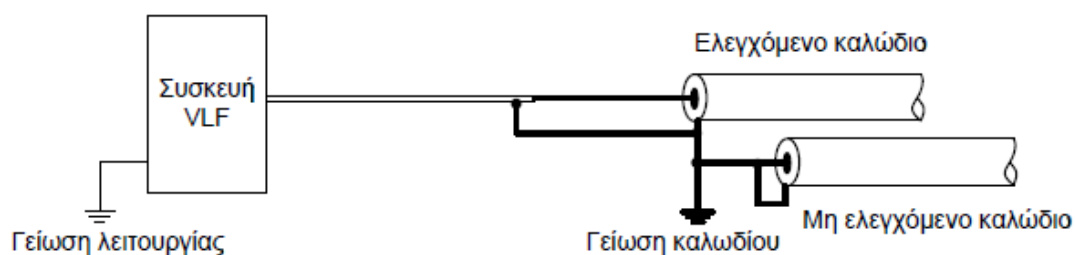
Οι VLF δοκιμές αντοχής αφορούν τη:[15]

- ⇒ δοκιμή με τάση συνημιτονοειδούς-ορθογώνιας μορφής
- ⇒ δοκιμή με τάση ημιτονοειδούς μορφής
- ⇒ δοκιμή με τάση διπολικής ορθογώνιας μορφής
- ⇒ δοκιμή με θετικές και αρνητικές βηματικές DC τάσεις

Οι VLF διαγνωστικές δοκιμές αφορούν τη:

- ⇒ μέτρηση του συντελεστή απωλειών $\tan\delta$ (VLF-DF)
- ⇒ μέτρηση των μερικών εκκενώσεων (VLF-PD)
- ⇒ διηλεκτρική φασματοσκοπία
- ⇒ μέτρηση του ρεύματος διαρροής και απωλειών

Ο έλεγχος των καλωδίων, είναι απαραίτητος πριν την τελική παραλαβή και χρήση τους, με τη νέα μεθοδολογία εναλλασσόμενης τάσης πολύ χαμηλής συχνότητας (VLF). Καλώδια με μηχανικές βλάβες και υδάτινους δενδρίτες παρουσιάζουν σφάλματα (π.χ. μπορεί να σκάσουν) στην ίδια, περίπου, τάση, είτε με τάση VLF, είτε με εναλλασσόμενη τάση βιομηχανικής συχνότητας. Όταν τα καλώδια έχουν εγκατασταθεί, εφαρμόζεται η δοκιμή διηλεκτρικής αντοχής της μόνωσης, χρησιμοποιώντας εναλλασσόμενη τάση $2U_0$ ή VLF τιμής $3U_0$ [18], όπου U_0 η ονομαστική φασική τάση του καλωδίου [19]. Στην Εικόνα 3.2 αναπαριστάται ο τρόπος συνδεσμολογίας της διάταξης για τη δοκιμή αντοχής VLF.[21]



Εικόνα 3. 3 – Πειραματική διάταξη με VLF τάση

3.2.3 Παράμετροι Δοκιμών VLF

Όταν εφαρμόζεται μία δοκιμή VLF, σε κάποιο σημείο της μόνωσης εμφανίζεται ένας ηλεκτρικός δενδρίτης, ο οποίος προκαλεί διάτρηση της μόνωσης. Τα επίπεδα της VLF τάσης δοκιμής και ο χρόνος δοκιμής έχουν καθοριστεί για τη VLF δοκιμή με τάση συνημιτονοειδούς-ορθογώνιας μορφής και τη VLF δοκιμή με τάση ημιτονοειδούς μορφής. Τα επίπεδα τάσης είναι $2U_0$ έως $3U_0$ και φαίνονται στους παρακάτω πίνακες.[15]

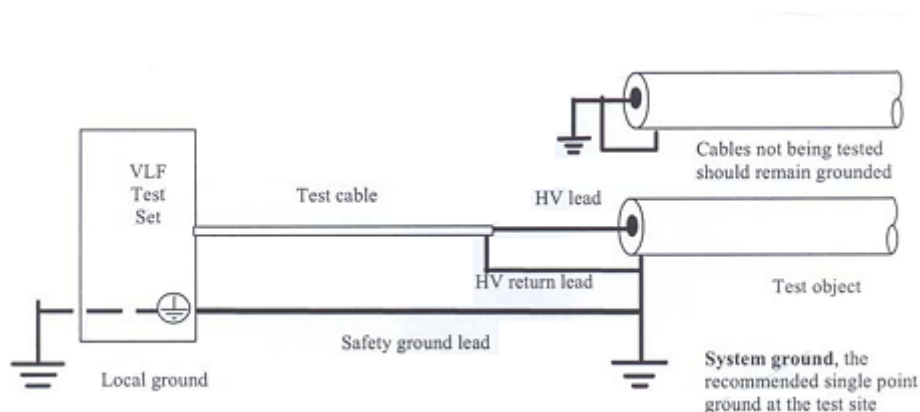
Πίνακας 3. 1 – Τάσεις δοκιμής VLF για συνημιτονοειδή-ορθογώνια κυματομορφή

Πολική καλωδίου	τάση	Εγκατάσταση (φασική)		Αποδοχή (φασική)		Συντήρηση (φασική)	
		Rms voltage	Voltage/peak	Rms voltage	Voltage/peak	Rms voltage	Voltage/peak
5		12		14		10	
8		16		18		14	
15		25		28		22	
25		38		44		33	
35		55		62		47	

Πίνακας 3. 2 – Τάσεις δοκιμής VLF για ημιτονοειδή κυματομορφή

Πολική καλωδίου	τάση	Εγκατάσταση (φασική)		Αποδοχή (φασική)		Συντήρηση (φασική)	
		Rms voltage	Voltage/peak	Rms voltage	Voltage/peak	Rms voltage	Voltage/peak
5		9 (13)		10 (14)		7 (10)	
8		11 (16)		13 (18)		10 (14)	
15		18 (25)		20 (28)		16 (22)	
25		27 (38)		31 (44)		23 (33)	
35		39 (55)		44 (62)		33 (47)	

Για να δοκιμαστούν στην πράξη υψηλές χωρητικότητες χρησιμοποιώντας εναλλασσόμενη τάση, πρέπει αυτή να είναι πολύ χαμηλής συχνότητας. Έτσι, με χαμηλή συχνότητα, θα απαιτείται μικρότερο ρεύμα αλλά και ισχύς για τη δοκιμή υψηλών χωρητικότητων. Ως παράδειγμα, μπορούμε να θεωρήσουμε ένα καλώδιο 15kV, το οποίο έχει χωρητικότητα 0,1μF. Η χωρητική εμπέδηση ($X_c = 1/2\pi fC$) στα 60Hz θα είναι 2653Ω, ενώ για να ελεγχθεί το καλώδιο εφαρμόζοντας τάση ίση με 22kV απαιτούνται 8,3A ή 183kVA. Λαμβάνοντας υπόψη τα 0,1Hz, η χωρητική εμπέδηση είναι 1,6MΩ και για την ίδια δοκιμή απαιτούνται 14mA ή 0,302kVA, που σημαίνει 600 λιγότερο από ότι στα 60Hz. [15]



Εικόνα 3. 4 – Σχηματική διάταξη δοκιμών VLF

3.3 Σφάλματα στα Δίκτυα Μέσης Τάσης

Όταν γίνεται αναφορά στον όρο «σφάλμα» και όταν ο όρος αυτός αναφέρεται σε δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας, τότε δηλώνεται η:

- ⇒ Μη επιθυμητή αποκατάσταση της αγωγίμης διαδρομής μεταξύ στοιχείων του δικτύου που κάτω από κανονικές συνθήκες λειτουργίας, βρίσκονται σε διαφορετικό δυναμικό. Ακόμη, η αγωγή διαδρομή μπορεί να είναι μεταξύ στοιχείων του δικτύου και της γης.
- ⇒ Μη επιθυμητή διακοπή της αγωγίμης διαδρομής ενός στοιχείου του δικτύου ή μεταξύ στοιχείων του δικτύου που κάτω από κανονικές συνθήκες λειτουργίας, συνδέονται μεταξύ τους (π.χ. αποσύνδεση γέφυρας). Σφάλματα τέτοιου είδους είναι πολύ πιο σπάνια.

Πολλές φορές τέτοια σφάλματα μπορεί να έχουν δυσμενείς επιπτώσεις τόσο στις ίδιες τις εγκαταστάσεις όσο και στα πρόσωπα που μπορεί να βρίσκονται κοντά. Για παράδειγμα, μπορεί να υπάρξει κίνδυνος ηλεκτροπληξίας, πυρκαγιάς, καταστροφής εξοπλισμού, καθώς και προβλήματα στην ποιότητα της παρεχόμενης ενέργειας όπως βυθίσεις τάσης, διακοπές ηλεκτροδότησης κλπ. Έτσι, κρίνεται σκόπιμο να λαμβάνονται μέτρα αντιμετώπισής τους.

Για να προσδιοριστούν και να αντιμετωπιστούν κατάλληλα τα σφάλματα αυτά, πρέπει να κατηγοριοποιηθούν, να αναλυθούν τα χαρακτηριστικά της κάθε κατηγορίας και να ληφθεί υπόψη η συχνότητα εμφάνισης των σφαλμάτων κάθε κατηγορίας. Τόσο τα χαρακτηριστικά των σφαλμάτων όσο και η στατιστική τους, στα δίκτυα Μέσης Τάσης, επηρεάζονται από τη μέθοδο γείωσης τους. [15]

3.3.1 Είδη Σφαλμάτων στα Δίκτυα Μέσης Τάσης

Τα σφάλματα δικτύων Μέσης Τάσης χωρίζονται σε:

- ⇒ Μονοφασικά προς τη γη και
- ⇒ Πολυφασικά (με ή χωρίς γη)

Οι παραπάνω κατηγορίες, σύμφωνα με τη διάρκεια που παραμένουν στα δίκτυα διακρίνονται στα: [26]

- ⇒ Παροδικά. Σφάλματα μιας γραμμής που την θέτουν εκτός λειτουργίας για μερικά δευτερόλεπτα. Μπορεί να προκληθούν, εξαιτίας ισχυρών ανέμων, ίσως από ένα κλαδί

δένδρου που θα ακουμπήσει τον αγωγό για κάποια δευτερόλεπτα. Μετά το πέρας αυτού του χρόνου η γραμμή ξαναμπαίνει σε λειτουργία χωρίς επέμβαση από την αρμόδια επιχείρηση ηλεκτρικής ενέργειας. [8]

Με τις εξής υποομάδες:

- *Αυτοαποσβενόμενα*, που εξαλείφονται ακόμη και αν δεν υπάρξει διακοπή της τάσης του δικτύου.
- *Κυρίως παροδικά*, που εξαλείφονται με στιγμιαία διακοπή της τάσης.
- *Ημιμόνιμα*, τα οποία απαιτούν διακοπή μεγαλύτερης διάρκειας από ένα δευτερόλεπτο.

⇒ Μόνιμα. Σφάλματα μιας γραμμής μεταφοράς, τα οποία την θέτουν μόνιμα εκτός λειτουργίας. Στην περίπτωση αυτή επεμβαίνει συνεργείο της εκάστοτε εταιρίας (π.χ. Δ.Ε.Η.), ώστε να εντοπιστεί η βλάβη στην συγκεκριμένη γραμμή. Στην συνέχεια επισκευάζεται και η γραμμή τίθεται η γραμμή και πάλι σε λειτουργία. Τα σφάλματα αυτά είναι πολύ σημαντικά και παραμένουν, ανεξάρτητα από την ύπαρξη διακοπής τάσης. [8]

⇒ Παραμένοντα σφάλματα. Σφάλματα μιας γραμμής μεταφοράς που ορίζονται ως μία ενδιάμεση κατάσταση μεταξύ μόνιμου και παροδικού σφάλματος. Εμφανίζονται όταν η γραμμή μεταφοράς υψηλής τάσης είναι εκτός (μόνιμο σφάλμα), ενώ μετά από κάποιο χρονικό διάστημα, και χωρίς την επέμβαση της επιχείρησης ηλεκτροδότησης, ξαναμπαίνει στο δίκτυο (παροδικό σφάλμα). [8]

⇒ Διαλείποντα σφάλματα. Παροδικά, που δεν εξαλείφονται οριστικά, αλλά επανεμφανίζονται κατά διαστήματα και προκαλούν μεγαλύτερες διηλεκτρικές καταπονήσεις από ότι τα μόνιμα, εξαιτίας των μεταβατικών υπερτάσεων.

Τέλος, τα χαρακτηριστικά των σφαλμάτων επηρεάζονται ακόμη και από το είδος του δικτύου (π.χ. εναέριο, υπόγειο ή υποβρύχιο δίκτυο). [26]

3.3.1.1 Μονοφασικά Σφάλματα προς τη γη στα Εναέρια Δίκτυα

Σε αυτόν τον τύπο δικτύων τα σφάλματα είναι πιο συχνά σε σύγκριση με τα υπόγεια, και αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι είναι περισσότερο εκτεθειμένα σε περιβαλλοντικές επιδράσεις, ανθρώπινες παρεμβάσεις κλπ. Παρόλα αυτά, η ανίχνυσή τους είναι πιο εύκολη.

Στα εναέρια δίκτυα, τα περισσότερα σφάλματα δημιουργούν ηλεκτρικό τόξο προς τη γη (arcing faults). Υπάρχουν κάποιοι παράγοντες που επηρεάζουν τη δυνατότητα σβέσης τόξου ισχύος στον αέρα και αυτοί είναι:[26]

- ⇒ Η ένταση του ρεύματος του τόξου. Δίκτυα με περιορισμένη ένταση του ρεύματος σφάλματος προς γη έχουν μεγαλύτερη ικανότητα αυτοαπόσβεσης τόξων.
- ⇒ Η τάση επανάκτησης. Εξαιτίας της σβέσης τόξου, το σύστημα μηδενικής ακολουθίας απενεργοποιείται και η τάση της φάσης με σφάλμα προς γη, επανέρχεται στην τιμή που είχε κατά την κανονική λειτουργία του δικτύου.
- ⇒ Η αντίσταση σφάλματος. Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή της, τόσο περιορίζει την ένταση του ρεύματος σφάλματος.

Στα δίκτυα Μέσης Τάσης, η αντίσταση των σφαλμάτων προς γη εμφανίζει συχνά υψηλές τιμές και πολύ σπάνια προσεγγίζει το μηδέν: Μεγάλο ποσοστό των σφαλμάτων σχετίζονται με τις επαφές των αγωγών σε δέντρα και έχουν συνήθως μεγάλη αντίσταση, κυρίως όταν το είναι πολύ παγωμένο το έδαφος που μειώνεται η αγωγιμότητά του. Σφάλματα δημιουργούνται όμως και από αγωγούς που έχουν πέσει στο έδαφος, οι οποίοι ανάλογα με τις περιστάσεις, μπορεί να παρουσιάζουν μικρότερη ή μεγαλύτερη αντίσταση. [26]

Η αντίσταση του σφάλματος περιλαμβάνει και την αντίσταση του ηλεκτρικού τόξου. Η αντίσταση αυτή, όπως έχει προκύψει από πειραματική διερεύνηση [27], είναι τόσο μεγαλύτερη, όσο μεγαλύτερο είναι το μήκος τόξου και όσο μικρότερο είναι το ρεύμα σφάλματος. Κατά συνέπεια, μέθοδοι γείωσης του ουδετέρου που περιορίζουν το ρεύμα σφάλματος έχουν ως αποτέλεσμα να εμφανίζονται μεγαλύτερες τιμές αντίστασης σφάλματος.

Τα σφάλματα προς γη στα εναέρια δίκτυα Μέσης Τάσης γενικά, διακρίνονται σε δύο κατηγορίες, σύμφωνα με την αντίσταση σφάλματος:[26]

- ⇒ Στα σφάλματα με αντιστάσεις που δεν υπερβαίνουν τις λίγες δεκάδες Ohm (π.χ. 5 ή 50 Ω) και η απομόνωση των σφαλμάτων αυτών είναι επιθυμητή.
- ⇒ Στα σφάλματα με μεγαλύτερες αντιστάσεις, συνήθως αντιστάσεις της τάξης των χιλιάδων Ohm. Στην κατηγορία αυτή, η ανύψωση του δυναμικού του ουδετέρου είναι συνήθως πολύ μικρή, και το δίκτυο μπορεί να λειτουργεί ενώ το σφάλμα διατηρείται. Έτσι η ανίχνευση και ο εντοπισμός των σφαλμάτων παρουσιάζει δυσκολίες.

Τις περισσότερες φορές, στις έρευνες που είναι σχετικές με την προστασία δικτύων, για τον υπολογισμό του μέγιστου ρεύματος του σφάλματος, λαμβάνεται μηδενική αντίσταση σφάλματος προς γη και μηδενική αντίσταση εδάφους.

3.3.1.2 Πολυφασικά Σφάλματα στα Εναέρια Δίκτυα

Στα εν λόγω δίκτυα, συχνά η αντίσταση των πολυφασικών σφαλμάτων έχει τιμές που προσεγγίζουν το μηδέν. Παρόλα αυτά υπάρχουν περιπτώσεις που η αντίσταση των πολυφασικών σφαλμάτων είναι υψηλή, σε περίπτωση για παράδειγμα επαφής κλαδιού δέντρου με τους βραχίονες των υποστυλωμάτων. Τα χαρακτηριστικά των πολυφασικών σφαλμάτων και η αντιμετώπισή τους από το δίκτυο, είναι ανεξάρτητα από το σύστημα γείωσης του ουδετέρου. [26]

3.3.1.3 Σφάλματα στα Υπόγεια Δίκτυα

Όσον αφορά τα υπόγεια δίκτυα, ο μηχανισμός αυτοαπόσβεσης σφαλμάτων με τόξο προς τη γη δεν έχει τα ίδια αποτελέσματα με τα εναέρια δίκτυα, και ο λόγος είναι πως η βλάβη της μόνωσης στα καλώδια είναι κατά κάποιο τρόπο οριστική. Σε περίπτωση ύπαρξης αυτοαπόσβεσης του τόξου, θα εμφανιστεί αστοχία της μόνωσης, με αποτέλεσμα την επανέναυση του τόξου.

Επαναλαμβανόμενες μεταβατικές υπερτάσεις προκαλούνται από σφάλματα με επανέναυση:[26]

- ⇒ στη θέση του σφάλματος, με κίνδυνο να επεκταθεί η υποβάθμιση της μόνωσης και να εξελιχτεί το μονοφασικό σφάλμα σε τριφασικό.
- ⇒ στις φάσεις χωρίς σφάλμα, στις γαλβανικά συνδεδεμένες αναχωρήσεις με την αναχώρηση με σφάλμα. Σε αυτή την περίπτωση υπάρχει κίνδυνος πρόκλησης σφάλματος σε θέσεις όπου παρατηρείται υποβάθμιση της μόνωσης.

Ο κίνδυνος «διάδοσης» σφάλματος εξαρτάται από το πλάτος και τον ρυθμό ανόδου των μεταβατικών υπερτάσεων. Μεγαλώνει, όσο μεγαλώνει και το πλάτος. Ακόμη, σχετίζεται και με το πλήθος των σφαλμάτων που αυτοαποσβένονται, καθώς και από τη μέθοδο γείωσης του ουδετέρου.

Είναι επιθυμητό, τα σφάλματα προς γη και προς τα υπόγεια καλώδια να εντοπίζονται και να απομονώνονται έγκαιρα, πριν «διαδοθούν» και σε άλλες θέσεις του δικτύου. Παρόλα αυτά, η ανίχνευση και ο εντοπισμός τέτοιων σφαλμάτων είναι δυσχερής. Για το λόγο αυτό, χρησιμοποιείται ένας εναλλακτικός τρόπος αντιμετώπισης τέτοιων σφαλμάτων, που είναι η έγχυση ρεύματος στον ουδέτερο κόμβο, και αντισταθμίζει ολοκληρωτικά το παραμένον ρεύμα, ώστε να αδρανοποιηθεί ο μηχανισμός επανέντασης του σφάλματος. [26]

3.3.1.4 Σφάλματα στα Υποβρύχια Δίκτυα

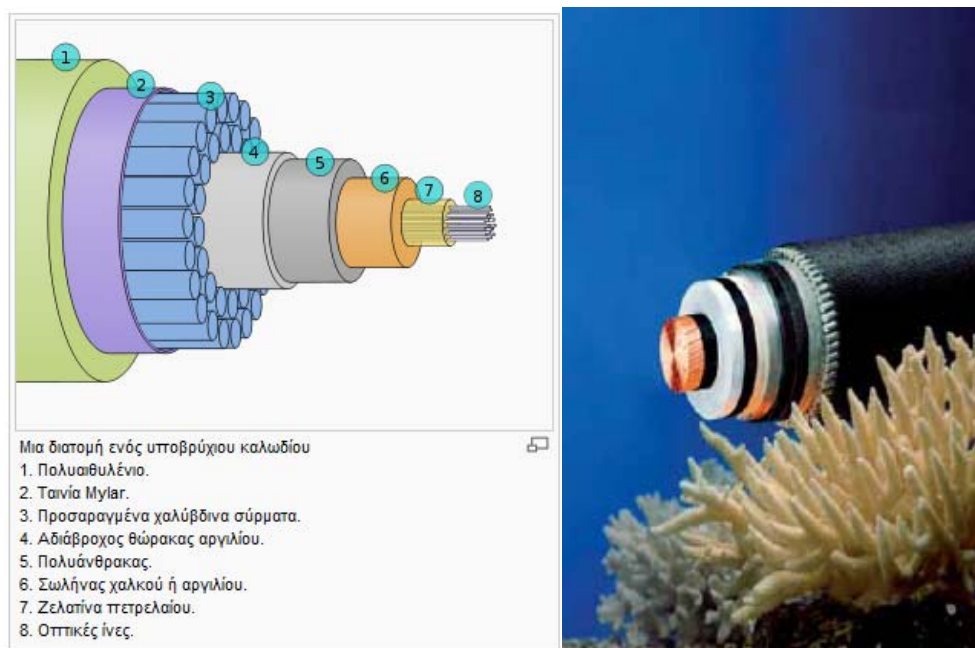
Αν και τα υποβρύχια καλώδια είναι καλυμμένα με ειδικές χελώνες, υπάρχουν πολλές αιτίες που μπορούν να προκαλέσουν ζημιές στη δομή τους. Κάποιες από αυτές τις αιτίες μπορεί να είναι τα σύγχρονα αλιευτικά εργαλεία που χρησιμοποιούν τα αλιευτικά σκάφη, πιθανοί σεισμοί, υποθαλάσσιες κατολισθήσεις ή ακόμη και το δάγκωμα καρχαρία.

Το πιο συχνό πρόβλημα των πρώτων καλωδίων ήταν οι διακοπές. Παράγοντες που συντελούσαν σε αυτό ήταν τα πολύ απλά υλικά που χρησιμοποιούνταν ως πρώτη ύλη για την κατασκευή τους, σε συνδυασμό με το γεγονός ότι τα καλώδια τοποθετούνταν άμεσα στον πάτο του ωκεανού αντί να θάβονται σε ειδική τάφρο. Ο σεισμός της Newfoundland του έτους 1929 έκανε ζημιά σε μια σειρά υπερατλαντικών καλωδίων, όταν προκάλεσε μια ογκώδη υποθαλάσσια κατολίπηση. Αλλά και ο σεισμός του Hengchun στις 26 Δεκεμβρίου 2006 κατέστρεψε επίσης πολλά καλώδια κοντά στην Ταϊβάν.

Σε αντίθεση με τα σύγχρονα καλώδια, η τεχνολογία που επικρατούσε τον 19ο αιώνα δεν χρησιμοποιούσε ενισχυτές μέσα στο καλώδιο. Οι υψηλές τάσεις που χρησιμοποιούσαν για να υπερνικήσουν το μήκος και την πολύ μεγάλη ηλεκτρική αντίσταση των καλωδίων, σε συνδυασμό με την χωρητικότητα, την αυτεπαγωγή και την ηλεκτρική αντίσταση των καλωδίων έκανε αισθητή τη μείωση του εύρους των ηλεκτρικών παλμών και αποτελούσε έναν σημαντικό περιορισμό για τη λειτουργία του καλωδίου. Έτσι, τα καλώδια είχαν πολύ περιορισμένο εύρος ζώνης. Ο Faraday ήταν εκείνος που απέδειξε ότι ο μανδύας του καλωδίου ενεργεί ως πυκνωτής που τροφοδοτείται από τους ηλεκτρικούς παλμούς που διαρρέουν το καλώδιο και τα αντίστοιχα ηλεκτρικά ρεύματα που δημιουργούνται από την αυτεπαγωγή του καλωδίου μέσα στο νερό. Ο E.O.W. Whitehouse υποστήριζε ότι το υπερατλαντικό καλώδιο ήταν εφικτό. Πίστευε πως η λειτουργία οποιουδήποτε καλωδίου ήταν πολύ απλά θέμα ηλεκτρικής τάσης. Λόγω των υπερβολικών τάσεων, τα πρώτα

υπερατλαντικά καλώδια που τοποθετήθηκαν δεν λειτούργησαν ποτέ, ενώ τελικά βραχυκυκλώνονταν όταν Whitehouse αύξανε την τάση πέρα από τα όρια ανοχής του καλωδίου.

Ο Thomson ήταν εκείνος που τελικά περιέγραψε με αναλυτική μαθηματική εξίσωση την διάδοση των ηλεκτρικών σημάτων στα καλώδια τηλεγράφων βασισμένα στην χωρητικότητα και την αντίστασή τους, ενώ το έτος 1890, ο Oliver Heaviside εξέλιξε την εξίσωση δίνοντας της την σύγχρονη γενική μορφή που περιλαμβάνει και την αυτεπαγωγή. [33]



Εικόνα 3. 5 – Διατομή και πραγματική προβολή υποβρύχιου καλωδίου

3.3.2 Σφάλματα σε Συστήματα Υποβρύχιων καλωδίων

Όπως ισχύει και στα καλώδια γης, η χρήση 3-πύρινων καλωδίων από 150kV και πάνω προτιμάτε συγκριτικά με τα μονού-πυρήνα εφόσον διαθέτουν τα απαιτούμενα χαρακτηριστικά. Τα 3-πύρηνα καλώδια προσφέρουν εξοικονόμηση κόστους του καλωδίου και εγκατάστασης, καθώς για ένα σύστημα 3-φασικής εγκατάστασης χρειάζονται μόνο δύο καλώδια και όχι τέσσερα.

Σε περίπτωση που ένα τέτοιο 3-πύρηνο υποβρύχιο καλώδιο πάθει κάποια εξωτερική ζημιά, από μια άγκυρα ενός πλοίου, μπορεί να επηρεαστούν και οι τρεις πυρήνες. Τότε θα

πρέπει να εγκατασταθούν δύο 3-πύρηνα καλώδια από την αρχή, σε απόσταση 250m ή και περισσότερα για να υπάρχει μια λογική ασφάλεια εφοδιασμού. Όταν πρόκειται για εγκαταστάσεις 3-πύρηνων καλωδίων συμπαγή τύπου, προτιμώνται ενίοτε τα ενιαίας οδήγησης καλώδια (HSL καλώδια- high speed link καλώδια), ιδιαίτερα για εγκαταστάσεις καλωδίων σε βαθιά νερά.

Η εγκατάσταση τεσσάρων καλωδίων μονού πυρήνα για ένα κύκλωμα ή ένα εφεδρικό καλώδιο για δύο ή τρία κυκλώματα, θα πρέπει να παρέχει διασφάλιση της συνέχειας του εφοδιασμού. Ωστόσο, τα μονού πυρήνα μαγνητικά οπλισμένα καλώδια, σε περιπτώσεις που κατανέμονται ευρέως, προκαλούν αύξηση των απωλειών της ασπίδας. Αυτές οι απώλειες μπορούν να ελαχιστοποιηθούν με την χρήση ενός εξωτερικού ομοκεντρικού αγωγού κάτω από τον οπλισμό. [36]

3.3.3 Αίτια Πρόκλησης Σφαλμάτων

Οι ηλεκτρικές τάσεις που χωρίζονται σε δυο μεγάλες κατηγορίες. Στις «τάσεις ομαλής λειτουργίας» που εμφανίζονται σε κανονικές συνθήκες και σε εκείνες που εμφανίζονται μόνο σε ειδικές περιπτώσεις και δημιουργούνται λόγω διαφόρων αιτιών, όπως βλάβη στο υλικό, άσχημες ατμοσφαιρικές συνθήκες, υπερβολική καταπόνηση, ρύπανση μονωτήρων ανθρώπινη ενέργεια ή πυρκαγιά. Στις περιπτώσεις αυτές δημιουργείται σφάλμα στο σύστημα και συνεπώς στην τάση.

Τέτοιου είδους τάσεις είναι συνήθως υψηλότερες από εκείνες που επικρατούν υπό ομαλές συνθήκες και για αυτό ονομάζονται «υπερτάσεις». Αυτές, κατά κανόνα, διαρκούν πολύ λίγο, αλλά ασκούν τις πιο σοβαρές διηλεκτρικές καταπονήσεις στις μονώσεις, οι οποίες για το λόγο αυτό σχεδιάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να αντέχουν στις υπερτάσεις. Πολλές φορές εξαιτίας κεραυνών ή άλλων άσχημων καιρικών φαινομένων, οι υπερτάσεις μπορεί να λάβουν ιδιαίτερα υψηλές τιμές, η μόνωση που πρέπει να εφαρμοστεί ώστε να μπορούν να αντιμετωπιστούν γίνεται πολύ δαπανηρή ή ακόμα και αδύνατη. [8]

Εμφανίζονται όμως και σφάλματα όπως για παράδειγμα ένας μονωτήρας που η επιφάνεια του παρουσιάζει ένα ορισμένο τύπο ρυπάνσεως, όπου η τάση ομαλής λειτουργίας αποτελεί πιο σοβαρή καταπόνηση από μια παροδική υπέρταση. Η μόνωση κάθε σημείου του συστήματος πρέπει να γίνεται κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να αντέχει στην μέγιστη καταπόνηση. Αυτό οπότε πρέπει να είναι και το πρωταρχικό μέλημα κατά τη σχεδίαση της. Η μορφή και η διάρκεια της τάσης, όσο και το εύρος της, καθορίζουν επίσης τη σοβαρότητα

της καταπόνησης. Απόκριση της μόνωσης ονομάζεται η συμπεριφορά που εκείνη έχει όταν υποβάλλεται σε ένα ορισμένο τύπο τάσεως και αποτελεί ένα εμπειρικό μέγεθος που καθορίζεται με δοκιμές σε εργαστήριο υψηλών τάσεων. Με την εφαρμογή των δοκιμών αυτών μπορεί να διαμορφωθεί η μόνωση με το καλύτερο δυνατό υλικό, το οποίο θα μπορεί να αντιδράσει με τον βέλτιστο τρόπο στις ομαλές αλλά και στις εξαιρετικές συνθήκες λειτουργίας του συστήματος. [8]

Ανάλογα με τα αίτια πρόκλησης, οι υπερτάσεις διακρίνονται σε:

1. Ατμοσφαιρικές υπερτάσεις: Οι οποίες έχουν σαν πηγή τις ατμοσφαιρικές εκκενώσεις, όπως οι εκκενώσεις νέφους-γης που καλούνται κεραυνοί.
2. Εσωτερικές υπερτάσεις: Δημιουργούνται συνήθως από εσωτερικές διαταραχές της ομαλής λειτουργίας του συστήματος. Οι εσωτερικές υπερτάσεις ανάλογα με τον τρόπο που δημιουργούνται, την διάρκεια και το μέγεθος τους, υποδιαιρούνται ακόμη σε:
 - ⇒ Δυναμικές υπερτάσεις, που έχουν μικρό εύρος και μεγάλη διάρκεια (από 1 δευτερόλεπτο έως αρκετά λεπτά). Παίζουν σημαντικό ρόλο, γιατί βάσει αυτών γίνεται η εκλογή των συσκευών προστασίας και ο καθορισμός της μόνωσης των πιο δαπανηρών τμημάτων του συστήματος.
 - ⇒ Μεταβατικές υπερτάσεις χειρισμών, που έχουν πολύ μικρότερη διάρκεια από τις δυναμικές αλλά ιδιαίτερα μεγαλύτερο εύρος. Συνθέτουν μια κατηγορία καταπονήσεων στα δίκτυα υπερύψηλης τάσης.

Και οι υπερτάσεις χειρισμών αλλά και οι δυναμικές αυξάνουν με την αύξηση της τάσεως κανονικής λειτουργίας. Το αντίθετο συμβαίνει με τις υπερτάσεις που μπορούν να αναπτυχθούν από ατμοσφαιρικά αίτια, οι οποίες είναι περίπου ανεξάρτητες από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του ηλεκτρικού συστήματος. Έτσι, στα συστήματα με τάση μέχρι 300 kV, οι ατμοσφαιρικές υπερτάσεις είναι πιο κρίσιμες από τις μεταβατικές υπερτάσεις χειρισμών και η σχεδίαση μόνωσης γίνεται σύμφωνα με τις ατμοσφαιρικές υπερτάσεις. Καθώς όμως η τάση του δικτύου αυξάνει, υπάρχει ένα όριο που οι υπερτάσεις χειρισμών καθίστανται πιο κρίσιμες από τις ατμοσφαιρικές και έτσι η σχεδίαση της μόνωσης θα πρέπει να γίνεται βάσει των υπερτάσεων χειρισμών. Στο μέγεθος όμως των καταπονήσεων λόγω των υπερτάσεων χειρισμών συμβάλλει και το γεγονός πως ο αέρας, σαν μονωτικό υλικό εμφανίζεται πολύ ασθενέστερος σε σχέση των υπερτάσεων χειρισμών παρά των ατμοσφαιρικών υπερτάσεων. Σύμφωνα με δεδομένα της Δημόσιας Επιχείρησης Ηλεκτρισμού, γίνεται αντιληπτό ότι τα

περισσότερα σφάλματα προκαλούνται από ατμοσφαιρικά αίτια, δηλαδή αίτια τα οποία χρίζουν ιδιαίτερης προσοχής για την πρόληψη τους. [8]

3.3.4 Στατιστική Σφαλμάτων

Σε κάποιες χώρες, ως *μόνιμα σφάλματα* ορίζονται εκείνα που δεν εκκαθαρίζονται από διακόπτες αυτόματης επαναφοράς ή που μετά την αποκατάσταση της τάσης, παραμένουν. Σε άλλες χώρες, με τον ίδιο όρο θεωρούνται τα σφάλματα που παραμένουν με διάρκεια μεγαλύτερη από την τιμή κατωφλίου, που όμως διαφέρει ανάλογα με την χώρα και την επιχείρηση ηλεκτρισμού.

Από την άλλη, στα παροδικά σφάλματα συμπεριλαμβάνονται μερικές φορές και τα αυτοαποσβενόμενα. Ένδειξη αυτοαποσβενόμενου σφάλματος είναι η δημιουργία υποαρμονικών ταλαντώσεων στην τάση του ουδετέρου. Ορισμένες ηλεκτρικές επιχειρήσεις ωστόσο, περιλαμβάνουν μόνο τα μόνιμα σφάλματα, ενώ άλλες τόσο τα μόνιμα όσο και τα παροδικά.

Στη στατιστική των σφαλμάτων λαμβάνεται σοβαρά υπόψη το είδος του δικτύου, το σύστημα προστασίας και η μέθοδος της γείωσης. Έτσι, δίκτυα Μέσης Τάσης που το μεγαλύτερο μέρος του καλύπτεται από υπόγεια καλώδια αναμένεται να παρουσιάζουν αυξημένο ποσοστό μόνιμων σφαλμάτων, σε σχέση με τα εναέρια δίκτυα, που τα παροδικά σφάλματα είναι αυξημένα. [26]

Σε μία έρευνα που διεξήχθη σε επιχειρήσεις ηλεκτρισμού, σε εννέα χώρες της Ευρώπης, τα αποτελέσματα όσον αφορά τα δίκτυα Μέσης Τάσης ήταν τα παρακάτω: [28]

- ⇒ Τα παροδικά σφάλματα αποτελούσαν το 53 % έως 95 % των συνολικών σφαλμάτων.
- ⇒ Τα σφάλματα προς γη αποτελούσαν το 25 % έως 75 % των συνολικών σφαλμάτων.
- ⇒ Τα μόνιμα σφάλματα προς γη αποτελούσαν το 10 % των συνολικών σφαλμάτων.

Σε ηλεκτρικές επιχειρήσεις με γείωση ουδετέρου μέσω αντισταθμιστικού πηνίου, σε σχέση με άλλα συστήματα γείωσης ουδετέρου, τα σφάλματα προς γη δεν αποτελούν την πλειονότητα.

Στη συγκεκριμένη έρευνα, δίνονται ακόμη και στοιχεία σχετικά με τη συχνότητα των σφαλμάτων. Τα στοιχεία εμφανίζουν 2 έως 40 φορές μεγαλύτερη συχνότητα σφαλμάτων στους καταναλωτές ημιαστικών και αγροτικών περιοχών σε σχέση με τους καταναλωτές των αστικών περιοχών. Το αποτέλεσμα είναι αναμενόμενο, αφού στις αστικές περιοχές τα δίκτυα

Μέσης Τάσης, αλλά και τα δίκτυα Χαμηλής Τάσης κατασκευάζονται κυρίως με υπόγεια καλώδια, ενώ στις αγροτικές συνήθως με εναέρια. [26]

Τεχνικά φυλλάδια επιχειρήσεων ηλεκτρολογικού υλικού δικτύων και υποσταθμών δείχνουν πως: [29]

- ⇒ Τα σφάλματα στα εναέρια δίκτυα είναι παροδικά σε ποσοστό 80 – 90% και μονοφασικά σε ποσοστό 75%, ενώ
- ⇒ στα υπόγεια δίκτυα, είναι σχεδόν πάντοτε μόνιμα σε ποσοστό περίπου 100% και πολυφασικά σε ποσοστό 90%.

Στη Φινλανδία, διεξήχθη ένα ερευνητικό έργο, το οποίο στόχευε στην αξιολόγηση, των εναέριων δικτύων Μέσης Τάσης με μονωμένο ουδέτερο σε σύγκριση με ουδέτερο γειωμένο μέσω αντισταθμιστικού πηνίου αφετέρου [27], και τα αποτελέσματα, που αφορούσαν τα σφάλματα που δεν αυτοαποσβέστηκαν έδειξαν ότι:

- ⇒ Τα ποσοστά των σφαλμάτων προς γη ήταν 70% και των πολυφασικών σφαλμάτων στις γραμμές με μονωμένο ουδέτερο ήταν 30%.
- ⇒ Τα ποσοστά των σφαλμάτων προς γη ήταν 60% και των πολυφασικών σφαλμάτων στις γραμμές με ουδέτερο γειωμένο με αντισταθμιστικό πηνίο ήταν 40%.

Το πλήθος των σφαλμάτων προς γη που αυτοαποσβένονται σε δίκτυα με γείωση μέσω αντισταθμιστικού πηνίου είναι μεγαλύτερο σε σύγκριση με δίκτυα με μονωμένο ουδέτερο.

Συνοψίζοντας, σημαντικές διαφορές σημειώνονται στις στατιστικές σφαλμάτων Μέσης Τάσης και οι παράγοντες στους οποίους οφείλονται αναφέρονται παρακάτω:

- Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των δικτύων.
 - Περιβαλλοντικοί παράγοντες και κλιματολογικές συνθήκες.
 - Μέθοδος γείωσης του ουδετέρου.
 - Το σύστημα προστασίας.
- ⇒ Στα υπόγεια καλώδια, τα σφάλματα είναι σχεδόν πάντοτε μόνιμα.
 - ⇒ Τα σφάλματα προς γη αποτελούν σημαντικό ποσοστό των σφαλμάτων (50% ή περισσότερο). Το μεγαλύτερο ποσοστό τους (70% - 80%) είναι παροδικά.
 - ⇒ Το πλήθος των σφαλμάτων που αυτοαποσβένονται στα δίκτυα με ουδέτερο γειωμένο μέσω αντισταθμιστικού πηνίου, είναι μεγαλύτερο συγκρινόμενο με άλλες μεθόδους γείωσης.

3.3.5 Ειδοποίηση της ΔΕΗ – Προσδιορισμός της βλάβης

Στοιχεία όπως οι διακόπτες Μέσης Τάσης, οι ηλεκτρονόμοι προστασίας ΜΤ κλπ., δίνουν μέρος της εικόνας από την κατάσταση που επικρατεί στο Δίκτυο. Αυτός ο εξοπλισμός παρέχει άμεση πληροφόρηση σε σημαντικά περιστατικά που μπορεί να έχουν λάβει χώρα με αποτέλεσμα τη διακοπή του ηλεκτρικού ρεύματος και τη δυνατότητα άμεσης επέμβασης, μέσω τηλεχειρισμών, για την επανηλεκτροδότηση.

Η ενημέρωση της ΔΕΗ, γίνεται κυρίως από τηλεφωνικές κλήσεις των καταναλωτών, στους οποίους έχει παρουσιαστεί το πρόβλημα. Έτσι, ο καταναλωτής έρχεται σε επικοινωνία με το τηλεφωνικό κέντρο βλαβών και παρουσιάζει το πρόβλημα όπως εκείνος το αντιλαμβάνεται.

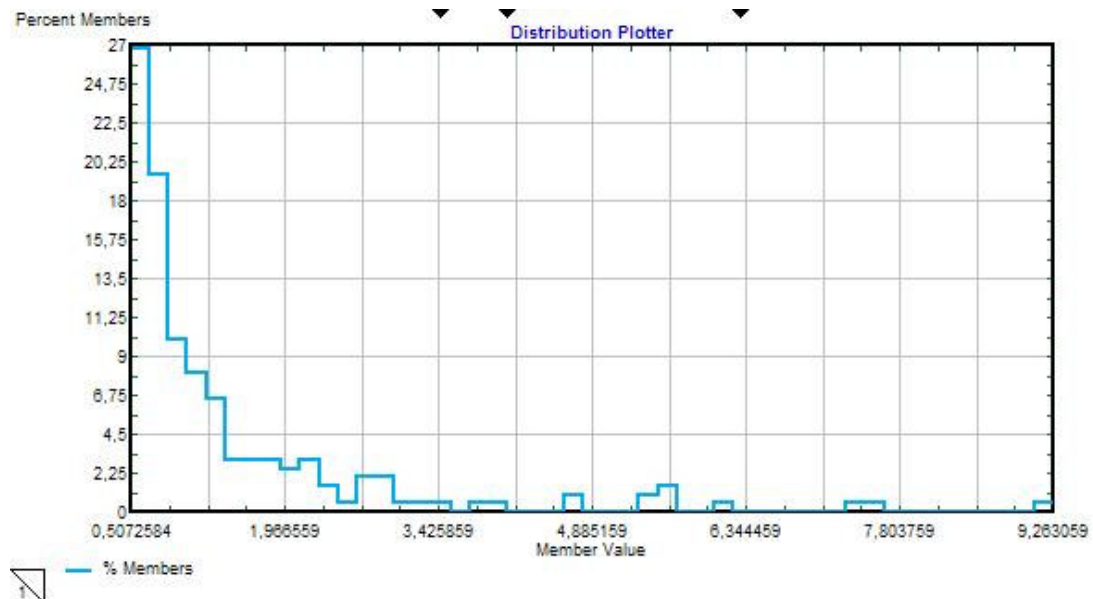
Συνήθως στα τηλεφωνικά κέντρα των εκάστοτε περιοχών απασχολείται ένα άτομο ανά βάρδια, το ποίο πρέπει να έχει πολύ καλή γνώση της συγκεκριμένης γεωγραφικής περιοχής και άριστη γνώση του δικτύου έτσι ώστε να μπορεί να εκτιμά το είδος της βλάβης και να συντονίζει τα συνεργεία. Το άτομο αυτό συνήθως ονομάζεται εργοδηγός.

Σε περιπτώσεις κρίσεων, όπως για παράδειγμα όταν επικρατούν ακραία καιρικά φαινόμενα, ή σε περιόδους του χρόνου που σημειώνεται αύξηση των βλαβών όπως για παράδειγμα την Πρωτοχρονιά, τοποθετείται και δεύτερο άτομο στο εργοδηγείο, ώστε να μοιράζονται οι εργασίες εισερχόμενων κλήσεων και συντονισμού των συνεργείων. Σε μεγαλύτερες περιοχές που το τηλεφωνικό κέντρο έχει πιο πολλές γραμμές, το προσωπικό είναι αυξημένο ώστε να μπορεί να ανταπεξέλθει στις ανάγκες των καταναλωτών.

Κατά την εμφάνιση κάποιας βλάβης, ο καταναλωτής τηλεφωνεί στο κέντρο βλαβών της περιοχής του. Ο υπάλληλος που έχει υπηρεσία ενημερώνεται για το σημείο που βρίσκεται ο πελάτης, σημειώνοντας τα στοιχεία που λαμβάνει από εκείνον. Στη συνέχεια, σύμφωνα με τα τηλεφωνήματα που θα ακολουθήσουν, ο εργοδηγός υποβοηθείται για τον εντοπισμό της βλάβης και στέλνει τα συνεργεία με τα απαιτούμενα μέσα και τον τεχνολογικό εξοπλισμό, για την επισκευή της βλάβης. Βέβαια, υπάρχει και το λεγόμενο μιμικό διάγραμμα του δικτύου διανομής της περιοχής, το οποίο βοηθά τον εργοδηγό αφού σε εκείνο φαίνονται όλα τα βασικά στοιχεία του δικτύου, όπως η τοπολογία του, αν είναι εναέριο ή υπόγειο, οι υπάρχοντες υποσταθμοί του, τα στοιχεία ελέγχου και γενικά η κατάσταση στην οποία βρίσκεται. Σημειώνονται τα σημεία με τις βλάβες, αφενός για να αποκατασταθούν και αφετέρου σε μερικές περιπτώσεις για να αρθεί η διακοπή της ηλεκτροδότησης ακόμη κι αν δεν γίνει οριστική άρση της βλάβης.

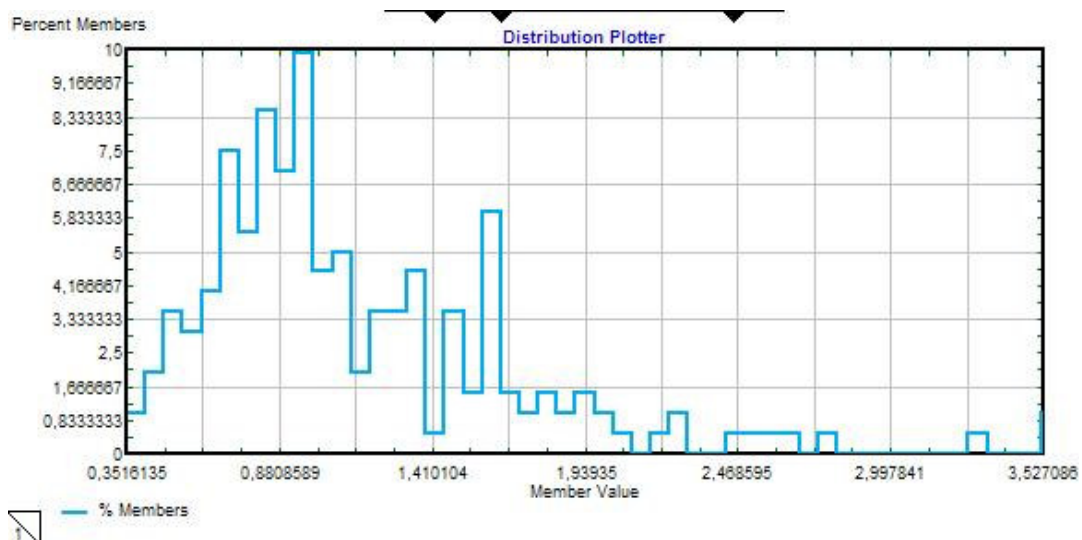
Ο εργοδηγός είναι επίσης το άτομο που έχει την ευθύνη τηλεχειρισμού των κεντρικών διακοπών Μέσης Τάσης, ώστε όταν η διακοπή σχετίζεται με παροδικό σφάλμα, να επανέρχεται άμεσα η ηλεκτροδότηση.

Αφού εντοπιστεί η βλάβη, επιβάλλεται να επισκεφθεί τεχνικός της ΔΕΗ τον χώρο του πελάτη. Σε περιπτώσεις ύπαρξης περισσότερων από μία βλαβών Μέσης Τάσης ταυτόχρονα, το τηλεφωνικό κέντρο κατακλύζεται από τηλεφωνήματα, με αποτέλεσμα να δημιουργείται τεράστιος όγκος αναμονής και να χάνεται σημαντικός αριθμός κλήσεων.



Εικόνα 3. 6 – Χρόνος εξυπηρέτησης τηλεφωνημάτων

Πολλές φορές υπάρχουν κλήσεις από καταναλωτές για βλάβες οι οποίες έχουν εντοπιστεί. Οι κλήσεις αυτές ονομάζονται «ψευδοκλήσεις» και αφορούν τηλεφωνήματα που δεν προσθέτουν κάποια επιπλέον πληροφορία, όμως το τηλεφωνικό κέντρο πρέπει να τις αντιμετωπίσει και να τις εκτιμήσει. Η κατηγορία της βλάβης προσδιορίζει και τον αριθμό αυτών των κλήσεων.

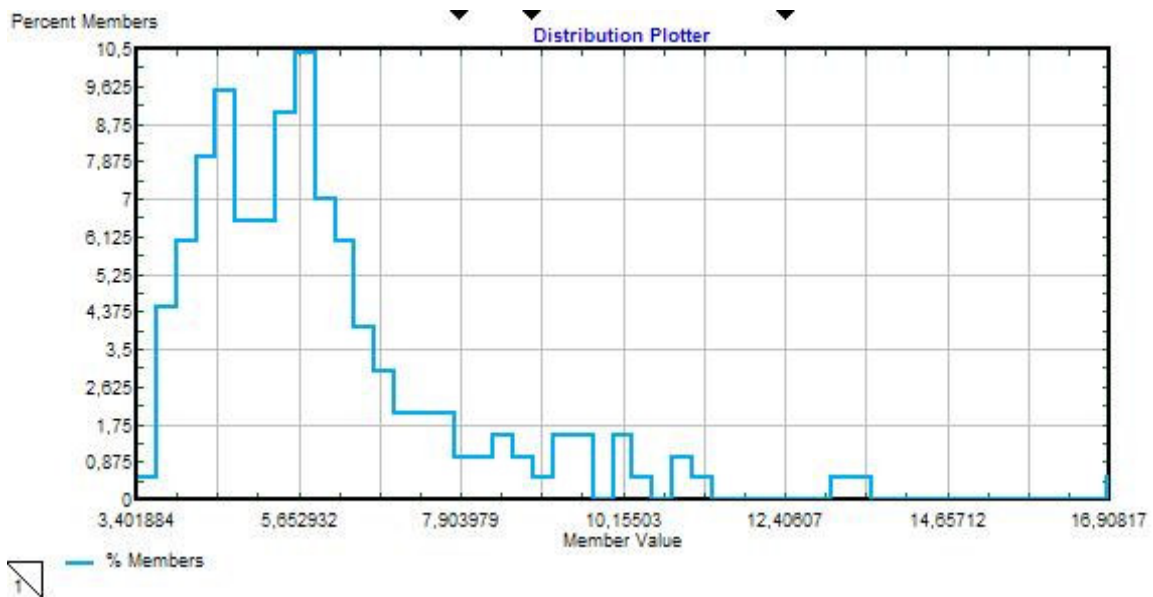


Εικόνα 3. 7 – Χρόνος εξυπηρέτησης «ψευδοκλήσεων»

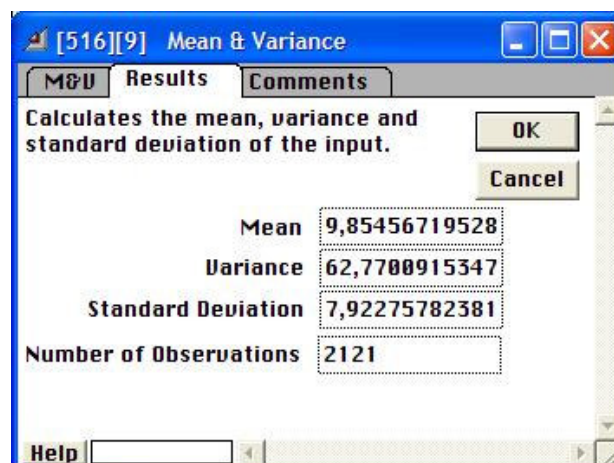
3.3.6 Χρόνος Αποκατάστασης Βλαβών Μέσης Τάσης

Ο χρόνος αποκατάστασης της βλάβης, συνδέεται στενά με το αίτιο της. Και αυτό γιατί το αίτιο σχετίζεται άμεσα με το είδος της βλάβης. Τέτοιο παράδειγμα μπορεί να είναι ο κεραυνός ο οποίος θα κάψει τα αλεξικέραυνα ή και άλλο εξοπλισμό, η ισχυρή κακοκαιρία που μπορεί να οδηγήσει σε πτώση αγωγών κα. Έτσι, ανάλογα πρέπει να εργαστεί και το εκάστοτε συνεργείο. Η αιτία όμως της βλάβης, σχετίζεται και με τις καιρικές συνθήκες υπό τις οποίες το συνεργείο θα πρέπει να εργαστεί.

Έτσι, κατά την προσομοίωση του συστήματος αποκατάστασης και ανάλογα με το αίτιο της βλάβης δίνεται διαφορετικός χρόνος αποκατάστασης. Στην Εικόνα 3.6 εμφανίζεται το γράφημα της συνάρτησης που χρησιμοποιήθηκε στο μοντέλο προσομοίωσης για τους χρόνους επισκευής *προσωρινών* διακοπών Μέσης Τάσης, ενώ στην Εικόνα 3.7 εμφανίζονται τα χαρακτηριστικά των χρόνων επισκευής *μόνιμων* διακοπών Μέσης Τάσης, όπως μέση τιμή, τυπική απόκλιση κλπ. [32]



Εικόνα 3. 8 – Επισκευή «προσωρινών» διακοπών ΜΤ



Εικόνα 3. 9 – Επισκευή «μόνιμων» διακοπών ΜΤ

3.3.7 Επισκευή Υποβρύχιων Καλωδίων

Όταν κάποιο τμήμα υποβρύχιου καλωδίου χρειάζεται επισκευή, ανελκύεται στη επιφάνεια με ειδικό γερανό. Αρχικά, το καλώδιο κόβεται στο βυθό και στη συνέχεια το κάθε άκρο του ανελκύεται χωριστά στην επιφάνεια, όπου και συνδέεται με ένα νέο τμήμα. Συνήθως το καλώδιο που έχει επισκευαστεί είναι μακρύτερο από το αρχικό. Έτσι, όταν τοποθετείται στο βυθό σχηματίζει μία καμπύλη στον πυθμένα της θάλασσας. Περιπτώσεις καλωδίων που βρίσκονται κοντά στην επιφάνεια, μπορούν να επισκευαστούν είτε με ειδικό υποβρύχιο σκάφος ή με υποβρύχιο κώδωνα μεταφοράς προσωπικού. [33]

3.4 Ανίχνευση & Εντοπισμός Σφαλμάτων Καλωδίων Μέσης Τάσης

3.4.1 Εισαγωγή

Η ανίχνευση και ο εντοπισμός των σφαλμάτων, συμπεριλαμβάνονται στις ενέργειες που εκτελούνται από ένα σύστημα που χρησιμοποιείται για την προστασία των δικτύων Μέσης Τάσης.

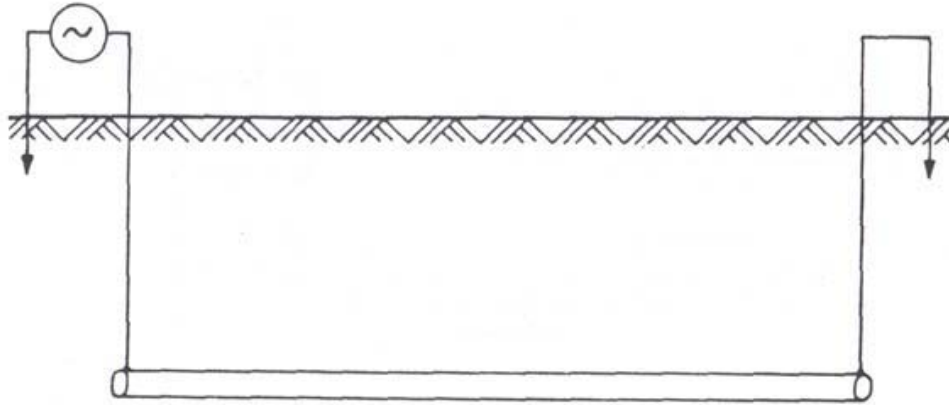
Με τη διαδικασία *Ανίχνευσης σφάλματος* εξακριβώνεται ότι κάποιο αρκετά μεγάλο τμήμα του δικτύου περιέχει σφάλμα, χωρίς όμως να μπορεί να εντοπιστεί. Συνήθως, γίνεται αναφορά στο γεγονός ότι υπάρχει σφάλμα σε κάποια αναχώρηση Μέσης Τάσης που τροφοδοτείται από τους ίδιους ζυγούς υποσταθμού Υψηλής προς Μέση Τάση, χωρίς να γνωστοποιείται ποια είναι αυτή.

Η διαδικασία *εντοπισμού σφάλματος* αφορά τη διαπίστωση ότι το σφάλμα παρατηρείται σε κάποια συγκεκριμένη αναχώρηση ή σε τμήμα της.

Η έννοια *εντοπισμός* υποδηλώνει και τον *υπολογισμό απόστασης σφάλματος*, όπου εκεί αναζητείται το πιο μικρό μήκος αναχώρησης, από τον υποσταθμό έως το σημείο του σφάλματος. Όμως, κάθε αναχώρηση έχει πολλές διακλαδώσεις, γεγονός που δεν βοηθά τον υποσταθμό να οδηγηθεί ακριβώς στη θέση του σφάλματος. Αυτό το πρόβλημα μπορεί να λυθεί με τη χρήση άλλων μέσων, όπως για παράδειγμα με ενδεικτικά διέλευσης σφάλματος ή με δοκιμαστικές απομονώσεις ή επανασυνδέσεις τμημάτων της αναχώρησης. [26]

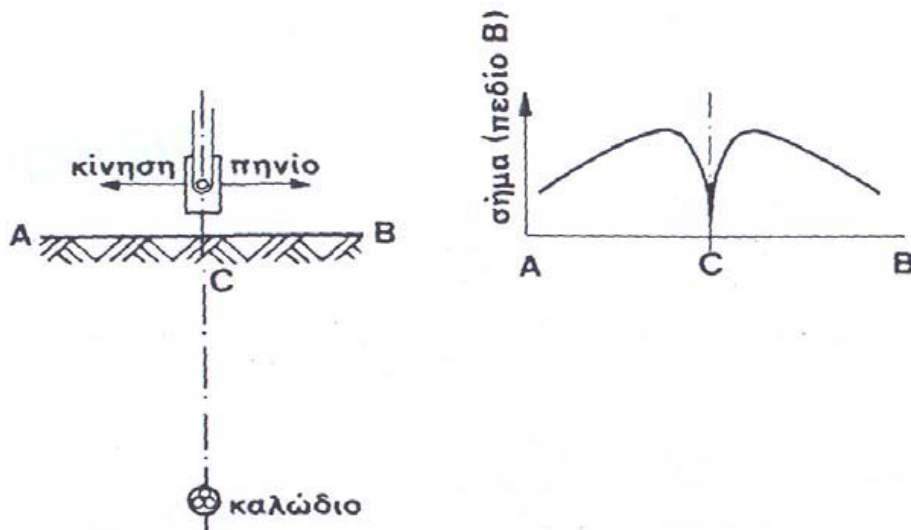
3.4.2 Εντοπισμός Σφάλματος Μέσης Τάσης μέσω Πηνίου

Είναι σύνηθες, στις πόλεις να υπάρχουν σχέδια με συντεταγμένες της πορείας και του βάθους των καλωδίων. Σε ποντίσεις γίνεται ακριβής αποτύπωση της πορείας του καλωδίου, έτσι ώστε να είναι δυνατή η εύρεση της πορείας με ακρίβεια χρησιμοποιώντας σύγχρονο εξοπλισμό προσδιορισμού στίγματος όπως είναι το σύστημα Ωμέγα. Μπορεί όμως να χρησιμοποιηθεί και ο σχεδιασμός που φαίνεται στην Εικόνα 3.10 [15]



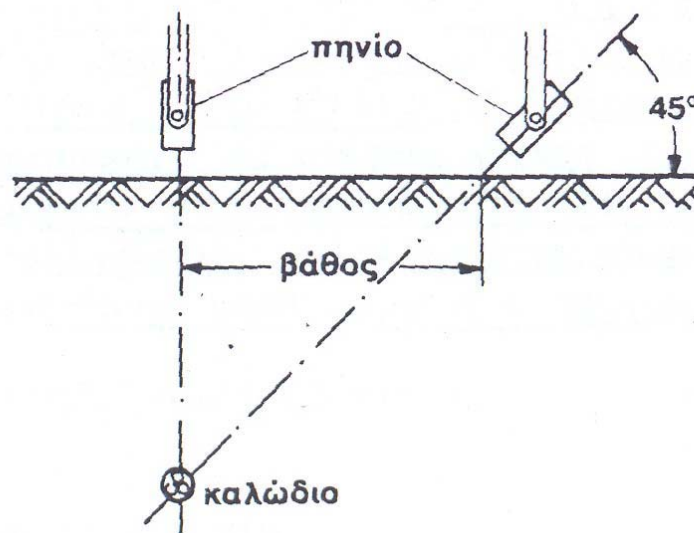
Εικόνα 3. 10 – Διαδρομή καλωδίου με πηγή ακουστικής συχνότητας 1-12kHz

Το καλώδιο γειώνεται στο ένα άκρο του, ενώ βραχυκυκλώνεται και στα δύο. Στο άκρο που δεν συνδέεται στη γη, συνδέεται πηγή τάσης, ακουστικής συχνότητας 1-12 kHz. Στη συνέχεια, το πηνίο ανίχνευσης πραγματοποιείται έλεγχος του πεδίου πάνω από το έδαφος. Η κάθετη συνιστώσα της μαγνητικής επαγωγής παρουσιάζει μέγιστο γύρω από το καλώδιο και ελάχιστο ακριβώς πάνω από το καλώδιο. Με τον τρόπο αυτό, βρίσκουμε την πορεία του καλωδίου. [15]



Εικόνα 3. 11 – Πορεία με μέτρηση της κατακόρυφης συνιστώσας του πεδίου

Το βάθος του καλωδίου ανιχνεύεται μετρώντας με το παραπάνω ανιχνευτικό πηνίο την συνιστώσα του πεδίου 45ο ως προς το έδαφος, η οποία παρουσιάζει ελάχιστο στη θέση που ο άξονας του πηνίου συναντά το καλώδιο. Η απόσταση των δύο θέσεων στο έδαφος, όπου μετρήθηκαν τα ελάχιστα προηγουμένως δίνει το βάθος του καλωδίου.[15]

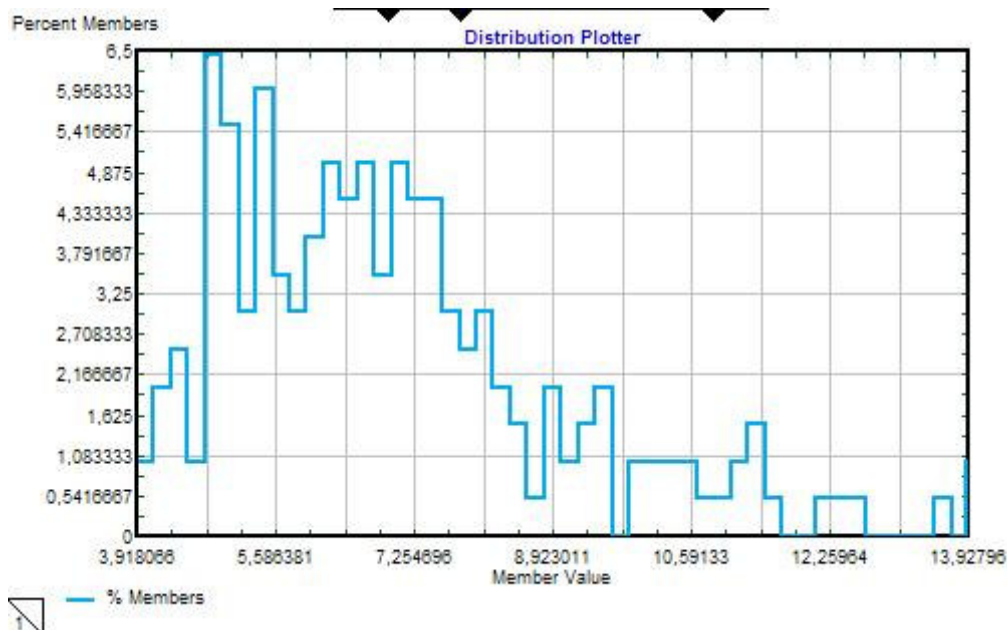


Εικόνα 3. 12 – Υπολογισμός του βάθους με μέτρηση της συνιστώσας του πεδίου 45° ως προς την κατακόρυφο

3.4.3 Εντοπισμός Σφάλματος Μέσης Τάσης

Μία από τις δυσκολότερες υποθέσεις των δικτύων διανομής, ακόμη και στα εναέρια δίκτυα, είναι η ανίχνευση των βλαβών. Παράγοντας που δυσχεραίνει τη διαδικασία εντοπισμού των σφαλμάτων είναι αφενός το μεγάλο μήκος τους και αφετέρου η περιορισμένη χρήση εξοπλισμού που να ενημερώνει για το τμήμα του δικτύου στο οποίο σημειώθηκε η βλάβη. Έτσι, τα συνεργεία σε περίπτωση που αντιληφθούν πως κάπου υπάρχει βλάβη, αρχίζουν να ελέγχουν χιλιόμετρα δικτύου. Πολλές φορές βέβαια το σφάλμα έγκειται σε συγκεκριμένα γεγονότα τα οποία αναφέρονται από απλούς πολίτες όπως για παράδειγμα για πτώση στύλου, ή αγωγού, για έκρηξη ή κρότο σε κάποιο στοιχείο του δικτύου και άλλα. Βέβαια τα διάφορα μέσα προστασίας του δικτύου, όπως είναι οι διακόπτες αυτόματης επαναφοράς, οι διακόπτες απομόνωσης, ή οι ασφάλειες, χωρίζουν το δίκτυο σε μικρότερα κομμάτια και έτσι η εργασίας ανίχνευσης της βλάβης γίνεται πιο εύκολη. Ακόμη, υπάρχει πλέον ειδικός εξοπλισμός, που τοποθετείται σε κύρια σημεία του δικτύου, που δείχνουν αν το σφάλμα, δηλαδή η υπερένταση που δημιουργήθηκε εξαιτίας της βλάβης πέρασε από το

συγκεκριμένο σημείο. Πέρα όμως από τα μόνιμα σφάλματα, όπως για παράδειγμα κάποια πτώση αγωγού, καταστροφή εξοπλισμού, λειτουργία αλεξικέραυνων, τα οποία μπορούν να εντοπιστούν αρκετά εύκολα, υπάρχουν και τα παροδικά σφάλματα, όπως για παράδειγμα η επαφή μεταξύ ατάνιστων αγωγών ή με κλαδιά δένδρων που δεν εντοπίζονται εύκολα. [32]



Εικόνα 3. 13 – Χρόνος εντοπισμού «μόνιμου» σφάλματος MT

3.4.4 Μέθοδοι Ανίχνευσης Βασισμένοι στην Τάση Μηδενικής Ακολουθίας

Τα σφάλματα προς γη, σε δίκτυα γειωμένα μέσω αντισταθμιστικού πηνίου, μειώνουν την τάση προς γη της φάσης με σφάλμα και ανυψώνουν τις τάσεις των υγιών φάσεων καθώς και την τάση μηδενικής ακολουθίας. Τόσο οι τάσεις των φάσεων προς γη, όσο και η τάση μηδενικής ακολουθίας έχουν χρησιμοποιηθεί για την ανίχνευση σφαλμάτων προς γη. Σε τέτοιες περιπτώσεις ανίχνευσης σφαλμάτων, χρησιμοποιείται συνήθως η διαδικασία αύξησης της τάσης μηδενικής ακολουθίας. Όμως, η ευαισθησία της μεθόδου είναι σχετικά περιορισμένη λόγω του ότι τα σφάλματα μεγάλης αντίστασης προκαλούν μικρή μόνο μεταβολή της τάσης μηδενικής ακολουθίας. Οι ηλεκτρονόμοι που βασίζονται στην αύξηση της τάσης μηδενικής ακολουθίας είναι δυνατό, σε ορισμένες περιπτώσεις, να δώσουν λανθασμένη ένδειξη σφάλματος ή να μη δώσουν ένδειξη ενώ υπάρχει σφάλμα.

Μετά από μελέτες έχει προκύψει το συμπέρασμα πως για να υπάρξει αύξηση της ευαισθησίας ανίχνευσης σφάλματος προς γη, προτείνεται η λεγόμενη «επαυξητική τάση

μηδενικής ακολουθίας», κατά την οποία ανιχνεύεται η αύξηση της τάσης μηδενικής ακολουθίας σε ορισμένο χρονικό διάστημα.

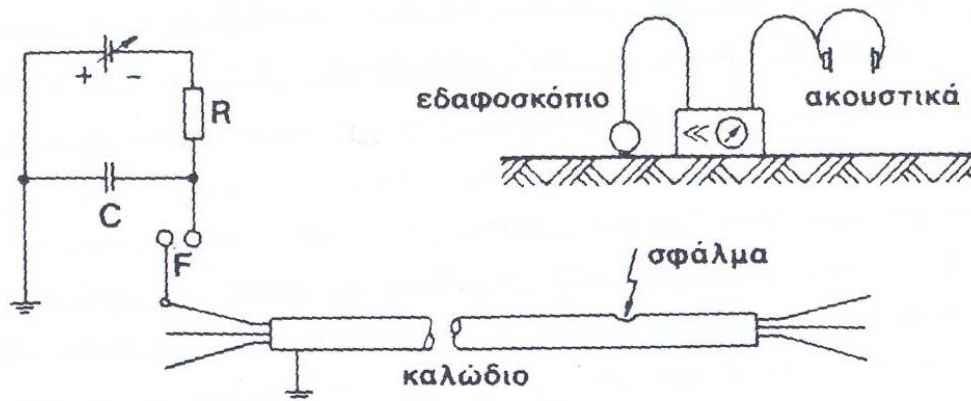
Επειδή όμως η τάση μηδενικής ακολουθίας, έχει σχεδόν την ίδια τιμή σε όλες τις αναχωρήσεις, που τροφοδοτούνται από τους ίδιους ζυγούς με την αναχώρηση με σφάλμα, οι μέθοδοι προστασίας που βασίζονται σε αυτή μπορούν να αξιοποιηθούν για την ανίχνευση σφάλματος, αλλά δεν μπορούν να αξιοποιηθούν για τον εντοπισμό της αναχώρησης που έχει σφάλμα. Αφού ανιχνευθεί το σφάλμα, πρέπει να απομονωθούν διαδοχικά οι αναχωρήσεις του υποσταθμού για να εντοπιστεί η αναχώρηση με σφάλμα, γεγονός που επιδρά περιοριστικά στην ποιότητα της παρεχόμενης ενέργειας. Αλλιώς, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η τάση μηδενικής ακολουθίας για να παρέχει την πρώτη ένδειξη ότι υπάρχει σφάλμα προς γη, ενεργοποιώντας άλλες μεθόδους ανίχνευσης. Αυτή είναι και η συνηθέστερη εφαρμογή των μεθόδων που βασίζονται στην τάση μηδενικής ακολουθίας.

3.4.5 Ανίχνευση Πορείας Καλωδίων

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τον επακριβή προσδιορισμό της θέσης του σφάλματος αναφέρονται παρακάτω:

⇒ Με εκκένωση πυκνωτή

Στην περίπτωση αυτή, ένας πυκνωτής φορτίζεται και εκφορτίζεται περιοδικά μεταξύ αγωγού και γειωμένου μανδύα. Επειδή η αντίσταση στο σφάλμα είναι αρκετά μεγάλη σε σχέση με τις άλλες αντιστάσεις, η ενέργεια του πυκνωτή μεταφέρεται σε ένα μεγάλο μέρος της στο σημείο του σφάλματος. Δημιουργείται ηλεκτρικό τόξο και κρουστικά κύματα, που ανιχνεύονται με εδαφосκόπιο. Η συχνότητα εμφάνισης των εκκενώσεων εξαρτάται από το χρόνο που χρειάζεται η πηγή να φορτίσει τον πυκνωτή στην τάση διάσπασης του διακένου. Αυτή η συχνότητα που γίνεται αντιληπτή ακουστικά δίνεται από το διάκενο του σπινθηριστή, το γινόμενο RC και την τάση U της πηγής. Η τάση του πυκνωτή δίνεται από το διάκενο του σπινθηριστή.



Εικόνα 3. 14 – Προσδιορισμός της θέσης σφάλματος καλωδίου με κρουστική γεννήτρια και ακουστικά.

β.) Γεννήτρια ακουστικών συχνοτήτων

Στον αγωγό που έχει παρουσιάσει κάποια βλάβη, συνδέεται μια γεννήτρια συχνότητας 1-12kHz. Ο άλλος πόλος είναι γειωμένος. Γίνονται μετρήσεις επί του εδάφους και στο σημείο που εμφανίζεται το σφάλμα προκαλείται μια διαταραχή που προέρχεται από το ρεύμα που ρέει προς το μεταλλικό μανδύα.

3.4.6 Ενδεικτικά Διέλευσης Σφάλματος

Για τη επιτάχυνση του εντοπισμού βλαβών και τη βελτίωση της ποιότητας της παρεχόμενης ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιούνται ευρύτατα από τις ηλεκτρικές επιχειρήσεις Διανομής ενδεικτικά διέλευσης σφάλματος. Οι συσκευές αυτές τοποθετούνται σε κατάλληλες θέσεις των δικτύων Μέσης Τάσης, εναέριων ή υπόγειων, και δίνουν ενδείξεις σε περίπτωση διέλευσης σφάλματος από τις θέσεις όπου είναι εγκατεστημένες.

Κατά κανόνα, τα ενδεικτικά διέλευσης σφάλματος ανιχνεύουν υπερεντάσεις φάσεων ή μηδενικής ακολουθίας. Προϋπόθεση για την αποτελεσματικότητά τους, σε περίπτωση σφαλμάτων προς γη, είναι η υψηλή ένταση του ρεύματος σφάλματος φάσης ή μηδενικής ακολουθίας. Η ένταση αυτή εξαρτάται από τη μέθοδο γείωσης και από την αντίσταση σφάλματος. Σε δίκτυα στα οποία οι εντάσεις των ρευμάτων σφάλματος προς γη, φάσης και μηδενικής ακολουθίας, είναι μικρές, λόγω της μεθόδου γείωσης (π.χ. σε δίκτυα γειωμένα μέσω αντισταθμιστικού πηνίου), γίνονται προσπάθειες να αναπτυχθούν αξιόπιστα και οικονομικά ενδεικτικά διέλευσης σφάλματος που βασίζονται σε άλλες, περισσότερο ενδεδειγμένες, αρχές λειτουργίας. [26]

Επιπλέον έχουν αναπτυχθεί ενδεικτικά διέλευσης σφάλματος που δίνουν στοιχεία για τη διεύθυνση του ρεύματος σφάλματος.

Σε δίκτυα χωρίς τηλεοπτεία, η ένδειξη του σφάλματος δίνεται επί τόπου. Για παράδειγμα, αν το ενδεικτικό διέλευσης σφάλματος είναι τοποθετημένο σε υποσταθμό εσωτερικού χώρου Μέσης προς Χαμηλή Τάση, δίνεται φωτεινή ένδειξη π.χ. στην πρόσοψη του κτιρίου του υποσταθμού. Σε δίκτυα που τηλεοπτεύονται, η ένδειξη σφάλματος μεταβιβάζεται στο Κέντρο Ελέγχου Δικτύων, μέσω τηλεπικοινωνιακού δικτύου. Με αυτό τον τρόπο, διαπιστώνεται ποιο τμήμα του δικτύου επηρεάζεται από το σφάλμα, είτε άμεσα, από το Κέντρο Ελέγχου, είτε με επίσκεψη προσωπικού στις θέσεις όπου είναι εγκατεστημένα ενδεικτικά διέλευσης σφάλματος, σε περίπτωση που δεν υπάρχει τηλεένδειξη.

Από την ανάλυση των πληροφοριών που συλλέγονται από τα ενδεικτικά διέλευσης σφάλματος, εντοπίζεται σε σύντομο χρόνο το τμήμα της γραμμής που παρουσιάζει σφάλμα (τμήμα μεταξύ δυο διαδοχικών ενδεικτικών διέλευσης σφάλματος). Έτσι, δίνεται η δυνατότητα να απομονωθεί το τμήμα της γραμμής με σφάλμα και να τροφοδοτηθούν από εναλλακτικές οδεύσεις, εφόσον το επιτρέπει η τοπολογία του δικτύου, τα άλλα τμήματα της γραμμής. Η απομόνωση – εναλλακτική τροφοδότηση γίνεται με τηλεχειρισμούς, αν υπάρχει τέτοια δυνατότητα, ή με επί τόπου μετάβαση συνεργείων. Συνεπώς, η χρήση ενδεικτικών διέλευσης σφάλματος συμβάλλει στη μείωση του χρόνου αποκατάστασης της ηλεκτροδότησης στους καταναλωτές που είναι εφικτό να ηλεκτροδοτηθούν εναλλακτικά μετά από σφάλμα, συντελώντας έτσι στη βελτίωση της αξιοπιστίας ηλεκτροδότησης. [26]

3.4.7 Συστήματα εντοπισμού Σφαλμάτων σε Υπόγεια & Εναέρια Καλώδια

Υπάρχουν διάφορα συστήματα εντοπισμού των σφαλμάτων στα υπόγεια δίκτυα. Ένα από αυτά είναι και το σύστημα εντοπισμού RD4000. Με τη χρήση του συστήματος αυτού μπορούν να ανιχνευτούν ή και να αποφευχθούν ζημιές από και σε υπόγεια καλώδια και σωλήνες. Χρησιμοποιεί τεχνολογία νέας γενιάς υπερτερώντας σε χαρακτηριστικά αλλά και σε λειτουργίες. Επίσης μπορεί να συγκεντρώσει πληροφορίες σε πιο απαιτητικές περιοχές και αποτελεί την πιο οικονομική μέθοδο εντοπισμού σφαλμάτων.

Μέσα στις λειτουργίες και τα χαρακτηριστικά του συστήματος συγκαταλέγονται και τα παρακάτω: [34]

- ⇒ Φόρτωση νέων χαρακτηριστικών μέσω Διαδικτύου
- ⇒ Εύκολη αναβάθμιση λογισμικού

- ⇒ Καθορισμός χαρακτηριστικών από το χρήστη
- ⇒ Μεγάλη οθόνη LCD
- ⇒ Μέτρηση βάθους
- ⇒ Εμφάνιση τιμής ρεύματος στον αγωγό
- ⇒ Ένδειξη κατεύθυνσης της ροής ρεύματος



Εικόνα 3. 15 – Ανίχνευση υπόγειων βλαβών



Εικόνα 3. 16 – Περιγραφή Δέκτη



Εικόνα 3. 17 – Περιγραφή Πομπού

Τα ηχοπαλμόμετρα TDR χρησιμοποιούνται επίσης για τον εντοπισμό και τον προσδιορισμό σφαλμάτων σε όλους τους τύπους καλωδίων, είτε σε εναέρια, είτε σε υπόγεια δίκτυα. αποτελούν μία ευρέως προτιμώμενη μέθοδο, κυρίως λόγω της ταχύτητας και της ακρίβειας τους, αλλά και γιατί καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών.

Το ηχοπαλμόμετρο που περιγράφεται (μοντέλο 1550), δημιουργεί νέα πρότυπα ευκολίας και αξιοπιστίας στον έλεγχο αλλά και στον εντοπισμό σφαλμάτων των καλωδίων. χρησιμοποιείται για εργασία σε εξωτερικούς χώρους και είναι σχεδιασμένο ώστε να χρησιμοποιείται με το ένα χέρι. Το εργαλείο αυτό, μπορεί να εντοπίσει διακοπές, βραχυκυκλώματα, ενώσεις, μούφες, οξείδωση λόγω υγρασίας και άλλα προβλήματα που εμφανίζονται στα καλώδια.

Κάποια από τα πεδία εφαρμογών του μπορεί να είναι: [35]

- ⇒ Κατά την διάρκεια της εγκατάστασης ή της παραλαβής των καλωδίων, όπου πιθανά προβλήματα είναι τα κατασκευαστικά σφάλματα, οι κακής ποιότητας αγωγοί, οι φθορές, τα χτυπήματα κλπ.
- ⇒ Κατά τη λειτουργία των καλωδίων, που μπορεί να συμβούν βραχυκυκλώματα ή και διακοπές.
- ⇒ Ακόμη, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την καταγραφή των διαθέσιμων καλωδίων για λόγους παραλαβής και απογραφής.



Εικόνα 3. 18 – Ηχοπαλμόμετρο καλωδίων

3.4.8 Μέθοδοι Ανίχνευσης Διαλειπόντων Σφαλμάτων

Τα σφάλματα με επανέναυση, ή αλλιώς διαλείποντα, αποτελούν μία ειδική κατηγορία σφαλμάτων, που συναντώνται ευρέως σε υπόγεια δίκτυα. Αρχική αιτία των σφαλμάτων αυτών είναι μια μικρή υποβάθμιση της μόνωσης του καλωδίου, για παράδειγμα εξαιτίας λάθος κατασκευής ή εγκατάστασή τους κλπ. Τα μονοφασικά σφάλματα προς γη στα καλώδια, μπορεί να εξελιχθούν σε τριφασικά ή ακόμη και να «διαδοθούν» σε άλλες θέσεις του δικτύου, λόγω των διαδοχικών σβέσεων – επανεναύσεων του τόξου.

Τα διαλείποντα σφάλματα προς γη ανιχνεύονται ευκολότερα από τους ηλεκτρονόμους τάσης μηδενικής ακολουθίας, γιατί η υπέρταση μηδενικής ακολουθίας έχει πιο «ομαλή» συμπεριφορά. Η αύξηση της τάσης μηδενικής ακολουθίας οφείλεται στις μεταβατικές υπερτάσεις φόρτισης, εκφόρτισης και συνεχούς ρεύματος που προκαλούνται κατά τις επανεναύσεις του τόξου. Τα διαλείποντα σφάλματα μπορεί ακόμη να προκαλέσουν ανεπιθύμητες διακοπές ηλεκτροδότησης, ή ακόμη και να μην ανιχνευτούν από την προστασία.

Οι λειτουργικές απαιτήσεις της προστασίας από τα διαλείποντα σφάλματα διαφέρουν σχέση με τις αντίστοιχες απαιτήσεις της προστασίας από τα μόνιμα σφάλματα: Η ενεργοποίηση της προστασίας στην περίπτωση διαλειπόντων σφαλμάτων θα πρέπει να γίνεται με υψηλή ευαισθησία και ταχύτητα ώστε να ανιχνεύονται τυχόν παλμοί, οι οποίοι προκαλούνται από τις επανεναύσεις του τόξου. Ακόμη, ο χρόνος κατά τον οποίο παραμένει ενεργοποιημένη η προστασία θα πρέπει να είναι σχετικά μεγάλος, ώστε να μην απενεργοποιείται μεταξύ δύο διαδοχικών παλμών. Αντιθέτως, για την προστασία από τα μόνιμα σφάλματα δεν χρειάζεται τόσο μεγάλη ταχύτητα ενεργοποίησης της προστασίας και ο χρόνος παραμονής σε κατάσταση ενεργοποίησης μπορεί να είναι μικρότερος. [26]

3.4.9 Μέθοδοι Υπολογισμού Απόστασης Σφαλμάτων προς τη Γη

Η ανάπτυξη του συστήματος λειτουργίας και προστασίας των Δικτύων Μέσης Τάσης έχει ως σκοπό τη δυνατότητα εκτίμησης της απόστασης σφάλματος. Για να εκτιμηθεί η απόσταση του σφάλματος στα δίκτυα Μέσης Τάσης που γειώνονται μέσω αντισταθμιστικού πηνίου, λαμβάνεται υπόψη η αγωγιμότητα των αναχωρήσεων, όπως και μέθοδοι που βασίζονται στα μεταβατικά φαινόμενα.

Η εφαρμογή της μεθόδου εκτίμησης της απόστασης σφάλματος προς τη γη γίνεται ως εξής: Η αναχώρηση με σφάλμα συνδέεται σε κάποιο βρόχο με υγιή αναχώρηση.

Παρατηρείται πως ο λόγος των μεταβολών των ρευμάτων μηδενικής ακολουθίας στις αρχές των δυο αναχωρήσεων είναι ίσος με το λόγο των σύνθετων αγωγιμοτήτων των αναχωρήσεων μέχρι το σημείο του σφάλματος. [26]

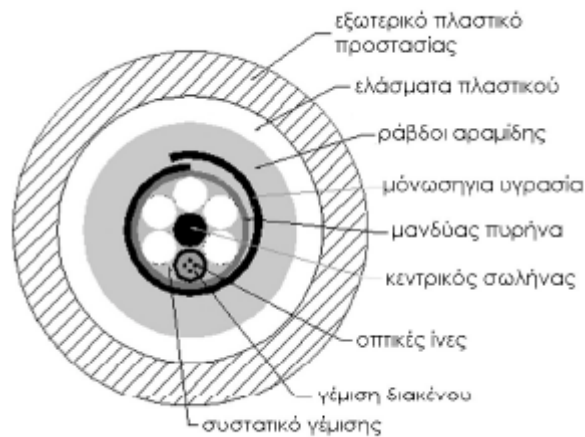
3.5 Υποβρύχιες Διασυνδέσεις

Τα υποβρύχια καλώδια χρησιμοποιούνται συνήθως για τη σύνδεση δικτύων νήσων με το κύριο ενεργειακό δίκτυο, τη διάσχιση λιμνών, ποταμών ή και λιμανιών. Η μηχανική προστασία καθώς και η αντοχή σε εφελκυσμό που απαιτείται στα υποθαλάσσια καλώδια, επιτυγχάνεται με μεγαλύτερο κόστος από ότι στα εναέρια, αλλά εξασφαλίζεται από τα ενεργειακά καλώδια. Χαρακτηριστικό γνώρισμα των υποβρύχιων καλωδίων αποτελεί το ότι είναι φιλικά προς το περιβάλλον, αθέατα και χωρίς εναπομείναντα ίχνη μετά την εγκατάστασή τους. [41]

3.5.1 Εγκατάσταση Υποβρύχιων Καλωδίων

Στα υποβρύχια καλώδια, η πόντιση γίνεται με ειδικά πλοία βύθισης καλωδίων ή ακάτους. Αρχικά, το καλώδιο τοποθετείται στους υποδοχείς των μπομπίνων που βρίσκονται στο πίσω μέρος του πλοίου, και στη συνέχεια καταδύεται με σταθερή ταχύτητα καθώς το πλοίο διασχίζει τα νερά.

Αφού πραγματοποιηθεί η πόντιση, πρέπει να λαμβάνονται μέτρα προφύλαξης για τυχόν καταστροφές από άγκυρες πλοίων ή μηχανές ψαρέματος. Ακόμη, η απόδοση του καλωδίου μπορεί να εξασθενήσει από την πίεση του νερού ή τη διείσδυση υδρογόνου ή υγρασίας μέσα σε αυτό. Έτσι, κατασκευάζονται με ειδικούς προστατευτικούς μανδύες, για παράδειγμα θωράκιση από ατσάλινα σύρματα και επιστρώσεις ασφάλτου, αλλά και με ειδικές επικαλύψεις αεροστεγούς σφράγισης. Καθώς το πλοίο διασχίζει τα νερά, το καλώδιο ποντίζεται με σταθερή ταχύτητα. Μετά την πόντιση η πρόσβαση στο καλώδιο είναι δύσκολη και δαπανηρή. Αν το καλώδιο καταστραφεί θα πρέπει να αντικατασταθεί το αντίστοιχο κομμάτι. [41]



Εικόνα 3. 19 – Σύνθεση μέσης τάσης υποθαλάσσιο καλώδιο

3.5.2 Διεθνείς Υποβρύχιες Διασυνδέσεις

Από τον Οκτώβριο του 2004 το Ελληνικό Σύστημα λειτουργεί παράλληλα με το σύστημα UCTE (Union pour la Coordination du Transport de l' Electricité) μέσω διασυνδετικών Γ.Μ. 400 και 150 kV με τα Συστήματα Αλβανίας, Βουλγαρίας και ΠΓΔΜ. Ακόμη, συνδέεται ασύγχρονα, μέσω υποβρυχίου συνδέσμου συνεχούς ρεύματος, με την Ιταλία. Η τοπολογία των διασυνδέσεων που ήδη υπάρχουν όπως και εκείνων που βρίσκονται σε εξέλιξη, φαίνεται στην Εικόνα 3.20, όπου παριστάνονται με διαφορετικούς χρωματισμούς οι υφιστάμενες, οι υπό κατασκευή, οι συμβολαιοποιημένες και οι υπό μελέτη διασυνδέσεις. [40]



Εικόνα 3. 20 – Διάγραμμα διασυνδεδεμένων συστημάτων Βαλκανικής

3.5.3 Υποβρύχια Διασύνδεση Νησιού (Περίπτωση Κρήτης)

Η μελέτη για την κατασκευή υποβρυχίων διασυνδέσεων από τη ΔΕΗ όσον αφορά τα νησιά της χώρας με το Ηπειρωτικό Σύστημα ξεκίνησε από την δεκαετία του '60. Στην αρχή χρησιμοποιήθηκαν καλώδια 15kV, στη συνέχεια καλώδια 66kV (Κέρκυρα), και αργότερα καλώδια 150kV (διασύνδεση υπολοίπων Ιονίων νήσων τη δεκαετία του '70). Η σκέψη για την υποβρύχια ηλεκτρική διασύνδεση της Κρήτης με την Ηπειρωτική Ελλάδα, αντικρουόταν τότε κυρίως στις περιορισμένες δυνατότητες της τεχνολογίας υποβρυχίων καλωδίων όσον αφορούσε το μήκος και το βάθος πόντισης. Μελέτη που διεξήχθη το 1968 κατέληξε στο συμπέρασμα ότι, η διασύνδεση δεν συνέφερε οικονομικά ενώ το βάθος πόντισης των καλωδίων είχε κριθεί απαγορευτικό.

Το ενεργειακό σύστημα της Κρήτης εμφανίζει ιδιαίτερα προβλήματα, που οφείλονται στην οριακή κάλυψη των αναγκών σε ηλεκτρική ενέργεια του νησιού κυρίως τους θερινούς μήνες και στο υψηλό κόστος παραγωγής των μονάδων του νησιού, οι οποίες χρησιμοποιούν

ως καύσιμο μαζούτ και Diesel, ενώ δημιουργούν πολύ σημαντικά περιβαλλοντικά προβλήματα.

Η διασύνδεση της Κρήτης δεν είχε γίνει εφικτή και οι λόγοι είναι κυρίως τεχνικοί. Παρόλα αυτά, η ανάπτυξη νέων τεχνολογιών, η εμπειρία από την επιτυχή εφαρμογή τους στη διασύνδεση Ελλάδας – Ιταλίας, η συνεχώς αυξανόμενη σχετική δραστηριότητα που σημειώνεται τα τελευταία χρόνια σε παγκόσμια κλίμακα, αλλά και διασύνδεση απομακρυσμένων νησιών (διασύνδεση Ιταλίας - Σαρδηνίας, Ισπανίας - Μαγιόρκα κ.α.) και αιολικών σταθμών με τα ηπειρωτικά συστήματα, δημιούργησαν τις προϋποθέσεις για μια επιτυχημένη ολοκλήρωση παρόμοιων έργων και στην Ελλάδα.

Με βάση τα παραπάνω, το 2006 ανατέθηκε η εκπόνηση μελέτης της διασύνδεσης όλων των νησιών του Αιγαίου [37], στην οποία εξετάστηκε και η διασύνδεση της Κρήτης με δύο ανεξάρτητα κυκλώματα DC 2×350MW. Η εν λόγω μελέτη κατέστη πιο επίκαιρη το 2008 [38]. Το ίδιο έτος εκπονήθηκε από τη Διεύθυνση Διαχείρισης Νήσων της ΔΕΗ η μελέτη διασύνδεσης της Κρήτης. [39]

Όσον αφορά τα σημεία προσαιγιαλώσης των υποβρυχίων καλωδίων στην Κρήτη, μελετήθηκαν δύο περιπτώσεις:

- ⇒ Στην πρώτη περίπτωση, η θέση Κορακιά-Γαληνών των Ν. Ρεθύμνου-Ηρακλείου
- ⇒ Στην δεύτερη περίπτωση, μια θέση σε ΒΔ σημείο του νησιού η οποία ελαχιστοποιεί την υποβρύχια διαδρομή και θεωρείται μετά από έρευνες ως η καταλληλότερη διαδρομή από άποψης μορφολογίας του βυθού για την όδευση των υποβρυχίων καλωδίων. Στην περίπτωση αυτή ο σταθμός μετατροπής θα κατασκευαστεί πλησίον του Υ/Σ Χανίων.

Σε ότι αφορά τα σημεία διασύνδεσης με το Ηπειρωτικό Σύστημα εξετάστηκαν δύο περιπτώσεις:

- ⇒ Στην πρώτη περίπτωση η σύνδεση στο νότιο άκρο της Πελοποννήσου (Μονεμβασιά) και η όδευση με εναέρια Γ.Μ. DC έως το KYT που πρόκειται να κατασκευαστεί στην περιοχή της Μεγαλόπολης.
- ⇒ Στη δεύτερη περίπτωση, η σύνδεση σε KYT της Αττικής το οποίο θα προσδιοριστεί επακριβώς σε δεύτερη φάση, αφού διερευνηθούν οι δυνατότητες χώρου και πρόσβασης σε αυτόν.

Για την τεχνολογία του Συνδέσμου DC χρησιμοποιείται η τεχνολογία που βασίζεται σε μετατροπείς πηγής τάσης (VSC) που ακολουθεί τη βασική δομή του συμβατικού συστήματος HVDC, αλλά διαφέρει ως προς αυτή στη χρήση IGBTs (Insulated Gate Bipolar Transistors) αντί θυρίστορ για την ανόρθωση και την αντιστροφή που επιτελούν οι μετατροπείς. Πλεονέκτημα της χρήσης IGBTs είναι ότι επιτρέπει την τροφοδοσία παθητικών δικτύων με χαμηλή ή καθόλου παραγωγή και χαμηλή ισχύ βραχυκύκλωσης, όπως το προς διασύνδεση Σύστημα της Κρήτης.

Παρακάτω αναφέρονται οι συνδεσμολογίες για το σύνδεσμο DC:

- ⇒ Απλός Σύνδεσμος. Ο οποίος αποτελείται από 2 αγωγούς Υ.Τ. διαφορετικής πολικότητας και ένα μετατροπέα σε κάθε άκρο. Αν υπάρξει κάποια βλάβη στον ένα από τους δύο πόλους, τότε ο σύνδεσμος δε μπορεί να λειτουργήσει.

- ⇒ Υβριδικός Σύνδεσμος. Ο οποίος αποτελείται από 2 αγωγούς Υ.Τ., ένα καλώδιο Μ.Τ. και δύο μετατροπείς σε κάθε άκρο του συνδέσμου. Είναι ουσιαστικά ένας συνδυασμός δύο απλών συνδέσμων, ενός με θετική και ενός με αρνητική πολικότητα σε σχέση με το καλώδιο Μ.Τ. Έτσι, κάθε μονοπολική πλευρά μπορεί να λειτουργήσει ανεξάρτητα από την άλλη, όποτε σε κανονική λειτουργία οι αγωγοί στους δύο πόλους λειτουργούν με το ίδιο ονομαστικό ρεύμα με αποτέλεσμα να μηδενίζεται το ρεύμα επιστροφής στο καλώδιο Μ.Τ. Ακόμη, σε περίπτωση βλάβης στον ένα πόλο, το καλώδιο Μ.Τ. μπορεί να χρησιμοποιηθεί βραχυπρόθεσμα ως επιστροφή έτσι ώστε ο δεύτερος πόλος να συνεχίσει να λειτουργεί. Έτσι ο σύνδεσμος θεωρείται πιο αξιόπιστος.

4^ο - ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ”

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η ανίχνευση και η επισκευή βλαβών στα καλώδια μέσης τάσης. Ερευνήθηκαν τα τρία είδη δικτύων (εναέρια, υπόγεια και υποβρύχια) και οι τρόποι ανίχνευσης των σφαλμάτων σε καθένα από αυτά. Τα τελευταία χρόνια μια νέα μεθοδολογία είναι διαθέσιμη όσον αφορά τον έλεγχο των καλωδίων μέσης τάσης, με τη χρήση υψηλής τάσης πολύ χαμηλής συχνότητας (VLF). Αποτελέσματα που προέρχονται από έγκριτες βιβλιογραφικές πηγές αλλά και αποτελέσματα δοκιμών δείχνουν ότι οι δοκιμές VLF αποτελούν πολύτιμο εργαλείο για την πρόβλεψη της αξιόπιστης λειτουργίας των καλωδίων, των ακροκιβωτίων και των συνδέσμων. Ο έλεγχος των καλωδίων με την μεθοδολογία VLF κρίνεται πλέον απαραίτητος ώστε να διαπιστωθεί η ορθή εγκατάσταση τους και να προληφθούν σφάλματα, που είναι πολύ πιθανόν να εμφανισθούν κατά τη διάρκεια λειτουργίας τους.

Σε περιπτώσεις σφαλμάτων προς τη γη, η συμπεριφορά των δικτύων Μέσης Τάσης εξαρτάται από τη μέθοδο γείωσης του ουδέτερου. Το αντίθετο συμβαίνει σε περίπτωση διφασικών ή τριφασικών σφαλμάτων. Στο σημείο αυτό πρέπει να επισημανθεί ότι τα σφάλματα προς γη συναντώνται κυρίως στα εναέρια δίκτυα Μέσης Τάσης. Σημαντικό είναι να τονιστεί πως σε περίπτωση σφάλματος προς γη, η συμπεριφορά των δικτύων παίζει πρωτεύοντα ρόλο στην ασφάλεια προσώπων και των εγκαταστάσεων.

Τα θέματα ασφαλείας της διανομής ηλεκτρισμού απασχολούν ιδιαίτερα τον κοινό. Αυτή η ανάγκη ωθεί τις αρμόδιες Αρχές να προωθούν νομοθετικά πλαίσια, που να παρακινούν τις επιχειρήσεις ηλεκτρισμού να βελτιώσουν την αξιοπιστία των δικτύων τους. Έτσι επιτυγχάνεται η ασφάλεια και η αξιοπιστία των δικτύων μέσης τάσης.

Η γείωση του ουδέτερου κόμβου μέσω αντισταθμιστικού πηνίου, είναι μία μέθοδος που έχει πολύ καλές επιδόσεις όσον αφορά την ασφάλεια την αξιοπιστία ηλεκτροδότησης. Αυτό οφείλεται στη μικρή ένταση του ρεύματος σφάλματος προς γη και στη μεγάλη δυνατότητα αυτοαπόσβεσης σφαλμάτων με τόξο. παρόλα αυτά, παρουσιάζει σημαντικά προβλήματα στα υπόγεια δίκτυα, τα οποία συνίστανται στην αυξημένη πιθανότητα πρόκλησης δευτερογενών σφαλμάτων σε άλλες θέσεις του δικτύου. Έτσι, καθίσταται δυσμενής η εφαρμογή γείωσης μέσω αντισταθμιστικού πηνίου στα υπόγεια δίκτυα.

Σε εναέρια δίκτυα, καθώς και σε δίκτυα που αποτελούνται τόσο από εναέρια όσο και από υπόγεια τμήματα, η κύρια μέθοδος γείωσης θα είναι η γείωση μέσω αντισταθμιστικού πηνίου. Σε περίπτωση όμως ανίχνευσης σφάλματος που δεν αυτοαποσβένεται σύντομα, η μέθοδος γείωσης μετατρέπεται σε γείωση μέσω μικρής αντίστασης.

Σε δίκτυα αμιγώς υπόγεια, ή που συμπεριλαμβάνουν μικρού μήκους εναέρια τμήματα η γείωση εφαρμόζεται μέσω μικρής αντίστασης, ενώ σε δίκτυα αμιγώς εναέρια ή με μικρά υπόγεια τμήματα, μπορεί να εφαρμοστεί γείωση μέσω αντισταθμιστικού πηνίου. Οι επιχειρήσεις ηλεκτρισμού, που αλλάζουν τη μέθοδο γείωσης των δικτύων Μέσης Τάσης, τις περισσότερες φορές οδεύουν προς τη γείωση μέσω αντισταθμιστικού πηνίου, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί και συνδυαστικά με άλλες μεθόδους.

Η χρήση των γνωστών συστημάτων αντιστάθμισης με δυνατότητα έγχυσης ελεγχόμενου ρεύματος, αυξάνει την ασφάλεια και την αξιοπιστία της ηλεκτροδότησης και το πιο σημαντικό είναι πως περιορίζει την εμφάνιση σφαλμάτων με επανενάψεις (διαλείποντα σφάλματα) στα υπόγεια καλώδια. Μία τεχνολογική εξέλιξη που θα βοηθούσε πολύ τα υπόγεια δίκτυα ώστε να εμφανίζουν ικανοποιητική συμπεριφορά χωρίς τον συνδυασμό των μεθόδων γείωσης θα ήταν η ανάπτυξη ηλεκτρονόμων, που θα ανίχνευαν έγκαιρα τα διαλείποντα σφάλματα.

Ακόμη, θα μπορούσαν να αναπτυχθούν μέθοδοι για την ανίχνευση σφαλμάτων μεγάλης αντίστασης, και μέθοδοι εκτίμησης, με μεγάλη ακρίβεια, της απόστασης σφάλματος. Η δομή των δικτύων όμως είναι ένας ακόμη παράγοντας που παίζει σπουδαίο ρόλο στην αξιοπιστία του συστήματος.

Οι μέθοδοι ανίχνευσης και εντοπισμού σφαλμάτων προς γη, που χρησιμοποιούνται ευρύτερα στην πράξη σε δίκτυα γειωμένα μέσω αντισταθμιστικού πηνίου, είναι η βατομετρική μέθοδος και οι μέθοδοι αγωγιμότητας. Ωστόσο, πραγματοποιούνται προσπάθειες ανάπτυξης νέων μεθόδων, που βασίζονται στην ψηφιακή τεχνολογία. Οι νεότερες μέθοδοι εστιάζουν κυρίως στην ανίχνευση σφαλμάτων προς γη μεγάλης αντίστασης και αμέσως μετά στο να δώσουν οικονομικές και ευέλικτες λύσεις. Ουσιαστικό όμως κριτήριο για την επιλογή της μεθόδου με τις καλύτερες προοπτικές είναι η δοκιμή τους στο χρόνο.

Η μηχανική προστασία καθώς και η αντοχή σε εφελκυσμό που απαιτείται στα υποθαλάσσια καλώδια, επιτυγχάνεται με μεγαλύτερο κόστος από ότι στα εναέρια, αλλά εξασφαλίζεται από τα ενεργειακά καλώδια. Τα υποβρύχια καλώδια είναι φιλικά προς το

περιβάλλον, αθέατα και χωρίς εναπομείναντα ίχνη μετά την εγκατάσταση τους. Η πόντιση σε αυτά γίνεται με ειδικά πλοία βύθισης καλωδίων ή ακάτους. Αρχικά, το καλώδιο τοποθετείται στους υποδοχείς των μπομπίνων που βρίσκονται στο πίσω μέρος του πλοίου, και στη συνέχεια καταδύεται με σταθερή ταχύτητα καθώς το πλοίο διασχίζει τα νερά.

Αφού πραγματοποιηθεί η πόντιση, πρέπει να λαμβάνονται μέτρα προφύλαξης για τυχόν καταστροφές από άγκυρες πλοίων ή μηχανές ψαρέματος. Ακόμη, η απόδοση του καλωδίου μπορεί να εξασθενήσει από την πίεση του νερού ή τη διείσδυση υδρογόνου ή υγρασίας μέσα σε αυτό. Έτσι, κατασκευάζονται με ειδικούς προστατευτικούς μανδύες, για παράδειγμα θωράκιση από ατσάλινα σύρματα και επιστρώσεις ασφάλτου, αλλά και με ειδικές επικαλύψεις αεροστεγούς σφράγισης.

Γενικά, οι μέθοδοι ανίχνευσης θα πρέπει να έχουν τη δυνατότητα να διακρίνουν τα σφάλματα με τόξο από τα μόνιμα σφάλματα, ώστε να αποφευχθούν οι μη επιθυμητές λειτουργίες διακοπών με αυτόματη επαναφορά. Συμβολή στην προστασία των δικτύων που γειώνονται μέσω αντισταθμιστικού πηνίου έχουν και οι διατάξεις αυτόματης ρύθμισης της αντιστάθμισης και έγχυσης ρεύματος αδρανοποίησης του, με την έννοια ότι μειώνουν την ένταση του ρεύματος στη θέση του σφάλματος προς γη, και έτσι βοηθούν στην ασφάλεια προσώπων, εγκαταστάσεων αλλά και του περιβάλλοντος.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ - ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Ελευθέριος Μ. Μεσλεμέ « Μελέτη εγκατάστασης αιολικού πάρκου μέσης κλίμακας και η διαχείριση της ηλεκτρικής του ενέργειας στο αυτόνομο σύστημα της Κρήτης» Ηράκλειο 2007 σελ 27.
- [2] Π.Δ. Μπούρκας, Κ.Γ. Καραγιαννόπουλος, «Μετρήσεις σε βιομηχανικές διατάξεις και υλικά», Αθήνα 2004.
- [3] Κ.Θ. Δέρβος, «Μονωτικά Υλικά ΥΤ» , Αθήνα 2001.
- [4] Παπαροϊδάμης Γεώργιος «Διηλεκτρικές δοκιμές σε μονωτικά βιοδιασπώμενα λάδια».
- [5] Π.Δ. Μπούρκας, «Εφαρμογές Κτιριακών και Βιομηχανικών Εγκαταστάσεων», Αθήνα 1998
- [6] Διαδικτυακή πηγή: Ζορμπάς Κωνσταντίνος, « Ηλεκτρολογικά υλικά – Πρώτες ύλες» <http://13epal-esp-thess.thess.sch.gr/agogoi.htm>
- [7] Δημήτριος Κ. Δουλφής «Μελέτη πάσης φύσεως δικτύου μεταφοράς ηλεκτρικού ρεύματος από την παραγωγή στην κατανάλωση και ζεύξη με δίκτυα εναλλακτικών μορφών ενέργειας και μεταφορά δεδομένων με τα ανωτέρω δίκτυα», Χανιά, εκέμβριος 2010.
- [8] Μακρυγιάννης Νικόλαος «Μελέτη αντικεραυνικής συμπεριφοράς εναέριων γραμμών διανομής ηλεκτρικής ενέργειας στην περιοχή της Καλαμάτας» Πάτρα.
- [9] Πέτρος Ντοκόπουλος, «Εισαγωγή στα ΣΗΕ», Εκδόσεις Παρατηρητής, Θεσσαλονίκη 1986.
- [10] Βασίλειος Κ. Παπαδιάς, «Γραμμές Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας», Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα 1999
- [11] Μιχ. Δανίκας, «Στοιχεία Υψηλών Τάσεων», Εκδόσεις Οικονομικών.
- [12] George J. Anders, «Rating of Electric Power Cables», IEEE Press Power Engineering Series
- [13] «Electrical Power Cable Engineering», edited by William A. Thue.
- [14] Πέτρος Ντοκόπουλος, «Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις καταναλωτών Μέσης και Χαμηλής τάσης», Εκδόσεις ΖΗΤΗ, Θεσσαλονίκη.

- [15] Χρήστος Αθ. Χριστοδούλου, «Ηλεκτρικές δοκιμές σε καλώδια μέσης τάσης Διαδικασίες επαλήθευσης και υπολογισμού αβεβαιότητας», Αθήνα, Μάρτιος 2006.
- [16] Κλέαρχος Σ. Σταθόπουλος, Δημήτριος Α. Παπαδάκης, «ΜΕΤΡΗΣΗ ΜΗΚΟΥΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΘΕΣΗΣ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ ΚΑΛΩΔΙΩΝ», Αθήνα, Οκτώβριος 2008.
- [17] IEC 60502-2: “Power Cables with Extruded Insulation and Their Accessories for Rated Voltages from 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) up to 30 kV ($U_m = 36$ kV) - Part 2: Cables for Rated Voltages from 6 kV ($U_m = 7,2$ kV) and up to 30 kV ($U_m = 36$ kV)”, 2005.
- [18] ΕΛΟΤ HD 620 S2: “Καλώδια διανομής με εξωθημένη μόνωση ονομαστικής τάσης από 3,6/6 (7,2) kV μέχρι και 20,8/36 (42) kV”, 15 Ιανουαρίου 2010.
- [19] IEEE Std 400.2: “IEEE Guide for Field Testing of Shielded Power Cable Systems Using Very Low Frequency (VLF)”, 2004.
- [20] Gockenbach E., Hauschild W.: “The Selection of the Frequency Range for High-Voltage On-Site Testing of Extruded Insulation Cable Systems”, IEEE Electrical Insulation Magazine, November/December 2000, Vol.16, No.6, pp. 11-16.
- [21] Ι.Φ. Γκόνοσ, Ι.Α. Σταθόπουλος, «ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΔΟΚΙΜΕΣ ΣΕ ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ», Εργαστήριο Υψηλών Τάσεων Ε.Μ.Π., Σ Υ Ν Ο Δ Ο Σ “Α Θ Η Ν Α 2 0 1 1” 15 & 16 Δεκεμβρίου 2011.
- [22] Ευδόκιμος Μ. Μούσογλου, «Δοκιμαί και Μετρήσεις επί Ηλεκτρικών Μονώσεων», Αθήναι 1976.
- [23] CENELEC HD 620 S1: “Distribution Cables with Extruded Insulation for Rated Voltages from 3,6/6 (7,2) kV to 20,8/36 (42) kV”, 1996.
- [24] Ernst Gockenbach, Wolfgang Hauschild: “The Selection of the Frequency Range for High-Voltage On-Site Testing of Extruded Insulation Cable Systems”, IEEE Electrical Insulation Magazine, November/December 2000 – Vol.16, No.6, pp. 11-16.
- [25] Mohaupt P., Baur M., Schlick T.: “VLF Testing and Diagnosis on Medium Voltage Power Cables”, Transmission and Distribution Construction, Operation and Live-Line Maintenance, 2003. 2003 IEEE ESMO. 2003 IEEE 10th International Conference, pp. 202-209.
- [26] Μάρακα Μ. Σοφία, «ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΓΕΙΩΣΗΣ ΤΟΥ ΟΥΔΕΤΕΡΟΥ ΣΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ - ΓΕΙΩΣΗ ΜΕΣΩ ΑΝΤΙΣΤΑΘΜΙΣΤΙΚΟΥ ΠΗΝΙΟΥ», Αθήνα, 2006.

- [27] Single phase earth faults in high impedance grounded networks. Characteristics, indication and location / Seppo Häninnen – Technical Research Centre of Finland / 2001.
- [28] Questionnaire about distribution networks – Summary of results / EURELECTRIC / 2000.
- [29] MV public distribution networks throughout the world / Christian Puret – Cahier Technique Merlin Gerin n° 155 / March 1992.
- [30] New directional ground – fault elements improve sensitivity in ungrounded and compensated networks / Jeff Roberts, Dr Daqing Hou, Fernando Calero, Dr Hector J. Altuve – Schweitzer Engineering Laboratories – Pullman, WA, USA / 2001.
- [31] Καλπακίδης Ιωάννης, «Περιγραφή των Μέσων Προστασίας και των Εγκαταστάσεων Μέσης Τάσης της Δ.Ε.Η και των Καταναλωτών», Θεσσαλονίκη 2009.
- [32] Βρανής Δημήτριος, «Βλάβες στη διανομή ηλεκτρικής ενέργειας – Προσομοίωση συστήματος αποκατάστασης βλαβών», σελ. 66-71, 2010.
- [33] «Τεχνολογία», Ειδικό ένθετο της εφημερίδας «Ο τύπος των Μαρωνιτών», σελ. 6-7.
- [34] Radiodetection Brochure, «Σύστημα Εντοπισμού RD4000», www.kavouras.net/rd.
- [35] Radiodetection Brochure, «Ηχοπαλμόμετρα (TDR) Riserbond», www.kavouras.net/rd.
- [36] Λουκά Π. Μαρία, «Μελέτη κατασκευαστικών στοιχείων καλωδίων Ε.Ρ.Υ.Τ Δικτυωμένου Πολυαιθυλενίου και διαμόρφωση δοκιμίου για εργαστηριακές επιδείξεις», Ιανουάριος 2011.
- [37] «Στρατηγική Μελέτη Διασύνδεσης Αυτόνομων Νησιωτικών Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας, Προκαταρκτικές Μελέτες», ΡΑΕ/ΕΠΙΣΕΥ – ΕΜΠ, Αθήνα, 2006.
- [38] «Επικαιροποίηση της Στρατηγικής Μελέτης Διασύνδεσης Νησιών με το Σύστημα», ΡΑΕ/ΕΠΙΣΕΥ – ΕΜΠ, Αθήνα, 2008.
- [39] «Διασύνδεση αυτόνομου νησιωτικού συστήματος της Κρήτης με το ηπειρωτικό Σύστημα – Φάση Α΄, Μελέτη σκοπιμότητας», ΔΕΗ/ΔΔΝ, 2008.
- [40] «Μελέτη ανάπτυξης συστήματος μεταφοράς», Περίοδος 2008-2012, ΔΕΣΜΗΕ, Επιχειρησιακή Διεύθυνση Ανάπτυξης & Συντήρησης Συστήματος, Διεύθυνση Σχεδιασμού Συστήματος, Αθήνα Ιούλιος 2008.

[41] Κατσαούνης Ιωάννης, «Ανάλυση των εξελίξεων και των μελλοντικών προοπτικών με βάση τα ερευνητικά δεδομένα στη χρήση των δικτύων υψηλής τάσης για τηλεπικοινωνιακούς σκοπούς», Πάτρα, Ιανουάριος 2008.