

Αρχείο Πράξης 19/08.12.2011

Λιβερός Ι.  
Βεργιάδης Π.  
Μανουδάκης Ν.



Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ

Η/Γ  
621

## ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Σφάλματα υπογείων καλωδίων. Μέθοδοι μέτρησης  
σφαλμάτων.**

ΣΜΑΡΑΓΔΑΚΗΣ ΧΡΙΣΤΟΣ  
(Α.Μ. 32789)

**Επιβλέπων: ΙΩΑΝΝΗΣ ΛΙΒΕΡΗΣ**  
επίκουρος καθηγητής

Αθήνα Νοέμβριος 2011

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω στο σημείο αυτό τον επιβλέποντα καθηγητή της πτυχιακής μου εργασίας, κ. Λιβέρη Ιωάννη για τη δυνατότητα που μου έδωσε να εργαστώ πάνω σε ένα πολύ ενδιαφέρον θέμα, καθώς και για την πολύτιμη καθοδήγηση σε όλη τη διάρκεια της εργασίας.

## Περιεχόμενα

Σελίδα

### **Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>**

1. Εισαγωγή.....	5
1.1 Αγωγοί και καλώδια .....	5
1.2 Τυπικό διάγραμμα λειτουργίας εργοστασίου παραγωγής καλωδίων.....	6
1.3 Τυπική διαδικασία παραγωγής καλωδίων.....	6
1.4 Παραγωγή ράβδου χαλκού.....	6
1.5 Συρματούργηση.....	9
1.6 Σύστρεψη και συμπίεση των αγωγών.....	15
1.7 Εξώθηση ημιαγώγιμων στρωμάτων και μόνωσης.....	17
1.8 Σχηματισμός του καλωδίου.....	19
1.9 Χαρακτηριστικά καλωδίων.....	20
1.10 Απώλειες διηλεκτρικού.....	23
1.11 Εγκατάσταση καλωδίων.....	24
1.12 Πρότυπα-σημάνσεις, κώδικας καλωδίων.....	26
1.13 Είδη καλωδίων και εφαρμογές τους.....	29
1.14 Μέτρηση, ποιότητα μέτρησης.....	35

### **Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup> : Διάταξη και διαδικασία μετρήσεων**

2.1 Περιγραφή οργάνου.....	47
2.2 Διάταξη μετρήσεων.....	47

### **Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup> : Αποτελέσματα μετρήσεων και συμπεράσματα**

3.1 Αποτελέσματα μέτρησης εντοπισμού θέσης σφάλματος.....	51
3.2 Αποτελέσματα μέτρησης μήκους με διακλάδωση.....	52
3.3 Αποτελέσματα μέτρησης μήκους καλωδίων.....	53
3.4 Συμπεράσματα.....	60

**Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup>** : Δοκιμές καλωδίων

4. Δοκιμές σε καλώδια .....	61
4.1 Δοκιμές σε καλώδια MT 1-30 kV.....	63
4.2 Δοκιμές VLF (Very low frequency testing).....	74

<b>Παράρτημα</b> : Εγχειρίδιο χρήσης του οργάνου Echometer 3000.....	86
--	----

<b>Βιβλιογραφία</b> :.....	112
----------------------------	-----

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>

### 1. Εισαγωγή

#### **1.1 Αγωγοί και καλώδια**

Τα μέταλλα συμπεριφέρονται ως καλοί αγωγοί του ηλεκτρικού ρεύματος, όταν τοποθετηθούν σε ηλεκτρικό πεδίο, λόγω της κρυσταλλικής τους εσωτερικής δομής, η οποία χαρακτηρίζεται από ελεύθερα ηλεκτρόνια σθένους, που κινούνται μεταξύ των ατόμων. Στις ηλεκτροτεχνικές και ηλεκτρονικές εφαρμογές τους όμως, ως κύριοι αγωγοί του ηλεκτρικού ρεύματος χρησιμοποιούνται μόνο ορισμένα μέταλλα, τα οποία έχουν μικρή ειδική αντίσταση  $\rho$ , όπως είναι ο χαλκός και το αλουμίνιο. Όπως είναι γνωστό, τα μέταλλα αυτά είναι ελατά και όλκιμα και εύκολα διαμορφώνονται σε φύλλα και σύρματα.

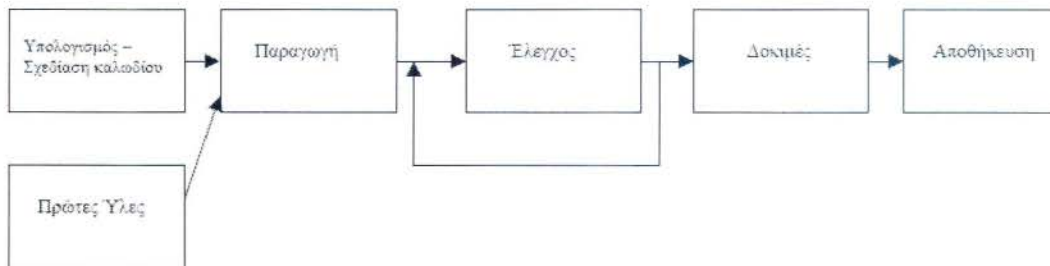
Στη βιομηχανία και κυρίως στη μεταφορά και διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιούνται όπως γυμνοί, έτσι και μονωμένοι αγωγοί οι οποίοι διακρίνονται σε μονόκλωνους (λιγότερο εύκαμπτοι και με διατομή μέχρι  $10\text{mm}^2$ ) και πολύκλωνους. Το σύρμα χωρίς μονωτική επένδυση, χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις, όπου δεν υπάρχει λόγος μόνωσής του από άλλους αγωγούς ή εξαρτήματα, όπως π.χ στην περίπτωση εναέριας μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Στις περισσότερες όμως περιπτώσεις οι αγωγοί καλύπτονται από μονωτικό υλικό, το οποίο περιορίζει τη διέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος μόνο σ' αυτούς, προστατεύοντας τα υπόλοιπα αγωγίμα σώματα. Έτσι το σύνολο δύο ή περισσότερων μονομένων αγωγών μέσα στο ίδιο μονωτικό περίβλημα ονομάζονται καλώδιο.

## 1.2 Τυπικό διάγραμμα λειτουργίας εργοστασίου παραγωγής καλωδίων

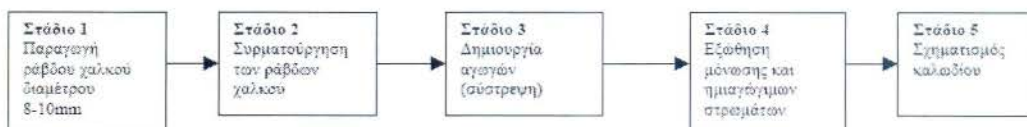


Σχήμα 1.2-1 : Διάγραμμα λειτουργίας εργοστασίου παραγωγής καλωδίων

## 1.3 Τυπική διαδικασία παραγωγής καλωδίων



Σχήμα 1.3-1 : Τυπική διαδικασία παραγωγής καλωδίων



Σχήμα 1.3-2 : Στάδια παραγωγής καλωδίων

### 1.4 Παραγωγή ράβδου χαλκού (Στάδιο 1)

Η παραγωγή σύρματος χαλκού διαμέτρου 8mm ακολουθεί την παρακάτω διαδικασία και αποτελεί το πρώτο στάδιο :

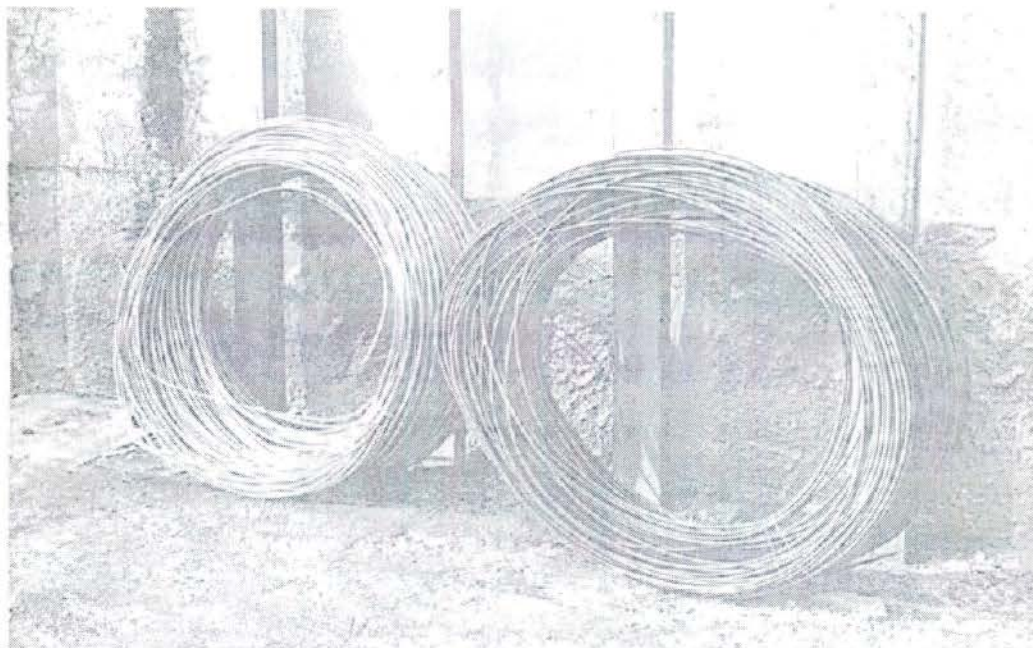
Τεμάχια τυποποιημένου χαλκού διαστάσεων 70x15x10cm θερμαίνονται σε κατάλληλους φούρνους μέχρι τη θερμοκρασία ελασματοποίησης.

Στη συνέχεια μετά από αναγκαστική διαδοχική κύλιση μεταξύ κατάλληλα διαμορφωμένων επιφανειών (με αύλακες κατάλληλης μορφής και διαδοχικών διαστάσεων διατομής) και περιστρεφόμενων κυλίνδρων, παράγεται σύρμα διαμέτρου 8-10mm,

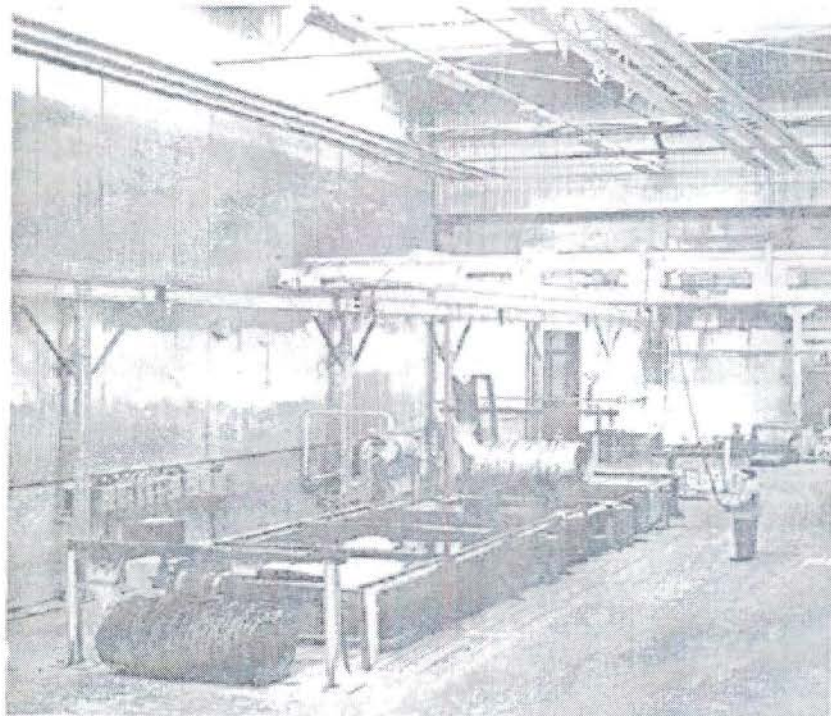
διαμορφούμενο σε κουλούρα διαμέτρου 80-100cm. Κατά την εν θερμώ κατεργασία του χαλκού δημιουργείται στην επιφάνεια του χαλκού μία λεπτή φλούδα (μαύρου χρώματος), η οποία σχηματίζεται από ένα εσωτερικό στρώμα οξειδίου του χαλκού ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ) χρώματος κόκκινου και ένα πιο λεπτό εξωτερικό στρώμα οξειδίου του χαλκού ( $\text{CuO}$ ) χρώματος μαύρου. Η απομάκρυνση του οξειδίου του χαλκού είναι απαραίτητη, προς αποφυγή δυσμενών συνθηκών κατά τη συρματούργηση. Η απομάκρυνση γίνεται βυθίζοντας τις κουλούρες χαλκού διαμέτρου 8-10mm σε διάλυμα αποτελούμενο από τέσσερα μέρη νερού και ένα μέρος  $\text{H}_2\text{SO}_4$  στους 50-60 °C. Κατά τη διάρκεια της χημικής αυτής διαδικασίας, παρατηρείται αποκόλληση μικρών σωματιδίων οξειδίου χαλκού, που το διάλυμα καθαρισμού δεν απορροφά. Αυτά αιωρούνται στο διάλυμα και κατά τη ναπομάκρυνση των συρμάτων από το διάλυμα επικολλούνται στην επιφάνειά τους.

Για αυτό οι κουλούρες σύρματος χαλκού μετά την έξοδό τους από το διάλυμα πλένονται πολύ καλά με μεγάλη ποσότητα νερού. Εάν τα σωματίδια αυτά δε ναπομακρυνθούν στο σύνολό τους παρουσιάζονται κατά τη διάρκεια της συρμάτωσης σκόνη, «λερώνοντας» το σύρμα και μολύνοντας το διάλυμα της συρμάτωσης.

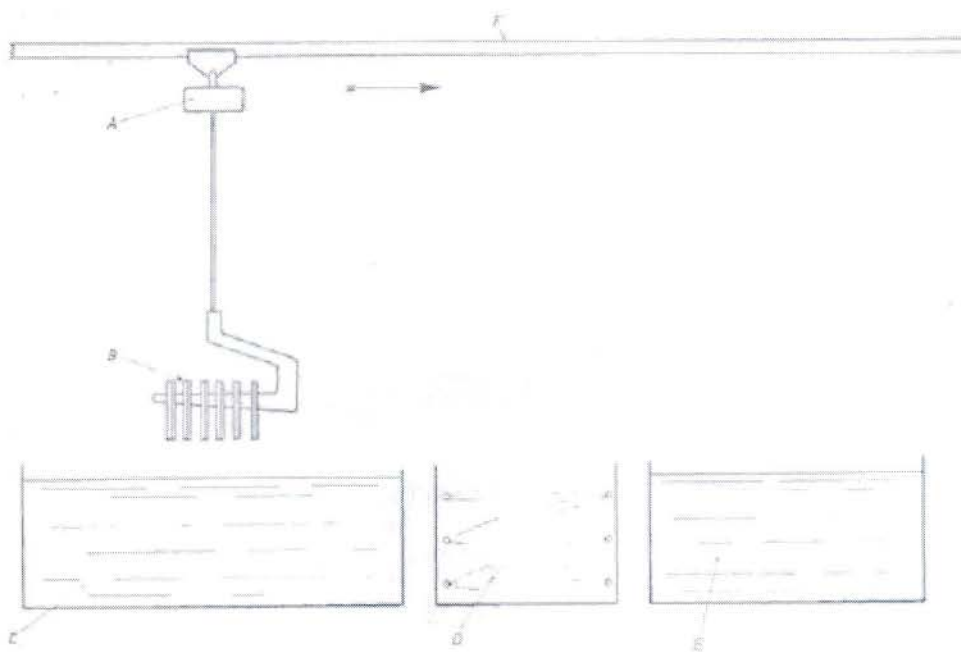
Η πλύση συντελεί επίσης και στην απομάκρυνση ιχνών οξειδίων στην επιφάνεια του σύρματος, με αποτέλεσμα να φθείρονται γρήγορα οι συρματοπήρες και κώνοι έλξης. Το σύρμα χαλκού που έχει υποστεί την παραπάνω επεξεργασία παρουσιάζει επιφάνεια χρώματος καθαρού ρόδινου.



*Σχήμα 1.4-1 : Κουλούρες σύρματος 8mm. δεξιά πριν την επεξεργασία και αριστερά μετά την επεξεργασία.*



Σχήμα 1.4-2 : Εγκατάσταση επεξεργασίας σύρματος χαλκού



Σχήμα 1.4-3 : Σχηματική διάταξης εμβάπτισης της κουλούρας χαλκού σε δεξαμενή με διάλυμα θειικού οξέως

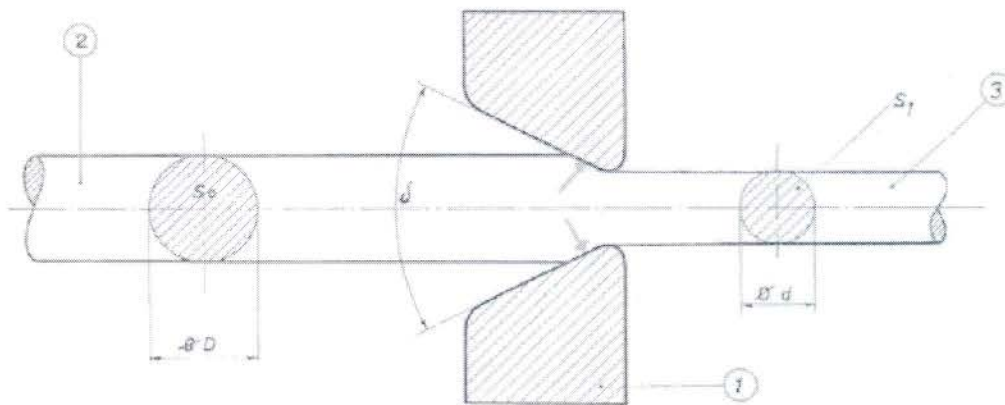


## 1.5 Συρματούργηση (Στάδιο 2)

### 1.5.1 Διαδικασία

Η συρματούργηση (ή συρματοποίηση ή συρμάτωση) συνίσταται στο αναγκαστικό πέρασμα ενός σύρματος διαμέσου μιας οπής κατάλληλου τύπου και διατομής λίγο μικρότερης από εκείνη του προς συρματούργηση σύρματος. Πρόκειται για μια διαδικασία πλαστικής παραμόρφωσης εν ψυχρώ, που γίνεται με ολίσθηση μεταξύ δύο επιφανειών της επιφάνειας του σύρματος και της επιφάνειας της μήτρας. Κατά τη συρματούργηση το σύρμα διαμέτρου  $D$  αναγκάζεται να περάσει διαμέσου οπών, έτσι ώστε να μειωθεί η διάμετρος σε  $d$ . Η είσοδος της οπής έχει μια γωνία  $\delta$ . Η ράβδος πιέζεται στις πλευρές αυτής της γωνίας συναντώντας τριβή, η τιμή της οποίας είναι ευθέως ανάλογη με την επιφάνεια επαφής. Αυξάνοντας τη γωνία  $\delta$  μειώνονται οι δυνάμεις τριβής αλλά η πραγματική παραμόρφωση είναι πάντα διαφορετική από τη θεωρητική.

Κατά τη διάρκεια της συρμάτωσης, λόγω της τριβής μεταξύ του σύρματος και της επιφάνειας της μήτρας, αναπτύσσεται θερμότητα, η οποία ανεβάζει αισθητά τη θερμοκρασία των επιφανειών του σύρματος και της μήτρας. Η θέρμανση των επιφανειών είναι στιγμιαία, καθόσον η ανάπτυξη της θερμοκρασίας γίνεται στο κλάσμα του χρόνου που χρειάζεται το μοναδικό στοιχείο του σύρματος για να περάσει τη μήτρα. Η θερμοκρασία στην επιφάνεια του σύρματος μειώνεται πολύ γρήγορα, αφού η θερμότητα μεταδίδεται εξ επαγωγής στο εσωτερικό του σύρματος και δια ακτινοβολίας στο περιβάλλον εργασίας. Η επιφάνεια της μήτρας αντιθέτως παραμένει στη μέγιστη θερμοκρασία, παρότι λιπαίνεται με ειδικό υγρό το οποίο ενεργεί και σαν ψυκτικό. Οι παράγοντες στους οποίους μπορούμε να παρέμβουμε για να μειωθεί η θέρμανση των επιφανειών της μήτρας είναι η φύση των επιφανειών επαφής μεταξύ σύρματος και μήτρας και ο συντελεστής τριβής.



Σχήμα 1.5.1-1 : Τυπικό σχήμα συρματούργησης

- 1) μήτρα,
- 2) σύρμα στην είσοδο διατομής  $S_0$ ,
- 3) σύρμα στην έξοδο διατομής  $S_1$ ,  $\delta$  η γωνία συρμάτωσης

## 1.5.2 Λίπανση

Σκοπός της λίπανσης είναι η ανάπτυξη συνεχούς μεμβράνης μεταξύ των επιφανειών, ώστε να αναπτύσσεται τριβή τύπου ρευστού, με τα εξής χαρακτηριστικά :

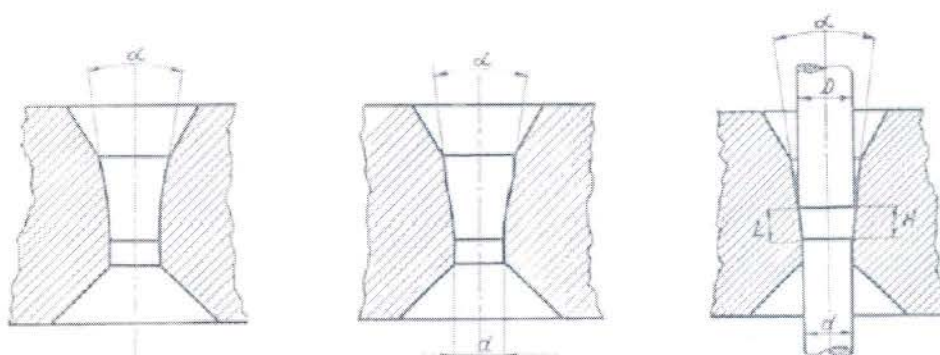
- Αντοχή στις υψηλές θερμοκρασίες που αναπτύσσονται κατά τη διάρκεια της συρμάτωσης
- Ψυκτικές ιδιότητες για την άμεση αποβολή θερμότητας
- Απουσία υπολειμμάτων άνθρακα στην επιφάνειες, ειδικά σε περιπτώσεις που το σύρμα θα υποβληθεί σε ανόπτυση.

Η θερμοκρασία των λιπαντικών (γαλακτώματα λίπανσης) πρέπει να διατηρείται μεταξύ  $40\text{ }^{\circ}\text{C} - 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Κάτω από τους  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  η λίπανση γίνεται δυσχερής, διότι το γαλάκτωμα δεν έχει ικανή ρευστότητα για να καλύπτει πλήρως το σύρμα μέσα στη μήτρα. Πάνω από τους  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  το γαλάκτωμα δεν έχει επαρκή λιπαντική και ψυκτική ικανότητα.

### 1.5.3 Μήτρα

Είναι το εργαλείο με το οποίο πραγματοποιείται η συρμάτωση και από αυτό εξαρτάται η επίτευξη καλού προϊόντος. Θα μπορούσαμε να πούμε ότι είναι η καρδιά της συρμάτωσης. Δεν είναι ικανοποιητικό να διαθέτουμε μόνο σύγχρονες μηχανές συρμάτωσης αλλά είναι απαραίτητο να διαθέτουμε πολύ καλές μήτρες.

Η μήτρα είναι ένα εργαλείο εφοδιασμένο με μια οπή κατάλληλης μορφής με διατομή μικρότερη από του διατομή του σύρματος προς συρμάτωση, διάμεσου της οποίας διέρχεται το υλικό για να μειωθεί στην επιθυμητή διατομή.



Σχήμα 1.5.3-1 : Τομές διαφόρων μήτρων από αριστερά προς τα δεξιά υπό μορφή σάλπιγγας, καμπάνας και κώνου.

Στη μήτρα διακρίνουμε τα εξής βασικά στοιχεία :

- Κώνος εισαγωγής : Οδηγεί το σύρμα μέχρι το σημείο στο οποίο αρχίζει να αλλάζει η διατομή. Επιπλέον επιτρέπει το λιπαντικό ρευστό να συνοδεύει το σύρμα στο εσωτερικό της μήτρας.

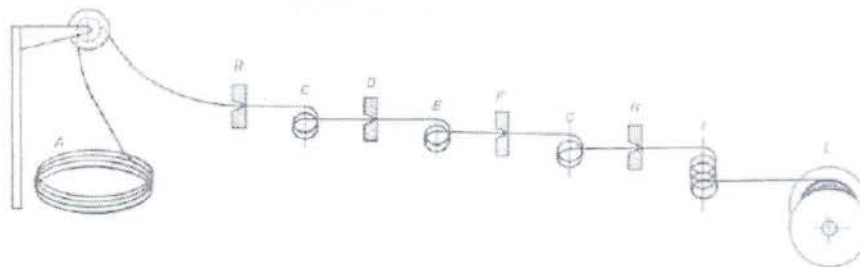
- Κώνοι εργασίας : Είναι η ζώνη όπου πραγματικά συντελείται η μείωση της διατομής του σύρματος. Εδώ το υλικό γλιστρά κατά μήκος των τοιχωμάτων ασκώντας πάνω τους μια μεγάλη ειδική πίεση. Σε αυτή τη ζώνη είναι αναγκαίο το λιπαντικό-ψυκτικό ρευστό να παρέμβει με όλα τα χαρακτηριστικά ώστε να μειώσει στο ελάχιστο την τριβή που αναπτύσσεται μεταξύ του σύρματος και τη επιφάνειας της μήτρας.

- Κύλινδρος : Είναι το μέρος της μήτρας όπου διαμορφώνεται η διάμετρος του σύρματος.

- Κώνοι εξόδου : Αυτή η ζώνη επιτρέπει την έξοδο του σύρματος, εντελώς καθαρό χωρίς επιφανειακές χαράξεις, τόσο στο σύρμα όσο και στην επιφάνεια της μήτρας.

### 1.5.4 Συρματοουργικές μηχανές

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η διάταξη μιας συρματοουργικής μηχανής.



Σχήμα 1.5.4-1 : Σχηματική διάταξη μηχανής συρμάτωσης

- A. Κουλούρα του προς συρμάτωση χαλκού
- B. Μήτρα εισαγωγής
- C. Δακτύλιοι έλξης της πρώτης μήτρας (B)
- D. Μήτρα ενδιάμεση
- E. Δακτύλιος έλξης του της δεύτερης μήτρας (D)
- F. Μήτρα ενδιάμεση
- G. Δακτύλιος έλξης της τρίτης μήτρας (F)
- H. Μήτρα εξόδου
- I. Δακτύλιος ή τύμπανο τελικής έλξης
- L. Τύμπανο περιέλιξης του σύρματος

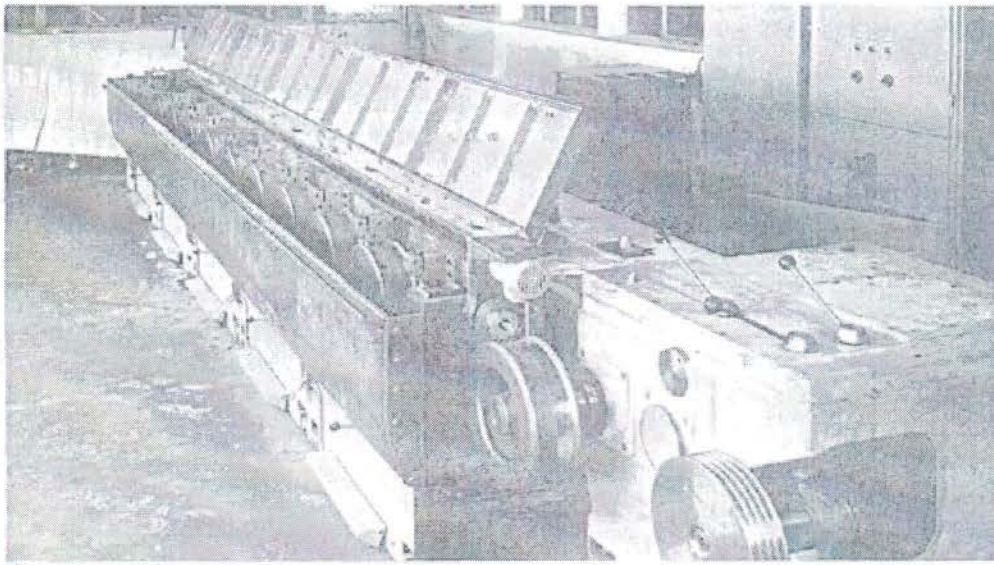
Κατά τη διάρκεια της συρμάτωσης το σύρμα που εξέρχεται από τη μήτρα B έχει διάμετρο μεγαλύτερη από τη διάμετρο της μήτρας D. Η περιφερειακή ταχύτητα του δακτυλίου E είναι μεγαλύτερη από την περιφερειακή ταχύτητα του δακτυλίου C. Το ίδιο συμβαίνει και στα στάδια μεταξύ των μητρών D και F, F και H. Στο δακτύλιο C τυλίγονται δύο ή τρεις σπείρες του σύρματος, οι οποίες πρέπει να είναι τυλιγμένες γύρω από το δακτύλιο με ικανή τάση, διαφορετικά θα ήταν αδύνατη η συρμάτωση μέσα από τη μήτρα B. Εάν όλοι οι δακτύλιοι έλξης τοποθετηθούν στη σειρά με τις ανάλογες μήτρες μία πίσω από την άλλη το μήκος της μηχανής θα ήταν πολύ μεγάλο.

Τοποθετώντας τους δακτυλίους έλξης στον ίδιο άξονα και μεταβάλλοντας τις διαμέτρους σε συνάρτηση της αναγκαίας μείωσης της διατομής του σύρματος δημιουργείται ένας άξονας με πολλούς δακτυλίους σε άμεση επαφή μεταξύ τους σχηματίζοντας έτσι ένα κώνο κλιμακωτό ονομαζόμενος κώνος συρμάτωσης. Από τη στιγμή που η γωνιακή ταχύτητα του κώνου είναι σταθερή οι δακτύλιοι με μικρότερη διάμετρο θα έχουν περιφερειακή ταχύτητα μικρότερη και θα τυλίγονται πάνω τους

σύρματα μεγαλύτερης διαμέτρου. Αυξάνοντας η διάμετρος των δακτυλίων και κατά συνέπεια η περιφερειακή ταχύτητα, η διάμετρος του σύρματος μειώνεται. Γενικά οι μηχανές είναι κατασκευασμένες κατά τέτοιο τρόπο ώστε να έχουν δύο κώνους τον ένα απέναντι από τον άλλον με τις μήτρες τοποθετημένες μεταξύ αυτών. Στις σύγχρονες μηχανές και οι δύο κώνοι είναι ενεργοί και το σύρμα συρματώνεται τόσο από την πλευρά τροφοδοσίας όσο και από την πλευρά επιστροφής.



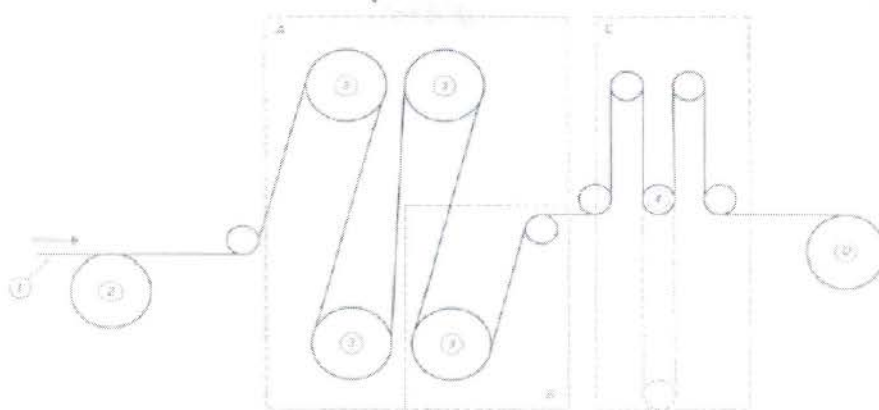
Σχήμα 1.5.4-2 : Κώνοι συρμάτωσης



Σχήμα 1.5.4-3 : Μηχανή συρματούργησης Niehoff tipo M85 για σύρμα χαλκού αρχίζοντας από σύρμα χαλκού διαμέτρου 8μμ μπορούν να παραχθούν 1,5 τόνο ανά ώρα

### 1.5.5 Ανόπτυση

Το σύρμα χαλκού όπως παράγεται από τη μηχανή συρμάτωσης δηλαδή σκληρό (άψητο) έχει περιορισμένες χρήσεις. Σχεδόν σε όλες τις τελικές εφαρμογές το σύρμα υφίσταται επεξεργασίες και διαδοχικές διαμορφώσεις οι οποίες είναι δυνατόν να γίνουν μόνο με σύρμα το οποίο έχει υποστεί ανόπτυση. Παράδειγμα στις κτιριακές κατασκευές χρησιμοποιείται σύρμα χαλκού μονωμένου το οποίο πρέπει εύκολα να κάμπτεται για να ανταποκριθεί στις ανάγκες των κατασκευών. Σημειώνεται ότι περίπου το 90% των συρμάτων χαλκού χρειάζεται μια αισθητή ικανότητα παραμόρφωσης. Η χρήση του σκληρού (άψητο) χαλκού περιορίζεται σε ειδικές κατασκευές ή σε εναέριες ηλεκτρικές γραμμές. Η χρήση του σκληρού σύρματος χαλκού δεν προέρχεται από τις ηλεκτροτεχνικές ανάγκες αλλά αποκλειστικά από τις απαιτούμενες μηχανικές χαρακτηριστικές. Είναι γνωστό ότι ο χαλκός έχει μεγάλη χημική συγγένεια με το οξυγόνο. Αυτή η συγγένεια αυξάνεται υπερβολικά με την αύξηση της θερμοκρασίας και εμφανίζεται ήδη στους 80 °C. Θερμαίνοντας το χαλκό στους 80 °C η επιφάνειά του καλύπτεται από ένα σκούρο, λεπτό στρώμα CuO. Για αυτό κατά τη διάρκεια της ανόπτυσης πρέπει να αποφεύγεται η επαφή του χαλκού με την ατμόσφαιρα. Αρχικά για την ανόπτυση των συρμάτων χαλκού απουσία οξυγόνου χρησιμοποιήθηκαν κατάλληλοι φούρνοι μέσα στους οποίους τοποθετούνταν τα σύρματα χαλκού τυλιγμένα σε μεταλλικά στροφεία. Σήμερα χρησιμοποιείται η συνεχής ανόπτυση η οποία πραγματοποιείται μετά την τελευταία μήτρα της συρματοουργικής μηχανής και πριν την περιέλιξη στο τελικό στροφείο. Η εγκατάσταση της συνεχούς ανόπτυσης η οποία παρεμβάλλεται μεταξύ της μηχανής συρματούργησης και του στροφείου περιέλιξης του σύρματος χαλκού φαίνεται στο σχήμα 1.5.5-1 και αποτελείται από:



Σχήμα 1.5.5-1 : Τυπική διάταξη εγκατάστασης συνεχούς ανόπτυσης

- A. Τμήμα θέρμανσης, το οποίο διαιρείται σε περισσότερα στάδια το καθένα εκ των οποίων φέρνει τα σύρματα σε μια προκαθορισμένη θερμοκρασία προοδευτικά αυξανόμενη μέχρι την επιθυμητή θερμοκρασία ανόπτωσης.
- B. Τμήμα ψύξης, στο οποίο το σύρμα ψύχεται μέχρι τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος.
- C. Τμήμα εξασφάλισης περιέλιξης του σύρματος υπό σταθερή τάση
- D. Τμήμα περιέλιξης του ανοπτευμένου σύρματος σε στροφέιο

Όλες οι κινήσεις των τροχαλιών έλξης, επιστροφής (ή αλλαγής διεύθυνσης) και ανόπτωσης συνεργάζονται με τη μηχανή συρμάτωσης ώστε να επιτυγχάνεται πλήρης συγχρονισμός της ταχύτητας. Ιδιαίτερη φροντίδα σε αυτές τις εγκαταστάσεις δίνεται στη ρύθμιση της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται σε συνάρτηση με την ταχύτητα κίνησης και τη διατομή του σύρματος.

Είναι απαραίτητο η κατανάλωση του ρεύματος να κυμαίνεται σε προκαθορισμένα όρια τιμών για να αποφεύγεται το σύρμα να είναι πολύ ανοπτευμένο ή το αντίθετο. Το ποσό της θερμότητας που καταναλώνεται κατά τη διαδικασία της ανόπτωσης υπολογίζεται από τη σχέση :

$$\Phi = Pc(\theta_1 - \theta_2) \text{ σε kcal} \quad (1.5.5-1)$$

Όπου  $P$  το βάρος του σύρματος χαλκού σε kg (συνάρτηση της διαμέτρου του σύρματος και της ταχύτητας με την οποία κινείται)  $c$  ειδική θερμότητα του χαλκού,  $\theta_1$  η αρχική θερμοκρασία και  $\theta_2$  η τελική θερμοκρασία.

### 1.6 Σύστρεψη και συμπίεση των αγωγών (Στάδιο 3)

Στο προηγούμενο στάδιο παράγονται σύρματα διαφόρων διαμέτρων τα οποία αποτελούν τους αγωγούς των καλωδίων. Για καλώδια χαμηλής τάσης ανάλογα με την τελική χρήση τους και τα απαιτούμενα ηλεκτροτεχνικά χαρακτηριστικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν αγωγοί μονόκλωνοι διαφόρων διαμέτρων μονωμένοι με κατάλληλο μονωτικό υλικό. Για καλώδια μέσης και υψηλής τάσης στα οποία απαιτούνται μεγάλες διατομές αγωγών και ικανή ευκαμψία οι αγωγοί των καλωδίων διαμορφώνονται σε κατάλληλες στρεπτικές μηχανές με τη σύστρεψη πολλών αγωγών μικρής διαμέτρου. Η διαδικασία σύστρεψης

πολλών αγωγών μικρής διαμέτρου για την κατασκευή αγωγού τύπου χορδής περιλαμβάνει τα εξής στάδια :

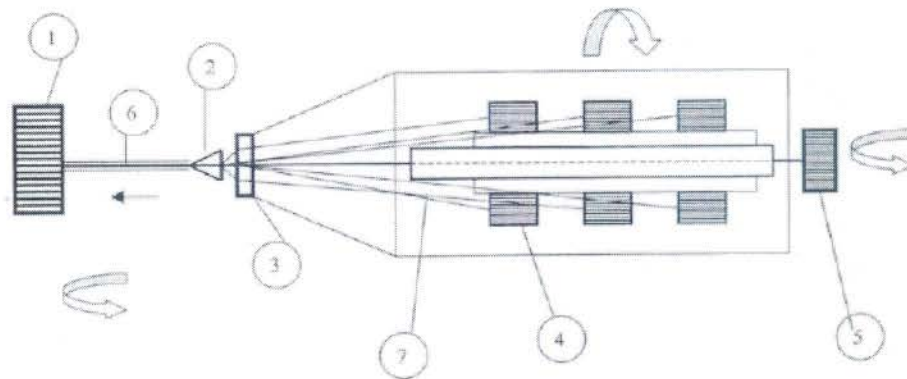
- Φόρτωση της στρεπτικής μηχανής με μεταλλικά στροφεία στα οποία είναι περιελιγμένη αγωγοί χαλκού μικρής διαμέτρου.

- Πέρασμα όλων των αγωγών με κατάλληλους οδηγούς στο σημείο συγκέντρωσης (μεταλλικός δίσκος με περιφερειακές οπές)

- Οδήγηση όλων των συρμάτων στη μήτρα (συμπίεσης - συστροφής) δημιουργίας της χορδής.

- Περιέλιξη σε μεταλλικά ή ξύλινα στροφεία καταλλήλων διαστάσεων ανάλογα με τη διάμετρο της σχηματιζόμενης χορδής.

Στο σχήμα 1.6-1 φαίνεται η τυπική διάταξη μιας συστρεπτικής μηχανής.



Σχήμα 1.6-1 : Τυπική διάταξη συστρεπτικής μηχανής :

- 1) Στροφείο περιέλιξης χορδής,
- 2) Μήτρα,
- 3) Μεταλλικός δίσκος με περιμετρικές οπές διέλευσης (οδήγησης) των αγωγών,
- 4) Στροφεία,
- 5) Στροφείο με αγωγό χαλκού,
- 6) Χορδή,
- 7) Αγωγοί χαλκού

Ένας αγωγός διέρχεται από το κέντρο της μηχανής εκτυλισσόμενος από το στροφείο 5 και μέσω της κεντρικής οπής του δίσκου καταλήγει στη μήτρα. Από τα περιστρεφόμενα στροφεία αγωγοί οδηγούνται μέσω των περιφερειακών οπών του δίσκου στη μήτρα. Η μήτρα έχει διαστάσεις και σχήμα ανάλογες με τη διατομή και το σχήμα της χορδής που



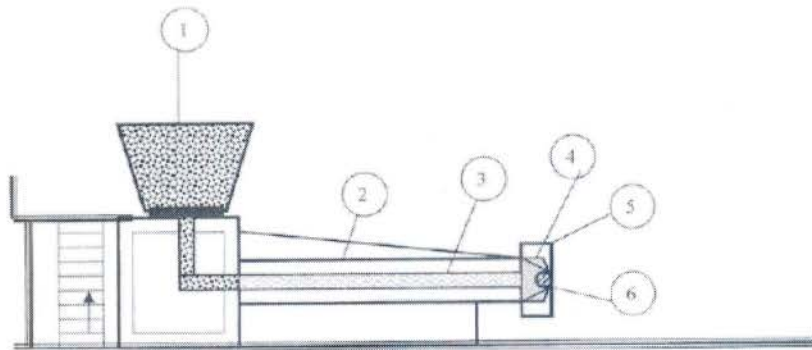
επιθυμούμε να πετύχουμε. Το στροφέιο περιέλιξης της παραγόμενης χορδής έλκει τη χορδή στη κατεύθυνση του βέλους.

Σημείωση : η φόρτωση και εκφόρτωση στη μηχανή των μεταλλικών στροφείων γίνεται με κατάλληλα ανυψωτικά μηχανήματα (γερανογέφυρες). Η διακίνηση των στροφείων από τμήμα σε τμήμα γίνεται με γερανοφόρα ανυψωτικά μηχανήματα (κλαρκ).

Το μήκος της παραγόμενης χορδής μετράται με ειδικό μετρητή στην έξοδο της χορδής από τη μήτρα. Επειδή ο αριθμός στροφών περιστροφής της μηχανής (ποικίλει ανάλογα με το μήκος της χορδής) πολλές φορές είναι αρκετά μεγάλος και προς αποφυγή ατυχημάτων η μηχανή καλύπτεται από ισχυρά μεταλλικά καλύμματα.

### 1.7 Εξώθηση ημιαγωγίων στρωμάτων και μόνωσης (Στάδιο 4)

Σε όλα τα θερμοπλαστικά υλικά εφαρμόζεται μια διαδικασία εξώθησης. Το υλικό σε μορφή κόκκων τοποθετείται στη χοάνη του εξωθητή, η οποία τροφοδοτεί έναν μεγάλο μήκους κύλινδρο, μέσα στον οποίο περιστρέφεται ένας ατέρμων κοχλίας (κοχλίας του Αρχιμήδη). Λόγω της θερμότητας του κυλίνδρου καθώς και της επιπλέον θερμότητας που αναπτύσσεται λόγω της τριβής το υλικό γίνεται πιο μαλακό, παίρνοντας παχύρρευστη μορφή. Στο τέλος του κυλίνδρου τοποθετείται μια κεφαλή εξώθησης με μήτρες διαφόρων μεγεθών, ανάλογα με τη διατομή του καλωδίου.



Σχήμα 1.7-1 : Τυπική διάταξη μηχανής εξώθησης :

- 1) Μονωτικό υλικό σε κόκκους,
- 2) Κύλινδρος,
- 3) Μονωτικό υλικό σε πλαστική μορφή,
- 4) Μήτρα,
- 5) Κεφαλή,
- 6) Καλώδιο

Μεγάλη προσοχή πρέπει να δοθεί στην ομοιόμορφη ροή του υλικού περιφερειακά του ανοίγματος μεταξύ των μητρών. Για την απόκτηση του απαιτούμενου βαθμού συμπίεσης, ο όγκος του υλικού μεταξύ του κοχλίου και του κυλίνδρου πρέπει να μειώνεται κοντά στην κεφαλή εξώθησης. Διαφορετικά υλικά απαιτούν διαφορετικές αναλογίες μήκος κυλίνδρου /διάμετρο, ενώ ο βαθμός συμπίεσης ποικίλει επίσης ανάλογα με το υλικό, όπως και τα συστήματα θέρμανσης και ψύξης. Η διατήρηση της κατάλληλης θερμοκρασίας είναι πολύ σημαντική και όταν επιτυγχάνεται η απαιτούμενη θερμοκρασία, μειώνεται η θέρμανση του κυλίνδρου ή παρέχεται επιπλέον ψύξη. Για την τοποθέτηση (εξώθηση) πάνω στον αγωγό του ημιαγωγίμου στρώματος (εξομαλυντικό στρώμα), της μόνωσης και του ημιαγωγίμου στρώματος της μόνωσης χρησιμοποιείται συνήθως μία κεφαλή εξώθησης με τρεις διαφορετικές μήτρες, μία για κάθε υλικό. Εναλλακτικά, χρησιμοποιούνται τρεις ξεχωριστές κεφαλές με μία μήτρα η κάθε μία ή μία κεφαλή για τη μόνωση και μια κεφαλή με δύο μήτρες για τα ημιαγωγίμα στρώματα. Κατά την εξώθηση τα θερμοσκληρυνόμενα υλικά είναι ακόμα θερμοπλαστικά και η μόνη διαφορά στην τεχνική είναι ότι ακολουθεί βουλκανισμός. Παλαιότερα αποτελούσε ξεχωριστή διαδικασία, αλλά σήμερα είναι μέρος της όλης διαδικασίας και είναι γνωστό ως continuous vulcanizing (CV). Οι πιο συνήθεις διαδικασίες βουλκανισμού που χρησιμοποιούνται είναι :

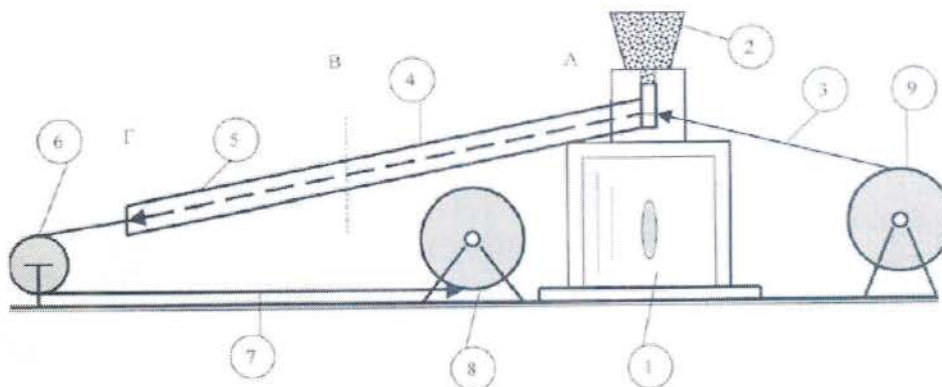
α.) CCV (continuous catenary vulcanizing): με μεταφορά θερμότητας με ατμό ή υγρό, ή με ακτινοβολία θερμότητας σε περιβάλλον αζώτου.

β.) VCV (vertical catenary vulcanizing): παρόμοια μέθοδος με την προηγούμενη αλλά με το σωλήνα βουλκανισμού κάθετα τοποθετημένο.

γ.) PLVC : βουλκανισμός με χρήση υγρών χημικών μιγμάτων υπό πίεση. Τα μονωτικά υλικά που χρησιμοποιούνται πρέπει να είναι απολύτως καθαρά και να αποκλείεται εγκλωβισμός σκόνης και άλλων σωματιδίων. Απαιτείται επίσης η θερμική αποσύνθεση (decomposition) των υπεροξειδίων που τυχόν είχαν σχηματιστεί πάνω στο πολυμερές. Η θερμοκρασία εξώθησης δεν ξεπερνά τους 140 °C, ενώ η θερμοκρασία βουλκανισμού είναι 300-350 °C υπό πίεση 7bar (0,7N/m<sup>2</sup>). Ο σωλήνας βουλκανισμού έχει μήκος 80-100m και αποτελείται από δύο περίπου ίσα τμήματα. Στο πρώτο τμήμα, σε περιβάλλον αζώτου υπό κατάλληλες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας, πραγματοποιείται η κυρίως διαδικασία βουλκανισμού.

Είναι το τμήμα όπου γίνεται η διασύνδεση των δεσμών του πολυαιθυλενίου (PE) για το σχηματισμό του δικτυωμένου πολυαιθυλενίου (XLPE). Στο δεύτερο τμήμα του σωλήνα γίνεται η ψύξη του καλωδίου με νερό. Το σχήμα του σωλήνα βουλκανισμού είναι απαραίτητο (σε περίπτωση που δεν είναι τοποθετημένος κάθετα, όπως στο (σχήμα) να

ταιριάζει στη φυσική κάμψη του καλωδίου, όπως αυτό βγαίνει από τον εξωθητή, αποφεύγοντας έτσι το γρατσούνισμα του καλωδίου στα τοιχώματα του σωλήνα.



Σχήμα 1.7-2 : Τυπική διάταξη εγκατάστασης μόνωσης καλωδίων και βουλκανισμού :

- 1) Μηχανή,
- 2) Ελαστικό ή πλαστικό υλικό,
- 3) Καλώδιο προς μόνωση,
- 4) Σωλήνας βουλκανισμού Τμήμα ΑΒ,
- 5) Σωλήνας βουλκανισμού Τμήμα ΒΓ,
- 6) Τύμπανο επιστροφής καλωδίου,
- 7) Καλώδιο μονωμένο,
- 8) Στροφέιο περιέλιξης μονωμένου καλωδίου,
- 9) Στροφέιο εκτύλιξης καλωδίου

### 1.8 Σχηματισμός του καλωδίου (ηλεκτρική θωράκιση – μηχανική προστασία – εξωτερικό προστατευτικό στρώμα) (Στάδιο 5)

Οι μονωμένοι αγωγοί συστρέφονται σε ειδικές μηχανές με κατάλληλο βήμα. Οι μηχανές αυτές λειτουργούν με την ίδια περίπου αρχή, που λειτουργούν οι μηχανές σύστρεψης που περιγράφηκαν στο στάδιο 3, με τη διαφορά ότι είναι πιο μεγάλες και κινούνται με μικρότερες ταχύτητες. Η πλήρωση των κενών, που δημιουργούνται κατά τη σύστρεψη των μονωμένων αγωγών, γίνεται με χρήση γεμισμάτων και περιέλιξη του συνόλου με πλαστική ταινία είτε τοποθέτηση θερμοπλαστικής ύλης (συνήθως PVC), ώστε να έχουμε κυλινδρική μορφή των συστραμμένων μονωμένων αγωγών. Σε καλώδια με πλαστική μόνωση η ηλεκτρική θωράκιση (μανδύας) αποτελείται από χάλκινα συρματίδια ή χάλκινες ταινίες. Η τοποθέτησή τους στους μονωμένους αγωγούς γίνεται με στρεπτική μηχανή, ανάλογη με τις προηγούμενες. Η προστασία του καλωδίου εξαρτάται από τον τρόπο εγκατάστασής του. Για καλώδια τοποθετημένα στον αέρα ή στο έδαφος μέσα σε σωλήνα, η προστασία τους συνίσταται σε μία εξωτερική επένδυση από θερμοπλαστική ύλη, η οποία τοποθετείται με τρόπο ανάλογο με αυτό της μόνωσης και των ημιαγώγιμων στρωμάτων.

Για καλώδια τοποθετημένα απευθείας στο έδαφος ή στη θάλασσα η προστασία επιτυγχάνεται με ένα στρώμα από δύο χαλύβδινες ταινίες ελικοειδώς περιτυλιγμένες ή από χαλύβδινα σύρματα - στρογγυλά ή πεπλατυσμένα - ελικοειδώς περιτυλιγμένα στον πυρήνα του καλωδίου και από μία χαλύβδινη ελικοειδώς περιτυλιγμένες επί των συρμάτων. Η τοποθέτηση τόσο των ταινιών όσο και των συρμάτων γίνεται με στρεπτικές μηχανές.

## 1.9 Χαρακτηριστικά καλωδίων

### 1.9.1 Αντίσταση καλωδίων

Η ωμική αντίσταση ενός καλωδίου εξαρτάται από : τα υλικά των αγωγών και της ενίσχυσης του καλωδίου , τις γεωμετρικές διαστάσεις και τα ρεύματα που διαρρέουν τους μανδύες. Εάν :  $P_w$  οι απώλειες του καλωδίου / μονάδα μήκους ,  $I$  το ρεύμα (rms) / φάση και  $R_w$  η συνολική ενεργός αντίσταση / φάση τότε ισχύει :

$$P_w = R_w I^2 \text{ (Ισχύς / φάση)} \quad (1.9.1-1)$$

Οι απώλειες διακρίνονται σε απώλειες αγωγών ( $P_L$ ) και απώλειες μανδύα ( $P_M$ ).

Ισχύει :

$$P_w = P_L + P_M = (R_L + R_M) I^2 \quad (1.9.1-2)$$

#### Αντίσταση αγωγού

Εάν η αντίσταση του αγωγού στο συνεχές ρεύμα στους 20 °C είναι  $R_{20}$ , τότε η αντίσταση συνεχούς ρεύματος στη θερμοκρασία λειτουργίας  $\theta$  είναι :

$$R_\theta = R_{20} \{1 + \alpha (\theta - 20)\} \quad (1.9.1-3)$$

όπου  $\alpha$  ο θερμοκρασιακός συντελεστής του υλικού.

Ωστόσο η αντίσταση του αγωγού  $R_L$  διαμορφώνεται και από το γεγονός ότι το ρεύμα είναι εναλλασσόμενο. Έτσι η συνολική αντίσταση του αγωγού μπορεί να γραφεί σα γινόμενο της αντίστασης στο συνεχές ρεύμα, διορθωμένη κατά δύο συντελεστές, σύμφωνα με τη σχέση :

$$R_L = R F_s F_p \quad (1.9.1-4)$$

όπου οι συντελεστές  $F_S$  και  $F_P$  είναι μεγαλύτεροι της μονάδας και αντιστοιχούν στο επιδερμικό φαινόμενο (Skin Effect) και στο φαινόμενο γειτνίασης (Proximity Effect). Συνήθως το γινόμενο  $F_S F_P$  δεν υπερβαίνει το 1,05, δηλαδή η συνολική επαύξηση είναι περίπου 5%.

### Αντίσταση μανδύα

Στους μανδύες επάγονται ρεύματα, τα οποία είναι είτε δινορρέυματα είτε συνολικά ρεύματα που ρέουν κατά μήκος των μανδύων. Οι απώλειες ισχύος λόγω του μανδύα και της μηχανικής ενίσχυσης μπορούν να εκφραστούν είτε σε συνάρτηση του τετραγώνου του ρεύματος είτε σε συνάρτηση των απωλειών του αγωγού :

$$P_M = R_M I^2 = P_L (\lambda_M + \lambda_B) \quad (1.9.1-5)$$

όπου  $P_L \lambda_M$  οι απώλειες που οφείλονται στο μανδύα και  $P_L \lambda_B$  οι απώλειες που οφείλονται στη μηχανική ενίσχυση.

### **1.9.2 Αυτεπαγωγή καλωδίων**

Η αυτεπαγωγή λειτουργίας των καλωδίων εξαρτάται από το εάν οι μανδύες φέρουν ρεύμα. Χωρίς την επίδραση των μανδύων οι αυτεπαγωγές των καλωδίων υπολογίζονται, ανάλογα με τη διάταξη, σύμφωνα με τα παρακάτω :

- Επίπεδη διάταξη :

$$L' = \frac{\mu_o}{2\pi} \left( \ell n \frac{a}{r} + \frac{1}{4} \right) = \frac{\mu_o}{2\pi} \ell n \frac{a}{\rho} \quad (1.9.2-1)$$

$$\rho = 0,779r, \mu_o = 4\pi 10^{-4} \text{ H/km}$$

- Τριγωνική διάταξη :

$$L_R' = L_S' = L_T' = L' = \frac{\mu_o}{2\pi} \left( \ell n \frac{a}{r} + \frac{1}{4} \right) \quad (1.9.2-2)$$

Εάν οι μανδύες φέρουν ρεύμα τότε η αυτεπαγωγή μειώνεται, διότι τα ρεύματα των μανδύων μειώνουν τη ροή. Για τις αυτεπαγωγές λειτουργίας του μανδύα ισχύουν οι παρακάτω προσεγγιστικοί τύποι :

$$X_M = \omega \frac{\mu_o}{2\pi} \ln\left(\frac{a}{D_M \sqrt{2}}\right) \text{ για τριγωνική διάταξη} \quad (1.9.2-3)$$

$$X_M = \omega \frac{\mu_o}{2\pi} \ln\left(\frac{a\sqrt{2}}{D_M / 2}\right) \text{ για επίπεδη διάταξη} \quad (1.9.2-4)$$

όπου  $D_M$  : η διάμετρος μανδύων,  $a$  : αποστάσεις των κέντρων των μανδύων

Για τη συνολική αυτεπαγωγή του καλωδίου ισχύει :

$$X_{\text{καλωδίου}} = X_{\text{αγωγού}} - \Delta X \quad (1.9.2-5)$$

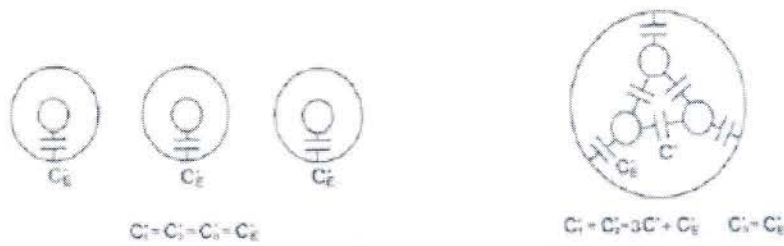
όπου

$$\Delta X = \frac{X_M}{1 + (R_M / X_M)^2} \quad (1.9.2-6)$$

### 1.9.3 Χωρητικότητες καλωδίων

Στα καλώδια οι χωρητικότητες μεταξύ των αγωγών είναι πολύ μεγαλύτερες απ' ό,τι σε εναέριες γραμμές, επειδή οι αποστάσεις είναι μικρές και η διηλεκτρική σταθερά είναι 2,5-3,5 φορές μεγαλύτερη από αυτή του αέρα. Τυπικές τιμές χωρητικότητας καλωδίων είναι 0,1-1,2μF/km. Στα τριφασικά περιζωμένα καλώδια διακρίνουμε τη χωρητικότητα μεταξύ αγωγού-αγωγού ( $C'$ ) και τη χωρητικότητα μεταξύ αγωγού-γης ( $C_E'$ ), όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Για να βρούμε την ισοδύναμη φασική χωρητικότητα αλλάζουμε τις χωρητικότητες  $C'$  που συνδέονται κατά τρίγωνο σε ισοδύναμη συνδεσμολογία αστέρα, καταλήγοντας στη σχέση :

$$C_n' = 3C' + C_E' \quad (1.9.3-1)$$



Σχήμα 1.9.3-1: Χωρητικότητες καλωδίων:

- α) τριφασικό σύστημα μονοπολικών καλωδίων
- β) περιζωμένα καλώδια

Στα μονοφασικά καλώδια η χωρητικότητα μεταξύ αγωγού και μανδύα είναι :

$$C_E' = 2\pi\epsilon_r\epsilon_0 / \ln(r_M/r_L) \quad (1.9.3-2)$$

(Χωρητικότητα καλωδίων ακτινικού πεδίου, μονοπολικών και Hochstadter) όπου  $r_M$ ,  $r_L$  οι ακτίνες εσωτερικά του μανδύα και εξωτερικά του αγωγού,  $\epsilon_r$  η σχετική διηλεκτρική σταθερά και  $\epsilon_0 = 8,86\text{pF/m}$ .

Το χωρητικό ρεύμα ανά km  $I_C$  και η άεργος ισχύς υπολογίζονται με τις σχέσεις :

$$I_C' = \frac{U \cdot C \cdot \omega}{\sqrt{3}} \quad (1.9.3-3)$$

και

$$Q_C = U^2 \cdot C \cdot \omega \quad (1.9.3-4)$$

### 1.10 Απώλειες διηλεκτρικού

Οι διηλεκτρικές απώλειες οφείλονται στις κινήσεις που εκτελούν τα δίπολα των μονωτικών, καθώς διεγείρονται από το εναλλασσόμενο ηλεκτρικό πεδίο που επάγεται μέσα στο καλώδιο. Οι διηλεκτρικές απώλειες είναι συνάρτηση του τετραγώνου της τάσης, της θερμοκρασίας και της κυκλικής συχνότητας, σύμφωνα με τη σχέση:

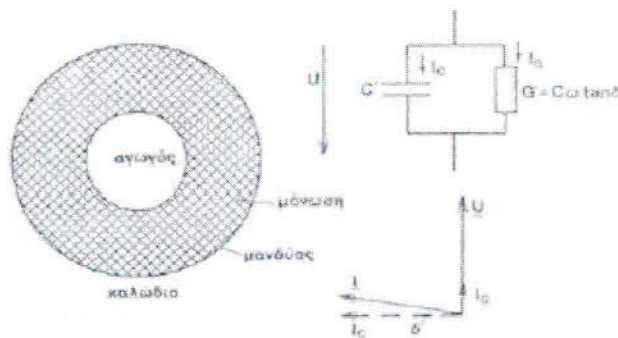
$$P_d' = U^2 C' \omega \tan\delta \quad (1.10-1)$$

Όπου  $Pd'$  η ανηγμένη τριφασική ισχύς σε W/m,  $U$  η πολική τάση,  $C'$  η ανηγμένη χωρητικότητα λειτουργίας 0,2-0,9nF/m,  $\tan\delta$  ο συντελεστής απωλειών

Σύμφωνα με την παραπάνω σχέση οι διηλεκτρικές απώλειες μπορεί να θεωρηθεί ότι προέρχονται από ένα υποθετικό ρεύμα που διαρρέει μία αγωγιμότητα  $G'$  που βρίσκεται υπό τάση  $U/\sqrt{3}$

$$G' = C' \omega \tan\delta (\Omega^{-1} \text{ m}^{-1}) \quad (1.10-2)$$

Οι διηλεκτρικές απώλειες είναι σταθερές και υφίστανται όσο το καλώδιο βρίσκεται υπό τάση, ενώ οι απώλειες λόγω ρεύματος μεταβάλλονται από μηδέν μέχρι του μεγίστου τους ανάλογα με τη φόρτιση.



Σχήμα 1.10-1 : Καλώδιο και ισοδύναμο κύκλωμα για τη μόνωσή του

### 1.11 Εγκατάσταση καλωδίων

Η εγκατάσταση των καλωδίων γίνεται :

- εναέρια, με στήριξη ή όχι σε χαλύβδινο συρματόσχοινο
- στο έδαφος
- με ποντισμό στη θάλασσα
- πάνω στο δάπεδο με κατάλληλη μηχανική προστασία
- πάνω στον τοίχο με σωλήνες, στηρίγματα ή σχάρες

Η εγκατάσταση των καλωδίων εντός του εδάφους γίνεται σε διάφορα βάθη, τα οποία ποικίλλουν από 0,80m έως 1,50m ή και περισσότερο. Όσο υψηλότερη είναι η τάση της



γραμμής, τόσο μεγαλύτερο είναι συνήθως και το βάθος εγκατάστασης. Οι υπόγειες γραμμές εγκαθίστανται είτε κάτω από τα πεζοδρόμια είτε κάτω από τα οδοστρώματα.

Στις ελληνικές πόλεις εφαρμόζεται κατά κανόνα η πρώτη από τις παραπάνω τεχνικές στις περιπτώσεις διαμορφωμένων οδών, στις οποίες υπάρχει επαρκής χώρος κάτω από τα πεζοδρόμια, τον οποίο μοιράζονται με τα υπόγεια δίκτυα άλλων κοινωφελών επιχειρήσεων. Σε αυτήν την περίπτωση πρέπει να ελεγχθεί η αλληλεπίδραση των γραμμών αυτών. Το χώμα το οποίο τοποθετείται επάνω από τα καλώδια, μετά την εγκατάσταση είναι λεπτόκοκκο και χωρίς πέτρες, αφ' ενός για την καλύτερη απαγωγή της εκλυόμενης θερμότητας, της οφειλόμενης στις απώλειες της γραμμής, αφ' ετέρου δε για να αποφευχθεί τραυματισμός των καλωδίων από τις πέτρες. Επίσης για η μηχανική προστασία των καλωδίων τοποθετούνται επάνω από αυτά και σε όλο το μήκος της διαδρομής της γραμμής τούβλα ή επιμήκεις πλάκες συνήθως από σκυρόδεμα. Εκτός του ενταφιασμού όπου το καλώδιο βρίσκεται σε κατευθείαν επαφή με το χώμα, υπάρχουν και οι παρακάτω μέθοδοι τοποθέτησης καλωδίων στη γη : μέσα σε κανάλια από μπετόν ή σωλήνες αμιαντοτσιμέντου ή χαλύβδινους, ή μέσα σε τούνελ επισκέψιμα. Κατά αυτόν τον τρόπο αποφεύγεται η εκσκαφή του δρόμου σε περίπτωση βλάβης ή άλλης εργασίας επί των καλωδίων, ενώ ταυτόχρονα παρέχεται ενισχυμένη μηχανική προστασία σε αυτά. Τα καλώδια κατά τη διέλευσή τους μέσω σωληνώσεων, οχετών ή σηράγγων, πρέπει να αερίζονται με φυσικό ή τεχνητό αερισμό, δεδομένου ότι η φυσική ψύξη τους σε περιβάλλον ακίνητου αέρα είναι ατελής.

Σε καλώδια που περιέχουν υγρές μονώσεις, κατά την εγκατάστασή τους σε χώρους με υψομετρικές διαφορές παρουσιάζεται - λόγω αυτής της υψομετρικής διαφοράς - διαφορά πίεσης, που μπορεί να επιφέρει μηχανική καταστροφή του μανδύα. Για το λόγο αυτό υπάρχει όριο στη διαφορά υψομέτρου για κάθε κατασκευή, που κυμαίνεται από 40m έως 200m (εάν θέλουμε να υπερβούμε αυτό το όριο πρέπει να εγκαταστήσουμε παγίδες πίεσης). Σε μεγάλες κλίσεις πρέπει να ληφθεί υπόψη και το βάρος του καλωδίου και να ενισχυθεί ενδεχομένως ο εξωτερικός οπλισμός για να μπορέσει το καλώδιο να φέρει το μηχανικό φορτίο.

## 1.12 Πρότυπα – σημάνσεις, κώδικας καλωδίων

Τα πρότυπα που διέπουν τα καλώδια μπορεί να είναι διαφόρων τύπων.

- Εθνικά, όχι αναγνωρισμένα από τη CENELEC πρότυπα, φέρουν το χαρακτηριστικό κατά CENELEC “CC-N”.
- Εθνικά, αναγνωρισμένα από την ευρωπαϊκή επιτροπή της CENELEC πρότυπα, φέρουν το χαρακτηριστικό “A”. Αυτά είναι τεχνικά ισοδύναμα με εναρμονισμένα πρότυπα, δηλαδή συμφωνούν σε ουσιαστικά σημεία με τα πιο κάτω εναρμονισμένα πρότυπα.
- Εναρμονισμένα πρότυπα, φέρουν το χαρακτηριστικό “H”. Στην ουσία χρησιμοποιούνται από πολλές χώρες και περιγράφονται σε έγγραφα εναρμόνισης.
- Πρότυπα της IEC, είναι πρότυπα που εκδίδει η International Electrotechnical Commission.
- Πρότυπα ενός κατασκευαστή. Είναι πρότυπα που λόγω έλλειψης εθνικών ή άλλων προτύπων αναγκάστηκε ο κατασκευαστής να τα δημιουργήσει.

Μερικοί κανονισμοί που αφορούν συνήθη καλώδια MT είναι : ΕΛΟΤ 1099, IEC 502, VDE 0273, VDE 0271. Ουσιαστικά οι κανονισμοί του ΕΛΟΤ έχουν παρθεί από τους αντίστοιχους κανονισμούς IEC ή προέρχονται από έγγραφα εναρμόνισης, Harmonization Documents (HD) της CENELEC. Οι κανονισμοί προσδιορίζουν όλα τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά, τους τρόπους δοκιμής και χρήσης τους, όπως :

- μείγματα ή υλικά που χρησιμοποιούνται σαν κύρια μονωτικά
- υλικά αγωγών
- μείγματα ή υλικά που χρησιμοποιούνται στο μανδύα
- διαστάσεις
- μηχανικές, θερμικές και ηλεκτρικές ιδιότητες
- χρώμα και τρόπος συμβολισμού και σήμανσης των καλωδίων (κωδικοί κλπ)
- προτεινόμενες χρήσεις, πεδία εφαρμογών
- φόρτιση ρεύματος
- δοκιμές

Καλώδια κατασκευασμένα κατά τους κανονισμούς εξασφαλίζουν μια ορισμένη ποιότητα και πρέπει οπωσδήποτε να προτιμούνται, από άποψη ποιότητας, άλλων, τα οποία δεν ακολουθούν κανονισμούς. Οι κανονισμοί σύμφωνα με τους οποίους έχει κατασκευασθεί το καλώδιο είναι γραμμένοι ή ανάγλυφοι στο μανδύα. Επίσης σε ένα καλώδιο πρέπει να αναφέρεται ο κατασκευαστής. Στο καλώδιο χαρτιού εμποτισμένου τοποθετείται ταινία με το όνομα της εταιρίας που επαναλαμβάνεται ανά σταθερό μήκος. Σε καλώδια με πλαστική μόνωση υπάρχει μέσα στο καλώδιο ένα νήμα λεπτό με χαρακτηριστικό χρώμα που έχει

κατοχυρωθεί στον κατασκευαστή του καλωδίου. Συνήθως όμως τυπώνεται το όνομα ή το κατατεθέν σήμα της εταιρίας πάνω στον εξωτερικό πλαστικό μανδύα του καλωδίου.

Πίνακας 1.12-1 : Συμβολισμός καλωδίων και μονωμένων αγωγών κατά VDE 0250

ΓΡΑΜΜΑ	ΣΗΜΑΣΙΑ
N	Καλώδιο σύμφωνα με τους κανονισμούς VDE, NKBA
A	Αλουμίνιο σαν αγωγός, NAKBA
-	Χαλκός σαν αγωγός, λείπει το χαρακτηριστικό
-	Μόνωση χαρτιού, λείπει το χαρακτηριστικό
Y	Μόνωση PVC, NY Y
2Y	Μόνωση πολυαιθυλενίου, N2YSY
2X	Μόνωση δικτυωμένου πολυαιθυλενίου, N2XSY
H	Καλώδιο τριφασικό με μανδύες από φύλλα αλουμινίου, NHKBA
E	Καλώδιο τριφασικό με τρεις μανδύες, NEKBA
K	Μανδύας από μόλυβδο, NKBA
F	Ενίσχυση με χαλύβδινα σύρματα πλατιά NYFGbY
B	Ενίσχυση με χαλύβδινες ταινίες,, NAKBA
S	Πλέγμα εξωτερικό, N2YSY
A	Αντιδιαβρωτικό στρώμα γούτας και πίσσας, NKBA
Y	Αντιδιαβρωτικό μανδύας από PVC, NY Y
2Y	Αντιδιαβρωτικός μανδύας από πολυαιθυλένιο, N2X2Y

Η κατασκευή των καλωδίων χαρακτηρίζεται από μια σειρά γραμμάτων. Η σειρά των γραμμάτων αρχίζει από N, αν το καλώδιο είναι σύμφωνα με τους κανονισμούς VDE, αλλιώς λείπει το N. Τα επόμενα γράμματα χαρακτηρίζουν τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν αρχίζοντας από το εσωτερικό του καλωδίου, δηλαδή τον αγωγό φάσης και πηγαίνοντας προς τα έξω, δηλ. προς το εξωτερικό προστατευτικό περίβλημα. Αν ο αγωγός είναι από χαλκό δεν χαρακτηρίζεται, δηλαδή αν λείπει το αντίστοιχο γράμμα, τότε υπονοείται χαλκός. Παρόμοια, αν η μόνωση δε χαρακτηρίζεται πρόκειται για εμπεποτισμένο χαρτί. Πέραν αυτών, η κατασκευή των καλωδίων χαρακτηρίζεται από τον αριθμό των αγωγών επί τη διατομή τους σε mm<sup>2</sup> (π.χ. 3x95), χαρακτηριστικά μικρά γράμματα για το είδος και τη μορφή των αγωγών, τη διατομή του μανδύα σε mm<sup>2</sup> και τις ονομαστικές τάσεις σε kV (φασική / πολική).

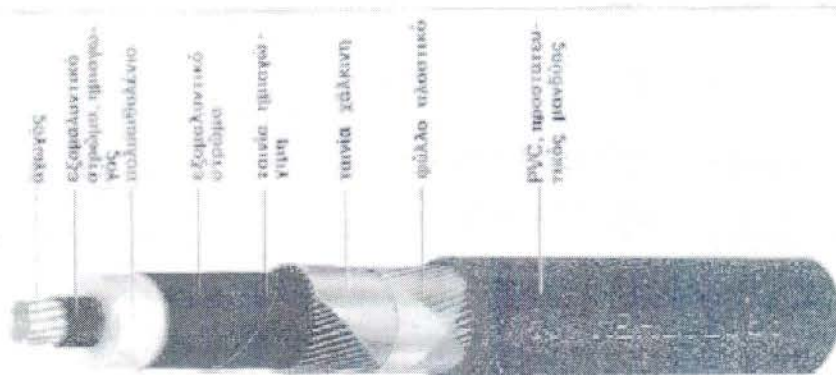
Πίνακας 1.12-2 : Συμβολισμός για την διατομή αγωγών

ΓΡΑΜΜΑ	ΣΗΜΑΣΙΑ
r	Πλήρης στρογγυλή διατομή
s	Πλήρης κυκλικός τομέας
rm	Πολύκλωνη στρογγυλή διατομή
rm/v	Πολύκλωνη στρογγυλή συμπιεσμένη διατομή
sm	Πολύκλωνος κυκλικός τομέας



N2XSY 6/10...18/30 συνεστρ. διαν. ΜΤ

α)



NA2XSY 12/20 kV

β)

Σχήμα 1.12-1 : α.) Καλώδια πολυαιθυλενίου N2XSY 6/10kV....18/30kV, συνεστραμμένα μονοπολικά καλώδια.

β.) Καλώδιο μονοπολικό NA2SXY 12/20kV, με μόνωση από δικτυωμένο πολυαιθυλένιο



Σχήμα 1.12-2 : Καλώδια MT με πλαστικές μονώσεις :

α.) Καλώδιο για βιομηχανικές εφαρμογές 6/10kV VDE0273, IEC 502

- 1) αγωγός αλουμινίου,
- 2) ημιαγωγίμο στρώμα,
- 3) μόνωση πολυαιθυλενίου,
- 4) ημιαγωγίμο στρώμα,
- 5) στρώμα προστατευτικό,
- 6) εξωτερικός αγωγός αποτελούμενος από συρματίδια και χάλκινη ταινία αντίστροφα τυλιγμένη

β.) καλώδιο PVC 6/10kV VDE 0273 για σταθμούς παραγωγής και υποσταθμούς

## 1.13 Είδη καλωδίων και εφαρμογές τους

### 1.13.1 Καλώδια χαμηλής τάσης $\leq 1000$ v

Στα καλώδια χαμηλής τάσης ο αγωγός είναι συνήθως από χαλκό ή αλουμίνιο, πολύκλωνος ή μονόκλωνος σύμφωνα με τις διεθνείς προδιαγραφές IEC 60228. Σε ειδικές περιπτώσεις κατασκευάζονται αγωγοί από συμπαγές αλουμίνιο.

Το μόνωτικό υλικό που χρησιμοποιείται συνήθως είναι PVC (χλωριούχο πολυβινύλιο), PE(πολυαιθυλένιο),XLPE (δικτυωτό πολυαιθυλένιο), EPR (ελαστικό),MIND(εμποτισμένο χαρτί)

.Η θωράκιση αποτελείται από σύρματα ή ταινίες χαλκού. Τα σύρματα περιτυλίγονται ελικοειδώς με βήμα σταθερής φοράς ή εναλλασσόμενης (τύπου CEANDER). Σε ειδικές περιπτώσεις μπορεί για θωράκιση να χρησιμοποιηθεί μολύβδινος μανδύας. Η προστασία του καλωδίου από μηχανικές κακώσεις επιτυγχάνεται με τον οπλισμό αποτελούμενο από ατσαλοσύρματα ή σιδηροταινίες. Εάν τα καλώδια είναι μονοπολικά και προορίζονται για χρήση με εναλλασσόμενο ρεύμα τότε ο οπλισμός κατασκευάζεται με μη μαγνητικό υλικό (χαλκός, αλουμίνιο, ανοξείδωτο ατσάλι, κ.τ.λ.). Ο εξωτερικός μανδύας αποτελείται από PVC ή PE ή XLPE ή νεοπρένιο κ.α. Τα καλώδια αυτά κατασκευάζονται και με ειδικές ιδιότητες ως προς την συμπεριφορά στην φωτιά όπως επιβράδυνση της μετάδοσης της φλόγας ( flame retardant ), χαμηλές ή μηδενικές εκπομπές τοξικών αερίων, μειωμένης εκπομπής καπνών (LSF,LS 0 H, κ.α.). Προδιαγραφές κατασκευής : Όλες οι διεθνείς προδιαγραφές IEC, BS , VDE, EN, κ.τ.λ.

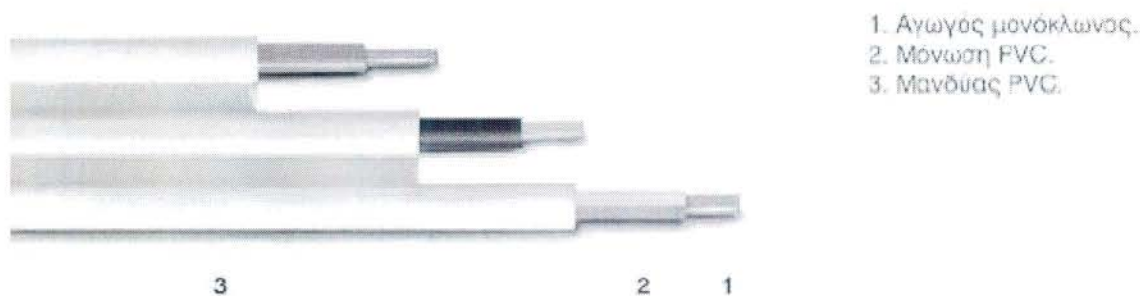
Ενδεικτικά αναφέρουμε μερικούς τύπους καλωδίων χαμηλής τάσης :

Τύπος καλωδίου: H03VV-F, με ονομαστική τάση 300/300V και προδιαγραφές κατά ΕΛΟΤ 563.5 - HD 21.5. Είναι εύκαμπτο καλώδιο και χρησιμοποιείται σε κατοικίες, μαγειρεία και γραφεία. Για τροφοδότηση ελαφρών φορητών συσκευών όπου χρειάζεται ευκαμπτότητα χωρίς μεγάλες καταπονήσεις. Είναι ακατάλληλο για τροφοδότηση συσκευών με υψηλές θερμοκρασίες.



Σχήμα 1.13.1-1 : Καλώδιο Χ.Τ H03VV-F

Τύπος καλωδίου: NYIFY-O και NYIFY-J με ονομαστική τάση 230/400V και προδιαγραφές κατά VDE 0250.201. Πρόκειται για ελαφρύ καλώδιο με δύσκαμπτο αγωγό κατάλληλο για τοποθέτηση σε σταθερές εγκαταστάσεις όπου η μορφή του διευκολύνει.



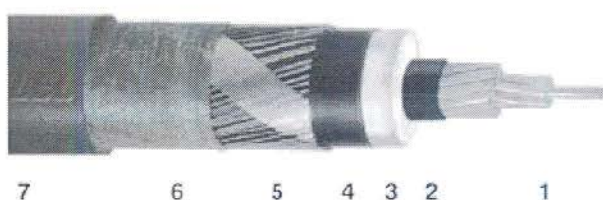
Σχήμα 1.13.1-2 : Καλώδιο X.T NYIFY-O και NYIFY-J

### 1.13.2 Καλώδια μέσης τάσης (1 ÷ 45 KV)

Τα καλώδια μέσης τάσης κατασκευάζονται και δοκιμάζονται βάσει διεθνών προδιαγραφών και είναι μονοπολικά ή πολυπολικά. με αγωγό πολύκλωνο κατασκευασμένο από χαλκό ή αλουμίνιο σύμφωνα με τις διεθνείς προδιαγραφές IEC 60228. Σε ειδικές περιπτώσεις κατασκευάζονται αγωγοί από συμπαγές αλουμίνιο. Η μόνωση τους είναι στις περισσότερες περιπτώσεις από XLPE, EPR, MIND (εμποτισμένο χαρτί). Πάνω και κάτω από τη μόνωση εφαρμόζονται ημιαγώγιμες στρώσεις οι οποίες εξωθούνται ταυτόχρονα με την μόνωση μέσω τριπλής κεφαλής. Πάνω από την εξωτερική ημιαγώγιμη στρώση εφαρμόζεται μεταλλική θωράκιση αποτελούμενη από ταινία χαλκού ή από συρματίδια χαλκού κατάλληλης διατομής. Η μεταλλική θωράκιση μπορεί να έχει διαμήκη ή ακτινική υδατοστεγανότητα. Η προστασία του καλωδίου από μηχανικές κακώσεις επιτυγχάνεται με τον οπλισμό αποτελούμενο από ατσαλοσύρματα ή σιδηροταινίες. Εάν τα καλώδια είναι μονοπολικά και προορίζονται για χρήση με εναλλασσόμενο ρεύμα τότε ο οπλισμός κατασκευάζεται με μη μαγνητικό υλικό (χαλκός, αλουμίνιο, ανοξείδωτο ατσάλι, κ.τ.λ.). Τα καλώδια μέσης τάσης διαθέτουν συνήθως μανδύα από PVC ή PE ή νεοπρένιο. Επίσης κατασκευάζονται και με ειδικές ιδιότητες ως προς την συμπεριφορά στην φωτιά όπως επιβράδυνση της μετάδοσης της φλόγας ( flame retardant ), χαμηλές ή μηδενικές εκπομπές τοξικών αερίων, μειωμένης εκπομπής καπνών (LSF, LS 0 H, κ.α.). Προδιαγραφές κατασκευής : Όλες οι διεθνείς προδιαγραφές IEC, BS, EN, AEIC, κ.α.

Ενδεικτικά αναφέρουμε μερικούς τύπους καλωδίων μέσης τάσης :

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

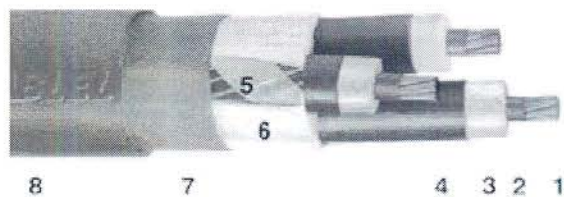


### A. Μονοπολικό καλώδιο με χάλκινους αγωγούς:

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

Σχήμα 1.13.2-1 Καλώδιο M.T XLPE / CWS / PVC (2×SY)

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



### B. Τριπολικό καλώδιο με αγωγούς αλουμινίου:

1. Πολύκλωνος στρογγυλός αγωγός αλουμινίου ή χαλκού.
2. Εσωτερικό ημιαγωγίμο στρώμα XLPE.
3. Μόνωση XLPE.
4. Εξωτερικό ημιαγωγίμο 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.

Σχήμα 1.13.2-2 Καλώδιο M.T XLPE/CWS/PVC (A2XSEY)



### 1.13.3 Καλώδια υψηλής τάσης (60 KV εως 220 KV )

Τα καλώδια υψηλής τάσης κατασκευάζονται βάσει διεθνών προδιαγραφών IEC, AEIC, BS, HD κ.α. και είναι μονοπολικά. Ο αγωγός τους κατασκευάζεται από χαλκό ή αλουμίνιο και είναι πολύκλωνος σύμφωνα με τις διεθνείς προδιαγραφές IEC 60228. Σε ειδικές περιπτώσεις κατασκευάζονται αγωγοί από συμπαγές αλουμίνιο. Η μόνωση είναι συνήθως από XLPE ή EPR. Πάνω και κάτω από τη μόνωση εφαρμόζεται ημιαγωγική στρώση και πάνω από την εξωτερική ημιαγωγική στρώση, θωράκιση αποτελούμενη από μολύβδινο μανδύα ή από συρματίδια χαλκού κατάλληλης διατομής. Η μεταλλική θωράκιση μπορεί να έχει διαμήκη ή ακτινική υδατοστεγανότητα. Η μόνωση και οι δύο ημιαγωγικές στρώσεις εφαρμόζονται ταυτόχρονα μέσω τριπλής κεφαλής εξώθησης. Εάν ζητηθεί μηχανική προστασία, δεδομένου ότι τα καλώδια είναι μονοπολικά, ο σπλισμός θα είναι μη μαγνητικός, δηλαδή χαλκός, αλουμίνιο, ανοξείδωτο ατσάλι κ.τ.λ. Ο μανδύας είναι κατασκευασμένος από PVC ή από PE. Τα καλώδια αυτά κατασκευάζονται και με ειδικές ιδιότητες ως προς την συμπεριφορά στην φωτιά όπως επιβράδυνση της μετάδοσης της φλόγας ( flame retardant ), χαμηλές ή μηδενικές εκπομπές τοξικών αερίων, μειωμένης εκπομπής καπνών (LSF ,LS 0 H ,κ.α.) Προδιαγραφές κατασκευής :Όλες οι διεθνείς προδιαγραφές - IEC- BS- HD- AEIC- κ.α.

Ενδεικτικά αναφέρουμε μερικούς τύπους καλωδίων υψηλής τάσης

Τύπος καλωδίου: XLPE/Pb/PVC με ονομαστική τάση 26/45 ( $U_{max}$ : 52 kV) και προδιαγραφές κατά IEC 60840. Το συγκεκριμένο καλώδιο υψηλής τάσης διαθέτει αγωγός κατασκευασμένο από Cu ή Al με μόνωση XLPE, θωράκιση από κράμα μολύβδου και εξωτερικός μανδύας από PVC. (Ο αγωγός και η θωράκιση του καλωδίου μπορούν να κατασκευαστούν με προστασία από διαμήκη διείσδυση νερού. Επιπλέον η θωράκιση του καλωδίου από κράμα μολύβδου παρέχει προστασία από ακτινική διείσδυση νερού). Το υλικό του εξωτερικού μανδύα μπορεί να είναι από μείγμα PE. Χρησιμοποιείται συνήθως για μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας υψηλής τάσης, για σταθερή εγκατάσταση σε εσωτερικούς ή εξωτερικούς χώρους. Ο μολύβδινος μανδύας προσφέρει αντιδιαβρωτική προστασία.



1. Πολύκλωνος στρογγυλός αγωγός χαλκού ή αλουμινίου
2. Ημιαγωγική ταινία (προαιρετική)
3. Εσωτερικό ημιαγωγικό στρώμα XLPE
4. Μόνωση XLPE
5. Εξωτερικό ημιαγωγικό στρώμα XLPE
6. Ημιαγωγική ταινία
7. Μολύβδινος μανδύας
8. Εξωτερικός μανδύας PVC ή PE

Σχήμα 1.13.3-1 : Καλώδιο Y.T (XLPE/Pb/PVC 45 KV)

Τύπος καλωδίου: XLPE/CWS/PVC (63 kV) με ονομαστική τάση 36/63 ( $U_{max}$ : 72.5 kV) και προδιαγραφές IEC 60840. Ο αγωγός του είναι κατασκευασμένος από Cu ή Al με μόνωση XLPE και θωράκιση από σύρματα Cu. Ο εξωτερικός μανδύας είναι από PVC. (Ο αγωγός και η θωράκιση του καλωδίου μπορούν να κατασκευαστούν με προστασία από διαμήκη διείσδυση νερού. Επιπλέον η θωράκιση του καλωδίου μπορεί να κατασκευαστεί με προστασία από ακτινική διείσδυση νερού με χρήση φύλλου Al). Το υλικό του εξωτερικού μανδύα μπορεί να είναι από μείγμα PE. Χρησιμοποιείται για μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας υψηλής τάσης ,για σταθερή εγκατάσταση σε εσωτερικούς ή εξωτερικούς χώρους



1. Αγωγός πολύκλωνος
2. Εσωτερικό ημιαγωγικό στρώμα XLPE
3. Μόνωση XLPE
4. Εξωτερικό ημιαγωγικό στρώμα XLPE
5. Πλαστική ημιαγωγική ταινία διογκούμενη με το νερό\*
6. Ηλεκτρική θωράκιση αποτελούμενη από σύρματα χαλκού τυλιγμένα ελικοειδώς, συγκρατούμενα από χάλκινη ταινία τυλιγμένη σε ανοιχτή ελίκωση
7. Πλαστική ημιαγωγική ταινία διογκούμενη με το νερό\*
8. Ταινία αλουμινίου κολλημένη στον εξωτερικό μανδύα\*\*
9. Εξωτερικός θερμοπλαστικός μανδύας PVC

\* Για κατασκευή που παρέχει προστασία από διαμήκη διείσδυση νερού

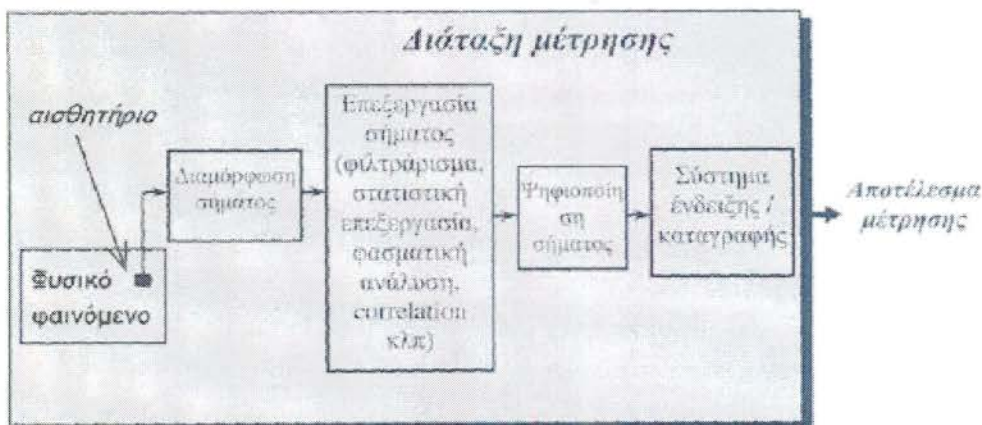
\*\* Για κατασκευή που παρέχει προστασία από ακτινική διείσδυση νερού

Σχήμα 1.13.3-2 : Καλώδιο Y.T (XLPE/CWS/PVC 63 kV)

## 1.14 Μέτρηση, ποιότητα μέτρησης

### 1.14.1 Ποιοτικός χαρακτηρισμός συστημάτων και μεθόδων μέτρησης

Τα σφάλματα και η ποιότητα μέτρησης σχετίζονται με τη συμπεριφορά συγκεκριμένων μετρητικών διατάξεων και διαδικασιών, σε συγκεκριμένες συνθήκες χρήσης.



Σχήμα. 1.14-1 : Σχηματική δομή μετρητικών διατάξεων

Ένα όργανο μέτρησης αποτελεί στην πράξη λειτουργικό σύνολο από ένα ή περισσότερα διακριτά στοιχεία, με σκοπό την παραγωγή μιας ένδειξης, η οποία είναι συνάρτηση του μετρούμενου φυσικού μεγέθους. Βασικό στοιχείο του συστήματος είναι ο αισθητήρας που δέχεται την επίδραση του μετρούμενου μεγέθους και μεταφράζει την επίδραση αυτή σε άμεσα ή έμμεσα αναγνώσιμη πληροφορία. Άλλα συνήθη στοιχεία είναι ο μετατροπέας ή διαμορφωτής σήματος, ο οποίος μετατρέπει την πληροφορία στην έξοδο του αισθητήρα σε μια άλλη πληροφορία πιο εύκολα εκμεταλλεύσιμη, ένα στοιχείο αναλογικής ή ψηφιακής επεξεργασίας σήματος και ένα στοιχείο απεικόνισης της μέτρησης.

Τα όργανα μέτρησης διακρίνονται σε αναλογικά ή ψηφιακά, παθητικά ή ενεργητικά (ανάλογα με το εάν η παρεχόμενη ένδειξη παράγεται κατευθείαν από το μετρούμενο μέγεθος ή εάν το μετρούμενο μέγεθος διαμορφώνει κατάλληλα ένα άλλο μέγεθος) και μηδενισμού ή απόκλισης (ανάλογα με το εάν το όργανο χρησιμεύει στο να εξισορροπήσει την επίδραση του άγνωστου μετρούμενου μεγέθους με ένα άλλο ομοειδές και γνωστό ή απεικονίζει μια μεταβαλλόμενη ένδειξη). Στην προσπάθεια για εναρμόνιση σε διεθνές επίπεδο των εννοιών στον τομέα των μετρήσεων χρησιμοποιείται μια

τυποποιημένη ορολογία και κωδικοποίηση του χαρακτηρισμού οργάνων, συστημάτων και υλικών μέτρησης. Οι κυριότεροι όροι είναι : *όργανο μέτρησης, σύστημα μέτρησης* (σύνολο οργάνων συνδεδεμένων μεταξύ τους σε ένα ενιαίο σύνολο), *υλικά μέτρησης και υλικά αναφορά* (υλικά για τα οποία οι τιμές μιας ή περισσοτέρων ιδιοτήτων είναι ομογενείς και καλά γνωστές, έτσι ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη διακρίβωση μιας συσκευής, για την αξιολόγηση μιας μεθόδου μέτρησης ή για να αποδοθούν τιμές σε άλλα υλικά), *πιστοποιημένο υλικό αναφοράς* (υλικό αναφοράς συνοδευόμενο από ένα πιστοποιητικό, μία ή περισσότερες ιδιότητες του οποίου είναι κατάλληλα πιστοποιημένες), *πρωτεύον πρότυπο, διεθνές πρότυπο, εθνικό πρότυπο, πρότυπα αναφοράς, πρότυπο μεταφοράς* (χρησιμοποιείται ως ενδιάμεσο για συγκρίσεις μεταξύ προτύπων), *μετακινούμενο πρότυπο* (προορίζεται για μεταφορά από μια τοποθεσία σε μια άλλη), *πρότυπο εργασίας*.

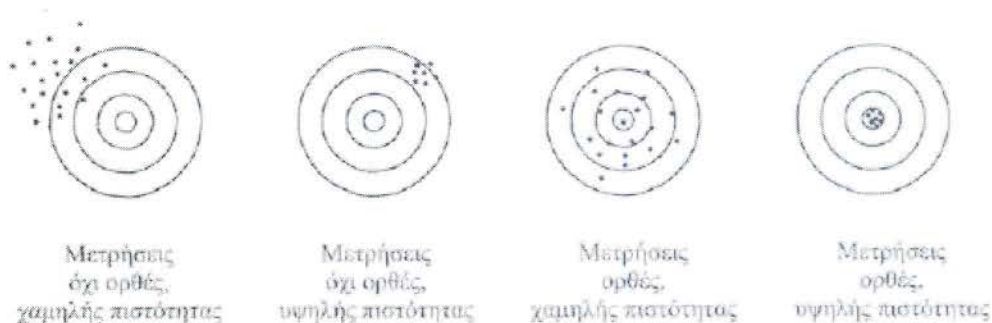
#### **1.14.2 Στατικός χαρακτηρισμός οργάνων μέτρησης**

Τα στατικά χαρακτηριστικά αναφέρονται στην τεκμηρίωση που συνοδεύει το όργανο και λαμβάνονται υπόψη όταν πρόκειται να κριθεί η καταλληλότητα του για μια συγκεκριμένη χρήση. Ο στατικός χαρακτηρισμός ισχύει μόνο όταν η συσκευή χρησιμοποιείται ικανοποιώντας τις προδιαγραφόμενες τυπικές απαιτήσεις διακρίβωσης. Τα βασικά στατικά χαρακτηριστικά είναι :

- **Ορθότητα** : Αποτελεί μέτρο του «πόσο ορθά μετράει» το όργανο και ορίζεται ως το μισό του διαστήματος που περιέχει την ένδειξη του οργάνου και μέσα στο οποίο αναμένεται να περιέχεται η ορθή τιμή του μετρούμενου μεγέθους. Η ορθότητα χαρακτηρίζει τη μετρολογική ποιότητα του οργάνου και όχι την ποιότητα μιας συγκεκριμένης μέτρησης.

- **Ανοχή** : Ορίζει το μέγιστο αναμενόμενο σφάλμα στην τιμή μιας μέτρησης ή ακόμα τη μέγιστη επιτρεπτή απόκλιση ενός μεγέθους από μια προδιαγεγραμμένη τιμή.

- **Πιστότητα** : Αποτελεί χαρακτηριστικό ενός οργάνου ή μιας μεθόδου μέτρησης και όχι του αποτελέσματος της μέτρησης. Η πιστότητα περιγράφει ποιοτικά και όχι ποσοτικά τη διασπορά των ενδείξεων ενός οργάνου ή των αποτελεσμάτων μιας διαδικασίας μέτρησης για το ίδιο μετρούμενο μέγεθος κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες. Η σχέση πιστότητας και ορθότητας απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα. 1.14.2-1 : Πιστότητα και ορθότητα

- Επαναληψιμότητα (ή πιστότητα επαναληψιμότητας) : Περιγράφει την εγγύτητα των αποτελεσμάτων επαναλαμβανόμενων μετρήσεων, όταν εφαρμόζεται για μια σύντομη χρονική περίοδο ή ίδια τιμή στην είσοδο του οργάνου, διατηρώντας ταυτόχρονα σταθερές τις συνθήκες μέτρησης.

- Αναπαραγωγιμότητα (ή πιστότητα αναπαραγωγιμότητας) : Περιγράφει την εγγύτητα των ενδείξεων για το ίδιο μετρούμενο μέγεθος, αλλά με διαφορετικά όργανα ή με μεταβολές στις συνθήκες μέτρησης.

- Διακριτότητα : Ορίζεται ως η μικρότερη μεταβολή του μετρούμενου μεγέθους η οποία μπορεί να οδηγήσει σε μια ανιχνεύσιμη μεταβολή της ένδειξης ενός οργάνου.

- Εύρος : Αντιπροσωπεύει την ελάχιστη και τη μέγιστη τιμή του μετρούμενου μεγέθους.

- Μετατόπιση (ή συστηματικό σφάλμα) : Αντιστοιχεί σε ένα σφάλμα το οποίο υφίσταται σε όλο το εύρος μέτρησης ενός οργάνου.

- Ολίσθηση : Περιγράφει την επίδραση της μεταβολής των περιβαλλοντικών συνθηκών τόσο σε μια συγκεκριμένη ένδειξη όσο και στην ευαισθησία ενός οργάνου.

- Γραμμικότητα : Αναφέρεται στη γραμμική μεταβολή της εξόδου ενός οργάνου ως συνάρτηση του μετρούμενου μεγέθους.

- Ευαισθησία : Ορίζεται ως ο λόγος της μεταβολής των ενδείξεων λόγω μεταβολής του μετρούμενου μεγέθους προς τη μεταβολή αυτή του μετρούμενου μεγέθους.

- Υστέρηση : Χαρακτηρίζει τη συμπεριφορά των οργάνων, η ένδειξη των οποίων για την ίδια τιμή του μετρούμενου μεγέθους είναι διαφορετική, ανάλογα με το αν η μέτρηση εντάσσεται σε μια αλληλουχία σταδιακά αυξανόμενων ή σταδιακά μειούμενων τιμών.

### 1.14.3 Χαρακτηρισμός και επικύρωση μεθόδων μέτρησης

Σε αντίθεση με το όργανο μέτρησης, όπου η διαδικασία μέτρησης είναι προκαθορισμένη, η μέθοδος μέτρησης υπόκειται σε περισσότερο και λιγότερο ελεγμένες παραμέτρους επιρροής που επιδρούν στο αποτέλεσμα. Για το λόγο αυτό, σημαντική πηγή πληροφορίας για την εκτίμηση της ποιότητας των αποτελεσμάτων αποτελεί η επικύρωση των χρησιμοποιούμενων μεθόδων. Ο όρος επικύρωση μεθόδου αναφέρεται στη διαδικασία αξιολόγησης της καταλληλότητας μιας μεθόδου μέτρησης για το σκοπό για τον οποίο χρησιμοποιείται, και στην ποσοτική εκτίμηση των επιδόσεών της, ως συνάρτηση των παραγόντων που επιδρούν στην αβεβαιότητα του τελικού αποτελέσματος. Η επικύρωση αποσκοπεί στον προσδιορισμό ορισμένων παραμέτρων, οι οποίες θα πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά τον υπολογισμό αβεβαιοτήτων στο αποτέλεσμα. Οι κυριότερες από τις παραμέτρους αυτές είναι :

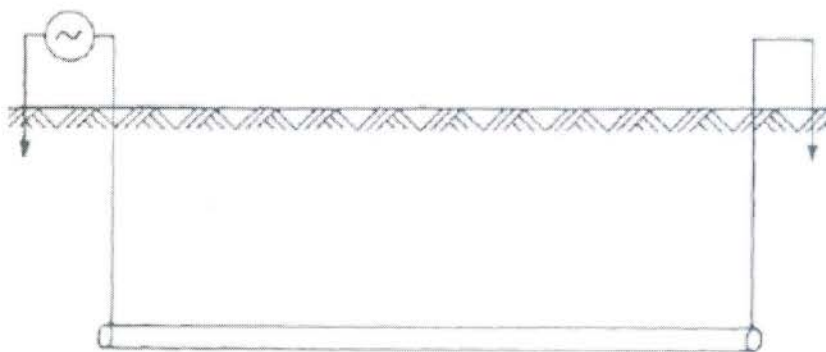
- Η επαναληψιμότητα της μεθόδου, εκφραζόμενη ως τυπική απόκλιση των αποτελεσμάτων, με χρήση του ίδιου εξοπλισμού.
- Η αναπαραγωγιμότητα της μεθόδου, εκφραζόμενη ως τυπική απόκλιση των αποτελεσμάτων, με χρήση του ίδιου υλικού.
- Η ενδιάμεση πιστότητα, εκφραζόμενη ως τυπική απόκλιση των αποτελεσμάτων, όταν μεταβάλλονται μία ή περισσότερες παράμετροι επιρροής.
- Η γραμμικότητα και το συστηματικό σφάλμα
- Το όριο ανίχνευσης, το οποίο προσδιορίζει τα όρια αποτελεσματικότητας της μεθόδου, πέρα από τα οποία η μέθοδος θεωρείται αναποτελεσματική.
- Η ευστάθεια, η οποία εκφράζει τις μεταβολές στην απόκριση μιας μεθόδου όταν μεταβάλλονται μία ή περισσότερες παράμετροι επιρροής.

#### 1.14.4 Ανίχνευση της πορείας των καλωδίων και εντοπισμός των σφαλμάτων

##### 1.14.4.1 Ανίχνευση της πορείας των καλωδίων

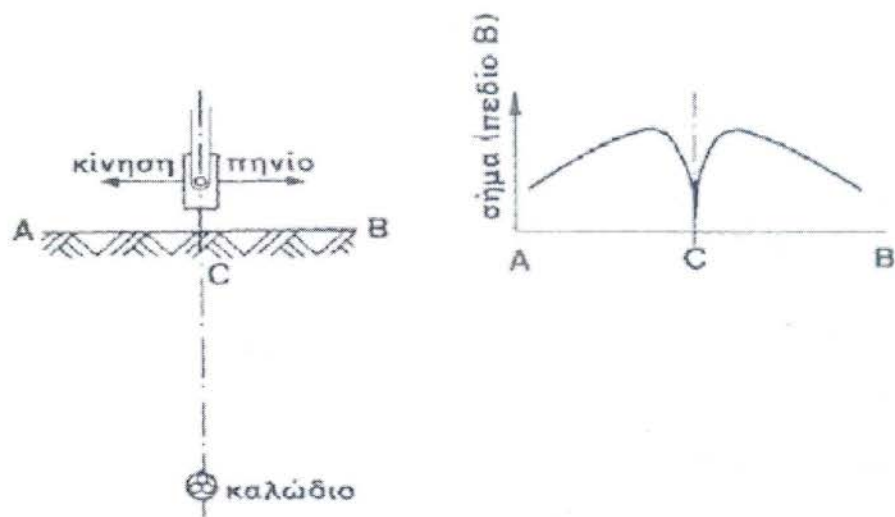
Σε καλά οργανωμένες πόλεις υπάρχουν σχέδια με συντεταγμένες της πορείας και του βάθους των καλωδίων. Σε ποντίσεις γίνεται ακριβής αποτύπωση της πορείας του καλωδίου, έτσι ώστε με χρήση σύγχρονου εξοπλισμού προσδιορισμού στίγματος (π.χ με δορυφορικούς προσδιορισμούς SATNAV και το σύστημα Ωμέγα) είναι δυνατή η εύρεση της πορείας με ακρίβεια μερικών δεκάδων μέτρων.

Σε διαφορετική περίπτωση χρησιμοποιείται η διάταξη του σχήματος 1.14.4.1-1.



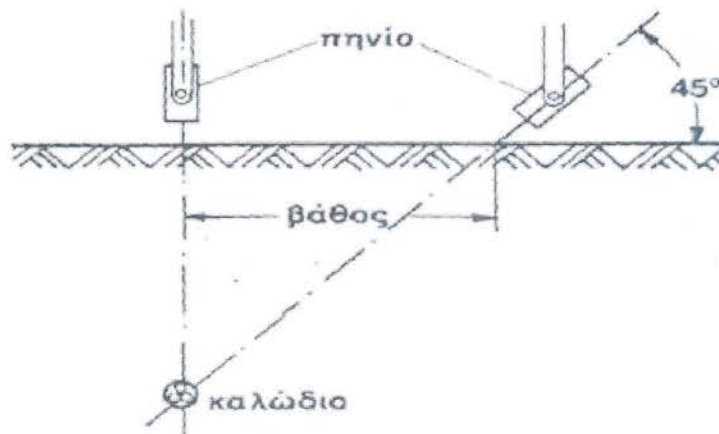
Σχήμα 1.14.4.1-1: Προσδιορισμός της διαδρομής ενός καλωδίου με πηγή ακουστικής συχνότητας 1-12kHz

Το καλώδιο με όλους τους αγωγούς του και το μεταλλικό μανδύα βραχυκυκλώνεται και στα δύο άκρα του, ενώ στο ένα άκρο γειώνεται. Μεταξύ του άλλου άκρου και της γης συνδέεται πηγή τάσης, ακουστικής συχνότητας 1-12 kHz. Με ένα ανιχνευτικό πηνίο εξετάζουμε το πεδίο πάνω από το έδαφος. Η κάθετη συνιστώσα της μαγνητικής επαγωγής παρουσιάζει μέγιστο γύρω από το καλώδιο και ελάχιστο ακριβώς πάνω από το καλώδιο. Έτσι ανιχνεύοντας το ελάχιστο της επαγωγής βρίσκουμε την πορεία του καλωδίου.



Σχήμα 1.14.4.1-2 : Προσδιορισμός της πορείας με μέτρηση της κατακόρυφης συνιστώσας του πεδίου

Το βάθος του καλωδίου ανιχνεύεται μετρώντας με το παραπάνω ανιχνευτικό πηνίο την συνιστώσα του πεδίου  $45^\circ$  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.



Σχήμα 1.14.4.1-3 : Προσδιορισμός του βάθους με μέτρηση της συνιστώσας του πεδίου με γωνία  $45^\circ$  ως προς την κατακόρυφο.



### 1.14.4.2 Προσεγγιστικός προσδιορισμός θέσης σφάλματος

Τα σφάλματα σε ένα καλώδιο μπορεί να είναι ηλεκτρικά (βραχυκυκλώματα ή διακοπές) ή μηχανικά. Τα ηλεκτρικά σφάλματα ανιχνεύονται σε δύο στάδια δηλαδή γίνεται προσεγγιστικός και ακριβής προσδιορισμός της θέσης του σφάλματος. Για τον προσεγγιστικό προσδιορισμό της θέσης του σφάλματος διακρίνουμε τις παρακάτω μεθόδους :

#### α) Μέτρηση του χρόνου όδευσης κυμάτων

Μεταξύ του αγωγού με το σφάλμα και του μανδύα συνδέεται μια γεννήτρια παλμών. Σε έναν παλμογράφο μετράται ο χρόνος  $\tau$  που χρειάζεται ο παλμός για να πάει μέχρι το σφάλμα και να επιστρέψει, αφού ανακλασθεί στο σφάλμα. Η απόσταση του σφάλματος από το σημείο τροφοδότησης είναι :

$$l = \tau v / 2 \quad (1.14.4.2-1)$$

όπου  $v$  η ταχύτητα διάδοσης του ηλεκτρομαγνητικού κύματος στο καλώδιο ( $v = 156 \dots 170 \text{m/sec}$ ).

#### β.) Μέτρηση μεγίστων συντονισμού

Στην αρχή του καλωδίου, μεταξύ ενός αγωγού με το σφάλμα και του μανδύα, συνδέεται πηγή υψηλής, μεταβλητής συχνότητας. Η τάση στην αρχή του καλωδίου είναι συνάρτηση της συχνότητας  $f$  και παρουσιάζει μέγιστα όταν η περίοδος της τάσης  $1/f$  συμπίπτει με ένα πολλαπλάσιο του διπλάσιου χρόνου όδευσης  $\tau$ , δηλαδή  $1/f = k2\tau$ . Η συνθήκη συντονισμού είναι εκείνη που αντιστοιχεί σε στάσιμα κύματα με μηδέν τάση στο σφάλμα και μέγιστο στην τροφοδότηση. Στο μήκος  $l$  περιέχονται περιττά πολλαπλάσια του  $\lambda/4$  ( $\lambda =$  μήκος κύματος). Για μια συχνότητα  $f_k$  αντίστοιχο μήκος κύματος  $\lambda_k$  προκύπτει :

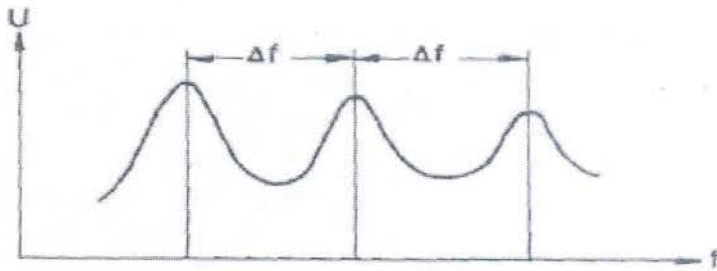
$$l = (2k+1)\lambda_k/4 = (2k+1)v/4f_k \quad (1.14.4.2-2)$$

$$\text{όπου } k = 0, 1, 2, 3, \dots \text{ ή } 4f_k l = (2k+1)v$$

Αν η διαφορά μεταξύ δύο διαδοχικών συχνοτήτων, όπου εμφανίζεται μέγιστο, είναι  $\Delta f = f_{k+1} - f_k$ , τότε η απόσταση σφάλματος προκύπτει από τη σχέση :

$$4l (f_{k+1} - f_k) = \{[(2k+1)+1] - (2k+1)\}v f \quad (1.14.4.2-3)$$

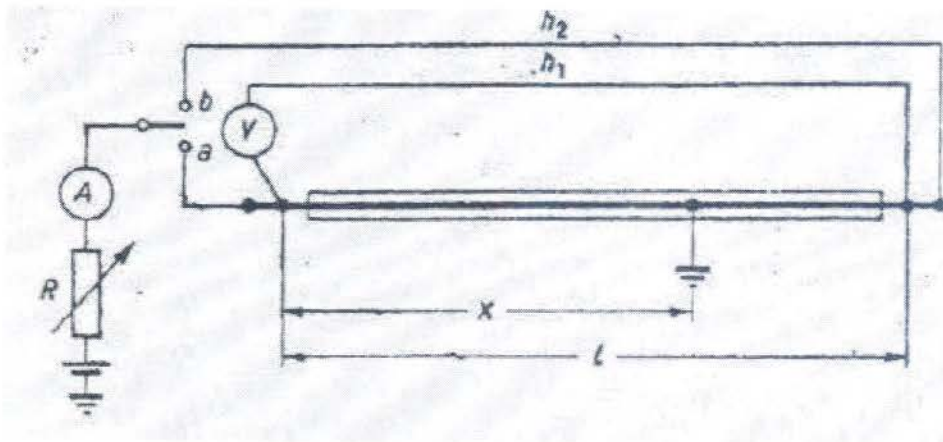
$$l = v / 2\Delta f \quad \text{ή} \quad (1.14.4.2-4)$$



Σχήμα 1.14.4.2-1 : Προσδιορισμός θέσης σφάλματος από την καμπύλη συντονισμού :  
Τάση στο άκρο σαν συνάρτηση της συχνότητας τροφοδότησης του καλωδίου.

### γ.) Ηλεκτρικές μέθοδοι

#### γ1) Μέτρηση της αναλογίας της τάσης



Σχήμα 1.14.4.2-2 : Μέτρηση της αναλογίας της τάσης

Ο προσδιορισμός της θέσης σφάλματος καλωδίου γίνεται με χρήση του τύπου :

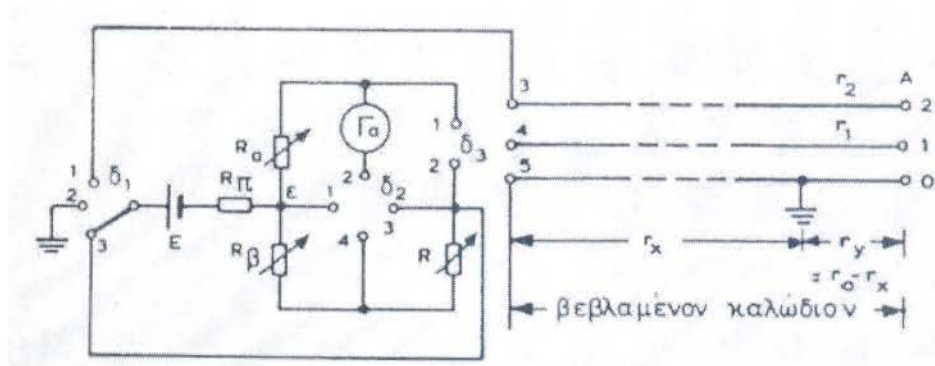
$$l_x = l \frac{V_a}{V_a + V_b} \quad (1.14.4.2-5)$$

όπου  $V_a$ ,  $V_b$  οι ενδείξεις του βολτομέτρου σε Volt για τα αντίστοιχα κυκλώματα,  $l$  το

μήκος του καλωδίου και  $h_1, h_2$  βοηθητικοί αγωγοί.

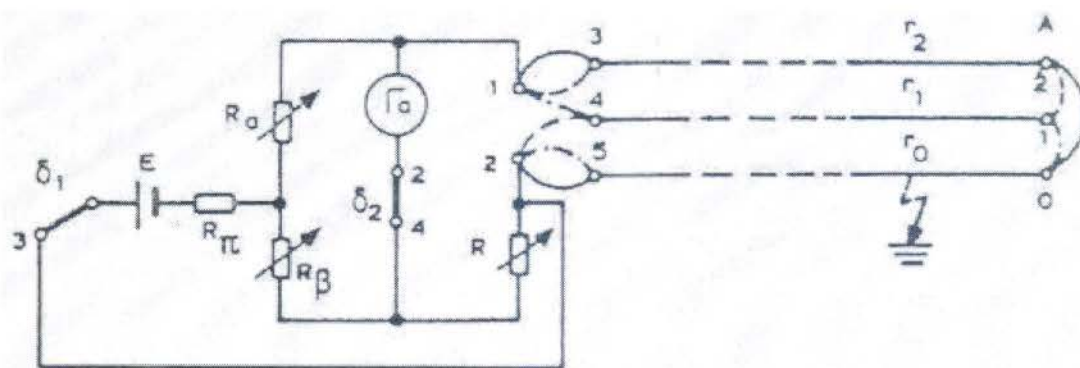
## γ2) Μέτρηση της αντίστασης

Μια γέφυρα προσδιορισμού της θέσης σφάλματος καλωδίου έχει συνήθως τη συνδεσμολογία του σχήματος της επόμενης σελίδας.



Σχήμα 1.14.4.2-3 : Διάταξη σύνθετης γέφυρας συνεχούς ρεύματος για τον προσδιορισμό της θέσης σφάλματος καλωδίων

Το άθροισμα των αντιστάσεων  $R_a, R_b$ , οι οποίες αποτελούν συνήθως τα δύο τμήματα μιας χορδής, παραμένει σταθερό, ενώ κατά την εξισορρόπηση της γέφυρας μεταβάλλονται οι  $R_a, R_b$  και  $R$ . Εκτός του αγωγού 0 που εμφανίζει το σφάλμα, υπάρχουν ένας ή δύο ακόμη αγωγοί ίδιου μήκους με τον αγωγό 0.



Σχήμα 1.14.4.2-4 : Συνδεσμολογία της γέφυρας του σχήματος για τη μέτρηση της ωμικής αντίστασης των αγωγών του καλωδίου που φέρει το σφάλμα

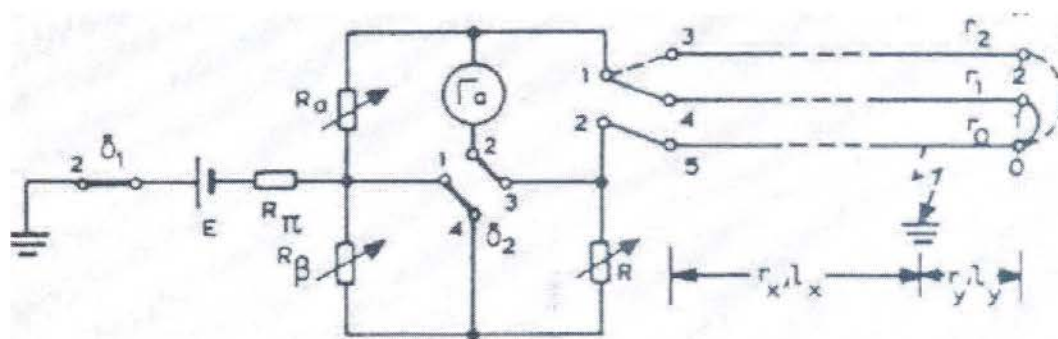
Όπως φαίνεται στο σχήμα 1.14.4.2-4 ο μεταγωγέας  $\delta_1$  βρίσκεται στη θέση 3 και ο διακόπτης  $\delta_2$  συνδέει τις επαφές 2 και 4. Στη συνέχεια, μέσω αγωγού μεγάλης διατομής και μικρού μήκους, ώστε η αντίσταση να είναι μικρή, συνδέονται τα άκρα Α ανά δύο, ενώ οι αρχές αυτών των άκρων συνδέονται στα σημεία 1 και 2. Με τον τρόπο αυτό ο αντίστοιχος κλάδος της γέφυρας καταλαμβάνεται κάθε φορά από τις αντιστάσεις  $r$  Σφάλμα! Τα αντικείμενα δεν μπορούν να δημιουργηθούν από την επεξεργασία κωδικών πεδίων. +  $r_1$  Σφάλμα! Τα αντικείμενα δεν μπορούν να δημιουργηθούν από την επεξεργασία κωδικών πεδίων.,  $r_0 + r_2$ ,  $r_1 + r_2$ , όπου  $r_0$ ,  $r_1$ ,  $r_2$  οι αντιστάσεις των αγωγών 0, 1, 2. Εάν κατά τις αντίστοιχες εξισορροπήσεις είναι  $R_{01}$ ,  $R_{02}$ ,  $R_{12}$  οι τιμές της αντίστασης  $R$ , και  $R_a$  και  $R_b$  διατηρούν σταθερή τιμή, τότε είναι :

$$r_1 = \frac{R_a}{R_b} \cdot \frac{R_{12} + R_{10} - R_{20}}{2} \quad (1.14.4.2-6)$$

$$r_2 = \frac{R_a}{R_b} \cdot \frac{R_{12} + R_{20} - R_{10}}{2} \quad (1.14.4.2-7)$$

$$r = \frac{R_a}{R_b} \cdot \frac{R_{10} + R_{20} - R_{12}}{2} \quad (1.14.4.2-8)$$

Μετά τον υπολογισμό των τιμών των αντιστάσεων ακολουθεί ο προσδιορισμός της θέσης του σφάλματος με τη μέθοδο Murray.



Σχήμα 1.14.4.2-5 : Συνδεσμολογία της γέφυρας του σχήματος 1.14.4.2-3 για τον καθορισμό της θέσης σφάλματος καλωδίων με τη μέθοδο Murray.

Ο μεταγωγέας  $\delta_1$  βρίσκεται στη θέση 2 και στο διακόπτη δΣφάλμα! Τα αντικείμενα δεν μπορούν να δημιουργηθούν από την επεξεργασία κωδικών πεδίων. συνδέονται οι ακροδέκτες 1 και 4 και 2 και 3. Η σχηματιζόμενη γέφυρα έχει ως κλάδους τους  $R_a$ ,  $R$ ,  $r_x$  και  $r_y - r_1$  (ή  $r_y - r_2$  ανάλογα με τον αγωγό που χρησιμοποιείται). Κατά την εξισορρόπηση θα είναι :

$$\frac{R_a}{R_1} = \frac{r_1 + r_0 - r_{x1}}{r_{x1}}, \quad \frac{R_a}{R_2} = \frac{r_2 + r_0 - r_{x2}}{r_{x2}} \quad (1.14.4.2-9)$$

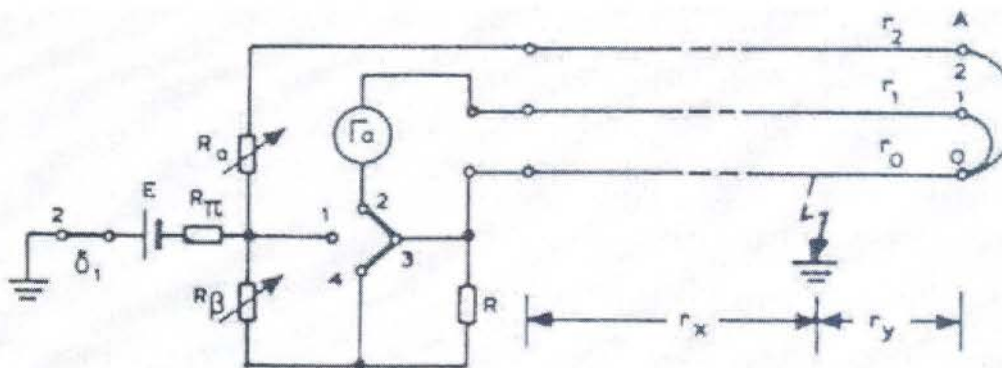
όπου  $R_1, R_2$  οι τιμές της  $R$  και  $r_{x1}, r_{x2}$  οι τιμές της  $r_x$  κατά την χρήση του υγιούς αγωγού 1 ή 2. Από τα προηγούμενα προκύπτει :

$$r_{x1} = \frac{R_a + R_1}{R_1}(r_1 + r_0), \quad r_{x2} = \frac{R_a + R_2}{R_2}(r_2 + r_0) \quad (1.14.4.2-10)$$

Το μήκος  $l_x$  της θέσης σφάλματος είναι :

$$l_x = l \frac{r_x}{r_0} \quad (1.14.4.2-11)$$

Εάν το καλώδιο έχει ελάχιστη αντίσταση, χρησιμοποιείται η παρακάτω διάταξη, γνωστή επίσης ως μεθόδου Murray.



Σχήμα 1.14.4.2-6 : Συνδεσμολογία της γέφυρας του σχήματος 1.14.4.2-3 για τον προσδιορισμό της θέσης του σφάλματος καλωδίων χαμηλής ωμικής αντίστασης

Με την παραδοχή ότι  $R_\sigma = R_\alpha + R_\beta \gg r_2$  η θέση σφάλματος είναι :

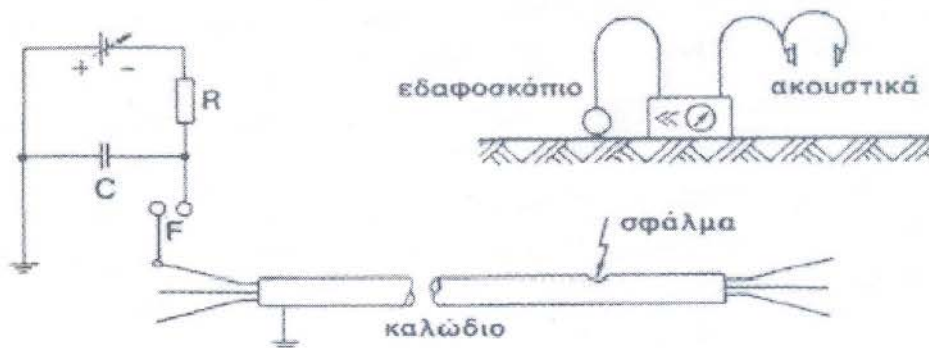
$$l_x = l \frac{R_\beta}{R_\sigma} \quad (1.14.4.2-12)$$

### 1.14.4.3 Επακριβής προσδιορισμός του σημείου σφάλματος

Αφού προσδιορισθεί περίπου η θέση ενός σφάλματος, τότε οι παρακάτω μέθοδοι επιτρέπουν τον ακριβή προσδιορισμό της θέσης του σφάλματος.

#### α) Με εκκένωση πυκνωτή

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. Συγκεκριμένα δημιουργείται ηλεκτρικό τόξο και κρουστικά κύματα, που μπορεί κανείς να τα ανιχνεύσει με ένα εδαφοσκόπιο. Η μέθοδος αυτή είναι πιο επιτυχής εφόσον δεν έχουμε πλήρη μεταλλική επαφή όλων των αγωγών στη θέση του βραχυκυκλώματος. 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.



Σχήμα 1.14.4.3-1: Επακριβής προσδιορισμός της θέσης σφάλματος ενός καλωδίου, με κρουστική γεννήτρια και ακουστικά (εδαφοσκόπιο).

#### β.) Γεννήτρια ακουστικών συχνοτήτων

Μια γεννήτρια συχνότητας 1-12kHz συνδέεται με τον αγωγό που παρουσιάζει το σφάλμα. Ο άλλος πόλος είναι γειωμένος. Γίνονται μετρήσεις του πεδίου επί του εδάφους. Στο σημείο του σφάλματος προκαλείται μια διαταραχή λόγω του ρεύματος που ρέει προς το μεταλλικό μανδύα.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>**

### **ΔΙΑΤΑΞΗ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ**

#### **2.1 Περιγραφή οργάνου**

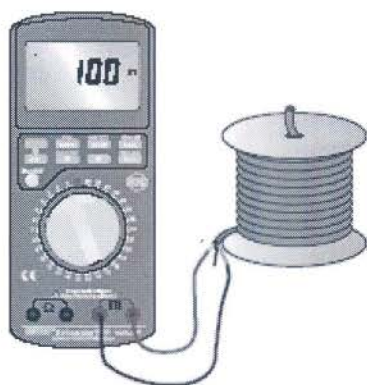
Κατά την διαδικασία των μετρήσεων χρησιμοποιήθηκε ένα το όργανο Unitest Echometer 3000, το οποίο είναι σε θέση να κάνει μετρήσεις, που παραμένουν διαθέσιμες στο χρήστη, για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα. Το συγκεκριμένο όργανο μετρήσης επιτρέπει τον γρήγορο, εύκολο και ακριβή καθορισμό του μήκους ενός καλωδίου ή ενός αγωγού καθώς και την μέτρηση της αντίστασής του. Ο καθορισμός του μήκους του καλωδίου πραγματοποιείται σύμφωνα με τη διαδικασία ανάκλασης παλμών. Η μέτρηση του μήκους του καλωδίου βασίζεται στην διαφορά χρόνου ανάμεσα στην εκπομπή και τη λήψη των παλμών. Έτσι, παλμοί στέλνονται σε ένα καλώδιο, οι οποίοι «ταξιδεύουν» με συγκεκριμένη ταχύτητα κατά μήκος του καλωδίου. Αν οι παλμοί χτυπήσουν το τέλος του καλωδίου, αντανακλώνται και επιστρέφουν στο αρχικό σημείο. Αν συμβεί βραχυκύκλωμα ή διακοπή στον αγωγό στον οποίο γίνεται η μέτρηση, η ψηφιακή ένδειξη δείχνει το μήκος του αγωγού μέχρι το σημείο της βλάβης. Αυτό επιτρέπει έναν εύκολο και γρήγορο προσδιορισμό της θέσης. Ο χρόνος «ταξιδιού» που απαιτείται εξαρτάται μόνο από την ταχύτητα μετάδοσης του κινούμενου παλμού. Με τη σειρά της, η ταχύτητα διάδοσης καθορίζεται από την κατασκευή και τη δομή του καλωδίου. Αυτό σημαίνει, ότι κάθε καλώδιο έχει μία συγκεκριμένη ταχύτητα διάδοσης και κατά συνέπεια διαφορετικούς χρόνους «ταξιδιού». Τα αναλυτικά χαρακτηριστικά του οργάνου μπορούν να αναζητηθούν στο παράρτημα .

#### **2.2 Η διαδικασία των μετρήσεων**

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας πραγματοποιήθηκαν τρεις διαφορετικές πειραματικές διαδικασίες μετρήσεων. Επιχειρήται η μέτρηση του μήκους ενός καλωδίου, η μέτρηση του μήκους ενός καλωδίου όταν σε αυτό υπάρχει διακλάδωση και ο εντοπισμός της θέσης σφάλματος ενός καλωδίου. Στην συνέχεια περιγράφεται αναλυτικά η διαδικασία που ακολουθήθηκε για την μέτρηση των παραπάνω.

### 2.2.1 Μέτρηση μήκους καλωδίων

Για την πραγματοποίηση του πειράματος τοποθετούνται τα προς μέτρηση τμήματα το ένα δίπλα στο άλλο, δεν είναι δυνατόν να μετρηθούν μονά καλώδια. Συνδέεται μόνο το ένα άκρο ανά υποδοχή (για ομοαξονικά καλώδια η μαύρη υποδοχή συνδέεται στον εξωτερικό αγωγό και η κόκκινη στον εσωτερικό). Το όργανο μέτρησης μπαίνει σε λειτουργία πιέζοντας το κουμπί εκκίνησης. Συνδέονται οι δοκιμαστικοί αγωγοί στις υποδοχές με τα αντίστοιχα χρώματα και δύο παράλληλοι κλώνοι του καλωδίου στα κροκοδειλάκια. Επιλέγεται η επιθυμητή μονάδα μέτρησης (m ή ft) και ρυθμίζεται ο περιστροφικός επιλογέας στην κατάλληλη θέση ανάλογα με τον τύπο του προς μέτρηση καλωδίου.



Σχήμα 2.2.1-1 : Διάταξη μέτρησης μήκους καλωδίου

### 2.2.2 Μέτρηση μήκους καλωδίου με διακλάδωση

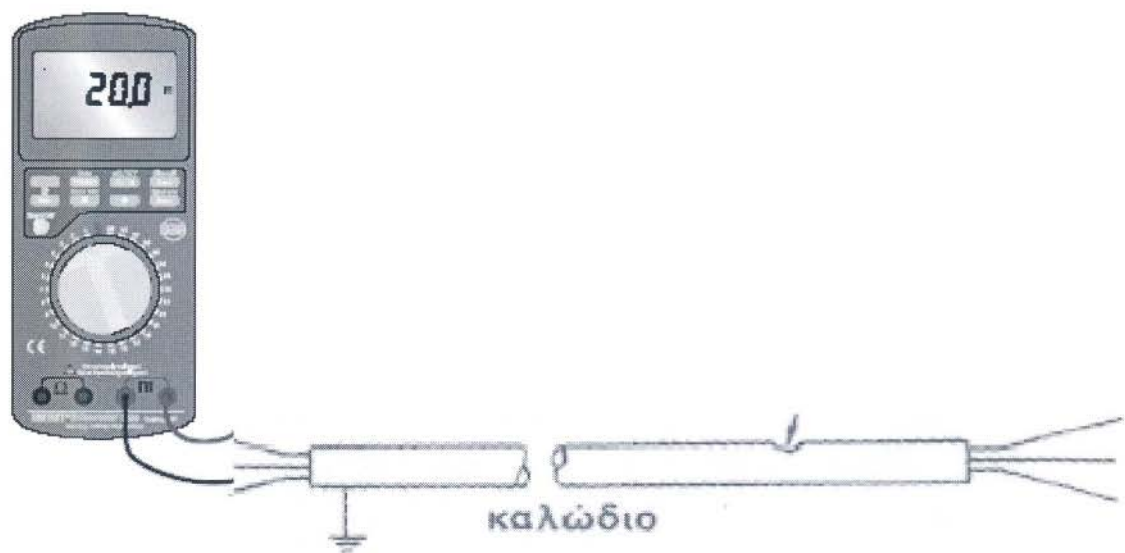
Για την σύνθεση της διακλάδωσης ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία:

Τα δύο τμήματα του ενός ακρου του κεντρικού καλωδίου συνδέονται στις υποδοχές του οργάνου. Τα ελεύθερα τμήματα του κεντρικού καλωδίου συνδέονται σε απλή ηλεκτρολογική κλέμα. Τα αλλά δύο καλώδια που συνθέτουν την διακλάδωση συνδέονται κατάλληλα στο αλλό άκρο της ηλεκτρολογικής κλέμας. Η πραγματοποίηση της μέτρησης γίνεται σύμφωνα με την διαδικασία που περιγράφηκε στην παράγραφο 2.2.1 με σκοπό την εύρεση του συνολικού μήκους της διακλάδωσης.



### 2.2.3 Εντοπισμός θέσης σφάλματος

Για τον εντοπισμό της θέσης σφάλματος σε καλώδια και αγωγούς ακολουθείται η διαδικασία που περιγράφεται στη παράγραφο 2.2.1. Η μέτρηση ξεκινάει εφόσον εξασφαλιστεί ότι το προς μέτρηση καλώδιο δεν τροφοδοτείται από ρεύμα. Η ένδειξη του οργάνου αφορά την θέση του σφάλματος πάνω στο καλώδιο και όχι το συνολικό του μήκος. Σε περίπτωση ύπαρξης βραχυκυκλώματος στην οθόνη εμφανίζεται το μήνυμα “Comp”.



Σχήμα 2.2.3-1 : Διάταξη εντοπισμού θέσης σφάλματος καλωδίου

### 2.2.4 Δοκίμια και χαρακτηριστικά καλωδίων

Τα δοκίμια που χρησιμοποιήθηκαν και τα κυριότερα χαρακτηριστικά αυτών δίδονται στον πίνακα 2.2.4-1 που ακολουθεί :

Πίνακας 2.2.4-1 : Τεχνικά χαρακτηριστικά καλωδίων που χρησιμοποιήθηκαν στις Διατάξεις

ΤΥΠΟΣ ΚΑΛΩΔΙΟΥ	ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΟ ΒΑΡΟΣ	ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ	ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΟ ΡΕΥΜΑ		ΜΕΓΙΣΤΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ 20°C
	Kg/km	mm	Α		Ω/km
NYM 3X2,5 (H05VV-U)	178	11	27		7,41
NYM 3X6 (H05VV-U)	318	13	47		3,08
NYM 5X2,5 (H05VV-U)	254	12,5	27		7,41
NYM 5X6 (H05VV-U)	484	16	47		3,08
NYM 4X1,5 ΠΛΑΚΕ (NYIFY)	110	12,1	18		12,1
NYA 1X6 (H07V-R)	66	5	35		3,08
NYLHY 3X0,75 (H03VV-F)	56	6,5	13		26
NYMHY 5X2,5 (H05VV-F)	245	13,9	20		7,98
NYY 3X1,5 (E1VV-U)	155	11	Έδαφος	Αέρας	12,1
			27	18	
NYY 3X2,5 (E1VV-U)	196	12	Έδαφος	Αέρας	7,41
			35	25	
NYY 5X6 (E1VV-U)	519	18	Έδαφος	Αέρας	3,08
			56	45	

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>

### ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

#### **3.1 Αποτελέσματα μέτρησης-εντοπισμού θέσης σφάλματος**

Εφαρμόζοντας την διαδικασία που περιγράφηκε στην παράγραφο 2.2.3 για καλώδια τα τύπου ΝΥΜ προκύπτουν τα ακόλουθα αποτελέσματα :

*Πίνακας 3.1-1 : Εντοπισμός θέσης σφάλματος σε καλώδιο ΝΥΜ 3Χ2,5 (H05VV-U)*

<b>ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ ΑΠΟ ΑΚΡΟ Α (m)</b>	<b>ΜΕΤΡΗΣΗ ΘΕΣΗΣ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ ΑΠΟ ΑΚΡΟ Α (m)</b>	<b>ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ ΑΠΟ ΑΚΡΟ Γ (m)</b>	<b>ΜΕΤΡΗΣΗ ΘΕΣΗΣ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ ΑΠΟ ΑΚΡΟ Γ (m)</b>
14,5	15,2	9,8	9,4
10	10,5	7	6,5
5	6,1	3,5	4,8

Σύμφωνα με την διαδικασία της παραγράφου 2.2.3 για καλώδια τύπου ΝΥΥ προκύπτουν αποτελέσματα που αναφέρονται στον πίνακα 3.1.2:

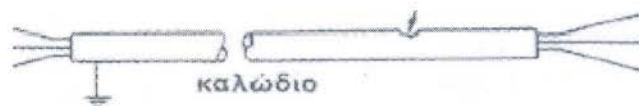
*Πίνακας 3.1-2 : Εντοπισμός θέσης σφάλματος σε καλώδιο ΝΥΥ 3Χ1,5 (E1VV-U)*

<b>ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ ΑΠΟ ΑΚΡΟ Α (m)</b>	<b>ΜΕΤΡΗΣΗ ΘΕΣΗΣ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ ΑΠΟ ΑΚΡΟ Α (m)</b>	<b>ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ ΑΠΟ ΑΚΡΟ Γ (m)</b>	<b>ΜΕΤΡΗΣΗ ΘΕΣΗΣ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ ΑΠΟ ΑΚΡΟ Γ (m)</b>
15	15,4	11	11,3
10	10,3	8	8,5
5	5,7	3,5	4,4

Σύμφωνα με την διαδικασία της παραγράφου 2.2.3 για καλώδια τύπου ΝΥΜΗΥ προκύπτουν τα ακόλουθα αποτελέσματα :

Πίνακας 3.1-3 : Εντοπισμός θέσης σφάλματος σε καλώδιο εύκαμπτο ΝΥΜΗΥ 5Χ2,5 (H05VV-F)

ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ ΑΠΟ ΑΚΡΟ Α (m)	ΜΕΤΡΗΣΗ ΘΕΣΗΣ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ ΑΠΟ ΑΚΡΟ Α (m)	ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ ΑΠΟ ΑΚΡΟ Γ (m)	ΜΕΤΡΗΣΗ ΘΕΣΗΣ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ ΑΠΟ ΑΚΡΟ Γ (m)
15	15,3	12	12,4
10	10,6	8,5	9,1
5	5,9	4,5	5,5



Γ <-----> Β <-----> Α

Σχήμα 3.1-1 : Αποστάσεις σφάλματος από άκρα καλωδίου (όπου Β η θέση σφάλματος)

### 3.2 Αποτελέσματα μέτρησης μήκους καλωδίου με διακλάδωση

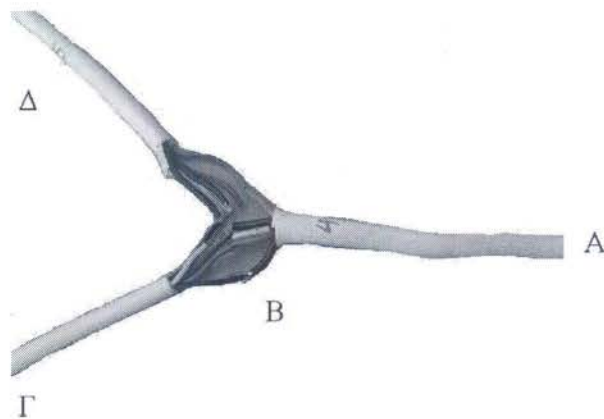
Εφαρμόζοντας την διαδικασία που περιγράφηκε στην παράγραφο 2.2.2 για καλώδια τύπου ΝΥΜ προκύπτουν τα ακόλουθα αποτελέσματα :

Πίνακας 3.2-1 : Μήκος καλωδίου: ΝΥΜ 3Χ2,5 (H05VV-U) για διακλάδωση

ΤΜΗΜΑ	ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟ ΜΗΚΟΣ ΤΜΗΜΑΤΟΣ (m)
ΑΒ	14,5
ΒΓ	9,8
ΓΔ	9,4
ΑΒΓ	24,3
ΑΒΔ	23,9

Πίνακας 3.2-2 : Μέτρηση μήκους της διακλάδωσης του καλωδίου: ΝΥΜ 3Χ2,5 (H05VVU)

ΣΗΜΕΙΟ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΔΙΑΚΛΑΔΩΣΗΣ	ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΟ ΜΗΚΟΣ
ΑΠΟ ΑΚΡΟ Α	27,8
ΑΠΟ ΑΚΡΟ Γ	26,2
ΑΠΟ ΑΚΡΟ Δ	26,2



Σχήμα 3.2-1 : Αποστάσεις καλωδίων Διακλάδωσης

### 3.3 Αποτελέσματα μέτρησης μήκους καλωδίων

Εφαρμόζοντας την διαδικασία που περιγράφηκε στην παράγραφο 2.2.1 για καλώδια τύπου SIC 6, προκύπτουν τα ακόλουθα αποτελέσματα :

Πίνακας 3.3-1 : Μέτρηση μήκους για καλώδιο: SIC 6-BETA CAVI

ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΤΙΜΗ (m)	ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΗ ΤΙΜΗ (m)	ΣΦΑΛΜΑ(m)	%ΣΦΑΛΜΑ
10	9,9	0,1	1%
5	5,2	0,2	4%
4	4,7	0,7	17,5%
3	3,8	0,8	26,6%
2,5	3,4	0,9	36%
2	3,1	1,1	55%
1,5	2,9	1,4	93,3%
1	2,7	1,7	170%
0,5	2,5	2	400%

Εφαρμόζοντας την διαδικασία που περιγράφηκε στην παράγραφο 2.2.1 για καλώδια τύπου NYM προκύπτουν τα ακόλουθα αποτελέσματα :

Πίνακας 3.3-2 : Μέτρηση μήκους για καλώδιο: NYM 3X2,5 (H05VV-U)

ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΤΙΜΗ (m)	ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΗ ΤΙΜΗ (m)	ΣΦΑΛΜΑ(m)	%ΣΦΑΛΜΑ
18	17,9	0,1	0,55%
16	16	0	0%
12	11,9	0,1	0.83%
10	9,9	0,1	1%
9	9,2	0,2	2,2%
8	8,1	0,1	1,25%
5	5,3	0,3	6%
3,5	4	0,5	14,3%
3	3,8	0,8	26,7%
2	3	1	50%

Εφαρμόζοντας την διαδικασία που περιγράφηκε στην παράγραφο 2.2.1 για καλώδια τύπου NYM προκύπτουν τα ακόλουθα αποτελέσματα

Πίνακας 3.3-3 : Μέτρηση μήκους για καλώδιο : NYM 3X6 (H05VV-U)

ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΤΙΜΗ (m)	ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΗ ΤΙΜΗ (m)	ΣΦΑΛΜΑ(m)	%ΣΦΑΛΜΑ
21	21	0	0%
19	19	0	0%
18	17,9	0,1	0,55%
16	15,9	0,1	0,63%
15	15	0	0%
12	11,8	0,2	1,67%
9	9,2	0,2	2,2%
7	7,1	0,1	1,43%
5	5,6	0,6	12%
3,5	4,4	0,9	25,7%

Εφαρμόζοντας την διαδικασία που περιγράφηκε στην παράγραφο 2.2.1 για καλώδια τύπου NYM προκύπτουν τα ακόλουθα αποτελέσματα

Πίνακας 3.3-4 : Μέτρηση μήκους για καλώδιο : NYM 5X2,5 (H05VV-U)

ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΤΙΜΗ (m)	ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΗ ΤΙΜΗ (m)	ΣΦΑΛΜΑ(m)	%ΣΦΑΛΜΑ
18	18	0	0%
16	16	0	0%
15	15,1	0,1	0,67%
12	12,1	0,1	0,83%
10	10	0	0%
9	9,1	0,1	1,1%
7,5	7,8	0,3	4%
6,5	6,8	0,3	4,62%
5	5,7	0,7	14%
4	5	1	25%

Εφαρμόζοντας την διαδικασία που περιγράφηκε στην παράγραφο 2.2.1 για καλώδια τύπου NYM προκύπτουν τα ακόλουθα αποτελέσματα

Πίνακας 3.3-5 : Μέτρηση μήκους για καλώδιο : NYM 5X6 (H05VV-U)

ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΤΙΜΗ (m)	ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΗ ΤΙΜΗ (m)	ΣΦΑΛΜΑ(m)	%ΣΦΑΛΜΑ
19,5	19,4	0,1	0,51%
18,5	18,4	0,1	0,54%
15	15,1	0,1	0,67%
13	12,9	0,1	0,77%
12	12	0	0%
11	11	0	0%
9,2	9,3	0,1	1,09%
7,3	7,5	0,2	2,74%
6,2	6,5	0,3	4,84%
5	5,6	0,6	12%

Εφαρμόζοντας την διαδικασία που περιγράφηκε στην παράγραφο 2.2.1 για καλώδια τύπου (NYIFY) προκύπτουν τα ακόλουθα αποτελέσματα

Πίνακας 3.3-6 : Μέτρηση μήκους για καλώδιο: NYIFY( NYM ΠΛΑΚΕ) 4Χ1,5

ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΤΙΜΗ (m)	ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΗ ΤΙΜΗ (m)	ΣΦΑΛΜΑ(m)	%ΣΦΑΛΜΑ
12	11,8	0,2	1,67%
10	10,1	0,1	1%
9	9,1	0,1	1,11%
8,5	8,6	0,1	1,18%
6,5	6,8	0,3	4,61%
5	5,5	0,5	10%
4,5	5	0,5	11,1%
3,4	4,1	0,7	20,6%
3	3,9	0,9	30%
2,5	3,4	0,9	36%

Εφαρμόζοντας την διαδικασία που περιγράφηκε στην παράγραφο 2.2.1 για καλώδια τύπου NYA προκύπτουν τα ακόλουθα αποτελέσματα

Πίνακας 3.3-7 : Μέτρηση μήκους για καλώδιο: NYA 1Χ6 (H07V-R)

ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΤΙΜΗ (m)	ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΗ ΤΙΜΗ (m)	ΣΦΑΛΜΑ(m)	%ΣΦΑΛΜΑ
11,2	11,2	0	0%
10,5	10,6	0,1	0,95%
9,6	9,7	0,1	1,04%
8,5	8,7	0,2	2,35%
7,2	7,3	0,1	1,39%
6	6,1	0,1	1,67%
5	5,2	0,2	4%
4,1	4,6	0,5	12,2%
3,2	4	0,8	25%
2,5	3,6	1,1	44%

Εφαρμόζοντας την διαδικασία που περιγράφηκε στην παράγραφο 2.2.1 για καλώδια τύπου NYLHY προκύπτουν τα ακόλουθα αποτελέσματα



Πίνακας 3.3-8: Μέτρηση μήκους για καλώδιο: Εύκαμπτο 3Χ0,75 NYLHY (H03VV-F)

ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΤΙΜΗ (m)	ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΗ ΤΙΜΗ (m)	ΣΦΑΛΜΑ(m)	%ΣΦΑΛΜΑ
16	16	0	0%
15	15	0	0%
13	13	0	0%
10,2	10,1	0,1	0,98%
8	8,1	0,1	1,25%
7	7,2	0,2	2,86%
6,1	6,3	0,2	3,28%
4,8	5	0,2	4,17%
4	4,6	0,6	15%
3	3,9	0,9	30%

Εφαρμόζοντας την διαδικασία που περιγράφηκε στην παράγραφο 2.2.1 για καλώδια τύπου NYMHY προκύπτουν τα ακόλουθα αποτελέσματα

Πίνακας 3.3-9: Μέτρηση μήκους για καλώδιο : Εύκαμπτο 5Χ2,5 NYMHY (H05VV-F)

ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΤΙΜΗ (m)	ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΗ ΤΙΜΗ (m)	ΣΦΑΛΜΑ(m)	%ΣΦΑΛΜΑ
19	19	0	0%
16,2	16,3	0,1	0,62%
15	15	0	0%
14	14	0	0%
12,6	12,5	0,1	0,79%
11	11	0	0%
10,1	10	0,1	0,99%
8	8,1	0,1	1,25%
7	7,1	0,1	1,43%
5,4	5,5	0,1	1,85%

Εφαρμόζοντας την διαδικασία που περιγράφηκε στην παράγραφο 2.2.1 για καλώδια τύπου NYU προκύπτουν τα ακόλουθα αποτελέσματα

Πίνακας 3.3-10 : Μέτρηση μήκους για καλώδιο : NYU 3X1,5 (E1VV-U)

ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΤΙΜΗ (m)	ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΗ ΤΙΜΗ (m)	ΣΦΑΛΜΑ(m)	%ΣΦΑΛΜΑ
24	24	0	0%
22	22	0	0%
20	20	0	0%
19,2	19,3	0,1	0,52%
18	18	0	0%
13	13	0	0%
11,1	11	0,1	0,9%
8	8,1	0,1	1,25%
5	5,1	0,1	2%
4	4,5	0,5	12,5%

Εφαρμόζοντας την διαδικασία που περιγράφηκε στην παράγραφο 2.2.1 για καλώδια τύπου NYU προκύπτουν τα ακόλουθα αποτελέσματα

Πίνακας 3.3-11 : Μέτρηση μήκους για καλώδιο: NYU 3X2,5 (E1VV-U)

ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΤΙΜΗ (m)	ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΗ ΤΙΜΗ (m)	ΣΦΑΛΜΑ(m)	%ΣΦΑΛΜΑ
22	22	0	0%
20,4	20,4	0	0%
18,1	18	0,1	0,55%
16	16	0	0%
13	13	0	0%
11,5	11,5	0	0%
10,2	10,2	0	0%
8,5	8,6	0,1	1,18%
6	6,1	0,1	1,67%
4	4,4	0,4	10%

Εφαρμόζοντας την διαδικασία που περιγράφηκε στην παράγραφο 2.2.1 για καλώδια τύπου NYU προκύπτουν τα ακόλουθα αποτελέσματα

Πίνακας 3.3-12 : Μέτρηση μήκους για καλώδιο : NY 5X6 (E1VV-U)

ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΤΙΜΗ (m)	ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΗ ΤΙΜΗ (m)	ΣΦΑΛΜΑ(m)	%ΣΦΑΛΜΑ
13	13	0	0%
11	11	0	0%
10	9,9	0,1	1%
9,2	9,2	0	0%
8,5	8,6	0,1	1,18%
6,8	6,9	0,1	1,47%
5	5,1	0,1	2%
4,5	4,7	0,2	4,44%
3,5	3,9	0,4	11,4%
2	3,1	1,1	55%

Εφαρμόζοντας την διαδικασία που περιγράφηκε στην παράγραφο 2.2.1 για καλώδια τύπου UTP προκύπτουν τα ακόλουθα αποτελέσματα

Πίνακας 3.3-13 : Μέτρηση μήκους για καλώδιο: UTP CAT.5

ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΤΙΜΗ (m)	ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΗ ΤΙΜΗ (m)	ΣΦΑΛΜΑ(m)	%ΣΦΑΛΜΑ
26	26,1	0,1	0,38%
24	24	0	0%
21,5	21,6	0,1	0,46%
20,1	20	0,1	0,49%
18	18	0	0%
15	15	0	0%
13	12,9	0,1	0,37%
9	9,1	0,1	1,11%
6,5	6,7	0,2	3,08%
4,2	4,6	0,4	9,5%

### 3.4 Συμπεράσματα

Από τις μετρήσεις που φαίνονται στον Πίνακα (3.2.2) παρατηρούμε ότι το όργανο εμφανίζει μεγάλη απόκλιση στην περίπτωση μέτρησης μήκους καλωδίου με διακλάδωση. Αυτό πιθανώς να οφείλεται στο γεγονός ότι στο σημείο της διακλάδωσης ο παλμός που στέλνει το όργανο ακολουθεί δύο διαφορετικές διαδρομές και επιστρέφει. Έτσι το όργανο δεν είναι σε θέση να καταγράψει τον ακριβή χρόνο ταξιδιού του παλμού με αποτέλεσμα να δίνει λανθασμένα αποτελέσματα. Για το λόγο αυτό δεν συνιστάται η χρήση του συγκεκριμένου οργάνου για την μέτρηση μήκους καλωδίου με διακλάδωση. Από τα στοιχεία όλων των Πινάκων της παραγράφου 3.3 βλέπουμε ότι για μικρά μήκη καλωδίων (<5m) το όργανο εμφανίζει μεγάλο σφάλμα κατά την μέτρησή τους. Ενδεχομένως το όργανο δεν μπορεί να μετρήσει με ακρίβεια έναν παλμό πολύ μικρής χρονικής διάρκειας. Οι προδιαγραφές του οργάνου άλλωστε, (όπως φαίνεται στο Παράρτημα ) συνιστούν την μέτρηση καλωδίων με μέγιστο μήκος που μπορεί να φτάσει και τα 2000m. Μελετώντας τις τιμές των Πινάκων (3.3.10, 3.3.11, 3.3.12) σε συνδιασμό με τους υπόλοιπους πίνακες του κεφαλαίου 3, διαπιστώνουμε ότι καλώδια με καλύτερη μόνωση (όπως τα καλώδια τύπου NYΥ) εμφανίζουν μικρότερο σφάλμα. Αυτό μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η μόνωση του καλωδίου πιθανώς να επηρεάζει την ακρίβεια των μετρήσεων. Αξιολογώντας τις μετρήσεις του κεφαλαίου 3 καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι το όργανο αυτό ενδείκνυται για μέτρηση μήκους και εντοπισμό θέσης σφάλματος σε καλώδια μεγαλύτερα των 10m. όπου το σφάλμα είναι πολύ μικρό.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>

### 4 Δοκιμές σε καλώδια

#### Μέτρηση των μερικών εκκενώσεων σε καλώδια

Τα καλώδια μέσης και υψηλής τάσης παρουσιάζουν ιδιαίτερα προβλήματα κατά τη μέτρηση των μερικών εκκενώσεων που συμβαίνουν στις μονώσεις τους. Η χωρητικότητα ενός καλωδίου είναι πολύ μεγάλη και είναι πολύ δύσκολο να επιτευχθεί υψηλή ευαισθησία κατά τις μετρήσεις των εκκενώσεων. Το καλώδιο δρα ως γραμμή μεταφοράς και ένας παλμός εκκένωσης θα «ταξιδέψει» και προς τις δύο κατευθύνσεις από το σημείο όπου παρουσιάζεται η εκκένωση. Όταν ο παλμός φθάσει στο ένα άκρο θα ανακλασθεί, αποτέλεσμα να υπάρξει αλλοίωση μεγέθους και της μορφής του παλμού. Παλμοί προερχόμενοι από διαφορετικά σημεία είναι δυνατόν, να φθάσουν επικαλυπτόμενοι στο άλλο άκρο του καλωδίου, όπου υπάρχει ο ανιχνευτής εκκενώσεων. Η απόκριση του παλμού είναι σπουδαίος παράγοντας, ενώ οι ανακλάσεις από τους ακροδέκτες του καλωδίου δημιουργούν σφάλματα τα οποία αλλοιώνουν το μέγεθος μιας εκκένωσης. Ακόμη όμως και με αλλοιωμένα μεγέθη, μετρήσεις σε καλώδια μέσης χαμηλής τάσης γίνονται δεκτές για συνήθη ποιοτικό έλεγχο. Η ευαισθησία, η οποία απαιτείται για τις δοκιμές των καλωδίων μέσης και υψηλής τάσης, είναι  $\leq 5\text{pC}$  για καλώδια με μόνωση διασταυρωμένου πολυαιθυλενίου και  $\leq 20\text{pC}$  για καλώδια με μόνωση PVC (όταν η δοκιμή γίνεται με τάση διπλάσια της ονομαστικής). Τέλος πρέπει να επισημανθεί ότι, η ανίχνευση και καταγραφή των εκκενώσεων δεν δίνει πληροφορίες σχετικά με τον αριθμό, τον τύπο, την κατάσταση ή τη θέση των πηγών των μερικών εκκενώσεων εντός της μόνωσης.

Οι δοκιμές σε καλώδια έχουν ιδιαίτερη σημασία, αφενός γιατί απαιτείται μεγάλη διάρκεια ζωής και αξιοπιστία στις εγκαταστάσεις, αφετέρου γιατί η επισκευή μιας καλωδιακής σύνδεσης είναι επίπονη, μακροχρόνια και πολυδιάστατη διαδικασία. Οι δοκιμές που γίνονται σε καλώδια εξαρτάται από τον τύπο τους, την ονομαστική τάση, την κατασκευή του καλωδίου και τα υλικά που χρησιμοποιούνται. Υπάρχει μια σειρά χημικών, μηχανικών, θερμικών και ηλεκτρικών δοκιμών που χωρίζονται στις εξής ομάδες :

- **Δοκιμές σειράς**, που γίνονται σε κάθε καλωδιακό μήκος και περιλαμβάνουν τη μέτρηση της αντίστασης στο συνεχές ρεύμα, μετρήσεις για ποιότητα του αγωγού, δοκιμή υπό τάση και δοκιμές μερικών εκκενώσεων. Επιπλέον γίνονται μετρήσεις του συντελεστή απωλειών συναρτήσει της τάσης, όπου διαπιστώνεται από ποια τάση και πάνω το καλώδιο έχει ιδιαίτερα μεγάλες απώλειες, οπότε δεν ενδείκνυται η λειτουργία του πέραν αυτής της τάσης.
- **Δοκιμές σε τυχαία δείγματα (δειγματοληψίας)**. Αυτές αφορούν κυρίως μετρήσεις των διαστάσεων του καλωδίου. Μετρώνται οι διάμετροι των διαφόρων στρωμάτων και το πάχος της μόνωσης του καλωδίου, διαπιστώνεται η διατομή των αγωγών φάσεων και του γειωμένου αγωγού, ενώ σε καλώδια δικτυωμένου

πολυαιθυλενίου διαπιστώνεται ο βαθμός της δικτύωσης του υλικού με μέτρηση του συντελεστή θερμικής διαστολής.

- **Δοκιμές σχεδίασης**, που γίνονται στην πρώτη κατασκευή ενός καλωδίου και επίσης μετά από αλλαγή ενός υλικού ή της διαδικασίας κατασκευής. Πρόκειται για έρευνα πάνω στο υπό δοκιμή καλώδιο, που αρχίζει με μετρήσεις των διαστάσεων, προχωρεί στις ιδιότητες των υλικών και τελειώνει με δοκιμές γήρανσης σε ένα τεμάχιο του καλωδίου. Το καλώδιο δοκιμάζεται υπό συνθήκες λειτουργίας και πρέπει να αποδειχθεί ότι δεν επιφέρονται επικίνδυνες αλλοιώσεις στα υλικά του καλωδίου.

- **Δοκιμές τύπου**, που διακρίνονται σε ηλεκτρικές δοκιμές τύπου και μηχανικές δοκιμές τύπου. Οι δοκιμές τύπου μπορεί να είναι καταστρεπτικές και για αυτό πραγματοποιούνται σε ένα δείγμα καλωδίων.

- **Δοκιμές μετά την εγκατάσταση**. Οι δοκιμές σε εγκατεστημένα καλώδια μπορούν να γίνουν θεωρητικά με συνεχές ή εναλλασσόμενο ρεύμα. Ωστόσο στην πράξη δεν διεξάγονται καταστρεπτικές ή μη δοκιμές με εναλλασσόμενο ρεύμα, διότι, ιδίως σε μεγάλο μήκος καλώδια, λόγω της χωρητικότητας του δοκιμίου θα απαιτούνταν πηγές με πολύ μεγάλη ισχύ, σχεδόν ανέφικτη. Γι' αυτό διεξάγονται δοκιμές με συνεχές ρεύμα, οπότε η απαιτούμενη πηγή είναι μικρών διαστάσεων και μπορεί εύκολα να μεταφερθεί, ή δοκιμές με τάση πολύ χαμηλής συχνότητ

#### 4.1 Δοκιμές σε καλώδια MT 1-30 kV σύμφωνα με τους κανονισμούς IEC 60502-2

##### **A. Συνθήκες Δοκιμών (Test Conditions)**

###### **A1.) Θερμοκρασία περιβάλλοντος χώρου**

Η θερμοκρασία του περιβάλλοντος χώρου όπου θα γίνουν οι δοκιμές θα πρέπει να είναι  $(20 \pm 15)^{\circ} \text{C}$ , εκτός εάν ορίζεται διαφορετικά για συγκεκριμένες δοκιμές.

###### **A2.) Συχνότητα και κυματομορφή των τάσεων**

Η εναλλασσόμενη τάση που εφαρμόζεται θα πρέπει να είναι ημιτονοειδής, συχνότητας 49-61 Hz.

###### **A3.) Κυματομορφή των κρουστικών τάσεων**

Οι κρουστικές τάσεις πρέπει να έχουν χρόνο μετώπου 1-5μs και χρόνο ημίσειας εύρους 40-60μs.

##### **B. Δοκιμές Σειράς**

###### **B1.) Γενικά**

Οι δοκιμές σειράς πραγματοποιούνται σε όλο το μήκος του καλωδίου, για να επιβεβαιωθεί ότι πληροί τις απαιτούμενες προδιαγραφές. Οι δοκιμές σειράς που πραγματοποιούνται είναι :

- α.) Μέτρηση της ηλεκτρικής αντίστασης των αγωγών
- β.) Δοκιμή μερικών εκκενώσεων
- γ.) Δοκιμή τάσης

###### **B2.) Ηλεκτρική αντίσταση αγωγών**

Η μέτρηση της ηλεκτρικής αντίστασης πρέπει να γίνεται σε όλα τα αγωγή τμήματα κάθε τεμαχίου (αγωγός, μεταλλικός μανδύας, θωράκιση κτλ), συμπεριλαμβανομένου και του κεντρικού αγωγού (concentric conductor), εάν υπάρχει.

Το προς δοκιμή καλώδιο τοποθετείται στην αίθουσα δοκιμών, όπου παραμένει για τουλάχιστον 12h σε σταθερή θερμοκρασία. Εάν υπάρχουν αμφιβολίες για το εάν η θερμοκρασία των αγωγών είναι ίδια με τη θερμοκρασία του χώρου, η αντίσταση μετράται αφού το καλώδιο παραμείνει στην αίθουσα δοκιμών για 24h. Εναλλακτικά η αντίσταση μετράται σε ένα δείγμα του αγωγού, το οποίο προηγουμένως τοποθετήθηκε για 1h τουλάχιστον σε υγρό, τη θερμοκρασία του οποίου ελέγχουμε.

Οι μετρούμενες τιμές προκύπτουν σε  $\Omega/\text{km}$  και ανάγονται σε θερμοκρασία  $20^{\circ}\text{C}$ .

Η αντίσταση κάθε αγωγού δε θα πρέπει να ξεπερνάει τις μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές που ορίζονται στον κανονισμό IEC 60228.

###### **B3.) Δοκιμή μερικών εκκενώσεων**

Η δοκιμή μερικών εκκενώσεων πραγματοποιείται σύμφωνα με το πρότυπο IEC 60885-3. Για τριπολικά καλώδια η δοκιμή πραγματοποιείται σε κάθε μονωμένο αγωγό, ενώ η τάση εφαρμόζεται μεταξύ αγωγού και μεταλλικού μανδύα. Η τιμή της τάσης αυξάνει βαθμιαία και φθάνει την τιμή  $2U_0$  για 10sec και στη συνέχεια μειώνεται στην τιμή  $1,73 U_0$ . Σημειώνεται ότι  $U_0$  είναι η τάση μεταξύ αγωγού και γης ή μεταλλικού μανδύα.

Κατά τη διάρκεια της δοκιμής δε θα πρέπει να ανιχνευθούν εκκενώσεις, που μπορεί να αποδειχθούν ιδιαίτερος καταστροφικές. Το φορτίο μιας εκκένωσης δε θα πρέπει να ξεπερνά τα 10pC.

###### **B4.) Δοκιμή τάσης**

###### **I.) Γενικά**

Η δοκιμή τάσης πραγματοποιείται σε θερμοκρασία περιβάλλοντος χώρου, με εναλλασσόμενη τάση.

## II.) Δοκιμή σε μονοπολικά καλώδια

Για μονοπολικά καλώδια εφαρμόζεται τάση για 5min μεταξύ του αγωγού και του μεταλλικού μανδύα του καλωδίου.

## III.) Δοκιμή σε τριπολικά καλώδια

Για τριπολικά καλώδια με ξεχωριστό μεταλλικού μανδύα εφαρμόζεται τάση για 5min μεταξύ κάθε αγωγού και της μεταλλικής επένδυσης.

Για τριπολικά καλώδια με κοινό μεταλλικό μανδύα εφαρμόζεται τάση για 5min διαδοχικά μεταξύ κάθε μονωμένου αγωγού και όλων των άλλων αγωγών και του κοινού μεταλλικού μανδύα.

## IV.) Τάση δοκιμής

Η τάση δοκιμής είναι  $3,5U_0$ .

Πίνακας 4-1

<b>U<sub>0</sub> (kV)</b>	3,6	6	8,7	12	18
<b>Τάση δοκιμής (kV)</b>	12,5	21	30,5	42	63

Εάν για τριπολικά καλώδια η δοκιμή τάσης πραγματοποιείται με τριφασικό ΜΣ η τάση δοκιμής μεταξύ των φάσεων πολλαπλασιάζεται με 1,73.

## V.) Απαιτήσεις

Δεν πρέπει να συμβεί διάσπαση της μόνωσης.

## Γ. Δοκιμές με δειγματοληψία

### Γ1.) Γενικά

#### I.) Ορισμοί που αφορούν τη δειγματοληψία

- Παρτίδα : μια παρτίδα είναι ένα σύνολο από παραχθέντα είδη του ίδιου τύπου και του ίδιου μεγέθους, που έχουν παραχθεί σε μια καθορισμένη χρονική περίοδο κάτω από τις ίδιες συνθήκες.

- Δείγμα : ένα δείγμα είναι ένας αριθμός από παραγόμενες μονάδες επιλεγμένες στην τύχη από μια παρτίδα.

- Δοκίμιο : δοκίμιο είναι ένα στοιχείο του δείγματος

#### II.) Δοκιμές

Οι δοκιμές με δειγματοληψία που πραγματοποιούνται είναι :

- α.) εξέταση του αγωγού
- β.) μέτρηση των διαστάσεων
- γ.) δοκιμές τάσης για καλώδια τάσης μεγαλύτερης από 3,6/6 (7,2)kV
- δ.) δοκιμές θέρμανσης για καλώδια με μόνωση EPR, HEPR, XLPE

Η εξέταση του αγωγού καθώς και η μέτρηση του πάχους της μόνωσης και του μανδύα και της διαμέτρου ολόκληρου του καλωδίου γίνεται στο 10% το πολύ των αριθμών των στροφείων του ίδιου τύπου της παραγόμενης παρτίδας.

Για τις δοκιμές δειγματοληψίας ισχύει ο παρακάτω πίνακας :

Πίνακας 4-2

	Μήκος καλωδίου		Αριθμός δειγμάτων	
	Πολυπολικά καλώδια	Μονοπολικά καλώδια	Πολυπολικά καλώδια	Μονοπολικά καλώδια
> (km)	≤(km)	> (km)	≤(km)	
2	10	4	20	1
10	20	20	40	2
20	30	40	60	3



## **Γ2.) Επανάληψη των δοκιμών**

Εάν κάποιο τεμάχιο αποτύχει στη δοκιμή, τότε δύο επιπλέον τεμάχια από την ίδια παρτίδα υποβάλλονται στις ίδιες δοκιμές. Εάν τα δύο αυτά τεμάχια περάσουν με επιτυχία τις δοκιμές τότε όλα τα τεμάχια της συγκεκριμένης παρτίδας θεωρείται ότι ανταποκρίνονται στις απαιτούμενες προδιαγραφές. Εάν ένα από τα δύο αυτά τεμάχια αποτύχει στις δοκιμές, τότε όλη η παρτίδα θεωρείται ότι δεν ανταποκρίνεται στις προδιαγραφές.

## **Γ3.) Εξέταση του αγωγού**

Ο έλεγχος του αγωγού για το αν είναι κατασκευασμένος σύμφωνα με τους κανονισμούς, γίνεται σύμφωνα με τους κανονισμούς IEC 60228.

## **Γ4.) Μέτρηση του πάχους της μόνωσης και των μη μεταλλικών περιβλημάτων**

### **I.) Γενικά**

Κάθε τεμάχιο που επιλέγεται για τη δοκιμή πρέπει να είναι απαλλαγμένο από τμήματα που έχουν υποστεί τυχόν φθορές.

### **II.) Απαιτήσεις για τη μόνωση**

Η ελάχιστη μετρούμενη τιμή δε θα πρέπει να είναι μικρότερη από το 90% της ονομαστικής τιμής του πάχους. Ισχύουν :

$$t_{\min} \geq 0,9t_n - 0,1 \quad \text{και} \quad (t_{\max} - t_{\min})/t_{\max} \leq 0,15 \quad (4.14 \text{ α, β})$$

όπου :

$t_{\max}$  : το μέγιστο πάχος σε mm

$t_{\min}$  : το ελάχιστο πάχος σε mm

$t_n$  : το ονομαστικό πάχος σε mm

### **III.) Απαιτήσεις για τα μη μεταλλικά περιβλήματα**

Το τμήμα του εξεταζόμενου περιβλήματος πρέπει να ανταποκρίνεται στα παρακάτω :

α.) Για καλώδια χωρίς μηχανική θωράκιση, για καλώδια με εξωτερικό περίβλημα που δεν τοποθετείται απευθείας πάνω από τη μηχανική ή την ηλεκτρική θωράκιση η μικρότερη μετρούμενη τιμή δε θα πρέπει να είναι κάτω από το 85% της ονομαστικής τιμής. Ισχύει :  $t_{\min} \geq 0,85t_n - 0,1$  (4.15)

β.) Για καλώδια με εξωτερικό περίβλημα που τοποθετείται απευθείας στην ηλεκτρική ή μηχανική θωράκιση, η μικρότερη μετρούμενη τιμή δε θα πρέπει να είναι κάτω από το 80% της ονομαστικής τιμής. Ισχύει :  $t_{\min} \geq 0,8t_n - 0,2$  (4.16)

## **Γ5.) Μέτρηση του πάχους του μολύβδινου μανδύα**

Το ελάχιστο πάχος του μολύβδινου μανδύα δε θα πρέπει να είναι μικρότερο από το 95% της ονομαστικής τιμής. Ισχύει :  $t_{\min} \geq 0,95t_n - 0,1$  (4.17)

Το πάχος του μολύβδινου μανδύα μετράται με ένα μικρόμετρο με ακρίβεια της τάξης  $\pm 0,01\text{mm}$ . Η μέτρηση πρέπει να γίνει σε ένα κομμάτι του μανδύα τουλάχιστον 50mm σε μήκος, το οποίο θα έχει αφαιρεθεί προσεκτικά από το καλώδιο. Στη συνέχεια αφού καθαρισθεί, λαμβάνονται οι μετρήσεις, οι οποίες γίνονται στην περιφέρεια του μανδύα και όχι λιγότερο από 10mm από τη άκρη του επίπεδου κομματιού για να βεβαιωθούμε ότι μετρήθηκε το ελάχιστο πάχος.

## **Γ6.) Μέτρηση της μεταλλικής και μηχανικής θωράκισης**

### **I.) Μέτρηση των συρμάτων**

Η διάμετρος των κυκλικών συρματιδίων και το πάχος των επιπέδων συρματιδίων μετρώνται με ένα μικρόμετρο με δύο επίπεδα άκρα με ακρίβεια  $\pm 0,01\text{mm}$ . Για κυκλικής διαμέτρου συρματίδια γίνονται δύο μετρήσεις (με διαφορά γωνίας  $90^\circ$ ) στο ίδιο σημείο και ο μέσος όρος τους λαμβάνεται ως διάμετρο

## II.) Μέτρηση των ταινιών

Η μέτρηση γίνεται με μικρόμετρο που έχει δύο επίπεδα άκρα διαμέτρου 5mm και ακρίβειας  $\pm 0,01\text{mm}$ . Για ταινίες πλάτους μεγαλύτερου από 40mm το πάχος μετράται στο κέντρο του πλάτους. Για πλατύτερες ταινίες οι μετρήσεις γίνονται 20mm από κάθε άκρο της ταινίας και ο μέσος όρος των αποτελεσμάτων λαμβάνεται ως πάχος.

## III.) Απαιτήσεις

Οι διαστάσεις των συρμάτων και των ταινιών δεν πρέπει να είναι μικρότερες από τις τιμές που δίνονται στον παρακάτω πίνακα περισσότερο από :

- 5% για κυκλικά σύρματα
- 8% για επίπεδα σύρματα
- 10% για ταινίες

Πίνακας 4-3 : Ονομαστικές διαμέτροι για κυκλικά σύρματα

Διάμετρος κάτω από τη θωράκιση		Ονομαστικοί διάμετροι των συρμάτων
> (mm)	≤(mm)	σε mm
-	10	0,8
10	15	1,25
15	25	1,6
25	35	2
35	60	2,5
60	-	3,15

Πίνακας 4-4 : Ονομαστικά πάχη των ταινιών

Διάμετρος κάτω από τη θωράκιση		Ονομαστικό πάχος ταινιών	
> (mm)	≤(mm)	Χάλυβας	Αλουμίνιο
-	30	0,2	0,5
30	70	0,5	0,5
70	-	0,8	0,8

Για επίπεδα σύρματα και διάμετρο κάτω από τη ζώνη μηχανικής ενίσχυσης μεγαλύτερη από 15mm, το ονομαστικό πάχος των επιπέδων χαλύβδινων συρμάτων πρέπει να είναι 0,8mm. Καλώδια με διαμέτρους κάτω από τη θωράκιση έως 15mm δεν πρέπει να θωρακίζονται με επίπεδα σύρματα.

## Γ7.) Μέτρηση της εξωτερικής διαμέτρου

Γίνεται με βάση τους κανονισμούς IEC 60811-1-1.

## Γ8.) Δοκιμή τάσης για 4h

Εφαρμόζεται μόνο σε καλώδια πάνω από 3,6/6 (7,2) kV, με μήκος μεγαλύτερο από 5m.

## I.) Διαδικασία

Εφαρμόζεται μία τάση για 4h σε θερμοκρασία περιβάλλοντος μεταξύ κάθε αγωγού και του μεταλλικού μανδύα.

## II.) Τάσεις δοκιμής

Η τάση δοκιμής πρέπει να είναι  $4U_0$ .

Πίνακας 4-5

$U_0$ kV	6	8,7	12	18
Τάση δοκιμής kV	24	35	48	72

### **Γ9.) Δοκιμή επιμήκυνσης εν θερμώ**

Η δοκιμή έχει σκοπό να καθορίσει την επιμήκυνση (ε) της μόνωσης, μετά από συγκεκριμένη κατεργασία που περιγράφεται παρακάτω.

Πάνω στο δοκίμιο σημειώνονται δύο ενδεικτικές γραμμές. Η επιμήκυνση (ε) αποτελεί την απόκλιση του μήκους μεταξύ των ενδεικτικών γραμμών κατά την εκτέλεση της δοκιμής, από το μήκος μεταξύ των ενδεικτικών γραμμών πριν την έναρξη εκτέλεσης της δοκιμής, εκφρασμένη σε ποσοστό επί τοις εκατό.

Η δοκιμή γίνεται σε κλίβανο σε θερμοκρασία  $200 \pm 3^{\circ}\text{C}$ . Στο δοκίμιο εφαρμόζεται μία δύναμη τάνησης ( $\text{N}/\text{cm}^2$ ), και μετά από παραμονή στον κλίβανο στην παραπάνω θερμοκρασία μετράται η απόσταση μεταξύ των ενδεικτικών γραμμών. Στη συνέχεια η δύναμη φόρτισης απομακρύνεται από το δοκίμιο, το οποίο αφήνεται να κρυώσει (έως ότου φθάσει στην προδιαγραφόμενη θερμοκρασία) και ξαναμετράται η απόσταση μεταξύ των δύο γραμμών. Η μέγιστη επιμήκυνση υπό φορτίο δεν πρέπει να υπερβαίνει το 175%, ενώ η μέγιστη παραμένουσα επιμήκυνση δεν πρέπει να υπερβαίνει το 15%.

### **Δ. Ηλεκτρικές δοκιμές τύπου**

Όταν οι δοκιμές τύπου ολοκληρωθούν επιτυχώς για έναν τύπο καλωδίου συγκεκριμένης διατομής και τάσης, τότε θεωρείται ότι όλα τα καλώδια του ίδιου τύπου πληρούν τις προβλεπόμενες προδιαγραφές, εφόσον ικανοποιούνται οι παρακάτω συνθήκες :

- α.) να έχουν χρησιμοποιηθεί τα ίδια υλικά και οι ίδιες διαδικασίες κατασκευής
- β.) η διατομή των καλωδίων να μην είναι μεγαλύτερη από τη διατομή του ήδη ελεγμένου και εγκεκριμένου καλωδίου
- γ.) η τάση των καλωδίων να μην είναι μεγαλύτερη από την τάση του ήδη ελεγμένου και εγκεκριμένου καλωδίου

### **Δ1.) Καλώδια με ημιαγώγιμα στρώματα αγωγού και μόνωσης**

#### **I.) Σειρά των δοκιμών**

Η σειρά των δοκιμών πρέπει να είναι η ακόλουθη :

- α.) δοκιμή κάμψης ακολουθούμενη από μέτρηση μερικών εκκενώσεων
- β.) μέτρηση της  $\tan\delta$
- γ.) κύκλοι θέρμανσης ακολουθούμενοι από μέτρηση μερικών εκκενώσεων
- δ.) δοκιμή αντοχής σε κρουστική τάση ακολουθούμενη από δοκιμή τάσης σε ac
- ε.) δοκιμή διηλεκτρικής αντοχής για 4h

#### **II.) Ειδικές απαιτήσεις**

Για τη διεξαγωγή των δοκιμών απαιτείται καλώδιο 10-15m μήκος. Η μέτρηση της  $\tan\delta$  πρέπει να γίνεται σε ξεχωριστό τεμάχιο καλωδίου, από αυτό των υπολοίπων δοκιμών. Η μέτρηση της  $\tan\delta$  δεν απαιτείται για τάσεις μικρότερες από 6/10 (12) kV. Για τη δοκιμή διηλεκτρικής αντοχής απαιτείται επίσης νέο τεμάχιο (στροφέιο), εφόσον έχουν πραγματοποιηθεί οι δοκιμές α και γ.

#### **III.) Δοκιμή κάμψης ακολουθούμενη από μέτρηση μερικών εκκενώσεων**

Το δοκίμιο περιελίσσεται για μία τουλάχιστον φορά γύρω από έναν κύλινδρο (τύμπανο). Η διάμετρος του κυλίνδρου πρέπει να είναι :

- για καλώδια με μολύβδινο μεταλλικό μανδύα
  - $20 (d+D) \pm 5\%$  για πολυπολικά καλώδια
- για άλλα καλώδια
  - $20 (d+D) \pm 5\%$  για μονοπολικά καλώδια

- 15 (d+D) ±5% για πολυπολικά καλώδια

όπου D η εξωτερική διάμετρος του καλωδίου σε mm

d η διάμετρος του αγωγού σε mm.

Εάν ο αγωγός δεν είναι κυκλικής διατομής τότε :

$$d = 1,13 \sqrt{S} \quad (4.18)$$

όπου S η διατομή του καλωδίου σε mm<sup>2</sup>. Η δοκιμή ακολουθείται από μερικές εκκενώσεις, σύμφωνα με την επόμενη παράγραφο.

#### IV.) Δοκιμή μερικών εκκενώσεων

Η τάση δοκιμής αυξάνεται βαθμιαία μέχρι την τιμή 2U<sub>0</sub> για 10sec και στη συνέχεια

μειώνεται στην τιμή 1,73U<sub>0</sub>. Δε θα πρέπει να διαπιστώνεται καμία διάτρηση της

μόνωσης. Το φορτίο μιας εκκένωσης δε θα πρέπει να ξεπερνά τα 5pC.

#### V.) Μέτρηση της tanδ για καλώδια 6/10 (12) kV και πάνω συναρτήσει της θερμοκρασίας

Το δοκίμιο θερμαίνεται με έναν από τους παρακάτω τρόπους :

- το δοκίμιο τοποθετείται σε ένα δοχείο με υγρό ή σε έναν κλίβανο
- ένα ρεύμα διαπερνά το μεταλλικό περίβλημα ή τον αγωγό ή και τα δύο

Το δοκίμιο θερμαίνεται μέχρι η θερμοκρασία του αγωγού να φθάσει 5-10°C πάνω από τη μέγιστη θερμοκρασία σε κανονική λειτουργία.

Σε κάθε περίπτωση η θερμοκρασία του αγωγού υπολογίζεται είτε με τη μέτρηση της αντίστασης του αγωγού είτε μέσω μιας κατάλληλης συσκευής μέτρησης της θερμοκρασίας στο δοχείο με το υγρό ή στον κλίβανο ή στην επιφάνεια του μεταλλικού περιβλήματος.

Η tanδ μετράται με εφαρμογή μίας εναλασσόμενης τάσης τουλάχιστον 2kV.

Οι μετρούμενες τιμές δε θα πρέπει να ξεπερνούν τις τιμές που δίνονται στον παρακάτω πίνακα :

Πίνακας 4-6

		PVC	EPR/HEPR	XLPE
Μέγιστη θερμοκρασία του αγωγού σε κανονική λειτουργία	°C	70	90	90
ρ - στους 20°C - στη μέγιστη θερμοκρασία του αγωγού σε κανονική λειτουργία	Ω.cm	10 <sup>14</sup>	-	-
	Ω.cm	10 <sup>11</sup>	10 <sup>12</sup>	-
K <sub>i</sub> (insulation resistance constant) - στους 20°C - στη μέγιστη θερμοκρασία του αγωγού σε κανονική λειτουργία	MΩ.km	367	-	-
	MΩ.km	0,37	3,67	-
tanδ - tanδ σε θερμοκρασία 5-10°C πάνω από τη μέγιστη θερμοκρασία σε κανονική λειτουργία	x10 <sup>-4</sup>	-	400	40

#### VI.) Κύκλοι θέρμανσης

Το δοκίμιο, που προηγουμένως υποβλήθηκε στις παραπάνω δοκιμές, θερμαίνεται καθώς ένα ρεύμα διαπερνά τον αγωγό, έως ότου η θερμοκρασία του αγωγού σταθεροποιηθεί σε μία τιμή 5-10°C πάνω από τη μέγιστη θερμοκρασία συνεχούς λειτουργίας. Για τριπολικά καλώδια το ρεύμα αυτό πρέπει να διαπερνά και τους τρεις αγωγούς. Κάθε κύκλος θέρμανσης πρέπει να έχει διάρκεια τουλάχιστον 8h. Η θερμοκρασία του αγωγού πρέπει να παραμείνει στα προδιαγραφόμενα όρια τουλάχιστον 2h για κάθε περίοδο θέρμανσης. Ακολουθεί ψύξη του αγωγού για 3h τουλάχιστον. Η μέγιστη θερμοκρασία των αγωγών στο τέλος της περιόδου θέρμανσης θα πρέπει να είναι 95-100°C. Οι κύκλοι θέρμανσης πρέπει να επαναληφθούν 20 φορές. Μετά τον τελευταίο κύκλο το δοκίμιο υποβάλλεται σε δοκιμή μερικής εκκένωσης, όπου το φορτίο μιας εκκένωσης δε θα πρέπει να ξεπερνά τα 5pC.

#### V.) Δοκιμή αντοχής σε κρουστική τάση ακολουθούμενη από δοκιμή τάσης σε a.c.

Η δοκιμή αυτή πραγματοποιείται σε ένα δοκίμιο με θερμοκρασία αγωγού 5-10°C πάνω από τη μέγιστη θερμοκρασία σε συνθήκες λειτουργίας. Η μέγιστη τάση λειτουργίας για κάθε περίπτωση φαίνεται στον παρακάτω πίνακα :

Πίνακας 4-7

U <sub>0</sub> /U (U <sub>m</sub> ) kV	3,6/6 (7,2)	6/10 (12)	8,7/15 (17,5)	12/20 (24)	18/30 (36)
Τάση δοκιμής (μέγιστο) kV	60	75	95	125	170

Κάθε πόλος του καλωδίου πρέπει να αντέχει 10 θετικές κρουστικές τάσεις και 10 αρνητικές κρουστικές τάσεις. Στη συνέχεια κάθε πόλος του καλωδίου υποβάλλεται σε δοκιμή τάσης για 15min. Δε θα πρέπει να συμβεί διάτρηση της μόνωσης.

#### VI.) Δοκιμή διηλεκτρικής αντοχής για 4h

Εφαρμόζεται μία τάση 4U<sub>0</sub> μεταξύ αγωγού και μεταλλικού μανδύα για 4h. Δε θα πρέπει να συμβεί διάτρηση της μόνωσης.

#### VII.) Ειδική αγωγιμότητα (ρ) των ημιαγώγιμων θωρακίσεων του αγωγού και της μόνωσης

Μετράται η ειδική αγωγιμότητα σε Ωm πριν τη γήρανση και μετά τη γήρανση, σε κομμάτι καλωδίου θερμοκρασίας ± 2°C από τη μέγιστη θερμοκρασία του αγωγού για συνθήκες λειτουργίας.

Η ειδική αγωγιμότητα πριν και μετά τη γήρανση δεν πρέπει να ξεπερνά τις παρακάτω τιμές :

- για την ημιαγώγιμη θωράκιση του αγωγού : 1000 Ωm
- για την ημιαγώγιμη θωράκιση της μόνωσης : 500 Ωm.

#### Δ2.) Καλώδια τάσης 3,6/6 (7,2) kV χωρίς ημιαγώγιμη θωράκιση της μόνωσης

Το κάθε δοκίμιο, μήκους 10-15m, υποβάλλεται στις παρακάτω δοκιμές :

- α.) μέτρηση της αντίστασης μόνωσης σε θερμοκρασία περιβάλλοντος χώρου
- β.) μέτρηση της αντίστασης μόνωσης στη μέγιστη θερμοκρασία του αγωγού σε κανονική λειτουργία

- γ.) δοκιμή τάσης για 4h

Τα καλώδια υποβάλλονται επίσης σε δοκιμή μερικών εκκενώσεων.

#### **I.) Μέτρηση της αντίστασης μόνωσης σε θερμοκρασία περιβάλλοντος**

Η δοκιμή αυτή πρέπει να γίνει πριν κάθε άλλη δοκιμή. Όλα τα εξωτερικά περιβλήματα αφαιρούνται και οι πόλοι βυθίζονται σε νερό με θερμοκρασία περιβάλλοντος για τουλάχιστον 1h πριν τη δοκιμή. Η συνεχής τάση δοκιμής πρέπει να είναι από 80V έως 500V και να εφαρμόζεται από 1min έως 5min, μεταξύ αγωγού και νερού.

Η ειδική αντίσταση υπολογίζεται με την παρακάτω σχέση :

$$\rho = \frac{2\pi l R}{\ln(D/d)} \quad (4.19)$$

όπου :  $\rho$  η ειδική αντίσταση σε  $\Omega\text{cm}$

$R$  η αντίσταση μόνωσης σε  $\Omega$

$l$  το μήκος του καλωδίου σε  $\text{cm}$

$D$  η εξωτερική διάμετρος της μόνωσης σε  $\text{mm}$   $d$  η εσωτερική διάμετρος της μόνωσης σε  $\text{mm}$  Η σταθερά αντίστασης μόνωσης  $K_i$  ( $\text{M}\Omega\cdot\text{km}$ ) μπορεί να υπολογιστεί με τον τύπο

$$K_i = \frac{l \cdot R \cdot 10}{\lg(D/d)} = 10^{-11} \cdot 0,367 \cdot \rho \quad (4.20)$$

Για μη κυκλικούς αγωγούς ο λόγος  $D/d$  είναι ο λόγος της περιμέτρου πάνω από τη μόνωση προς την περίμετρο κάτω από τη μόνωση.

Οι τιμές που θα προκύψουν από τις μετρήσεις δε θα πρέπει να είναι μικρότερες από τις τιμές που ορίζονται στον πίνακα της παραγράφου Δ.1.V. (Πίνακας 4-6)

#### **II.) Υπολογισμός της αντίστασης μόνωσης στη μέγιστη επιτρεπόμενη θερμοκρασία του αγωγού**

Οι πόλοι των καλωδίων βυθίζονται σε νερό θερμοκρασίας  $\pm 2^\circ\text{C}$  από τη μέγιστη θερμοκρασία του αγωγού σε συνεχή λειτουργία, για 1h τουλάχιστον πριν από τη δοκιμή.

Η συνεχής τάση δοκιμής πρέπει να είναι από 80V έως 500V και να εφαρμόζεται από 1min έως 5min, μεταξύ αγωγού και νερού.

Για τον υπολογισμό της ειδικής αντίστασης της μόνωσης χρησιμοποιούνται οι τύποι της παραπάνω παραγράφου.

Οι τιμές που θα προκύψουν από τις μετρήσεις δε θα πρέπει να είναι μικρότερες από τις τιμές που ορίζονται στον πίνακα της παραγράφου Δ.1.V. (Πίνακας 4-6)

#### **III.) Δοκιμή διηλεκτρικής αντοχής για 4h**

Οι πόλοι του καλωδίου βυθίζονται σε νερό σε θερμοκρασία περιβάλλοντος για 1h τουλάχιστον.

Εφαρμόζεται μία τάση  $4U_0$  μεταξύ αγωγού και νερού για 4h. δε θα πρέπει να συμβεί διάτρηση της μόνωσης.

##### **ΙΑ.) Δοκιμή αντοχής σε κρουστική τάση**

Η δοκιμή αυτή πραγματοποιείται σε ένα δοκίμιο με θερμοκρασία αγωγού  $5-10^\circ\text{C}$  πάνω από τη μέγιστη θερμοκρασία σε συνθήκες λειτουργίας. Η μέγιστη τάση λειτουργίας πρέπει να είναι 60kV. Οι κρουστικές τάσεις εφαρμόζονται μεταξύ κάθε αγωγού και των υπολοίπων, οι οποίοι είναι βραχυκλωμένοι μεταξύ τους και γειωμένοι προς γη. Δε θα πρέπει να συμβεί διάτρηση της μόνωσης.

## Ε. Μη ηλεκτρικές δοκιμές τύπου

### Ε1.) Δοκιμές στη μόνωση

#### Ι.) Μηχανικές ιδιότητες πριν τη γήρανση

Μετρώνται το ελάχιστο ειδικό φορτίο θραύσης σε  $N/mm^2$  καθώς και η επί τοις εκατό (%) ελάχιστη επιμήκυνση θραύσης. Οι τιμές πρέπει να ανταποκρίνονται στις προδιαγραφές του Πίνακα 4-8.

#### ΙΙ.) Μηχανικές ιδιότητες μετά τη γήρανση

Πραγματοποιούνται μέσα σε φούρνο αέρα. Μετρώνται η μέγιστη μεταβολή του ειδικού φορτίου θραύσης (%) και η μέγιστη μεταβολή της επιμήκυνσης θραύσης (%). Οι τιμές πρέπει να ανταποκρίνονται στις προδιαγραφές του Πίνακα 4-8.

Πίνακας 4-8

		PVC	EPR	HEPR	XLPE
Μέγιστη θερμοκρασία αγωγού	$^{\circ}C$	70	90	90	90
<i>Πριν τη γήρανση</i>					
Ελάχιστο ειδικό φορτίο θραύσης	$N/mm^2$	12,5	4,2	8,5	12,5
Ελάχιστη επιμήκυνση θραύσης	%	125	200	200	200
<i>Μετά τη γήρανση</i>					
Θερμοκρασία	$^{\circ}C$	$100 \pm 2$	$135 \pm 3$	$135 \pm 3$	$135 \pm 3$
Διάρκεια	h	168	168	168	168
Ειδικό φορτίο θραύσης					
α.) ελάχιστη τιμή μετά τη γήρανση	$N/mm^2$	12,5	12,5	12,5	12,5
β.) μέγιστη μεταβολή	%	$\pm 25$	$\pm 30$	$\pm 30$	$\pm 25$
<i>Επιμήκυνση θραύσης</i>					
α.) ελάχιστη τιμή μετά τη γήρανση	%	125	125	125	125
β.) μέγιστη μεταβολή	%	$\pm 25$	$\pm 30$	$\pm 30$	$\pm 25$

#### ΙΙΙ.) Δοκιμή επιμήκυνσης εν θερμώ

Εφαρμόζεται μία δύναμη τάνσης  $20 N/cm^2$  και μετρώνται η μέγιστη επιμήκυνση υπό φορτίο (%) και μέγιστη παραμένουσα επιμήκυνση (%). Οι μετρήσεις θα πρέπει να ανταποκρίνονται στον παρακάτω πίνακα :

Πίνακας 4-9

		EPR	HEPR	XLPE
Θερμοκρασία ( $\pm 3^{\circ}C$ )	$^{\circ}C$	250	250	200
Χρονική διάρκεια	min	15	15	15
Δύναμη τάνσης	$N/cm^2$	20	20	20
Μέγιστη επιμήκυνση υπό φορτίο	%	175	175	175
Μέγιστη παραμένουσα επιμήκυνση	%	15	15	15

#### IV.) Δοκιμή απορρόφησης νερού

Μετράται η μέγιστη μεταβολή της μάζας σε  $\text{mg}/\text{cm}^2$ .

Πίνακας 4-10

		EPR	HEPR	XLPE	PVC
Θερμοκρασία ( $\pm 2^{\circ}\text{C}$ )	$^{\circ}\text{C}$	85	85	85	100
Χρονική διάρκεια	h	336	336	336	168
Μέγιστη μεταβολή της μάζας	$\text{mg}/\text{cm}^2$	5	5	1	1,5

#### V.) Δοκιμή συρρίκνωσης

Μετράται η μέγιστη συρρίκνωση. Για XLPE η δοκιμή πραγματοποιείται στους  $130 \pm 3^{\circ}\text{C}$  για 1h και η μέγιστη συρρίκνωση δεν πρέπει να ξεπερνά το 4%.

Προκειμένου για μόνωση PE η δοκιμή πραγματοποιείται στους  $80 \pm 2^{\circ}\text{C}$  για 5h και η μέγιστη συρρίκνωση δεν πρέπει να ξεπερνά το 3%.

#### E2.) Δοκιμές σε μη μεταλλικά περιβλήματα

##### I.) Μηχανικές ιδιότητες πριν τη γήρανση

Μετρώνται το ελάχιστο ειδικό φορτίο θραύσης σε  $\text{N}/\text{mm}^2$  καθώς και η επί τοις εκατό (%) ελάχιστη επιμήκυνση θραύσης.

##### II.) Μηχανικές ιδιότητες μετά τη γήρανση

Η δοκιμή πραγματοποιείται μέσα σε φούρνο αέρα. Μετρώνται το ελάχιστο ειδικό φορτίο θραύσης σε  $\text{N}/\text{mm}^2$ , η μέγιστη μεταβολή του ειδικού φορτίου θραύσης (%), η ελάχιστη επιμήκυνση θραύσης (%) και μέγιστη μεταβολή της επιμήκυνσης θραύσης (%).

Πίνακας 4-11

		ST1	ST2	ST3	ST4
Μέγιστη θερμοκρασία αγωγού	$^{\circ}\text{C}$	70	90	90	90
<i>Πριν τη γήρανση</i>					
Ελάχιστο ειδικό φορτίο θραύσης	$\text{N}/\text{mm}^2$	12,5	12,5	10	12,5
Ελάχιστη επιμήκυνση θραύσης	%	150	150	300	300
<i>Μετά τη γήρανση</i>					
Θερμοκρασία	$^{\circ}\text{C}$	$100 \pm 2$	$100 \pm 2$	$100 \pm 2$	$100 \pm 2$
Διάρκεια	h	168	168	240	240
<i>Ειδικό φορτίο θραύσης</i>					
α.) ελάχιστη τιμή μετά τη γήρανση	$\text{N}/\text{mm}^2$	12,5	12,5	12,5	12,5
β.) μέγιστη μεταβολή	%	$\pm 25$	$\pm 25$	$\pm 25$	$\pm 25$
<i>Επιμήκυνση θραύσης</i>					
α.) ελάχιστη τιμή μετά τη γήρανση	%	150	150	300	300
β.) μέγιστη μεταβολή	%	$\pm 25$	$\pm 25$	$\pm 25$	$\pm 25$



### **III.) Απώλεια μάζας μετά τη γήρανση**

Η δοκιμή γίνεται σε φούρνο αέρα στους  $100 \pm 2^{\circ}\text{C}$  για 7 ημέρες και μετράται η μέγιστη απώλεια μάζας, η τιμή της οποίας δεν πρέπει να ξεπερνά το  $1,5\text{mg}/\text{cm}^2$ .

### **IV.) Δοκιμές σε χαμηλή θερμοκρασία ( $-15 \pm 2^{\circ}\text{C}$ )**

Πραγματοποιείται δοκιμή επιμήκυνσης, όπου μετράται η ελάχιστη επιμήκυνση (%), καθώς και δοκιμή κρούσης, όπου δε θα πρέπει να παρατηρηθούν σπασίματα.

### **V.) Δοκιμή πίεσης σε υψηλή θερμοκρασία $90 \pm 2^{\circ}\text{C}$**

Μετράται η μέγιστη παραμόρφωση, η οποία δε θα πρέπει να ξεπερνά το 50%.

### **VI.) Δοκιμή απότομης θέρμανσης στους $150 \pm 3^{\circ}\text{C}$ για 1h**

Δε θα πρέπει να παρατηρηθούν σπασίματα.

### **VII.) Δοκιμή μη διάδοσης της φλόγας**

### **VIII.) Δοκιμή συρρίκνωσης**

Αφορά κυρίως το PE, πραγματοποιείται στους  $8 \pm 2^{\circ}\text{C}$  για 5h και η μέγιστη επιτρεπόμενη συρρίκνωση είναι 3%.

### **ΣΤ.) Ηλεκτρικές Δοκιμές μετά την εγκατάσταση**

Οι δοκιμές μετά την εγκατάσταση πραγματοποιούνται αφού ολοκληρωθεί η εγκατάσταση του καλωδίου και των εξαρτημάτων του (ακροκιβώτια, ακροκεφαλές κ.α.)

#### **ΣΤ1) Δοκιμή συνεχούς τάσης στα μεταλλικά περιβλήματα**

Η τάση εφαρμόζεται μεταξύ του μεταλλικού μανδύα και της γης.

#### **ΣΤ2.) Δοκιμή μόνωσης**

##### **I.) Δοκιμή AC**

Εφαρμόζεται εναλλασσόμενη τάση σύμφωνα για 5min μεταξύ του αγωγού και του μεταλλικού περιβλήματος.

##### **II.) Δοκιμή DC**

Εφαρμόζεται συνεχής τάση ίση με  $4U_0$  για 15min.

Οι ηλεκτρικές δοκιμές μετά την εγκατάσταση που χρησιμοποιούνται στην πράξη είναι οι δοκιμές με εφαρμογή τάσης πολύ χαμηλής συχνότητας (VLF), που εξετάζονται στην επόμενη παράγραφο.

## 4.2 Δοκιμές VLF (Very low frequency testing)

### 4.2.1 Γενικά

Σκοπός της δοκιμής VLF είναι να διαπιστωθεί εάν η εγκατάσταση του υπό ελέγχου καλωδίου έγινε με επιτυχία, οπότε το καλώδιο μπορεί να ηλεκτριστεί χωρίς πρόβλημα. Αναλυτικότερα ελέγχονται τα εξής :

- αν το καλώδιο κατά την εγκατάσταση του έχει υποστεί μηχανικές καταπονήσεις που μπορεί να έχουν επίδραση στην ηλεκτρική του συμπεριφορά, και συγκεκριμένα να προκαλέσει αλλοίωση των μονωτικών ιδιοτήτων της μόνωσης.
- αν η τοποθέτηση των ενδιάμεσων συνδέσμων (μούφες) και των ακροκιβωτίων τερματισμού έγινε με επιτυχία, ώστε το καλώδιο να λειτουργήσει σύμφωνα με τις προδιαγραφές στο σύνολό του.

Κανονισμοί που αναφέρονται στις δοκιμές με εφαρμογή υψηλής τάσης πολύ χαμηλής συχνότητας είναι αυτοί της CENELEC (Harmonization Document 620) και της IEEE (400<sup>TM</sup> IEEE Guide for field Testing and Evaluation of the Insulation of Shielded Power Cable Systems, 400.2<sup>TM</sup> IEEE Guide for Field Testing of Shielded Power Cable Systems Using Very Low Frequency (VLF) ). Οι παραπάνω κανονισμοί απαγορεύουν τη χρήση υψηλής τάσης DC σε καλώδια μέσης τάσης με πλαστική μόνωση, διότι όπως έχει αποδειχθεί η εφαρμογή DC τάσης :

- δεν ανιχνεύει την παρουσία πολλών τύπων αλλοίωσης μόνωσης και δεν εξασφαλίζει ότι σφάλματα που έχουν ξεκινήσει να σχηματίζονται θα εκδηλωθούν την ώρα της δοκιμής,
- προκαλεί πολλαπλές εστίες δημιουργίας νέων σφαλμάτων λόγω της παρατεταμένης εφαρμογής ισχυρών φορτίων μιας πολικότητας. Οι εστίες αυτές είναι συνήθως ξένα σωματίδια και μικροκοιλότητες που σχηματίζονται κατά τη διαδικασία έκχυσης του θερμοπλαστικού μονωτικού υλικού.

Αντιθέτως, έχει πλέον αποδειχθεί πως η εφαρμογή τάσης VLF σε καλώδια με πλαστική μόνωση είναι η πλέον αποτελεσματική και δεν προκαλεί καμία απολύτως καταπόνηση στο μονωτικό υλικό.

Οι δοκιμές VLF διακρίνονται σε **δοκιμές αντοχής (withstand)** και **διαγνωστικές δοκιμές (diagnostic)**. Στις **δοκιμές αντοχής** το δοκίμιο πρέπει να αντέξει μια συγκεκριμένη τάση που εφαρμόζεται στη μόνωση για ένα συγκεκριμένο χρόνο, χωρίς να συμβεί διάτρηση της μόνωσης. Εάν η μόνωση του καλωδίου είναι αρκετά φθαρμένη, τότε συμβαίνει διάτρηση. Το καλώδιο σε αυτήν την περίπτωση επιδιορθώνεται και η μόνωση δοκιμάζεται και πάλι έως ότου περάσει με επιτυχία τη δοκιμή.

Η δοκιμή αντοχής θεωρείται καταστρεπτική δοκιμή. Οι **διαγνωστικές δοκιμές** επιτρέπουν την εξακρίβωση της κατάστασης και του βαθμού φθοράς του καλωδίου και διαπιστώνουν εάν μπορεί να συνεχίσει να βρίσκεται σε λειτουργία. Οι διαγνωστικές δοκιμές θεωρούνται μη καταστρεπτικές.

Οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται στην πράξη είναι συνδυασμός διαγνωστικών δοκιμών και δοκιμών αντοχής. Οι μέθοδοι που θα εφαρμοστούν επιλέγονται με βάση τις απαιτήσεις του δοκιμίου, την ευκολία εκτέλεσης, το λόγο κόστος / ωφέλη και την ηλικία και την κατάσταση του καλωδίου.

Πίνακας 4-12 : Ανάπτυξη ηλεκτρικού δενδρίτη (mm/h) συναρτήσει τάσης και συχνότητας

V / V <sub>0</sub>	50 Hz (mm/h)	0,1Hz (sinusoidal) (mm/h)	0,1Hz (cos-rect) (mm/h)
2	1,7-2,4	2,3	1,4
3	2,2-5,9	10,9-12,6	3,4-7,8
4	175-611	58,3-64,2	22,2-30,3
5	-	336	125

Ο αριθμός και η σοβαρότητα των ελαττωμάτων ενός καλωδίου επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα κάθε διαγνωστικής δοκιμής, συμπεριλαμβανομένης και της δοκιμής VLF. Όσο πιο φθαρμένο είναι το καλώδιο, τόσο μικρότερη είναι η διηλεκτρική του αντοχή και τόσο μεγαλύτερες είναι οι απώλειες και τα ρεύματα διαρροής. Σοβαρές φθορές είναι για παράδειγμα η παρουσία υδάτινων δενδριτών, μεγάλα κενά και ασυνέχειες στη μόνωση, αιχμηρές προεξοχές που μπορούν να αποτελέσουν σημεία έναρξης μερικών εκκενώσεων και ηλεκτρικών δενδριτών. Λιγότερο σοβαρές φθορές είναι μικροί υδάτινοι δενδρίτες, μικρά κενά και ασυνέχειες και λιγότερο αιχμηρές προεξοχές.

Πίνακας 4-13 : VLF δοκιμές που χρησιμοποιούνται για διαφορετικές καταστάσεις του καλωδίου

Βαθμός φθοράς / Αριθμός σημείων φθοράς	Μικρός	Μεγάλος
<b>Λίγα</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Αντοχής</li> <li>Συντελεστής απωλειών</li> <li>Μερικές εκκενώσεις</li> <li>Διηλεκτρική φασματοσκοπία</li> <li>Αρμονικό ρεύμα απωλειών *</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Συντελεστής απωλειών</li> <li>Αρμονικό ρεύμα απωλειών</li> <li>Μερικές εκκενώσεις</li> <li>Διηλεκτρική φασματοσκοπία **</li> </ul>
<b>Πολλά</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Συντελεστής απωλειών</li> <li>Αρμονικό ρεύμα απωλειών</li> <li>Μερικές εκκενώσεις</li> <li>Διηλεκτρική φασματοσκοπία ***</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Αντοχής</li> <li>Μερικές εκκενώσεις</li> <li>Διηλεκτρική φασματοσκοπία</li> <li>Αρμονικό ρεύμα απωλειών ****</li> </ul>

\* Οι διαγνωστικές αυτές δοκιμές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία μιας βάσης δεδομένων μετρήσεων, για σύγκριση με μελλοντικές δοκιμές.

\*\* Οι δοκιμές αυτές εντοπίζουν τις ελαττωματικές περιοχές χωρίς να διακινδυνεύουν την ακεραιότητα του καλωδίου. Οι διαγνωστικές αυτές δοκιμές μπορούν να χρησιμοποιηθούν αφού τα σημεία φθοράς επιδιορθωθούν, δοκιμαστούν ξανά και μουν πάλι σε λειτουργία.

\*\*\* Οι δοκιμές επαναλαμβάνονται για να διαπιστωθεί τότε το καλώδιο καταστρέφεται

\*\*\*\* Τα καλώδια αυτά πρέπει να αντικαθίστανται

#### 4.2.2 Παράμετροι των δοκιμών VLF

Κατά τη δοκιμή VLF ένας ηλεκτρικός δενδρίτης, που εμφανίζεται σε ένα σημείο ανομοιογένειας της μόνωσης, ενισχύεται, προκαλώντας τη διάτρηση της μόνωσης. Η έναρξη της δενδροειδούς διάσπασης και ο χρόνος δημιουργίας του αγώγιμου καναλιού είναι συνάρτηση της συχνότητας και του πλάτους της εφαρμοζόμενης τάσης δοκιμής. Τα επίπεδα της VLF τάσης δοκιμής και η χρονική διάρκεια της δοκιμής έχουν καθοριστεί για τις δύο πιο συνηθισμένες VLF δοκιμές, τη VLF δοκιμή με τάση συνημιτονοειδούς-ορθογώνιας μορφής (cosine-rectangular) και τη VLF δοκιμή με τάση ημιτονοειδούς μορφής (sinusoidal). Τα επίπεδα τάσης είναι  $2U_0$  έως  $3U_0$  και φαίνονται στους παρακάτω πίνακες.

Πίνακας 4-14: VLF τάσεις δοκιμής για συνημιτονοειδή-ορθογώνια κυματομορφή (cosine-rectangular waveform)

Πολική τάση καλωδίου	Εγκατάσταση <sup>(1)</sup> (φασική)	Αποδοχή <sup>(2)</sup> (φασική)	Συντήρηση <sup>(3)</sup> (φασική)
rms (kV)	rms voltage/peak voltage	rms voltage/peak voltage	rms voltage/peak voltage
5	12	14	10
8	16	18	14
15	25	28	22
25	38	44	33
35	55	62	47

Πίνακας 4-15: VLF τάσεις δοκιμής για ημιτονοειδή κυματομορφή (sinusoidal waveform)

Πολική τάση καλωδίου	Εγκατάσταση <sup>(1)</sup> (φασική)	Αποδοχή <sup>(2)</sup> (φασική)	Συντήρηση <sup>(3)</sup> (φασική)
rms (kV)	rms voltage (or peak voltage)	rms voltage (or peak voltage)	rms voltage (or peak voltage)
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)

(1) **Installation test** : Η δοκιμή γίνεται μετά την εγκατάσταση του καλωδίου, αλλά πριν τη σύνδεσή του με τις μούφες και τα ακροκιβώτια. Σκοπός της δοκιμής είναι να εντοπισθούν οι θέσεις ανομοιογένειας και φθοράς της μόνωσης.

(2) **Acceptance test** : Η δοκιμή γίνεται αφού το καλώδιο εγκατασταθεί και συνδεθεί με τις μούφες και τα ακροκιβώτια, αλλά πριν μπει σε λειτουργία. Σκοπός της δοκιμής είναι να ενοπισθούν τυχόν φθορές στη μόνωση που έχουν γίνει κατά την εγκατάσταση του καλωδίου.

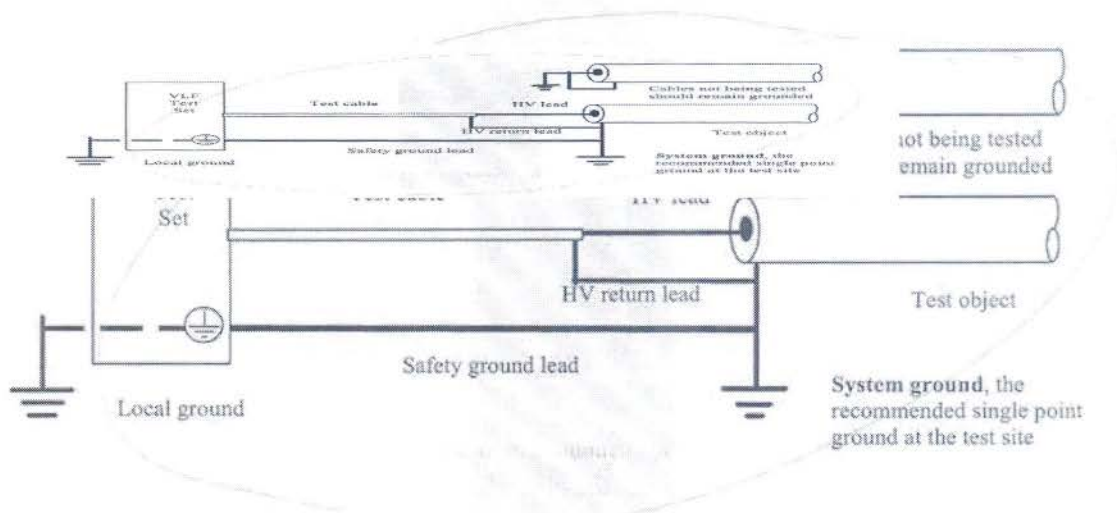
(3) **Maintenance test** : Η δοκιμή γίνεται κατά τη διάρκεια ζωής και λειτουργίας του καλωδία, με σκοπό να ελεγχθεί η καταλληλότητα του καλωδίου.

Σημείωση : Για τάση συνημιτονοειδούς-ορθογώνιας μορφής η rms τιμή και η μέγιστη τιμή (peak) θεωρούνται ίσες. Για ημιτονοειδή τάση η rms τιμή είναι 0,707 της μέγιστης τιμής.

Στις VLF δοκιμές χρησιμοποιούνται εναλλασσόμενες τάσεις συχνότητας από 0,01Hz έως 1Hz. Η πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη συχνότητα είναι 0,1Hz. Ένα καλώδιο μεγάλου μήκος έχει υψηλή χωρητικότητα.

Ο μόνος πρακτικός τρόπος να δοκιμαστούν υψηλές χωρητικότητες με εναλλασσόμενη τάση είναι να χρησιμοποιήσουμε εναλλασσόμενη τάση πολύ χαμηλής συχνότητας. Όσο πιο χαμηλή είναι η συχνότητα, τόσο πιο μικρό είναι το ρεύμα και η ισχύς που απαιτούνται για τη δοκιμή υψηλών χωρητικότητων. Η χωρητική εμπέδηση  $X_C$  δίνεται από τη σχέση  $X_C = 1/2\pi fC$ .

Ένα καλώδιο 15kV, για παράδειγμα, έχει χωρητικότητα 0,1μF. Η χωρητική εμπέδηση στα 60Hz είναι 2653Ω. Για να δοκιμάσουμε το καλώδιο με τάση 22kV απαιτούνται 8,3A ή 183kVA. Στα 0,1Hz η χωρητική εμπέδηση είναι 1,6MΩ και για την ίδια δοκιμή απαιτούνται 14mA ή 0,302kVA, δηλαδή 600 λιγότερο από ότι στα 60Hz. Στα 0,01Hz καλώδιο 6000 φορές μεγαλύτερου μήκους από ότι στα 60Hz μπορεί να δοκιμαστεί με την ίδια ισχύ.



Σχ. 4-14 : Σχηματική διάταξη δοκιμών VLF

#### 4.2.3 VLF δοκιμή με τάση ημιτονοειδούς μορφής

##### Μέθοδος

Η συσκευή VLF παράγει εναλλασσόμενη ημιτονοειδή τάση με συχνότητα μικρότερη από 1Hz. Όταν σε ένα σημείο ανομοιογένειας η τιμή του πεδίου ξεπεράσει τη διηλεκτρική αντοχή της μόνωσης, τότε έχουμε έναρξη μερικών εκκενώσεων. Η τιμή του πεδίου αυτού είναι συνάρτηση της εφαρμοζόμενης τάσης, της γεωμετρίας των θέσεων ανομοιογένειας και του χωρικού φορτίου. Μετά την έναρξη των μερικών εκκενώσεων, τα αγωγικά κανάλια που δημιουργούνται οδηγούν στη διάσπαση της μόνωσης, σε χρόνο που καθορίζεται από τις προδιαγραφές. Στη συνέχεια με χρήση κατάλληλου εξοπλισμού μπορούν να εντοπισθούν οι θέσεις ανομοιογένειας και φθοράς, οι οποίες επιδιορθώνονται.

Τα καλώδια δοκιμάζονται είτε προληπτικά είτε ύστερα από κάποιο πιθανό σφάλμα. Όταν το καλώδιο περάσει με επιτυχία τη δοκιμή, μπορεί να τεθεί ξανά σε λειτουργία.

### **Μετρήσεις και εξοπλισμός**

Το προς δοκιμή καλώδιο συνδέεται με τη συσκευή VLF. Η εφαρμοζόμενη τάση δοκιμής είναι περίπου  $3V_0$  και η διάρκεια της δοκιμής 60min ή λιγότερο. Η συσκευή VLF πρέπει να έχει αρκετή χωρητικότητα, ώστε να μπορεί να παρέχει και να διανέμει την ενέργεια φόρτισης του καλωδίου. Όταν το καλώδιο περάσει με επιτυχία τη δοκιμή, η τάση μηδενίζεται και το καλώδιο και η συσκευή VLF εκφορτίζονται και γειώνονται. Όταν το καλώδιο δεν περάσει τη δοκιμή, εκφορτίζεται και εντοπίζονται οι θέσεις ανομοιογένειας με ειδικό εξοπλισμό

Η μέγιστη τιμή της τάσης δοκιμής πρέπει να μετράται με ολική αβεβαιότητα  $\pm 5\%$  και χρόνο απόκρισης του συστήματος μέτρησης όχι μεγαλύτερο από 0,5sec.

### **Πλεονεκτήματα**

- Εξαιτίας της διαρκούς εναλλαγής της πολικότητας μειώνεται η πιθανότητα δημιουργίας χωρικών φορτίων στη μόνωση του καλωδίου.
- Τα καλώδια δοκιμάζονται με εναλλασσόμενη τάση τρεις φορές μεγαλύτερη από την ονομαστική τάση. Μετά την έναρξη των μερικών εκκενώσεων τα αγωγίμα κανάλια, που εμφανίζονται στις θέσεις ανομοιογένειας και οδηγούν στη διάσπαση, αναπτύσσονται πολύ γρήγορα.
- Η συσκευή δοκιμής είναι εύκολα μεταφερόμενη
- Το επίπεδο της τάσης δοκιμής και η κυματομορφή είναι ανεξάρτητα από το μήκος του καλωδίου.
- Η δοκιμή μπορεί να πραγματοποιηθεί τόσο σε καλώδια με πλαστική μόνωση όσο και σε καλώδια με μόνωση χαρτί-λάδι.

### **Μειονεκτήματα**

- Όταν η μόνωση του καλωδίου έχει υδάτινους δενδρίτες, η δοκιμή αντοχής δεν είναι αρκετή, και θα πρέπει να γίνουν επιπλέον δοκιμές και μετρήσεις.
- Υπάρχει περίπτωση τα αποτελέσματα των δοκιμών να μην είναι συγκρίσιμα με δεδομένα και αποτελέσματα βιομηχανικής συχνότητας (50Hz).
- Σε πολύ υψηλές τιμές της τάσης και συχνότητες χαμηλότερες από 0,01Hz δημιουργούνται χωρικά φορτία σε πλαστικές μονώσεις.
- Κατά τη δοκιμή τα καλώδια θα πρέπει να είναι εκτός λειτουργίας.
- Η μέγιστη διαθέσιμη τάση δοκιμής είναι 36kV rms και η μέγιστη χωρητικότητα 3μF στα 0,1Hz (30μF στα 0,01Hz).

## **4.2.4 VLF δοκιμή με συνημιτονοειδή-ορθογώνια/διπολική κυματομορφή τάσης**

### **Μέθοδος**

Το προς δοκιμή καλώδιο συνδέεται με τη συσκευή VLF και η συνημιτονοειδής- ορθογώνια τάση αυξάνει μέχρι μια συγκεκριμένη τιμή σύμφωνα με τον πίνακα 4.14. Όταν η ένταση του πεδίου στις θέσεις ανομοιογένειας ξεπεράσει την διηλεκτρική αντοχή της μόνωσης, τότε έχουμε την έναρξη των μερικών εκκενώσεων στα σημεία ανομοιογένειας της μόνωσης, οι οποίες μέσα σε λίγα λεπτά προκαλούν τη διάσπαση της μόνωσης. Όταν το καλώδιο περάσει με επιτυχία τη δοκιμή, η τάση μηδενίζεται και το καλώδιο και η συσκευή VLF εκφορτίζονται και γειώνονται. Το καλώδιο στη συνέχεια τίθεται πάλι σε λειτουργία.

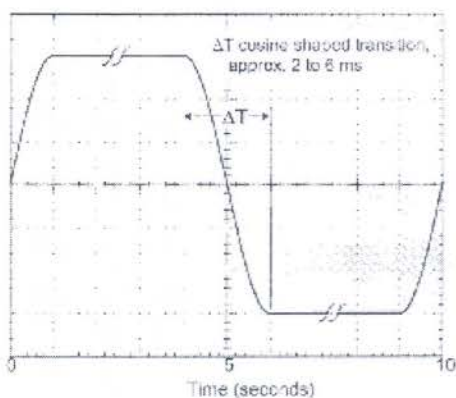
### Μετρήσεις και εξοπλισμός

Ένας αντιστροφέας μετατρέπει τη συνεχή τάση σε εναλλασσόμενο σήμα πολύ χαμηλής συχνότητας. Ο αντιστροφέας αποτελείται από ένα στραγγαλιστικό πηνίο υψηλής τάσης και ένα περιστρεφόμενο ρελαί, που αλλάζει την πολικότητα κάθε 5sec. Με αυτόν τον τρόπο παράγεται διπολικό σήμα (bipolar wave) συχνότητας 0,1Hz.

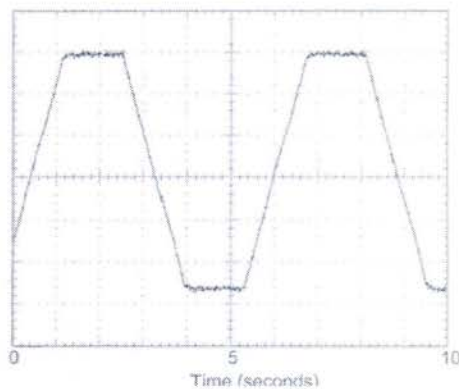
Το προς δοκιμή καλώδιο συνδέεται με τη συσκευή VLF. Βηματικά η τάση αυξάνεται μέχρι την τιμή  $3V_0$  ( $V_0$  η φασική τάση). Ο χρόνος δοκιμής κυμαίνεται από 15-60min. Όταν η δοκιμή γίνεται με την κυματομορφή του σχ.4-16, οι τάσεις δοκιμής πρέπει να είναι ίσες με τις μέγιστες τιμές (peak voltages) του πίνακα 4.14. Η rms τιμή της κυματομορφής αυτής εξαρτάται από τη μορφή του σήματος και είναι πιθανό να μην είναι ίση με το 0,707 της μέγιστης τιμής.

Όταν το καλώδιο περάσει με επιτυχία τη δοκιμή, η τάση μηδενίζεται και το καλώδιο και η συσκευή VLF εκφορτίζονται και γειώνονται. Όταν το καλώδιο δεν περάσει τη δοκιμή, εκφορτίζεται και εντοπίζονται οι θέσεις ανομοιογένειας με ειδικό εξοπλισμό.

Η μέγιστη τιμή της τάσης δοκιμής πρέπει να μετράται με ολική αβεβαιότητα  $\pm 5\%$  και χρόνο απόκρισης του συστήματος μέτρησης όχι μεγαλύτερο από 0,5sec.



Σχ 4-15 Cosine-rectangular waveform



Σχ.4-16 Bipolar rectangular waveform

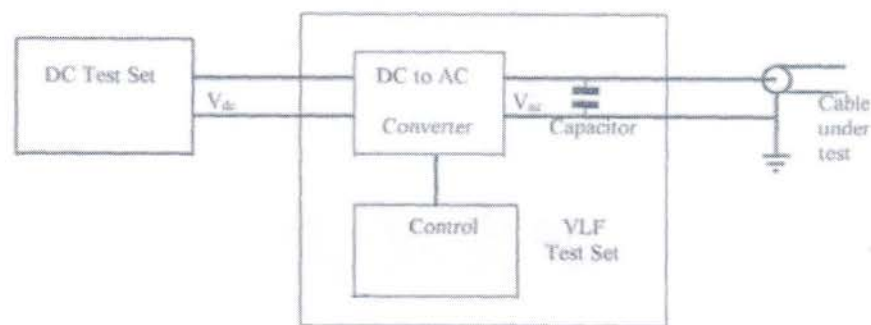
### Πλεονεκτήματα

- Η δοκιμή χρησιμοποιεί έναν παλμό συχνότητας 0,1Hz που αλλάζει πολικότητα ημιτονοειδώς. Οι ημιτονοειδείς μεταβολές σε επίπεδο βιομηχανικής συχνότητας μπορεί να προκαλέσουν την έναρξη μερικών εκκενώσεων σε ένα σημείο φθοράς, όπου το σήμα συχνότητας 0,1Hz οδηγεί σε διάσπαση της μόνωσης.
- Δεν δημιουργούνται οδεύοντα κύματα.
- Εξαιτίας της διαρκούς εναλλαγής της πολικότητας μειώνεται η πιθανότητα δημιουργίας χωρικών φορτίων στη μόνωση του καλωδίου.
- Τα καλώδια δοκιμάζονται με εναλλασσόμενη τάση τρεις φορές μεγαλύτερη από την ονομαστική τάση, με μία συσκευή συγκρίσιμη σε μέγεθος, βάρος και ισχύ με μία διάταξη δοκιμών συνεχούς τάσης.

- Μπορούν να μετρηθούν τα ρεύματα διαρροής.
- Εξαιτίας της διαρκούς εναλλαγής της πολικότητας δεν δημιουργούνται χωρικά φορτία.
- Όταν ένα καλώδιο περάσει με επιτυχία τη δοκιμή τίθεται πάλι σε λειτουργία.
- Η δοκιμή είναι κατάλληλη τόσο για καλώδια με πλαστική μόνωση όσο και για καλώδια με μόνωση χαρτί-λάδι.

#### Μειονεκτήματα

- Όταν η μόνωση του καλωδίου έχει υδάτινους δενδρίτες, η δοκιμή αντοχής δεν είναι αρκετή, και θα πρέπει να γίνουν επιπλέον δοκιμές και μετρήσεις.
- Η διάρκεια της δοκιμής κρίνεται μεγάλη.
- Η κυματομορφή της τάσης εξαρτάται από το μήκος του καλωδίου.



Σχ. 4-17: Συσκευή VLF συνημιτονοειδούς-ορθογώνιας κυματομορφής.

#### 4.2.5 Μέτρηση του συντελεστή απωλειών ( $\tan\delta$ ), του ρεύματος απωλειών και του ρεύματος διαρροής με VLF τάση ημιτονικής μορφής

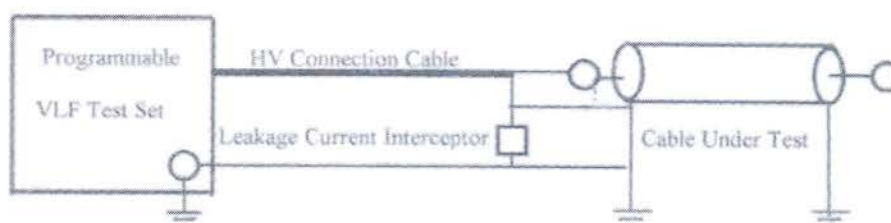
##### Μέθοδος

Η μέτρηση του συντελεστή απωλειών ( $\tan\delta$ ) και των ρευμάτων απωλειών και διαρροής χρησιμοποιείται για τον έλεγχο γηρασμένων και φθαρμένων καλωδίων. Έχει διαπιστωθεί μία συσχέτιση μεταξύ της αύξησης του  $\tan\delta$  στα 0,1Hz και της μείωσης της τάσης διάσπασης της μόνωσης σε βιομηχανική συχνότητα. Οι απώλειες και τα ρεύματα απωλειών στα 0,1Hz καθορίζονται από τη φθορά που έχει υποστεί η μόνωση λόγω των υδάτινων δενδριτών. Η μέτρηση των μεγεθών αυτών στα 0,1Hz με ημιτονική τάση παρέχει τη δυνατότητα για συγκριτική εκτίμηση της κατάστασης των PE, XLPE και EPR μονώσεων. Τα αποτελέσματα των δοκιμών κατατάσσουν τη μόνωση σε καινούργια (new), ελαττωματική (defective) και πολύ φθαρμένη (highly degraded). Η δοκιμή θεωρείται διαγνωστική. Να σημειωθεί ότι είναι δυνατόν η παρουσία ακροκιβωτίων και μουφών να προκαλέσει αλλοίωση στα αποτελέσματα των μετρήσεων. Μετά τη δοκιμή το καλώδιο τίθεται πάλι σε λειτουργία. Με βάση τα αποτελέσματα της δοκιμής VLF αποφασίζεται τυχόν αντικατάσταση ή επιδιόρθωση του καλωδίου. Η μέγιστη τάση δοκιμής πρέπει να μετράται με ολική αβεβαιότητα  $\pm 5\%$ , ενώ ο χρόνος απόκρισης του συστήματος μέτρησης δε θα πρέπει να ξεπερνά τα 5sec.



### Μέτρηση και εξοπλισμός

Το καλώδιο συνδέεται με μία συσκευή VLF 0,1Hz με δυνατότητα μέτρησης του συντελεστή απωλειών και των ρευμάτων διαρροής. Μετρώνται οι συντελεστές απωλειών  $\tan\delta$  σε τάση  $V_0$  και  $2V_0$  και καθώς και η διαφορά τους  $\Delta\tan\delta$ . Οι μετρούμενες τιμές χρησιμοποιούνται για την κατάταξη του καλωδίου σε μία από τις προαναφερθείσες κατηγορίες. Εάν παρατηρείται σημαντική αύξηση του συντελεστή απωλειών αυξανόμενης της τάσης, δε χρειάζεται να αυξήσουμε την τάση μέχρι την τιμή  $2V_0$ , καθώς υπάρχει κίνδυνος για τη δημιουργία ηλεκτρικών δενδριτών, που μπορεί να καταστρέψουν τη μόνωση.



Σχ.4-18 : VLF (0,1Hz) συσκευή για τη μέτρηση του συντελεστή απωλειών

Πίνακας 4-16

$\tan\delta (2V_0)$	$\tan\delta 2V_0 - \tan\delta V_0$	Εκτίμηση της κατάστασης της μόνωσης
$<1,2 \times 10^{-3}$	$<0,6 \times 10^{-3}$	Καλή (good)
$\geq 1,2 \times 10^{-3}$	$\geq 0,6 \times 10^{-3}$	Γηρασμένη (aged)
$\geq 2,2 \times 10^{-3}$	$\geq 1,0 \times 10^{-3}$	Πολύ φθαρμένη (highly degraded)

### Πλεονεκτήματα

- Η διαγνωστική, μη καταστρεπτική.
- Η συσκευή δοκιμής είναι ικανοποιητικής ισχύος και εύκολα μεταφερόμενη.
- Η κατάσταση της μόνωσης χαρακτηρίζεται ως καλή (good), ελαττωματική (Defective) και πολύ φθαρμένη (highly deteriorated).
- Η κατάσταση του καλωδίου ελέγχεται ανά διαστήματα και κρατείται αρχείο με τις μετρήσεις, με βάση το οποίο αποφασίζεται η αντικατάσταση, η συντήρηση ή επιδιόρθωση του εξοπλισμού.

### Μειονεκτήματα

- Η μέγιστη τάση δοκιμής που παρέχει η συσκευή VLF για 0,1Hz είναι 36kV και η μέγιστη χωρητικότητα φορτίου 3μF.
- Η δοκιμή είναι χρήσιμη μόνο εφόσον έχουμε δεδομένα προς σύγκριση από παλαιότερες δοκιμές.

### 4.2.6 Δοκιμή VLF με θετικές και αρνητικές DC τάσεις

#### Μετρήσεις και εξοπλισμός

Εκτός από τη συνήθη συσκευή VLF που παράγει τάση ημιτονοειδή 0,1Hz, υπάρχουν και άλλες συσκευές VLF που ικανοποιούν συγκεκριμένες απαιτήσεις σχετικά με τις δοκιμές καλωδίων και παράγουν συγκεκριμένες κυματομορφές :

- 0,1Hz διπολικές κυματομορφές
- DC τάσεις με θετική και αρνητική πολικότητα
- Προγραμματιζόμενες βηματικές τάσεις με ρυθμιζόμενη διάρκεια
- Θετικές και αρνητικές DC τάσεις με υπερτιθέμενα AC σήματα

Για την εκτίμηση της κατάστασης της μόνωσης μετρώνται τα ρεύματα διαρροής και συγκρίνονται με παλαιότερες μετρήσεις και δεδομένα. Τα ρεύματα διαρροής ιδιαίτερα σε πλαστικές μονώσεις πρέπει να είναι αμελητέα.

Η μέγιστη τιμή της τάσης δοκιμής πρέπει να μετράται με ολική αβεβαιότητα  $\pm 5\%$ , ενώ ο χρόνος απόκρισης του συστήματος μέτρησης δε θα πρέπει να ξεπερνά τα 5sec.

#### **Μέθοδος**

Το προς δοκιμή καλώδιο συνδέεται με το άκρο YT της συσκευής VLF. Εφαρμόζεται στη μόνωση του καλωδίου μία τάση μέγιστης τιμής  $3V_0$  και μετρώνται τα ρεύματα διαρροής. Εάν το καλώδιο περάσει με επιτυχία τη δοκιμή, η τάση δοκιμής μηδενίζεται και το καλώδιο και η συσκευή εκφορτίζονται και γειώνονται.

Εάν ένα καλώδιο αποτύχει στην DC ή AC δοκιμή, η τάση δοκιμής μηδενίζεται και το σύστημα εκφορτίζεται. Το σημείο του σφάλματος μπορεί να εντοπιστεί με ειδικό εξοπλισμό. Όταν η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου σε ένα σημείο φθοράς ξεπεράσει τη διηλεκτρική αντοχή της μόνωσης, τότε έχουμε την έναρξη μερικών εκκενώσεων. Η ένταση του πεδίου είναι συνάρτηση της εφαρμοζόμενης τάσης, της γεωμετρίας του σημείου ανομοιογένειας (π.χ της φυσαλίδας) και του χωρικού φορτίου. Μετά την έναρξη των μερικών εκκενώσεων δημιουργείται ένας ηλεκτρικός δένδριτης, ο οποίος μέσα σε λίγα λεπτά αναπτύσσεται σε έναν αγωγίμο διαύλο. Τα σφάλματα που εντοπίζονται επιδιορθώνονται ή εάν είναι αναγκαίο το καλώδιο αντικαθίσταται. Όταν το καλώδιο περάσει με επιτυχία τη δοκιμή, τίθεται πάλι σε λειτουργία.

#### **4.2.7 Δοκιμή μερικών εκκενώσεων με VLF τάση ημιτονικής μορφής**

##### **Μετρήσεις και εξοπλισμός**

Η μέθοδος βασίζεται στην εφαρμογή μίας ημιτονικής τάσης συχνότητας 0,1Hz στο υπό δοκιμή καλώδιο. Η εφαρμοζόμενη τάση έχει τιμή  $2V_0$  και μπορεί να προκαλέσει την έναρξη μερικών εκκενώσεων. Με τη μέθοδο των οδοντών κυμάτων μετράται το μέγεθος των μερικών εκκενώσεων, καθώς και εντοπίζονται τα σημεία ανομοιογένειας στο καλώδιο, τις μούφες και τα ακροκιβώτια. Οι μετρήσεις των μερικών εκκενώσεων με τάσεις πολύ χαμηλής συχνότητας αποτελούν διαγνωστικά «εργαλεία», μη καταστρεπτικά, που χρησιμοποιούνται για να εντοπισθεί η θέση και η σοβαρότητα των θέσεων ανομοιογένειας της μόνωσης. Τέλος, είναι δυνατόν να παρατηρηθούν διαφορές στις μετρήσεις μερικών εκκενώσεων με χρήση VLF από ότι με χρήση βιομηχανικής συχνότητας. Η μέγιστη τάση δοκιμής πρέπει να μετράται με ολική αβεβαιότητα  $\pm 5\%$ , ενώ ο χρόνος απόκρισης του συστήματος μέτρησης δε θα πρέπει να ξεπερνά τα 5sec.

##### **Μέθοδος**

Το καλώδιο συνδέεται με τη συσκευή VLF και εφαρμόζεται σε αυτό μια τάση έως  $2V_0$  για λιγότερο από 10min. Μετά την έναρξη των μερικών εκκενώσεων (τάση έναρξης των μερικών εκκενώσεων partial discharge inception voltage PDIV),

σχηματίζεται ένας ηλεκτρικός δενδρίτης, ο οποίος μέσα σε λίγα λεπτά δημιουργεί αγώγιμους διαύλους που οδηγούν στη διάσπαση της μόνωσης.

Το μέγεθος και η τοποθεσία (θέση) κάθε εκκένωσης καταγράφονται με τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή. Οι πληροφορίες όλων των καταγραφόμενων εκκενώσεων παρουσιάζονται σε ένα διάγραμμα ΜΕ (PD Map). Ο συνολικός αριθμός, η φάση και το μέγεθος των μερικών εκκενώσεων που παρουσιάζονται στο PD Map δίνουν σημαντικές πληροφορίες για τη θέση και τη σοβαρότητα των σημείων ανομοιογένειας και φθοράς της μόνωσης. Η δοκιμή θεωρείται διαγνωστική και μετά το τέλος της το καλώδιο μπορεί να επιστρέψει σε λειτουργία, αφού βέβαια γίνουν οι απαραίτητες επιδιορθώσεις.

#### **Πλεονεκτήματα**

- Είναι δυνατή η ανίχνευση της θέσης των ΜΕ
- Η μόνωση κατατάσσεται σε καλή (good), ελαττωματική (defective) και πολύ φθαρμένη (highly deteriorated), συγκρινόμενη με παλαιότερα αποτελέσματα και μετρήσεις.
- Οι αντικαταστάσεις και οι επιδιορθώσεις των καλωδίων γίνονται με βάση συγκεκριμένο χρονοδιάγραμμα.
- Η συσκευή δοκιμής είναι εύκολα μεταφερόμενη

#### **Μειονεκτήματα**

- Η δοκιμή είναι χρήσιμη, μόνο εφόσον υπάρχει αρχείο με παλαιότερες μετρήσεις και αποτελέσματα.
- Τα VLF αποτελέσματα δεν είναι συγκρίσιμα με αυτά της βιομηχανικής συχνότητας.
- Η δοκιμή δεν είναι αποτελεσματική όταν στη μόνωση υπάρχουν υδάτινοι δενδρίτες.
- Κατά τη δοκιμή τα καλώδια πρέπει να είναι εκτός λειτουργίας.

### **4.2.8 Διηλεκτρική φασματοσκοπία με VLF τάση ημιτονικής μορφής**

#### **Μετρήσεις και εξοπλισμός**

Η διηλεκτρική φασματοσκοπία παρέχει πολύ σημαντικές πληροφορίες για την κατάσταση της μόνωσης. Μια προγραμματιζόμενη συσκευή VLF YT σε συνδυασμό με μία γέφυρα (active bridge) χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση των ρευμάτων απωλειών (loss current) σε καλώδια μέσης τάσης, με εφαρμογή υψηλών τάσεων συχνότητας από 0,1mHz έως 1Hz.

Τα ρεύματα απωλειών σε συχνότητες μικρότερες του 1Hz, οφείλονται στη φθορά που έχει υποστεί η μόνωση εξαιτίας των υδάτινων δενδριτών που υπάρχουν στα καλώδια με πλαστική μόνωση, ενώ προσφέρουν συγκριτικά στοιχεία για την εκτίμηση της γήρανσης του καλωδίου. Η δοκιμή θεωρείται διαγνωστική, χρησιμοποιεί τάσεις με rms τιμές πάνω από 14kV, ενώ μετά τη διεξαγωγή της το καλώδιο τίθεται και πάλι σε λειτουργία.

Πρέπει να σημειωθεί, ότι η παρουσία ακροκιβωτίων, μουφών ή άλλου συνοδευτικού εξοπλισμού, μπορεί να επηρεάσει τα αποτελέσματα των δοκιμών. Η χρήση υλικών με μη γραμμικές χαρακτηριστικές τάσης μπορεί να δώσει υψηλές τιμές ρεύματος απωλειών για αυξημένες τιμές τάσης.

### **Μέθοδος**

Το προς δοκιμή καλώδιο συνδέεται με μία συσκευή VLF μεταβλητής συχνότητας από 0,0001Hz και 1Hz. Ρυθμίζοντας την τάση (συνήθως πάνω από την τιμή 2V<sub>0</sub>) και τη συχνότητα στα επιθυμητά επίπεδα, η γέφυρα μετρά τη διηλεκτρική σταθερά για κάθε τάση και συχνότητα. Η διάρκεια της δοκιμής δεν ξεπερνά τα 15min. Η τάση κατά μήκος του καλωδίου, το ρεύμα απωλειών και το χωρητικό ρεύμα μετρώνται με ακρίβεια με ένα διαιρέτη τάσης. Το χωρητικό ρεύμα μπορεί να αντισταθμιστεί, επιτρέποντας έτσι τη μέτρηση μικρών μεταβολών στις χαρακτηριστικές του καλωδίου.

### **Πλεονεκτήματα**

- Η δοκιμή είναι διαγνωστική και οι τάσεις δοκιμής είναι μεγαλύτερες από την τάση λειτουργίας.
- Όταν το ρεύμα απωλειών και το χωρητικό ρεύμα αυξάνονται ταυτόχρονα, ο συντελεστής απωλειών που είναι ο λόγος των δύο αυτών ρευμάτων είναι λιγότερο ευαίσθητος στον εντοπισμό της φθοράς του καλωδίου. Για το λόγο αυτό τα ρεύματα αυτά παριστάνονται σε ξεχωριστά διαγράμματα συναρτήσεως της συχνότητας και της τάσης.
- Οι περιοδικές δοκιμές και μετρήσεις δίνουν την εικόνα και την κατάσταση του καλωδίου, ενώ μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν αρχείο δεδομένων και μετρήσεων για μελλοντικές συγκρίσεις.
- Η μόνωση κατατάσσεται σε καλή (good), ελαττωματική (defective) και πολύ φθαρμένη (highly deteriorated), συγκρινόμενη με παλαιότερα αποτελέσματα και μετρήσεις.
- Οι αντικαταστάσεις και οι επιδιορθώσεις των καλωδίων με βάση συγκεκριμένο χρονοδιάγραμμα.
- Η συσκευή δοκιμής είναι εύκολα μεταφερόμενη

### **Μειονεκτήματα**

- Η δοκιμή εφαρμόζεται προς το παρόν μόνο για καλώδια μέσης τάσης.
- Η δοκιμή είναι χρήσιμη, μόνο εφόσον υπάρχει αρχείο με παλαιότερες μετρήσεις και αποτελέσματα.
- Κυκλώματα με «υγιή» καλώδια που διαθέτουν ακροκιβώτια ή συνδέσμους με υλικά μη γραμμικών χαρακτηριστικών τάσης, είναι πιθανό να δώσουν αποτελέσματα που αντιστοιχούν σε φθαρμένα και γηρασμένα καλώδια.
- Σε πολύ υψηλές τάσεις και συχνότητες κάτω από 0,01Hz, παράγονται χωρικά φορτία σε πλαστικές μονώσεις.
- Κατά τη δοκιμή το καλώδιο πρέπει να είναι εκτός λειτουργίας.

### **4.2.9 Συμπεράσματα**

Η καταλληλότητα και η αποτελεσματικότητα των δοκιμών VLF βασίζεται στα παρακάτω κριτήρια :

- α.) Ποιο επίπεδο τάσης απαιτείται για τον εντοπισμό των σημείων φθοράς και ανομοιογένειας της μόνωσης ;
- β.) Είναι δυνατόν να μην εντοπιστεί ένα ελαττωματικό σημείο, το οποίο μπορεί να οδηγήσει σε σφάλμα μετά την επιστροφή του καλωδίου σε λειτουργία;

γ.) Επιβαρύνει η δοκιμή την κατάσταση του καλωδίου και μειώνει τη διάρκεια ζωής του;

δ.) Ποιο το κόστος της δοκιμής συγκρινόμενο με τα ποσοτικά και ποιοτικά πλεονεκτήματα;

Οι δοκιμές VLF, που είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικές για καλώδια με πλαστική μόνωση, διαρκώς βελτιώνονται και εξελίσσονται. Ωστόσο, για την αποδοτικότερη ερμηνεία και ανάλυση των αποτελεσμάτων των δοκιμών είναι απαραίτητη η ανάπτυξη μιας βάσης προηγούμενων μετρήσεων και αποτελεσμάτων.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

### ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΧΡΗΣΗΣ ΤΟΥ ΟΡΓΑΝΟΥ ECHOMETER 3000

## *Echometer 3000*



<b>Πίνακας περιεχομένων</b>	<b>Σελίδα</b>
A.1 Εισαγωγή / Δυνατότητες οργάνου.....	90
A.2 Μεταφορά και αποθήκευση.....	92
A.3 Μέτρα ασφαλείας.....	92
A.4 Γενικές πληροφορίες σχετικά με τα UNITEST Echometers 3000.....	93
A.5 Στοιχεία ελέγχου/ Στοιχεία απεικόνισης.....	95
A.6 Πραγματοποίηση μετρήσεων.....	98
A.6.1 Πραγματοποίηση μετρήσεων μήκους καλωδίου.....	98
A.6.2 Πραγματοποίηση μετρήσεων/ Μήκους καλωδίου μέσα στο εύρος αναφοράς.....	102
A.6.2.1 Ρύθμιση τύπων καλωδίων κατά πελάτη.....	102
A.6.2.2 Σβήσιμο εύρους αναφοράς.....	103
A.6.3 Εύρεση βλαβών.....	104
A.6.4 Πραγματοποίηση μετρήσεων αντίστασης/ Δοκιμές συνέχειας .....	105
A.7 Εσωτερική μνήμη αποθήκευσης μετρήσεων/ Αθροιστική μνήμη.....	106
A.7.1 Σώσιμο αποτελεσμάτων μετρήσεων.....	106

A.7.1.1 Σβήσιμο όλων των αποθηκευμένων αποτελεσμάτων.....	106
A.7.1.2 Σβήσιμο του τελευταίου αποτελέσματος.....	107
A.7.2 Πρόσθεση και σώσιμο αποτελεσμάτων μετρήσεων.....	107
A.8 Μεταφορά αποθηκευμένων δεδομένων σε υπολογιστή.....	108
A.9 Συντήρηση.....	108
A.9.1 Καθαρισμός.....	108
A.9.2 Αντικατάσταση μπαταριών .....	109
A.10 Διάστημα καλιμπραρίσματος.....	110
A.11 Τεχνικά χαρακτηριστικά .....	110



Αναφορές που σημειώνονται στο όργανο ή στο εγχειρίδιο χρήσης:



Προειδοποίηση πιθανού κινδύνου, συμβουλευτείτε το εγχειρίδιο λειτουργίας.



Αναφορά. Παρακαλούμε προσεγγίστε με απόλυτη προσοχή.



Προσοχή! Επικίνδυνη τάση. Κίνδυνος ηλεκτροπληξίας



Συνεχόμενη διπλή ή ενισχυμένη μόνωση που είναι συμβατή με την κατηγορία II



Σύμβολο συμμόρφωσης, το όργανο είναι συμβατό με τις ισχύουσες οδηγίες. Είναι συμβατό με την οδηγία EMC (89/336/EEC), εκπληρώνονται τα πρότυπα EN 50081-1 και EN 50082-1. Επιπλέον συμβαδίζει με την οδηγία χαμηλής τάσης (73/23/EEC) αλλά και πληρεί τις προϋποθέσεις του προτύπου EN 61010-1.



Το εγχειρίδιο λειτουργίας περιλαμβάνει πληροφορίες και αναφορές, χρήσιμες για την ασφαλή λειτουργία αλλά και τη συντήρηση του οργάνου. Πριν γίνει χρήση του οργάνου (προμήθεια/συναρμολόγηση) παρακαλείται ο χρήστης να διαβάσει με προσοχή το εγχειρίδιο λειτουργίας και να ακολουθεί τις οδηγίες που περιλαμβάνονται σε όλους τους τομείς.



Μη ανάγνωση του εγχειριδίου ή μη συμμόρφωση με τις προειδοποιήσεις και τις αναφορές που περιέχονται εδώ μπορεί να οδηγήσει σε σοβαρή σωματική βλάβη ή σε ζημιά του οργάνου.

### **A.1 Εισαγωγή / Δυνατότητες οργάνου**

Έχετε αποκτήσει ένα υψηλών προδιαγραφών όργανο που σας παρέχεται από την εταιρεία Ch. BEHA GmbH, το οποίο είναι σε θέση να κάνει μετρήσεις, που παραμένουν διαθέσιμες στο χρήστη, για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα. Η εταιρία Ch. BEHA GmbH είναι μέλος του ομίλου BEHA που δραστηριοποιείται σε παγκόσμια κλίμακα. Τα κεντρικά γραφεία βρίσκονται στον Μέλανα Δρυμό στο Glottertal, μαζί με το τεχνολογικό κέντρο. Ο όμιλος BEHA είναι μία κορυφαία επιχείρηση στον χώρο των οργάνων δοκιμής και μέτρησης. Τα UNITEST Echometers είναι οικουμενικώς χρησιμοποιούμενα όργανα μέτρησης μήκους καλωδίων. Έχουν κατασκευαστεί σύμφωνα με τις πιο πρόσφατες οδηγίες και εγγυώνται ασφαλείς και αξιόπιστες μετρήσεις.

Τα UNITEST Echometers παρέχουν πολύτιμη υποστήριξη σε εμπορικό και βιομηχανικό επίπεδο, για καταγραφή μηκών, καταλόγους απογραφέντων αντικειμένων και για τη μέτρηση υπολειπόμενου μήκους.

#### **Τα όργανα έχουν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:**

- Μετρητή ηχούς για εύκολη και αποτελεσματική μέτρηση του μήκους καλωδίων σε εμπόριο, βιομηχανία, εταιρίες δημοσίας ωφελείας αλλά και σε εξειδικευμένα καταστήματα ηλεκτρονικών.
- Απαιτείται μόνο η μία άκρη του καλωδίου. Έτσι, αγωγοί που είναι ήδη συνδεδεμένοι ή κουλούρες καλωδίων μπορούν να μετρηθούν κερδίζοντας μας χρόνο.
- 58 σταθερά προ-εγκατεστημένα εύρη μετρήσεων που αντιπροσωπεύουν τις πιο συνηθισμένες διατομές καλωδίων.
- 87 μεταβλητά εύρη μετρήσεων, που προγραμματίζονται ξεχωριστά από το χρήστη για τη μέτρηση συγκεκριμένων τύπων αγωγών και καλωδίων που χρησιμοποιεί ο κάθε πελάτης.

- Εσωτερική μνήμη για την αποθήκευση 500 μετρήσεων για απογραφές, μετρήσεις μήκους και μετρήσεις επιστροφών καλωδίου.
- Το μέγιστο μήκος μέτρησης αγωγού ή καλωδίου φτάνει περίπου τα 2000 μέτρα (Το μήκος αυτό εξαρτάται από τον τύπο του αγωγού).
- Ανίχνευση απλής ή πολλαπλής διακοπής ή βραχυκυκλώματος στον αγωγό για ανίχνευση βλαβών.
- Διεπαφή RS232 για τη μεταφορά και περαιτέρω επεξεργασία των δεδομένων σε Η/Υ.
- Αθροιστική μνήμη για την μέτρηση και συσσώρευση ενός πλήθους από κουλούρες καλωδίων του ίδιου τύπου εξοικονομώντας έτσι χρόνο και χρήμα.
- Πρόσθετη μέτρηση αντίστασης έως τα 2000 Ohm και έλεγχος ακουστικής συνέχειας.
- Φωτιζόμενη οθόνη ενδείξεων για καλύτερη ορατότητα κατά τη διάρκεια εργασίας σε μέρη με κακό φωτισμό όπως αποθήκες.
- Αυτόματη σβέση.

#### **Μεταφορά και αποθήκευση/ Μέτρα ασφαλείας.**

##### **Η προσφερόμενη συσκευασία περιλαμβάνει:**

1 UNITEST Echometer 3000

Δύο δοκιμαστικούς οδηγούς κόκκινο/μαύρο

Δύο κροκοδειλάκια

1 θήκη μεταφοράς

1 μπαταρία 9 βόλτ, IEC 6LR61

3 συνοπτικούς οδηγούς αναφοράς.

1 εγχειρίδιο λειτουργίας

##### **Πρόσθετα:**

Λογισμικό Windows UNITEST "Report Studio"

Αριθμός παραγγελίας: 1207

## A.2 Μεταφορά και αποθήκευση

Παρακαλούμε κρατήστε την αρχική συσκευασία για μετέπειτα μεταφορές π.χ. για το καλιμπράρισμα του οργάνου. Ζημιά στη μεταφορά που θα προκύψει από λάθος συσκευασία θα εξαιρεθεί από την κάλυψη της εγγύησης.

⚠ Για να αποφύγετε πιθανή ζημιά του οργάνου, προτείνεται η αφαίρεση των συσσωρευτών όταν δε γίνεται χρήση για ένα σχετικό χρονικό διάστημα. Παρ' όλ' αυτά αν το όργανο μολυνθεί από μπαταρίες που παρουσίασαν διαρροή, παρακαλείσθε να το επιστρέψετε στο εργοστάσιο για καθαρισμό και επιθεώρηση.

⚠ Τα όργανα πρέπει να φυλάσσονται σε στεγνές και κλειστές περιοχές. Σε περίπτωση που το όργανο μεταφερθεί υπό ακραίες θερμοκρασίες, απαιτείται ελάχιστος χρόνος αποκατάστασης 2 ωρών για την επανεκκίνηση του οργάνου.

## A.3 Μέτρα ασφαλείας

Οι μετρητές μήκους καλωδίου UNITEST έχουν κατασκευαστεί και δοκιμαστεί σύμφωνα με τα ισχύοντα επιβεβλημένα πρότυπα και έχουν φύγει από την εταιρία σε άριστη κατάσταση. Για να διατηρηθούν αυτές οι συνθήκες ο χρήστης θα πρέπει να συμμορφωθεί με τις αναφορές ασφαλείας που περιέχονται σε αυτό το εγχειρίδιο λειτουργίας.

⚠ **Ποτέ μην εφαρμόζετε τάση σε οποιοδήποτε εύρος μέτρησης του οργάνου. Βεβαιωθείτε πρώτα ότι τα κυκλώματα δεν είναι ενεργά χρησιμοποιώντας έναν διπολικό μετρητή τάσης (π.χ. τον UNITEST 2000 alpha)!**

⚠ Πριν τη χρήση βεβαιωθείτε ότι οι συνδέσεις και το όργανο είναι σε άριστη κατάσταση.

⚠ Τα αντίστοιχα επιβεβλημένα πρότυπα ασφάλειας που έχουν τεθεί από την ένωση επαγγελματιών για τα ηλεκτρικά συστήματα και εξοπλισμό πρέπει να τηρούνται διαρκώς.

⚠ Το όργανο πρέπει να χρησιμοποιείται μέσα στα όρια λειτουργίας που καθορίζονται στο κεφάλαιο με τις τεχνικές πληροφορίες.

⚠ Πριν ανοιχθεί, το όργανο πρέπει να είναι απενεργοποιημένο και αποσυνδεδεμένο από οποιοδήποτε κύκλωμα.

☞ Να αποφεύγετε τη θέρμανση του οργάνου από την απευθείας επαφή με το ηλιακό φως για να είστε σίγουροι για τέλεια λειτουργία αλλά και μακρά διάρκεια ζωής αυτού.

### **Σωστή χρήση**

⚠ Η ασφαλής λειτουργία του οργάνου δεν είναι πλέον εγγυημένη αν γίνουν μη εγκεκριμένες τροποποιήσεις ή αλλαγές.

⚠ Το όργανο πρέπει να χρησιμοποιείται υπό τις συνθήκες και για τις χρήσεις για τις οποίες κατασκευάστηκε. Γι' αυτό το λόγο, ειδικά τα πρότυπα ασφαλείας καθώς και οι τεχνικές πληροφορίες που περιλαμβάνουν τις συνθήκες περιβάλλοντος μαζί με τη χρήση σε στεγνά περιβάλλοντα πρέπει να ακολουθούνται διαρκώς.

⚠ Το όργανο πρέπει να ανοίγεται μόνο από εξουσιοδοτημένο τεχνικό επισκευών π.χ. για αλλαγή ασφάλειας.

### **Γενικές πληροφορίες**

#### **A.4 Γενικές πληροφορίες σχετικά με τα UNITEST Echometers 3000**

Τα UNITEST Echometers είναι όργανα μετρήσεων για γρήγορο, εύκολο και ακριβή καθορισμό του μήκους ενός καλωδίου ή ενός αγωγού καθώς και για μετρήσεις αντίστασης.

**Ο καθορισμός του μήκος του καλωδίου πραγματοποιείται σε συμφωνία με τη διαδικασία ανάκλασης παλμών.**

Το UNITEST Echometer 3000 υπολογίζει το μήκος του καλωδίου με βάση τη διαφορά χρόνου ανάμεσα στην εκπομπή και τη λήψη των παλμών. Έτσι, παλμοί στέλνονται σε ένα καλώδιο, οι οποίοι «ταξιδεύουν» με συγκεκριμένη ταχύτητα κατά μήκος του καλωδίου. Αν οι παλμοί χτυπήσουν το τέλος του καλωδίου, αντανακλώνται και επιστρέφουν στο αρχικό σημείο.

Αν συμβεί βραχυκύκλωμα ή διακοπή στον αγωγό στον οποίο γίνεται η μέτρηση, η ψηφιακή ένδειξη δείχνει το μήκος του αγωγού μέχρι το σημείο της βλάβης. Αυτό επιτρέπει έναν εύκολο και γρήγορο προσδιορισμό της θέσης. Ο χρόνος «ταξιδιού» που απαιτείται εξαρτάται μόνο από την ταχύτητα μετάδοσης του κινούμενου παλμού. Με τη σειρά της, η ταχύτητα διάδοσης καθορίζεται από την κατασκευή και τη δομή του καλωδίου. Αυτό σημαίνει, ότι κάθε καλώδιο έχει μία συγκεκριμένη ταχύτητα διάδοσης και κατά συνέπεια διαφορετικούς χρόνους «ταξιδιού».

Τα χαρακτηριστικά του καλωδίου που αποθηκεύονται στο Echometer (TAB εύρος) αναπαριστούν μία μέση τιμή καλωδίου που συνιστάται από διάφορους κατασκευαστές και εξασφαλίζει τις μετρήσεις κατά προσέγγιση. Για να πραγματοποιηθούν ακριβείς μετρήσεις, ο χρήστης πρέπει να διαβαθμίσει το καλώδιο που παρέχεται από ένα συγκεκριμένο κατασκευαστή και να αποθηκεύσει προσωρινά τα χαρακτηριστικά του καλωδίου στη μνήμη του οργάνου για επακόλουθες μετρήσεις (REF εύρος).

Το UNITEST Echometer 3000 καθιστά ικανή τη μέτρηση των περισσότερων συνηθισμένων διατομών καλωδίων και αγωγών. Επιπρόσθετα, 87 ελεύθερα ρυθμιζόμενες διατομές καλωδίων και αγωγών είναι διατεθειμένες για προγραμματισμό και μέτρηση.

Απλά συνδέστε το κροκοδειλάκι στο τέλος του καλωδίου ή του αγωγού και ρυθμίστε το αντίστοιχο εύρος μέτρησης. Το μήκος του αγωγού φαίνεται καθαρά στην ψηφιακή οθόνη του οργάνου.

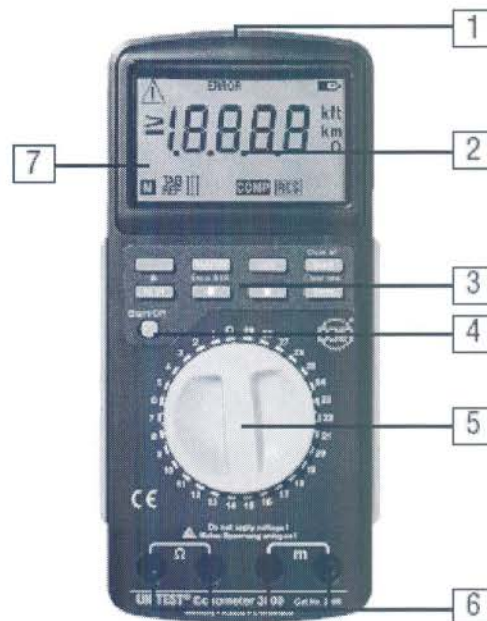
Η ενσωματωμένη μνήμη χρησιμοποιείται για να αποθηκεύσει τα αποτελέσματα και για να μεταφέρει δεδομένα μέσω διεπαφής σε έναν υπολογιστή.

### Στοιχεία ελέγχου/ Στοιχεία απεικόνισης/ Περιγραφή των κλειδιών του μενού

#### Α.5 Στοιχεία ελέγχου/ Στοιχεία απεικόνισης

Στοιχεία ελέγχου:

1. RS232 επιφάνεια επαφής
2. LCD
3. Κλειδιά λειτουργίας
4. Πιεζόμενο κουμπί on/off/έναρξης
5. Καντράν επιλογής για το εύρος των μετρήσεων
6. Υποδοχές εισόδου μετρήσεων
7. Φως απεικόνισης



Στοιχεία απεικόνισης:

1. Τρίγωνο που ανάβει σε περίπτωση ανάγκης
2. Απεικόνιση λάθους
3. Ανάγκη αντικατάστασης μπαταρίας
4. Τιμή μέτρησης
5. Μονάδα μέτρησης
6. Απεικόνιση μνήμης (M)
7. Πίνακας/ απεικόνιση εύρους αναφοράς
8. Απεικόνιση χρησιμοποίησης αθροιστικής μνήμης (RES)
9. Απεικόνιση βραχυκυκλώματος (COMP)



### Περιγραφή των κουμπιών λειτουργίας:

 **Shift**

Η δεύτερη λειτουργία του διπλού κουμπιού λειτουργίας ενεργοποιείται μόνο όταν πιέζονται ταυτόχρονα τα κουμπιά μαζί με το κουμπί «Shift».

 **TAB/REF**

Το TAB/REF κουμπί χρησιμοποιείται για να αλλάξει τη λειτουργία σε διαφορετικά επίπεδα: Πίνακας I, Πίνακας II, Εύρος αναφοράς I, εύρος αναφοράς II, και Εύρος αναφοράς III.

 **m/ft**

Χρησιμοποιείται για να αλλάξει τη μονάδα μέτρησης από μέτρα σε πόδια.

 **Send**

Το κουμπί «Send» χρησιμοποιείται για να αρχίσει η μεταφορά δεδομένων που είναι αποθηκευμένα στο UNITEST Echometer 3000 στον υπολογιστή.

 +  **Clear all**

Το «Clear all» διαγράφει όλα τα δεδομένα της εσωτερικής μνήμης. Η αθροιστική μνήμη δεν αδειάζει. Το «Clear all» κουμπί ενεργοποιείται όταν είναι πατημένα ταυτόχρονα το "Shift" κουμπί και το «Send».





 **Res+**

Το κουμπί «Res+» χρησιμοποιείται για να ενεργοποιήσει την αθροιστική μνήμη. Τα δεδομένα των μετρήσεων μέσα στο ίδιο εύρος μετρήσεων προστίθενται, για παράδειγμα πολλές κουλούρες από καλώδια του ίδιου τύπου μπορούν να προστεθούν.

 +  **[Light]**

Το κουμπί «Light» χρησιμοποιείται για να ανοίξει το φως απεικόνισης. Για να μειωθεί η κατανάλωση της μπαταρίας, το φως απεικόνισης σβήνει κάθε περίπου 30 δευτερόλεπτα μετά την τελευταία επιλογή κουμπιού. Το «Light» ενεργοποιείται μόνο όταν είναι πατημένα ταυτόχρονα το "Shift" κουμπί και το «Light».



 **Κάτω βέλος**

Όταν το κουμπί με το κάτω βέλος  είναι πατημένο μαζί με το κουμπί με το πάνω βέλος , τα μήκη των καλωδίων αναφοράς μπορούν να οριστούν μέσα στο εύρος αναφοράς.

 +  **Store REF**

Το κουμπί «Store REF» χρησιμοποιείται για να αποθηκεύσει το προηγούμενο μήκος αναφοράς καλωδίου. Το «Store REF» ενεργοποιείται μόνο όταν είναι πατημένα ταυτόχρονα το "Shift" κουμπί και το κάτω βέλος.

 **Πάνω βέλος**

Το κουμπί με το πάνω βέλος  είναι πατημένο μαζί με το κουμπί με το κάτω βέλος , για να οριστούν τα μήκη των καλωδίων αναφοράς μέσα στο εύρος αναφοράς.



Το κουμπί «Store» χρησιμοποιείται για να αποθηκεύσει το αποτέλεσμα της μέτρησης. Αν πολλές τιμές μετρήσεων έχουν αποθηκευτεί στην αθροιστική μνήμη δεδομένων, το άθροισμα μπορεί να εισαχθεί στη μνήμη δεδομένων πατώντας το κουμπί «Store».







Το «Clear one» πατιέται για να καθαρίσει την τελευταία τιμή μέτρησης που έχει αποθηκευτεί. Η αθροιστική μνήμη δεν επηρεάζεται. Το κουμπί «Clear one» ενεργοποιείται μόνο όταν είναι πατημένα ταυτόχρονα το "Shift" κουμπί και το κουμπί «Store» .




## A.6 Πραγματοποίηση μετρήσεων


### A.6.1 Πραγματοποίηση μετρήσεων Μήκους Καλωδίων

- Τα τμήματα προς μέτρηση πρέπει να είναι το ένα δίπλα στο άλλο. Δεν είναι δυνατό να μετρηθούν μονά καλώδια.
- Για ομοαξονικά καλώδια, συνδέστε τον εσωτερικό αγωγό στην κόκκινη υποδοχή και τον εξωτερικό αγωγό στη μαύρη.
- Συνδέστε μόνο ένα άκρο ανά υποδοχή.
- Μπορεί να προκύψουν αποκλίσεις στις μετρήσεις της τάξης του 10%, που οφείλονται στις διαφορετικές δομές καλωδίων και υλικών, ανάλογα με τον κατασκευαστή.


- ▶ Ανοίξτε το UNITEST Echometer πιέζοντας το κουμπί  .
- ▶ Συνδέστε τον κόκκινο δοκιμαστικό οδηγό στην κόκκινη υποδοχή και τον μαύρο στη μαύρη υποδοχή με την ένδειξη m.
- ▶ Συνδέστε δύο παράλληλους κλώνους του καλωδίου χρησιμοποιώντας τα κροκοδειλάκια.
- ▶ Για να θέσετε την επιθυμητή μονάδα μέτρησης (m για μέτρα, ft για πόδια) πιάστε το shift  και το m/ft  . "m" ή "ft" θα εμφανιστεί στην οθόνη.
- ▶ Τοποθετήστε τον περιστροφικό επιλογέα εύρους μέτρησης σύμφωνα με τους τύπους αγωγών στον πίνακα I ή II. Το κουμπί  χρησιμοποιείται ώστε να περάσουμε στα εύρη μετρήσεων του πίνακα II. Η ένδειξη TAB II θα εμφανιστεί στην οθόνη.

 Μόλις εμφανιστεί η ένδειξη "-- --" το όργανο είναι έτοιμο να μετρήσει.

- ▶ Ξεκινήστε την μέτρηση χρησιμοποιώντας το κουμπί  .

 Θα ακουστεί ένας μονός ήχος και η μέτρηση του μήκους του αγωγού στην προεπιλεγμένη μονάδα (μέτρα/πόδια) θα εμφανιστεί στην οθόνη.



 Είναι προτιμότερο να πραγματοποιήσετε την μέτρηση σε καλώδιο με ανοιχτά άκρα. Αν στο τέλος του καλωδίου υπάρχει βραχυκύκλωμα θα εμφανιστεί το μήνυμα COMP. Τα βραχυκυκλωμένα καλώδια θα προκαλέσουν αυξανόμενο σφάλμα μέτρησης από το UNITEST Echometer 3000.

**ΠΙΝΑΚΑΣ Ι**

<b>ΘΕΣΗ ΔΙΑΚΟΠΤΗ</b>	<b>ΠΙΝΑΚΑΣ Ι (TAB I)</b>	<b>ΜΕΓΙΣΤΟ ΜΗΚΟΣ (m)</b>
1	NYM-J 3x1,5 mm <sup>2</sup>	1200 m
2	NYM-J 4x1,5 mm <sup>2</sup>	1200 m
3	NYM-J 5x1,5 mm <sup>2</sup>	1200 m
4	NYM-J 7x1,5 mm <sup>2</sup>	1200 m
5	NYM-J 3x2,5 mm <sup>2</sup>	1200 m
6	NYM-J 4x2,5 mm <sup>2</sup>	1200 m
7	NYM-J 5x2,5 mm <sup>2</sup>	1200 m
8	NYM-J 7x2,5 mm <sup>2</sup>	1200 m
9	NYM-J 5x4 mm <sup>2</sup>	1200 m
10	NYM-J 5x6 mm <sup>2</sup>	1200 m
11	NYM-J 4x10 mm <sup>2</sup>	1200 m
12	NYM-J 5x10 mm <sup>2</sup>	1200 m
13	NYM-J 4x16 mm <sup>2</sup>	1200 m
14	NYM-J 5x16 mm <sup>2</sup>	1200 m
15	NYY-J 3x1,5 mm <sup>2</sup>	1200 m
16	NYY-J 4x1,5 mm <sup>2</sup>	1200 m
17	NYY-J 5x1,5 mm <sup>2</sup>	1200 m
18	NYY-J 3x2,5 mm <sup>2</sup>	1200 m
19	NYY-J 5x2,5 mm <sup>2</sup>	1200 m
20	NYY-J 4x10 mm <sup>2</sup>	1200 m
21	NYY-J 5x10 mm <sup>2</sup>	1200 m
22	NYY-J 4x16 mm <sup>2</sup>	1200 m
23	NYY-J 4x25 mm <sup>2</sup>	1200 m
24	NYY-J 4x35 mm <sup>2</sup>	1200 m
25	JYSTY 2x2x0,6 mm	500 m
26	JYSTY 4x2x0,6 mm	500 m
27	JYSTY 6x2x0,6 mm	500 m
28	JYSTY 2x2x0,8 mm	500 m
29	JYSTY 4x2x0,8 mm	500 m

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΙ

ΘΕΣΗ ΔΙΑΚΟΠΤΗ	ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΙ (TAB ΙΙ)	ΜΕΓΙΣΤΟ ΜΗΚΟΣ (m)
1	JYSTY 6x2x0,8 mm	500 m
2	SAT:LCD 58	1500 m
3	SAT:LCD 61	1500 m
4	SAT: LCD 79	1900 m
5	SAT:LCD 90	1900 m
6	SAT:LCD 95	2000 m
7	SAT:LCD 99	2000 m
8	SAT:LCM 13	1500 m
9	SAT:LCM 14	1900 m
10	SAT:0,8/3,5 ALG; 1,1/5,0 ALG; 1,65/7,2 ALG; 2,2/9,6 ALG; SAT-MINI 1 (*)	1900 m
11	SAT:SAT 3000 (*)	1900 m
12	SAT:2-SAT 3000 midi; 2-SAT 3000 mini, 2-SAT 3000 mini round 4-SAT 3000 (*)	1900 m
13	Cable TV: 0,6L/3,0 ALG; 0,63/3,0 ALG; 0,4/2,45 ALG; 0,8/3,7 ALG; 0,7/4,4 ALG; 0,7/4,5 ALG-H; 0,7/4,8 C ALG; 0,7/4,8 CW ALG; 1,1/7,3 ALG; 1,1/7,3 ALG-T; 1,8/11,5 FG; A-2YK2YIIKx 1,1/7,3 (*)	1500 m
14	Cable TV: 0,4/1,75 ALG (*)	1800 m
15	Cable TV: 0,4/2,0 ALG (*)	1900 m
16	Cable TV: A-2YOK2YInKx 2; 2/8,8 A-2YOK2YIqKx 3,3/13,5(*)	2000 m
17	TV:0632-75vz (*)	1500 m
18	TV: 0938-60vz 0637-75bl; 0637-75vz; 0637-75vs; 0632-75bl (*)	1600 m
19	TV: 1046-75bl (*)	1900 m
20	RG6/U; RG8/U; RG11/U; RG58/U; RG058/U; RG59/U; RG174/U; RG213/U; RG214/U; RG215/U; RG216/U; RG217/U; RG218/U; RG223/U; RG316/U	1500 m
21	RG178/U; RG179/U; RG180/U; RG187/U	1600 m
22	RG62/U; RG71/U	1600 m
23	DATA:10BaseT (RG58/U)	1500 m
24	DATA:YELLOW-CABLE	1900 m
25	DATA:LAN300 J-02YS(C)Y 4x2xAWG22	500 m
26	Phone:JYSTY 2x2x0,6 mm	500 m
27	HIFI:NYFAZ 2x0,5 mm (**)	500 m
28	HIFI:NYFAZ 2x0,75 mm (**)	500 m
29	HIFI:NYFAZ 2x1,5 mm (**)	500 m








\* Καλώδιο Helu, \*\* Καλώδιο ηχείου

-Οι τιμές και τα αναφερόμενα εύρη αναφέρονται σε μετρήσεις με ανοιχτά άκρα καλωδίου. Μετρήσεις σε βραχυκυκλωμένες άκρες οδηγούν σε αποτελέσματα με αυξημένο σφάλμα.

#### **A.6.2 Πραγματοποίηση μετρήσεων Μήκους καλωδίου μέσα στο εύρος αναφοράς**

Για να είναι δυνατή η μέτρηση διαφορετικών τύπων καλωδίων που συναντάμε σε κάθε πελάτη, εύρη αναφοράς έχουν ενσωματωθεί στο UNITEST Echometer 3000. Ο χρήστης μπορεί να ρυθμίσει και να σώσει/αποθηκεύσει τα εύρη αυτά για τους συγκεκριμένους τύπους καλωδίων που συναντάει.

##### **A.6.2.1 Ρύθμιση τύπων καλωδίων κατά πελάτη**

- ▶ Ανοίξτε το UNITEST Echometer πιέζοντας το κουμπί .
  - ▶ Μεταβείτε στο εύρος αναφοράς πιέζοντας το κουμπί  π.χ. επίπεδο αναφοράς I. Η ένδειξη REF I εμφανίζεται στην οθόνη.
  - ▶ Συνδέστε τον κόκκινο δοκιμαστικό οδηγό στην κόκκινη υποδοχή και τον μαύρο στη μαύρη υποδοχή με την ένδειξη m.
  - ▶ Συνδέστε δύο παράλληλους κλώνους του καλωδίου χρησιμοποιώντας τα κροκοδειλάκια.
  - ▶ Για να θέσετε την επιθυμητή μονάδα μέτρησης (m για μέτρα, ft για πόδια) πιέστε το κουμπί , "m" ή "ft" θα εμφανιστεί στην οθόνη.
  - ▶ Τοποθετήστε τον περιστροφικό επιλογέα εύρους σε μία κενή θέση μνήμης π.χ. θέση διακόπτη 1.
- Η ένδειξη 100.0 m εμφανίζεται στην οθόνη.**
- ▶ Επιλέξτε το γνωστό μήκος του καλωδίου που είναι προς ρύθμιση χρησιμοποιώντας τα βελάκια  ή .
  - ▶ Σώστε το μήκος του καλωδίου αναφοράς πιέζοντας  και το βελάκι προς τα κάτω . Ακούγεται ένας μονός ήχος.

Σημειώστε τύπο καλωδίου, θέση διακόπτη, και επίπεδο αναφοράς. Τώρα η μέτρηση μήκους του συγκεκριμένου τύπου καλωδίου γίνεται όπως περιγράφηκε στο κεφάλαιο Α.6.1.



Η ακρίβεια των τιμών του εύρους αναφοράς βασίζονται στην ακρίβεια ρύθμισης του συγκεκριμένου τύπου καλωδίου που έχει ο πελάτης. Για να συμβαδίζει με τις τιμές ακρίβειας σε σχέση με τις τεχνικές πληροφορίες, ο χρήστης πρέπει να κάνει την ρύθμιση του τύπου καλωδίου όπως περιγράφεται σε αυτό το εγχειρίδιο λειτουργίας.

#### **A.6.2.2 Σβήσιμο εύρους αναφοράς.**

Αν ο χρήστης επιθυμεί να αναθέσει τα εύρη αναφοράς σε άλλο τύπο καλωδίου, η προηγούμενη ανάθεση πρέπει πρώτα να σβηστεί. Ελεύθερες περιοχές μνήμης καθορίζονται από την ένδειξη "100.0". Θέσεις μνήμης που χρησιμοποιούνται καθορίζονται από την ένδειξη "- - -".

▶ Θέστε το UNITEST Echometer 3000 στο εύρος αναφοράς που θέλετε να σβήσετε. Η ένδειξη "- - -" εμφανίζεται στην οθόνη.

▶ Πιέστε το κουμπί με το βελάκι . Το μήνυμα "100.0" εμφανίζεται.

▶ Αν τα κροκοδειλάκια δεν είναι συνδεδεμένα κάπου πιέστε  και το βελάκι . Πραγματοποιείται μια λανθασμένη μέτρηση η οποία καταδεικνύεται από το μήνυμα "Error".

Το εύρος αναφοράς έχει σβηστεί.







### A.6.3 Εύρεση βλαβών.

Το UNITEST Echometer 3000 επιτρέπει την εύρεση σφαλμάτων σε καλώδια και αγωγούς.




Ο χρήστης πρέπει να βεβαιωθεί ότι τα κυκλώματα δεν τροφοδοτούνται με ρεύμα.


- ▶ Ανοίξτε το UNITEST Echometer πιέζοντας το κουμπί .
- ▶ Μεταβείτε στο εύρος αναφοράς πιέζοντας το κουμπί  π.χ. επίπεδο αναφοράς I. Η ένδειξη REF I εμφανίζεται στην οθόνη.
- ▶ Συνδέστε τον κόκκινο δοκιμαστικό οδηγό στην κόκκινη υποδοχή και τον μαύρο στη μαύρη υποδοχή με την ένδειξη m.
- ▶ Συνδέστε τις χαλασμένες άκρες του αγωγού προς μέτρηση χρησιμοποιώντας τα κροκοδειλάκια.
- ▶ Για να θέσετε την επιθυμητή μονάδα μέτρησης (m για μέτρα, ft για πόδια) πιέστε το . "m" ή "ft" θα εμφανιστεί στην οθόνη.
- ▶ Τοποθετήστε τον περιστροφικό επιλογέα εύρους μέτρησης σύμφωνα με τους τύπους αγωγών στον πίνακα I ή II. Το κουμπί  χρησιμοποιείται ώστε να περάσουμε στα εύρη μετρήσεων του πίνακα II. Η ένδειξη TAB II θα εμφανιστεί στην οθόνη.



Μόλις εμφανιστεί η ένδειξη "--" το όργανο είναι έτοιμο να μετρήσει.

- ▶ Ξεκινήστε την μέτρηση χρησιμοποιώντας το κουμπί .

 Ένας μονός ήχος θα ακουστεί και η μέτρηση του μήκους στην προκαθορισμένη μονάδα (μέτρα/πόδια) μέχρι το σημείο με το σφάλμα θα εμφανιστεί. Αν εμφανιστεί το μήνυμα "COMP υπάρχει βραχυκύκλωμα.

 Μετρήσεις σε βραχυκυκλωμένες άκρες οδηγούν σε αποτελέσματα με αυξημένο σφάλμα από το UNITEST Echometer 3000.




#### A.6.4 Πραγματοποίηση μετρήσεων αντίστασης

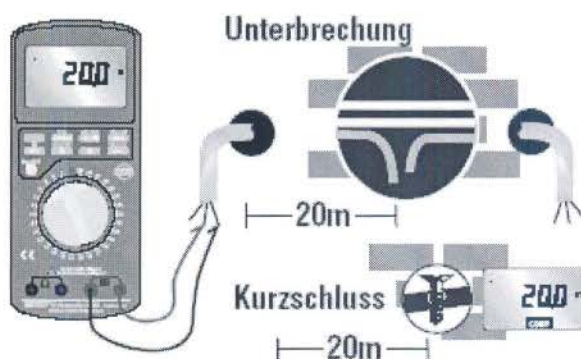
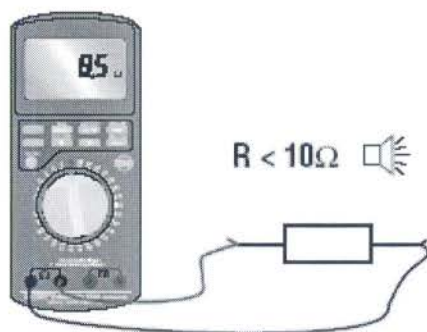
Το UNITEST Echometer 3000 μπορεί με ευκολία και ακρίβεια να μετρήσει ηλεκτρικές αντιστάσεις.



Ο χρήστης πρέπει να βεβαιωθεί ότι τα κυκλώματα δεν τροφοδοτούνται με ρεύμα.

- ▶ Ανοίξτε το UNITEST Echometer πιέζοντας το κουμπί  .
- ▶ Τοποθετείστε την επιλογή εύρους μέτρησης στη θέση "Ohm".
- ▶ Το μήνυμα ">1999,9 Ohm" εμφανίζεται.
- ▶ Συνδέστε τον κόκκινο δοκιμαστικό οδηγό στην κόκκινη υποδοχή και τον μαύρο στη μαύρη υποδοχή με την ένδειξη Ohm.
- ▶ Συνδέστε τα άκρα της αντίστασης προς μέτρηση με τα κροκοδειλάκια


Η μέτρηση της αντίστασης εμφανίζεται στην οθόνη. Αν η αντίσταση είναι κάτω από τα 10 Ohm περίπου, ένας μονός ήχος θα ακουστεί.





## ΠΡΑΓΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ



### A.7 Εσωτερική μνήμη αποθήκευσης μετρήσεων/Αθροιστική μνήμη

#### A.7.1 Σώσιμο αποτελεσμάτων μετρήσεων

- ▶ Πραγματοποιήστε τις μετρήσεις όπως περιγράφονται στο κεφάλαιο A.6.2
- ▶ Το αποτέλεσμα εμφανίζεται στην οθόνη
- ▶ Πιέστε το κουμπί . Το αποτέλεσμα αποθηκεύεται στην εσωτερική μνήμη του UNITEST Echometer 3000. Ακούγεται ένας μονός ήχος και η τοποθεσία της μνήμης π.χ. το 1 εμφανίζεται για λίγο στην οθόνη. Επιπλέον το σύμβολο "M" εμφανίζεται και δείχνει ότι υπάρχει αποθηκευμένη πληροφορία στην εσωτερική μνήμη.

 Αν το κουμπί  πιεστεί ξανά, ακούγεται ένας διπλός ήχος που μας ενημερώνει ότι δεν είναι εφικτή περαιτέρω αποθήκευση της μέτρησης. Μετά από μια νέα μέτρηση, τα καινούρια αποτελέσματα είναι σε θέση να αποθηκευτούν ξανά.

#### A.7.1.1 Σβήσιμο όλων των αποθηκευμένων αποτελεσμάτων

Πιέστε τα κουμπιά  και . Ένας σύντομος ήχος θα ακουστεί και το "0" εμφανίζεται για λίγο στην οθόνη για να μας δείξει ότι η μνήμη καθαρίστηκε. Το "M" φεύγει από την οθόνη. Η αθροιστική μνήμη δεν επηρεάζεται από την διαδικασία καθαρισμού που περιγράψαμε προηγουμένως.

### A.7.1.2 Σβήσιμο του τελευταίου αποτελέσματος



Πιέστε τα κουμπιά  και .


Ένας σύντομος ήχος θα ακουστεί και η τελευταία θέση μνήμης θα εμφανιστεί για λίγο. Π.χ. αφού σβήσουμε τη μέτρηση νούμερο 5 θα εμφανιστεί για μικρό χρονικό διάστημα το νούμερο 4 που θα είναι τώρα η τελευταία θέση μνήμης.

Η αθροιστική μνήμη δεν επηρεάζεται από την διαδικασία καθαρισμού που περιγράψαμε προηγουμένως.


### A.7.2 Πρόσθεση και σώσιμο αποτελεσμάτων μετρήσεων

Το UNITEST Echometer είναι εφοδιασμένο με αθροιστική μνήμη ώστε να είναι δυνατή η μέτρηση αρκετών κουλουρών καλωδίου του ίδιου τύπου και η πραγματοποίηση άθροισης των τιμών.

- ▶ Πραγματοποιήστε τις μετρήσεις όπως περιγράφονται στο κεφάλαιο A.6.2
- ▶ Το αποτέλεσμα εμφανίζεται στην οθόνη
- ▶ Πιέστε το κουμπί . Το αποτέλεσμα προστίθεται στην τιμή που έχει προηγουμένως αποθηκευτεί στην αθροιστική μνήμη (για την πρώτη άθροιση η μέτρηση προστίθεται με το 0). Το αποτέλεσμα των διαδοχικών αθροίσεων εμφανίζεται. Επιπλέον το σύμβολο "RES" εμφανίζεται στην οθόνη για να μας δείξει ότι η τιμή που μετρήσαμε αποθηκεύτηκε την αθροιστική μνήμη.
- ▶ Σώστε τα αποθηκευμένα στην αθροιστική μνήμη δεδομένα πιέζοντας το . Η θέση μνήμης που βρίσκονται τα δεδομένα θα εμφανιστεί στην οθόνη.



 Η πληροφορία θα σβηστεί από την αθροιστική μνήμη όταν αλλαχθεί το εύρος μέτρησης, τα επίπεδα πίνακα/αναφοράς ή το υλικό του καλωδίου.

Το σύνολο που έχει σωθεί προηγουμένως στην μνήμη δεν θα σβηστεί.

 Για να πάρετε σωστά αθροιστικά αποτελέσματα, είναι σημαντικό να προσθέσετε μόνο ίδιους τύπους καλωδίου.

#### **A.8 Μεταφορά αποθηκευμένων δεδομένων σε υπολογιστή**

Τα δεδομένα των μετρήσεων που έχουν αποθηκευτεί στο UNITEST Echometer 3000 μπορούν να μεταφερθούν σε υπολογιστή και να επεξεργασθούν περαιτέρω χρησιμοποιώντας το λογισμικό UNITEST Echometer 3000, το οποίο είναι διαθέσιμο σαν πρόσθετο.

Αφού πιέσετε τη λειτουργία του λογισμικού "Daten aus Messgerät lesen" (μεταφέρετε δεδομένα από το όργανο), η εντολή εμφανίζεται για να πιέσετε το κουμπί  στο UNITEST Echometer 3000. Αφού πιέσετε το κουμπί  η οθόνη του UNITEST Echometer 3000 σύντομα θα εμφανίσει την τελευταία θέση μνήμης που έχει καθοριστεί.

Οι αποθηκευμένες τιμές των μετρήσεων έχουν πλέον μεταφερθεί στον υπολογιστή και μπορούν πλέον να χρησιμοποιηθούν για περαιτέρω επεξεργασία.

 Πρέπει να ακολουθείτε το εγχειρίδιο του λογισμικού UNITEST "Report-Studio".

#### **Επιλογή :**

Λογισμικό των Windows Software UNITEST "Report-Studio" Order No.: 1207

#### **A.9 Συντήρηση**

Εάν χρησιμοποιείτε το όργανο σύμφωνα με το εγχειρίδιο με τις οδηγίες, δεν απαιτείται καμία συντήρηση.

##### **A.9.1 Καθαρισμός**

Εάν το όργανο είναι βρώμικο μετά την καθημερινή χρήση, συνιστάται να καθαρίζεται χρησιμοποιώντας ένα υγρό ύφασμα και ένα ήπιο οικιακό καθαριστικό. Πριν τον καθαρισμό, βεβαιωθείτε ότι το όργανο είναι σβησμένο και αποσυνδεδεμένο από εξωτερική τάση τροφοδοσίας ή από οποιοδήποτε άλλο όργανο (όπως UUT, όργανα

ελέγχου, κτλ). Ποτέ μη χρησιμοποιείτε καυστικά καθαριστικά ή διαλυτικά για τον καθαρισμό.

### **A.9.2 Αντικατάσταση μπαταριών**



Πριν να αντικαταστήσετε τη μπαταρία, αποσυνδέσετε το όργανο από όλα τα συνδεδεμένα καλώδια δοκιμών.



Χρησιμοποιείτε τη μπαταρία σύμφωνα με τις διευκρινίσεις του τμήματος των τεχνικών δεδομένων.



Παρακαλείσθε να σέβεστε το περιβάλλον όταν πετάτε τις μπαταρίες μίας χρήσης ή τους συσσωρευτές. Ανήκουν σε χώρο απόρριψης επικίνδυνων σκουπιδιών. Στις περισσότερες περιπτώσεις, οι μπαταρίες μπορούν να επιστραφούν στο σημείο πώλησης.



Παρακαλείσθε να σέβεστε την ισχύουσα νομοθεσία που σχετίζεται με την επιστροφή, την ανακύκλωση και τη διάθεση των μπαταριών και των συσσωρευτών.



Αν ένα όργανο δε χρησιμοποιείται για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα, οι συσσωρευτές ή οι μπαταρίες πρέπει να αφαιρούνται. Αν τύχει το όργανο να μολυνθεί από υγρό διαρροής μπαταριών, το όργανο πρέπει να επιστραφεί για να καθαριστεί και να επιθεωρηθεί στο εργοστάσιο.

- ▶ Χαλαρώστε τη βίδα του περιβλήματος στη βάση του οργάνου
- ▶ Προσεκτικά σηκώστε το περίβλημα της θήκης της μπαταρίας
- ▶ Απομακρύνετε την άδεια μπαταρία
- ▶ Βάλτε καινούρια μπαταρία και προσέξτε την πολικότητα των μπαταριών
- ▶ Στερεώστε τη θήκη της μπαταρίας με τη βάση του περιβλήματος

Μπαταρία: 9V, IEC 6LR61


Νούμερο παραγγελίας: EZBATT000002

## A.10 Διάστημα καλιμπραρίσματος

Το όργανο πρέπει να καλιμπράρεται περιοδικά από το τμήμα συντήρησής μας έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η ακρίβεια των αποτελεσμάτων μέτρησης. Συνιστάμε χρονικό διάστημα ενός έτους ανάμεσα σε δύο καλιμπραρίσματα.

## A.11 Τεχνικά χαρακτηριστικά

Οθόνη..... 4 1/2 ψηφία LCD,  
..... 19999 ψηφία  
Εύρος μετρήσεων . . . . 0...2000 m ή  
..... όριο εξασθένισης  
Ακρίβεια . . . . . 0,1 m  
Βασική αντοχή . . . . .  $\pm$  (2% rdg. + 3 m)

 Οι τιμές και τα εύρη μετρήσεων σχετίζονται με τις άκρες των καλωδίων ανοιχτού κυκλώματος. Οι μετρήσεις με βραχυκυκλωμένα άκρα οδηγούν σε αποτελέσματα μετρήσεων με αυξημένα επίπεδα λαθών.

Αντίσταση . . . . . 0...2000 Ohm  
Ακρίβεια . . . . . 0.1 Ohm  
Ανοχή . . . . .  $\pm$  (2% rdg. + 5 ψηφία)  
Συνέχεια . . . . . < 10 Ohm  
Ρεύμα δοκιμής . . . . . περίπου 1 mA  
Συνθήκες περιβάλλοντος:  
Θερμοκρασία λειτουργίας . . . 0°...40° C (0...70%  
..... σχετική υγρασία)  
Θερμοκρασία αποθήκευσης . . . . -20...60° C (0...80%  
..... σχετική υγρασία)  
Ύψος πάνω από τη θάλασσα . . . μέχρι 2000 m  
Μνήμη:  
Διεπαφή. . . . . RS 232

Χωρητικότητα μνήμης. . . . . 500 σειρές δεδομένων  
..... (καθορισμός μήκους)  
Εμφάνιση κατάστασης μπαταρίας. . . . Εμφανίζεται το σύμβολο της μπαταρίας  
Αυτόματο σβήσιμο. . . . . μετά από περίπου 5 λεπτά.  
Τροφοδοσία. . . . . 1 x 9 V, IEC 6LR61  
Κατανάλωση ρεύματος . . . . 25 mA/ max. 75 mA  
..... Φως οθόνης  
Διαστάσεις . . . . . 193 x 91 x 50 mm  
Βάρος . . . . . περίπου 510

## **Βιβλιογραφία**

- [1] Π.Δ. Μπούρκας, «Εφαρμογές Κτιριακών και Βιομηχανικών Εγκαταστάσεων», Αθήνα 1998
- [2] Νικόλαος Ι. Θεοδώρου, «Ηλεκτρικές Μετρήσεις, Τεύχος Ι : Κλασσικές μετρήσεις», Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα 2000
- [3] Π.Γ. Μιχάλης, «Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις», Εκδόσεις Ίων, Αθήνα 1995
- [4] Π.Δ. Μπούρκας, Κ.Γ. Καραγιαννόπουλος, «Μετρήσεις σε βιομηχανικές διατάξεις και υλικά», Αθήνα 2004
- [5] Δρ.Α.Τζιαμπάζης, «Τεχνολογία υλικών και εξαρτημάτων», Σύγχρονη Εκδοτική, Αθήνα 1993
- [6] Πέτρος Ντοκόπουλος, «Εισαγωγή στα ΣΗΕ», Εκδόσεις Παρατηρητής, Θεσσαλονίκη 1986
- [7] Βασίλειος Κ. Παπαδιάς, «Γραμμές Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας», Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα 1999
- [8] George J. Anders, «Rating of Electric Power Cables», IEEE Press Power Engineering Series
- [9] «Electrical Power Cable Engineering», edited by William A. Thue
- [10] Πέτρος Ντοκόπουλος, «Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις καταναλωτών Μέσης και Χαμηλής τάσης», Εκδόσεις ΖΗΤΗ, Θεσσαλονίκη
- [11] IEC 60502-2 Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1kV ( $U_m=1,2kV$ ) up to 30kV ( $U_m=36kV$ )
- [12] Παν. Ν. Νικολόπουλος, «Ηλεκτρικά Μετρήσεις, Τόμος Α : Κλασσικά διατάξεις, όργανα και μέθοδοι μετρήσεως», Αθήναι 1972
- [13] Μανώλης Ε. Μαθιουλάκης, «Μέτρηση, ποιότητα μέτρησης και αβεβαιότητα», Ελληνική Έκδοση Εργαστηρίων
- [14] Taub/Shilling, «Τηλεπικοινωνιακά Συστήματα», Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη
- [15] LTD,BICC Cables, «Electric Cables Handbook» Blackwell Science 1997
- [16] <http://www.cablel.gr> Ιστοσελίδα της εταιρίας :Ελληνικά Καλώδια Α.Ε
- [17] <http://www.fulgor.gr> Ιστοσελίδα της εταιρίας: Fulgor.A.E



[18] <http://www.copper.org.gr> Ιστοσελίδα της εταιρίας: Ελληνικό Ινστιτούτο Ανάπτυξης Χαλκού

[19] <http://www.parpanelas.gr> Ιστοσελίδα της εταιρίας: Γ.Παρπανέλας Α.Ε - V.O.P. Cables

[20] <http://www.techblog.gr> Ιστοσελίδα : το ελληνικό blog για τις νέες τεχνολογίες

[21] <http://www.energeia.gr> Ιστοσελίδα της εταιρείας : Ενέργεια Α.Ε.