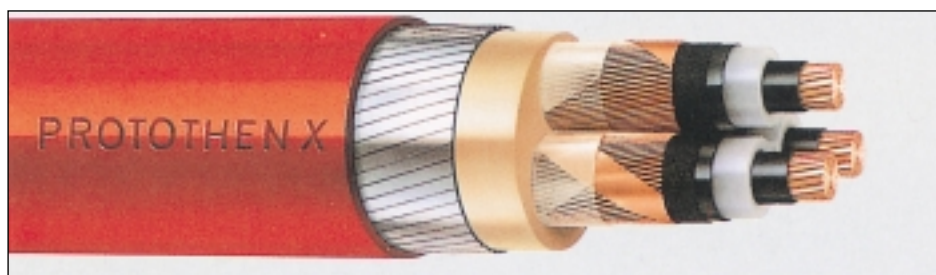


ΚΑΛΩΔΙΑ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

- 1.3.1** Είδη καλωδίων μέσης τάσης
- 1.3.2** Τερματισμός καλωδίων μέσης τάσης
- 1.3.3** Εγκατάσταση καλωδίων μέσης τάσης σε σχάρες
- 1.3.4** Εγκατάσταση καλωδίων μέσης τάσης μέσα στο έδαφος



Διδακτικοί στόχοι

Στο τέλος αυτής της ενότητας, οι μαθητές θα πρέπει να είναι σε θέση:

- ✎ να περιγράφουν τα μέρη από τα οποία αποτελείται ένα μονοπολικό ή τριπολικό καλώδιο μέσης τάσης.
- ✎ να αναφέρουν την ανάγκη και τον τρόπο τερματισμού των καλωδίων μέσης τάσης.
- ✎ να γνωρίζουν τον τρόπο εγκατάστασης των καλωδίων μέσης τάσης πάνω σε σχάρες ή μέσα στο έδαφος.

1.3 Καλώδια μέσης τάσης

Τα καλώδια μέσης τάσης χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση του υποσταθμού μας με το εναέριο (Εικόνα 1.3α) ή υπόγειο δίκτυο 20 kV της ΔΕΗ. Επίσης τα χρησιμοποιούμε για τη σύνδεση του πίνακα 20 kV με το μετασχηματιστή ισχύος (Εικόνα 1.3β).

Τα καλώδια μέσης τάσης που συναντάμε σήμερα έχουν μόνωση από δικτυωμένο πολυαιθυλένιο (XLPE). Παλιότερα η μόνωσή τους ήταν από μάζα χαρτιού εμποτισμένη με μονωτικό λάδι (ίδιο με το λάδι των μετασχηματιστών λαδιού).

Ανάλογα με τον αριθμό των αγωγών φάσεων που έχουν τα καλώδια τα χωρίζουμε σε:

- μονοπολικά (N2XSY) (Εικόνα 1.3.1α) και
- τριπολικά (2XSEYFY) (Εικόνα 1.3.1β)

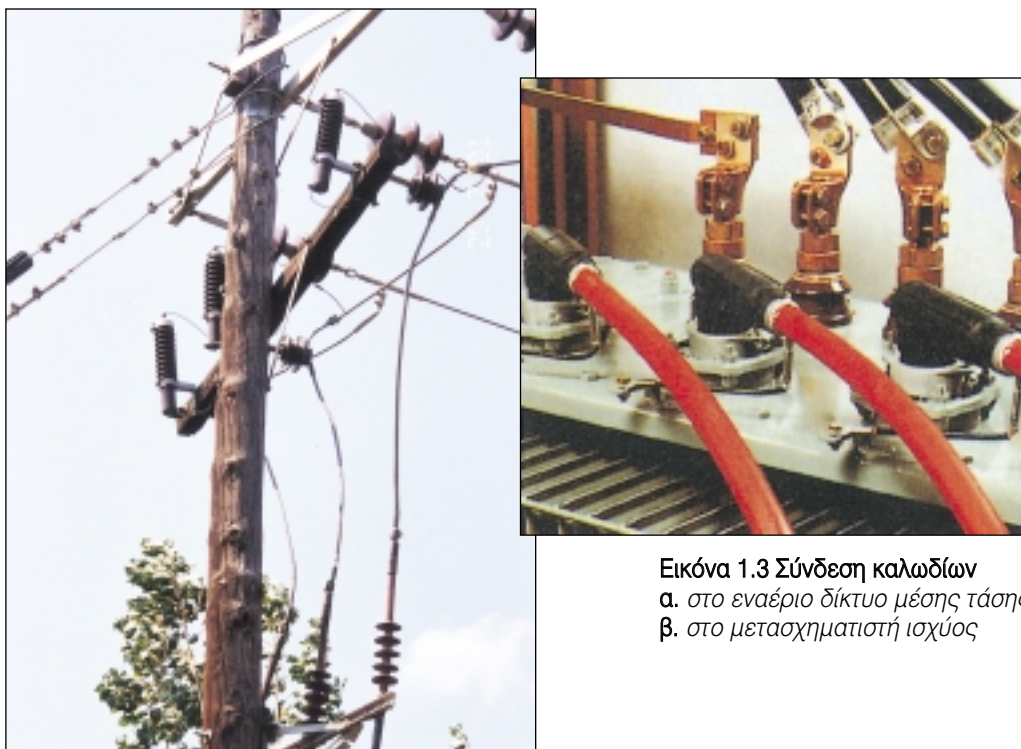
Η ονομαστική τους τάση είναι $U_0/U = 12/20$ kV, δηλαδή λειτουργούν σε φασική τάση 12 kV και πολιτική τάση 20 kV. Πολλές φορές, για λόγους μεγαλύτερης ασφάλειας, χρησιμοποιούμε στα δίκτυα των 20 kV καλώδια ονομαστικής τάσης 18/30 kV.

Τα καλώδια 12/20 kV δοκιμάζονται στο εργοστάσιο κατασκευής τους (σύμφωνα με το IEC 502) σε τάση 36 kV μεταξύ φάσης και θωράκισης για 4 ώρες. Δηλαδή η τάση δοκιμής είναι 3 φορές μεγαλύτερη από τη φασική τάση λειτουργίας (12 kV).

Οι τυποποιημένες διατομές των καλωδίων είναι 25, 35, 50, 70, 95, 120, 150, 185, 240 και 300 mm²

Στα δίκτυα των 20 kV η ελάχιστη διατομή είναι (για λόγους βραχυκυκλώματος) 50 mm².

Τα καλώδια μπορούν να εγκατασταθούν σε σχάρες ή να ενταφιαστούν στο χώμα.



Εικόνα 1.3 Σύνδεση καλωδίων
α. στο εναέριο δίκτυο μέσης τάσης
β. στο μετασχηματιστή ισχύος

1.3.1 Είδη καλωδίων μέσης τάσης

Παρακάτω περιγράφονται κάποια από τα κατασκευαστικά στοιχεία των καλωδίων μέσης τάσης.

- **Οι αγωγοί τους είναι από χαλκό** (σπάνια από αλουμίνιο) και περιβάλλονται από μία μαύρη ημιαγωγίμη ταινία που σκοπό έχει την εξομάλυνση του ηλεκτρικού πεδίου που δημιουργείται στο εσωτερικό του καλωδίου, μεταξύ του αγωγού και της θωράκισης.
- **Η μόνωσή τους είναι από δικτυωμένο πολυαιθυλένιο (XLPE)**, δηλαδή ένα πλαστικό μίγμα που έχει πολύ καλές μονωτικές ιδιότητες για να αντέχει στο ισχυρό ηλεκτρικό πεδίο που υπάρχει στο εσωτερικό του καλωδίου.

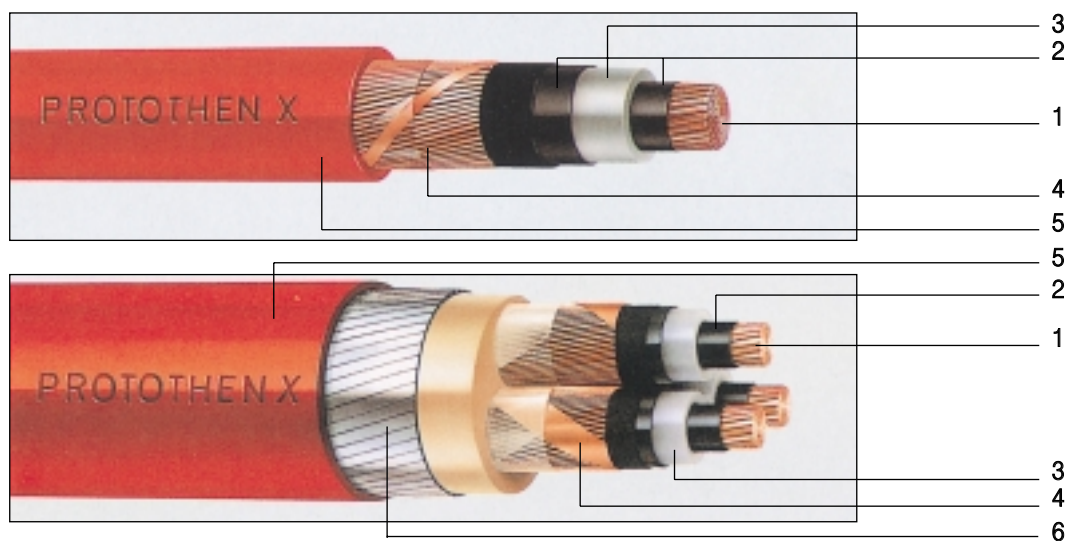
Η μόνωση αυτή αντέχει για συνεχή λειτουργία σε 90 °C και για χρόνο 5 s (δηλαδή σε περίπτωση βραχυκυκλώματος) τους 250 °C.

- **Η θωράκιση** είναι απαραίτητη στα καλώδια Μ.Τ. διότι δημιουργεί μαζί με τον αγωγό του καλωδίου, ένα ομοιογενές ηλεκτρικό πεδίο. Αυτή γειώνεται και στις δύο άκρες του καλωδίου στο σύστημα γεί-

ωσης μέσης τάσης. Η ύπαρξη των δύο αγωγίμων επιφανειών, δηλαδή του αγωγού φάσης και της θωράκισης με το διηλεκτρικό (=μονωτικό) μεταξύ τους δημιουργεί εκ των πραγμάτων ένα παρασιτικό πυκνωτή. Έτσι τα καλώδια μέσης τάσης χαρακτηρίζονται από τη χωρητικότητά τους (C), κάτι που δεν ισχύει στα κοινά καλώδια χαμηλής τάσης. Για καλώδια διατομής 50 mm² είναι $C = 0.25 \mu\text{F/km}$.

Έτσι, όταν διακόπτεται η τάση σε ένα καλώδιο, ο παρασιτικός πυκνωτής παραμένει φορτισμένος για αρκετές ώρες. Γι'αυτό πρέπει να γειώνουμε προσεκτικά τα καλώδια, προτού εργαστούμε στα δίκτυα των 20 kV.

- **Το εξωτερικό τους περίβλημα** είναι πάντοτε από κόκκινο PVC για να ξεχωρίζουν από τα καλώδια χαμηλής τάσης $U_0/U = 0.6/1 \text{ kV}$ που έχουν πάντα μαύρο μανδύα από PVC.



1. χαλκινός αγωγός
2. ημιαγωγίμη θωράκιση κάτω και πάνω από τη μόνωση από XLPE
3. μόνωση από δικτυωμένο πολυαιθυλένιο
4. πλέγμα από χάλκινα συρματίδια
5. περίβλημα από PVC
6. θώρακας από πεπλατυσμένα ατσάλινα συρματίδια

Εικόνα 1.3.1 Καλώδια μέσης τάσης με μόνωση από XLPE
α. μονοπολικό τύπου N2XSY
β. τριπολικό τύπου 2XSEYFY

1.3.2 Τερματισμός καλωδίων μέσης τάσης

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στον τερματισμό (termination) των καλωδίων μέσης τάσης.

Ο λόγος είναι ότι στο σημείο που διακόπτεται η θωράκισή του, το ηλεκτρικό πεδίο γίνεται ανομοιογενές και πολύ ισχυρό. Έτσι με την πρώτη καταπόνηση του καλωδίου (π.χ υπέρταση), η μόνωσή του καταστρέφεται (τρυπάει) και έχουμε σφάλμα μεταξύ του αγωγού φάσης και της γειωμένης θωράκισης, δηλαδή σφάλμα φάσης-γής.

Για να αποφύγουμε τα παραπάνω προβλήματα χρησιμοποιούμε, και στις δύο τις άκρες του καλωδίου, ειδικά σύνολα (κιτ) εξαρτημάτων που ονομάζονται ακροκεφαλές ή ακροκιβώτια.

Πρέπει να ακολουθήσουμε προσεκτικά τις οδηγίες που υπάρχουν στο κιτ της ακροκεφαλής. Στην Εικόνα 1.3.2α βλέπουμε τα μέρη μιας πλαστικής

ακροκεφαλής που χρησιμοποιείται για τον τερματισμό καλωδίων με πλαστική μόνωση.

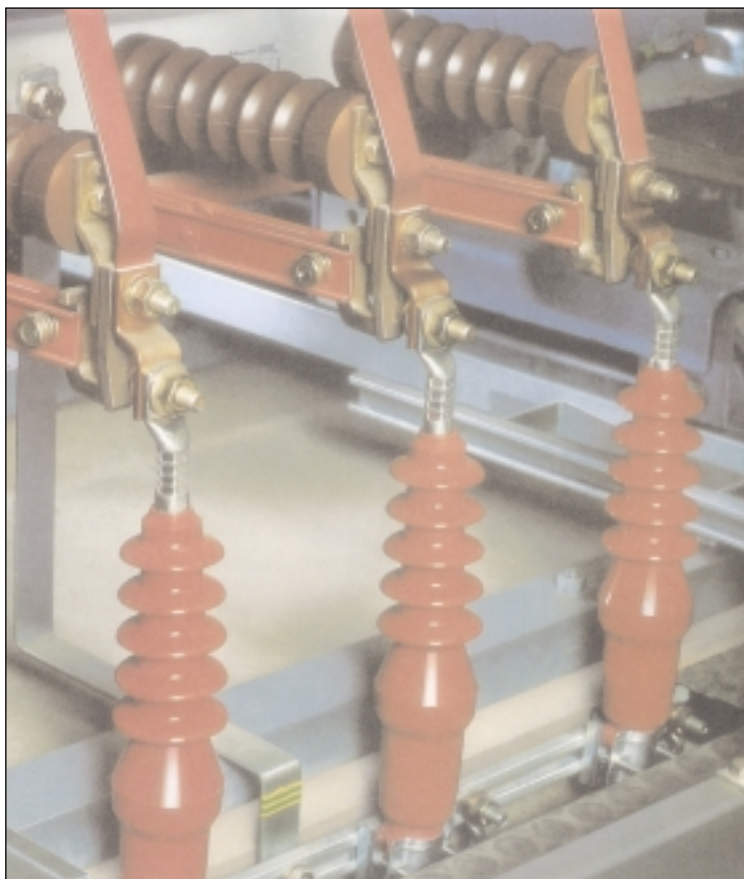
Σε γενικές γραμμές η σειρά των εργασιών για την εφαρμογή μιας πλαστικής ακροκεφαλής είναι:

- Αφαιρείται η θωράκιση σε μήκος περίπου 200 mm
- Καθαρίζεται προσεκτικά η μόνωση από την ημιαγωγή στρώση
- Τοποθετείται το ειδικό δακτυλίδι
- Τοποθετείται ο κώνος εξομάλυνσης (stress cone)

Σε παλιότερες εγκαταστάσεις όπου υπάρχουν καλώδια με χάρτινη μόνωση, θα συναντήσουμε ακροκεφαλές από πορσελάνη γεμάτες με μονωτικό λάδι.

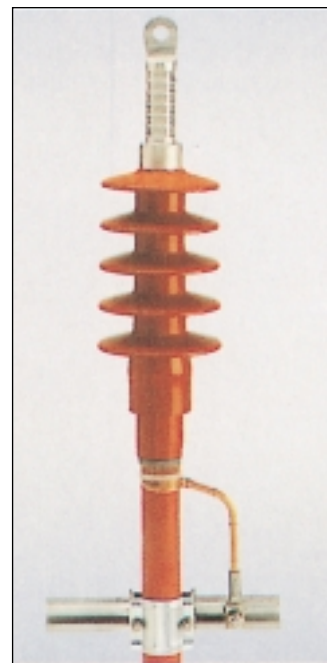
Σε πολλούς υποσταθμούς συναντάμε πλαστικές θερμοσυστελλόμενες ακροκεφαλές (Εικόνα 1.3.2β).

Σήμερα είναι πολύ διαδεδομένες οι ψυχοσυστελλόμενες ακροκεφαλές.



(α)

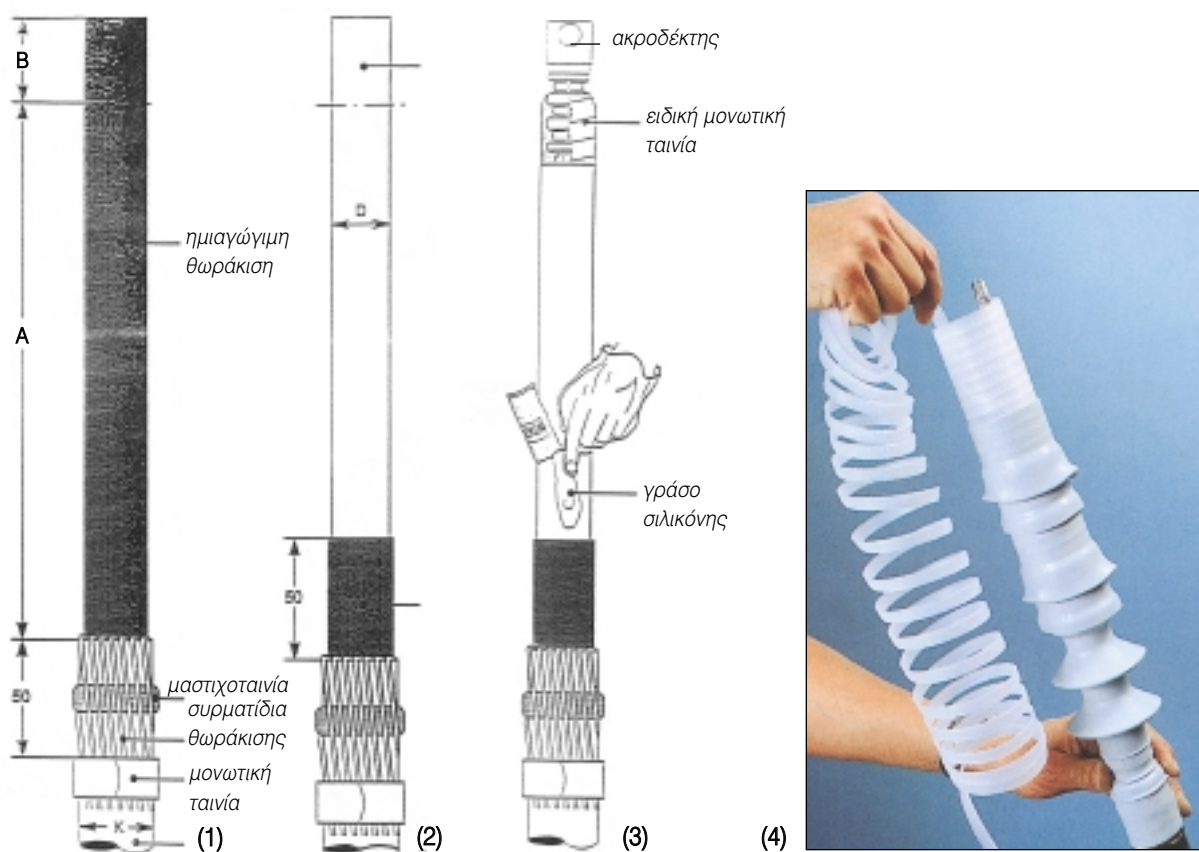
(β)



Εικόνα 1.3.2

α. Τερματισμός και σύνδεση καλωδίων σε κυψέλη μέσης τάσης

β. Μονοπολικό πλαστικό θερμοσυστελλόμενο με ακροκιβώτιο



Εικόνα 1.3.2 Τα βήματα για την κατασκευή ακροκεφαλής σε μονοπολικό καλώδιο μέσης τάσης

Παρακάτω περιγράφονται τα βήματα για την κατασκευή μιας ψυχροσυστελλόμενης ακροκεφαλής:

Βήμα 1

- Αφαιρούμε τον εξωτερικό μανδύα σε μήκος $A + B$. Οι διαστάσεις A , B υπάρχουν στις οδηγίες που συνοδεύει το ακροκιβώτιο. Για ακροκιβώτια των 20 kV είναι, $A = 200$ mm και $B = 40$ mm.
- Τοποθετούμε τη μαστιχοταινία και λυγίζουμε τα συρματίδια της θωράκισης πάνω στη μαστιχοταινία. Τα στερεώνουμε με μονωτική ταινία.

Βήμα 2

Αφαιρούμε την ημιαγωγίμη θωράκιση μέχρι 50 mm μπροστά από την άκρη του μανδύα.

Βήμα 3

- Αφαιρούμε την κύρια μόνωση σύμφωνα με τη

διάσταση B .

- Τοποθετούμε και συμπιέζουμε τον ακροδέκτη χρησιμοποιώντας χειροκίνητη ή υδραυλική πρέσα.
- Τυλίγουμε τον ακροδέκτη με την ειδική μονωτική ταινία, μέχρι να φτάσει τη διάμετρο της κύριας μόνωσης.
- Απλώνουμε το γράσο σιλικόνης στο τέλος της ημιαγωγίμης θωράκισης και για 40 mm πάνω στην κύρια μόνωση, προσπαθώντας να γεμίσουμε το σκαλοπάτι που δημιουργείται μεταξύ κύριας μόνωσης και ημι-αγωγίμης θωράκισης.

Βήμα 4

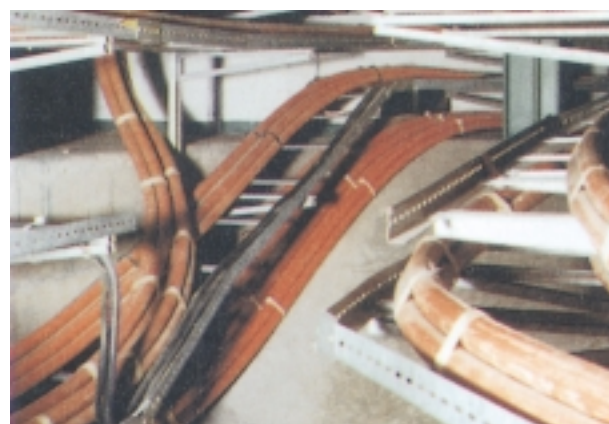
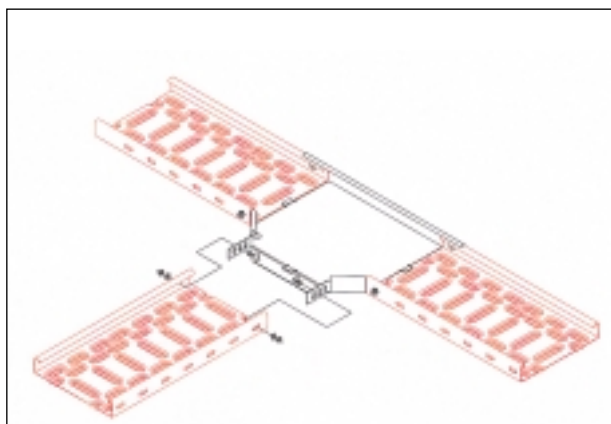
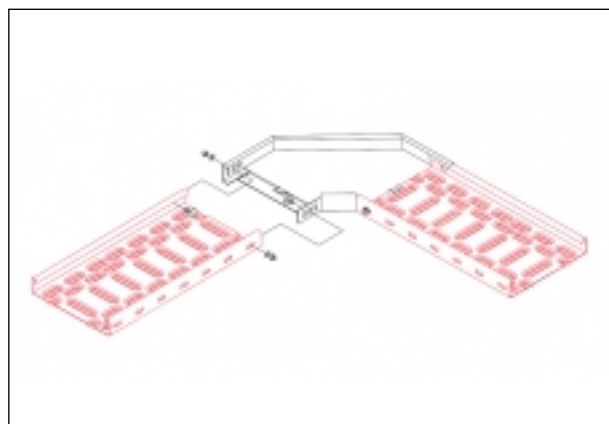
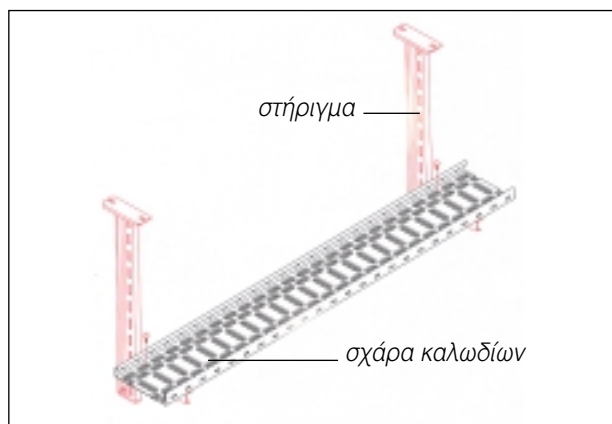
- Φοράμε το ακροκιβώτιο στο καλώδιο (τα πιάτα να κοιτάζουν προς τα κάτω) και το φέρνουμε μέχρι τη μονωτική ταινία.
- Τραβάμε την άκρη του πλαστικού ελατηρίου προσέχοντας το ακροκιβώτιο να είναι στη θέση του.

1.3.3 Εγκατάσταση καλωδίων μέσης τάσης σε σχάρες

Η εγκατάσταση των καλωδίων μέσης τάσης στον αέρα γίνεται πάνω σε προκατασκευασμένες διάτρητες μεταλλικές σχάρες καλωδίων (Εικόνα 1.3.3α). Οι σχάρες είναι διάτρητες για να μην εμποδίζουν το φυσικό αερισμό (ψύξη) των καλωδίων. Κατασκευάζονται από γαλβανισμένη λαμαρίνα πάχους 0,5 έως 2 mm και σε μήκη από 2 έως 4 m. Οι σχάρες στηρίζονται στον τοίχο ή στην οροφή, ανά 1,5 m περίπου, με ειδικά μεταλλικά στηρίγματα. Οι κατασκευαστές σχαρών καλωδίων, κατασκευάζουν και μια σειρά από εξαρτήματα όπως γωνίες, ταυ,

σταυρούς κ.λπ (Εικόνα 1.3.3β και 1.3.3γ), που μας επιτρέπουν να συνδέσουμε τις σχάρες μεταξύ τους και να δημιουργήσουμε το δίκτυο των σχαρών καλωδίων μέσης και χαμηλής τάσης. Πάνω στις σχάρες μέσης τάσης τοποθετούνται μόνο τα καλώδια μέσης τάσης, ενώ στις σχάρες χαμηλής τάσης μόνο τα καλώδια χαμηλής τάσης.

Τα καλώδια δένονται με πλαστικά κολάρα πάνω στις σχάρες ανά 20 cm περίπου. Μεταξύ των καλωδίων αφήνουμε απόσταση όση είναι περίπου η διάμετρος τους.



Εικόνα 1.3.3 Εγκατάσταση καλωδίων μέσης τάσης σε σχάρες
 α. σχάρα καλωδίων με τα στηρίγματά της
 β. γωνία 90° για τη σύνδεση δύο σχαρών με γωνία 90°
 γ. εξάρτημα ταυ για τη σύνδεση τριών σχαρών
 δ. δέσιμο καλωδίων πάνω στις σχάρες

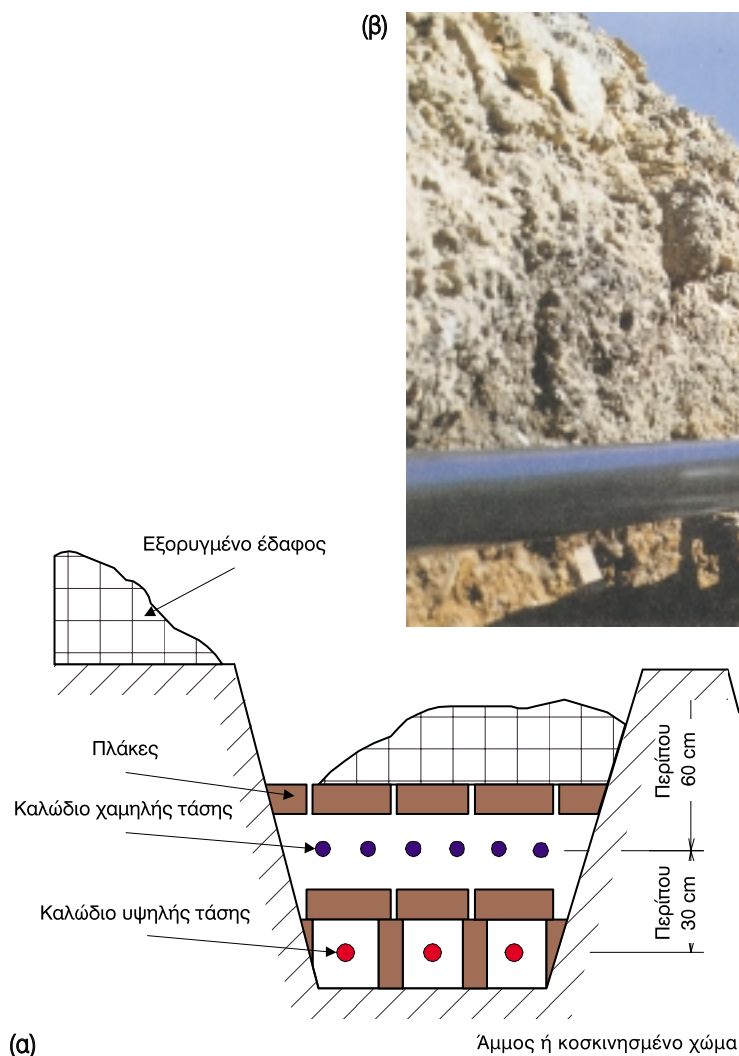
1.3.4 Εγκατάσταση καλωδίων μέσης τάσης μέσα στο έδαφος

Η εγκατάσταση των καλωδίων στο έδαφος γίνεται μέσα σε ειδικά χαντάκια που ανοίγονται κατά μήκος των δρόμων. Αν στο χαντάκι οδεύουν και καλώδια χαμηλής τάσης, τότε τα καλώδια μέσης τάσης τοποθετούνται στο κάτω μέρος του χαντακιού και διαχωρίζονται μεταξύ τους και με τα καλώδια χαμηλής τάσης με τσιμεντένιες πλάκες (Εικόνα 1.3.4α).

Τα καλώδια παραδίδονται από το εργοστάσιο κατασκευής τους τυλιγμένα σε ξύλινα στροφεία (Εικόνα 1.3.4β). Η τοποθέτηση των καλωδίων στο χαντάκι γίνεται με προσεκτικό ξετύλιγμα από το

στροφείο και με τη βοήθεια ειδικών κυλιστήρων (ράουλα) που επιτρέπουν το τράβηγμα του καλωδίου χωρίς να τραυματίζεται η μόνωσή τους (Εικόνα 1.3.4β).

Σε όλο το μήκος της διαδρομής τους τα καλώδια τοποθετούνται απ'ευθείας μέσα στο χαντάκι χώμα και καλύπτονται με άμμο ή κοσκινισμένο. Στα σημεία που το χαντακι διασχίζει κάποιο δρόμο, τοποθετούνται σε πλαστικούς σωλήνες από PVC διαμέτρου $D > 100 \text{ mm}$. Έτσι σε περίπτωση ζημιάς και αντικατάστασής τους, δε χρειάζεται να ξανασκαφτεί ο δρόμος.



Εικόνα 1.3.4

- α. Τομή χαντακιού με καλώδια μέσης και χαμηλής τάσης
- β. Ξετύλιγμα καλωδίου από το ξύλινο στροφείο

Καλώδια μέσης τάσης

Ερωτήσεις

1. Ένα καλώδιο γράφει στο μανδύα του $U_0/U = 12/20$ kV. Να εξηγήσετε τι σημαίνει.
2. Στην αποθήκη του εργοταξίου υπάρχουν κουλούρες με τα εξής είδη καλωδίων :
 $NYN\ 1 \times 50\ mm^2, U_0/U = 0,6/1\ kV$
 $N2XSY\ 1 \times 50\ mm^2, U_0/U = 6/10\ kV$
 $N2XSY\ 1 \times 50\ mm^2, U_0/U = 12/20\ kV$
 $N2XSY\ 1 \times 50\ mm^2, U_0/U = 18/30\ kV$
 Ποιο από αυτά θα χρησιμοποιήσετε για τη σύνδεση του ΜΣ 20 kV με το δίκτυο της ΔΕΗ και ποιο για τη σύνδεση του κινητήρα των 3.3 kV. Δώστε εναλλακτικές επιλογές, αν το μήκος κάποιου καλωδίου δεν είναι αρκετό.
3. Γιατί πρέπει να τερματίζονται με ακροκεφαλές τα καλώδια μέσης τάσης ;
4. Ποιά είναι η σειρά των εργασιών για τον τερματισμό ενός μονοπολικού καλωδίου στα 20 kV ;

Ασκήσεις

1. Ένα τριπολικό καλώδιο τύπου 2XSEYFY, $U_0/U = 12/20$ kV έχει παρασιτική χωρητικότητα $C = 0.25\ \mu F/km$. Αν το μήκος του καλωδίου είναι $L = 10\ km$ και η τάση λειτουργίας είναι 20 kV να βρείτε :
 α. τη συνολική χωρητικότητα του C σε μF
 β. τη χωρητική σύνθετη αντίσταση του X_C σε Ω
 γ. το ρεύμα διαρροής σε A.
 Θυμίζουμε ότι $X_C = 1/(\omega \times C)$, $\omega = 2 \times \pi \times f$, $f = 50\ Hz$