

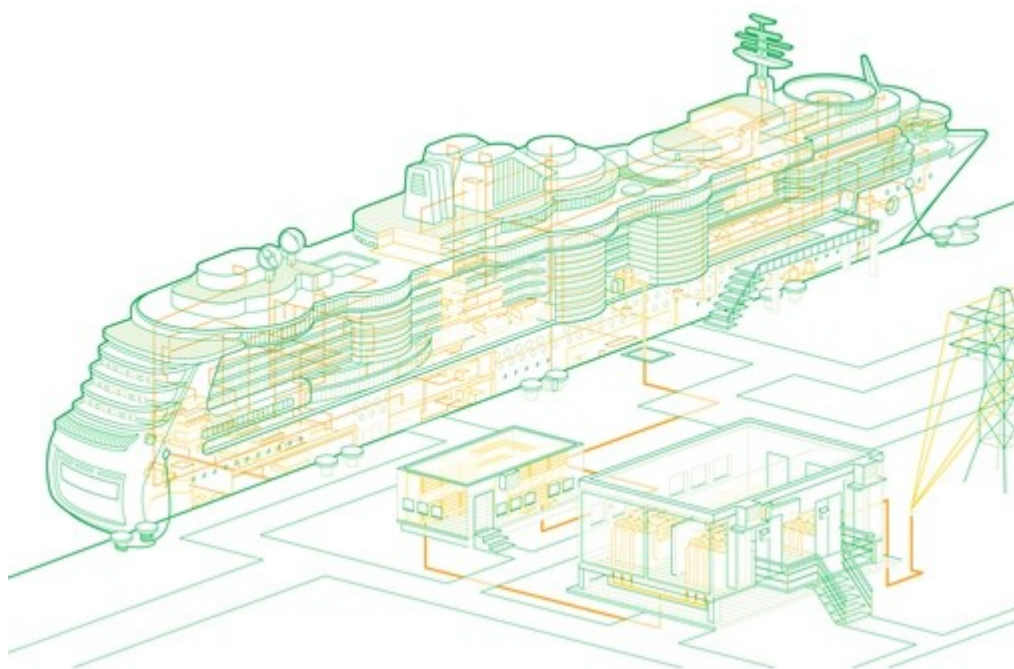
ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ

**ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΥΠΟΣΤΑΘΜΩΝ ΣΕ ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ
ΠΛΟΙΩΝ-ΛΙΜΑΝΙΩΝ
ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ
ΚΩΤΣΙΟΠΟΥΛΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
*ΑΡΓΥΡΙΟΥ ΑΝΔΡΟΚΛΗΣ***



ΝΕΑ ΜΗΧΑΝΙΩΝΑ

2013

**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ**

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΘΕΜΑ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΥΠΟΣΤΑΘΜΩΝ ΣΕ ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΠΛΟΙΩΝ-ΛΙΜΑΝΙΩΝ**

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ ΚΩΤΣΙΟΠΟΥΛΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΑΜ 4486

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ

Βεβαιώνεται η ολοκλήρωση της παραπάνω πτυχιακής εργασίας

ο καθηγητής

Περίληψη

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία γίνεται μία περιγραφή στις διατάξεις υποσταθμών σε ηλεκτρικές εγκαταστάσεις πλοίων-λιμανιών. Περιγράφεται ο τρόπος με τον οποίο ένα πλοίο κατά την παραμονή του στο λιμάνι θα μπορεί να θέτει εκτός λειτουργίας τις μηχανές ντίζελ παραγωγής ηλεκτρικής ισχύος και να ηλεκτροδοτείται με το δίκτυο του λιμανιού. Θα αναφερθούν οι λόγοι οι οποίοι έστρεψαν τους πλοιοκτήτες και τις λιμενικές αρχές στην χρήση της ηλεκτρικής ισχύος και τα οφέλη αυτής της ηλεκτροδότησης όσο και οι απαιτήσεις που θα πρέπει να παρέχει το δίκτυο του λιμανιού. Στην συνέχεια αναφέρεται η ηλεκτρολογική υποδομή και τα βασικά στοιχεία ενός υποσταθμού και του όλου συστήματος. Επίσης θα σχολιαστεί ξεχωριστά ο υποσταθμός που είναι τοποθετημένος στην προβλήτα του λιμανιού και ο υποσταθμός που βρίσκεται στο πλοίο αλλά και το καλώδιο που συνδέει τους δύο υποσταθμούς και ο τρόπος που γίνεται αυτή η σύνδεση. Έπειτα θα γίνει αναλυτική αναφορά στον βασικό εξοπλισμό των υποσταθμών. Επιπλέον γίνεται λεπτομερής περιγραφή των μηχανημάτων εκείνων όπου η λειτουργία τους είναι ιδιαίτερα σημαντική για την σωστή λειτουργία ενός υποσταθμού. Στην συνέχεια αναφέρονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα μιας τέτοιας εγκατάστασης σε λιμάνια. Τέλος αναφέρονται τα συμπεράσματα των διατάξεων υποσταθμών σε ηλεκτρικές εγκαταστάσεις πλοίων λιμανιών.

Abstract

In the present project, it is presented a detailed description of the substations electrical arrangement between ship and port. It is described the way a ship after its residence in the port can actually shut off diesel generators and supply itself by a power source of the port. It will be mentioned the reasons who force the ship-owners as well as the port authorities to use power solution and shore to ship connection. Also, it will be mention the benefits of electrical connection and the demands that ports must have in order to set the particular electrical system. There will be illustrated the electrical techno-structure of a substation and its elements. Additionally, it will be comment separately the substation, which is located in the port and the substation which located in the ship. This electrical connection can be achieved through a specific cable which connects the two substations and allow shore to ship connection. Furthermore, there will be detailed note the main parts of a substation. The benefits and drawbacks of the shore to ship connection will be also provided. Finally, the outcomes of shore to ship connection are going to be detailed described.

Πρόλογος

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία μελετούνται οι διατάξεις των υποσταθμών σε ηλεκτρικές εγκαταστάσεις πλοίων-λιμανιών. Προς την αναζήτηση τρόπων και μεθόδων για την μείωση των εκπομπών ρύπων από τα πλοία στην παγκόσμια προσπάθεια της προστασίας του περιβάλλοντος, οι πλοιοκτήτες λόγω και των αυξημένων απαιτήσεων για πλοία φιλικότερα προς το περιβάλλον έστρεψαν το ενδιαφέρον τους στην παροχή ηλεκτρικής ισχύος στα ελλιμενισμένα πλοία από την στεριά. Η αύξηση του ενδιαφέροντος σε αυτόν τον τομέα προκύπτει τόσο από τα αυξημένα περιβαλλοντικά οφέλη της χρήσης ηλεκτρικής ισχύος όσο και λόγω του σημαντικού οικονομικού οφέλους, καθώς το κόστος της κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων ολοένα και αυξάνει.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η ανάλυση, η κατανόηση και η περιγραφή τους συστήματος ηλεκτροδότησης ενός πλοίου κατά την παραμονή του στο λιμάνι. Πιο συγκεκριμένα, ξεκινώντας από την γενική περιγραφή του τρόπου σύνδεσης και παροχής ηλεκτρικής ισχύος μεταξύ στεριάς και πλοίου, θα γίνει επίσης περιγραφή ξεχωριστά για τον υποσταθμό της στεριάς και αυτόν του πλοίου. Για να γίνει πιο κατανοήτο και να υπάρχει μια πληρέστερη εικόνα του όλου συστήματος θα αναλύθουν με την βοήθεια εικόνων και σχεδίων διάφοροι υποσταθμοί. Σε παρακάτω κεφάλαιο θα αναλυθούν λεπτομερώς τα επιμέρους μηχανήματα και το απαραίτητο ηλεκτρολογικό υλικό που υπάρχει στους δύο υποσταθμούς.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο

Γενική περιγραφή υποσταθμών και διαδικασία ηλεκτροδότησης

1.1 Εισαγωγή

Μέσα στο πλαίσιο της παγκόσμιας προσπάθειας για την προστασία του περιβάλλοντος οι κατασκευαστές πλοίων σε συνεργασία με τις λιμενικές αρχές αναζητούν τρόπους περιορισμού των εκπομπών αερίων ρύπων από τα πλοία με συνέπεια την παροχή ηλεκτρικής ισχύος στα πλοία κατά την παραμονή τους στο λιμάνι από την στεριά. Η αύξηση του ενδιαφέροντος σε αυτόν τον τομέα προκύπτει τόσο από τα αυξημένα περιβαλλοντικά οφέλη της χρήσης ηλεκτρικής ισχύος όσο και λόγω του σημαντικού οικονομικού οφέλους.

Λόγω της προσπάθειας για πλοία φιλικότερα προς το περιβάλλον, μεγάλες εταιρίες εξηδικευμένες σε θέματα βελτίωσης συστημάτων παροχής ενέργειας στα πλοία κατασκεύασαν και εφάρμοσαν τις εφαρμογές της συγκεκριμένης παροχής ισχύος ελλιμενισμένων πλοίων. Η παροχή ηλεκτρικής ισχύος από το λιμάνι προς το πλοίο επιτυγχάνεται με διατάξεις υποσταθμών. Οι εταιρίες που κατασκευάζουν και τοποθετούν όλη την ηλεκτρολογική υποδομή τόσο στην στεριά όσο και στην θάλασσα με την μορφή λύσεων “με το κλειδί στο χέρι”. Επίσης οι εταιρίες αυτές είναι υπεύθυνες να διεξάγουν μελέτες συστήματος για την εκτίμηση της συνολικής επίδρασης που μπορεί να επιφέρει η εφαρμογή ενός τέτοιου συστήματος τροφοδοσίας και να προτείνουν λύσεις αναβάθμισης και συντήρησης του τοπικού δικτύου.

Σκοπός ενός συστήματος παροχής ηλεκτρικής ισχύος στο πλοίο από το λιμάνι είναι να εξαλειφθούν οι εκπομπές αερίων ρύπων που προέρχονται από την καύση πετρελαίου στις μηχανές ντίζελ παραγωγής ηλεκτρικής ισχύος στο πλοίο όπως CO₂ και στον περιορισμό SO₂, NO_x και άλλων ιδιαίτερων αερίων ρύπων. Επίσης διευκολύνει την μείωση του θορύβου που προέρχεται από τις μηχανές και των δονήσεων χαμηλής συχνότητας στο ευρύτερο χώρο του λιμανιού. Ακόμη υπάρχει και το σημαντικό οικονομικό όφελος από την μείωση κατανάλωση πετρελαίου λόγω της διακοπής λειτουργίας των μηχανών ντίζελ.

1.2 Γενικά χαρακτηριστικά

Για να επιτευχθεί η ηλεκτροδότηση ενός πλοίου κατα την παραμονή του στο λιμάνι χρειάζεται μια διάταξη υποσταθμών υποβιβασμού της τάσης. Η διάταξη αποτελείται από έναν υποσταθμό υποβιβασμού της τάσης από υψηλή σε μέση τάση, ο οποίος τοποθετείται στην προβλήτα του λιμανιού. Επίσης ένας ακόμη υποσταθμός που βρίσκεται στο πλοίο και υποβιβάζει την μέση τάση που παρέχεται από τον υποσταθμό της στεριάς σε χαμηλή τάση. Οι δύο αυτοί υποσταθμοί συνδέονται με ένα καλώδιο μέσης τάσης με σκοπό την μεταφορά της τάσης από τον έναν υποσταθμό στον άλλον.

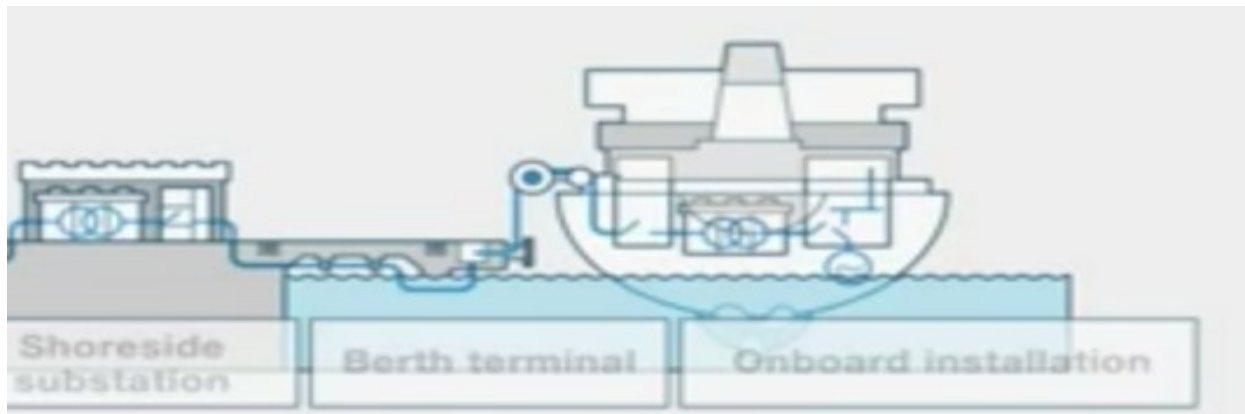
Βέβαια ο χώρος της προβλήτας είναι πάντα πολύτιμος και για τον λόγο αυτό η όποια εγκατάσταση εκεί θα πρέπει να καταλαμβάνει κατά το δυνατόν μικρότερο χώρο. Έτσι στην προβλήτα χρειάζεται να βρῆσκειται μόνο ένα κοντέινερ το οποίο θα περιέχει τον μετασχηματιστή απομόνωσης και διασύνδεσης με τα πλοία, το διακοπτικό υλικό, τον πίνακα, τον απαραίτητο εξοπλισμό προστασίας και ελεέγγου και το σύστημα διεπαφής με τα πλοία. Έτσι ο μετατροπέας συχνότητας μπορεί να είναι σε μια απόσταση εώς και 10km, από το λιμάνι.

Η λύση ισχύος για το μέρος του συστήματος που βρίσκεται πάνω στο πλοίο θα πρέπει να είναι ενσωματωμένη απόλυτα στο ηλεκτρικό σύστημα και στο σύστημα αυτοματισμού του πλοίου επιτρέποντας την αδιάλειπτη μεταγωγή ισχύος μεταξύ των γενιτριών του πλοίου και του υποσταθμού της στεριάς.

Το σύστημα ηλεκτροδότησης ελλιμενισμένων πλοίων εφαρμόστηκε με πολύ καλά αποτελέσματα στο λιμάνι του Gothenburg το 2000 στην Σουηδία με κατασκευάστρια εταιρία την ABB, η οποία θεωρείται μια από τις πρώτες κατασκευάστριες εταιρίες που έθεσαν σε εφαρμογή τόσο θεωρητική μέσα από τις μελέτες όσο και στην πράξη. Η ίδια εταιρία έχει τοποθετήσει το παραπάνω σύστημα και στο λιμάνι Hoek-Van Holland (εικ,1.2.1) στο Ρότερνταμ της Ολανδίας για την γραμμή των επιβατικών πλοίων της Stena-Line. Ακόμη ένα λιμάνι που κατέχει το σύστημα ηλεκτροδότησης ελλιμενισμένων πλοίων είναι το λιμάνι του San Diego στην Καληφόρνια των Η.Π.Α. Τα αποτελέσματα αυτών των εγκαταστάσεων είχαν μεγάλη επιτυχία και έτσι οι εφαρμογές του συγκεκριμένου συστήματος έγιναν ευρέως διαδεδομένες σε πολλά ακόμη λιμάνια. Ως αποτέλεσμα αυτής της σημαντικής εφαρμογής το σύστημα ηλεκτροδότησης ελλιμενισμένων πλοίων όχι μόνον αναπτύχθηκε αλλά και άνοιξε τον δρόμο και σε περισσότερα λιμάνια για την μελέτη και εγκατάσταση αυτού του συστήματος.



1.3 Διάταξη υποσταθμού



Εικόνα 1.3.1. διάταξη υποσταθμού

Οι διατάξεις υποσταθμών που είναι απαραίτητες για την παροχή και ηλεκτροδότησης ηλεκτρικής ισχύος σε πλοία κατά την παραμονή τους στο λιμάνι αποτελείται από δύο υποσταθμούς υποβιβασμού της τάσης. Ο ένας είναι τοποθετημένος στην προβλήτα του λιμανιού και είναι υπεύθυνος για τον υποβιβασμό της ηλεκτρικής τάσης από τα 20KV στα 6.6KV, ο υποσταθμός αυτός είναι συνήθως επίγειος, διανομής και ονομάζεται υποσταθμός μέσης τάσης. Ο δεύτερος υποσταθμός είναι τοποθετημένος πάνω στο πλοίο σε ειδικά διαμορφωμένο χώρο και είναι υπεύθυνος για τον υποβιβασμό της μέσης τάσης, η οποία παρέχεται από τον πρώτο υποσταθμό, σε χαμηλή τάση 440 V. Η τάση αυτή είναι και η τάση λειτουργίας όλων των ηλεκτρικών συστημάτων

και αυτοματισμών του πλοίου. Η σύνδεση αυτών των δύο υποσταθμών πραγματοποιείται απο ένα ειδικό καλώδιο, το οποίο ονομάζεται καλώδιο μέσης τάσης.

Ο υποσταθμός που βρίσκεται στην στεριά τροφοδοτείται από την τοπική παροχή ηλεκτρικής ισχύος η οποία είναι συνήθως στα 20KV και συχνότητας 50Hz. Ο υποσταθμός υποβιβάζει αυτήν την τάση στα 6.6 KV και σε συχνότητα των 60Hz, η οποία είναι και η συχνότητα λειτουργίας της ηλεκτρικής υποδομής του πλοίου. Η μετατροπή της συχνότητας γίνεται απο τους μετατροπείς συχνότητας (frequency converters) οι οποίοι βρίσκονται συνήθως στον υποσταθμό της στεριάς αλλά μπορούν να τοποθετηθούν και στον υποσταθμό του πλοίου.

Ο υποσταθμός του πλοίου τροφοδοτείται με την τάση των 6.6 KV η οποία προέρχεται απο τον πρώτο υποσταθμό και την υποβιβάζει στα 400V η οποία είναι και η τάση λειτουργίας των ηλεκτρολογικών συστημάτων του πλοίου. Η συχνότητα είναι αυτή των 60Hz.

Το καλώδιο το οποίο συνδέει τους δύο υποσταθμούς ονομάζεται μέσης τάσης. Το καλώδιο παρέχεται στο πλοίο απο το λιμάνι με την βοήθεια ειδικά διαμορφωμένων γερανών οι οποίοι χειρίζονται απο ανθρώπινο δυναμικό αλλά μπορεί το συγκεκριμένο καλώδιο να υπάρχει και στην εγκατάσταση του πλοίου. Όταν το καλώδιο υπάρχει πάνω στο πλοίο τότε παρέχεται απο το πλήρωμα στους εργάτες του λιμανιού μέσω ενός ειδικά διαμορφωμένου γερανού.

1.4 Περιγραφή ηλεκτροδότησης

Κάτα την άφιξη ενός πλοίου στο λιμάνι και αφού έχουν ολοκληρωθεί οι απαραίτητες εργασίες πρόσδεσης του στην προβλήτα του λιμανιού τότε τίθεται σε κατάσταση μη λειτουργίας η κύρια μηχανή του πλοίου. Στην συνέχεια ακολουθεί η διαδικασία ηλεκτροδότησης του πλοίου απο το σύστημα παροχής ηλεκτρικής ισχύος απο το λιμάνι. Για την ολοκλήρωση αυτής της διαδικασίας ακολουθούν κάποιες τεχνικές διεργασίες.

Αρχικά οι μηχανικοί του λιμανιού θέτουν σε λειτουργία τον γερανό ο οποίος έχει εφαρμοσμένο επάνω του το ειδικό καλώδιο μέσης τάσης, όπως φαίνεται στις εικόνες (1.4.1), (1.4.2) και (1.4.3) που πρέπει να συνδεθεί στον υποσταθμό του πλοίου.



Εικόνα 1.4.1 Γερανός μεταφοράς καλωδίου



Εικόνα 1.4.2 Καλώδιο μέσης τάσης



Εικόνα 1.4.3. Καλώδιο μέσης τάσης

Το καλώδιο είναι αυτό που συνδέει τους δύο υποσταθμούς δηλαδή είναι αυτό που μεταφέρει την ηλεκτρική ισχύ από τον υποσταθμό της στεριάς στον υποσταθμό του πλοίου. Ο γερανός σηκώνει και ουσιαστικά βοηθάει στην μεταφορά του ειδικού αυτού καλωδίου στο πλοίο (εικόνα 1.4.4).



Εικόνα 1.4.4 Μεταφορά καλωδίου

Κατά την διάρκεια της μεταφοράς ο γερανός φέρνει κοντά στην ειδική πόρτα του πλοίου το καλώδιο ώστε να μπορέσει ο μηχανικός του πλοίου να το παραλάβει (εικόνα 1.4.5).



Εικόνα 1.4.5 Παραλαβή καλωδίου

Ο μηχανικός αφού το παραλάβει το εφαρμόζει στους ειδικούς υποδοχείς του υποσταθμού του πλοίου (εικόνα 1.4.6). Η διαδικασία ηλεκτροδότησης δέν έχει πλήρως ολοκληρωθεί διότι θα πρέπει να γίνει ο συγχρονισμός του δικτύου του υποσταθμού με αυτό του πλοίου.



Εικόνα 1.4.6 Σύνδεση καλωδίου

Σε κάποιες περιπτώσεις το πλοίο μπορεί να είναι εξοπλισμένο με το καλώδιο μέσης τάσης και κατά την άφιξη του να δίνεται απο το πλήρωμα μέσω του ειδικού γερανού που βρίσκεται στο πλοίο στους τεχνικούς του λιμανιού. Αυτοί με την σειρά τους το παραλαμβάνουν και το τοποθετούν στους ειδικούς υποδοχείς της στεριάς. Βέβαια το συγκεκριμένο σύστημα ηλεκτροδότησης θεωρείται σπανιότερο επειδή το καλώδιο και ο γεράνος καταλαμβάνουν σημαντικό χώρο στο πλοίο επίσης, για λόγους εξοικονόμησης χώρου και μείωσης του κόστους κατασκευής για τους πλοιοκτήτες (εικόνα 1.4.7).

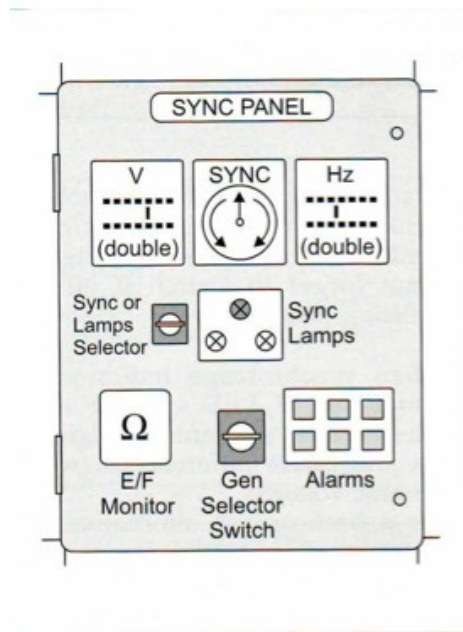


Εικόνα 1.4.7 πλοίο εξοπλισμένο με καλώδιο

Εφόσον έχει συνδεθεί το καλώδιο μέσης τάσης στον υποσταθμό του πλοίου, ο οποίος υποβιβάζει την τάση των 6.6KV σε τάση των 440V και συχνότητας 60Hz θα πρέπει να ακολουθήσουν δύο βήματα. Το πρώτο βήμα είναι ο συγχρονισμός μεταξύ της παροχής του υποσταθμού και αυτής της ηλεκτρομηχανής που βρίσκεται σε λειτουργία. Το δεύτερο βήμα και αφού έχει ολοκληρωθεί ο συγχρονισμός θα πρέπει να γίνει κατανομή του φορτίου και στην συνέχεια παραλαβή όλου του φορτίου προς τον υποσταθμό, ώστε να μπορούμε να θέσουμε εκτός λειτουργίας την γεννήτρια του πλοίου.

Ο συγχρονισμός γίνεται αυτόματα. Για την επίτευξη συγχρονισμού δέν πρέπει να υπάρχει διαφορά δυναμικού μεταξύ των τάσεων των υποσύνδεση αντίστοιχων φάσεων μεταξύ της παροχής του υποσταθμού και της γεννήτριας. Για να συμβεί αυτό θα πρέπει οι ενεργές πηγές των τάσεων και των δύο να είναι ίσες και οι συχνότητες να είναι ίσες. Επίσης να μην υπάρχει διαφορά φάσεις μεταξύ των τάσεων των φάσεων που πρόκειται να συνδεθούν. Και τέλος για όμοιες φάσεις να συνδεθούν μεταξύ τους όταν κλήσει ο διακόπτης παραλληλισμού (αυτό είναι εξασφαλισμένο απο

την εγκατάσταση). Αφού τα παραπάνω έχουν εφαρμοστεί γίνεται παραλληλισμός με το κλείσιμο του διακόπτη την στιγμή που οι κυματομορφές των τάσεων των αντίστοιχων φάσεων είναι η μία πάνω στην άλλη, δηλαδή είναι πλήρως συγχρονισμένες. Η διαφορά φάσεις μεταξύ των τάσεων των φάσεων προς παραλληλισμό παρατηρείται στο συγχρονοσκόπιο ή στις λάμπες συγχρονισμού (εικόνα 1.4.8).



Εικόνα 1.4.8 όργανα παραλληλισμού

Μετά το κλείσιμο του διακόπτη παραλληλισμού επιδιώκουμε την μεταφορά του φορτίου εξ ολοκλήρου στο δίκτυο του υποσταθμού. Αυτό που καταφέρνουμε με αυτή την ενέργεια είναι να μηδενίσουμε τα φορτία στην ηλεκτρομηχανή ώστε να έχουμε την δυνατότητα να την αφεραίσουμε απο το δίκτυο και στην συνέχεια να την θέσουμε εκτός λειτουργίας, δηλαδή να την σβήσουμε αφού δεν μας είναι πλέον χρήσιμη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο

Αναλυτική περιγραφή υποσταθμών

2.1 Υποσταθμοί



Εικόνα 2.1 Επίγειος υποσταθμός διανομής

Υποσταθμός γενικά ονομάζεται η ηλεκτρική εγκατάσταση στην οποία γίνεται μετασχηματισμός τάσης, η κατανομή ή διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας. Στους υποσταθμούς που γίνεται μετασχηματισμός τάσεως από μία βαθμίδα τάσεως μεταφοράς σε μία χαμηλότερη, τότε πρόκειται για υποσταθμό μετασχηματισμού ή υποσταθμό υποβιβασμού.

Τα στοιχεία σύνδεσης των γραμμών στους υποσταθμούς καλούνται ζυγοί, σε αυτούς δε οι γραμμές συνδέονται μέσω των διακοπών. Οι διακόπτες οι οποίοι χρησιμεύουν για την διακοπή και αποκατάσταση της ροής του ηλεκτρικού ρεύματος και οι μετασχηματιστές στους οποίους μετασχηματίζεται η ισχύς και αλλάζει η τάση αποτελούν τις σπουδέστερες συσκευές ισχύων της διάταξης. Οι υποσταθμοί χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, στους υποσταθμούς διανομής και τους υποσταθμούς μεταφοράς ανάλογα με την τάση που τροφοδοτούνται. Στις διατάξεις υποσταθμών σε ηλεκτρικές εγκαταστάσεις πλοίων λιμανιών οι δύο υποσταθμοί είναι υποσταθμοί διανομής οι οποίοι υποβιβάζουν την τάση.

2.2 Υποσταθμοί πλοίου και λιμανιού

Ο υποσταθμός που είναι τοποθετημένος στην προβλήτα του λιμανιού είναι υποσταθμός διανομής μέσης τάσης ο οποίος υποβιβάζει την τάση παροχής από τον κύριο υποσταθμό του τοπικού δικτύου των 20KV και συχνότητας 50Hz σε τάση των 6.6KV και μετατρέπει την συχνότητα σε αυτή των 60Hz που είναι και η συχνότητα λειτουργίας της ηλεκτρικής εγκαταστάσεως του πλοίου. Επίσης είναι επίγειος εσωτερικού τύπου ο οποίος τοποθετείται είτε μέσα σε κτίρια που υπάρχουν, είτε μέσα σε ιδιαίτερα οικοδομήματα, είτε μέσα σε ειδικά περίπτερα. Η διάταξη υποσταθμού σε κλειστό χώρο απαιτεί να ληφθούν ειδικά μέτρα για να εξασφαλιστεί ο αερισμός με σύστημα ανεμιστήρων ή κλιματισμού έτσι ώστε η θερμοκρασία του χώρου να μην φθάσει σε επικίνδυνα όρια για την λειτουργία του μετασχηματιστή και των άλλων ηλεκτρικών συσκευών ή καλωδίων.



Εικόνα 2.2.1 Επίγειος υποσταθμός

Στον υποσταθμό του πλοίου υπάρχουν οι ειδικοί υποδοχείς (εικόνα 2.2.2) για να συνδεθεί το καλωδίο μέσης τάσης που προέρχεται από τον πρώτο υποσταθμό. Ο υποσταθμός αυτός υποβιβάζει την τάση των 6.6KV και συχνότητας 60Hz σε τάση των 440V και ίδιας συχνότητας. Όπως στον υποσταθμό της στεριάς που είναι εσωτερικού τύπου έτσι και σε αυτό το πλοίο υπάρχει εγκατάσταση αερισμού για αποφυγή της αύξησης της θερμοκρασίας του χώρου του μετασχηματιστή (εικόνα 2.2.3).



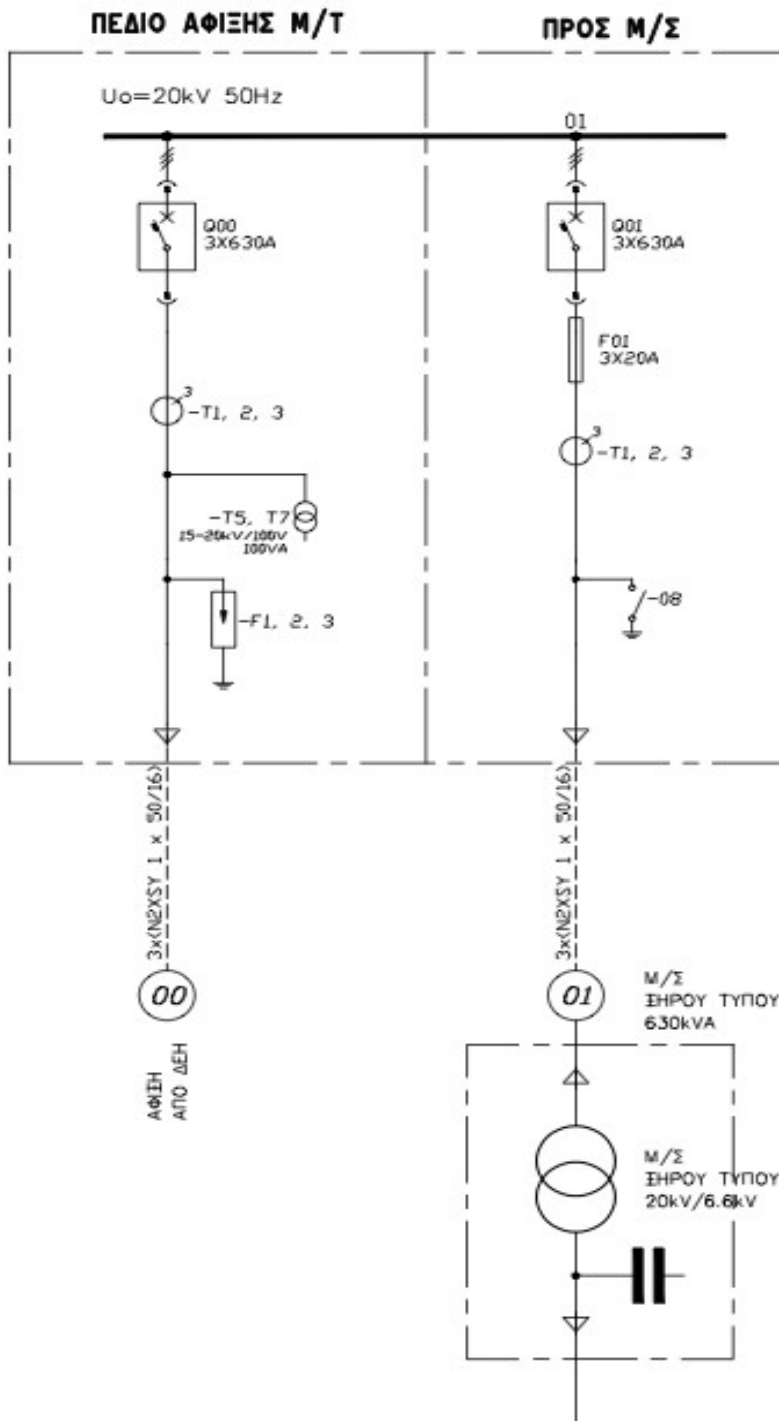
Εικόνα 2.2.2 Ειδικό υποδοχείς καλωδίου



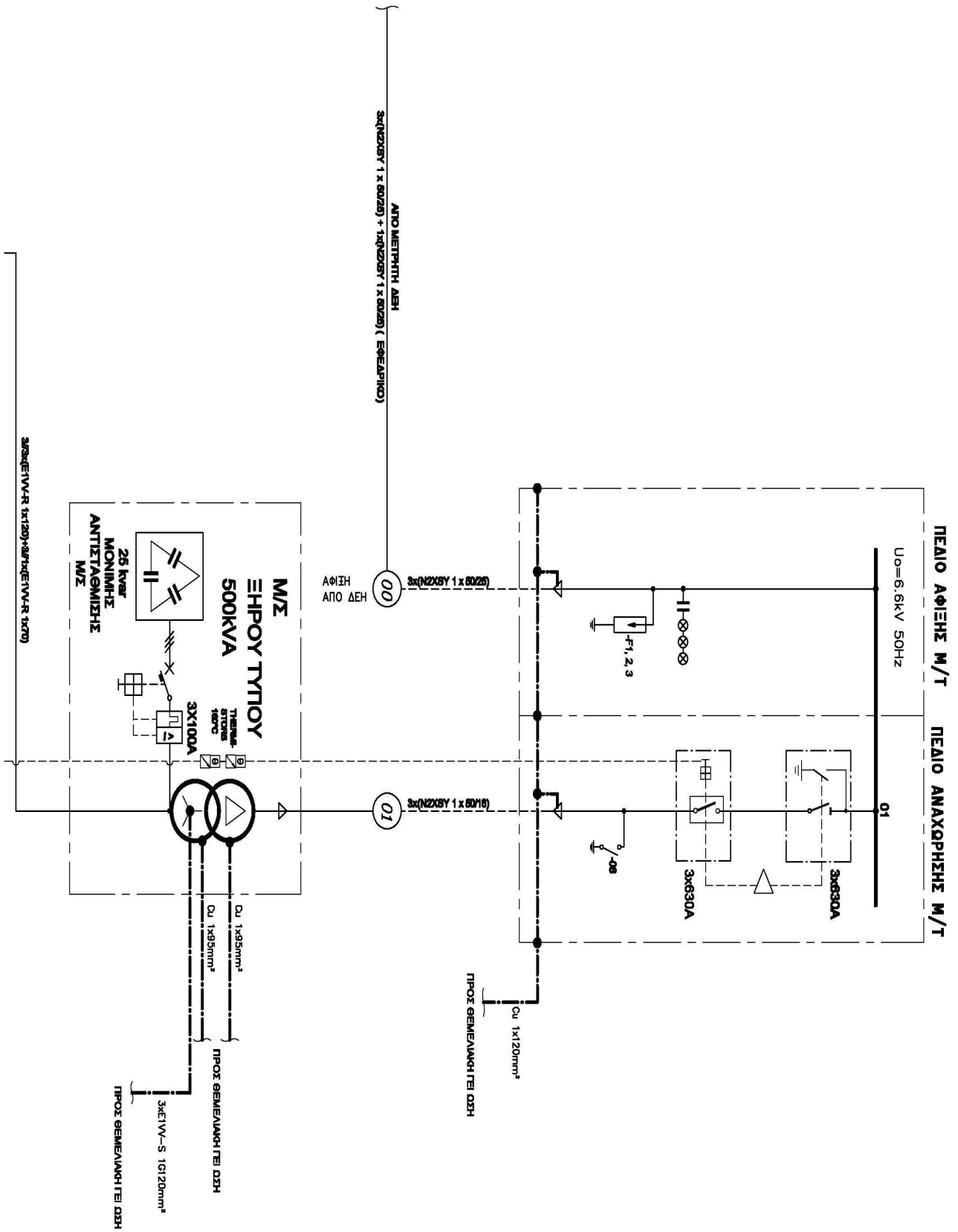
Εικόνα 2.2.3 Σύστημα αερισμού υποσταθμού πλοίου

2.3 Σχέδια υποσταθμών




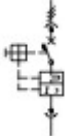







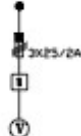


Στην παρακάτω υποενότητα θα παρουσιαστούν με σχέδια υποσταθμοί διανομής και υποβιβασμού τάσης. Τα παρακάτω σχήματα βοηθούν στην καλύτερη κατανόηση των διατάξεων των υποσταθμών μέσης τάσης.



Σχέδιο 2.3.1 Υποσταθμός υποβιβασμού τάσης 20KV σε 6.6KV

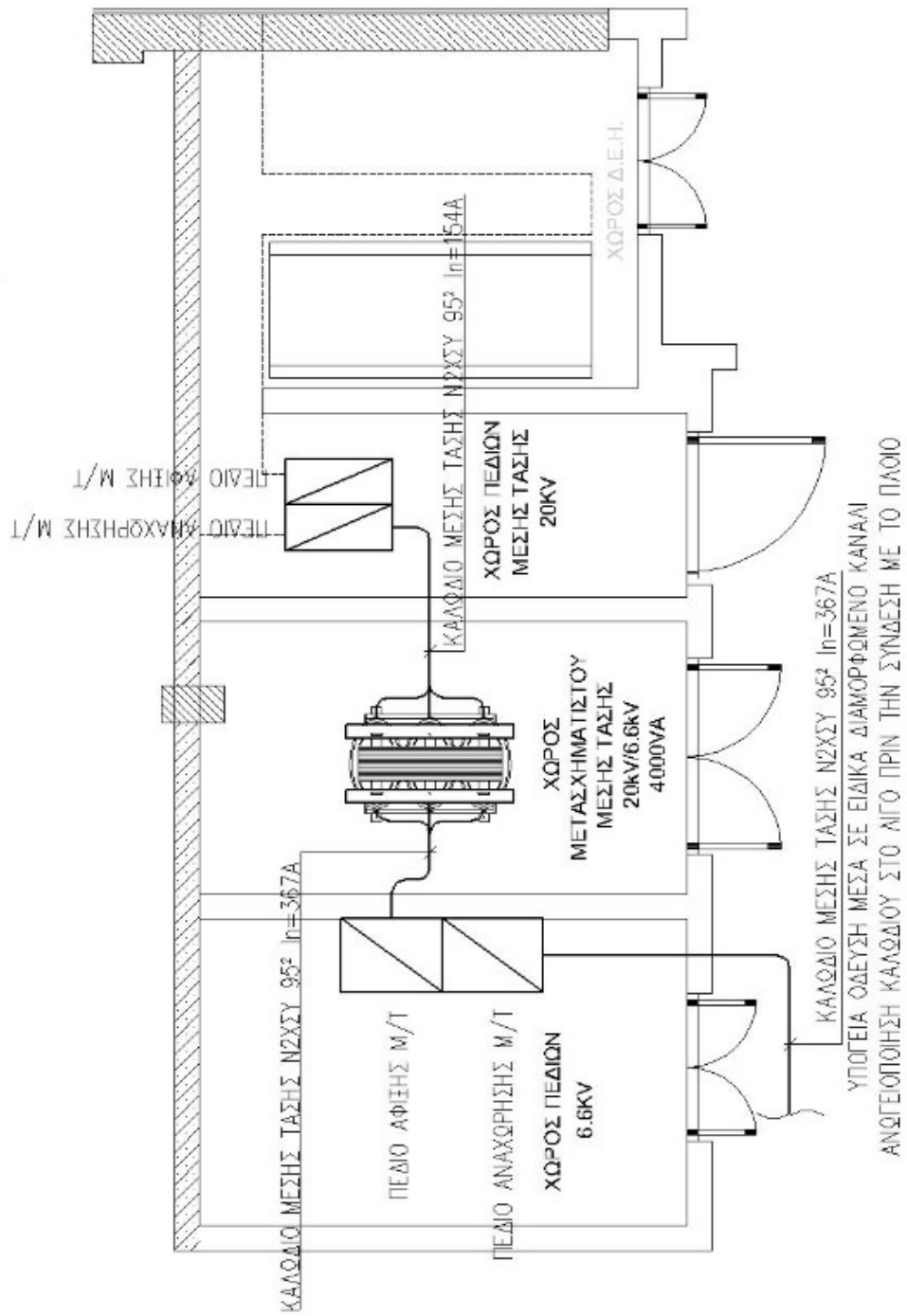


Σχέδιο 2.3.2 Υποσταθμός υποβιβασμού τάσης από 6.6KV σε 400V

Υ Π Ο Μ Ν Η Μ Α Σ Υ Μ Β Ο Λ Ω Ν			
	3-Π ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ SF6, ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ		ΣΤΑΘΕΡΗ ΜΟΝΑΔΑ ΠΥΚΝΩΤΩΝ
	Μ/Σ ΕΝΤΑΣΕΩΣ ΔΕΥΤΕΡΟΓΕΝΟΥΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ		3-ΠΟΛΙΚΟΣ ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ
	ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΑΣΕΩΣ Μ/Τ		3-ΠΟΛΙΚΟΣ ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ
	ΑΛΕΞΙΚΕΡΑΥΝΟ		1 V-ΜΕΤΡΟ ΜΕ ΕΠΙΛΟΓΙΚΟ ΔΙΑΚΟΠΤΗ
	ΓΕΙΩΤΗΣ		3 Α-ΜΕΤΡΑ ΚΑΙ 3 Μ/Σ ΕΝΤΑΣΗΣ
	ΑΚΡΟΚΙΒΩΤΙΟ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ		1 V-ΜΕΤΡΟ ΜΕ ΕΠΙΛΟΓΙΚΟ ΔΙΑΚΟΠΤΗ
	ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ		3 ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΛΥΧΝΙΕΣ ΣΤΟΥΣ ΖΥΓΟΥΣ

Πίνακας 2.3.1 Υπόμνημα υποσταθμών

ΚΑΤΟΨΗ ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΥ – ΚΑΛΩΔΙΑ Μ/Τ.



Σχέδιο 2.3.3 Κάτοψη υποσταθμού και καλωδίων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο

Βασικά στοιχεία υποσταθμού

3.1 Μετασχηματιστής ισχύος

Ο μετασχηματιστής ισχύος (power transformer) ή απλά μετασχηματιστής (Μ/Σ) είναι η βασική συσκευή κάθε υποσταθμού μέσης τάσης, διότι υποβιβάζει την τάση μεταφοράς των 20 kV σε τάση διανομής 400 V. Οι μετασχηματιστές ισχύος είναι συνήθως ξηρού τύπου με μόνωση από χυτορητίνη. (εικόνα 3.1.1) Σε υποσταθμούς με ζητούμενη ισχύ > 600 kVA έχουμε κατά κανόνα δύο Μ/Σ για λόγους ασφαλείας. Σε περίπτωση σφάλματος στον ένα Μ/Σ, αναλαμβάνει ο δεύτερος Μ/Σ να καλύψει το συνολικό φορτίο για όσο χρόνο διαρκέσει η επισκευή του πρώτου Μ/Σ.

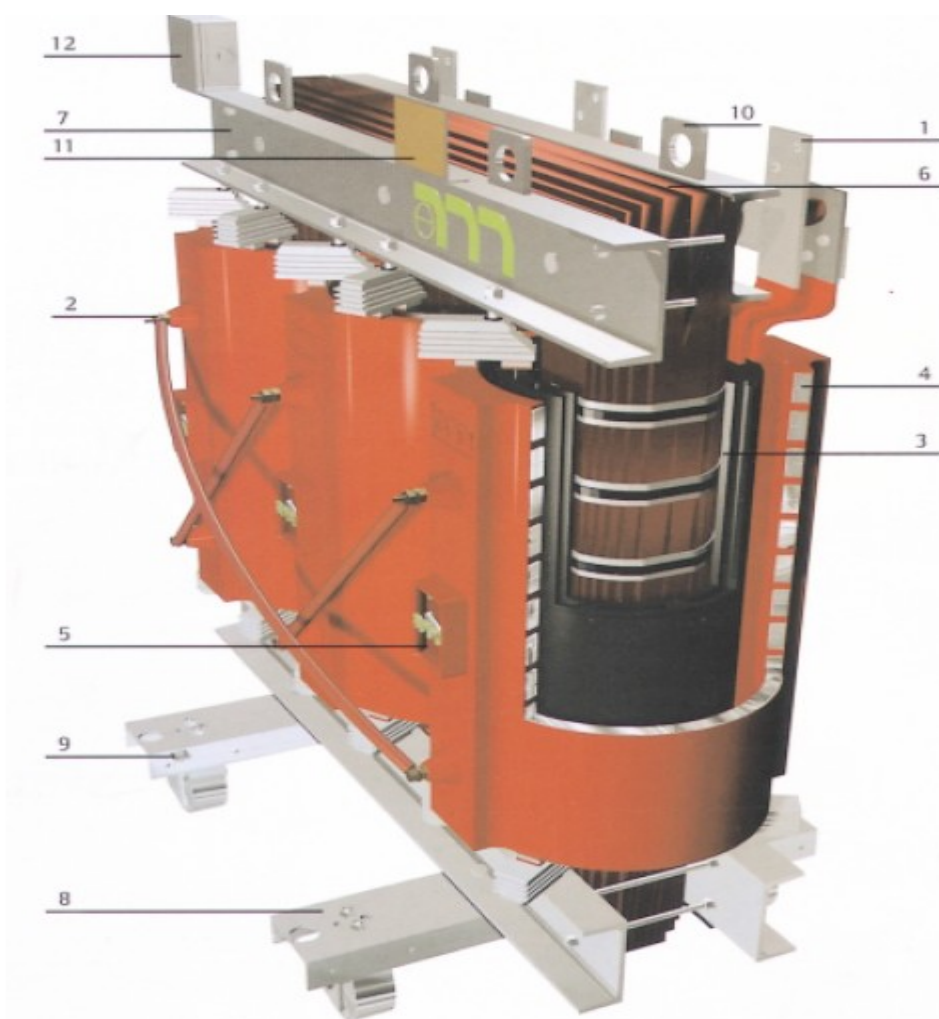
Ονομάζουμε τάση βραχυκύκλωσης (U_k) την τάση που πρέπει να εφαρμόσουμε στο πρωτεύον τύλιγμα του Μ/Σ ώστε να έχουμε, με βραχυκυκλωμένο το δευτερεύον, το ονομαστικό ρεύμα στο δευτερεύον τύλιγμα. Η τάση αυτή δίνεται ως ποσοστό επί τοις εκατό (%) της ονομαστικής τάσης του πρωτεύοντος, και έτσι έχουμε την ονομαστική τάση. Η τάση βραχυκύκλωσης μας επιτρέπει να προσδιορίσουμε την εσωτερική σύνθετη (ωμική + επαγωγική) αντίσταση του Μ/Σ που είναι απαραίτητη για τον υπολογισμό της στάθμης του ρεύματος βραχυκυκλώματος (I_k) στην πλευρά χαμηλής τάσης του Μ/Σ. Η τάση βραχυκύκλωσης μας επιτρέπει να προσδιορίσουμε την εσωτερική σύνθετη (ωμική + επαγωγική) αντίσταση του Μ/Σ που είναι απαραίτητη για τον υπολογισμό της στάθμης του ρεύματος βραχυκυκλώματος (I_k) στην πλευρά χαμηλής τάσης του Μ/Σ.

3.1.1 Πως είναι κατασκευασμένος ο μετασχηματιστής ξηρού τύπου

Ονομάζονται Μ/Σ ξηρού τύπου (dry-type transformers) διότι δεν έχουν λάδι. Εμφανίστηκαν στην αγορά τη δεκαετία του 1960. Αν και είναι ακριβότεροι από τους αντίστοιχους με λάδι, έχουν ορισμένα πλεονεκτήματα που πολλές φορές τους κάνουν να είναι τελικά οικονομικότεροι. Δύο από τα σημαντικά τους πλεονεκτήματα είναι: Η στερεή μόνωση τους είναι άκαυστη, σε αντίθεση με το λάδι που είναι ιδιαίτερα εύφλεκτο. Έτσι δεν απαιτούνται μια σειρά από ειδικές προφυλάξεις όπως ελαιοδεξαμενή, τοίχοι πυράντο-χοι, σύστημα πυρόσβεσης κ.ά. που συναντάμε σε Μ/Σ λαδιού.

Μπορούν να εγκατασταθούν σε οποιοδήποτε σημείο του κτιρίου σε αντίθεση με τους Μ/Σ λαδιού που πρέπει να εγκαθίστανται στο υπόγειο του κτιρίου ή σε ανεξάρτητα κτίρια. Έτσι τους συναντάμε σε πλοία, σήραγγες, πλατφόρμες άντλησης πετρελαίου και γενικά όπου δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο Μ/Σ λαδιού. Στην Εικόνα 3.1.1.1 βλέπουμε την τομή ενός μετασχηματιστή ξηρού τύπου με μόνωση εποξειδικής χυ-τορητίνης. Τα μέρη του μετασχηματιστή έχουν αριθμηθεί από το 1 έως το 12 και αναλύονται παρακάτω.

1. **Ακροδέκτες χαμηλής τάσης.** Κάθε ένα από τα τρία τυλίγματα Χ.Τ. καταλήγει σε δύο ακροδέκτες. Οι τρεις ακροδέκτες γεφυρώνονται με αλουμινένια ή χάλκινη μπάρα και προκύπτει ο ακροδέκτης του ουδετέρου. Τα υπόλοιπα τρία άκρα καταλήγουν στους ακροδέκτες Χ.Τ., όπου συνδέονται τα καλώδια των 400 V.
2. **Ακροδέκτες μέσης τάσης.** Κάθε ένα από τα τρία τυλίγματα Μ.Τ. καταλήγει σε δύο ακροδέκτες. Οι ακροδέκτες γεφυρώνονται χιαστί με μονωμένους αγωγούς για να δημιουργήσουν το τρίγωνο (Δ) των τυλιγμάτων της μέσης τάσης.



Εικόνα 3.1.1.1 Μετασχηματιστής ξηρού τύπου με μόνωση χυτορητίνης

3. **Τύλιγμα χαμηλής τάσης.** Κατασκευάζονται συνήθως από φύλλο αλουμινίου που τυλίγεται σε μορφή κυλίνδρου. Τα φύλλα μονώνονται μεταξύ τους, ώστε να σχηματίσουν έναν συμπαγή κύλινδρο. Κατόπιν εμποτίζονται με εποξεική ρητίνη και ψήνονται σε ειδικούς φούρνους.
4. **Τύλιγμα μέσης τάσης.** Κατασκευάζονται συνήθως από φύλλο αλουμινίου που τυλίγεται σε μορφή πηνίου. Κατόπιν χυτεύονται σε καλούπια με χυ-τορητίνη. Η διαδικασία της χύτευσης αποτελεί το πιο κρίσιμο σημείο στην κατασκευή του Μ/Σ.
5. **Ρυθμιστής τάσης.** Κάθε τύλιγμα μέσης τάσης έχει ενδιάμεσες λήψεις που καταλήγουν σε ένα κιβώτιο ακροδεκτών στο μπροστινό μέρος κάθε τυλίγματος. Έτσι έχουμε τη δυνατότητα διαφορετικών λήψεων, δηλαδή να χρησιμοποιούμε περισσότερες ή λιγότερες σπείρες στο πρωτεύον. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αλλαγή του λόγου των σπειρών του Μ/Σ και, συνεπώς, τη ρύθμιση της τάσης του δευτερεύοντος. Η ρύθμιση αυτή γίνεται όταν ο Μ/Σ είναι εκτός κυκλώματος (off-circuit).
6. **Πυρήνας (Core).** Κατασκευάζεται από ειδικά σιδερένια ελάσματα που μεταξύ τους είναι μονωμένα για να ελαττώσουμε τις μαγνητικές απώλειες. Ο πυρήνας έχει τρία σκέλη, ένα για κάθε φάση.
7. **Σφικτήρες πυρήνα.** Στο πάνω και στο κάτω μέρος του Μ/Σ υπάρχουν σιδερένια δοκάρια που σχηματίζουν το πλαίσιο του Μ/Σ και ταυτόχρονα χρησιμοποιούνται για τη σύσφιξη των ελασμάτων του πυρήνα.
8. **Τροχοί κύλησης (Roller).** Η μετακίνηση του Μ/Σ μέχρι την τελική του θέση γίνεται με κύληση στους τέσσερις τροχούς του.
9. **Ακροδέκτης γείωσης.** Στον ακροδέκτη αυτό γειώνονται όλα τα μεταλλικά μέρη του Μ/Σ (πυρήνας, πλαίσιο κ.λπ.) που δεν διαρρέονται από ρεύμα.
10. **Αγκιστρα ανύψωσης.** Χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά του Μ/Σ.
11. **Πινακίδα.** Στην πινακίδα αυτή αναγράφονται τα τεχνικά στοιχεία του Μ/Σ, το εργοστάσιο και το έτος κατασκευής του.
12. **Κουτί με ηλεκτρονόμους προστασίας.** Στο κουτί αυτό καταλήγουν τα καλώδια από τους θερ-μίστορες που υπάρχουν στα τυλίγματα ΧΤ και μας επιτρέπουν να προστατεύουμε το Μ/Σ από υπερφόρτιση.

3.1.2 Συνδεσμολογία τυλιγμάτων μετασχηματιστή ισχύος

Όπως γνωρίζουμε από τη θεωρία των τριφασικών εναλασσόμενων ρευμάτων, ένα τριφασικό σύστημα αποτελείται από τρία πηνία που συνδέονται σε τρίγωνο ή αστέρα. Η εναλλασσόμενη τάση κάθε πηνίου παριστάνεται με ένα διάνυσμα, δηλαδή ένα βέλος. Στην περίπτωση συνδεσμολογίας τριγώνου, τα διανύσματα των τριών φάσεων σχηματίζουν ένα ισόπλευρο τρίγωνο ή το κεφαλαίο γράμμα Δ. Στην περίπτωση συνδεσμολογίας αστέρα, τα διανύσματα των τριών φάσεων σχηματίζουν ένα αστέρα ή το κεφαλαίο γράμμα Υ. Και στις δύο παραπάνω περιπτώσεις η γωνία μεταξύ δύο διαδοχικών διανυσμάτων είναι 120° ή αλλιώς μπορούμε να πούμε, ότι η φασική διαφορά μεταξύ δύο διαδοχικών φάσεων είναι 120 μοίρες.

Στην περίπτωση του Μ/Σ έχουμε δύο τριφασικά συστήματα, ένα στην πλευρά της μέσης και ένα στην πλευρά της χαμηλής τάσης. Για να μπορέσουμε να χαρακτηρίσουμε τη συνδεσμολογία κάθε πλευράς του Μ/Σ και ταυτόχρονα και τη φασική διαφορά μεταξύ των δύο πλευρών, χρησιμοποιούμε τα γράμματα D και Y σε συνδυασμό με έναν αριθμό από το 1 ως το 12.

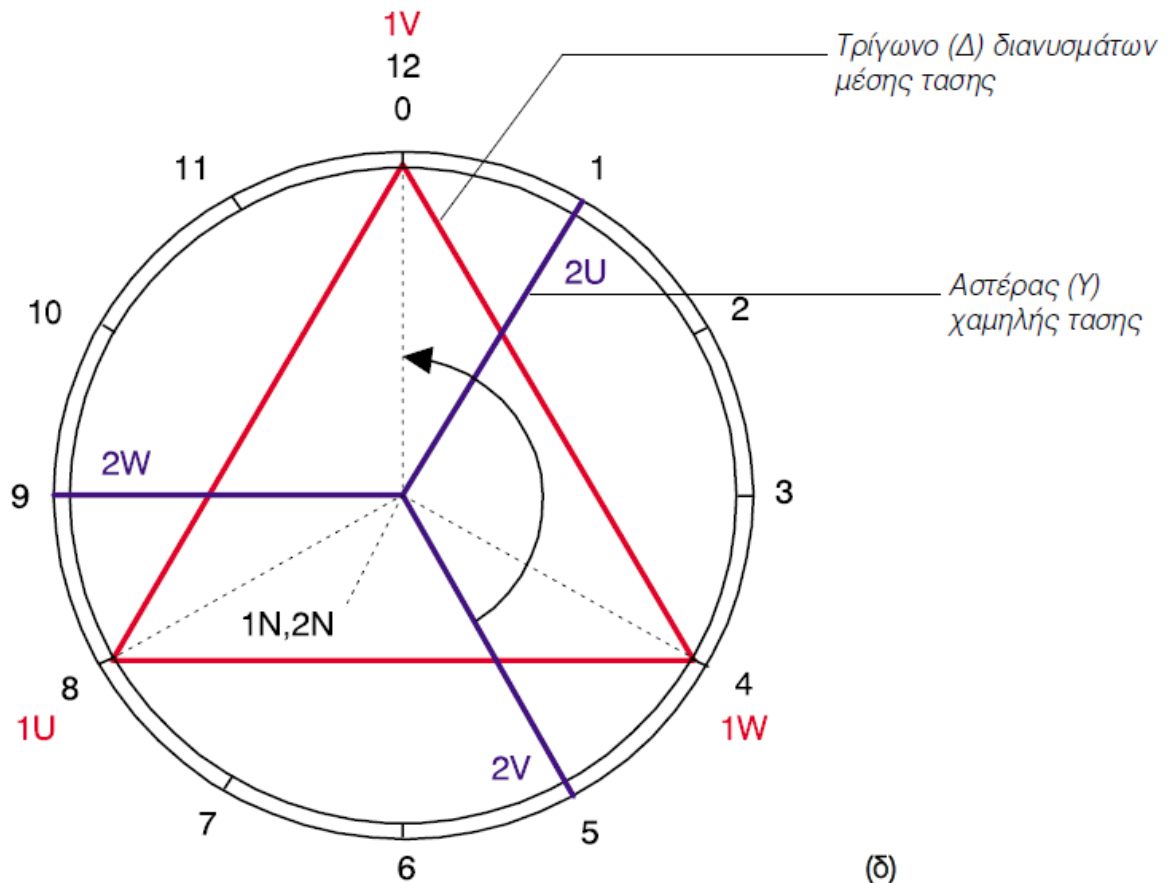
Η συνδεσμολογία των Μ/Σ είναι συνήθως Dyn5 (εικόνα 3.1.2.1) ή Dyn11 -(το Dyn5 διαβάζεται δέλτα-ύψιλον-νι-πέντε).

Παρακάτω αναλύεται η σημασία του κάθε γράμματος-αριθμού: Το πρώτο κεφαλαίο γράμμα D σημαίνει ότι τα τρία τυλίγματα στην πλευρά των 20 kV είναι συνδεδεμένα σε τρίγωνο, δηλαδή σχηματίζουν το γράμμα Δ.

Το δεύτερο μικρό γράμμα y σημαίνει ότι τα τρία τυλίγματα στην πλευρά των 400 V είναι συνδεδεμένα σε αστέρα, δηλαδή σχηματίζουν το γράμμα Υ. Για να δηλώσουμε ότι είμαστε στη χαμηλή τάση το γράφουμε μικρό y. Το τρίτο μικρό γράμμα n σημαίνει ότι στην πλευρά χαμηλής τάσης υπάρχει ακροδέκτης ουδετέρου (neutral)

Ο τέταρτος αριθμός δείχνει τη φασική διαφορά μεταξύ των διανυσμάτων των τάσεων της ίδιας φάσης στην πλευρά μέσης και της χαμηλής τάσης. Αν το διάνυσμα τάσης της μέσης τάσης (1 V) το θεωρήσουμε ότι είναι στη θέση 12 του ρολογιού, τότε το αντίστοιχο διάνυσμα της χαμηλής τάσης (2V) είναι στην ώρα 5. Συνεπώς η γωνία μεταξύ των διανυσμάτων 1V και 2V είναι $5 \times 30 = 150^\circ$.

Σημειώνουμε ότι ικανή και αναγκαία συνθήκη για να μπορέσουν δύο Μ/Σ να λειτουργήσουν παράλληλα (να παραλληλιστούν) είναι: ο να έχουν τον ίδιο λόγο μετασχηματισμού π.χ 20/0,4 kV ο να έχουν την ίδια συνδεσμολογία π.χ Dyn5 ο να μη διαφέρουν σημαντικά οι ονομαστικές ισχύεις τους.



Εικόνα 3.1.2.1 Ομάδα διανυσμάτων Dyn5

3.2 Καλώδια μέσης τάσης

3.2.1 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 ημιαγωγική ταινία που σκοπό έχει την εξομάλυνση του ηλεκτρικού πεδίου που δημιουργείται στο εσωτερικό του καλωδίου, μεταξύ του αγωγού και της θωράκισης.

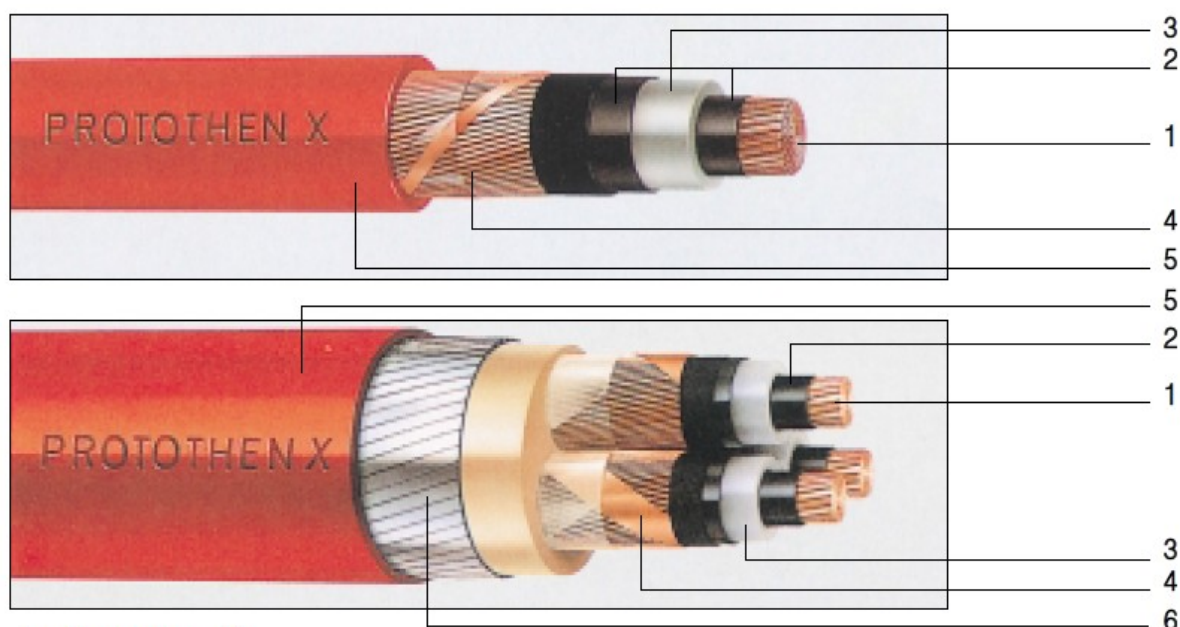
Η μόνωση τους είναι από δικτυωμένο πολυαιθυλένιο (XLPE), δηλαδή ένα πλαστικό μίγμα που έχει πολύ καλές μονωτικές ιδιότητες για να αντέχει στο ισχυρό ηλεκτρικό πεδίο που υπάρχει στο εσωτερικό του καλωδίου. Η μόνωση αυτή αντέχει για συνεχή λειτουργία σε 90 °C και για χρόνο 5 s (δηλαδή σε περίπτωση βραχυκυκλώματος) 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 γείωσης 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 μF/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 $U_0/U = 0.6/1$ kV που έχουν πάντα μαύρο μανδύα από PVC.



1. χάλκινος 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 ασάλινα συρματίδια

Εικόνα 3.2.1.1 καλώδια μέσης τάσης με μόνωση.

3.2.2 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 θωράκιση του, το ηλεκτρικό πεδίο γίνεται ανομοιογενές και πολύ ισχυρό. Έτσι με την πρώτη καταπόνηση του καλωδίου (π.χ υπέρταση), η μόνωση 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

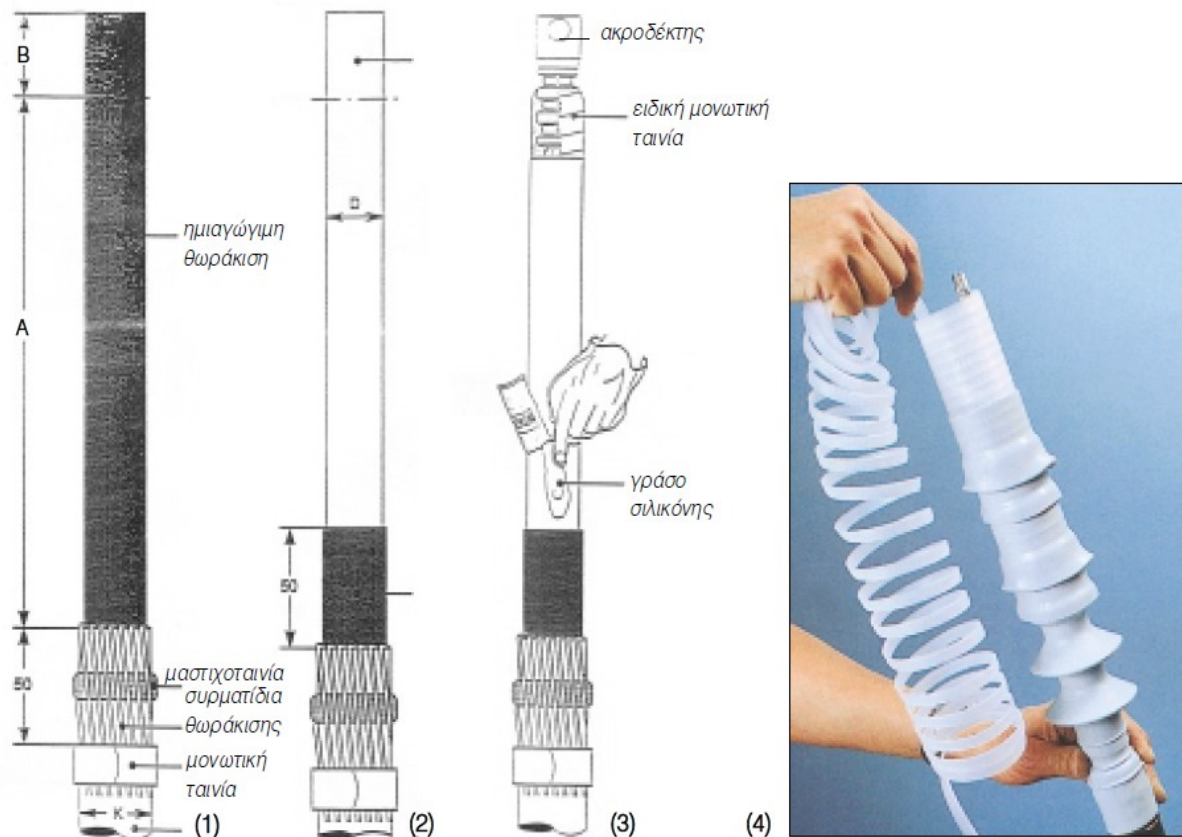


Εικόνα 3.2.2.1 Μονοπολικό πλαστικό θερμοσυστελλόμενο με ακροκιβώτιο.

Εικόνα (3.2.2.1) 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 ημιαγωγική 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. Σήμερα είναι πολύ διαδεδομένες οι ψυχοσυστελλόμενες ακροκεφαλές.

Παρακάτω περιγράφονται τα βήματα για την κατασκευή μιας ψυχοσυστελλόμενης ακροκεφαλής.



Εικόνα 3.2.2.2 Τα βήματα για την κατασκευή μιας ψυχοσυστελλόμενης 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 ημιαγωγμη θωράκιση μέχρι 50 mm μπροστά από την άκρη του μανδύα.

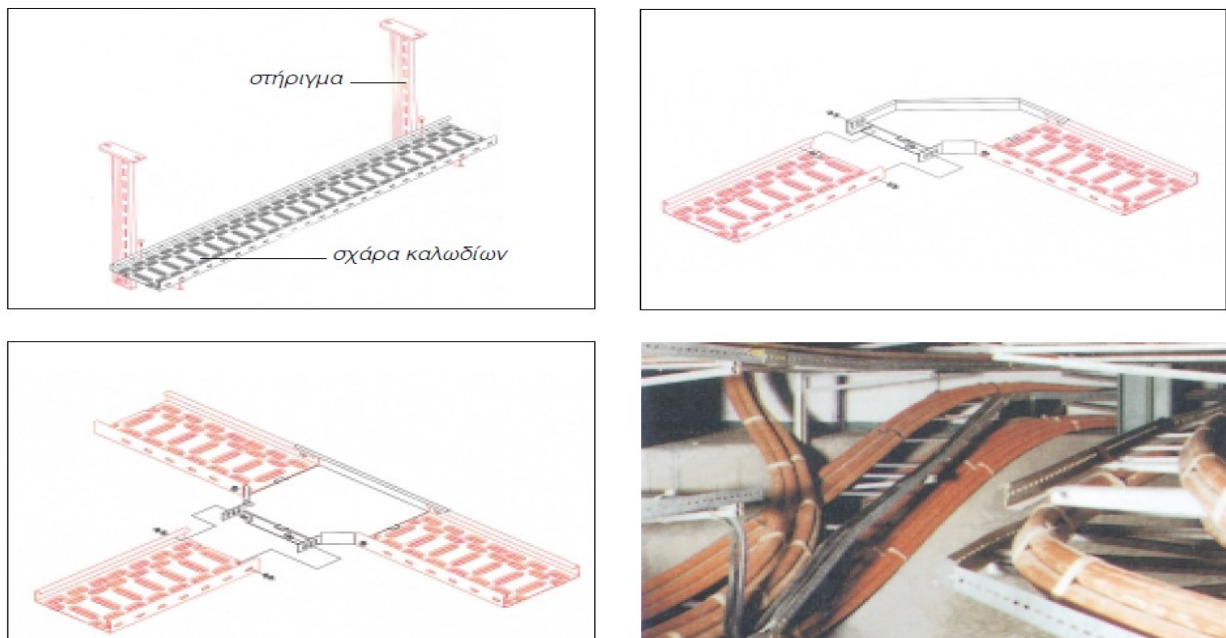
Βήμα 3. Αφαιρούμε την κύρια μόνωση σύμφωνα με τη διάσταση B . Τοποθετούμε και συμπιέζουμε τον ακροδέκτη χρησιμοποιώντας χειροκίνητη ή υδραυλική πρέσα. Τυλίγουμε τον ακροδέκτη με την ειδική μονωτική ταινία, μέχρι να φτάσει τη διάμετρο της κύριας μόνωσης. Απλώνουμε το γράσο σιλικόνης στο τέλος της ημιαγωγμης θωράκισης και για 40 mm πάνω στην κύρια μόνωση,

προσπαθώντας να γεμίσουμε το σκαλοπάτι που δημιουργείται μεταξύ κύριας μόνωσης και ημι-αγώγιμης 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.

3.2.3 Εγκατάσταση καλωδίων μέσης τάσης σε σχάρες

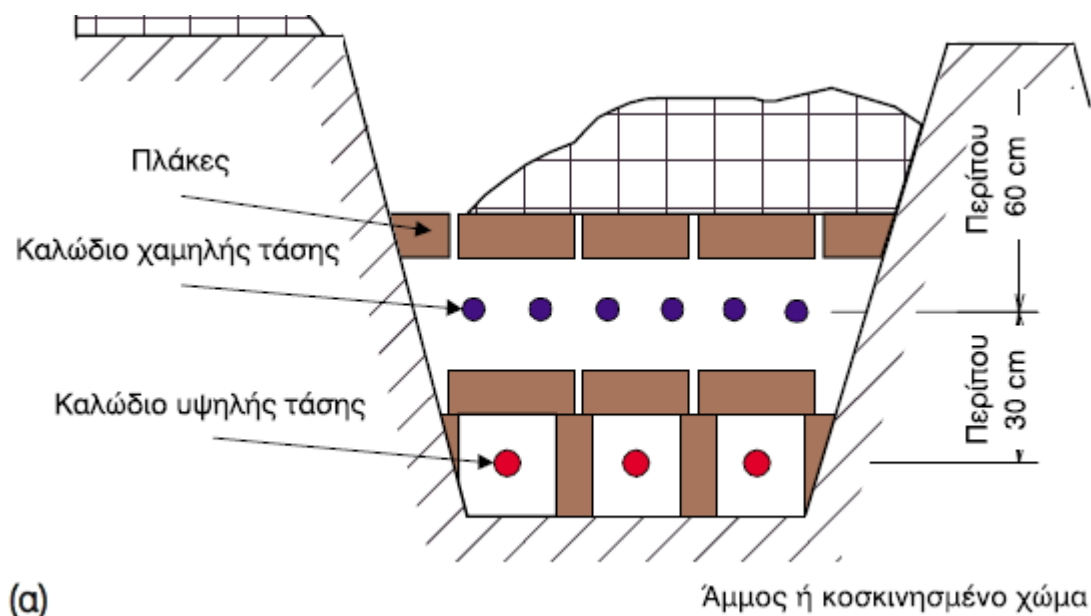
Η εγκατάσταση των καλωδίων μέσης τάσης στον αέρα γίνεται πάνω σε προκατασκευασμένες διάτρητες μεταλλικές σχάρες καλωδίων. Οι σχάρες είναι διάτρητες για να μην εμποδίζουν το φυσικό αερισμό (ψύξη) των καλωδίων. Κατασκευάζονται από γαλβανισμένη λαμαρίνα πάχους 0,5 έως 2 mm και σε μήκη από 2 έως 4 m. Οι 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, 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 ίση είναι περίπου η διάμετρος τους. (εικόνα 3.2.3.1)



Εικόνα 3.2.3.1 Εγκατάσταση καλωδίων μέσης τάσης σε σχάρες

3.2.4 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 3.2.4.1). Τα καλώδια παραδίδονται από το εργοστάσιο κατασκευής τους τυλιγμένα σε ξύλινα στροφεία. 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 μόνωση τους. Σε όλο το μήκος της διαδρομής τους τα καλώδια τοποθετούνται απ'ευθείας μέσα στο χαντάκι χόμα και καλύπτονται με άμμο ή κοσκινισμένο. Στα σημεία που το χαντάκι διασχίζει κάποιο δρόμο, τοποθετούνται σε πλαστικούς σωλήνες από PVC διαμέτρου $D > 100$ mm. Έτσι σε περίπτωση ζημιάς και αντικατάστασης τους, δε χρειάζεται να ξανασκαφτεί ο δρόμος.



Εικόνα 3.2.4.1 Τομή χαντακιού με καλώδιο μέσης και χαμηλής τάσης

3.3 Γειώσεις υποσταθμών μέσης τάσης

3.3.1 Συστήματα γειώσεων

Παρακάτω αναφέρονται τα τρία είδη γειώσεων που συναντάμε στους υποσταθμούς μέσης τάσης

A. Γείωση προστασίας.

A1 Γείωση προστασίας μέσης τάσης.

Στο σύστημα αυτό συνδέονται όλα τα μεταλλικά μέρη του εξοπλισμού που λειτουργούν με ονομαστική τάση > 1 kV, τα οποία δεν ανήκουν στο ενεργό κύκλωμα αλλά μπορούν να γίνουν ενεργά σε περίπτωση σφάλματος ή ακόμα και τόξου. Τέτοια είναι ο πίνακας μέσης τάσης, το δοχείο του μετασχηματιστή, οι θωρακίσεις των καλωδίων μέσης τάσης κ.ά.

A2. Γείωση προστασίας χαμηλής τάσης

Στο σύστημα αυτό συνδέονται όλα τα μεταλλικά μέρη του εξοπλισμού με ονομαστική τάση < 1 kV, δηλαδή ο πίνακας χαμηλής τάσης, οι θωρακίσεις των καλωδίων χαμηλής τάσης κ.λπ.

B. Γείωση λειτουργίας

Είναι η γείωση ενός σημείου του ενεργού κυκλώματος, π.χ η γείωση του ουδέτερου κόμβου της χαμηλής τάσης του μετασχηματιστή 20/0,4 kV. Αυτή είναι άμεση, δηλαδή δεν μεσολαβεί κάποια αντίσταση. Η γείωση είναι απαραίτητη για να μην εμφανισθούν επικίνδυνες τάσεις στο δίκτυο χαμηλής τάσης.

Γ. Γείωση του συστήματος αντικεραυνικής προστασίας

Στη γείωση αυτή καταλήγουν οι αγωγοί του συστήματος αντικεραυνικής προστασίας για να διχετεύσουν το ρεύμα των κεραυνών προς τη γή.

3.3.2 Η αντίσταση γείωσης

Για να καταλάβουμε τη λειτουργία της γείωσης σε μια ηλεκτρική εγκατάσταση, θα πρέπει αρχικά να καταλάβουμε τον τρόπο που λειτουργεί ένα μεταλλικό ηλεκτρόδιο καρφωμένο κάθετα στη γή, σε βάθος μεγαλύτερο από 0.5 m. Σε βάθος κάτω από 0.5 m το χώμα παραμένει υγρό όλες τις εποχές του χρόνου και έτσι το ηλεκτρόδιο έρχεται σε καλή επαφή με τη γή. Στο πάνω μέρος του ηλεκτροδίου συνδέουμε με καλώδιο τα μεταλλικά μέρη των ηλεκτρικών συσκευών. Όσο η

εγκατάσταση μας λειτουργεί κανονικά, το ηλεκτρόδιο έχει το δυναμικό της γής αλλά και όλα τα αγωγά μέρη της εγκατάστασης που είναι συνδεδεμένα σε αυτό έχουν και αυτά το δυναμικό της γής. Το πρόβλημα εμφανίζεται όταν σε περίπτωση σφάλματος κάποιας φάσης με τη γή, στο ηλεκτρόδιο εμφανισθεί μια τάση έστω U_0 ως προς την άπειρη γή. Με τον όρο άπειρη γή θεωρούμε ένα σημείο στην επιφάνεια της γής, θεωρητικά σε άπειρη απόσταση από το γειωτή, στο οποίο έχουμε καρφώσει ένα δεύτερο ηλεκτρόδιο. Πρακτικά η *άπειρη απόσταση* είναι περίπου 10 φορές το μήκος του ηλεκτροδίου, δηλαδή $2 \cdot 10 = 20 \text{ m}$.

Η τάση U_0 που εφαρμόσαμε στο ηλεκτρόδιο δημιουργεί γύρω του ένα ηλεκτρικό πεδίο. Το πεδίο αυτό περιγράφεται με τις ισοδυναμικές γραμμές του (κόκκινες γραμμές) και τις γραμμές ροής του ρεύματος (μπλε γραμμές) που ακολουθεί το ρεύμα για να καταλήξει στο σημείο της άπειρης γής. Οι γραμμές ροής είναι κάθετες στις ισοδυναμικές γραμμές. Θα πρέπει να φανταστούμε τις ισοδυναμικές γραμμές και τις γραμμές ροής να διασχίζουν όλο το εσωτερικό της γήινης σφαίρας για να καταλήξουν στο δεύτερο ηλεκτρόδιο που είναι καρφωμένο σε άπειρη (θεωρητικά) απόσταση. Αν διαιρέσουμε την τάση U_0 με το ρεύμα I_0 που εισέρχεται στο ηλεκτρόδιο (και εξέρχεται στην άπειρη γή) διασχίζοντας το εσωτερικό της γήινης σφαίρας, τότε έχουμε βρεί την αντίσταση γείωσης R του ηλεκτροδίου, δηλαδή $R = U_0/I_0$.

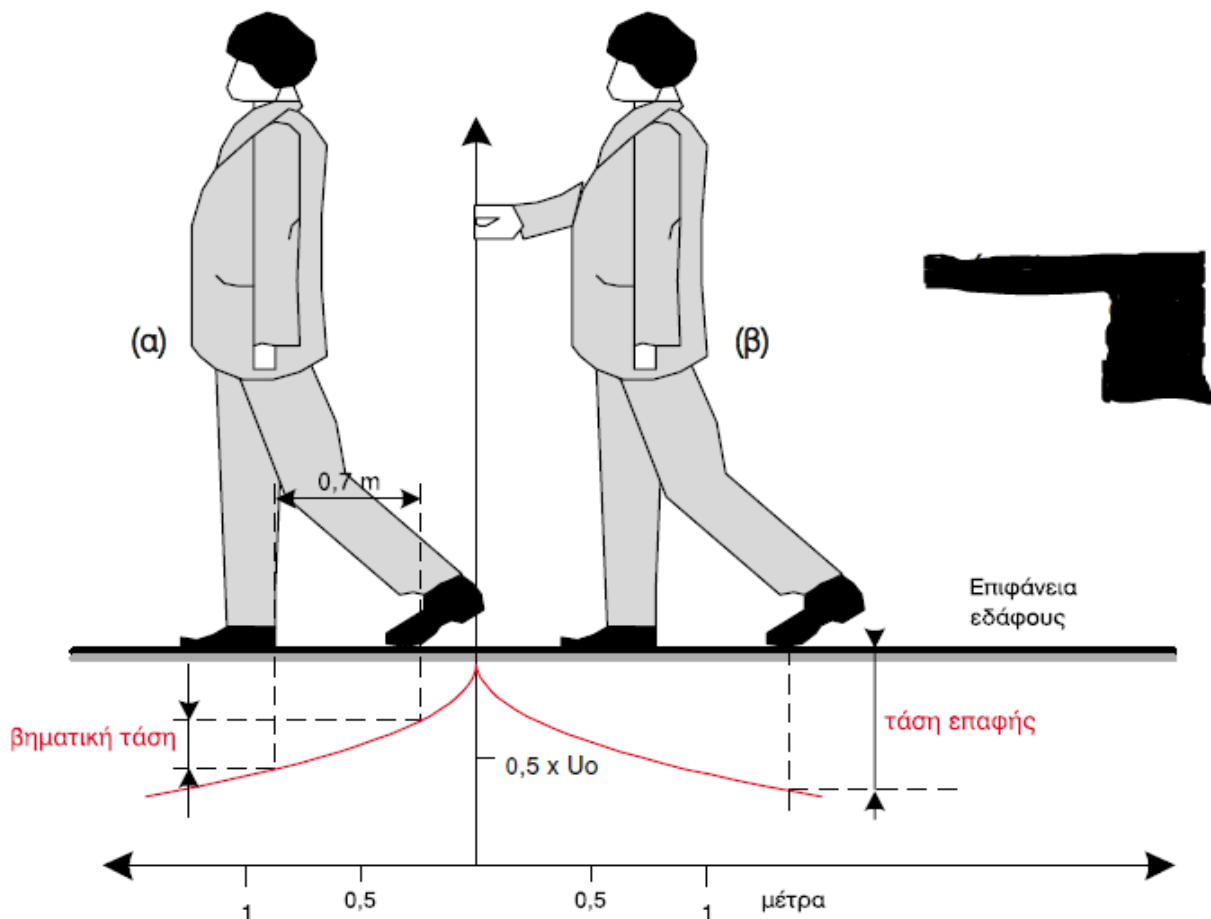
3.3.3 Βηματική τάση και τάση επαφής

Οι ισοδυναμικές γραμμές, στην επιφάνεια της γης, γύρω από ένα ηλεκτρόδιο γείωσης που βρίσκεται υπό τάση λόγω σφάλματος, είναι ομόκεντροι κύκλοι με κέντρο το σημείο που έχουμε καρφώσει το ηλεκτρόδιο. Αν σχεδιάσουμε ένα σύστημα αξόνων, με κάθετο άξονα τις τιμές του δυναμικού των ισοδυναμικών κύκλων και οριζόντιο άξονα την απόσταση τους από το σημείο που είναι καρφωμένο το ηλεκτρόδιο, θα προκύψει η καμπύλη της Εικόνας 3.3.3.1 που ονομάζεται προφίλ δυναμικού. Ένας άνθρωπος που τα δύο του πόδια βρίσκονται σε επαφή με δύο απ' αυτούς τους κύκλους θα βρεθεί σε τάση που είναι η διαφορά των δυναμικών των δύο κύκλων. Θεωρώντας ότι η απόσταση μεταξύ των ποδιών - όταν βαδίζουμε - είναι 0,7 m, η τάση που υπάρχει μεταξύ δύο κύκλων με απόσταση μεταξύ τους 0,7 m, ονομάζεται βηματική τάση (step voltage).

Για να βρούμε τη βηματική τάση, στο προφίλ του δυναμικού, φέρνουμε καθέτους στα σημεία που βρίσκονται τα πόδια του ανθρώπου. Οι κάθετες αυτές τέμνουν το προφίλ δυναμικού, και στον κάθετο άξονα διαβάζουμε την τιμή της βηματικής τάσης. Όσο απομακρυνόμαστε από το ηλεκτρόδιο, τόσο η βηματική τάση ελαττώνεται. Αν ο άνθρωπος ακουμπά με το χέρι του στο ηλεκτρόδιο - ή σε κάποιο μεταλλικό αντικείμενο που συνδέεται με το ηλεκτρόδιο - τότε θα βρεθεί

και σε τάση που είναι η διαφορά δυναμικού μεταξύ του ηλεκτροδίου και του ισοδυναμικού κύκλου που βρίσκεται το πόδι του. Η τάση αυτή λέγεται τόση επαφής (touch voltage).

Αν κάποια από τις δύο τάσεις (βηματική ή επαφής) υπερβεί τα 50 V για χρόνο μεγαλύτερο από 0,2 s, τότε ο άνθρωπος κινδυνεύει από ηλεκτροπληξία. Η τάση επαφής είναι πιά επικίνδυνη διότι το ρεύμα στη διαδρομή του από το χέρι στο πόδι περνά από το θώρακα του ανθρώπου.



Εικόνα 3.3.3.1 καμπύλη προφίλ δυναμικού συνάρτησης της απόστασης.

3.3.4 Ισοδυναμικές επιφάνειες

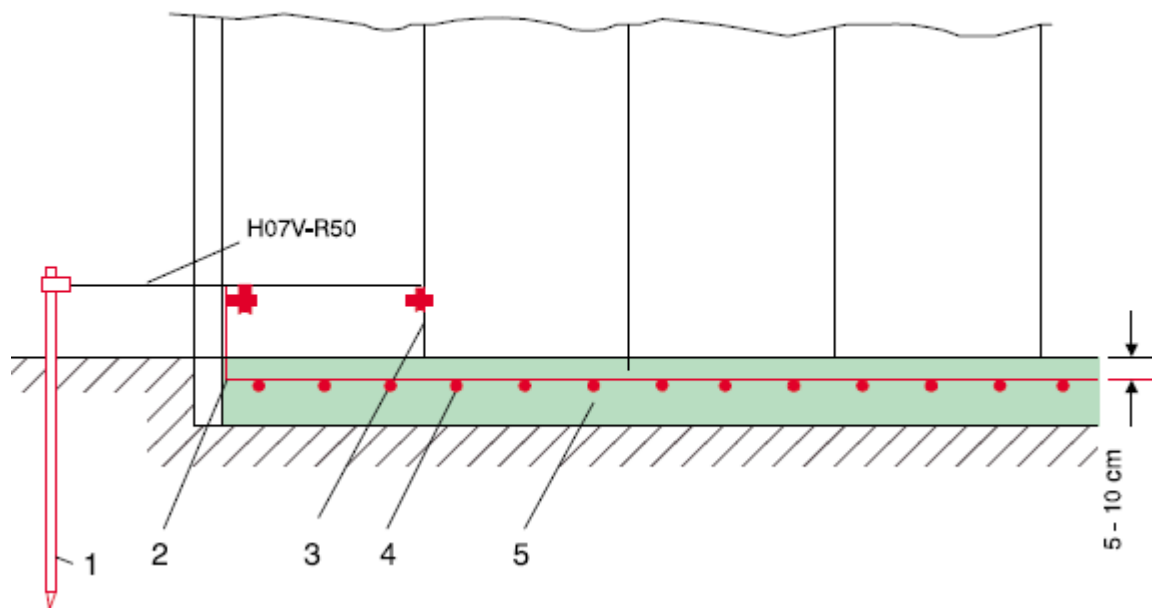
Τα ρεύματα σε σφάλματα γής στα 20 kV μπορούν να προκαλέσουν σημαντικές βηματικές τάσεις και τάσεις επαφής. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος επιδιώκουμε χαμηλές αντιστάσεις γείωσης και τη δημιουργία ισοδυναμικών επιφανειών (ή εξίσωση δυναμικών) με τη βοήθεια γειωμένων πλεγμάτων στο δάπεδο του υποσταθμού (Εικόνα 3.3.4.1).

Ως ισοδυναμικό πλέγμα χρησιμοποιείται δομικό πλέγμα από διασταυρωμένα και συγκολλημένα χαλύβδινα σύρματα με διάμετρο 5 mm τουλάχιστον, με ανοίγματα το πολύ 30 x 30 cm. Το δομικό

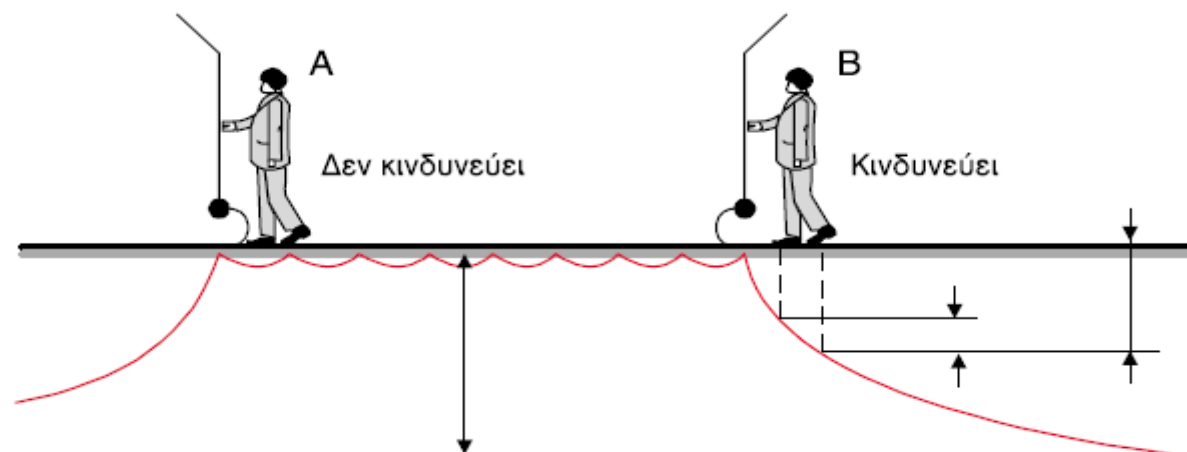
πλέγμα βρίσκεται μέσα στο μπετόν του δαπέδου σε βάθος 5-10 cm. Στο πλέγμα συγκολλούνται αναμονές από χαλύβδινες γαλβανισμένες ταινίες 30x4 mm. Στις αναμονές αυτές συνδέονται (συγκολλητά ή βιδωτά) όλα τα μεταλλικά μέρη του υποσταθμού, π.χ κυψέλες μέσης και χαμηλής τάσης, μεταλλικά κουφώματα, σωλήνες νερού κ.ά.

Σε περίπτωση σφάλματος γης, ολόκληρο το γειωμένο πλέγμα και όλα τα μεταλλικά μέρη που συνδέονται σε αυτό (μαζί με τους ανθρώπους που είναι παρόντες) μπορεί να ανέβει σε μερικές εκατοντάδες (ή χιλιάδες) Volts χωρίς να υπάρχει κίνδυνος ηλεκτροπληξίας (άνθρωπος Α στην Εικόνα 3.3.4.2)

Σε υπαίθριους χώρους που δεν είναι δυνατόν να εφαρμοσθεί η τεχνική των ισοδυναμικών επιφανειών, για να ελαττώσουμε το ρεύμα που θα περάσει μέσα από τα πόδια του ανθρώπου, καταφεύγουμε σε επιφάνειες που παρουσιάζουν μεγάλη αντίσταση, όπως η στρώση με άσφαλτο σε μεγάλο πάχος ή επίστρωση σε ικανό βάθος με καθαρά μεγάλα χαλίκια ή κροκάλες. Τα χαλίκια ή η κροκάλες παρέχουν μια πολύ καλή μόνωση, ακόμα και όταν είναι υγρά, εφόσον είναι καθαρά. Λάσπη ή φύλλα μεταξύ των χαλικιών ελαττώνουν τη μονωτική τους ικανότητα.



Εικόνα 3.3.4.1 Ισοδύναμο πλέγμα σε υποσταθμό μέσης τάσης(τομή)



Εικόνα 3.3.4.2 Προφίλ δυναμικού κατά μήκος ενός γειωμένου πλέγματος

3.3.5 Θεμελιακή γείωση

Η θεμελιακή γείωση θεωρείται η καλύτερη γείωση αλλά έχει το μειονέκτημα ότι μπορεί να εφαρμοσθεί μόνο σε νέα κτίρια. Η θεμελιακή γείωση αποτελείται από ένα γειωτή ταινίας που τοποθετείται στο κάτω μέρος των θεμελίων μέσα στο σκυρόδεμα. Η τοποθέτηση του γίνεται στη βάση των εξωτερικών τοίχων (Εικόνα 1.4.5α) και σχηματίζει ένα κλειστό βρόχο. Επειδή το έδαφος και το σκυρόδεμα των θεμελίων είναι υγρά όλο το έτος, πετυχαίνουμε σχετικά χαμηλές αντιστάσεις γείωσης. Τιμές των 2Ω ή μικρότερες δεν είναι σπάνιες.

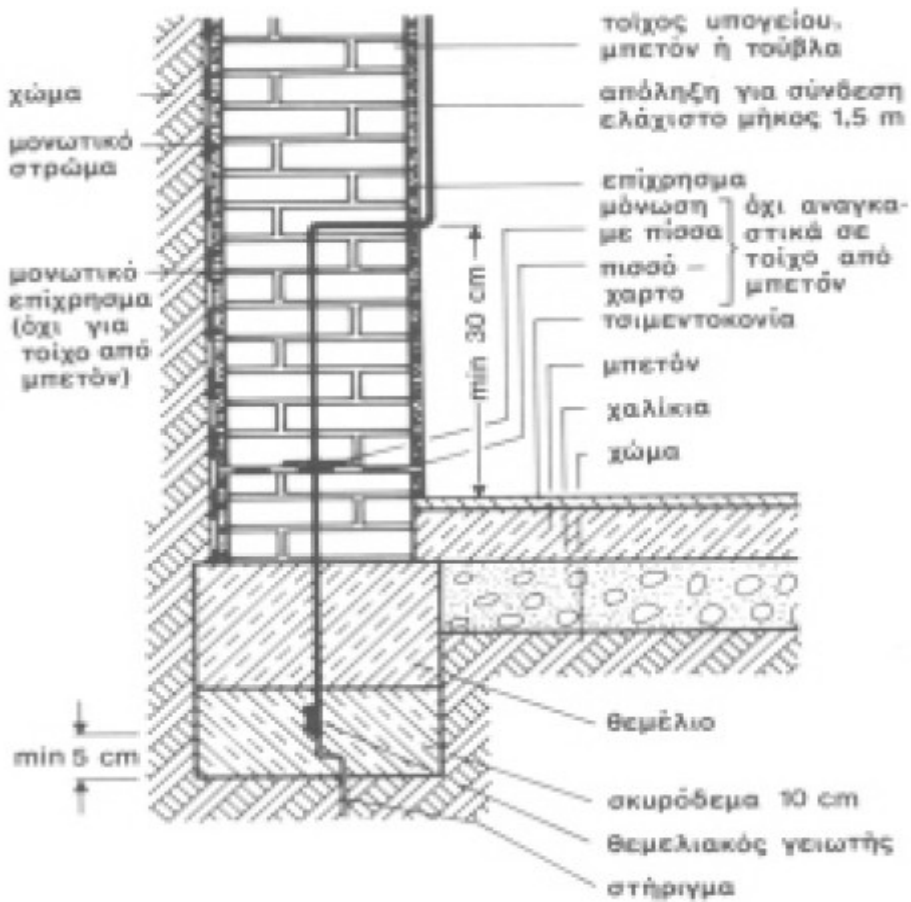
Ο αγωγός του γειωτή μπορεί να είναι: γαλβανισμένη χαλύβδινη ταινία (τσέρκι) ελάχιστης διατομής $30 \times 3,5$ mm ή 25×4 mm. Συνιστάται διατομή 40×5 mm ή 50×4 mm βέργα γαλβανισμένου χάλυβα ελάχιστης διαμέτρου 10 mm. Συνιστάται διάμετρος 12 mm.

Μετά την εκσκαφή των θεμελίων κατασκευάζεται μία στρώση από σκυρόδεμα πάχους 6-10 cm (μπετόν καθαρισμού). Στη φάση αυτή τοποθετείται περιμετρικά των θεμελίων ο αγωγός του γειωτή. Αν χρησιμοποιήσουμε ταινία, τότε τοποθετείται με την πλατιά της πλευρά όρθια. Στην αγορά υπάρχουν διάφορα είδη εξαρτημάτων που μας βοηθάνε στη στερέωση της ταινίας. Στη συνέχεια τοποθετείται ο οπλισμός των θεμελίων και χύνεται όλο το θεμέλιο. Η όρθια τοποθέτηση της ταινίας εξασφαλίζει άνετη τοποθέτηση αλλά και ευκολία για λύγισμα στις γωνίες του κτιρίου.

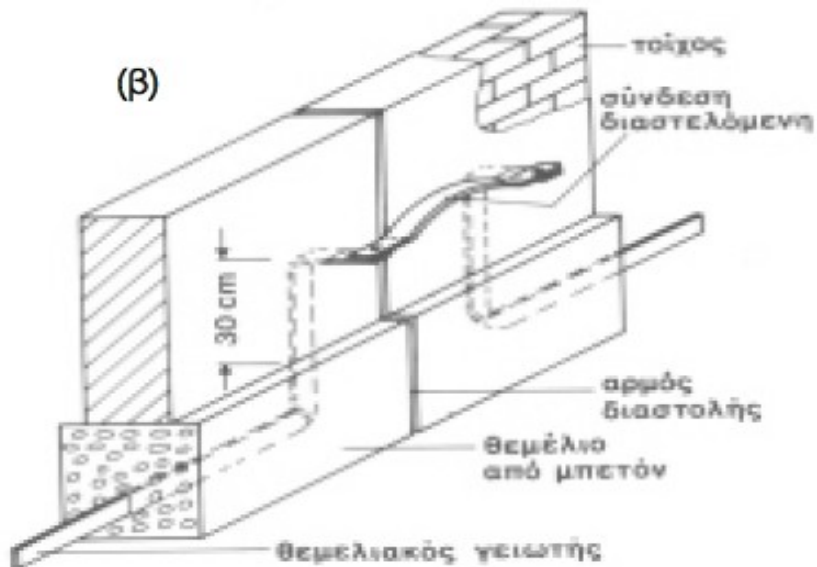
Όταν το κτίριο έχει μεγάλες διαστάσεις προβλέπονται αρμοί διαστολής κατά μήκος των θεμελίων. Στους αρμούς διαστολής, η ταινία καταλήγει σε αναμονές, που γεφυρώνονται με εξωτερικούς διαστελόμενους συνδέσμους (Εικόνα 3.3.5.1).

Συνιστάται να συνδέεται (με συγκόλληση ή σφύ-ξιμο με σύρμα) στο γειωτή όλος ο οπλισμός του σκυροδέματος του κτιρίου. Οι απολήξεις του γειωτή έχουν την ίδια διατομή με το ηλεκτρόδιο του γειωτή και μήκος 1.5 m και τοποθετούνται στον τοίχο εσωτερικά του κτιρίου. Η απόληξη απέχει

στο κάτω μέρος της 30 cm από το έδαφος. Στις απολήξεις αυτές συνδέονται οι αγωγοί προστασίας (PE

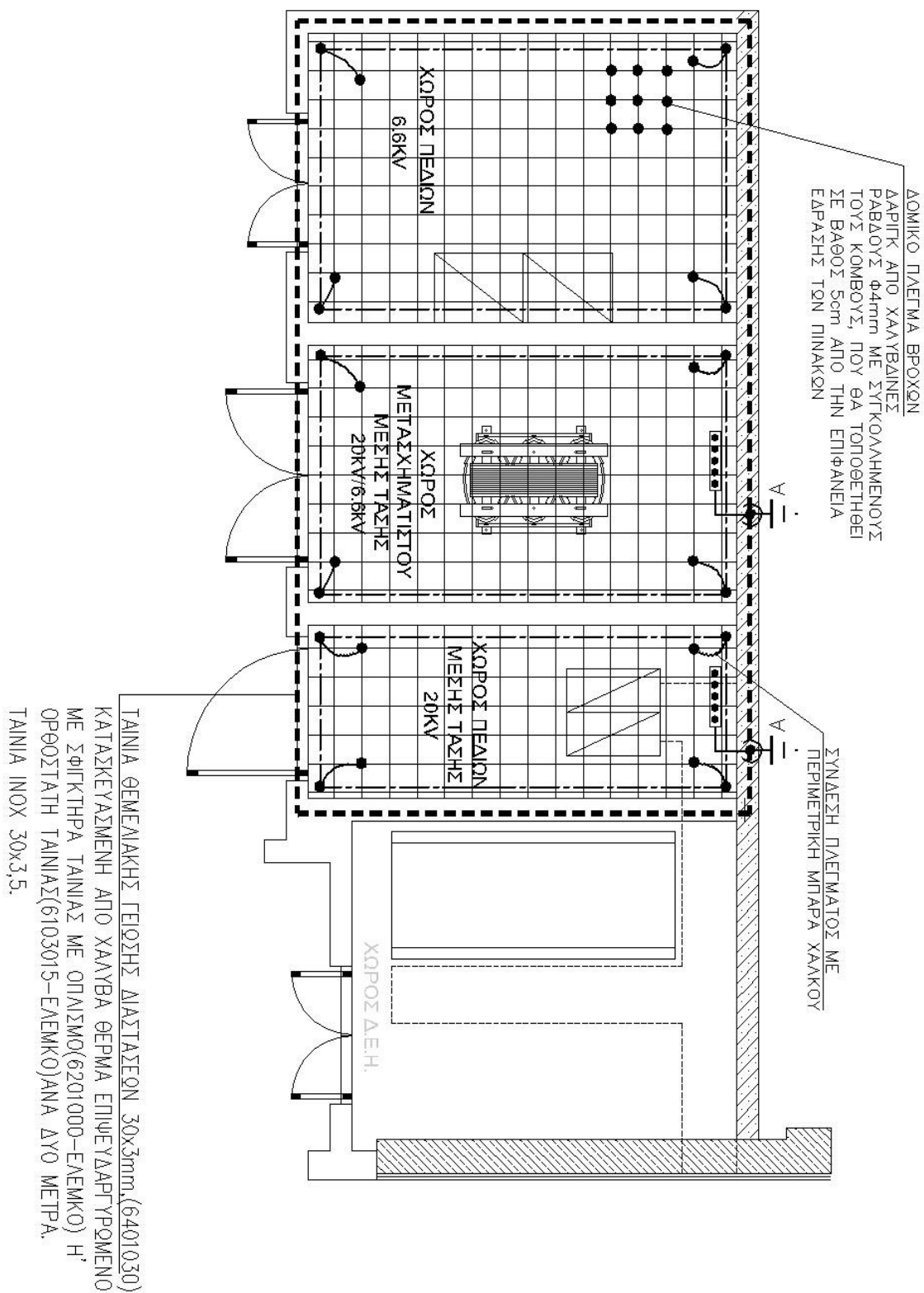


Εικόνα 3.3.5.1 Λεπτομέριες θεμελιακής γείωσης(τομή θεμελίου).










Εικόνα 3.3.5.2 Λεπτομέριες θεμελιακής γείωσης (αμμός διαστολής).

ΚΑΤΟΨΗ ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΥ – ΘΕΜΕΛΙΑΚΗ ΓΕΙΩΣΗ



Εικόνα 3.3.5.3 Κάτοψη υποσταθμού-θεμελιακή γείωση

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

	ΤΑΙΝΙΑ ΘΕΜΕΛΙΑΚΗΣ ΓΕΙΩΣΗΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ 30x3mm,(6401030) ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΜΕΝΗ ΑΠΟ ΧΑΛΥΒΑ ΘΕΡΜΑ ΕΠΙΨΕΥΔΑΡΓΥΡΩΜΕΝΟ ΜΕ ΣΦΙΓΚΤΗΡΑ ΤΑΙΝΙΑΣ ΜΕ ΟΠΛΙΣΜΟ(6201000-ΕΛΕΜΚΟ) Η' ΟΡΘΟΣΤΑΤΗ ΤΑΙΝΙΑΣ(6103015-ΕΛΕΜΚΟ)ΑΝΑ ΔΥΟ ΜΕΤΡΑ.
	ΤΑΙΝΙΑ INOX 30x3,5.
	ΑΓΩΓΟΣ ΓΕΙΩΣΗΣ ΧΑΛΚΙΝΟΣ ΜΕ ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΔΙΑΤΟΜΗ 50mm ² ΚΑΙ ΕΛΑΧΙΣΤΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ 8mm ΚΑΤΑ ΕΛΟΤ EN 50164-2.
	ΚΥΡΙΟΣ ΖΥΓΟΣ ΓΕΙΩΣΗΣ(6600001-ΕΛΕΜΚΟ) ΜΕ: -ΠΛΑΣΤΙΚΟ ΚΑΛΥΜΜΑ ΚΑΙ ΒΑΣΗ -ΔΥΟ ΜΟΝΩΤΗΡΕΣ ΜΟΝΩΣΗΣ ΤΟΥ ΖΥΓΟΥ -1 ΥΠΟΔΟΧΗ ΑΓΩΓΟΥ φ8-10mm -7 ΥΠΟΔΟΧΕΣ ΑΓΩΓΩΝ 2,5-25mm ² -1 ΥΠΟΔΟΧΗ ΤΑΙΝΙΑΣ 30mm.
	ΚΥΡΙΟΣ ΑΚΡΟΔΕΚΤΗΣ ΓΕΙΩΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΣΥΝΔΕΣΗ ΜΕ ΕΓΚΙΒΩΤΙΣΜΕΝΟ ΣΕ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΑΓΩΓΟ ΓΕΙΩΣΗΣ ΤΑΙΝΙΑΣ ΜΕ ΕΝΑ ΣΠΕΙΡΩΜΑ Μ8 ΣΤΗΝ ΕΙΣΤΕΡΙΚΗ ΤΟΥ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗ ΣΥΝΔΕΣΗ ΟΡΑΤΟΥ ΑΓΩΓΟΥ ΡΕ Η' ΓΙΑ ΤΗΝ ΣΥΝΔΕΣΗ ΣΥΛΛΕΚΤΗΡΙΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ Σ.Α.Π.(6524208-ΕΛΕΜΚΟ)
	ΑΝΑΜΟΝΗ ΘΕΜΕΛΙΑΚΗΣ ΓΕΙΩΣΗΣ ΑΠΟΤΕΛΟΥΜΕΝΗ ΑΠΟ ΤΑΙΝΙΑ 30x3mm,ΧΑΛΥΒΔΙΝΗ ΘΕΡΜΑ ΕΠΙΨΕΥΔΑΡΓΥΡΩΜΕΝΗ.
	ΣΦΙΓΚΤΗΡΑΣ ΒΑΡΕΩΣ ΤΥΠΟΥ ΧΩΡΙΣ ΕΝΔΙΑΜΕΣΗ ΠΛΑΚΑ ΓΙΑ ΣΥΝΔΕΣΗ ΤΑΙΝΙΩΝ ΠΛΑΤΟΥΣ 30mm ΣΕ "Γ",ΕΥΘΕΙΑ Η' ΔΙΑΣΤΑΥΡΩΣΗ, ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΖΕΤΑΙ ΑΠΟ ΧΑΛΥΒΑ ΘΕΡΜΑ ΕΠΙΨΕΥΔΑΡΓΥΡΩΜΕΝΟ. 6224030 ΤΗΣ ΕΛΕΜΚΟ.

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:

1. Η ΓΕΙΩΣΗ ΘΑ ΜΕΤΡΗΘΕΙ. ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΠΟΥ Η ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΓΕΙΩΣΗΣ ΥΠΕΡΒΑΙΝΕΙ ΤΟ 1Ω ΘΑ ΠΡΟΣΤΕΘΕΙ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΗΛΕΚΤΡΩΔΙΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΤΕΥΞΗ ΤΗΣ ΤΙΜΗΣ ΑΥΤΗΣ.
2. Η ΤΑΙΝΙΑ ΘΑ ΣΤΗΡΙΞΕΤΑΙ ΠΑΝΩ ΣΤΟΝ ΟΠΛΙΣΜΟ ΕΙΤΕ ΚΑΘΕΤΑ ΕΙΤΕ ΠΑΡΑΛΛΗΛΑ ΜΕΣΩ ΕΙΔΙΚΩΝ ΣΦΙΚΤΗΡΩΝ-ΣΤΗΡΙΓΜΑΤΩΝ ΑΠΟ ΧΑΛΥΒΑ ΘΕΡΜΑ ΕΠΙΨΕΥΔΑΡΓΥΡΩΜΕΝΟ ΑΝΑ 2m,ΕΝΔ.ΤΥΠΟΥ 6201000 ΤΗΣ ΕΛΕΜΚΟ.
3. Η ΤΑΙΝΙΑ ΤΟΠΟΘΕΤΕΙΤΑΙ ΜΕ ΤΗ ΜΕΓΑΛΗ ΤΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΚΑΘΕΤΑ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ
4. Η ΤΑΙΝΙΑ ΓΕΙΩΣΗΣ ΘΑ ΚΑΛΥΠΤΕΤΑΙ ΑΠΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΓΙΑ ΤΟΥΛΑΧΙΣΤΟΝ 5 CM.
5. ΑΠΑΓΟΡΕΥΕΤΑΙ ΑΥΣΤΗΡΑ Η ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΤΗΣ ΤΑΙΝΙΑΣ, ΩΣ ΚΑΙ Η ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙ ΤΟΥ ΟΠΛΙΣΜΟΥ ΜΕ ΣΥΡΜΑ.

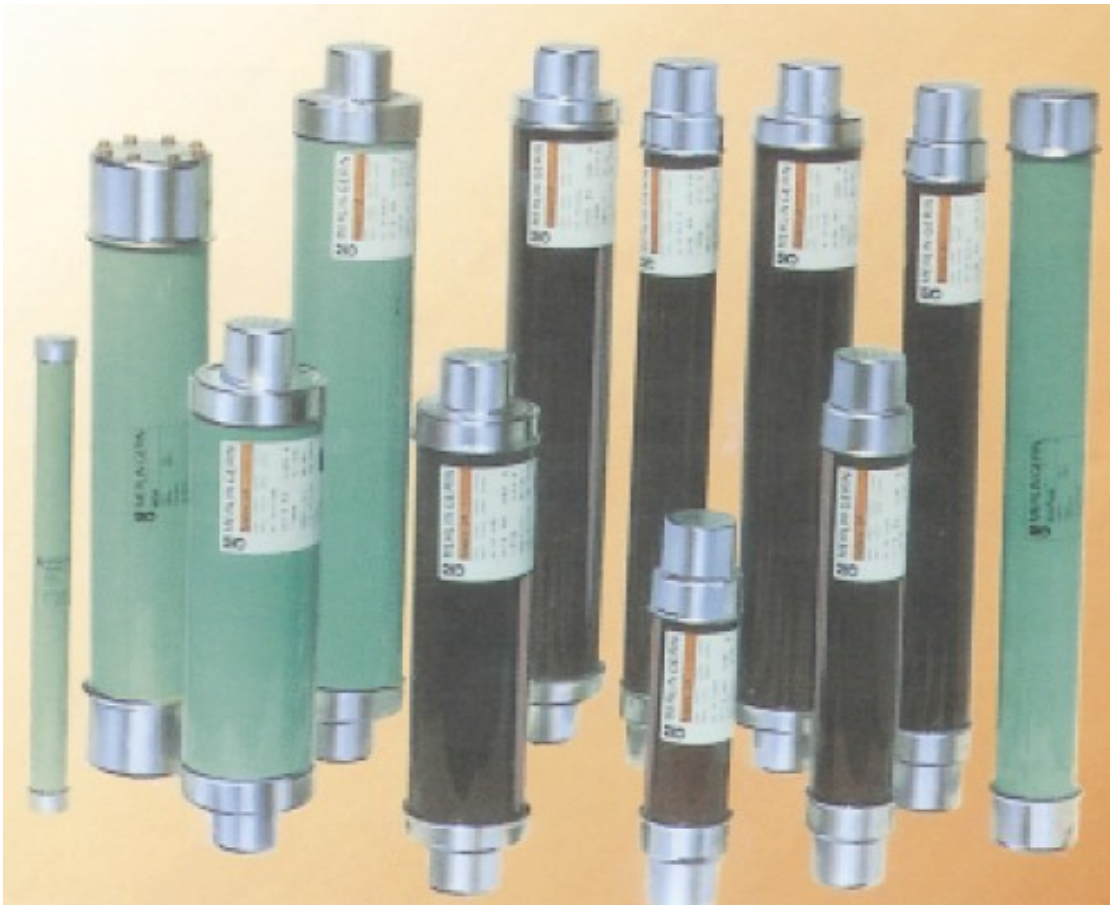
Εικόνα 3.3.5.4 Υπόμνημα υποσθμού-θεμελιακή γείωση

3.4 Συσκευές διακοπής και απομόνωσης μέσης τάσης

3.4.1 Ασφάλειες μέσης τάσης

Οι ασφάλειες μέσης τάσης (τηκτά), σε αντίθεση με τις ασφάλειες χαμηλής τάσης, χρησιμοποιούνται μόνο για την προστασία από βραχυκυκλώματα και όχι για την προστασία από υπερφορτίσεις. Όπως βλέπουμε στην Εικόνα 1.5.1 οι ασφάλειες μέσης τάσης είναι κυλινδρικές με σώμα από πορσελάνη ή άλλο μονωτικό υλικό. Κατασκευάζονται για διάφορες ονομαστικές τάσεις και ονομαστικές εντάσεις. Το μήκος τους είναι ανάλογο της ονομαστικής τους τάσης και η διάμετρος τους ανάλογη της ονομαστικής τους έντασης.

Διακρίνουμε δύο είδη ασφαλειών στη μέση τάση, οι ασφάλειες εκτόνωσης και οι ασφάλειες σκόνης (HRC) υψηλής ικανότητας διακοπής.



Εικόνα 3.4.1.1 Ασφάλειες υψηλής ικανότητας διακοπής.

3.4.2 Διακόπτες ισχύος (circuit-breaker)

Οι διακόπτες ισχύος (circuit-breaker) ανοίγουν και κλείνουν το κύκλωμα σε οποιοσδήποτε συνθήκες λειτουργίας, δηλ. τόσο σε κανονικές συνθήκες όσο και σε βραχυκύκλωμα.

Τα ρεύματα που μπορούν να διακόψουν είναι πάνω από 7 KA, δηλαδή, όσο το αναμενόμενο ρεύμα βραχυκυκλώματος στο δίκτυο μέσης τάσης στην Ελλάδα. Ο διακόπτης ισχύος είναι σε θέση να αντέξει, αμέσως μετά τη σβέση του τόξου, στην επιβαλλόμενη τάση του δικτύου.

Οι διακόπτες ισχύος, ανάλογα με το ρευστό που χρησιμοποιείται για τη σβέση του τόξου χωρίζονται στις παρακάτω τρεις κατηγορίες: σε αυτήν του πτωχού ελαίου (oil-minimum), στην εξα-φθοριούχου θείου (SF6) και σε αυτή του κενού.

Στις δεκαετίες 1970-1990 κυριάρχησε ο διακόπτης πτωχού ελαίου (ονομάστηκε έτσι σε αντιδιαστολή με τους προηγούμενους διακόπτες ισχύος που χρησιμοποιούσαν πολλαπλάσιες ποσότητες λαδιού).

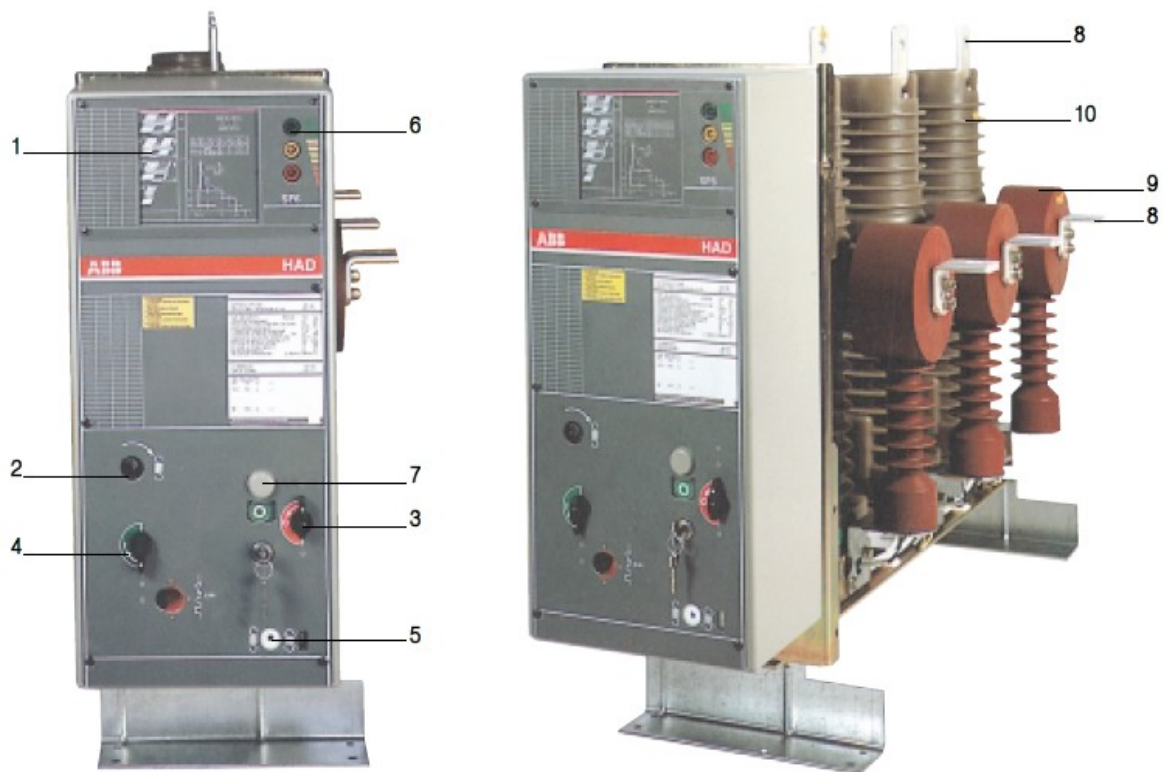
Στην τελευταία δεκαετία αντικαταστάθηκε από το διακόπτη ισχύος με SF6. Το άεριο SF6 είναι ένα αδρανές αέριο με άριστες μονωτικές ιδιότητες που βρίσκεται μέσα στους πόλους του διακόπτη ισχύος.

Οι διακόπτες ισχύος με κενό χρησιμοποιούν σαν μονωτικό το κενό, δηλαδή την έλλειψη οποιουδήποτε αερίου. Δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι το απόλυτο κενό είναι το τέλειο μονωτικό.

3.4.2β Τα μέρη του διακόπτη ισχύος

Ανεξάρτητα από το μονωτικό μέσο (λάδι, SF6, κενό) που χρησιμοποιείται για τη σβέση του τόξου και το εργοστάσιο κατασκευής τους, όλοι οι διακόπτες ισχύος αποτελούνται από τα ίδια μέρη. Στην Εικόνα 3.4.2.1 βλέπουμε ένα διακόπτη ισχύος SF6 ονομαστικής τάσης 24 kV και ονομαστικού ρεύματος 400 A. Στην εικόνα έχουν σημειωθεί με αριθμούς από το 1 ως το 10 τα μέρη του διακόπτη ισχύος που ενδιαφέρουν άμεσα το συντηρητή του υποσταθμού.

Στον παρακάτω πίνακα αναλύονται οι αριθμοί που υπάρχουν στην Εικόνα 3.4.2.1. Διατηρήσαμε και τις αγγλικές εκφράσεις, διότι τα τεχνικά φυλλάδια που συνοδεύουν τους διακόπτες, σπάνια είναι μεταφρασμένα στα Ελληνικά.



Εικόνα 3.4.2.1 Διακόπτης ισχύος SF6.

1	Ηλεκτρονόμος υπερέντασης	Overcurrent release
2	Μοχλός για τη μηχανική τάνυση του ελατηρίου κλεισίματος	Shaft for manual closing spring charging
3	Κουμπί ανοίγματος	Opening knob
4	Κουμπί κλεισίματος	Closing knob
5	Ένδειξη ότι το ελατήριο κλεισίματος είναι <ul style="list-style-type: none"> ● τανυσμένο(κίτρινο) ● ατάνυστο (λευκό) 	Signal for closing springs charged (yellow) and discharged (white)
6	Συσκευή μπλοκαρίσματος και ένδειξης της πίεσης του αερίου SF6	Device for locking and signalling the state of SF6 gas
7	Ένδειξη ανοικτός/κλειστός διακόπτης ισχύος	Circuit-breaker open/closed signalling device
8	Ακροδέκτες μέσης τάσης	Medium voltage terminals
9	Μετασχηματιστές έντασης για τον ΗΝ υπερέντασης	Current sensor for overcurrent release
10	Πόλος διακόπτη ισχύος	Circuit-breaker pole

Πίνακας 3.4.2.1 Ανάλυση των αριθμών που βρίσκονται στην εικόνα.

Εκτός από τα μέρη του διακόπτη ισχύος που φαίνονται στην Εικόνα 1.5.2β, υπάρχουν μια σειρά από εξαρτήματα που αποτελούν το μηχανισμό λειτουργίας του διακόπτη ισχύος και τα οποία περιγράφονται παρακάτω:

Ο μηχανισμός λειτουργίας του διακόπτη ισχύος βασίζεται σε δύο ελατήρια που αποθηκεύουν μηχανική ενέργεια, όταν τανυστούν (τεντωθούν). Τα δύο ελατήρια είναι: το ελατήριο κλεισίματος και το ελατήριο ανοίγματος. Τα δύο ελατήρια ξεχωρίζουν από το μέγεθος τους. Το ελατήριο κλεισίματος είναι μεγαλύτερο και, συνεπώς, ισχυρότερο από το ελατήριο ανοίγματος, επειδή το ελατήριο κλεισίματος τανύζει το ελατήριο ανοίγματος.

Η απελευθέρωση και των δύο ελατηρίων δίνει κίνηση στον ίδιο άξονα. Στον άξονα αυτό συνδέονται με μοχλούς από μονωτικό υλικό, οι κινητές επαφές του διακόπτη ισχύος.

Η απελευθέρωση του ελατηρίου κλεισίματος περιστρέφει τον άξονα, έτσι ώστε οι κινητές επαφές να έλθουν σε επαφή με τις ακίνητες επαφές και ο διακόπτης κλείνει. Η απελευθέρωση του ελατηρίου ανοίγματος περιστρέφει τον άξονα κατά την αντίθετη φορά, ώστε οι κινητές επαφές να απομακρυνθούν από τις ακίνητες επαφές και ο διακόπτης ανοίγει.

Η λειτουργία του αυτόματου διακόπτη ξεκινά με την τανυση του ελατηρίου κλεισίματος. Η τανυση του ελατηρίου κλεισίματος μπορεί να γίνει: χειροκίνητα με ένα μοχλό (μανιβέλλα) (2) ηλεκτρικά με τη βοήθεια ενός μικρού ηλεκτρικού κινητήρα που λειτουργεί με ΣΡ ή ΕΡ. Το ελατήριο κλεισίματος, αφού τανυθεί, αυτοσυγκρατείται. Η απελευθέρωση του ελατηρίου κλεισίματος μπορεί να γίνει: χειροκίνητα με το κουμπί κλεισίματος (4) ή ηλεκτρικά στέλνοντας ρεύμα στο πηνίο του ηλεκτρομαγνήτη κλεισίματος (closing solenoid). Η απελευθέρωση του ελατηρίου κλεισίματος τανύζει το ελατήριο ανοίγματος που αυτοσυγκρατείται. Η απελευθέρωση του ελατηρίου ανοίγματος μπορεί να γίνει: χειροκίνητα με το κουμπί ανοίγματος (3) ηλεκτρικά στέλνοντας ρεύμα στο πηνίο του ηλεκτρομαγνήτη ανοίγματος (opening solenoid , shunt release, trip coil).

3.4.2γ Διακόπτης ισχύος επι φορείου (truck mounted circuit breaker)

Τους διακόπτες ισχύος επι φορείου τους συναντάμε και με το όνομα συρόμενοι ή συρταρωτοί. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.4.2γ.1, ο διακόπτης ισχύος πτωχού ελαίου είναι τοποθετημένος σε φορείο με ρόδες. Κάθε πόλος του διακόπτη περιλαμβάνει δύο βυσματοπώτες επαφές που του επιτρέπουν να συνδέεται και να αποσυνδέεται από το κύριο κύκλωμα.

Μετά το άνοιγμα (opening) του διακόπτη ισχύος μπορούμε να τον τραβήξουμε και να δημιουργήσουμε έτσι μια ικανή απόσταση (περίπου 20 cm). Η απόσταση αυτή θεωρείται απόσταση ασφαλείας για τη δημιουργία απομόνωσης.



Εικόνα 3.4.2γ.1 Διακόπτης ισχύος επί φορείου.

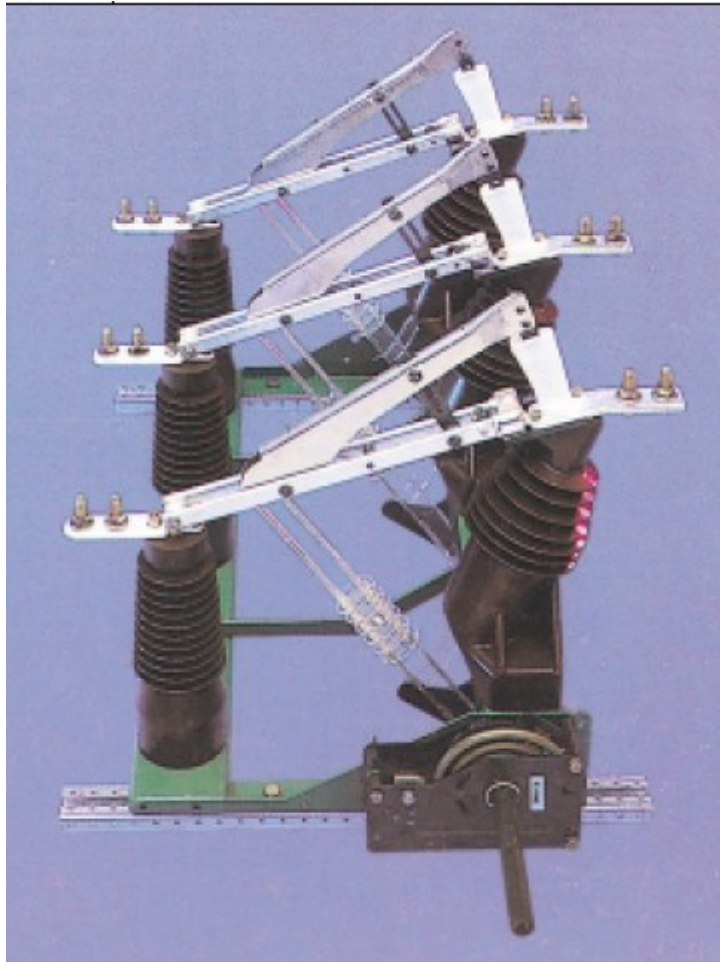
Έτσι οι κυψέλες Μ .Τ. που φιλοξενούν τους διακόπτες ισχύος επί φορείου δε χρειάζεται να περιλαμβάνουν διακόπτη απομόνωσης (αποζευκτη), τόσο στην πλευρά των ζυγών όσο και στην πλευρά του καλωδίου. Το κόστος του διακόπτη αυτού σε συνδυασμό με την αντίστοιχη κυψέλη που θα τον φιλοξενήσει, είναι αρκετά υψηλότερο από το συνδυασμό του σταθερού διακόπτη ισχύος και του αποζευκτη φορτίου. Έτσι τον συναντάμε στα πρωτογενή δίκτυα διανομής μέσης τάσης, δηλαδή στους κεντρικούς υποσταθμούς της ΔΕΗ ή στους σταθμούς παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας.

3.4.3 Διακόπτης φορτίου (load-switch)

Οι διακόπτες φορτίου είναι κατασκευασμένοι για να διακόπτουν με ασφάλεια ρεύματα μέχρι το ονομαστικό τους ρεύμα (συνήθως 400 Α). Έτσι δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη διακοπή σφαλμάτων, δηλαδή ρεύμα βραχυκυκλώματος που φθάνει τα 7 κΑ, όπως συμβαίνει με τους διακόπτες ισχύος. Ο μηχανισμός λειτουργίας για το κλείσιμο και το άνοιγμα ενός διακόπτη φορτίου

είναι παρόμοιος με το μηχανισμό λειτουργίας του διακόπτη ισχύος που αναλύθηκε σε παραπάνω παράγραφο.

Κατά κανόνα, οι διακόπτες φορτίου, λειτουργούν και ως αποζεύκτες (απομονωτές), ώστε να μας επιτρέπουν να εργαστούμε με ασφάλεια στο κύκλωμα μετά τη διακοπή του. Στην περίπτωση αυτή ονομάζονται διακόπτες φορτίου-αποζεύκτες ή απλά αποζεύκτες φορτίου.



Εικόνα 3.4.3.1 Διακόπτης φορτίου-αποζεύκτης μέσης τάσης

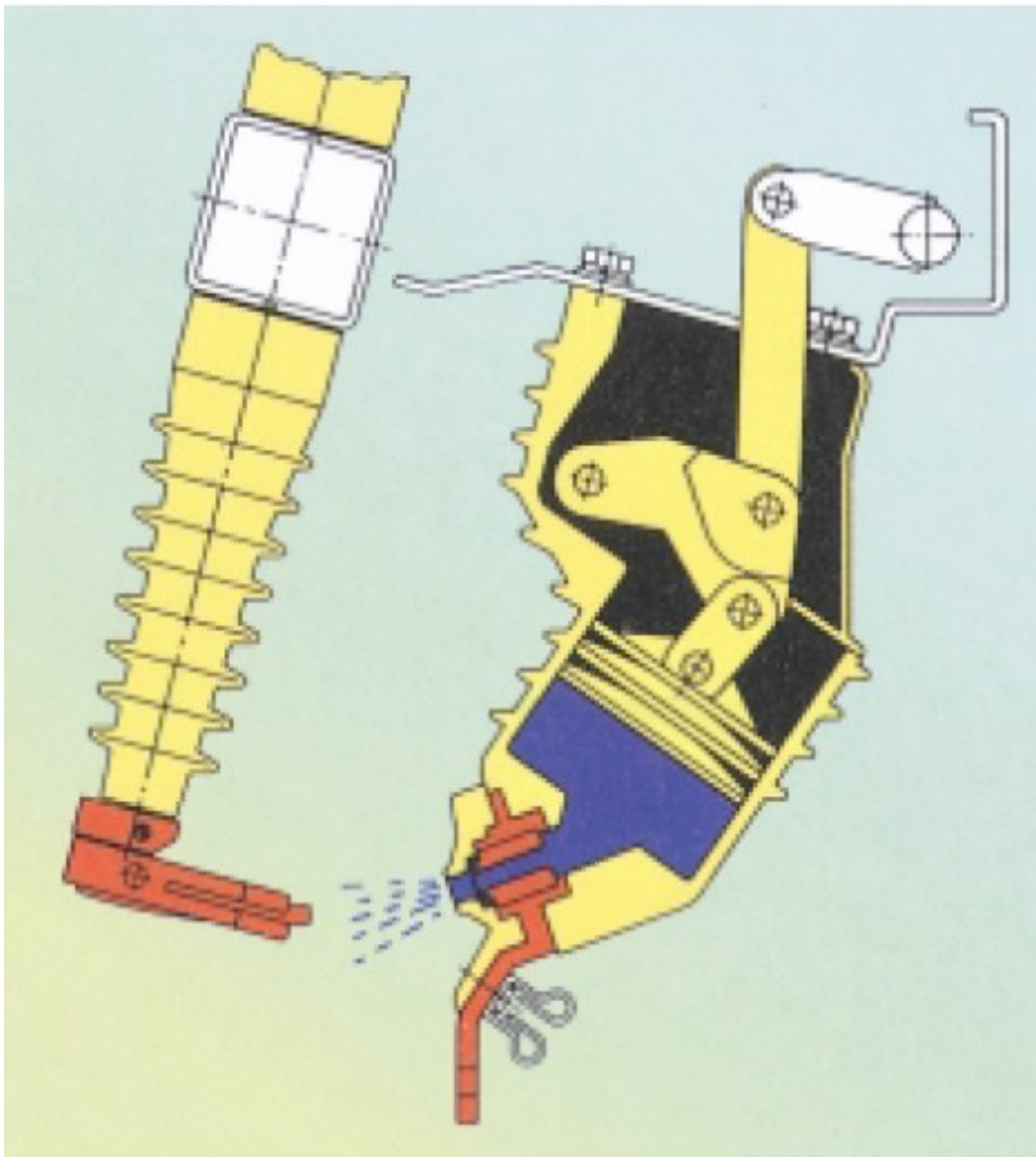
3.4.3β. Σβέση τόξου με φύσημα αέρα στο διακόπτη φορτίου

Τη χρονική στιγμή της αποχώρησης των επαφών ενός διακόπτη δημιουργείται ένα ηλεκτρικό τόξο. Η ασφαλής σβέση του τόξου αποτελεί το πλέον κρίσιμο σημείο στη λειτουργία ενός διακόπτη φορτίου. Στην Εικόνα 1.5.3α βλέπουμε τον ειδικό μονωτήρα που υπάρχει σε κάθε πόλο του

διακόπτη φορτίου που χρησιμοποιεί την τεχνική του φουσήματος αέρα για τη σβέση του τόξου.

Ο μονωτήρας είναι κούφιος και το εσωτερικό του σχηματίζει ένα κύλινδρο. Μέσα στον κύλινδρο υπάρχει ένα έμβολο, που παίρνει κίνηση από τον κύριο άξονα του διακόπτη, με τη βοήθεια ενός μηχανισμού μοχλών από μονωτικό υλικό.

Με το άνοιγμα του διακόπτη, αρχίζει η συμπίεση του αέρα με τη βοήθεια του εμβόλου. Ο αέρας αυτός εξέρχεται από ειδικά ακροφύσια που υπάρχουν στην ακίνητη επαφή. Η κίνηση του εμβόλου συγχρονίζεται με την κίνηση των κύριων επαφών του διακόπτη, ώστε η παροχή του αέρα να είναι πολύ δυνατή, τη στιγμή που αποχωρίζονται οι επαφές και το ηλεκτρικό τόξο είναι πολύ έντονο. Ο δυνατός αέρας βοηθά στη διάχυση του τόξου και την ταυτόχρονη ψύξη του, με αποτέλεσμα να σβήνει γρήγορα.



Εικόνα 3.4.3β.1 Τομή μονωτήρα και όψη λειτουργίας

3.4.3γ Διακόπτης φορτίου με ασφάλειες HRC

Ο διακόπτης φορτίου από μόνος του - επειδή δεν έχει την ικανότητα να διακόψει το ρεύμα βραχυκυκλώματος - δε μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μέσο προστασίας.

Σε συνδυασμό όμως με ασφάλειες HRC μπορεί να λειτουργήσει ως μέσο προστασίας των καλωδίων ή του μετασχηματιστή ισχύος. Ο συνδυασμός αυτός ονομάζεται και ασφαλειο-διακόπτης φορτίου ή ασφαλειο-αποζεύκτης φορτίου (fuse-load switch). Τον συναντάμε κατά κανόνα ως μέσο προστασίας Μ/Σ μέχρι 630 kVA. Σε περίπτωση σφάλματος (βραχυκυκλώματος) τήκεται κάποια από τις τρεις ασφάλειες και απελευθερώνεται ο δείκτης λειτουργίας της (striker). Ο δείκτης κτυπά με δύναμη έναν μηχανισμό από μοχλούς που καταλήγει στην απελευθέρωση του ελατηρίου ανοίγματος και στο αυτόματο άνοιγμα του διακόπτη φορτίου.

Σημειώνουμε ότι ο διακόπτης φορτίου ανοίγει χωρίς να διακόπτει το ρεύμα σφάλματος, το οποίο έχει ήδη διακοπεί από την τηκόμενη ασφάλεια. Για να μπορέσει να ξαναλειτουργήσει η εγκατάσταση μας, πρέπει να αντικαταστήσουμε και τις τρεις ασφάλειες με νέες, διότι το ρεύμα σφάλματος μπορεί να έχει αλλοιώσει το τηκτό και σε κάποια άλλη φάση.

3.4.4 Αποζεύκτες, γειωτές

Οι αποζεύκτες και οι γειωτές είναι διακόπτες που ανοίγουν ένα κύκλωμα υπό ελάχιστο φορτίο και με ελάχιστη τάση. Δηλαδή πρέπει να τους χειριζόμαστε χωρίς ρεύμα ή τάση στους πόλους του. Γι'αυτό ονομάζονται και διακόπτες χωρίς φορτίο (off-load switch).

Χρησιμοποιούνται για να δημιουργήσουν ορατές διακοπές στα κυκλώματα μέσης τάσης.

Έτσι είμαστε σίγουροι ότι το κύκλωμα είναι απομονωμένο και μπορούμε να αρχίσουμε τις εργασίες σε αυτό. Γι'αυτό ονομάζονται και απομονωτές (isolator switch).

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 1.5.4 ο αποζεύκτης αποτελείται από:

1. δύο μονωτήρες σε κάθε πόλο
2. τους ακροδέκτες σύνδεσης στην κορυφή των μονωτήρων
3. τις κινητές επαφές που μοιάζουν με μαχαίρια
4. το σιδερένιο άξονα που με την περιστροφή του δίνει κίνηση στα μαχαίρια
5. ράβδους από μονωτικό υλικό που συνδέουν τον άξονα με τα μαχαίρια

Οι αποζεύκτες πρέπει να αντέχουν σε κλειστή θέση τα ρεύματα σφαλμάτων και σε ανοικτή θέση τις υπερτάσεις του δικτύου.

Σήμερα, επειδή η διαφορά τιμής είναι μικρή, χρησιμοποιούμε διακόπτες φορτίου αντί αποζευκτών. Έτσι απλοποιούνται οι χειρισμοί-μανδαλώσεις για την απομόνωση ενός κυκλώματος.

Οι γειωτές (earthing switch) είναι πρακτικά αποζεύκτες με τη διαφορά ότι η μια τους πλευρά συνδέεται πάντα στη γείωση. Χρησιμοποιούνται:

α) για να μηδενίσουν τα ηλεκτρικά φορτία που παραμένουν στα κυκλώματα μέσης τάσης και οφείλονται στους παρασιτικούς πυκνωτές που υπάρχουν κυρίως στα καλώδια,

β) για να γειώσουν το τμήμα του δικτύου στο οποίο θα εργαστούμε (συντήρηση ή επιδιόρθωση).

Για να ξεκινήσουμε τις εργασίες επισκευής ή συντήρησης σε κυκλώματα μέσης τάσης πρέπει να κάνουμε με τη σειρά τις παρακάτω ενέργειες:

ο Να διακόψουμε το κύκλωμα με τη βοήθεια του διακόπτη φορτίου ή του διακόπτη ισχύος.

ο Να ανοίξουμε τον αποζεύκτη (αν υπάρχει).

ο Να σιγουρευτούμε ότι είναι απομονωμένο, π.χ ελέγχοντας από το παράθυρο της κυψέλης τα μαχαίρια του αποζεύκτη.

ο Να το κλειδώσουμε στη θέση απομονωμένο.

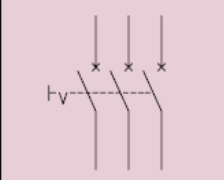
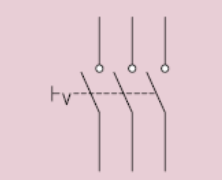
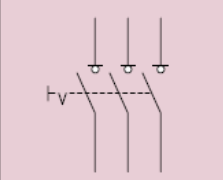
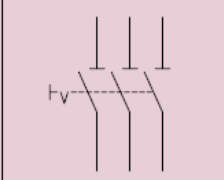
ο Να γειώσουμε το κύκλωμα όπου θα εργαστούμε.

Τελειώνοντας τις εργασίες πρέπει να κάνουμε με τη σειρά τις παρακάτω ενέργειες: Να επαναφέρουμε το γειωτή στην ανοιχτή θέση. Να κλείσουμε τους διακόπτες με την αντίστροφη σειρά που τους ανοίξαμε, δηλαδή πρώτα το διακόπτη και μετά τον αποζεύκτη.

3.4.5 Σύγκριση των διακοπών μέσης τάσης

Στον παρακάτω πίνακα προσπαθήσαμε να δείξουμε τα κοινά χαρακτηριστικά όλων των διακοπών μέσης τάσης. Στο πίνακα σημειώνεται με χ, αν ο διακόπτης έχει την αντίστοιχη ικανότητα.

Βλέπουμε ότι την ικανότητα διακοπής του ρεύματος βραχυκυκλώματος την έχει μόνο ο διακόπτης ισχύος, γ'αυτό και είναι το βασικό όργανο διακοπής στα ηλεκτρικά δίκτυα. Αξίζει να σημειώσουμε ότι ο πίνακας 3.4.5.1 ισχύει και για τους διακόπτες χαμηλής τάσης (< 1000 V).

	Διακόπτης ισχύος	Διακόπτης φορτίου	Αποζεύκτης φορτίου	Αποζεύκτης
				
Ικανότητα διακοπής κυκλώματος σε ονομαστικό ρεύμα (I_n)	x	x	x	
Ικανότητα διακοπής του κυκλώματος σε ρεύμα βραχυκύκλωματος (I_k)	x			
Ικανότητα ζεύξης στο ρεύμα βραχυκύκλωματος (*)	x	x	x	x
Ικανότητα ορατής απομόνωσης			x	x
Αντοχή στο ρεύμα βραχυκυκλώματος για $t=2s$	x	x	x	x

Πίνακας 3.4.5.1 Σύγκριση των διακοπών μέσης τάσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο

4.1 Πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα εγκατάστασης

Το σημαντικότερο πλεονέκτημα της ηλεκτροδότησης των πλοίων κατά την παραμονή τους στο λιμάνι είναι και ο λόγος μελέτης και κατασκευής της διάταξης των υποσταθμών. Το πλεονέκτημα αυτό δεν είναι άλλο από τα τεράστια περιβαλλοντικά οφέλη της χρήσης ηλεκτρικής ισχύος. Το σύστημα ηλεκτροδότησης ελλιμενισμένων πλοίων μειώνει σε ένα ποσοστό 98% τις εκπομπές αερίων ρύπων όπως CO₂, SO₂, NO_x και άλλων ιδιαίτερων αερίων ρύπων. Έτσι δημιουργούνται

λιμάνια φιλικότερα προς το περιβάλλον και βελτιώνει την ποιότητα εργασίας του εργατικού δυναμικού του λιμανιού όπως και την ποιότητα ζωής των κατοίκων της περιοχής κοντά στο λιμάνι.

Εξίσου σημαντικό πλεονέκτημα για την βελτίωση ποιότητας ζωής των κατοίκων και εργασίας σε περιοχές γύρω από λιμάνια είναι ότι με την χρήση αυτής της εγκατάστασης διευκολύνει την μείωση του θορύβου που παράγεται από τις ηλεκτρομηχανές του πλοίου καθώς είναι σε κατάσταση μη λειτουργίας. Επίσης ακόμη ένας οφέλιμος παράγοντας της ηλεκτροδότησης των πλοίων είναι η μείωση των δονήσεων χαμηλής συχνότητας στον ευρύτερο χώρο του λιμανιού και σαφώς επιτρέπει την συντήρηση και επιθεώρηση των ηλεκτρομηχανών του πλοίου όσο αυτό βρίσκεται στο λιμάνι.

Τέλος, ένα ακόμη εξίσου σημαντικό πλεονέκτημα που αφορά κυρίως τους πλοιοκτήτες και τους ναυλωτές είναι η εξοικονόμηση πετρελαίου, μιας και το κόστος της κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων ολοένα και αυξάνεται, που οφείλεται στην μη λειτουργία των ηλεκτρομηχανών. Ως αποτέλεσμα της μη χρήσης ηλεκτρικής ισχύος από τις ηλεκτρομηχανές είναι η μειωμένη φθορά τους και συνεπώς καθυστερημένη συντήρηση και επισκευή, άρα μείωση στα έξοδα συντήρησης των ηλεκτρομηχανών.

Εκτός από τα σημαντικά πλεονεκτήματα της χρήσης παροχής ηλεκτρικής ισχύος από το λιμάνι που είναι κυρίως περιβαλλοντικού σκοπού υπάρχουν και κάποια μειονεκτήματα. Αρχικά υπήρχε ένα πρόβλημα σε σχέση με την επίδραση που θα εμφανιζόταν με την κατανάλωση ηλεκτρικής ισχύος από το πλοίο στο τοπικό δίκτυο αλλά αυτό λύνεται με τις αρχικές μελέτες που γίνονται από τις εταιρίες εγκατάστασης. Έτσι οι εταιρίες με τις μελέτες συστήματος εκτιμούν την συνολική επίδραση και μπορούν να προτείνουν λύσεις αναβάθμισης και ενίσχυσης του τοπικού δικτύου και του δικτύου του λιμανιού προκειμένου να διευκολυνθούν οι συνδέσεις με πλοία.

Οι πλοιοκτήτες και οι ναυλωτές ασχολούνται σε ότι αφορά με την χρέωση ανάλογα με την κατανάλωση της ηλεκτρικής ισχύος από τις λιμενικές αρχές. Η χρέωση αυτή διαφέρει από χώρα σε χώρα με τον φόβο των πλοιοκτητών και των ναυλωτών σε περίπτωση αισχροκέρδιας με αυξημένη την χρέωση της ηλεκτρικής ισχύος που έχει καταναλωθεί από το πλοίο. Άλλο ένα μειονέκτημα είναι οι χώροι που καταλαμβάνουν οι υποσταθμοί τόσο στον χώρο της προβλήτας όσο και αυτού που είναι εγκατεστημένος στο πλοίο. Πιθανό μειονέκτημα μπορεί να είναι το κόστος συντήρησης και η διάρκεια ζωής της ηλεκτρολογικής υποδομής της εγκατάστασης όπως και η εποπτεία και ο έλεγχος που γίνεται από το εξειδικευμένο προσωπικό του λιμανιού.

Συμπεράσματα-Επίλογος

Όπως είδαμε στην παραπάνω πτυχιακή εργασία οι διατάξεις υποσταθμών σε ηλεκτρικές εγκαταστάσεις πλοίων λιμανιών είναι πολύ σημαντικές για την ναυτιλία. Αυτό γιατί το παραπάνω σύστημα συμβάλει στην παγκόσμια προσπάθεια για την προστασία του περιβάλλοντος. Η μέθοδος αυτή ηλεκτροδότης ελλιμενισμένων πλοίων θεωρείται καινοτόμος αν και σχετικά καινούργια στον ευρύτερο χώρο της ναυτιλίας. Συγκεκριμένα σχετικές περιβαλλοντολογικές μελέτες γύρω απο τον τομέα της ρύπανσης σε χώρους λιμανιών τονίζουν την σημαντικότητα οτι με την χρήση ηλεκτρικής ισχύος απο τα πλοία στα λιμάνια δημιουργούνται λιμάνια φιλικότερα προς το περιβάλλον. Οι πρώτες εγκαταστάσεις που έγιναν απο την πρωτοπόρο εταιρία σε αυτό το πεδίο, ABB ανέδειξαν τα παραπάνω οφέλη με την επιτυχία της εγκατάστασης και έφερε την άνθηση στην αγορά αυτών των συστημάτων, η οποία θα οδηγήσει αναπόφευκτα και στην περαιτέρω εξέλιξη της σχετικής τεχνολογίας.

Βιβλιογραφία

- 1 https://www.youtube.com/watch?v=UROT4znDSc&feature=channel_video_title Shore to ship connection from ABB marine 9/2011.
- 2 <http://www.youtube.com/watch?v=EPyXX3h9suU> ABB's shore to ship power solution for Rotterdam 7/2012.
- 3 <https://www.abb.com>
- 4 ABB review, Group Technical Magazine.
- 5 Δ. Μητροπούλου (2010), Συγκριτική μελέτη διατάξεων υποσταθμών μεταφοράς Υ.Τ/Μ.Τ και ΚΥΤ, Διπλωματική εργασία, Σχολή ηλεκτρολόγων μηχανικών και μηχανικών υπολογιστών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- 6 <http://www.youtube.com/watch?v=hMH7mjjanwhQ> Port of San Diego completes Shore power system 12/2010.
- 7 Πέτρος Ντοκόπουλος, Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις Καταναλωτών Μέσης και Χαμηλής Τάσης Β έκδοση, εκδόσεις Ζητη Θεσσαλονίκη.
- 8 Δημήτριος Κόκκινος, Θεμελιακή γείωση, Εκδόσεις Ελμέκο.

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	3
Abstract.....	4
Πρόλογος.....	5
Κεφάλαιο 1 Γενική περιγραφή υποσταθμών και διαδικασία ηλεκτροδότησης	
1.1 Εισαγωγή.....	6
1.2 Γενικά χαρακτηριστικά.....	7
1.3 Διάταξη υποσταθμών.....	8
1.4 Περιγραφή ηλεκτροδότησης.....	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 Αναλυτική περιγραφή υποσταθμών	
2.1 Υποσταθμοί.....	15
2.2 Υποσταθμοί πλοίου και λιμανιού.....	16
2.3 Σχέδια υποσταθμών.....	17
Κεφάλαιο 3 Βασικά στοιχεία υποσταθμών	
3.1 Μετασχηματιστής ισχύος.....	22
3.2 Καλώδια μέσης τάσης.....	26
3.3 Γειώσεις υποσταθμών μέσης τάσης.....	32
3.4 Συσκευές διακοπής και απομόνωσης μέσης τάσης.....	40
Κεφάλαιο 4 Πλεονεκτήματα- μειονεκτήματα εγκατάστασης	
4.1 Πλεονεκτήματα- μειονεκτήματα εγκατάστασης.....	49
Συμπεράσματα-Επίλογος.....	51
Βιβλιογραφία.....	52