

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ  
ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

Αριθμός Πτυχιακής: 1137

**ΘΕΜΑ:**

**ΜΕΛΕΤΗ ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΥ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ**

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: ΠΥΡΓΙΩΤΗ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑ

ΚΩΤΣΙΑΣ ΒΑΓΓΕΛΗΣ

ΠΑΤΡΑ 2011

## *Ευχαριστίες*

Θα επιθυμούσα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στους κάτωθι;

- Ø **Κα. Πυργιώτη Ελευθερία**, επιβλέπουσα, για την ευκαιρία που μου δόθηκε να συνεργαστώ μαζί της , για τις πολύτιμες συμβουλές της και για την συνεισφορά της στην ολοκλήρωση αυτής της μελέτης.
  
- Ø Όλους εκείνους που μου συμπαραστάθηκαν ψυχολογικά και μου έδωσαν δύναμη να ολοκληρώσω αυτήν την πτυχιακή μου εργασία.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη.....	6
1 <sup>ο</sup> Μέρος – Εισαγωγή .....	7
1.Γενικά.....	7
2. Βασικό Ηλεκτρολογικό Υλικό ζεύξης, απόζευξης και προστασίας ΜΤ.....	10
2.1 Αποζεύκτες.....	10
2.2 Διακόπτες Φορτίου.....	11
2.3 Διακόπτες ισχύος.....	13
2.4 Ασφάλειες ΜΤ.....	15
2.5 Διακόπτες απομόνωσης.....	16
2.6 Αλεξικέραυνα.....	17
3. Εξοπλισμός ζεύξης και προστασίας του δικτύου ΜΤ.....	21
3.1 Προστασία γραμμών αναχώρησης του δικτύου ΜΤ.....	24
3.2 Προστασία διακλάδωσης σε καταναλωτή ΜΤ .....	24
3.3 Επιλεκτική συνεργασία των μέσων προστασίας.....	25
4. Τυποποιημένες παροχές ΜΤ.....	25
4.1 Παροχή Τύπου Α1 .....	26
4.2 Παροχή Τύπου Α2 .....	28
4.3 Παροχή Τύπου Β1.....	29
4.4 Παροχή Τύπου Β2.....	30
5 Γειώσεις Υ/Σ καταναλωτών ΜΤ και ΧΤ.....	35
5.1 Γενικά.....	35
5.2 Είδη ηλεκτροδίων γείωσης.....	35

5.3 Απολήξεις και συνδέσεις των ηλεκτροδίων γείωσης.....	36
5.4 Θεμελιακή γείωση.....	38
5.5 Αντίσταση γείωσης και μέτρησή της.....	38
5.6 Γείωση στην εγκατάσταση ΜΤ.....	39
5.7 Γείωση Υ/Σ σε μη αγώγιμο έδαφος.....	43
5.8 Προστασία από ηλεκτροπληξία.....	43
5.9 Προστασία των Υ/Σ ΜΤ κατά των υπερτάσεων.....	44
6. Προστασία ηλεκτρικών εγκαταστάσεων ΧΤ κατά των υπερτάσεων.....	45
6.1 Μετασχηματιστής .....	45
6.2 Τύποι μετασχηματιστών.....	46
7. Επιλογή Μ/Σ.....	46
7.1 Προσδιορισμός ισχύος Μ/Σ Υ/Σ ΜΤ.....	48
7.2 Προστασία Μ/Σ.....	48
7.3 Μονωμένοι αγωγοί και καλώδια ΜΤ-ΧΤ.....	48
7.4 Μόνωση καλωδίων.....	49
7.5 Ακροδέκτες καλωδίων.....	50
7.6 Γείωση καλωδίων.....	50
7.7 Μέσα ζεύξης –απόζευξης και προστασίας ΧΤ.....	50
7.8 Μηχανικοί διακόπτες φορτίου.....	51
7.9 Ρελαί ισχύος.....	51
8. Ασφάλειες τήξης.....	52
8.1 Αυτόματοι διακόπτες ισχύος.....	52
8.2 Μικροαυτόματοι διακόπτες προστασίας κινητήρων.....	53
8.3 Θερμικά ρελαί προστασίας κινητήρων.....	54
8.4 Διακόπτες διαφορικού ρεύματος (ΔΔΡ).....	54

9. Πίνακες ΜΤ.....	55
9.1 Πίνακες κίνησης.....	56
9.2 Πίνακες φωτισμού.....	56
9.3 Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις βιομηχανικών χώρων.....	56
9.4 Διατομές και επιτρεπόμενα ρεύματα σε αγωγούς και καλώδια.....	57
9.5 Διατάξεις προστασίας και ελέγχου.....	58
9.6 Υπολογισμοί.....	59
9.7 Συνεργασία των διατάξεων προστασίας.....	60
9.8 Εγκαταστάσεις φωτισμού.....	61
<b>2<sup>ο</sup> Μέρος</b> .....	<b>62</b>
1.1 Παροχή ΜΤ.....	62
1.2 Επιλογή καλωδίων ΜΤ.....	62
1.3 Προστασία ΜΤ.....	62
1.4 Επιλογή ζυγών ΜΤ.....	64
1.5 Επιλογή καλωδίων ΧΤ.....	67
1.6 Προστασία ΧΤ.....	68
1.7 Γείωση Υποσταθμού.....	70
1.8 Πίνακας ΜΤ.....	71
1.9 Αερισμός –Ψύξη Μ/Σ.....	73
1.10 Κατασκευαστικά στοιχεία Υ/Σ.....	74
Βιβλιογραφία.....	76

## **Περίληψη**

Η πτυχιακή εργασία διαπραγματεύεται την μελέτη υποσταθμού ΜΤ. Συγκεκριμένα παρουσιάζονται τα μέσα που είναι αναγκαία για την ηλεκτροδότηση ενός Βιολογικού Καθαρισμού, το οποίο αποτελείται από πολλά φορτία κίνησης. Η εργασία αποτελείται από δυο μέρη.

Στο πρώτο μέρος, που αποτελεί και την εισαγωγή, παρατίθενται τα απαραίτητα στοιχεία για την μελέτη και την σχεδίαση ενός Υ/Σ, όπως τα μέσα ζεύξης – απόζευξης και προστασίας μαζί με τον εξοπλισμό για την σύνδεση στο δίκτυο. Επίσης θα παρουσιαστούν τα κατάλληλα είδη γείωσης για την προστασία των εργαζομένων καθώς και η απαραίτητη προστασία του Υ/Σ έναντι των υπερτάσεων. Έπειτα θα επιλεγούν τα στοιχεία τα οποία έχουν το ρόλο του μετασχηματισμού της τάσης από ΜΤ σε ΧΤ. Τέλος θα γίνει αναλυτική περιγραφή σε πίνακες και στοιχεία.

Στο δεύτερο μέρος θα δούμε τη μελέτη της κίνησης των υποβρύχιων αντλιών μεγάλης ισχύος και η μελέτη επιλογής των μέσων υλοποίησης του ιδιωτικού Υ/Σ ΜΤ – ΧΤ παροχής τύπου Α1 που θα το τροφοδοτήσει.

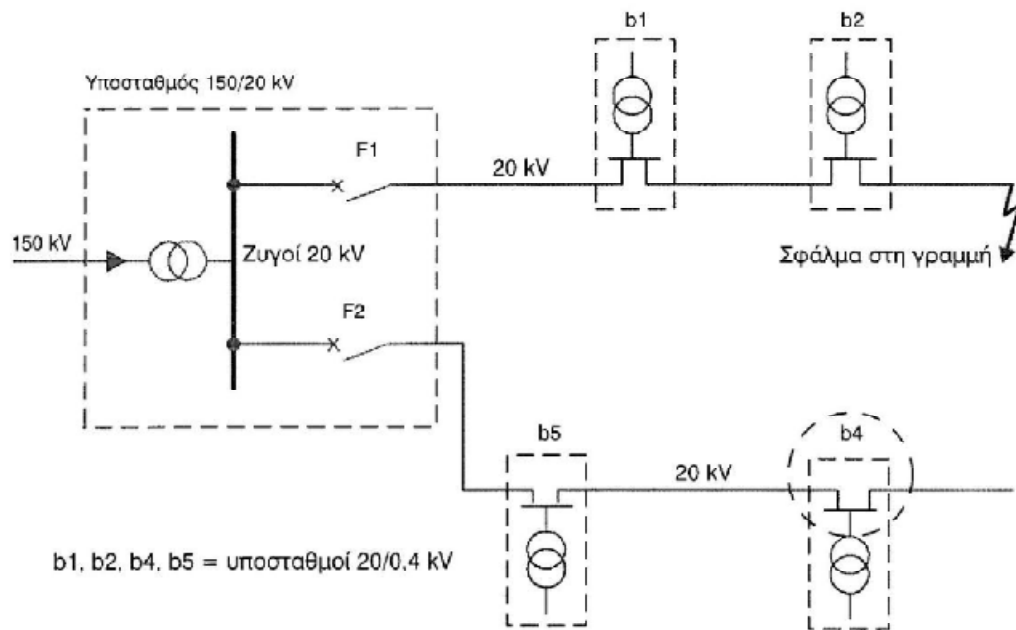
## **1<sup>ο</sup> Μέρος – Εισαγωγή**

### **1. Γενικά**

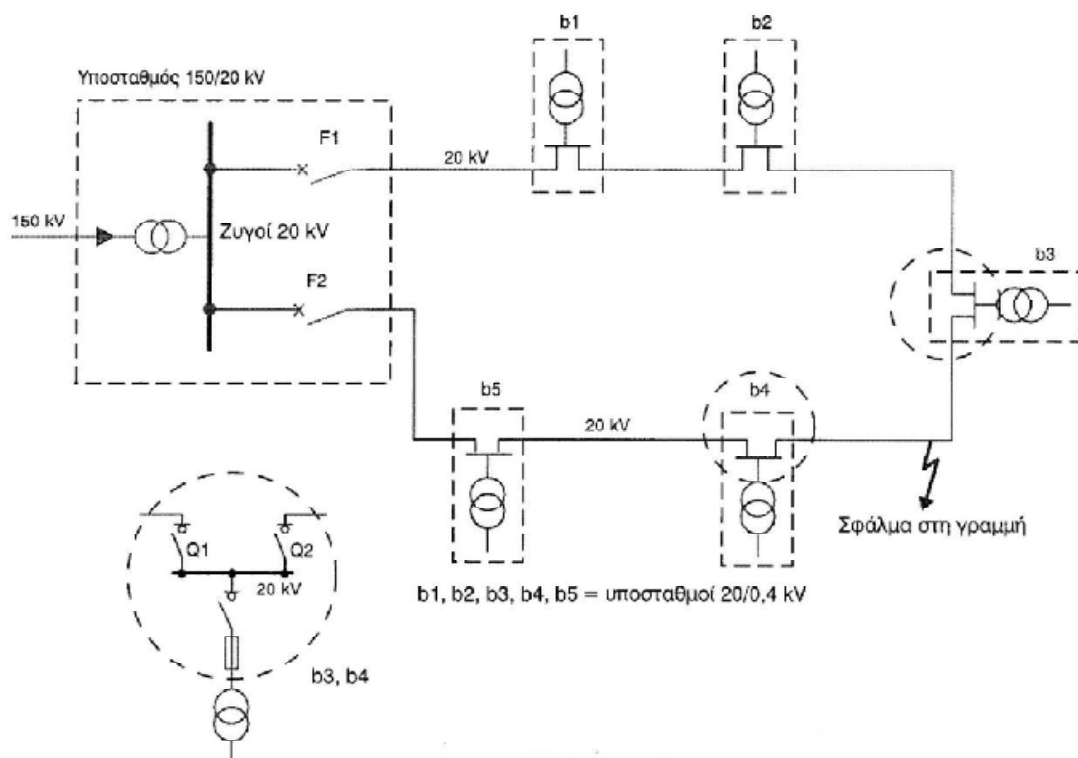
Η μελέτη υποσταθμού Μέσης Τάσης (ΜΤ) είναι αρκετά πολύπλοκη και ιδιαίζουσα καθώς έχει να κάνει με πολλά και διάφορα θέματα. Τα διάφορα αυτά θέματα, ηλεκτρολογικά, κτιριακά και προβλήματα ασφαλείας είναι που την κάνουν ιδιαίτερη και πολύπλοκη. Ο καθημερινός τρόπος ζωής, οι απαιτήσεις για ανέσεις και αυτοματισμούς έχει ως συνέπεια η κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας να ξεπερνά την τροφοδοσία του δικτύου Χαμηλής Τάσης (ΧΤ) των 400V της ΔΕΗ. Έτσι, λοιπόν, στις περιπτώσεις αυτές απαιτείται η τροφοδότηση από δίκτυο Μέσης Τάσης (ΜΤ) της ΔΕΗ και η εγκατάσταση ιδιωτικού υποσταθμού ΜΤ/ΧΤ.

Η κρίσιμη ηλεκτρική ισχύς στην οποία απαιτείται να εγκατασταθεί ιδιωτικός υποσταθμός εξαρτάται από τη φόρτιση του δικτύου ΧΤ της ΔΕΗ και από την γεωγραφική θέση του καταναλωτή. Η ισχύς αυτή είναι, συνήθως, 250kVA εκτός και αν ο καταναλωτής βρίσκεται σε μεγάλη πόλη με μεγάλη πυκνότητα ηλεκτρικού φορτίου όπου η ισχύς μπορεί να είναι 135kVA. Οικονομικοί αλλά και τεχνικοί λόγοι μπορεί να επιβάλλουν την σύνδεση με ΜΤ ακόμη και σε μικρότερες ισχύς.

Τα εναέρια δίκτυα της ΔΕΗ είναι κατά κανόνα ακτινικά (σχήμα 1) και ορισμένες φορές τα τμήματά τους να είναι καλωδιακά. Τα υπόγεια δίκτυα ΜΤ είναι βροχοειδή (σχήμα 2). Οι καταναλωτές συνδέονται σε βρόχο (αλυσιδωτά) με καλώδια .



Σχήμα 1: Ακτινικό δίκτυο MT



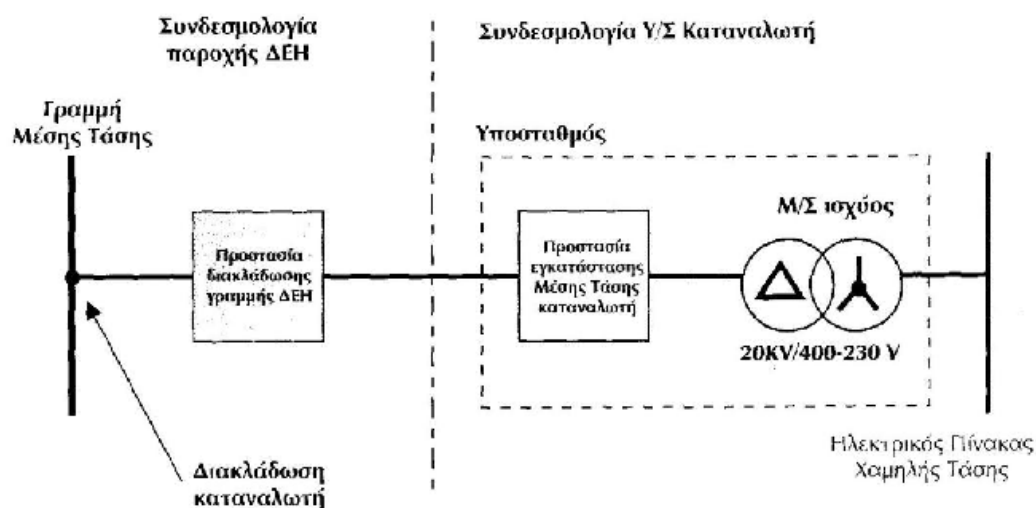
Σχήμα 2: Βροχοειδές δίκτυο MT



Η τροφοδοσία με ΜΤ γίνεται από δίκτυα τάσης 6.6kV, 15kV, 20 kV και 22 kV, με την προοπτική ότι όλα αυτά τα δίκτυα θα μετατραπούν σε δίκτυα των 20 kV με αποτέλεσμα όλα τα υλικά των νέων υποσταθμών ΜΤ να είναι 20kV ακόμη κι αν το δίκτυο είναι των 6.6kV ή των 15kV.

Ένας υποσταθμός αποτελείται από τα παρακάτω τέσσερα τμήματα:

1. Το τμήμα του ηλεκτρικού πίνακα μέσης τάσης (20kV) της ΔΕΗ.
2. Το τμήμα του ηλεκτρικού πίνακα μέσης τάσης (20kV) του καταναλωτή.
3. Τον ή τους μετασχηματιστές ισχύος (Μ/Σ).
4. Τον γενικό πίνακα χαμηλής τάσης.



Σχηματική διάκριση υποσταθμού μέσης τάσης

Η εγκατάσταση ΜΤ της ΔΕΗ μπορεί να είναι είτε υπαίθρια είτε στεγασμένη σε εναέρια δίκτυα. Περιλαμβάνει μετασχηματιστές μετρήσεων, μετρητές ενέργειας και ισχύος και το μέσο προστασίας της παροχής σε βραχυκυκλώματα (διακόπτες ή ασφάλειες).

Η εγκατάσταση του καταναλωτή είναι συνήθως στεγασμένη και περιλαμβάνει τα καλώδια, τους ζυγούς ΜΤ, τα όργανα και τα μέσα προστασίας, τους

μετασχηματιστές οργάνων και τους ζυγούς ΧΤ με την προστασία τους και τους μετασχηματιστές ισχύος.

Η εγκατάσταση του καταναλωτή μπορεί να είναι και υπαίθρια αλλά εξαιτίας των προβλημάτων που προκύπτουν από την συντήρησή του εφαρμόζεται υπαίθρια εγκατάσταση Μ/Σ και στεγασμένες κυψέλες.

## **2. Βασικό Ηλεκτρολογικό Υλικό ζεύξης, απόζευξης και προστασίας ΜΤ**

Οι διακόπτες που χρησιμοποιούνται από την ΔΕΗ και τον καταναλωτή στις γραμμές ΜΤ είναι:

1. Αποζεύκτες (ΑΠ/Ζ)
2. Διακόπτες φορτίου (Δ/Φ)
3. Διακόπτες ισχύος (Δ/Ι)
4. Ασφάλειες
5. Διακόπτες απομόνωσης
6. Αλεξικέραυνα

### **2.1 Αποζεύκτες**

Οι αποζεύκτες είναι τύποι μαχαιρωτών διακοπών μονοπολικών ή τριπολικών που προορίζονται για την διακοπή και την αποκατάσταση της συνέχειας ηλεκτρικών κυκλωμάτων που λειτουργούν χωρίς φορτίο ή διαρρέονται από πολύ μικρά ρεύματα. Οι αποζεύκτες περιέχουν ορατές επαφές και παρέχουν οπτικό έλεγχο του δικτύου και πολλές φορές προτάσσονται άλλων διακοπτικών συστημάτων (π.χ. διακοπών φορτίου). Σε αυτήν την περίπτωση υπάρχει μηχανική αλληλομανδάλωση για να μην υπάρξει λειτουργία του αποζεύκτη με τάση στα άκρα του. Οι αποζεύκτες χρησιμοποιούνται και στην γείωση μερικών κυκλωμάτων όπου υπάρχει ειδική μανδάλωση. Υπάρχουν αποζεύκτες- γειωτές που είναι είτε ανοιχτού τύπου είτε κλειστού τύπου. Οι

αποζεύκτες- γειωτές ανοιχτού τύπου είναι με ορατό σύστημα επαφών ενώ οι κλειστού τύπου ελέγχονται με ένα ειδικό ενδεικτικό σύστημα.

- Γειωτής: ονομάζεται ο αποζεύκτης που χρησιμοποιείται για την σύνδεση καλωδίων και αγωγών της εγκατάστασης με τη γη όταν αυτά είναι εκτός λειτουργίας ώστε να γίνουν εργασίες επισκευής ή συντήρησης τους. Ο χειρισμός τους δεν πρέπει να γίνεται υπό φορτίο για τον λόγο αυτό θα πρέπει να μανδαλώνονται μηχανικά με τους διακόπτες φορτίου ή ισχύος που ανήκουν.

## **2.2 Διακόπτες Φορτίου**

Διακόπτες φορτίου ονομάζονται οι συσκευές εκείνες που έχουν την δυνατότητα να διακόπτουν ή να αποκαθιστούν εντάσεις υπό φυσιολογικές συνθήκες λειτουργίας του κυκλώματος καθώς επίσης να αποκαθιστούν αλλά όχι να διακόπτουν εντάσεις ρευμάτων βραχυκύκλωσης. Εάν οι διακόπτες φορτίου τοποθετηθούν σε κλειστούς χώρους υποσταθμούς τότε χαρακτηρίζονται ως εσωτερικού χώρου με ικανότητα διακοπής έως 630A, ενώ εάν τοποθετηθούν σε στύλους χαρακτηρίζονται ως εξωτερικού χώρου με ικανότητα διακοπής έως 400A. Υπάρχουν διακόπτες φορτίου με ορατό σύστημα επαφών και διακόπτες φορτίου κλειστού τύπου στους οποίους θα πρέπει να προτάσσεται αποζεύκτης προς την πλευρά των μονάδων ηλεκτροπαραγωγής και φέρουν αλληλομανδάλωση.

Την στιγμή που ενεργοποιείται ο διακόπτης φορτίου δημιουργείται ένα ηλεκτρικό τόξο μεταξύ των επαφών του. Η σβέση του ηλεκτρικού αυτού τόξου πραγματοποιείται μέσα σε έναν ειδικό θάλαμο που δημιουργείται μέσα στο σύστημα μονωτήρων των ακίνητων επαφών του. Ο διακόπτης φορτίου μπορεί να χειριστεί είτε χειροκίνητα με έναν μοχλό μεγάλου μήκους, στην περίπτωση που είναι υπαίθριοι και τοποθετημένοι σε στύλους, είτε με κινητήρα ενσωματωμένο στην διάταξη του. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά του μεγέθους:

Χαρακτηριστικά μεγέθη διακοπών φορτίου για υποσταθμό 20 kV		
Όνομαστική τάση (UN)	Η τάση στην οποία απενεργοποιείται ο διακόπτης	24 kV
Όνομαστική ένταση (IN)	Η ένταση του ρεύματος που επιτρέπεται να διέρχεται συνεχώς από τις επαφές του διακόπτη	400 A
Ένταση διακοπής (INA)	Η ένταση του ρεύματος στην οποία διακόπτεται το κύκλωμα με ορισμένο συντελεστή ισχύος	400 A/0,7
Ένταση διακοπής ρευμάτων μαγνήτισης μετασχηματιστών (Im)	Η ένταση των ρευμάτων μαγνήτισης των μετασχηματιστών μέτρησης που δεν πρέπει να λάβουν μεγαλύτερη τιμή	40 A
Ένταση ρεύματος ζεύξης (IZ)	Η μέγιστη ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα αμέσως μετά την ζεύξη του κυκλώματος	32 kA
Ένταση διακοπής χωρητικού φορτίου (IC)	Η ένταση του ρεύματος που προέρχεται από την άεργη χωρητική συμπεριφορά του κυκλώματος	150 A
Ένταση θερμικής αντοχής (Ith)	Η μέγιστη ένταση του ρεύματος που αντέχει ο διακόπτης για 1 sec	12,5 kA
Ηλεκτροδυναμική αντοχή (Idyn)	Η μέγιστη ένταση του ρεύματος που αντέχει δυναμικά ο διακόπτης	32 kA

## **2.3 Διακόπτες ισχύος**

Διακόπτες ισχύος ονομάζονται οι συσκευές εκείνες που έχουν ως σκοπό τους την διακοπή και την αποκατάσταση ηλεκτρικών κυκλωμάτων μέσης τάσης που παρουσιάζουν προβλήματα υπερεντάσεων, αυτόματα, με την χρησιμοποίηση ειδικών ηλεκτρονόμων που τροφοδοτούνται από μετασχηματιστές έντασης. Η διέγερσή τους γίνεται με ηλεκτρονόμους σταθερού χρόνου. Οι διακόπτες ισχύος έχουν την δυνατότητα να διακόπτουν και να αποκαθιστούν ηλεκτρικά κυκλώματα που λειτουργούν στο πλήρες φορτίο τους.

Ο καταναλωτής, σε ορισμένες περιοχές, εγκαθιστά διακόπτες ισχύος που μπορεί να είναι τύπου πρωτογενούς προστασίας ή δευτερογενούς προστασίας. Στην πρωτογενή προστασία υπάρχουν ενσωματωμένα πηνία για την καμπύλη της χρονικής καθυστέρησης και στιγμιαία στοιχεία. Η πρωτογενής προστασία δεν διαθέτει ρύθμιση για ρεύματα γης και για τον λόγο αυτό η μέγιστη ισχύς που μπορεί να εφαρμοστεί είναι περιορισμένη από την ρύθμιση των ηλεκτρονόμων της γης της ΔΕΗ. Συνήθως το ρεύμα εφαρμογής είναι 50Α, μικρότερο δηλαδή από το μέγιστο ρεύμα εφαρμογής που είναι 80Α. Στην δευτερογενή προστασία ο διακόπτης ισχύος συνδυάζεται με ηλεκτρονόμους που μπορεί να είναι ηλεκτρονικοί, ηλεκτρομηχανικοί ή ψηφιακοί. Οι διακόπτες ισχύος τοποθετούνται στις αναχωρήσεις των κύριων ηλεκτρικών γραμμών και είναι τύπου πτωχού ελαίου και στο μέσο μεγάλου μήκους ηλεκτρικών γραμμών ή στις αφετηρίες μεγάλων διακλαδώσεων και τύπου αυτομάτου επαναφοράς. Ένα συγκρότημα διακοπής ισχύος για να θεωρείται πλήρες θα πρέπει να περιλαμβάνει τα εξής:

1. Έναν τριπολικό διακόπτη με τις επαφές
2. Τον μηχανισμό του ελατηρίου, το οποίο ασκεί τη δύναμη της επαφής
3. Ένα σύστημα ελέγχου, που αποτελείται από τους ηλεκτρονόμους που διεγείρουν τον μηχανισμό του ελατηρίου
4. Μετασχηματιστές ρεύματος, που προορίζονται για την προστασία των ηλεκτρονόμων
5. Το σύστημα τροφοδοσίας

6. Τον αποζεύκτη, που είναι κατάλληλα μανδαλωμένος με αυτόν ώστε να γίνεται εμφανής η κατάσταση του κυκλώματος

Όταν ενεργοποιείται ο διακόπτης ισχύος δημιουργείται ένα ηλεκτρικό τόξο μεταξύ των επαφών του. Η σβέση του επιτυγχάνεται με την έντονη διέλευση του μηχανισμού λαδιού στο σημείο της δημιουργίας του και με τον τρόπο αυτό μέσω του μηχανισμού του ελατηρίου συγκροτούνται στη θέση "εντός" οι επαφές του. Ο διακόπτης ανοίγει μέσω του ηλεκτρονόμου του.

Εκτός από τους διακόπτες πτωχού ελαίου, υπάρχουν και οι αυτόματοι διακόπτες ισχύος εξαφθοριούχου θείου (SF<sub>6</sub>), συρόμενου τύπου με βοηθητικές επαφές, όπου χρησιμοποιείται το SF<sub>6</sub> υπό πίεση για την ψύξη του τόξου. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά του μεγέθ:

Χαρακτηριστικά μεγέθη αυτομάτων διακοπών ισχύος για υποσταθμό MT 20 kV		
Ονομαστική τάση (UN)	Η τάση στην οποία απενεργοποιείται ο διακόπτης	24 kV
Ονομαστική ένταση ρεύματος στους 40° C (IN)	Η ένταση του ρεύματος που επιτρέπεται να διέρχεται συνεχώς από τις επαφές του διακόπτη	630A
Μέγιστη ένταση ζεύξης (IZ)	Η μέγιστη ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα όταν ο διακόπτης κλείνει σε βραχυκύκλωμα	31,5 A
Μέγιστη ένταση απόξευξης (IK)	Η μέγιστη ένταση του ρεύματος στην οποία διακόπτεται το κύκλωμα με	11,5kA/0,7επ.

	ορισμένο συντελεστή ισχύος	
Ένταση θερμικής αντοχής (I <sub>th</sub> )	Η μέγιστη ένταση του ρεύματος που αντέχει ο διακόπτης για 1 sec	10kA
Ισχύς απόζευξης (S <sub>k</sub> )	Η φαινόμενη ισχύς που υπολογίζεται από την σχέση $S_K = \sqrt{3} \times U_K \times I_K$ και πρέπει να είναι τουλάχιστον 250MVA	250MVA

## 2.4 Ασφάλειες MT

Οι ασφάλειες χρησιμοποιούνται σε εγκαταστάσεις MT με σκοπό να προσφέρουν προστασία σε περιπτώσεις βραχυκυκλώματος και όχι σε περιπτώσεις υπερφορτίσεων. Οι ασφάλειες αποτελούν μια φθηνή εναλλακτική λύση αντί των Δ/Ι. Σε περίπτωση που θέλουμε αποζευξιμότητα υπό φορτίο τότε εγκαθίσταται και ένας Δ/Φ. Οι ασφάλειες διακρίνονται σε δυο είδη:

1. Ασφάλειες εκτόνωσης
2. Ασφάλειες σκόνης

1. Οι **ασφάλειες εκτόνωσης** αποτελούνται από ένα μονωτικό σωλήνα εσωτερικής διαμέτρου 2-3 cm και μήκους 30-35 cm για τάση 20kV. Μέσα στον σωλήνα αυτό βρίσκεται ένα στρώμα βορικού οξέος και πηκτικό, που συγκρατείται τανυσμένο από τα δυο άκρα με ελατήρια. Οι επαφές αυτών των δυο άκρων είναι μεταλλικές. Τη στιγμή που το ρεύμα του κυκλώματος υπερβεί μια τιμή, το πηκτικό λιώνει δημιουργώντας έτσι ένα ηλεκτρικό τόξο στο σημείο απομάκρυνσης των δυο τμημάτων του. Όταν ένα τμήμα του πηκτικού έρθει σε επαφή με τα τοιχώματα του σωλήνα, όπου βρίσκεται το βορικό οξύ, δημιουργούνται υδρατμοί, τοξικά αέρια, που συντελούν στη σβέση του ηλεκτρικού τόξου. Για τον λόγο αυτό η ΔΕΗ χρησιμοποιεί τις ασφάλειες αυτές μόνο σε υπαίθριες εγκαταστάσεις, για την

ασφάλιση διακλαδώσεων σε δίκτυα ΜΤ. Το ρεύμα βραχυκυκλώσεως δεν περιορίζεται γιατί η αντίσταση και η τάση κατά μήκος της ασφάλειας είναι μικρές. Οι ασφάλειες εκτόνωσης διακρίνονται σε δυο τύπους:

- Ασφάλειες εκτόνωσης βραδείας τήξης (χαρακτηρίζεται με το γράμμα T)
- Ασφάλειες εκτόνωσης ταχείας τήξης (χαρακτηρίζεται με το γράμμα K)

2. Οι **ασφάλειες σκόνης** αποτελούνται από έναν σωλήνα από πορσελάνη που στο εσωτερικό του διαθέτει κεραμικό κύλινδρο στον οποίο περιελίσσεται το τηκτικό.

Μεταξύ του εξωτερικού και του εσωτερικού σωλήνα και του εσωτερικού κυλίνδρου περιέχεται άμμος και σκόνη χαλαζία. Οι επαφές αυτών των δυο άκρων είναι μεταλλικές και η μια από τις δυο φέρει έναν δείκτη κατάστασης λειτουργίας. Τη στιγμή που το ρεύμα του κυκλώματος υπερβεί μια τιμή, το τηκτικό λιώνει δημιουργώντας έτσι ένα ηλεκτρικό τόξο, η σβέση του οποίου πραγματοποιείται από ψύξη στη χαλαζιακή σκόνη ενώ ταυτόχρονα δημιουργείται μεγάλη αντίσταση κατά μήκος της ασφάλειας, περιορίζοντας έτσι το ρεύμα βραχυκύκλωσης πολύ πριν την μέγιστη τιμή του. Οι ασφάλειες αυτές χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο σε στεγασμένες εγκαταστάσεις υποσταθμών για προστασία των μετασχηματιστών ισχύος.

## **2.5 Διακόπτες απομόνωσης**

Οι διακόπτες απομόνωσης είναι τύποι μονοπολικών ή τριπολικών διακοπών οι οποίοι δεν λειτουργούν αυτόνομα αλλά με την βοήθεια άλλου διακόπτη ο οποίος έχει την δυνατότητα να εκτελεί αυτόματες επαναφορές όπως για παράδειγμα οι αυτόματοι διακόπτες ισχύος πτωχού ελαίου ή εξαφθοριούχου θείου. Οι διακόπτες αυτοί δεν διακόπτουν το ρεύμα βραχυκύκλωσης, διεγείρονται όμως από αυτό και από τους κύκλους λειτουργίας, επαναφοράς



του διακόπτη ισχύος στην αναχώρηση της ηλεκτρικής γραμμής ΜΤ. Με το που το ρεύμα βραχυκύκλωσης περάσει από τους διακόπτες απομόνωσης τότε αυτοί με εσωτερικό μηχανισμό μετρούν τους κύκλους λειτουργίας του διακόπτη ισχύος και στον τελευταίο κύκλο ανοίγουν αφού έχει ανοίξει ο διακόπτης ισχύος. Ακολούθως ο διακόπτης ισχύος κλείνει ενώ ο διακόπτης απομόνωσης μένει ανοιχτός. Σε μερικές περιπτώσεις ο διακόπτης απομόνωσης μπορεί να ρυθμιστεί έτσι ώστε να ανοίγει ήδη από τον πρώτο κύκλο, δηλαδή αμέσως μετά από το άνοιγμα του διακόπτη ισχύος στην αναχώρηση της γραμμής, έτσι ώστε να απομονώνεται ο καταναλωτής ενώ ο διακόπτης ισχύος παραμένει κλειστός. Οι διακόπτες απομόνωσης πλεονεκτούν έναντι των ασφαλειών διότι δεν χρειάζονται αλλαγή και έχουν πλήρη συνεργασία με τον διακόπτη ισχύος στην αναχώρηση.

Η επανάρξή τους γίνεται είτε αυτόματα είτε χειροκίνητα αφού πρώτα αποκατασταθεί το σφάλμα από την ΔΕΗ.

## **2.6 Αλεξικέραυνα**

Τα αλεξικέραυνα χρησιμοποιούνται στους υποσταθμούς ΜΤ για τον περιορισμό των υπερτάσεων που δημιουργούνται από την πτώση κεραυνών, διατηρώντας την τάση κάτω από μια συγκεκριμένη τιμή. Η χρήση τους επιβάλλεται σε εναέρια δίκτυα που βρίσκονται εγκατεστημένα σε περιοχές που θεωρούνται ως κεραυνόπληκτες. Ένα αλεξικέραuno περιλαμβάνει τα εξής μέρη:

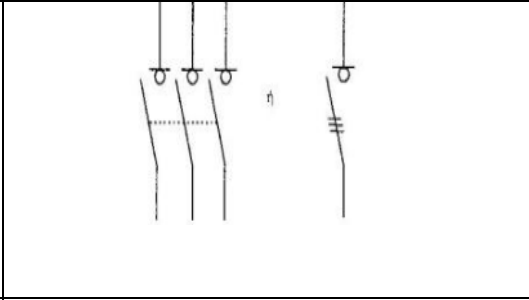
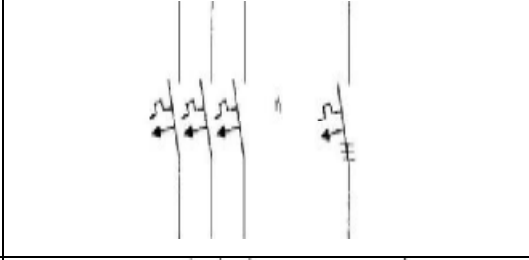
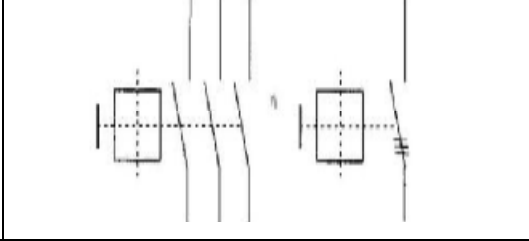
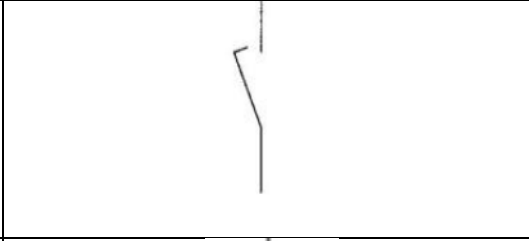

- Ο σπινθηριστής, που διασπάται μόλις η τάση υπερβεί το όριο της τάσης προστασίας και βραχυκυκλώνεται το διάκενο του αέρα
- Οι μη γραμμικές αντιστάσεις ανθρακικού πυριτίου που μέσω αυτών βραχυκυκλώνεται το δίκτυο μετά την διάσπαση του σπινθηριστή

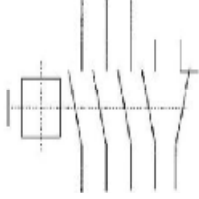
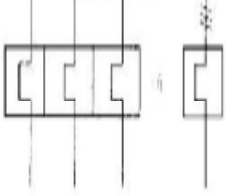
Τα αλεξικέραυνα τοποθετούνται κοντά στον μετασχηματιστή ισχύος και σε απόσταση μικρότερη των 20m ή μέσα στον υποσταθμό ή και μέσα στις κυψέλες και συνδέονται μεταξύ φάσεων και γης. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά του μεγέθους:

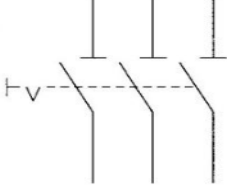
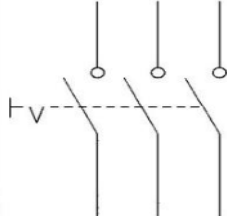
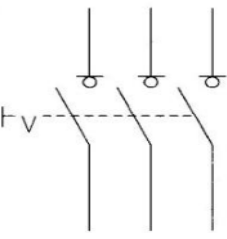
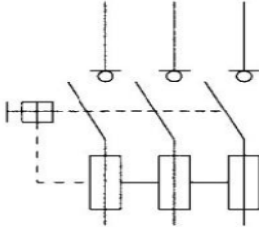
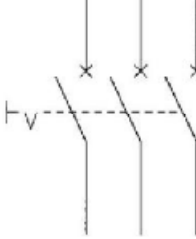
Χαρακτηριστικά μεγέθη αλεξικέραυνων δικτύου 20kV, με κρουστική αντοχή 125kV και αντοχή σε τάση 50Hz 50kV			
Τάση σβέσης	Η τάση στην οποία απενεργοποιείται το αλεξικέραυνο	24kV	
Ονομαστικό κρουστικό ρεύμα	Η τιμή του κρουστικού ρεύματος που αντέχει επανειλημμένα το αλεξικέραυνο	10 ή 5kA	
Ανοχή σε κρουστικό ρεύμα	Κρουστικά ρεύματα που εμφανίζονται σπάνια και έχουν διάρκεια	Βραχεία: 5-10μS	100(6s)
		Μακρά: 1000-2000μs	200
Τάσης αφής	Η τάση με την οποία ενεργοποιούνται τα αλεξικέραυνα	Σε συχνότητα 50Hz	38kV
		Σε χρόνο 1,2-50μs	79kV
		Με αποκοπή ταχύτητας ανόδου 200kV	86kV

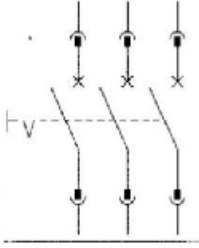
Παραμένουσα τάση	Η τάση που εφαρμόζεται στο αλεξικέραυνο όταν διέρχεται από αυτό ρεύμα	5kA/2,5kA	72kA/74kA
		10kA/5kA	80kA/80kA
		20kA/10kA	68kA/68kA

### Σύμβολα διακοπών MT

Διακόπτης φορτίου	
Αυτόματος διακόπτης ισχύος με θερμική και μαγνητική διάταξη	
Ηλεκτρονόμος (ρελέ) ισχύος	
Ανοιχτή επαφή NO (Normally Open)	
Κλειστή επαφή NC (Normally Closed)	

<p>Ηλεκτρονόμος (ρελέ) ισχύος με βοηθητικές επαφές (μια NO και μια NC)</p>	
<p>Θερμικό προστασίας ηλεκτρικών κινητήρων</p>	

<p>Τριπολικός διακόπτης απομόνωσης ή τριπολικός αποζεύκτης ή τριπολικός διακόπτης κενού</p>	
<p>Τριπολικός διακόπτης φορτίου</p>	
<p>Τριπολικός διακόπτης φορτίου- αποζεύκτης ή τριπολικός αποζεύκτης φορτίου</p>	
<p>Τριπολικός αποζεύκτης φορτίου με ασφάλειες HRC ή τριπολικός ασφαλειοαποζεύκτης φορτίου</p>	
<p>Τριπολικός διακόπτης ισχύος (Δ.Ι.)</p>	

<p>Συρόμενος τριπολικός διακόπτης ισχύος (ΔΙ)</p>	
---	---

### **3. Εξοπλισμός ζεύξης και προστασίας του δικτύου MT**

Σε κάθε αναχώρηση εναέριας ή υπόγειας γραμμής από τους ζυγούς MT (σχήμα 3.1) των 20 kV υπάρχει συνήθως ένας διακόπτης ισχύος πτωχού ελαίου που διεγείρεται από τον ηλεκτρονόμο (H/N). Ο H/N τροφοδοτείται μέσω ενός Μ/Σ μέτρησης έντασης από το δίκτυο, παρακολουθεί το ρεύμα και να αυτό είναι ανεπίτρεπτα μεγάλο, στέλνει στο διακόπτη ισχύος εντολή να ανοίξει. Οι H/N παρακολουθούν:

- Τα ρεύματα φάσεων σε μονοφασικά, διφασικά και τριφασικά οπότε και λέγονται H/N φάσεων και
- Τα ρεύματα γης στα οποία μετρούν το άθροισμα των φασικών ρευμάτων δηλαδή το ρεύμα που διαρρέει τη γείωση του Μ/Σ γι' αυτό και λέγονται H/N γης.

Η συμπεριφορά τους σε περίπτωση σφάλματος δεν είναι ακαριαία, αλλά ακολουθεί δυο ή περισσότερες κύκλους λειτουργίας, σύμφωνα με τις ρυθμίσεις και τις πληροφορίες που παρέχονται από την ΔΕΗ.

Σε σφάλματα φάσεων έχουμε μεγαλύτερα ρεύματα σε σχέση με τα σφάλματα γης (μονοφασικά σφάλματα) γιατί η αντίσταση γείωσης του ουδέτερου του δικτύου των 20 kV είναι σχετικά μεγάλη (12Ω). Για τον λόγο αυτό οι H/N γης είναι ρυθμισμένοι να αντιδρούν σε χαμηλότερα ρεύματα από ότι οι H/N φάσεων. Οι H/N του δικτύου MT διακρίνονται σε:

- Απλούς H/N υπερεντάσεως που δεν εξαρτώνται από την κατεύθυνση.
- Στους H/N υπερεντάσεως που εξαρτώνται από την κατεύθυνση.

Οι απλοί χωρίζονται στους:

- Στιγμιαίους H/N υπερεντάσεως στους οποίους μόλις το ρεύμα υπερβεί ένα όριο ανοίγουν ακαριαία.
- H/N υπερεντάσεως χρονικής καθυστέρησης.

Οι H/N υπερεντάσεως χρονικής καθυστέρησης με την σειρά τους διακρίνονται σε:

- Σταθερού χρόνου οι οποίοι ανεξάρτητα του μεγέθους της υπερέντασης λειτουργούν στον ίδιο χρόνο που καθορίζεται από την ρύθμισή τους.
- Αντιστρόφου χρόνου στους οποίους ο χρόνος λειτουργίας μειώνεται όσο αυξάνεται η υπερένταση.

Οι H/N με χαρακτηριστικές αντιστρόφου χρόνου έχουν σκοπό την προστασία από θερμικές καταπονήσεις των στοιχείων του δικτύου MT. Οι χαρακτηριστικές προσδιορίζουν για κάθε ρεύμα πότε θα ανοίξει ο διακόπτης και ονομάζονται καμπύλες χρονικής καθυστέρησης. Για λόγους συντονισμού των διακοπών, ενδείκνυται οι χρόνοι ανοίγματος του διακόπτη τη ΔΕΗ να είναι μεγαλύτεροι σε σχέση με αυτούς των διακοπών των καταναλωτών. Υπάρχει ένα ελάχιστο ρεύμα κάτω από το οποίο δεν δίνει εντολή ο H/N. Αυτό το ρεύμα χαρακτηρίζει και την ρύθμιση. Σύμφωνα με τις υπάρχουσες τυποποιήσεις, ανάλογα με τον ρυθμό μείωσης του χρόνου διακρίνονται τρεις τύποι:

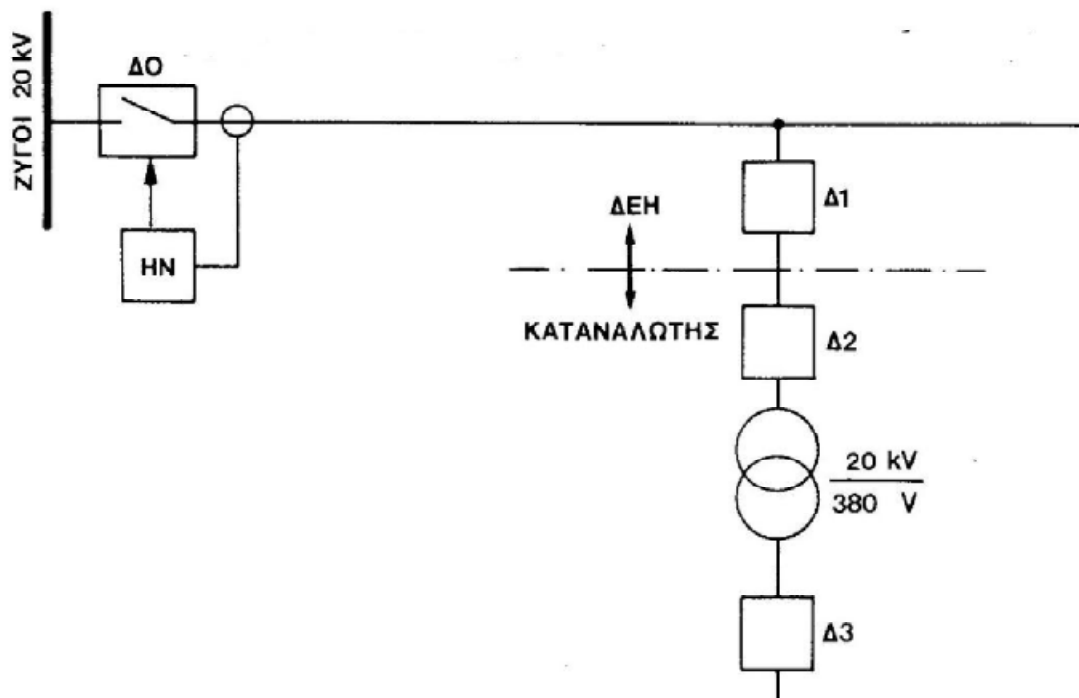
- Οι απλώς αντιστρόφου χρόνου.
- Οι πολύ αντιστρόφου χρόνου.
- Οι εξαιρετικά αντιστρόφου χρόνου.

Οι H/N μπορεί να έχουν στοιχείο που να μας δίνει αμέσως εντολή πτώσης όταν το ρεύμα υπερβεί μια τιμή, το οποίο λέγεται στοιχείο στιγμιαίας λειτουργίας και έχει σκοπό την προστασία από δυναμικές επιδράσεις σε

μεγάλα ρεύματα. Οπότε πάνω από ένα πολύ μεγάλο ρεύμα πρέπει να ανοίγουν ακαριαία.

Οι Η/Ν μπορεί να έχουν στοιχείο που να μας δίνει εντολή πτώσης όταν το ρεύμα υπερβεί μια τιμή, το οποίο λέγεται στοιχείο στιγμιαίας λειτουργίας και έχει σκοπό την προστασία από δυναμικές επιδράσεις σε μεγάλα ρεύματα.

Οι διακόπτες αναχώρησης μιας εναέριας γραμμής ΜΤ εκτελούν συνήθως περισσότερους κύκλους λειτουργίας. Αν παρουσιαστεί ένα σφάλμα και ο Η/Ν δώσει εντολή μετά από κάποιο χρόνο τότε ο διακόπτης ισχύος ανοίγει και παραμένει ανοιχτός για κάποιο χρονικό διάστημα, έπειτα κλείνει και ξανανοίγει αν το σφάλμα παραμείνει κ.ο.κ. αυτή η λειτουργία χαρακτηρίζεται ως Ο-Σ-Ο... (open-close-open...) ή λειτουργία επαναφορών. Οι επαναληπτικοί κύκλοι γίνονται γιατί τα σφάλματα μπορεί να είναι παροδικά στα εναέρια δίκτυα. Οι επαναφορές μπορεί να ρυθμιστούν ξεχωριστά για σφάλματα φάσεων, γης ενώ δεν εκτελούνται συνήθως στα υπόγεια διότι δεν υπάρχουν κατά κανόνα παροδικά σφάλματα.



Σχήμα 3.1: Γραμμή ΜΤ με διακλάδωση, για παροχή καταναλωτή

ΔΟ= προστασία αναχώρησης της γραμμής,

$\Delta 1$ = προστασία διακλάδωσης του καταναλωτή

$\Delta 2$ = προστασία εγκατάστασης MT του καταναλωτή

$\Delta 3$ = προστασία εγκατάστασης XT του καταναλωτή

### **3.1 Προστασία γραμμών αναχώρησης του δικτύου MT**

Στα εναέρια δίκτυα οι H/N είναι αντιστρόφου χρόνου επειδή στις εναέριες γραμμές το ρεύμα βραχυκύκλωσης εξαρτάται από την απόσταση της θέσης του βραχυκυκλώματος και η χαρακτηριστική αντιστρόφου χρόνου βοηθά στο να έχουμε επιλεκτική συνεργασία των μέσων προστασίας. στις χαμηλές εντάσεις με την χαρακτηριστική αυτή δίνεται χρόνος στα άλλα μέσα που είναι απομακρυσμένα, δηλαδή στις διακλαδώσεις των καταναλωτών, να αντιδράσουν και στις μεγάλες εντάσεις, όπου η θερμική και δυναμική καταπόνηση των δικτύων είναι μεγάλη, ο διακόπτης ανοίγει σχεδόν ακαριαία. Στους H/N φάσεων υπάρχουν και στοιχεία στιγμιαίας λειτουργίας που δίνουν εντολή απόξευξης ακαριαία (0,6, sec) σε μεγάλα ρεύματα, περίπου δεκαπλάσια του ονομαστικού. Τόσο για τους H/N γης όσο και για τους H/N φάσεων υπάρχουν οριακές τιμές ρευμάτων, ρυθμίσεις κάτω από τις οποίες δεν διεγείρονται.

Στα υπόγεια καλώδια προτιμώνται οι H/N υπερεντάσεως χρονικής καθυστέρησης σταθερού χρόνου, με στοιχεία γης και φάσεων. Οι H/N σταθερού χρόνου είναι πιο εύχρηστοι και φθηνή από τους H/N αντιστρόφου χρόνου, οι οποίοι στην περίπτωση δικτύου MT με υπόγεια καλώδια δεν βοηθούν στην επιλεκτικότητα αφού όλοι οι διακόπτες των καταναλωτών ελέγχονται συνήθως από την ΔΕΗ.

### **3.2 Προστασία διακλάδωσης σε καταναλωτή MT**

Στα σημεία των διακλαδώσεων των ηλεκτρικών γραμμών MT από όπου ξεκινά η ηλεκτροδότηση των καταναλωτών MT η ΔΕΗ εγκαθιστά ένα μέσο προστασίας  $\Delta 1$  διακλάδωσης (σχ.3.1). Το μέσο αυτό είναι ρυθμισμένο ή επιλεγμένο έτσι ώστε σε περίπτωση σφαλμάτων στην εγκατάσταση του



καταναλωτή, να διακόπτεται η διακλάδωση του πριν ανοίξει ο διακόπτης αναχώρησης (Δ0) της γραμμής ΜΤ. Έτσι δεν ενοχλούνται οι υπόλοιποι καταναλωτές ΜΤ που είναι στην ίδια γραμμή αν γίνει σφάλμα σε ένα από αυτούς.

Το μέσο προστασίας Δ1 της διακλάδωσης που εγκαθιστά η ΔΕΗ προσδιορίζεται από τον τύπο της παροχής και μπορεί να είναι;

- Ασφάλειες εκτόνωσης βραδείας τήξης
- Διακόπτης απομόνωσης
- Αυτόματος διακόπτης ισχύος με κατάλληλους Η/Ν και
- Ασφάλειες σκόνης

### **3.3 Επιλεκτική συνεργασία των μέσων προστασίας**

Οι χαρακτηριστικές ρεύματος – χρόνου των μέσων προστασίας πρέπει να είναι τέτοιες ώστε να εξασφαλίζεται μια επιλεκτική προστασία. Αυτό σημαίνει ότι το όργανο προστασίας που είναι πλησιέστερα στο σφάλμα να διακόπτει πρώτο. Δηλαδή για να διακόψει ένα μέσο γρηγορότερα από το άλλο, εφόσον διαρρέονται από το ίδιο ρεύμα, πρέπει ο χρόνος αντίδρασης του πρώτου να είναι μικρότερος από το χρόνο του δεύτερου. Η επιλεκτική προστασία πρέπει να εξασφαλίζεται σε όλη την αλυσίδα των μέσων προστασίας από τη ΧΤ των 400V έως και τον διακόπτη αναχώρησης της γραμμής ΜΤ. Η επιλεκτική συνεργασία πρέπει να υπάρχει τόσο σε σφάλματα γης και όσο και φάσεων. Έτσι σε μέσα προστασίας που δεν κάνουν διάκριση μεταξύ σφαλμάτων γης και φάσεων πρέπει τα ρεύματα διέγερσης των μέσων να συνεργάζονται επιλεκτικά με τους Η/Ν γης της ΔΕΗ, όπως είναι οι ασφάλειες και οι διακόπτες ισχύος με πρωτογενή προστασία και για τον λόγο αυτό δεν χρησιμοποιούνται για μεγάλες ισχύεις (>800kVA).

### **4.Τυποποιημένες παροχές ΜΤ**

Ανάλογα με το είδος του δικτύου από το οποίο θα τροφοδοτηθεί ο ιδιωτικός υποσταθμός, εναέριο ή υπόγειο, τη συνολική ισχύ του και τα τεχνικά στοιχεία της ηλεκτρικής προστασίας του, η ΔΕΗ έχει διαμορφώσει τέσσερις τύπους παροχών. Στις παροχές από εναέρια δίκτυα επιδιώκεται τα όργανα μέτρησης

να εγκαθίστανται εξωτερικά σε στύλο μέσα στο οικόπεδο του καταναλωτή κοντά στα όριά του. Εάν ο Μ/Σ είναι μέχρι 630 kVA τότε στον στύλο με τα όργανα μέτρησης μπορεί να εγκατασταθεί και ασφαλειοαποζεύκτης (Α/Ζ) της ΔΕΗ ενώ στην περίπτωση μεγαλύτερων Μ/Σ όπου δεν επιτρέπεται η εγκατάσταση Α/Ζ τοποθετούνται διακόπτες απομόνωσης (Δ/Α).

Στις παροχές από υπόγεια δίκτυα η εγκατάσταση των οργάνων μέτρησης γίνεται εσωτερικά σε χώρο που παρέχει ο καταναλωτής και ο οποίος εμπίπτει στις προδιαγραφές της ΔΕΗ. Επειδή μερικές φορές η εγκατάσταση των οργάνων μέτρησης εξωτερικά είναι αδύνατη, έχουμε εναέρια δίκτυα που είναι μερικώς υπόγεια με όργανα μέτρησης σε εσωτερικό χώρο.

Υπάρχουν οι εξής τυποποιημένες παροχές:

è Παροχές Εξωτερικού Χώρου (Τύπου Α)

- Παροχή Τύπου Α1 για ισχύ Μ/Σ μέχρι 630 kVA
- Παροχή Τύπου Α2 για μεγαλύτερη ισχύ που περιορίζεται μόνο από το δίκτυο ΜΤ της ΔΕΗ

è Παροχές Εσωτερικού Χώρου (Τύπου Β)

- Παροχή Τύπου Β1 για ισχύ Μ/Σ μέχρι 630 kVA
- Παροχή Τύπου Β2 για ισχύ τυπικά απεριόριστη και ουσιαστικά περιορισμένη μόνο από το δίκτυο ΜΤ της ΔΕΗ

Ο τύπος παροχής καθορίζει την μέθοδο προστασίας από την πλευρά της ΔΕΗ και σε μεγάλο βαθμό την μέθοδο προστασίας που πρέπει να εφαρμόσει ο καταναλωτής.

#### **4.1 Παροχή Τύπου Α1** (σχήμα 4.1)

Η παροχή αυτή κατασκευάζεται από εναέριο δίκτυο, όταν η ΔΕΗ εγκαθιστά την μέτρηση ΜΤ εξωτερικά π.χ. σε στύλο. Η ισχύς του μετασχηματιστή (Μ/Σ) ή το άθροισμα των ισχύων περισσότερων μετασχηματιστών του καταναλωτή πρέπει να είναι μέχρι 800 kVA για την υπόλοιπη Ελλάδα. Η ΔΕΗ εγκαθιστά ασφαλειοαποζεύκτες με ασφάλεια εκτόνωσης βραδείας τήξης που η μέγιστη τιμή τους καθορίζεται από την επιλεκτική προστασία με τα προηγούμενα μέσα

προστασίας της, ανεξαρτήτως της ισχύος του Υ/Σ, Μ/Σ μέτρησης έντασης και τάσης. Από το σύλλο αναχωρεί καλωδιακή γραμμή προς τον Υ/Σ του καταναλωτή, την οποία θα πρέπει να συνεργάζονται επιλεκτικά με τους ασφαλειοαποζεύκτες (Α/Ζ) της παροχής ΜΤ σε χρόνο 6 δευτερόλεπτα.

Ο καταναλωτής μπορεί να έχει έναν ή περισσότερους κλάδους με δική τους προστασία. Κάθε κλάδος έχει έναν ή περισσότερους παραλληλισμένους Μ/Σ. Η προστασία των Μ/Σ μπορεί να πραγματοποιείται είτε ανά Μ/Σ είτε κατά ομάδες που όμως σε αυτήν την περίπτωση τους θεωρούμε ως ένα Μ/Σ με ισχύ ίση με το άθροισμά τους. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στην περίπτωση δύο Μ/Σ που λειτουργούν παράλληλα και παρουσιάζεται σφάλμα στους ζυγούς ΧΤ. Το σφάλμα θα τροφοδοτηθεί και από τους δύο Μ/Σ οπότε για τον καθορισμό της συνεργασίας των μέσων προστασίας ΜΤ των Μ/Σ με τον διακόπτη ισχύος της ΔΕΗ πρέπει να ληφθεί υπόψη το ρεύμα που διαρρέει τον κάθε κλάδο. Όταν υπάρχουν περισσότεροι από ένα Μ/Σ θα πρέπει πριν από τους ζυγούς ΜΤ να εγκαθίστανται ένα μέσο απόζευξης – απομόνωσης ώστε να είναι δυνατή η εργασία στους ζυγούς του Υ/Σ χωρίς να απαιτείται η απομόνωση του Α/Ζ της ΔΕΗ.

Η παροχή Α1 μπορεί να έχει τις εξής μορφές:

- Ένας κλάδος με έναν ή περισσότερους Μ/Σ παράλληλα συνδεδεμένους με μέγιστη ισχύ διέλευσης του κλάδου τα 630 kVA
- Δύο ή περισσότεροι κλάδοι στην ΧΤ

Ο ασφαλειοαποζεύκτης που εγκαθιστά η ΔΕΗ έχει οικονομική τιμή μέχρι 30Α και είναι τύπου 30Τ. Ο καταναλωτής με την σειρά του εγκαθιστά συνήθως για την προστασία των Μ/Σ ασφάλειες σκόνης που για να εξασφαλιστεί η συνεργασία με τους παραπάνω Α.Ζ πρέπει να έχουν τιμή ίση ή μικρότερη από 40Α (σχήμα 4.1). Αυτές είναι και οι τιμές που καθορίζουν τη μέγιστη ισχύ των 630 kVA για την παροχή τύπου Α1. Σε μερικές περιπτώσεις ο καταναλωτής μπορεί να εγκαταστήσει αντί ασφαλειών, αυτόματο διακόπτη ισχύος. Σε αυτή την περίπτωση πρέπει να ελεγχθεί η επιλογική προστασία του διακόπτη με τις ασφάλειες της ΔΕΗ για χρόνο μέχρι 6sec. Οι αυτόματοι αυτοί διακόπτες θα πρέπει εκτός του στοιχείου χρονικής καθυστέρησης να

διαθέτουν και στοιχείο στιγμιαίας λειτουργίας με δυνατότητα ρύθμισης 3 – 8 φορές του ρεύματος ρύθμισης του στοιχείου χρονική καθυστέρησης, προκειμένου να υπάρχει έστω και μια μικρή συνεργασία με τους A/Z της ΔΕΗ.

Σε μικρούς πάντως Μ/Σ είναι προτιμότερη η εγκατάσταση διακοπών φορτίου με ασφάλειες παρά αυτομάτων διακοπών ισχύων. Ο διακόπτης φορτίου πρέπει να έχει την δυνατότητα άνετου χειρισμού από το έδαφος και στην περίπτωση που δεν έχει ορατές επαφές πρέπει να συνοδεύεται από αποζεύκτη. Δεν ενδείκνυται η τοποθέτηση από τον καταναλωτή A/Z χειριζόμενων με ακόντιο, όπως αυτοί της ΔΕΗ, καθώς απαιτούν για τον χειρισμό τους κατάλληλα μέσα και ειδικά εκπαιδευόμενο προσωπικό.

#### **4.2 Παροχή Τύπου A2** (σχήμα 4.2)

Για ισχύς μεγαλύτερες των 630 kVA όπου δεν είναι δυνατή η κατασκευή Υ/Σ τύπου A1 κατασκευάζεται η παροχή τύπου A2 με την διαφορά από την A1 ότι αντί ασφαλειοαποζευκτών η ΔΕΗ χρησιμοποιεί διακόπτες απομόνωσης (Δ/Α). Απαραίτητη προϋπόθεση είναι η ύπαρξη διακόπτη ισχύος στην γραμμή αναχώρησης ΜΤ που συνεργάζεται με τον Δ/Α εκτελώντας τον κατάλληλο κύκλο πτώσεων και αυτόματων επαναφορών. Η εγκατάσταση της ΔΕΗ περιλαμβάνει αποζεύκτη, Δ/Α, Μ/Σ μέτρησης τάσης και έντασης και αλεξικέραυνα αν χρειάζεται. Όλα αυτά τα μέσα είναι τοποθετημένα πάνω σε στύλο.

Ο καταναλωτής εγκαθιστά καλώδιο από τον στύλο της ΔΕΗ μέχρι τον πίνακα του ΜΤ. Η εγκατάσταση περιέχει έναν ή περισσότερους κλάδους με τα ίδια μέσα προστασίας όπως και στην παροχή A1. Η προστασία κάθε κλάδου του καταναλωτή μπορεί να γίνει με ασφάλειες σκόνης ή αυτόματους διακόπτες ισχύος και ηλεκτρονόμους. Αυτά τα μέσα προστασίας πρέπει να συνεργάζονται με τους Η/Ν του διακόπτη ισχύος της γραμμής αναχώρησης της ΔΕΗ τόσο σε σφάλματα φάσεων όσο και σε σφάλματα γης. Η προστασία κάθε κλάδου εξαρτάται από τους Η/Ν αυτούς. Δεν απαιτείται από τον καταναλωτή προστασία σε σφάλματα γης όταν ο Η/Ν που εγκαθιστά για προστασία σε σφάλματα φάσεων συνεργάζεται επιλογικά με τον Η/Ν

προστασίας σε σφάλματα γης του διακόπτη ισχύος στην αναχώρηση της γραμμής ΜΤ της ΔΕΗ.

Σε δίκτυα 15kV ή 20kV με ηλεκτρονόμους γης αντιστρόφου ή εξαιρετικά αντιστρόφου χρόνου η μέγιστη επιτρεπτή ονομαστική ένταση των ασφαλειών σκόνης που εγκαθίστανται είναι 50A και προστατεύουν Μ/Σ μέχρι 800kVA. Επιτρέπεται η εγκατάσταση Δ/Ι οι ηλεκτρονόμοι του οποίου πρέπει να συνεργάζονται επιλογικά με τους Η/Ν του Δ/Ι της αναχώρησης της γραμμής ΜΤ. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω δεν είναι απαραίτητη η εγκατάσταση Η/Ν προστασίας σε σφάλματα γης όταν οι Η/Ν φάσεων συνεργάζονται επιλογικά με τους Η/Ν του διακόπτη ισχύος της γραμμής αναχώρησης ΜΤ. Αυτό συμβαίνει όταν π.χ. ο Δ/Ι του καταναλωτή περιλαμβάνει Η/Ν σταθερού χρόνου με ρύθμιση 100A και χρόνο 0,6sec και σε στοιχείο στιγμιαίας λειτουργίας 400A. Η ρύθμιση αυτή παρέχει προστασία και επιτρέπει την ζεύξη Μ/Σ ισχύος 1000kVA στα 15kV και 1250kVA στα 20kV.

Σε δίκτυα 20kV με Η/Ν σταθερού χρόνου με ρύθμιση 160A σε χρόνο 1sec η μέγιστη επιτρεπτή ένταση των ασφαλειών σκόνης που εγκαθίσταται είναι 40A. Επιτρέπεται η εγκατάσταση Δ/Ι οι Η/Ν του οποίου πρέπει να συνεργάζονται επιλογικά με τους Η/Ν του Δ/Ι της αναχώρησης της γραμμής ΜΤ. Δεν απαιτείται η εγκατάσταση Η/Ν γης εάν η ρύθμιση των Η/Ν φάσεων του Δ/Ι του καταναλωτή είναι 120 σε χρόνο 0,6sec.

Στην περίπτωση που στη χαμηλή τάση υπάρχουν δύο κλάδοι παράλληλοι και συμβαίνει βραχυκύκλωμα στην πλευρά της ΧΤ, το ρεύμα βραχυκύκλωσης στην παροχή θα είναι  $I$  ενώ σε κάθε κλάδο  $I/2$ . Για τον λόγο αυτό οι Η/Ν στην αναχώρηση πρέπει να ρυθμιστούν στο μισό ρεύμα από ότι θα ρυθμιστούν αν οι κλάδοι ήταν ανεξάρτητοι. Πρέπει να τονίσουμε ότι στη ΧΤ οι Η/Ν γης στην αναχώρηση δεν διεγείρονται γιατί δεν υπάρχει ρεύμα γης στην περίπτωση αυτή. Εάν ο καταναλωτής θέλει να αυξήσει την ισχύ του ανά κλάδο τότε πρέπει να εγκαταστήσει Η/Ν γης που να συνεργάζονται με αυτούς της ΔΕΗ.

#### **4.3 Παροχή Τύπου Β1**

Ο τύπος παροχής Β1 αφορά παροχές από υπόγεια ή εναέρια δίκτυα με εγκατάσταση των οργάνων μέτρησης της ΔΕΗ. Ο τύπος αυτός αφορά μόνο

Υ/Σ με ένα Μ/Σ ή περισσότερους που λειτουργούν παράλληλα. Η ΔΕΗ εγκαθιστά ως μέσο προστασίας διακόπτη φορτίου και ασφάλειες σκόνης . Ο καταναλωτής έχει τη δυνατότητα να χειρίζεται τον διακόπτη φορτίου ,απαγορεύεται όμως η επέμβαση σ αυτό. Ο καταναλωτής τοποθετεί ένα γενικό μέσο απόξευξης που μπορεί να παραλειφθεί όταν ο διακόπτης φορτίου της ΔΕΗ έχει ορατές επαφές ώστε να εξασφαλίζεται η απόξευση.

Η σύνδεση του Υ/Σ σε υπόγειο δίκτυο γίνεται σε βρόγχο με δυο καλώδια που το ένα έρχεται από τον προηγούμενο καταναλωτή και το άλλο οδεύει προς τον επόμενο. Η μέγιστη ονομαστική τιμή της ασφάλειας σκόνης που τοποθετείται είναι 40Α και εξασφαλίζει επιλογική προστασία με τους Η/Ν γης του διακόπτη ισχύος της ΔΕΗ. Η μέγιστη ισχύς του Υ/Σ για 40Α ασφάλειες είναι 630kVA. Στην πλευρά της ΧΤ τοποθετείται ένα γενικό μέσω προστασίας το οποίο πρέπει να συνεργάζεται με τις ασφάλειες ΜΤ και μπορεί να είναι αυτόματος διακόπτης ή ασφάλειες οι οποίες όμως τοποθετούνται εφόσον ο Μ/Σ έχει ισχύ μέχρι 200KVA.

#### **4.4 Παροχή Τύπου Β2**

Η παροχή τύπου Β2 αφορά όπως και η Β1 σύνδεση του καταναλωτή ΜΤ σε εναέριο ή υπόγειο δίκτυο της ΔΕΗ με τα όργανα μέτρησης σε εσωτερικό χώρο. Το μέσο προστασίας και ζεύξης που εγκαθιστά η ΔΕΗ είναι διακόπτης ισχύος με Η/Ν.Ο καταναλωτής δεν απαιτείται να εγκαταστήσει μέσο προστασίας ανά Μ/Σ στη ΜΤ καθώς προστατεύεται από το διακόπτη ισχύος της ΔΕΗ. Μόνο όταν η ονομαστική ένταση του ρεύματος του Μ/Σ είναι μικρότερη του 10% της έντασης ρύθμισης του Δ/Ι απαιτείται η εγκατάσταση μέσου προστασίας από τον καταναλωτή. Για την ρύθμιση των Η/Ν των Δ/Ι λαμβάνονται υπόψη τα παρακάτω:

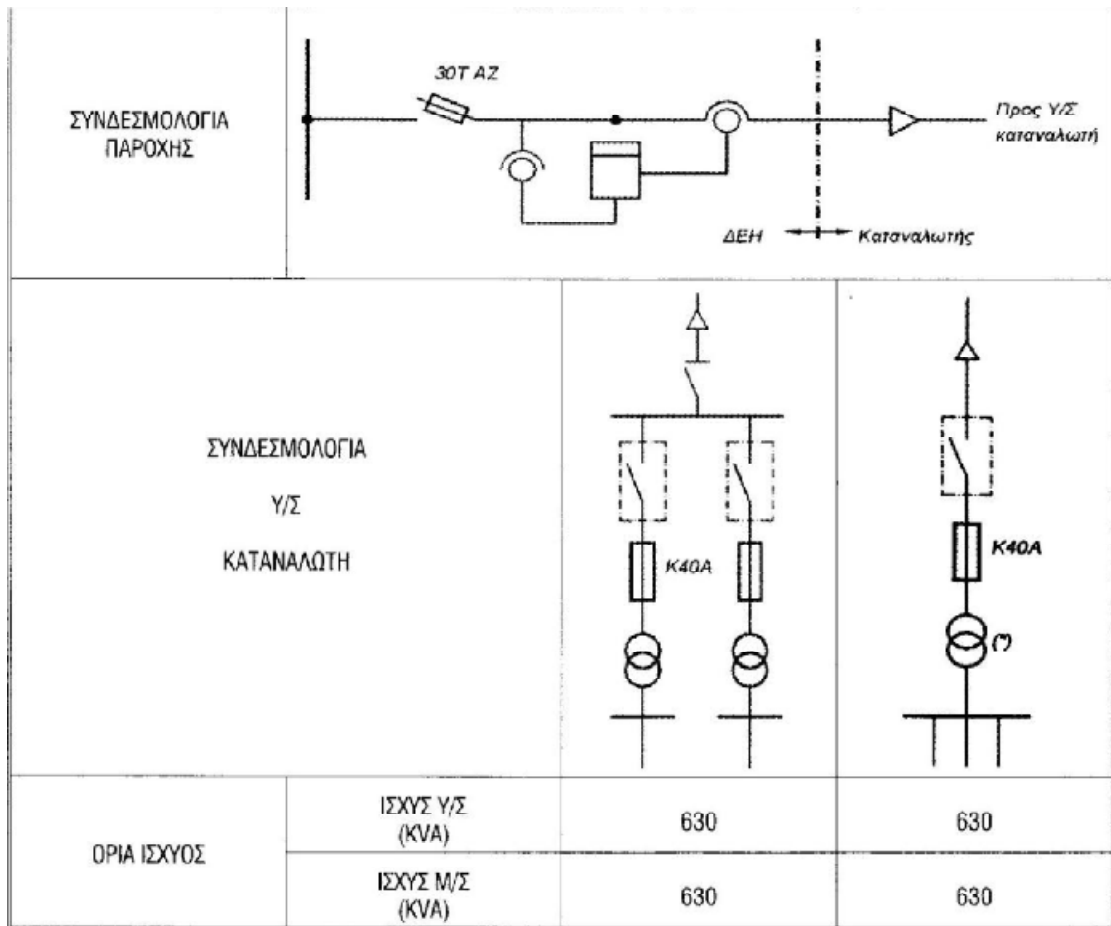
Η επιλογή προστασίας με τον ηλεκτρονόμο του διακόπτη αναχώρησης της γραμμής ΜΤ από τη ΔΕΗ πρέπει να υλοποιείται με διαφορά χρόνου τουλάχιστον 0,4 sec

Η προστασία των Μ/Σ του καταναλωτή πρέπει να εξασφαλίζεται από τη ρύθμιση.

à Να υπάρχει συνεργασία με τα μέσα προστασίας ΧΤ του καταναλωτή

à Να μην ανοίγει ο Δ/Ι σε βραχυχρόνιες αυξήσεις του φορτίου.

Οι παραπάνω αρχές ρύθμισης εξαρτώνται από το είδος του Η/Ν του διακόπτη ισχύος της γραμμής αναχώρησης. Σε δίκτυα με προστασία Η/Ν σταθερού χρόνου η ρύθμιση του είναι για Η/Ν φάσεων 400 Α σε χρόνο 0,6 sec και για Η/Ν γης 160 Α σε χρόνο 1 sec. Προστασία των Μ/Σ του καταναλωτή έναντι βραχυκυκλωμάτων εξασφαλίζεται όταν ο Η/Ν φάσεων του Δ/Ι έχει ρύθμιση που δεν υπερβαίνει το δεκαπλάσιο της ονομαστικής έντασης του μικρότερου Μ/Σ. Όταν αυτό δεν ισχύει για κάποιον Μ/Σ, τότε τοποθετείται μόνο σε αυτόν προστασία έναντι υπερεντάσεως στη ΜΤ. Η ρύθμιση του στιγμιαίου στοιχείου λειτουργίας του Η/Ν του Δ/Ι της άφιξης πρέπει να είναι μεγαλύτερη από το δεκαπλάσιο της ονομαστικής έντασης στο σύνολο των Μ/Σ για να εξασφαλίζεται η αποφυγή πτώσης του Δ/Ι από ρεύματα ζεύξης των Μ/Σ. Τέλος προκειμένου να αποφευχθεί πτώση του Μ/Σ από βραχυχρόνιες υπερφορτίσεις η ρύθμιση των Η/Ν φάσεων χρονικής καθυστέρησης πρέπει να έχει τιμή μεταξύ 2 και 4 της έντασης που αντιστοιχεί στην συμφωνημένη ισχύ του καταναλωτή. Τέλος ο καταναλωτής μπορεί να χειρίζεται τον Δ/Ι της άφιξης της ΔΕΗ απαγορεύεται όμως η επέμβαση μέσα στον πίνακα



Σχήμα 4.1 : Παροχή ΜΤ τύπου Α1(20KV)

Ένας ή περισσότεροι Μ/Σ σε παράλληλη λειτουργία



ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΠΑΡΟΧΗΣ			
ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ Υ/Σ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΗ ΜΕ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ Μ/Σ ΜΕ ΑΣΦΑΛΕΙΕΣ			
ΟΡΙΑ ΙΣΧΥΟΣ	ΙΣΧΥΣ Υ/Σ	800 (KVA)	Χωρίς περιορισμό
	ΙΣΧΥΣ Μ/Σ	800 (KVA)	800 (KVA)
ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ Υ/Σ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΗ ΜΕ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ Μ/Σ ΜΕ Δ/Ι			
ΟΡΙΑ ΙΣΧΥΟΣ	Δ/Ι χωρίς στοιχείο γης	Όταν οι Η/Ν φάσεων των Δ/Ι συνεργάζονται επιλογικά με την προστασία γης του δικτύου	
	Δ/Ι με στοιχείο γης	Χωρίς περιορισμό	

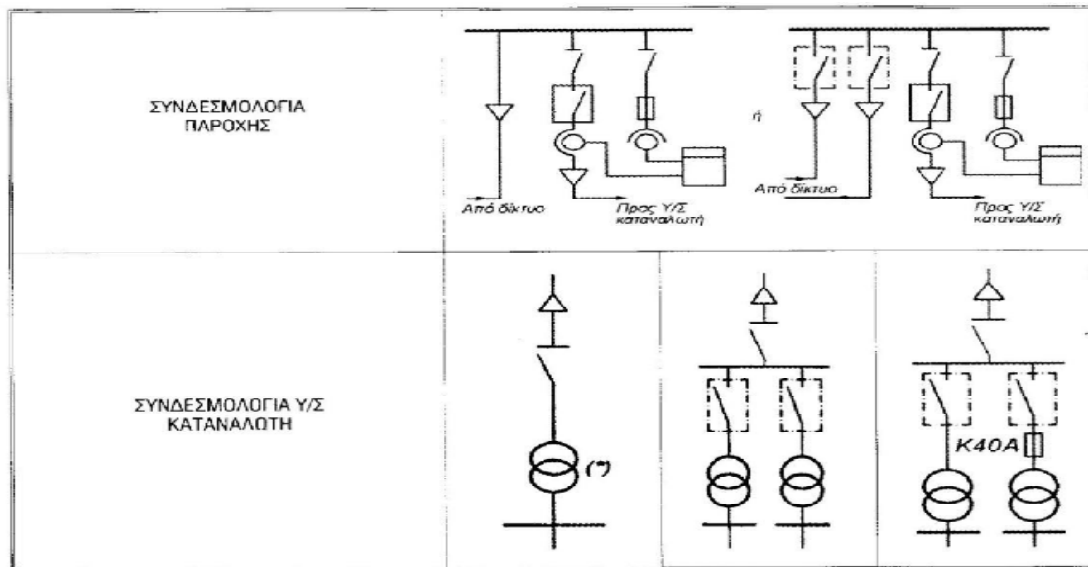
Σχήμα 4.2 : Παροχή MT τύπου A2

Ένας ή περισσότεροι Μ/Σ σε παράλληλη λειτουργία

ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΠΑΡΟΧΗΣ			
ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ Υ/Σ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΗ			
ΟΡΙΑ ΙΣΧΥΟΣ Υ/Σ (KVA)		200	630

Σχήμα 4.3 : Παροχή MT τύπου B1

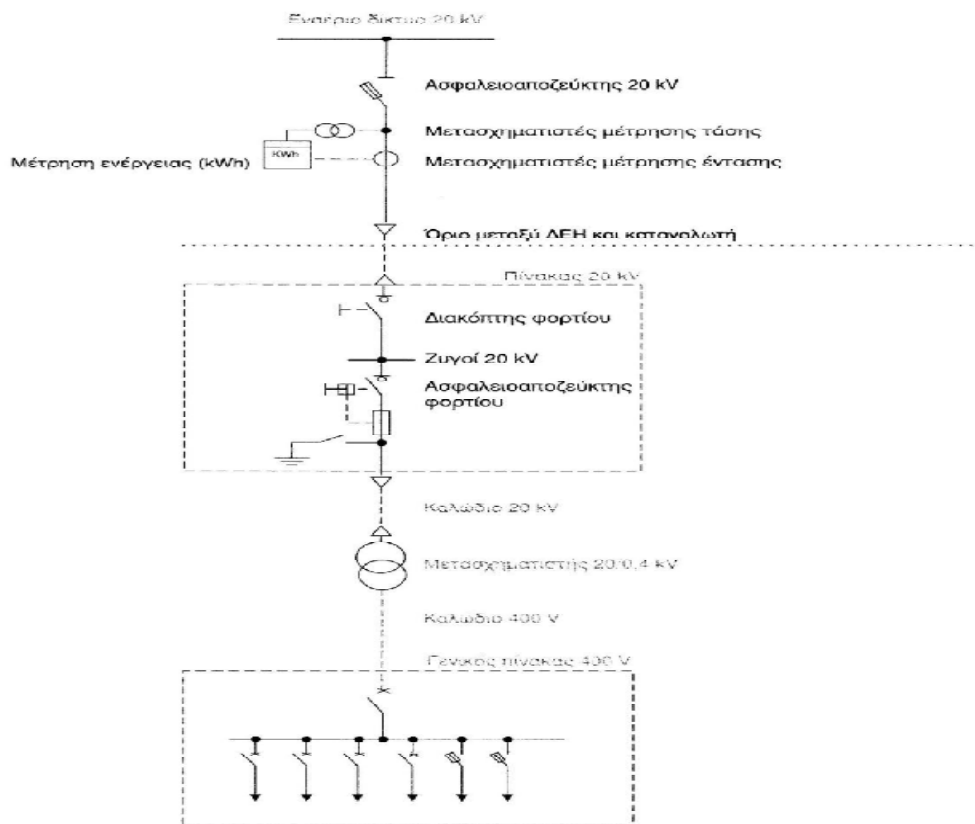
Ένας ή περισσότεροι Μ/Σ σε παράλληλη λειτουργία



Σχήμα 4.3 : Παροχή ΜΤ τύπου Α2

Ένας ή περισσότεροι Μ/Σ σε παράλληλη λειτουργία

Μονογραμμικό διάγραμμα υποσταθμού μέσης τάσης τύπου Α1



## 5 Γειώσεις Υ/Σ καταναλωτών ΜΤ και ΧΤ

### 5.1 Γενικά

Γείωση είναι η ένωση ενός σημείου ενός κυκλώματος ή ενός ξένου προς το κύκλωμα μεταλλικού αντικειμένου με μια εγκατάσταση γείωσης, δηλαδή με ένα ή περισσότερα συνδεδεμένα ηλεκτρόδια γείωσης. Η μείωση μπορεί να είναι συνεχής ή να διακόπτεται παρεμβάλλοντας ένα διάκενο σπινθηριστή, οπότε μιλάμε για ανοιχτή γείωση, η οποία συνιστάται σε εγκαταστάσεις αλεξικέραυνων. Υπάρχουν τριών ειδών γείωσης, ανάλογα με την χρήση τους οι οποίες συνήθως συνυπάρχουν στις εγκαταστάσεις:

1. Γείωση λειτουργίας, που είναι η γείωση ενός ενεργού κυκλώματος όπως η γείωση του ουδετέρου ενός Μ/Σ και η γείωση του ουδετέρου αγωγού του συστήματος.
2. Γείωση προστασίας, είναι η γείωση ενός μεταλλικού μέρους π.χ. η γείωση του κελύφους μιας ηλεκτρικής συσκευής, δηλαδή, μειώνει τις τάσεις επαφής και δεν παρεμβάλλονται αντιστάσεις ή διάκενα.
3. Γείωση ασφαλείας, είναι η αντικεραυνική προστασία η οποία διοχετεύει το ρεύμα των κεραυνών προς τη γη.

Η γείωση προστασίας έχει σκοπό την προστασία ατόμων από υπερβολικές τάσεις που εμφανίζονται σε περιπτώσεις βλαβών στα αγωγήματα ηλεκτρικών εγκαταστάσεων. Με την χρησιμοποίηση της γείωσης προστασίας το ρεύμα διαρροής οδηγείται άμεσα στη γη. Οι μέθοδοι με τις οποίες υλοποιείται η εγκατάσταση γείωσης προστασίας είναι:

- Η άμεση γείωση
- Η ουδετέρωση
- Οι διακόπτες διαφυγής

### 5.2 Είδη ηλεκτροδίων γείωσης

Ø **Γειωτής ράβδου**, είναι ένας σωλήνας ονομαστικής διαμέτρου μεγαλύτερης μιας ίντσας ή μια ράβδος στρογγυλή ή προφίλ από γαλβανισμένο χάλυβα. Η ράβδος καρφώνεται κατακόρυφα ή λοξά με το

κάτω μέρος να διαμορφώνεται σαν ακίδα για να οδηγείται καλύτερα στο έδαφος.

- Ø **Γειωτής ταινίας**, το οποίο τοποθετείται σε βάθος 0,7-1m, για να υπάρχει υγρασία στο έδαφος. Η ταινία ή το συρματόσχοινο μπορεί να είναι χάλυβας γαλβανισμένος ή επιμολυβδωμένος διαστάσεων  $40 \times 4\text{mm}^2$ . Χρησιμοποιούνται επίσης χάλκινες ταινίες οι οποίες τοποθετούνται ευθύγραμμα ή κυκλικά γύρω από την εγκατάσταση και λέγεται γειωτής βρόχου. Μια περίπτωση του γειωτή4+ταινία είναι η θεμελιακή γείωση. Δεν συνίσταται συρματόσχοινο αντί ταινίας σαν ηλεκτρόδιο γείωσης γιατί διαβρώνεται γρήγορα.
- Ø **Γειωτής πλάκας**, που είναι πλάκα μορφής παραλληλογράμμου η οποία ενταφιάζεται στο έδαφος. Το πάνω μέρος βρίσκεται σε βάθος του ενός μέτρου.
- Ø **Γειωτής ακτινικός**, όπου ταινίες ή ράβδοι διαμορφώνονται υπό μορφή αστέρα με πολλές ακτίνες ο οποίος είναι ενταφιασμένος σε βάθος τουλάχιστον 0,8 m.
- Ø **Γειωτής πλέγματος**, είναι πλέγμα από ταινίες ή αγωγός κυκλικής ή άλλης διατομής με τετραγωνικά ανοίγματα πλάτους 0,7 - 2 m και τοποθετείται από 0,5- 1m. Το πλεονέκτημα των γειωτών αυτών είναι ότι οι βηματικές τάσεις στο έδαφος πάνω από το πλέγμα είναι αμελητέες

### **5.3 Απολήξεις και συνδέσεις των ηλεκτροδίων γείωσης**

Οι διατομές των αγωγών που οδηγούν από τις εγκαταστάσεις στους γειωτές, φέρουν ρεύματα μόνο σε σφάλματα. Η διάρκεια των σφαλμάτων είναι το πολύ μερικά sec. Τα ρεύματα που ρέουν προς τη γη είναι περιορισμένα ως εξής:

- 1000A (συνήθως κάτω από 80A) στη MT
- 230A (συνήθως κάτω από 10A) στη XT

Ωστόσο σε γειωτές αντικεραυνική προστασίας τα ρεύματα είναι κρουστικά με κορυφή 5...40kA συνήθως για χρόνο 0,1ms περίπου.

Στη μέση και χαμηλή τάση οι διατομές που προσδιορίζονται από το ρεύμα είναι ασήμαντες και πολύ περισσότερο παίζει ρόλο η στιβαρότητα του

αγωγού. Το μέρος του γειωτή ή της σύνδεσης που βγαίνει από το έδαφος μονώνεται κατά της υγρασίας με πίσσα ή άλλα μονωτικά και μάλιστα 30cm μέσα και 30 cm έξω από το έδαφος. Ο αγωγός γείωσης είναι δυνατόν να οδεύει μαζί με άλλους μονωμένους αγωγούς των διαφόρων κυκλωμάτων της εγκατάστασης ή να είναι ανεξάρτητος από αυτούς. Η διατομή του αγωγού γείωσης πρέπει να είναι ίση με τη διατομή του αγωγού του ουδετέρου. Οι συνδέσεις των καλωδίων γίνονται σε γειώσεις ουδετέρου με χάλκινο μονόκλωνο αγωγό, ελάχιστης διατομής ίσης με τη διατομή του ουδετέρου, όχι όμως μικρότερης των 16 mm<sup>2</sup> και αυτό γιατί ο αγωγός γείωσης πρέπει να έχει ελάχιστη διατομή που να αντέχει σε μονοφασικό βραχυκύκλωμα προς γη για χρόνο ίσο με το χρόνο λειτουργίας των μέσων προστασίας, έτσι όταν προηγούνται ασφάλειες MT αρκεί ο αγωγός χαλκού διατομής 16 mm<sup>2</sup> . Σε εγκαταστάσεις αλεξικέραυνου η ελάχιστη διατομή για χαλκό είναι 50 mm<sup>2</sup> . Η σύνδεση του ουδετέρου M/Σ με τον γειωτή γίνεται με καλώδια τουλάχιστον 25 mm<sup>2</sup> .

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η μέγιστη επιτρεπόμενη ένταση βραχυκυκλώματος για διατομές αγωγών χαλκού για χρόνο λειτουργίας των μέσων προστασίας.

Μέγιστη επιτρεπόμενη ένταση βραχυκυκλώματος για αγωγούς χαλκού	
Διατομή αγωγού (mm <sup>2</sup> )	Επιτρεπόμενη ένταση (A)
16	2500
25	4000
35	5500
50	8000
70	11500

## **5.4 Θεμελιακή γείωση**

Η θεμελιακή γείωση θεωρείται η αποτελεσματικότερη μέθοδος γείωσης. Αποτελείται από ένα γειωτή μορφή ταινίας, που τοποθετείται μέσα στα θεμέλια των κτιρίων και μέσα στο σκυρόδεμα. Η τοποθέτηση γίνεται στην βάση των εξωτερικών τοίχων ενός κλειστού βρόχου. Ο αγωγός του γειωτή μπορεί να είναι :

- Ταινίες γαλβανισμένου χάλυβα με ελάχιστες διαστάσεις 30mm x 3,5mm.
- Βέργα γαλβανισμένου χάλυβα ελάχιστης διαμέτρου 10mm.

Το χαλύβδινο ηλεκτρόδιο τοποθετείται στο περιμετρικό θεμέλιο του κτιρίου. Ο γειωτής πρέπει να περιβάλλεται παντού από δομημένο συμπυκνωμένο σκυρόδεμα, με στρώμα πάχους 5cm γιατί αλλιώς διαβρώνεται. Η τοποθέτηση του γειωτή μέσα στο σκυρόδεμα, στην βάση των θεμελίων εξασφαλίζει αντοχή στη διάβρωση και στις μηχανικές καταπονήσεις. Η σύνδεση με τη λοιπή εγκατάσταση γίνεται με χάλκινο αγωγό διατομής 16 mm<sup>2</sup> τουλάχιστον ή 25 mm<sup>2</sup>. Εάν υπάρχει σύστημα αντικεραυνικής προστασίας, συνδέεται στη θεμελιακή γείωση και τα αλεξικέραυνα μέσω σπινθηριστών.

## **5.5 Αντίσταση γείωσης και μέτρησή της**

Αντίσταση γείωσης είναι η αντίσταση από το ηλεκτρόδιο γείωσης μέχρι την άπειρη γη, όταν δεν υπάρχουν άλλα ηλεκτρόδια στο έδαφος. Άπειρη γη είναι ένα σημείο στην επιφάνεια σε άπειρη απόσταση από τον γειωτή. Λαμβάνεται σαν σημείο των δυναμικών και λέμε ότι η τάση της άπειρης γης είναι μηδέν. Για γειωτές πασσάλους με 3m βάθος, η απόσταση της άπειρης γης είναι 20 m και σε αυτή την απόσταση το δυναμικό είναι ίσο με το 2% του δυναμικού του πασσάλου.

Αν ένας γειωτής τεθεί υπό τάση ως προς την άπειρη γη, δημιουργείται ένα πεδίο ροής και δυναμικού γύρω από τον γειωτή. Όσο περισσότερο απομακρυνόμαστε από τον **γειωτή** τόσο μειώνεται η τάση. Το διάγραμμα τάσης – απόστασης ονομάζεται χοάνη δυναμικού του γειωτή από την οποία μπορεί κανείς να διαπιστώσει την τάση επαφής και την βηματική τάση. Η τάση

επαφής είναι ίση με την πτώση τάσης σε απόσταση στο έδαφος μήκους 1m από τον γειωτή. Η βηματική τάση είναι η μέγιστη πτώση τάσης σε μήκος 1m κατά μήκος του πεδίου ροής του ρεύματος στην περιοχή του εδάφους που μας ενδιαφέρει. Η αντίσταση γείωσης εξαρτάται από την ειδική αντίσταση του εδάφους η οποία επηρεάζεται από:

- Το είδος του εδάφους, όπου ένα ελώδες έδαφος έχει πολύ μικρότερη αντίσταση από ένα ξηρό έδαφος.
- Την υγρασία, όπου η αντίσταση μειώνεται αυξανόμενης της υγρασίας του εδάφους.
- Τη θερμοκρασία, όπου η αντίσταση μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας.
- Την μορφή της τάσης.
- Το βάθος όπου βρίσκεται ο γειωτής, γιατί παρουσιάζει το πλεονέκτημα της σταθερότητας της αντίστασης κατά την διάρκεια του έτους.

Η ειδική αντίσταση του εδάφους μετριέται με γέφυρα τεσσάρων ηλεκτροδίων. Η μέτρηση της αντίστασης γείωσης μπορεί να γίνει με δυο τρόπους, μέσω τάσης και έντασης ή με γέφυρα, που ονομάζεται γειωσόμετρο. Πρέπει κανείς να μετρήσει τόσο με την τάση της πηγής που έχει προβλεφτεί όσο και με την μηδενική τάση ώστε στην μέτρηση να εκτιμηθεί το σφάλμα από παρασιτικά ρεύματα που υπάρχουν στη γη.

## **5.6 Γείωση στην εγκατάσταση ΜΤ**

Στους υποσταθμούς και στις λοιπές ηλεκτρικές εγκαταστάσεις, είναι απαραίτητη η εφαρμογή γειώσεων, ώστε σημεία που θα μπορούσαν να βρεθούν υπό τάση να μεταβιβάζουν το ρεύμα προς τη γη, προστατεύοντας τα άτομα που εργάζονται στις εγκαταστάσεις ή που βρίσκονται κοντά σε αυτές. Η γείωση στους υποσταθμούς γίνεται για δυο λόγους:

- Προστασία ατόμων από επικίνδυνες τάσεις επαφής και βηματικές σε βραχυκυκλώματα μεταξύ φάσης και γης στη ΜΤ. Αυτά λέγονται και σφάλματα γης ή υπερπηδήσεις ΜΤ όπως π.χ.

η υπερπήδηση τόξου μεταξύ φάσης και δοχείου του Μ/Σ ή και άλλων μεταλλικών μερών του Υ/Σ.

- Χρειάζεται γείωση λειτουργίας του ουδέτερου του Μ/Σ και γείωση προστασίας στην εγκατάσταση ΧΤ για προστασία ατόμων από επικίνδυνες τάσεις επαφής.

Στους καταναλωτές ΜΤ έχουμε συνήθως πέντε κυκλώματα που πρέπει να γειωθούν και είναι τα εξής:

1. Στην είσοδο του υποσταθμού, στον εναέριο σύλο της ΔΕΗ γειώνονται οι απαγωγείς τάσεις.
2. Στον Μ/Σ και στις κυψέλες ΜΤ γειώνονται τα μεταλλικά μέρη
3. Στον Μ/Σ γειώνεται ο ουδέτερος κόμβος.
4. Ο ουδέτερος αγωγός γειώνεται στον πίνακα των καταναλωτών ΧΤ και προστίθεται ο αγωγός προστασίας (ΡΕ).
5. Η γείωση συλλεκτηρίου συστήματος κεραυνών, εγκατάσταση γείωσης συστήματος αλεξικέραυνης προστασίας.

Η αποτελεσματικότερη γείωση επιτυγχάνεται με την κατασκευή θεμελιακής γείωσης στο κτίριο του Υ/Σ και όταν αυτό δεν είναι εφικτό τοποθετείται ισοδύναμο στο δάπεδο του Υ/Σ.

Η γείωση ΜΤ φέρει σημαντικά ρεύματα σε σφάλματα γης. Το μέγιστο ρεύμα που μπορεί να ρέει είναι  $1000^A$  και η διάρκεια του εξαρτάται από την ρύθμιση των ΗΝ γης που είναι συνήθως  $80^A$ . τα ρεύματα σε σφάλματα γης μπορεί να προκαλέσουν βηματικές τάσεις και τάσεις επαφής, για τον λόγο αυτό επιδιώκονται μικρές αντιστάσεις γειώσεις.

Ανάλογα με την τιμή της γείωσης που επιτυγχάνουμε διακρίνουμε δυο περιπτώσεις και σχεδιάζουμε τις γειώσεις ΜΤ και ΧΤ:

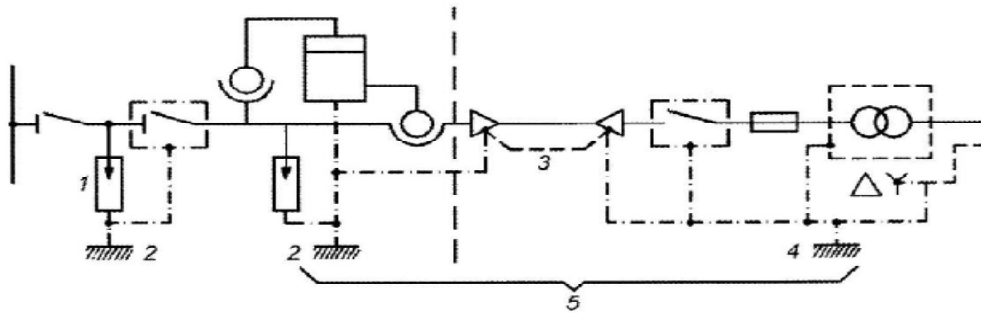
#### **-Συνολική αντίσταση γείωσης μικρότερη του $1\Omega$**

Στην περίπτωση αυτή η γείωση των μεταλλικών μερών ΜΤ και του ουδέτερου κόμβου του Μ/Σ στη ΧΤ επιτρέπεται και ενδείκνυται να είναι κοινές ανεξάρτητα από την μέθοδο προστασίας σε τάσεις επαφής της εγκατάστασης ΧΤ. Όταν ο Υ/Σ τροφοδοτείται από υπόγειο δίκτυο το μήκος του οποίου είναι τουλάχιστον



1200 μέτρα, τότε η αντίσταση γείωσης είναι μικρότερη από  $1\Omega$  και αυτό πρέπει να γνωστοποιείται στον καταναλωτή. Ανεξάρτητα όμως από αυτό απαιτείται η κατασκευή καλής γείωσης του Υ/Σ.

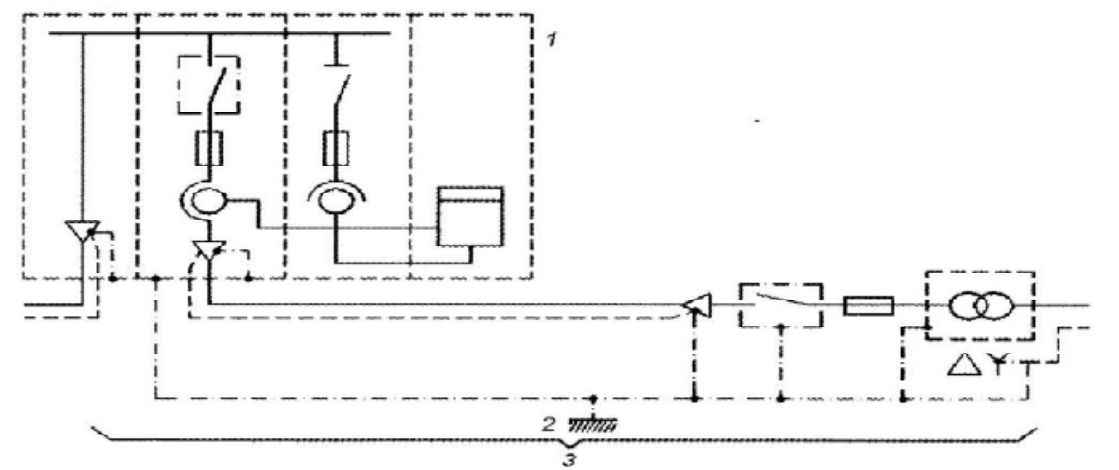
#### Παροχή τύπου Α



Σχήμα 5.1 α: Εγκατάσταση γείωσης Υ/Σ με τιμή αντίστασης γείωσης  $< 1\Omega$

1. Μόνο σε κεραυνόπληκτες περιοχές.
2. Απλή (τυποποιημένη) γείωση με ένα ηλεκτρόδιο.
3. Μολύβδινος μανδύας καλωδίου που εάν δεν υπάρχει πρέπει να εγκατασταθεί αγωγός.
4. Γείωση (κατά προτίμηση θεμελιακή).
5. Αντίσταση γείωσης MT και XT,  $R_g \leq 1\Omega$ .

#### Παροχή τύπου Β

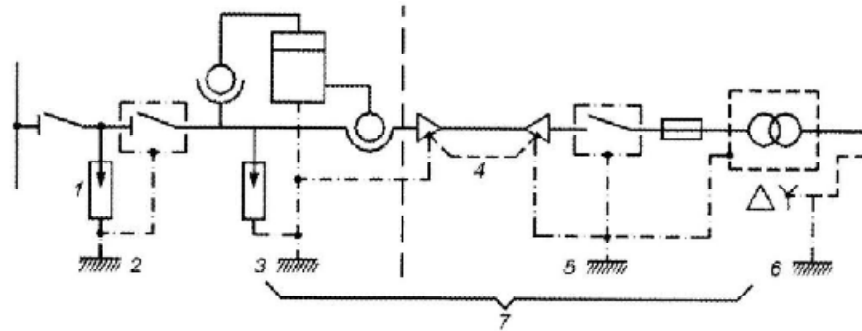


Σχήμα 5.1 α: Εγκατάσταση γείωσης Υ/Σ με τιμή αντίστασης γείωσης  $> 1\Omega$

1. Κυψέλες MT.
2. Γείωση κατά προτίμηση θεμελιακή.

3. Αντίσταση γείωσης MT και XT,  $R_g \leq 1\Omega$ .

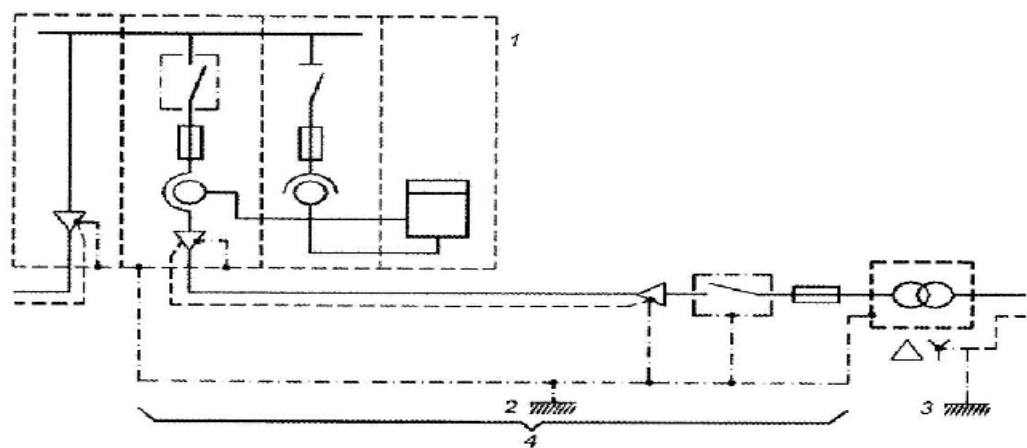
Παροχή τύπου A



Σχήμα 5.2 α: Εγκατάσταση γείωσης Y/Σ με τιμή αντίστασης γείωσης  $> 1\Omega$

1. Μόνο σε κεραυνόπληκτες περιοχές.
2. Απλή γείωση.
3. Αποτελεσματική γείωση (πλέγμα).
4. Μολύβδινος μανδύας καλωδίου που εάν δεν υπάρχει πρέπει να εγκατασταθεί αγωγός.
5. Γείωση (κατά προτίμηση θεμελιακή).
6. Αντίσταση γείωσης MT και XT,  $R_g \leq 40\Omega$ .

Παροχή τύπου B



Σχήμα 5.2β: Εγκατάσταση γείωσης Y/Σ με τιμή αντίστασης γείωσης  $> 1\Omega$

1. Κυψέλες MT.
2. Γείωση μεταλλικών μερών (κατά προτίμηση θεμελιακή).
3. Γείωση ουδετέρου.
4. Αντίσταση γείωσης MT και XT,  $R_g \leq 40\Omega$ .

## **5.7 Γείωση Υ/Σ σε μη αγώγιμο έδαφος**

Πολλές φορές βρισκόμαστε στην ανάγκη να κατασκευάσουμε Υ/Σ σε θέση όπου το έδαφος από την σύστασή του δεν μας διευκολύνει στην κατασκευή γείωσης ικανής να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις που προαναφέρθηκαν. Όμως, η αγωγιμότητα του εδάφους δεν θα πρέπει να μας οδηγεί σε καμία περίπτωση στην κατασκευή γείωσης με μεγάλη αντίσταση. Υπάρχουν μηχανήματα ικανά να ανοίξουν τρύπες μεγάλου βάθους ώστε να χρησιμοποιηθούν πολλά ηλεκτρόδια μεγάλου μήκους που θα μπορούν να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις. Ειδικά μηχανήματα ανοίγουν οπές διαμέτρου 40-45mm και βάθους μεγαλύτερου των 40m. Με ένα τέτοιο μηχάνημα ανοίγουμε οπές βάθους 12m τις εμπλουτίζουμε με αγώγιμο μη οξειδωτικό υλικό και τοποθετούμε τα κατάλληλα ηλεκτρόδια εξασφαλίζοντας τα σημεία ένωσης τους για την αγωγιμότητά τους και την αντιδιαβρωτική τους προστασία .

## **5.8 Προστασία από ηλεκτροπληξία**

Βασικό μέγεθος για την ηλεκτροπληξία είναι η τάση επαφής. Τάση επαφής είναι η τάση που εμφανίζεται ταυτόχρονα σε δυο αγώγιμα σημεία και αυτά μπορεί να είναι:

- Οι ενεργοί αγωγοί ενός κυκλώματος.
- Τα εκτεθειμένα ,προσβάσιμα μεταλλικά μέρη όπως τα μεταλλικά κελύφη συσκευών.

Ηλεκτροπληξία δηλαδή επέρχεται με άμεση ή έμμεση επαφή του ανθρώπου με ένα κύκλωμα. Άμεση επαφή έχουμε όταν κάποιος ακουμπήσει ένα ηλεκτροφόρο αγωγό ενώ στέκεται στο έδαφος, ενώ έμμεση επαφή έχουμε όταν λόγω καταστροφής της μόνωσης μεταλλικά αγείωτα μέρη βρεθούν υπό τάση οπότε η επαφή μαζί τους μπορεί να προκαλέσει ηλεκτροπληξία.

Τα μέτρα που εφαρμόζονται διεθνώς έναντι της ηλεκτροπληξίας κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες :

- Μηδενική τάση επαφής η οποία εξασφαλίζεται με τα εξής μέσα:

- Ισχυρή μόνωση
- Φράγματα ή περιβλήματα
- Εμπόδια
- Χώροι με μη αγώγιμο δάπεδο
- Χρήση πολύ χαμηλών τάσεων
- Ταχεία απόξεση επικίνδυνων τάσεων.

### **5.9 Προστασία των Υ/Σ ΜΤ κατά των υπερτάσεων**

Οι εσωτερικές υπερτάσεις λόγω χειρισμών δεν είναι επικίνδυνες γιατί από τις προδιαγραφές τους τα υλικά ΜΤ αντέχουν σε αυτές . Βλέπουμε στον παρακάτω πίνακα τις τάσεις δοκιμής Μ/Σ και τις αποστάσεις.

Ονομαστική τάση	20KV
Μέγιστη επιτρεπόμενη τάση	24 KV
Ενεργός τάση δοκιμής τυλίγματος	50 KV
Ενεργός τάση δοκιμής μονωτήρων	55 KV
Κρουστική τάση δοκιμής	125 KV
Αποκομμένη κρουστική τάση δοκιμής	145 KV
Αποστάσεις μεταξύ μονωτήρων διέλευσης	210mm
Αποστάσεις μεταξύ φάσεων και γης	215mm

Οι εξωτερικές υπερτάσεις λόγω κεραυνών είναι η τάξη μεγέθους πολλών εκατοντάδων kV και είναι ιδιαίτερα επικίνδυνες στις υπαίθριες παροχές A1 και A2, για αυτό η προστασία είναι απαραίτητη. Προστασία της εγκατάστασης δεν χρειάζεται αν έχουμε υπόγεια παροχή από το υπόγειο δίκτυο, γιατί δεν πέφτουν κεραυνοί στα καλώδια και αν πέσουν στην αναχώρησή τους τότε αποσβένονται αν έχουμε μήκη μεγαλύτερα από 500m. Η προστασία έναντι κεραυνικών υπερτάσεων περιλαμβάνει την εγκατάσταση από την ΔΕΗ αλεξικέραυνων στο σημείο παροχέτευσης στον εναέριο στύλο . Αν το καλώδιο του καταναλωτή έχει μήκος μικρότερο των 500m συνίσταται η τοποθέτηση αλεξικέραυνων και στις δυο άκρες του καλωδίου.

Βασικό μέγεθος για την σωστή λειτουργία τους είναι η ηλεκτρική αντοχή της εγκατάστασης. Η αντοχή σε κρουστική τάση είναι 125kV για δίκτυα ονομαστικής τάσης 20 kV. Οι απαγωγείς τάσεων ή αλεξικέραυνα είναι μη γραμμικές αντιστάσεις που φροντίζουν η τάση να μένει κάτω από μια ορισμένη τάση, την τάση προστασίας η οποία πρέπει να είναι αρκετά μικρότερη από την ηλεκτρική αντοχή της εγκατάστασης.

## **6. Προστασία ηλεκτρικών εγκαταστάσεων ΧΤ κατά των υπερτάσεων**

Οι κεραυνοί μπορούν να προκαλέσουν υπερτάσεις σε μια εγκατάσταση ΧΤ ως εξής:

à υπερτάσεις από κατευθείαν πλήξη του δικτύου ΧΤ

à υπερτάσεις από μαγνητικές ζεύξεις και ότι οι φάσεις του δικτύου έχουν γείωση που είναι διαφορετική από την γείωση προστασίας του δικτύου. Επειδή η γείωση προστασίας διαρρέεται από το ρεύμα του κεραυνού ο ισοδυναμικός ζυγός μπορεί να βρίσκεται υπό μεγάλη τάση ως προς τα άλλα γειωμένα αντικείμενα.

à υπερτάσεις εξ επαγωγής

Η προστασία έναντι υπερτάσεων στην χαμηλή τάση γίνεται στην είσοδο των κυκλωμάτων όπου εγκαθίστανται απαγωγείς τάσεων και στην είσοδο ηλεκτρικών κυκλωμάτων όπου τοποθετούνται πυκνωτές αυτεπαγωγές.

### **6.1 Μετασχηματιστής**

Ο μετασχηματιστής (Μ/Σ) είναι μια ηλεκτρική μηχανή η οποία επιτρέπει τη μεταφορά και τη διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας με τρόπο απλό και οικονομικό, αφού η απόδοσή του είναι μεγαλύτερη από 95%. Ο (Μ/Σ) έχει δυο πηνία για κάθε φάση τα οποία είναι μεταξύ τους ηλεκτρικά ανεξάρτητα και μαγνητικά συζευγμένα. Το τύλιγμα που τροφοδοτούμε το ονομάζουμε πρωτεύον και αυτό από το οποίο παίρνουμε την ηλεκτρική ενέργεια με μετασχηματισμένη τάση το ονομάζουμε δευτερεύον. Στους Μ/Σ ΜΤ συνήθως

ο πυρήνας με τα τυλίγματα τοποθετούνται μέσα σε δοχείο που γεμίζεται με λάδι το οποίο είναι ειδικό λάδι Μ/Σ και συνήθως είναι ορυκτέλαιο ή συνθετικό λάδι.

## **6.2 Τύποι μετασχηματιστών**

- μετασχηματιστές διανομής
- μετασχηματιστές ισχύος
- αυτομετασχηματιστές
- μετασχηματιστές για τροφοδότηση διατάξεων με στάτους μετατροπείς
- μετασχηματιστές δοκιμών
- ειδικοί μετασχηματιστές ισχύος
- μετασχηματιστές μετρήσεων
- μετασχηματιστές τηλεπικοινωνιών

Την ψύξη, η κωδικοποίηση της οποίας γίνεται με χρήση τεσσάρων γραμμάτων, τα δυο πρώτα αφορούν στον τρόπο του ψυκτικού μέσου εσωτερικά του Μ/Σ και τα δυο τελευταία στον τρόπο κυκλοφορίας του ψυκτικού μέσου εξωτερικά του Μ/Σ.

Στους Μ/Σ ισχύος χρησιμοποιούνται κατά περίπτωση διάφορες τεχνικές ψύξης.

ONAF: φυσική κυκλοφορία λαδιού, βεβιασμένη κυκλοφορία αέρα

OFAN: βεβιασμένη κυκλοφορία λαδιού, φυσική κυκλοφορία αέρα

OFAF: βεβιασμένη κυκλοφορία λαδιού, βεβιασμένη κυκλοφορία αέρα

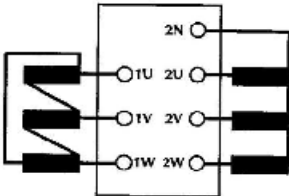
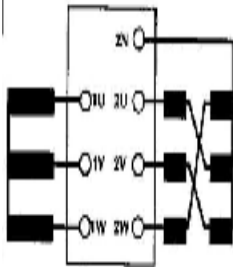
OFWF: βεβιασμένη κυκλοφορία λαδιού, βεβιασμένη κυκλοφορία νερού

## **7.Επιλογή Μ/Σ**

Η επιλογή του Μ/Σ ξεκινά με τη σωστή και λεπτομερή προδιαγραφή. Οι ιδιαίτερες ανάγκες κάθε έργου προσδιορίζουν και τα τεχνικά χαρακτηριστικά ή εξαρτήματα που χρειάζονται. Οι Μ/Σ που προτιμώνται είναι ελαιόψυκτοι εκτός εάν έχουμε ειδικές συνθήκες περιβάλλοντος όπως π.χ. απαιτήσεις για αποφυγή μόλυνσης περιβάλλοντος, εύφλεκτα υλικά και κίνδυνο πυρκαγιάς.

Τότε επιλέγονται Μ/Σ με στέρεα μόνωση οι οποίοι μπορούν να προσφέρουν μεγαλύτερη ασφάλεια. Έτσι συναντάμε Μ/Σ στερεάς μόνωσης σε πλατφόρμες πετρελαίου, αποθήκες καυσίμων ή πυρομαχικών και σε εργοστάσια τροφίμων.

Το μέγεθος των Μ/Σ προσδιορίζεται από την προβλεπόμενη μέγιστη ζήτηση ,μετά από ένα μεγάλο χρονικό διάστημα. Μπορεί όμως από οικονομική άποψη να συμφέρει η αγορά μεγαλύτερου Μ/Σ απ' ότι χρειάζεται, διότι μεγαλύτερος Μ/Σ σημαίνει και χαμηλότερες απώλειες χαλκού. Για λόγους εφεδρείας επιλέγονται συχνά δυο ή περισσότεροι Μ/Σ. Η συνδεσμολογία των Μ/Σ συνιστάται να είναι τρίγωνο-αστέρας Dyn ή 11 Dyn 5. Συνδεσμολογία αστέρας-τεθλασμένος αστέρας Yzn, όπως και άλλες, γίνονται δεκτές κατόπιν συνεννοήσεως με τη ΔΕΗ. Τα γενικά χαρακτηριστικά των συνδεσμολογιών αυτών περιγράφονται στον 7.6. Δεν επιτρέπεται γείωση του Μ/Σ εκλέγεται με την πρόβλεψη ότι όλα τα δίκτυα ΜΤ θα εξελιχθούν στην τάση 20kV. Επίσης ο μεταβλητός λόγος μετασχηματισμού συνιστάται να είναι μεταξύ των ορίων  $\pm 2.5\%$  και  $\pm 5\%$ . Ο μεταβλητός λόγος μετασχηματισμού επιτυγχάνεται με διακοπή μεταγωγέα που αλλάζει τον αριθμό των σπειρών στην πλευρά της ΜΤ όταν Μ/Σ δεν φέρει ρεύμα. Η αλλαγή της τάσης γίνεται αφού διακόψουμε στη ΜΤ διότι το ρεύμα στη ΜΤ είναι μικρότερο απ' ότι στη ΧΤ.

Είδος και χαρακτηρισμός συνδεσμολογίας	Συνδεσμολογία τυλιγμάτων ΜΤ/ΧΤ
Τρίγωνο/Αστέρας Dyn 5 ή DYn 11	
Αστέρας/Τεθλασμένος αστέρας Yzn 5 ή Yzn 11	

## **7.1 Προσδιορισμός ισχύος Μ/Σ Υ/Σ ΜΤ**

Η ισχύς των Μ/Σ που πρόκειται να εγκατασταθούν σε Υ/Σ ΜΤ προσδιορίζονται με το συνδυασμό:

- Της ολικής εγκατεστημένης ισχύος.
- Της προβλεπόμενης αύξησης ισχύος.
- Του συντελεστή χρησιμοποίησης της εγκατάστασης.
- Του μέσου συντελεστή ισχύος της εγκατάστασης.

Η ολική ισχύς προκύπτει από την εγκατεστημένη ισχύ των καταναλώσεων φωτισμού, θέρμανσης, κίνησης. Επειδή η ισχύς των ηλεκτροκινητήρων δίνεται στον άξονα (ωφέλιμη) θα πρέπει να προσθέσουμε στην ισχύ κίνησης ποσοστό 25% για απώλειες .

## **7.2 Προστασία Μ/Σ**

Ένας Μ/Σ μπορεί να υποστεί σοβαρή βλάβη στις εξής περιπτώσεις:

- Παρατεταμένο βραχυκύκλωμα μέσα ή έξω από το δοχείο στην πλευρά της ΧΤ ή της ΜΤ.
- Διαρκής υπερφόρτιση.
- Σφάλμα στη μόνωση, όπως βραχυκύκλωμα σπειρών και τυλιγμάτων ως προς τη γη.

## **7.3 Μονωμένοι αγωγοί και καλώδια ΜΤ-ΧΤ**

Οι αγωγοί κατασκευάζονται συνήθως από χαλκό και σπάνια από αλουμίνιο.

- Ο χαλκός έχει πολύ μεγάλη ειδική αγωγιμότητα, υψηλή μηχανική αντοχή, είναι ανθεκτικός στη διάβρωση και κατεργάζεται εύκολα.
- Το αλουμίνιο χρησιμοποιείται σαν αγωγός σε καλώδια διατομών συνήθως άνω των 35mm. Έχει μικρότερη ειδική αγωγιμότητα, χαμηλότερη τιμή και μικρότερο βάρος.



Η διατομή των αγωγών είναι στρογγυλή. Για πολυπολικά καλώδια μεγάλων διατομών χρησιμοποιούνται και διατομές κυκλικού τομέα. Όσον αφορά την ευκαμψία, έχουμε αγωγούς οι οποίοι χαρακτηρίζονται ως εξής:

- Μονόκλωνους (U), πολύκλωνους (R)
- Υψηλής ευκαμψίας πολύκλωνους (K), υπερύψηλης ευκαμψίας (F)

Τα καλώδια που διατίθενται στο εμπόριο κατά κανόνα, προσδιορίζονται από πρότυπα τα οποία προσδιορίζουν όλα τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά τους, τους τρόπους δοκιμής και χρήσης τους όπως:

- Μείγματα ή υλικά που χρησιμοποιούνται σαν κύρια μονωτικά.
- Υλικά αγωγών.
- Μείγματα που χρησιμοποιούνται στον μανδύα.
- Διαστάσεις.
- Μηχανικές, θερμικές και ηλεκτρικές ιδιότητες.
- Χρώμα, τρόπο συμβολισμού και σήμανσης των καλωδίων.
- Προτεινόμενες χρήσεις και πεδία εφαρμογών.
- Φόρτιση ρεύματος.
- Δοκιμές.

Οι κανονισμοί σύμφωνα με τους οποίους έχει κατασκευαστεί το καλώδιο αναγράφονται στον μανδύα του και εξασφαλίζουν μια ορισμένη ποιότητα.

#### **7.4 Μόνωση καλωδίων**

Το μονωτικό και το πάχος προσδιορίζει την ηλεκτρική αντοχή του καλωδίου σε τάση αλλά και την επιτρεπόμενη ένταση του ρεύματος φόρτισης του αγωγού. Το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα είναι συνάρτηση της θερμοκρασίας στην οποία αντέχει το μονωτικό. Στην μέση τάση χρησιμοποιείται κατά κανόνα καλώδια με μόνωση κυρίως από χημικά δικτυωμένο πολυαιθυλένιο. Υπάρχουν επίσης καλώδια από αιθυλενιούχο-προπυλαινιούχο ελαστικό που έχουν μεγαλύτερη ελαστικότητα και είναι ανθεκτικότερα στο λάδι αλλά είναι πιο ακριβά.

## **7.5 Ακροδέκτες καλωδίων**

Αφού εγκατασταθεί το καλώδιο εφαρμόζονται οι ακροκεφαλές του και οι ακροδέκτες του. Οι ακροδέκτες συμπιέζονται με ειδικές χειροκίνητες ή υδραυλικές πρέσες ακροδεκτών. Στην ΜΤ έχουμε ακροκεφαλές που προσδίδουν επαρκή ηλεκτρική αντοχή στην άκρη του καλωδίου και απαγορεύουν την είσοδο της υγρασίας στο καλώδιο.

## **7.6 Γείωση καλωδίων**

Στα καλώδια ΜΤ γειώνεται ο μανδύας κάθε καλωδίου στην αναχώρηση από τη ΔΕΗ. Στην άφιξη, στις κυψέλες ΜΤ γειώνεται ο μανδύας στη γείωση της ΜΤ, δηλαδή μαζί με τις κυψέλες και το δοχείο του Μ/Σ. Σε εγκαταστάσεις κινητήρων 6 kv το ένα άκρο του καλωδίου γειώνεται στην κυψέλη αναχώρησης του και το άλλο συνδέεται με το κέλυφος του κινητήρα.

## **7.7 Μέσα ζεύξης –απόζευξης και προστασίας ΧΤ**

Οι διακόπτες κλείνουν ή ανοίγουν ένα ή περισσότερα κυκλώματα, αφού τους δοθεί μια εντολή λειτουργίας. Η εντολή αυτή μπορεί να προέρχεται από τον άνθρωπο ή να είναι ένα σήμα, μια τάση από ΗΝ ή από ένα βοηθητικό μέσο ελέγχου.

Οι διακόπτες διακρίνονται σε διακόπτες κυκλωμάτων ισχύος, όπως π.χ. οι μικροαυτόματοι και σε διακόπτες βοηθητικών κυκλωμάτων, οι οποίοι λέγονται και διακόπτες ελέγχου. Οι διακόπτες κυκλωμάτων ισχύος διακρίνονται, ανάλογα με την ισχύ ή το ρεύμα διακοπής στις εξής κατηγορίες:

- Αποζεύκτες
- Διακόπτες φορτίου
- Διακόπτες ισχύος
- Διακόπτες εκκινητές κινητήρων

Οι διακόπτες διακρίνονται, ανάλογα με τον μηχανισμό που κινεί τις επαφές τους σε μηχανικούς και ηλεκτρομηχανικούς (ρελαί).

## **7.8Μηχανικοί διακόπτες φορτίου**

Οι διακόπτες φορτίου χρησιμοποιούνται για να διακόπτουμε χειροκίνητα τις τροφοδοτικές γραμμές των εγκαταστάσεων. Η κατασκευή των διακοπών

Φορτίου πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο που να αποκλείουν τη δημιουργία βραχυκυκλωμάτων ή ενώσεων με την γη, λόγω των σπινθήρων που δημιουργούνται κατά την διακοπή και σε περίπτωση κακού χειρισμού να μην αποτελούν κίνδυνο για τα άτομα. Πρέπει να μπορούν να διακόπτουν ένα κύκλωμα με φορτίο, να διακόπτουν επαρκώς και με ασφάλεια ένα κύκλωμα όταν είναι σε θέση off και να έχουν εμφανή ένδειξη on-off. Ο γενικός ή ο μερικός διακόπτης είναι απαραίτητο να διακόπτει και τον ουδέτερο αγωγό, όταν αυτός δεν χρησιμοποιείται για προστασία.

Οι διακόπτες φορτίου ονομάζονται μονοπολικοί όταν συνδέουν ή αποσυνδέουν ένα αγωγό και πολυπολικοί όταν συνδέουν ή αποσυνδέουν περισσότερους αγωγούς. Υπάρχουν στις εξής μορφές :

- Μαχαιρωτοί διακόπτες
- Διακόπτες δύο θέσεων με μοχλό
- Διακόπτες δύο ή περισσότερων θέσεων περιστροφικοί, τύπου PACCO ή εκκεντροφόροι.

## **7.9Ρελαί ισχύος**

Τα ρελαί, τα οποία λέγονται και ρεονόμοι, είναι διακόπτες που ανοιγοκλείνουν επαφές με την βοήθεια ενός πηνίου με σπλισμό. Το άνοιγμα και το κλείσιμο του ρελαί μπορεί να γίνει χειροκίνητα ή να γίνει αυτόματα με την βοήθεια ειδικών εξαρτημάτων και βοηθητικών συσκευών(χρονοδιακόπτες, πρεσοστάτες, θερμοστάτες κλπ). Τα κύρια μέρη ενός ρελαί είναι:

- Το μαγνητικό κύκλωμα από δυναμοελάσματα
- Το πηνίο
- Το μηχανισμό τους
- Τις επαφές ισχύος 3 ή 4 ζευγών

- Το θάλαμο ζεύξης τόξου για ρελαί μεγάλης ισχύος
- Τις βοηθητικές επαφές

## **8. Ασφάλειες τήξης**

Στις ασφάλειες τήξης η διακοπή ενός κυκλώματος προκαλείται από την τήξη ενός χάλκινου ή αργυρού σύρματος ή ταινίας μέσα σε σκόνη χαλαζία. Σε αντίθεση με τους μηχανικούς διακόπτες οι ασφάλειες εισάγουν μετά την τήξη τους μια μεγάλη ωμική αντίσταση στο κύκλωμα, η οποία προκαλεί μείωση του ρεύματος βραχυκύκλωσης. Για χαμηλά ρεύματα (<20A) μπορεί να χρησιμοποιούνται χάλκινα σύρματα. Για υψηλότερα ρεύματα έχουμε και αγωγό από άργυρο. Αυτό γίνεται για να μειωθούν οι απώλειες ισχύος στην αντίσταση του τηκτού .

Οι ασφάλειες τήξης εκλέγονται σύμφωνα με τα εξής στοιχεία :

- Ονομαστική τάση π.χ. 230/400V
- Ονομαστική ισχύς διακοπής
- Χαρακτηριστικές χρόνου ρεύματος

Οι ασφάλειες στην προστασία γραμμών πρέπει να προστατεύουν τόσο σε υπερφόρτιση όσο και σε βραχυκυκλώματα. Η προστασία στους κινητήρες πρέπει να λειτουργεί κυρίως σε υψηλά ρεύματα.

### **8.1 Αυτόματοι διακόπτες ισχύος**

Οι διακόπτες ισχύος που ονομάζονται και αυτόματοι, χρησιμοποιούνται για την προστασία υπερρεύματα ή και σαν γενικό μέσο ζεύξης, όχι όμως για ζεύξεις και αποζεύξεις φορτίου. Γι' αυτό κατασκευάζονται για λίγους κύκλους λειτουργίας. Οι διακόπτες ισχύος είναι σε θέση να διακόψουν ή να ζεύξουν ένα κύκλωμα ακόμα και σε βραχυκυκλώματα εφόσον παρουσιάζουν την απαιτούμενη ικανότητα διακοπής και ζεύξης:

- Η ονομαστική ικανότητα διακοπής του διακόπτη πρέπει να είναι μεγαλύτερη από το αρχικό ρεύμα βραχυκύκλωσης το οποίο μπορεί να εμφανιστεί στο σημείο εγκατάστασης του διακόπτη.

- Η ονομαστική ικανότητα ζεύξης του διακόπτη πρέπει να είναι μεγαλύτερη από το κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης το οποίο μπορεί να εμφανιστεί στο σημείο εγκατάστασης του διακόπτη.

Εκτός των επαφών και του θαλάμου σβέσης οι Δ/Ι μπορούν να φέρουν θερμικό και ηλεκτρομαγνητικό στοιχείο, στοιχείο έλλειψης τάσης, βοηθητικές επαφές σήμανσης και μανδάλωσης καθώς και τα στοιχεία καθυστέρησης της πτώσης. Οι διακόπτες ισχύος κατασκευάζονται από 20-5000 A. Οι επαφές ισχύος απομακρύνουν με την βοήθεια ελατηρίου που πρέπει να οπλιστεί μετά την πτώση του διακόπτη. Ο οπλισμός γίνεται χειροκίνητα με κουμπί, μοχλό ή με κινητήρα τηλεχειριζόμενα. Τα χαρακτηριστικά των διακοπών ισχύος είναι:

- Η τάση
- Το ονομαστικό συνεχώς επιτρεπόμενο ρεύμα
- Το θερμικό ρεύμα δηλαδή η αντοχή των επαφών
- Το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα απόζευξης
- Περιοχή ρύθμισης θερμικού στοιχείου
- Ρελαί έλλειψης τάσης και ρύθμισής του
- Μηχανισμός οπλισμού με κινητήρα
- Βοηθητικές επαφές για σήμανση, μανδάλωση
- Σύστημα ψύξης επαφών με ανεμιστήρα σε μεγάλους διακόπτες
- Διακόπτες μεγάλης ισχύος μπορεί να απαιτούν βοηθητικές τάσεις που πρέπει να προέρχονται από δίκτυο αδιάλειπτης τάσης.

## **8.2 Μικροαυτόματοι διακόπτες προστασίας κινητήρων**

Οι μικροαυτόματοι διακόπτες προστασίας κινητήρων έχουν χειρισμό δυο μπουτόν και μπορούν να έχουν θερμική και μαγνητική προστασία ή μόνο μαγνητική προστασία με περιστροφικό ή ON-OFF χειριστήριο. Κατασκευάζονται για κινητήρες με ονομαστικό ρεύμα μέχρι 25 A.

Χαρακτηριστικά στοιχεία είναι:

- Η ονομαστική τάση λειτουργίας
- Η ονομαστική ισχύς
- Η κατηγορία λειτουργίας

- Η ρύθμιση θερμικής προστασίας
- Η ρύθμιση μαγνητικής προστασίας

### **8.3 Θερμικά ρελαί προστασίας κινητήρων**

Τα θερμικά είναι μηχανισμοί που χρησιμοποιούνται για την προστασία των κινητήρων από υπερφορτίσεις και όχι από βραχυκυκλώματα για τα οποία πρέπει να υπάρχουν ασφάλειες ή αυτόματοι διακόπτες ισχύος. Τα θερμικά συνδέονται με τα ρελαί ισχύος των κινητήρων και ελέγχουν την λειτουργία τους. Χαρακτηριστικά στοιχεία των θερμικών ρελαί είναι η κλάση με βάση το χρόνο διακοπής και η περιοχή ρύθμισης του θερμικού. Η επιλογή γίνεται με βάση:

- Την κλάση προστασίας
- Το χρόνο διακοπής
- Την περιοχή ρύθμισης
- Την τάση του κυκλώματος ελέγχου
- Την τάση του κυκλώματος ισχύος
- Την προστασία από βραχυκυκλώματα
- Το ρελαί ισχύος με το οποίο μπορεί να συνδεθεί
- Τη θερμοκρασία περιβάλλοντος
- Το θερμικό ρεύμα της κλειστής επαφής του βοηθητικού κυκλώματος
- Τη δυνατότητα για χειροκίνητο ή αυτόματο reset ή και τα δύο.

### **8.4 Διακόπτες διαφορικού ρεύματος (ΔΔΡ)**

Οι διακόπτες αυτοί χρησιμοποιούνται για την προστασία κατά της ηλεκτροπληξίας ή και κατά της πυρκαγιάς. Κατασκευάζονται για ΔΔΡ χωρίς στοιχείο προστασίας υπερρεύματος και για ΔΔΡ με επιπλέον στοιχείο προστασίας υπερρεύματος. Δηλαδή υπάρχουν ΔΔΡ συνδυασμένοι με μικροαυτόματο διακόπτη ισχύος.

Ο ΔΔΡ λειτουργεί ως εξής: παρακολουθεί το ρεύμα διαρροής ως προς τη γη και αν αυτό υπερβεί μια τιμή, συνήθως 30mA τότε αποζεύγει το κύκλωμα σε όλους τους πόλους. Ο ΔΔΡ έχει ως βασικό του στοιχείο έναν αθροιστικό Μ/Σ ρεύματος τύπου δακτυλίου. Στο πρωτεύον περνούν τα ρεύματα φάσεων και του ουδετέρου και στο δευτερεύον περνά ένα ρεύμα ανάλογο του αλγεβρικού αθροίσματος των τεσσάρων ρευμάτων, εφόσον έχουμε σύστημα εναλλασσόμενου ρεύματος. Αν δεν υπάρχει διαρροή ρεύματος τότε το άθροισμα των ρευμάτων είναι μηδέν γιατί το ρεύμα των τριών φάσεων επιστρέφει μέσω του ουδετέρου. Η λειτουργία του ΔΔΡ γίνεται με μόνιμο μαγνήτη. Το ζύγωμα έλκεται και κρατά τις επαφές κλειστές όταν δεν υπάρχει διαφορικό ρεύμα. Για διαφορικό ρεύμα διάφορο του μηδενός δεν υπάρχει μαγνητική ροή μέσα από το μαγνήτη.

Ο ΔΔΡ επιτρέπεται να εφαρμόζεται σε δίκτυο άμεσης γείωσης σαν κύριο μέσο προστασίας διότι έτσι επιτυγχάνεται η προστασία ακόμα και σε μεγάλες αντιστάσεις γείωσης. Εφαρμόζεται επίσης και στο δίκτυο TN-S (ουδετερογειωμένο δίκτυο) ή στον κεντρικό πίνακα ή στους επιμέρους πίνακες. Ο ΔΔΡ συνδέεται μετά τον γενικό διακόπτη του κεντρικού πίνακα διανομής προστατεύοντας έτσι όλη την εγκατάσταση. Οι ΔΔΡ με ονομαστικό διαφορικό ρεύμα 30mA προσφέρουν προστασία στην περίπτωση που γίνεται άμεση επαφή ανθρώπου με γυμνό αγωγό.

## **9. Πίνακες ΜΤ**

Η εγκατάσταση ΜΤ του καταναλωτή γίνεται σχεδόν κατά αποκλειστικότητα σε κλειστούς χώρους. Πρέπει να λαμβάνεται υπόψη τα εξής:

- Πρέπει να γίνονται χειρισμοί από έξω, χωρίς κίνδυνο της ζωής, και να φαίνονται οι ορατές επαφές των αποζευκτών.
- Πρέπει, σε σφάλματα, το τόξο να περιορίζεται και να μην προκαλεί ζημιές στις γειτονικές συσκευές
- Πρέπει να υπάρχει δυνατότητα εκτόνωσης των αερίων σε σφάλματα
- Πρέπει να υπάρχει αρκετός χώρος για εκτέλεση εργασιών.

Ο πίνακας ΜΤ του καταναλωτή είναι το σημείο της ηλεκτρικής εγκατάστασης όπου έρχονται τα παροχικά καλώδια από τη ΔΕΗ και φεύγουν τα καλώδια για τους Μ/Σ ισχύος ή για άλλο πίνακα ΜΤ. Ο πίνακας ΜΤ αποτελείται από μια ή περισσότερες κυψέλες ή πεδία και κάθε αναχώρηση απασχολεί ένα τέτοιο πεδίο.

### **9.1 Πίνακες κίνησης**

Τα είδη των πινάκων κίνησης που χρησιμοποιούνται είναι:

- Εξωτερικός πλαστικός πίνακας διαφόρων τύπων προστασίας
- Πίνακες κιβωτίων, ο οποίος αποτελείται από πολλά μικρότερα κιβώτια που συνδέονται μεταξύ τους έτσι ώστε να αποτελούν ένα ενιαίο σύνολο.
- Εξωτερικός μεταλλικός πίνακας.

### **9.2 Πίνακες φωτισμού**

Στις οικιακές εγκαταστάσεις χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο χωνευτοί πλαστικοί ή μεταλλικοί πίνακες. Τα κυκλώματα που αναχωρούν απ' αυτούς είναι πάντα μονοφασικά.

### **9.3 Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις βιομηχανικών χώρων**

Οι ηλεκτρικές εγκαταστάσεις βιομηχανικών χώρων, σχετίζονται με τη διαχείριση και τον έλεγχο της ηλεκτρικής ισχύος που απορροφούν τα διάφορα ηλεκτρικά φορτία του βιομηχανικού χώρου και περιλαμβάνουν:

- Τις εγκαταστάσεις κίνησης
- Τις εγκαταστάσεις φωτισμού, που αφορούν την τροφοδοσία με ηλεκτρική ισχύ, τον έλεγχο και την προστασία φωτιστικών κυκλωμάτων.

Οι βιομηχανικές εγκαταστάσεις είναι εγκαταστάσεις που απορροφούν μεγάλα ποσά ισχύος και η παροχή τους είναι πάντα τριφασική. Τα κυκλώματα των γραμμών τροφοδοσίας των διαφόρων ηλεκτρικών φορτίων της εγκατάστασης



ξεκινούν από τους Πίνακες Κίνησης και φωτισμού και η τροφοδοσία των πινάκων αυτών γίνεται από τον πίνακα της βιομηχανικής εγκατάστασης.

Σε βιομηχανικές μονάδες ,όπου ο καταναλωτής έχει ανάγκη ηλεκτρικής παροχής με ένταση μεγαλύτερη των 200 A -250 A ανά φάση, επιβάλλεται η εγκατάσταση ιδιωτικού Υ/Σ.

#### **9.4 Διατομές και επιτρεπόμενα ρεύματα σε αγωγούς και καλώδια**

Οι επιλογή της κατάλληλης διατομής αγωγών και καλωδίων στις γραμμές τροφοδοσίας, γίνεται χρησιμοποιώντας πίνακες που συσχετίζουν διατομές αγωγών και καλωδίων με τα επιτρεπόμενα ρεύματα που τους διαρρέουν. Η ικανότητα φόρτισης καλωδίων σύμφωνα με Γερμανικούς κανονισμούς παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα:

Διατομή αγωγού σε mm <sup>2</sup>	Ον. Τιμή ρεύματος (A)	Ασφάλεια προστασίας (A)	Ον. Τιμή ρεύματος (A)	Ασφάλεια προστασίας (A)	Ον. Τιμή ρεύματος (A)	Ασφάλεια προστασίας (A)
0,05	1	-	1	-	2	-
0,14	2	-	2	-	3,5	-
0,25	4	-	4,5	-	6	-
0,34	6	-	6	-	9	-
0,5	9	-	9	-	12	-
0,75	12	-	12	10	15	10
1	15	10	15	10	19	16
1,5	18	16	18	16	24	20
2,5	26	25	26	25	32	25
4	34	25	34	25	42	35
6	44	35	44	35	54	50
10	61	50	61	50	73	63
16	82	80	82	80	98	80
25	108	100	108	100	129	100
35	135	125	135	125	158	125
50	168	160	168	160	198	160
70	207	200	207	200	245	200
95	250	250	250	250	292	250

120	292	250	292	250	344	315
150	335	300	335	300	391	355
185	382	355	382	355	448	400
240	-	-	453	425	528	500
300	-	-	523	500	608	600
400	-	-	-	-	726	630

Οι αγωγοί χωρίζονται σε τρεις ομάδες:

1<sup>η</sup> ομάδα: Περιέχονται μονοπολικά καλώδια και μονωμένοι αγωγοί με περίβλημα HO3V.../HO5V.../HO7V...σύμφωνα με τους κανονισμούς VDE 0281.

2<sup>η</sup> ομάδα: περιλαμβάνονται καλώδια με περίβλημα από PVC, εύκαμπτα καλώδια και καλώδια με μεταλλικό περίβλημα.

3<sup>η</sup> ομάδα: περιλαμβάνονται καλώδια τοποθετημένα στον αέρα σε απόσταση ίση με την διάμετρο του καλωδίου ή μονωμένοι αγωγοί για κατασκευή πινάκων διανομής.

## **9.5 Διατάξεις προστασίας και ελέγχου**

Οι διατάξεις αυτές χρησιμοποιούνται για την προστασία των ηλεκτρικών κυκλωμάτων και των συσκευών που τροφοδοτούνται απ' αυτά σε περιπτώσεις υπερφορτίσεων και βραχυκυκλωμάτων.

### **Ασφάλειες**

Κάθε συσκευή ή γραμμή τροφοδοσίας πρέπει να προστατεύεται με ασφάλειες τήξης ή αυτόματες ασφάλειες έναντι υπερεντάσεων που μπορούν να προκαλέσουν επικίνδυνες υπερθερμάνσεις στους ίδιους τους αγωγούς ή τις συσκευές. Οι ονομαστικές τιμές ασφαλειών τήξης με βάση τον προηγούμενο πίνακα δίνονται παρακάτω:

Ονομαστική διατομή χάλκινου αγωγού σε mm <sup>2</sup>	Μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα συνεχούς λειτουργίας σε (A) με βάση τον παραπάνω πίνακα	Ονομαστικό ρεύμα ασφαλειών σε (A) με βάση τον παραπάνω πίνακα
0,05	1	-
0,14	2	-
0,25	4,5	-
0,34	6	-
0,5	9	-

0,75	12	10
1	15	10
1,5	18	16
2,5	26	25 (20)
4	34	25
6	44	35
10	61	50
16	82	80
25	108	100
35	135	125
50	168	160
70	207	200
95	250	250
120	292	250
150	335	300
185	382	355
240	453	425
300	523	500
400	-	-

Οι ασφάλειες τήξης χαρακτηρίζονται ανάλογα με τον χρόνο ενεργοποίησης τους, ως ασφάλειες ταχείας τήξης και βραδείας τήξης.

## **9.6 Υπολογισμοί**

Η διαδικασία επιλογής της κατάλληλης διατομής αγωγών και καλωδίων στις γραμμές τροφοδοσίας γίνεται με βάση τους παραπάνω πίνακες, αφού έχουμε υπολογίσει το ρεύμα που απορροφά ο καταναλωτής. Αν ο καταναλωτής είναι ηλεκτρικός κινητήρας τότε προσαυξάνουμε το ρεύμα που υπολογίστηκε κατά 25%. Επίσης διορθώνεται το ρεύμα εάν η θερμοκρασία λειτουργίας του αγωγού είναι μεγαλύτερη της θερμοκρασίας περιβάλλοντος. Για την διατομή που επιλέξαμε ελέγχουμε την πτώση τάσης στην γραμμή με αυτή την διατομή χρησιμοποιώντας τη σχέση υπολογισμού πτώσης τάσης:

$$\Delta U = \sqrt{3} \times \rho \times 1/s \times I \times \cos\phi$$

Αν προκύψει πτώση τάσης μεγαλύτερη της επιτρεπτής επιλέγουμε την αμέσως μεγαλύτερη και ελέγχουμε ξανά τη νέα πτώση τάσης ώστε να πετύχουμε πτώση τάσης μικρότερης ή ίσης της επιτρεπτής.

## **9.7 Συνεργασία των διατάξεων προστασίας**

Σε εγκαταστάσεις ΧΤ είναι αναγκαίο να υπάρχει μια συνεργασία των μέσων προστασίας. οι διατάξεις προστασίας θα πρέπει να επιλέγονται με τέτοιο τρόπο ώστε σε περίπτωση βραχυκυκλώματος να ενεργοποιείται πρώτα η διάταξη που βρίσκεται πιο κοντά στο βραχυκύκλωμα.

Επίσης η μελέτη και η σχεδίαση μιας εγκατάστασης κίνησης αφορά τον υπολογισμό και την σχεδίαση όλων των διατάξεων που ελέγχουν και τροφοδοτούν με ηλεκτρική ισχύ τις διάφορες μηχανές παραγωγής έργου που είναι εγκατεστημένες στο βιομηχανικό χώρο.

Η σχεδίαση της εγκατάστασης κίνησης αρχίζει από τον γενικό πίνακα κίνησης και τις γραμμές των κοιλωμάτων που θα τροφοδοτήσουν τις διάφορες μηχανές παραγωγής έργου. Ο πίνακας κίνησης θα πρέπει να βρίσκεται κοντά στο χώρο των μηχανών και να έχει τον κατάλληλο βαθμό προστασίας. για την κάθε μηχανή είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε την απόστασή της από τον γενικό πίνακα κίνησης για τον υπολογισμό της διατομής της γραμμής που τροφοδοτεί τον Υποπίνακα από τον Γενικό Πίνακα Κίνησης. Στην αναχώρηση από τον Γενικό Πίνακα Κίνησης μπορεί αν χρησιμοποιηθεί σαν διάταξη προστασίας, εναλλακτικά:

- Διακόπτης φορτίου και ασφάλεια τήξης ή μαχαιρωτή ασφάλεια
- Αυτόματος διακόπτης ισχύος

Στην διάταξη προστασία και ελέγχου, στον Υποπίνακα Κίνησης, όταν τροφοδοτείται ένας μόνος κινητήρας μπορεί εναλλακτικά να χρησιμοποιηθεί:

- Διακόπτης φορτίου και ασφάλεια τήξης
- Αυτόματος διακόπτης ισχύος
- Αυτόματη ασφάλεια τύπου C'
- Μικροαυτόματος διακόπτης προστασίας με μαγνητική και θερμική προστασία

## **9.8 Εγκαταστάσεις φωτισμού**

Βασική προϋπόθεση της εγκατάστασης φωτισμού ενός χώρου είναι κατά τον δυνατόν καλύτερη επιλογή φωτιστικών σωμάτων που να υποκαθιστούν τον φυσικό φωτισμό. Περιλαμβάνει:

- Τα κυκλώματα φωτισμού
- Τα φωτιστικά σώματα

Μια μελέτη φωτισμού ενός εσωτερικού βιομηχανικού χώρου περιλαμβάνει:

- Τον υπολογισμό απαιτούμενης φωτεινής ροής
- Την επιλογή του τύπου και της ισχύος του φωτιστικού σώματος
- Τον υπολογισμό του πλήθους των φωτιστικών σωμάτων
- Το σχεδιασμό των κυκλωμάτων τροφοδοσίας
- Τον υπολογισμό της διατομής των αγωγών
- Τον υπολογισμό των διατάξεων ελέγχου των κυκλωμάτων τροφοδοσίας

## 2° Μέρος

### 1.1 Παροχή MT

Έχουμε ήδη αναφέρει τους 4 τύπους παροχής που έχει διαμορφώσει η ΔΕΗ. Λόγω του μεγέθους ισχύος του Μ/Σ μας επιλέγουμε παροχή Α1. Η παροχή γίνεται από εναέριο δίκτυο και τα όργανα μέτρησης τοποθετούνται από τη ΔΕΗ εξωτερικά σε στύλο, μέσα στο οικόπεδο του καταναλωτή κοντά στα όριά του. Μαζί με τα όργανα μέτρησης η ΔΕΗ εγκαθιστά ασφαλειοαποζεύκτη με ασφάλειες εκτόνωσης βραδείας τήξης ονομαστικής τιμής μέχρι 30Α.

### 1.2 Επιλογή καλωδίων MT

Το βασικότερο κριτήριο για τον καθορισμό του καλωδίου τροφοδοσίας του Υ/Σ MT είναι η αντοχή του σε ρεύματα βραχυκύκλωσης που αντιστοιχούν στην ισχύ βραχυκύκλωσης που καθορίζει για το δίκτυό της η ΔΕΗ στην περιοχή που βρίσκεται ο Υ/Σ που στην περίπτωση μας είναι 250 MVA για διάρκεια  $t=1\text{sec}$ . Επιλέγουμε για την γραμμή τροφοδοσίας του Υ/Σ από την ΔΕΗ 3 μονοπολικά καλώδια χαλκού με μόνωση δικτυωμένου πολυαιθυλενίου ( $k=143$ ) διατομής  $70\text{mm}^2$ .

### 1.3 Προστασία MT

Οι διακόπτες και οι αποζεύκτες υπολογίζονται σύμφωνα με τις παρακάτω τιμές:

- Ένταση βραχυκύκλωσης  $I_k = S_k / \sqrt{3} \times U_n$  (A) = 7,217 k
- Ονοματική ένταση πρωτεύοντος Μ/Σ:  $I_{nπ} = 14.43$  A
- Ονοματική ένταση δευτερεύοντος Μ/Σ:  $I_{nδ} = 722^A$
- Ένταση βραχυκύκλωσης πρωτεύοντος Μ/Σ:  $I_{kπ} = 1 / u_k \times I_{nπ} = 361A$

Στην άφιξη του καλωδίου MT στην κυψέλη του υποσταθμού επιλέγουμε τριπολικό αποζεύκτη φορτίου με γείωση (SF6), ονομαστικής τάσης 24 kV με

μέγιστο συνεχώς επιτρεπόμενο ρεύμα 400 A, ικανότητα ζεύξης 40kA και θερμική αντοχή 16Ka/sec

Στην αναχώρηση του καλωδίου από τους ζυγούς MT τοποθετούμε τριπολικό αποζεύκτη φορτίου SF6 400 A, 24kV. Ο διακόπτης επιτρέπει την εύκολη απόζευξη του Μ/Σ. Η προστασία της γραμμής του Μ/Σ και των ζυγών ΧΤ έναντι ρευμάτων βραχυκύκλωσης επιτυγχάνεται με κυλινδρική ασφάλεια σκόνης υψηλής ικανότητας διακοπής ονοματικής τάσης 24 kV. Το ονομαστικό ρεύμα της ασφάλειας είναι 40Α. Οι ασφάλειες ΜΤ διακόπτουν όταν το ρεύμα υπερβεί το κατώτατο όριο. Συνεπώς οι ασφάλειες αυτές δεν παρέχουν προστασία έναντι υπερφορτίσεων επειδή δεν πρέπει να διακόπτουν όταν διαρρέονται από ρεύματα. Επίσης για την επιλογή της ασφάλειας μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο πίνακας που ακολουθεί, βάσει του μεγέθους του Μ/Σ ισχύος:

Ισχύς Μ/Σ (kVA)	Ρεύματα ΜΤ (Α)	Ρεύματα ΧΤ (Α)	Ονομαστικό ρεύμα ασφάλειας/ελάχιστο (Α)	Ονομαστικό ρεύμα ασφάλειας/μέγιστο (Α)
50	1,5	72	6,3	10
75	2,2	108	10	16
100	2,9	144	10	16
125	3,9	180	16	25
160	4,7	230	16	25
200	5,8	290	16	40
250	7,3	360	16	25
315	9,2	455	16	40
400	11,6	576	25	40
500	14,5	720	25	63
630	18,2	910	25	63
800	23,1	1160	40	100
1000	29	1440	40	100
1250	39	1800	63	100
1600	46,5	2300	63	100

Επειδή το δίκτυο είναι εναέριο εγκαθίσταται στην κυψέλη εισόδου των καλωδίων ΜΤ τρεις απαγωγείς τάσεων των 10 kV τάσης σβέσης 24 kV με σκοπό την μείωση των υπερτάσεων σε επίπεδα που δεν υπερβαίνουν τις ονομαστικές τάσεις του εξοπλισμού και ειδικά των ατμοσφαιρικών υπερτάσεων που εμφανίζονται από πτώση κεραυνών.

## 1.4 Επιλογή ζυγών MT

Ισχύει:

- $I_k = 7,217 \text{ kA}$
- $I_n = 14,43 \text{ A}$
- $S_k = 250 \text{ MVA}$
- $P = 500 \text{ kVA}$
- $UN = 20 \text{ Kv}$

Επιλέγουμε τρεις χάλκινους ζυγούς ορθογώνιας διατομής:

Πλάτος (mm) × πάχος (mm)	:	30×5 mm <sup>2</sup>
Είδος	:	Χαλκού, βαμμένη
Επιτρεπόμενο ρεύμα συνεχούς λειτουργίας	:	447
Βάρος	:	1,34

### Κριτήριο θερμικής αντοχής ζυγών σε ρεύματα βραχυκύκλωσης

Για αρχική θερμοκρασία ζυγών  $\theta = 50 \text{ }^\circ\text{C}$  και μέγιστη κατά την διάρκεια του βραχυκυκλώματος  $\theta_{\max} = 200 \text{ }^\circ\text{C}$ , η ελάχιστη επιτρεπόμενη διατομή του ζυγού είναι:

$$q = 7 \times I_{th} \times \sqrt{tk} = 7 \times I_k \times \sqrt{(m+n) \times tk} \leq \text{Διατομή ζυγών}$$

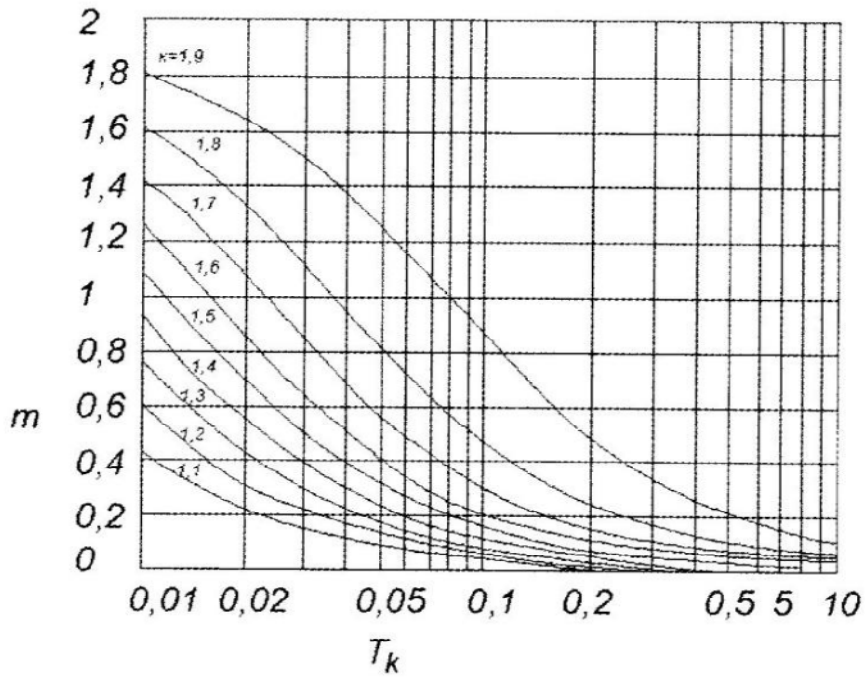
όπου tk: διάρκεια βραχυκυκλώσεως > 0,150 sec για MT

Επειδή τα βραχυκύκλωμα είναι μακριά από γεννήτρια  $n=1$  συντελεστής επίδρασης της εναλλασσόμενης συνιστώσας του ρεύματος και η σχέση γίνεται:

$$q = 7 \times I_k \times \sqrt{(m+1) \times tk}$$

ο συντελεστής m (επίδραση της συνεχούς συνιστώσας του ρεύματος) δίνεται στον ακόλουθο διάγραμμα:







Για βραχυκύκλωμα στο δίκτυο ΜΤ οι δυνατές τιμές του  $k$  είναι:  $k \leq 1,8 \Rightarrow m < 0,35 \Rightarrow m+1 < 1,35$

$k$ : συντελεστής που συνδέει την ένταση βραχυκύκλωσης με το κρουστικό ρεύμα.

Συνεπώς ,  $q = 7 \times 7,217 \times 1,162 \times 1 = 62,8 \text{ mm}^2 < 150 \text{ mm}^2$  που είναι η διατομή των ζυγών  $30 \times 5$  που επιλέχτηκαν.

Διάσταση μπέρας (πλάτος x πύχος)	Βάρος	Όνομαστικό ρεύμα ζυγών:				• Ροπή αντίστασης (W) • Ροπή αδράνειας (J)			
		Κατεργασμένων		Ακατέργαστος		Εξάσκηση μηχανικής δύναμης (F)			
		Αριθμός ζυγών 1 2		Αριθμός ζυγών 1 2					
[mm <sup>2</sup> ]	[kg/m]	[A]		[A]		W [cm <sup>3</sup> ]	J [cm <sup>4</sup> ]	W [cm <sup>3</sup> ]	J [cm <sup>4</sup> ]
12 x 2	0,21	125	225	110	200	0,048	0,0288	0,008	0,0008
15 x 2	0,27	155	270	270	140	0,075	0,0562	0,010	0,0010
15 x 3	0,40	185	330	330	170	0,112	0,084	0,022	0,0030
20 x 2	0,36	205	350	185	315	0,133	0,133	0,0133	0,0013
20 x 3	0,53	245	425	220	380	0,200	0,200	0,030	0,0045
20 x 5	0,89	325	550	290	495	0,333	0,333	0,083	0,0208
25 x 3	0,67	300	510	270	400	0,312	0,390	0,037	0,005
25 x 5	1,11	385	670	350	600	0,521	0,651	0,104	0,026
30 x 3	0,80	350	600	315	540	0,450	0,675	0,045	0,007
30 x 5	1,34	450	780	400	700	0,750	1,125	0,125	0,031
40 x 3	1,07	460	780	420	710	0,800	1,600	0,060	0,009
40 x 5	1,78	600	1000	520	900	1,333	2,666	0,166	0,042
40 x 10	3,56	835	1500	750	1350	2,666	5,333	0,666	0,333
50 x 5	2,23	700	1200	630	1100	2,080	5,200	0,208	0,052
50 x 10	4,45	1025	1800	920	1620	4,160	10,400	0,833	0,416
60 x 5	2,67	825	1400	750	1300	3,000	9,000	0,250	0,063
60 x 10	5,34	1200	2100	1100	1860	6,000	18,000	1,000	0,500
80 x 5	3,56	1060	1800	950	1650	5,333	21,330	0,333	0,0833
80 x 10	7,12	1540	2600	1400	2300	10,660	42,600	1,333	0,666
100 x 5	4,45	1310	2200	1200	2000	8,333	41,660	0,4166	0,104
100 x 10	8,90	1880	3100	1700	2700	16,660	83,300	1,666	0,833

Διαστάσεις σε mmxmm	Διατομή σε mm <sup>2</sup>	Μία μπάρα				Δύο μπάρες σε απόσταση ίση με το πάχος τους				
		οξειδωμένη		βαμμένη		οξειδωμένη		βαμμένη		
		-	~	-	~	-	~	-	~	
Χαλκός	12x2	24	108	108	123	123	182	182	202	202
	15x2	30	123	123	148	148	212	212	240	240
	15x3	45	162	162	187	187	282	282	316	316
	20x3	60	204	204	237	237	348	348	394	394
	25x3	75	245	245	287	287	412	412	470	470
	30x5	150	380	379	448	447	672	672	766	760
	40x5	200	484	482	576	573	836	836	966	952
	50x5	250	588	583	703	697	994	994	1170	1140
	40x10	400	728	715	865	850	1290	1290	1530	1470
	50x10	500	875	852	1050	1020	1510	1510	1830	1720
	60x10	600	1020	985	1230	1180	1720	1720	2130	1960
	80x10	800	1310	1240	1590	1500	2110	2110	2730	2410
100x10	1000	1600	1490	1940	1810	2480	2480	3310	2850	
Αλουμίνιο	12x2	24	84	84	97	97	142	142	160	160
	15x2	30	100	100	118	118	166	166	190	190
	15x3	45	126	126	148	148	222	222	252	252
	20x3	60	159	159	188	188	272	272	312	312
	25x3	75	191	190	228	228	322	322	372	372
	30x5	150	296	295	356	356	528	526	608	606
	40x5	200	376	376	457	456	662	658	766	762
	50x5	250	456	455	558	556	794	786	924	916
	40x10	400	561	557	682	677	1040	1030	1200	1108
	50x10	500	674	667	824	815	1250	1210	1440	1400
	60x10	600	787	774	966	951	1450	1390	1680	1610
	80x10	800	1010	983	1250	1220	1840	1720	2150	2000
100x10	1000	1240	1190	1540	1480	2250	2050	2630	2390	

## 1.5 Επιλογή καλωδίων ΧΤ

Η σύνδεση του Μ/Σ στην ΧΤ γίνεται με μονοπολικά καλώδια τύπου ΝΥΥ 120mm<sup>2</sup>70 mm<sup>2</sup> τρία παράλληλα ανά φάση και Μ/Σ, η γραμμή του ουδετέρου είναι τρία των 70 mm<sup>2</sup>.

Τα κυκλώματα αναχώρησης από τους ζυγούς είναι πέντε:

- Τρία κυκλώματα κίνησης:

- 1) Από τον Γενικό Πίνακα Α αναχωρούν ΝΥΥ(3\*150 mm<sup>2</sup> + 70 mm<sup>2</sup> )+70 mm<sup>2</sup>
- 2) Από τον Γενικό Πίνακα Β αναχωρούν ΝΥΥ(3\*120 mm<sup>2</sup> + 70 mm<sup>2</sup> )+70 mm<sup>2</sup>
- 3) Από τον Γενικό Πίνακα Γ αναχωρούν ΝΥΥ(3\*120 mm<sup>2</sup> + 70 mm<sup>2</sup> )+70 mm<sup>2</sup>

- Ένα κύκλωμα φωτισμού και λοιπών λειτουργιών

- Ένα κύκλωμα για την αντιστάθμιση.

## **1.6 Προστασία ΧΤ**

Στην πλευρά της ΧΤ του Μ/Σ υπάρχει προστασία έναντι υπερφόρτισης των καλωδίων και του Μ/Σ με αυτόματο διακόπτη ισχύος. Το ονομαστικό του ρεύμα είναι 800 A (320-800) με ρύθμιση του θερμικού του στοιχείου στα 722 A δηλαδή στο ονομαστικό ρεύμα του Μ/Σ στην πλευρά της ΧΤ. Ο διακόπτης αυτός δεν χρειάζεται να δρα σε βραχυκυκλώματα στους ζυγούς ΧΤ γιατί την προστασία αυτή την έχουν αναλάβει οι ασφάλειες ΜΤ, οι ασφάλειες προστατεύουν αξιόπιστα τον Μ/Σ, τους ζυγούς και τα καλώδια της ΧΤ έναντι βραχυκυκλώματος. Το ηλεκτρομαγνητικό στοιχείο του Δ/Ι ρυθμίζεται στα 8000 A και προσφέρει μια εφεδρική προστασία.

Τα κυκλώματα αναχώρησης έχουν τις εξής διατάξεις προστασίας:

- Ο Γενικός Πίνακας Α έχει αυτόματο διακόπτη ισχύος 630 A (252-630 A) με ρύθμιση θερμικού 335 A και ρύθμιση ηλεκτρομαγνητικού στα 2010 A.
- Ο Γενικός Πίνακας Β έχει αυτόματο διακόπτη ισχύος 400 A (160 - 400 A) με ρύθμιση θερμικού 335 A και ρύθμιση ηλεκτρομαγνητικού στα 1800 A.
- Ο Γενικός Πίνακας Γ έχει αυτόματο διακόπτη ισχύος 400 A (160-400A) με ρύθμιση θερμικού 335 A και ρύθμιση ηλεκτρομαγνητικού στα 2010 A.
- Ο Γενικός Πίνακας Φωτισμού έχει διακόπτη φορτίου 80 A με ασφάλειες 63 A.

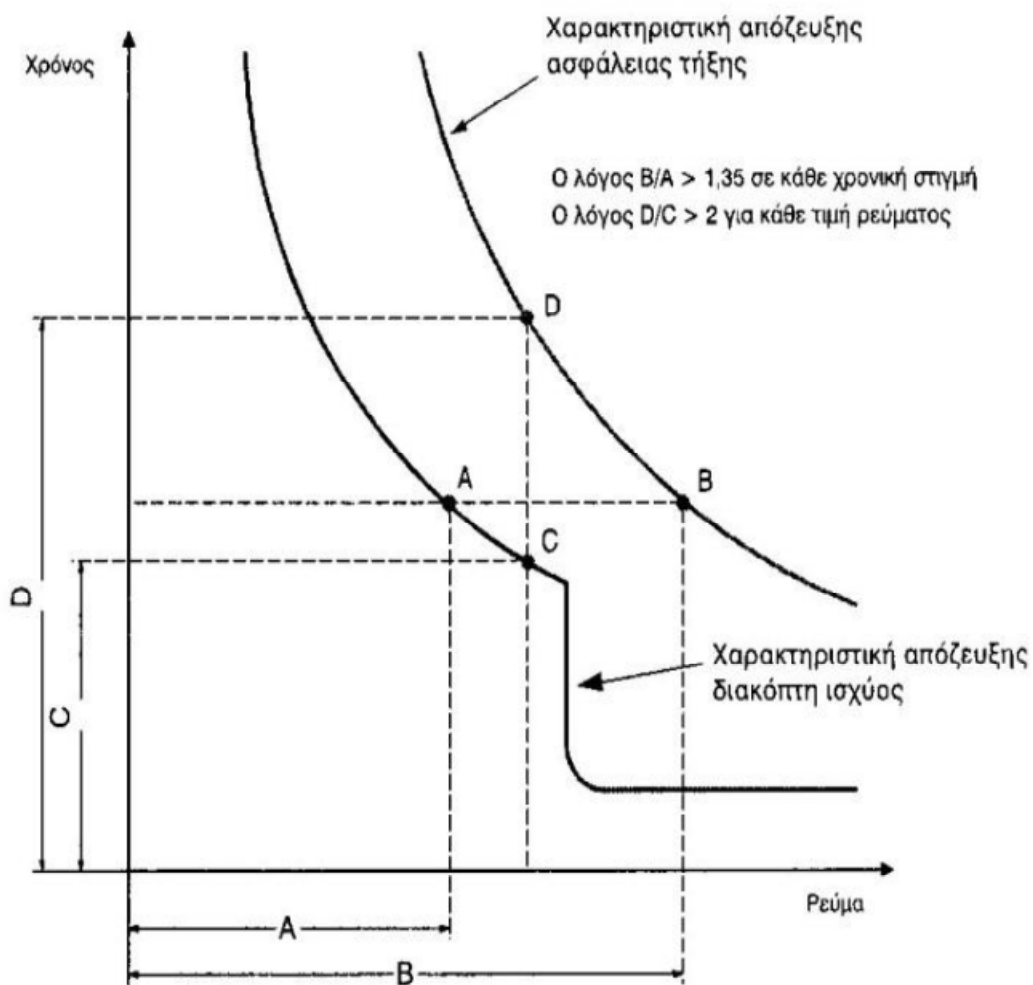
Επειδή η ρύθμιση του ηλεκτρομαγνητικού στοιχείου του Δ/Ι στην άφιξη της γραμμής του γενικού πίνακα ΧΤ είναι μεγαλύτερη από αυτή των Δ/Ι στην αναχώρηση των γραμμών είναι δυνατή η επιλογική προστασία.

Βασική απαίτηση της προστασίας του Μ/Σ είναι η επιλεκτική συνεργασία των ασφαλειών στην πλευρά της ΜΤ και του διακόπτη ισχύος στην πλευρά της ΧΤ. Το όργανο προστασίας που είναι πλησιέστερο στο σφάλμα πρέπει να διακόπτει πρώτο. Αν πχ το σφάλμα γίνει στην πλευρά της ΤΧ του Μ/Σ πρέπει

να ανοίξει μόνο ο διακόπτης ισχύος της ΧΤ, ενώ οι ασφάλειες της ΜΤ πρέπει να μείνουν ανεπηρέαστες. Στο ακόλουθο διάγραμμα έχουμε σχεδιάσει σε κοινό σύστημα αξόνων:

- Την χαρακτηριστική απόζευξης της ασφάλειας ΜΤ
- Την χαρακτηριστική απόζευξης του διακόπτη ισχύος ΧΤ

Ο οριζόντιος άξονας είναι βαθμολογημένος σε kA και ο κατακόρυφος σε sec. Και οι δυο χαρακτηριστικές έχουν την ίδια ιδιότητα του αντιστρόφου χρόνου, δηλαδή όσο μεγαλώνει το ρεύμα τόσο ελαττώνεται ο χρόνος απόζευξης. Η χαρακτηριστική του αυτόματου διακόπτη έχει ένα απότομο σκαλοπάτι που οφείλεται στη λειτουργία του μαγνητικού στοιχείου.



## **1.7 Γείωση Υποσταθμού**

Κατά την κατασκευή του Υ/Σ θα εγκατασταθεί θεμελιακή γείωση. Ως γειωτής θα τοποθετηθεί ταινία χαλύβδινη διαστάσεων 30 mm\*3.5 mm εντός των θεμελίων του κτηρίου. με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται χαμηλή αντίσταση γείωσης. Επίσης στον χώρο του Υ/Σ θα τοποθετηθεί σύστημα γειώσεων που αποτελείται από:

- Περιμετρική γείωση χάλκινη με αναμονές για την σύνδεση των μεταλλικών μερών της ΜΤ, της ΧΤ και του Μ/Σ. Τοποθετείται εσωτερικά και περιμετρικά του κτίσματος σε ύψος 50 cm. στερεώνεται στο τοίχο με χάλκινα στηρίγματα
- Δομικό πλέγμα βρόχων με άνοιγμα 6\*10 cm διαμέτρου 3 mm σε βάθος 5 cm από την επιφάνεια του δαπέδου, το οποίο συνδέεται με την παραπάνω γείωση, σε τέσσερα σημεία σε κάθε χώρο.

Με την περιμετρική ταινία θα συνδέονται, μέσω αγωγού:

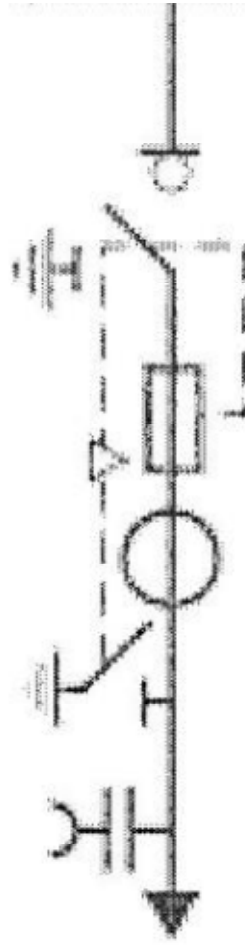
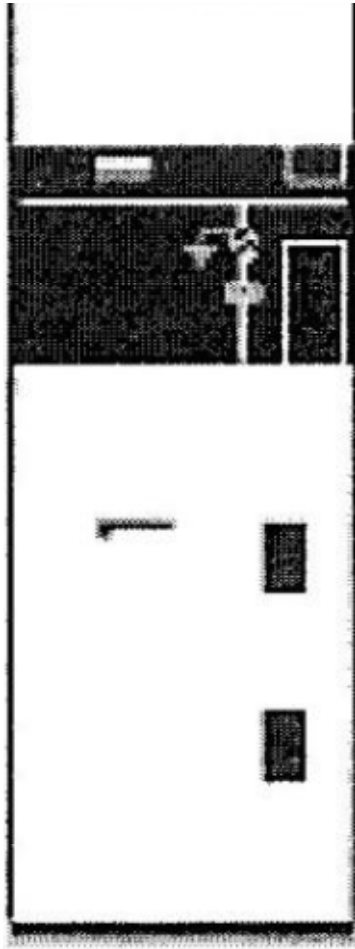
- Τα μεταλλικά μέρη του Γενικού Πίνακα ΜΤ
- Τα μεταλλικά μέρη του Γενικού Πίνακα ΧΤ
- Τα μεταλλικά μέρη του Μ/Σ
- Οι ράγες του Μ/Σ
- Τα σημεία γείωσης
- Το ισοδυναμικό πλέγμα των δαπέδων
- Κάθε άλλη μεταλλική συσκευή που υπάρχει στο χώρο του Υ/Σ

Οι αγωγοί γείωσης κάθε χώρου θα συνδέονται με την κεντρική γείωση των μεταλλικών μερών. Στην περίπτωση που η συνολική γείωση είναι κάτω από 1 Ω, στην γείωση αυτή θα συνδεθεί και ο ουδέτερος κόμβος του Μ/Σ. Στην αντίθετη περίπτωση ο ουδέτερος κόμβος θα συνδεθεί σε ανεξάρτητα τρίγωνα γείωσης.

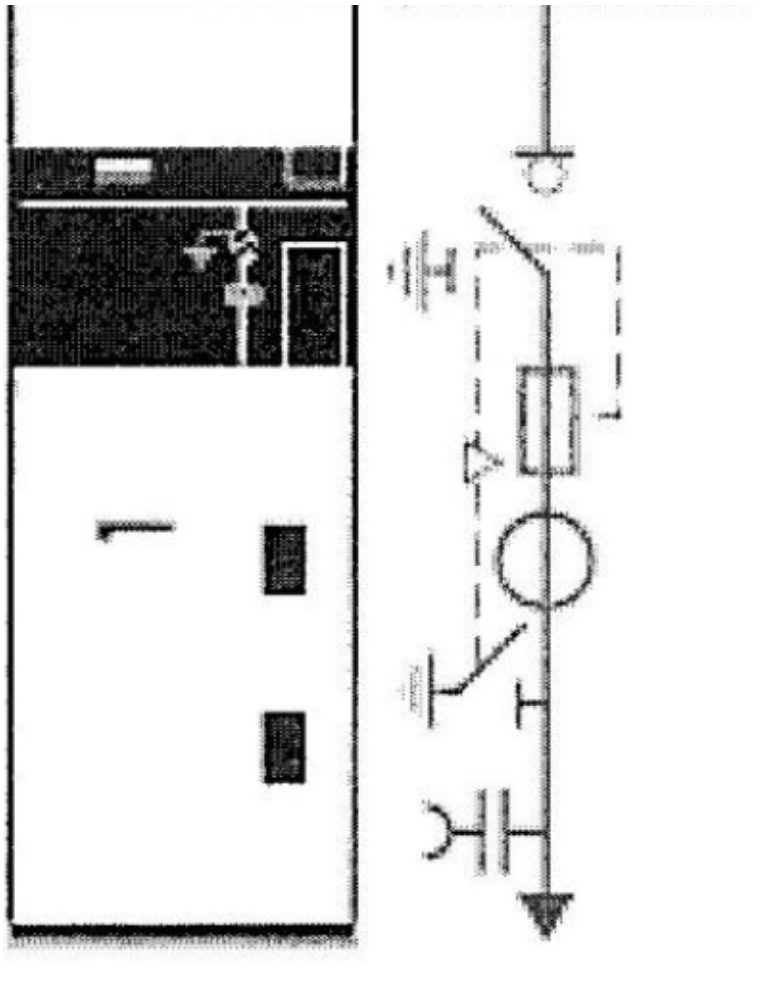
## **1.8 Πίνακας ΜΤ**

Ο πίνακας ΜΤ αποτελείται από δυο πεδία. Κοινό χαρακτηριστικό των κυψελών είναι ότι περιέχουν διακόπτη φορτίου (400 A) με μονωτικό μέσο το αέριο SF6. Έχουμε:

1. Το πεδίο άφιξης στο οποίο καταλήγουν τα καλώδια που έρχονται από τον στύλο της ΔΕΗ και περιλαμβάνει:
  - Έναν τριπολικό διακόπτη αποζεύκτη φορτίου 400 A
  - Τρία αμπερόμετρα
  - Τρεις Μ/Σ εντάσεως
  - Τρία αλεξικέραυνα ΜΤ
  - Τρεις χωρητικούς καταμεριστές ένδειξης τάσεως
  - Τρεις ενδεικτικές λυχνίες
2. Το πεδίο αναχώρησης, το οποίο διανέμει την ΜΤ στον Μ/Σ και περιλαμβάνει:
  - Έναν τριπολικό αποζεύκτη φορτίου 400 A και γειωτή σε κοινό κέλυφος
  - Τρεις ασφάλειες ΜΤ 40 A
  - Τρεις Μ/Σ εντάσεως
  - Τρία αμπερόμετρα
  - Χωρητικούς καταμεριστές παρουσίας τάσεως
  - Τρεις ενδεικτικές λυχνίες



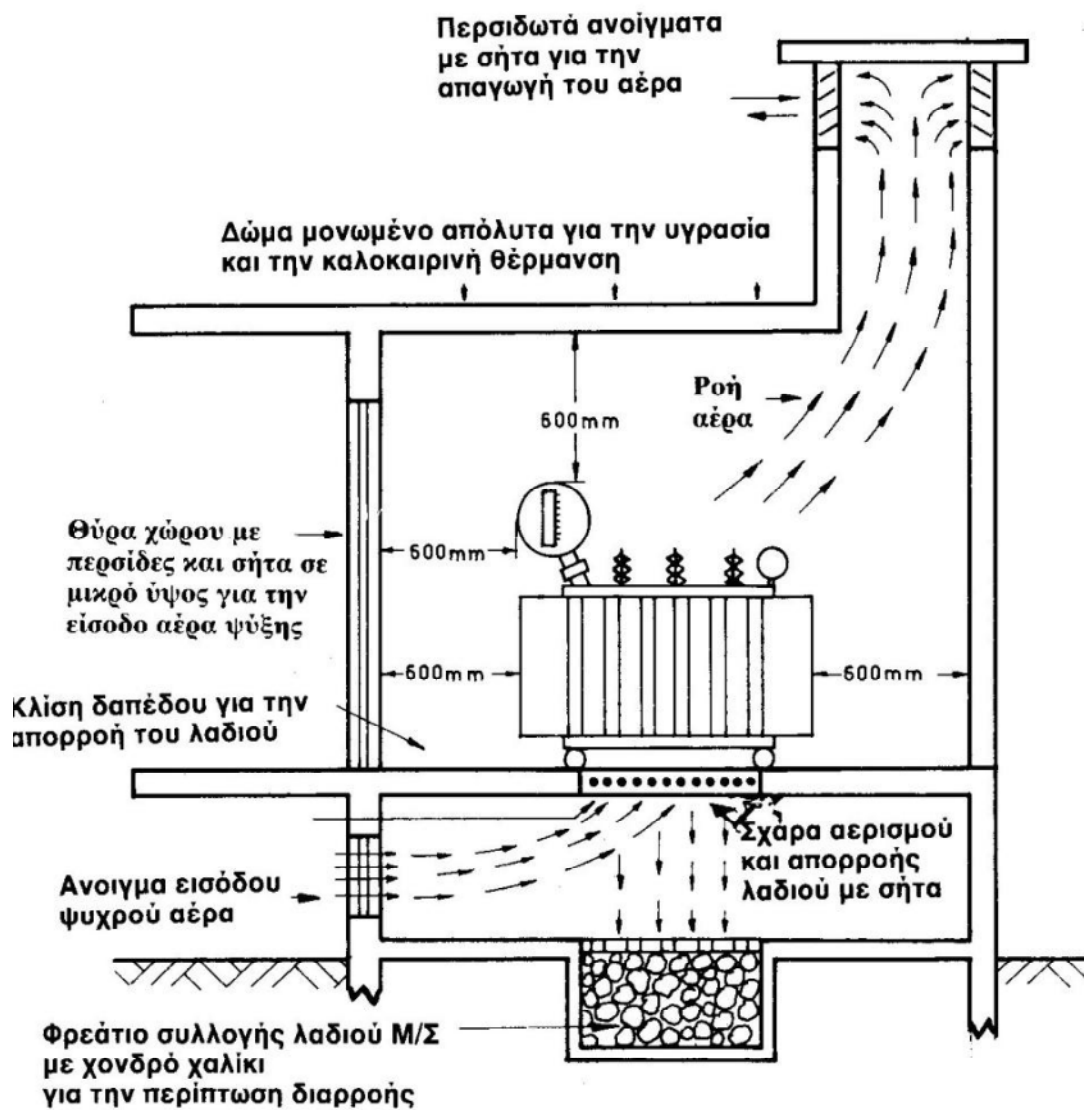




### 1.9 Αερισμός –Ψύξη Μ/Σ

Ο Μ/Σ κατά την λειτουργία του θερμαίνεται. Η θέρμανση αυτή του Μ/Σ εξαρτάται από τις συνολικές απώλειες και τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

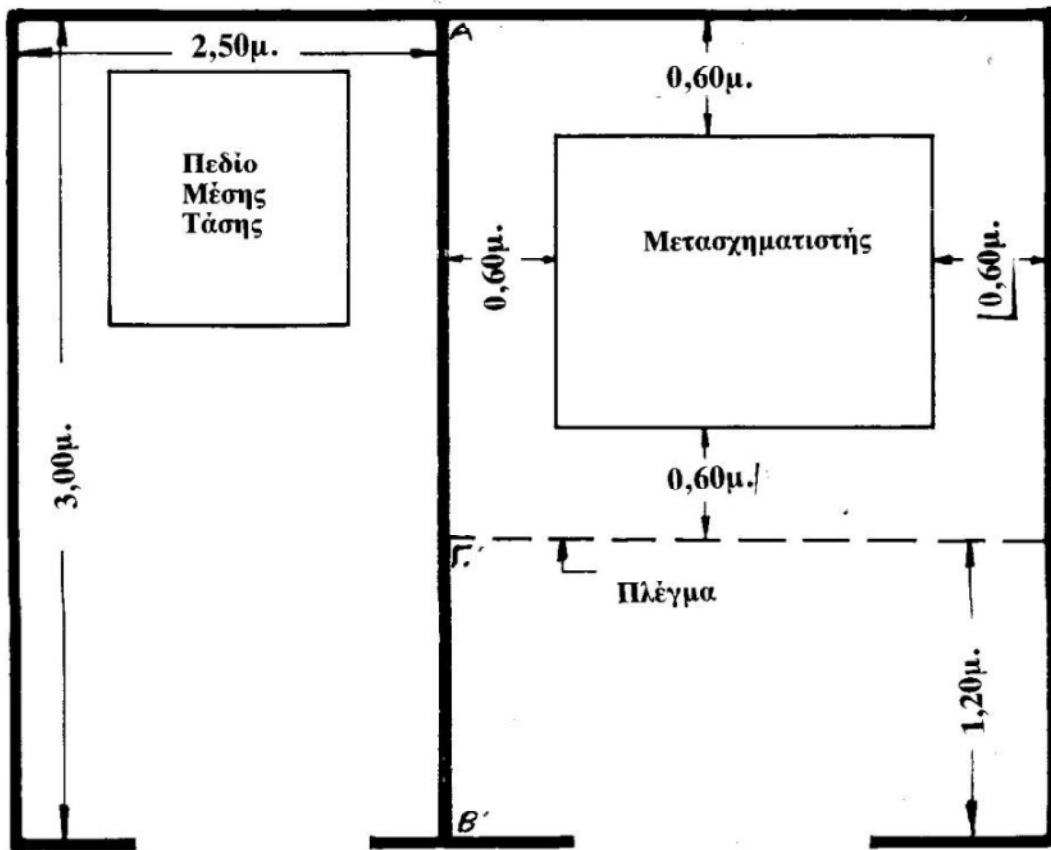
Η ψύξη ενός Μ/Σ επιτυγχάνεται κυρίως με ρεύμα αέρος. Ιδανική κατάσταση ψύξης είναι η ροή κατακόρυφα από κάτω προς τα πάνω. Επειδή αυτό δεν είναι πάντοτε εφικτό υπάρχουν περισιδωτά ανοίγματα στο κάτω μέρος της πόρτας του χώρου του Μ/Σ και σε άλλο σημείο που βρίσκεται σε μεγαλύτερο ύψος. Με αυτόν τον τρόπο ο ψυχρός αέρας εισέρχεται από τα περισιδωτά ανοίγματα της πόρτας, φθάνει στον Μ/Σ όπου τον ψύχει και με μεγαλύτερη φεύγει από τα ανοίγματα που βρίσκονται ψηλότερα.



### 1.10 Κατασκευαστικά στοιχεία Υ/Σ

Ο τύπος του κτιρίου του Υ/Σ εξαρτάται από τον τύπο παροχής της ΔΕΗ.

Οι ελάχιστες διαστάσεις για το κτίριο του Υ/Σ ΜΤ φαίνεται παρακάτω.



Στο τέλος ακολουθεί η κάτοψη του κτιρίου του Υ/Σ και το μονογραμμικό του διάγραμμα.

## Βιβλιογραφία

1. Τσανάκας Δ.: Ειδικά κεφάλαια ηλεκτρικών εγκαταστάσεων και δικτύων
2. Ντοκόπουλος Π.: Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις καταναλωτών
3. Τουλόγλου Σ.: Ηλεκτρικές Βιομηχανικές Εγκαταστάσεις και Υποσταθμοί
4. Κάπος Μ.: Υποσταθμοί εσωτερικών χώρων
5. Τσέτογλου Β.: Μελέτες Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων
6. Κεμίδης Π. – Μπαργιώτας Δ. – Σανδαλίδης Χ.: Βιομηχανικές εγκαταστάσεις – Υποσταθμοί  
<http://www.pi-schools.gr/lessons/tee/electrical/biblia.php>
7. Schneider Electric : Μετασχηματιστές Διανομής Λαδιού ΕΛΒΗΜ