

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
Αριθμός 1232**

**«ΜΕΛΕΤΗ ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΥ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ
20/0,4 kV»**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ
ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΒΑΣ. ΠΕΤΡΟΠΟΥΛΟΣ**

**ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ
ΕΛΕΥΘΕΡΙΑ ΠΥΡΓΙΩΤΗ**

ΠΑΤΡΑ ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2012

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Ο ηλεκτρισμός από πολύ παλιά παίζει πρωταρχικό ρόλο στην ζωή των ανθρώπων. Η εφαρμογή του ηλεκτρισμού σε διάφορες μορφές του, έδωσε άπειρες λύσεις και διευκολύνσεις στη ζωή του σύγχρονου ανθρώπου. Με το πέρασμα των χρόνων οι απαιτήσεις στις διάφορες εφαρμογές συνεχώς αυξανόταν ώστε πλέον κάθε αντικείμενο να είναι άξιο μελέτης και όχι μια απλή υπόθεση. Μία από αυτές τις εφαρμογές είναι και η αναγκαιότητα εγκατάστασης υποσταθμού η οποία αποτελεί ένα αρκετά πολύπλοκο θέμα. Η εγκατάστασή του επιβάλλεται όταν ο καταναλωτής ακολουθώντας κάποιους κανόνες πρέπει να σύνδεθεί στην μέση τάση (ΜΤ). Το συγκεκριμένο θέμα θα αναλυθεί εκτενέστερα στη παρούσα πτυχιακή εργασία.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η μελέτη Υποσταθμού ΜΤ - ΧΤ. Αναλύονται τα μέσα που χρησιμοποιούνται για την υλοποίηση ενός ιδιωτικού Υ/Σ ΜΤ, ενώ μελετάται εκτενέστερα η διαδικασία επιλογής των μέσων εκείνων που είναι αναγκαία για την ηλεκτροδότηση ενός εργοστασίου κατεργασίας ξύλου, το οποίο αποτελείται από φορτία κίνησης και φωτισμού. Η εργασία χωρίζεται από δύο μέρη.

Στο πρώτο μέρος, που είναι η εισαγωγή, παρατίθενται τα απαραίτητα θεωρητικά στοιχεία για την μελέτη και την σχεδίαση ενός Υ/Σ. Συγκεκριμένα, αναλύονται τα μέσα ζεύξης - απόζευξης και προστασίας ΜΤ καθώς και ο εξοπλισμός για το δίκτυο ΜΤ. Παρουσιάζονται οι τύποι παροχής των ιδιωτικών Υ/Σ, τα κατάλληλα είδη γείωσης για προστασία των ατόμων που εργάζονται σε αυτούς ή βρίσκονται κοντά, από επικίνδυνες τάσεις επαφής και βηματικές τάσεις, όπως επίσης και η απαραίτητη προστασία του Υ/Σ έναντι υπερτάσεων. Στην συνέχεια, επισημαίνονται τα χαρακτηριστικά στοιχεία, καθώς και οι τρόποι επιλογής και προστασίας των Μ/Σ ισχύος, οι οποίοι έχουν τον ρόλο του μετασχηματισμού της τάσης από ΜΤ σε ΧΤ. Γίνεται μια αναφορά στα καλώδια ΜΤ και ΧΤ και αναλύονται τα μέσα ζεύξης - απόζευξης και προστασίας ΧΤ. Επιπλέον περιγράφονται οι ηλεκτρικοί πίνακες μέσα στους οποίους τοποθετούνται τα μέσα ζεύξης και προστασίας. Επισημαίνεται η αναγκαιότητα της αντιστάθμισης άεργου ισχύος και γίνεται μια αναφορά στα συστήματα πυροπροστασίας και στην επιβεβλημένη συντήρηση του Υ/Σ. Τέλος παρουσιάζονται τα απαραίτητα εκείνα στοιχεία για τον υπολογισμό των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων ισχυρών ρευμάτων των βιομηχανικών χώρων, οι οποίοι αποτελούνται από εγκαταστάσεις κίνησης και φωτισμού.

Στο δεύτερο μέρος, πραγματοποιείται μια μελέτη εγκατάστασης κίνησης κ φωτισμού ενός εργοστασίου κατεργασίας ξύλου καθώς επίσης και η μελέτη επιλογής των μέσων υλοποίησης του ιδιωτικού υποσταθμού ΜΤ - ΧΤ παροχής Α1 που θα το τροφοδοτήσει. Ακολουθούν τρία σχέδια της χωροθέτησης των μηχανών παραγωγής έργου, της κάτοψης του υποσταθμού ΜΤ και το μονογραμμικό διάγραμμα που φαίνονται όλα τα απαραίτητα στοιχεία για την κατασκευή των ηλεκτρικών πινάκων.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	3
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	4
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	8
Μέρος Α	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο	9
Γενικά.....	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο	12
Βασικό Ηλεκτρολογικό Υλικό ζεύξης, απόζεύξης και προστασίας ΜΤ.....	12
2.1 Αποζεύκτες.....	12
2.2 Διακόπτες Φορτίου	13
2.3 Διακόπτες ισχύος.....	14
2.4 Ασφάλειες ΜΤ.....	17
2.5 Διακόπτες απομόνωσης	18
2.6 Αλεξικέραυνα.....	18
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο	20
Εξοπλισμός ζεύξης και προστασίας του δικτύου ΜΤ	20
3.1 Προστασία γραμμών αναχώρησης του δικτύου ΜΤ.....	21
3.2 Προστασία διακλάδωσης σε καταναλωτή ΜΤ	21
3.3 Επιλεκτική συνεργασία των μέσων προστασίας	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο	24
Τυποποιημένες παροχές ΜΤ.....	24
4.1 Παροχή Τύπου Α1 (Σχήμα 4.1).....	24
4.2 Παροχή Τύπου Α2 (Σχήμα 4.2).....	25
4.3 Παροχή Τύπου Β1 (Σχήμα 4.3)	26
4.4 Παροχή Τύπου Β2 (Σχήμα 4.4)	27
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο	32
Γειώσεις Υ/Σ καταναλωτών ΜΤ και ΧΤ	32
5.1 Γενικά	32
5.2 Είδη ηλεκτροδίων γείωσης.....	32
5.3 Απολήξεις και συνδέσεις των ηλεκτροδίων γείωσης.....	33
5.4 Θεμελιακή γείωση	34

5.5 Αντίσταση γείωσης και μέτρησή της.....	34
5.6 Γείωση στην εγκατάσταση ΜΤ	36
5.7 Γείωση Υ/Σ σε μη Αγώγιμο Έδαφος	41
5.8 Μέθοδος Γείωσης Στην Εγκατάσταση ΧΤ.....	41
5.9 Έλεγχος βηματικών τάσεων.....	42
5.10 Προστασία από ηλεκτροπληξία.....	43
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο	45
Προστασία των Υ/Σ ΜΤ κατά των υπερτάσεων.....	45
6.1 Προστασία ηλεκτρικών εγκαταστάσεων ΧΤ κατά των υπερτάσεων.....	46
6.2 Απαγωγείς τάσεων ΧΤ.....	46
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο	48
Μετασχηματιστής.....	48
7.1 Τύποι Μετασχηματιστών	48
7.2 Εξοπλισμός Μ/Σ ΜΤ λαδιού.....	49
7.3 Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά Μ/Σ	52
7.4 Συνθήκες Λειτουργίας Μ/Σ.....	56
7.5 Επιλογή Μ/Σ.....	57
7.6 Προσδιορισμός ισχύος Μ/Σ Υ/Σ ΜΤ.....	59
7.7 Προστασία Μ/Σ.....	59
7.7.4 Διαφορική προστασία	61
7.8 Μετασχηματιστές Μέτρησης	61
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο	64
Μονωμένοι Αγωγοί Και Καλώδια ΜΤ-ΧΤ.....	64
8.1 Μόνωση Καλωδίων	64
8.2 Ακροδέκτες Καλωδίων	65
8.3 Γείωση καλωδίων	65
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο	66
Μέσα Ζεύξης – Απόζευξης Και Προστασίας ΧΤ.....	66
9.1 Ζεύξη	66
9.2 Απόζευξη.....	67
9.3 Μέσα ζεύξης-απόζευξης ΧΤ	67
9.4 Μέσα Προστασίας Σε Υπερρέυματα, Υπερφόρτωση και Βραχυκυκλώματα στη ΧΤ.....	69
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο	77
Πίνακες ΜΤ	77

10.1 Σχηματικό διάγραμμα μιας τυπικής κυψέλης (σχήμα 10.1).....	77
10.2 Πίνακες ΧΤ	79
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11^ο	81
Αντιστάθμιση.....	81
11.1 Πλεονεκτήματα από τη βελτίωση της άεργου ισχύος.....	81
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12^ο	83
Συστήματα Πυροπροστασίας.....	83
12.1 Διάκριση πυροπροστασίας	83
12.2 Κατηγορίες πυρκαγιών.....	83
12.3 Περιγραφή συστήματος πυροπροστασίας.....	84
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13^ο	85
Συντήρηση Υ/Σ	85
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 14^ο	86
Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις Βιομηχανικών Χώρων	86
14.1 Συσκευές και Μηχανές Καταναλώσεως	86
14.2 Αγωγοί – Υπολογισμός Διατομής.....	88
14.3 Διατομή Επαρκούς Θερμικής Αντοχής.....	91
14.4 Προστασία Γραμμών Με Ασφάλεια	93
14.5 Μονοφασικές Παροχές	94
14.6 Τριφασικές Παροχές.....	95
14.7 Συντελεστές Ζητήσεως	96
14.8 Εγκαταστάσεις Φωτισμούς	98
14.9 Υπολογισμός της Απαιτούμενης Φωτεινής Ροής Των Φωτιστικών Σωμάτων	99
Μέρος Β – Μελέτη Υ/Σ ΜΤ/ΜΤ για την Ηλεκτροδότηση Εργοστασίου Επεξεργασίας Ξυλού.....	101
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 15^ο	101
Εγκατάσταση Κίνησης Εργοστασίου.....	101
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 16^ο	106
Εγκατάσταση Φωτισμού Εργοστασίου	106
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 17^ο	111
Επιλογή Μ/Σ.....	111
17.1 Παροχή ΜΤ.....	111
17.2 Επιλογή καλωδίων Μ Τ	112
17.3 Προστασία ΜΤ	112

17.4 Επιλογή ζυγών ΜΤ	114
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 18^ο	120
Επιλογή Καλωδίων ΧΤ	120
18.1 Προστασία ΧΤ	120
18.2 Επιλογή ζυγών ΧΤ	122
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 19^ο	125
Αντιστάθμιση Διόρθωση Συντελεστή Ισχύος	125
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 20^ο	126
Γείωση Υποσταθμού	126
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 21^ο	127
Πίνακας ΜΤ	127
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 22^ο	128
Αερισμός – Ψύξη Μ/ΣΤ	128
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 23^ο	130
Κατασκευαστικά Στοιχεία	130
Βιβλιογραφία	131

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

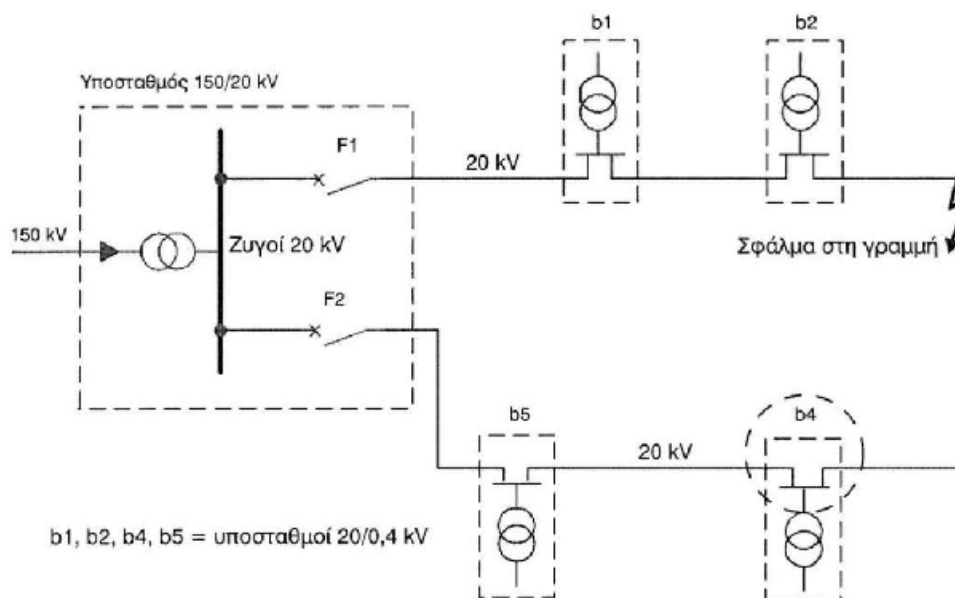
Η μελέτη ενός υποσταθμού (Υ/Σ) είναι ένα ειδικό και σχετικά πολύπλοκο πρόβλημα επειδή έχει να κάνει με την αντιμετώπιση διαφορετικών θεμάτων τα οποία είναι ηλεκτρολογικά, κτιριακά και προβλήματα ασφαλείας. Οι αυξανόμενες απαιτήσεις σε άνεση, εξυπηρέτηση και αυτοματισμό σε όλους τους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας έχουν δημιουργήσει αντίστοιχη αύξηση στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτό έχει ως συνέπεια όλο και περισσότεροι καταναλωτές ηλεκτρικής ενέργειας να ξεπερνούν την ικανότητα τροφοδότησής τους από το δίκτυο Χαμηλής Τάσης (ΧΤ) των 400V της ΔΕΗ. Σε αυτές τις περιπτώσεις είναι αναγκαία η τροφοδότηση από το δίκτυο Μέσης Τάσης (ΜΤ) της ΔΕΗ και ο καταναλωτής πρέπει να εγκαταστήσει σε δικό του χώρο ιδιωτικό υποσταθμό ΜΤ/ΧΤ.

Μέρος Α

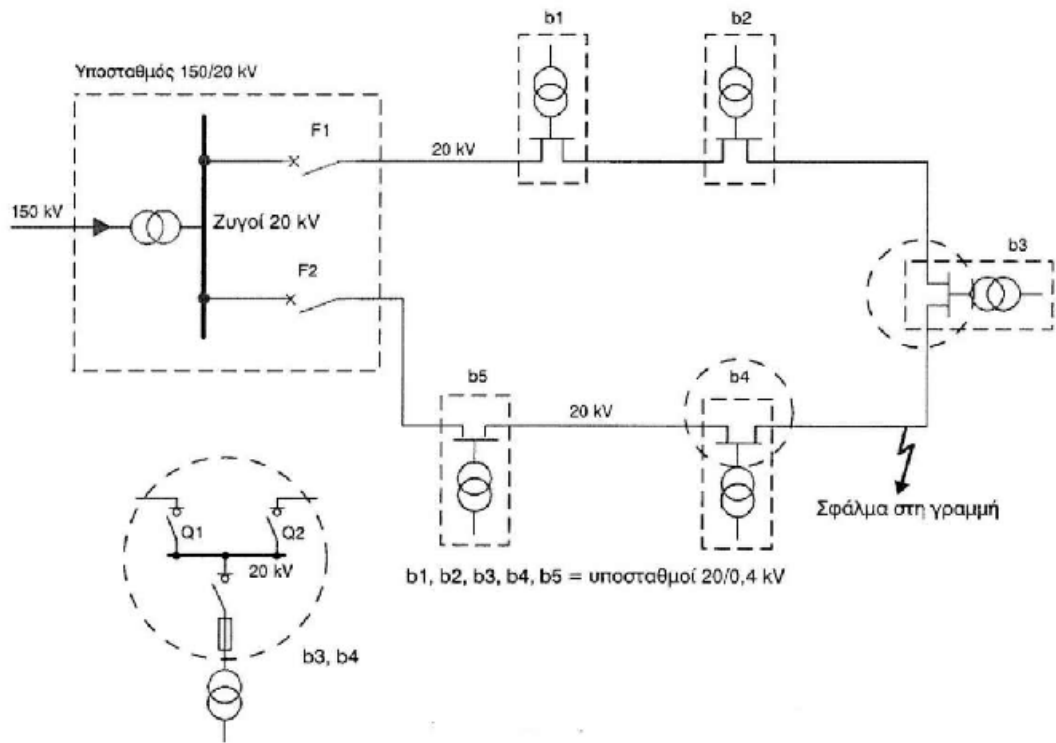
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

Γενικά [2]

Η κρίσιμη ηλεκτρική ισχύς στην οποία απαιτείται να εγκατασταθεί ιδιωτικός υποσταθμός εξαρτάται από την γεωγραφική θέση του καταναλωτή και τη φόρτιση του δικτύου XT της ΔΕΗ. Συνήθως η ισχύς αυτή είναι 250kVA και σε περίπτωση που ο καταναλωτής βρίσκεται μέσα σε μεγάλη πόλη με μεγάλη πυκνότητα ηλεκτρικού φορτίου η ισχύς αυτή μπορεί να είναι 135kVA, ωστόσο μερικές φορές για τεχνικούς ή οικονομικούς λόγους η ΔΕΗ μπορεί να επιβάλλει την σύνδεση με ΜΤ ακόμη και σε μικρότερες ισχύεις. Βαριές εκκινήσεις κινητήρων, κορεσμός του δικτύου XT μπορούν να επιβάλλουν ακόμη και από τα 50kVA τη σύνδεση στη ΜΤ. Με τον όρο ισχύς εννοείται η Συμφωνημένη ισχύς, την οποία ο καταναλωτής κατόπιν συμφωνίας με την ΔΕΗ δεν θα ξεπεράσει και όχι η Εγκατεστημένη ισχύς, η οποία είναι το άθροισμα της ονομαστικής ισχύος των επιμέρους φορτίων του καταναλωτή που μπορεί είναι λίγο έως πολύ μεγαλύτερη της συμφωνημένης ισχύος. Τα εναέρια δίκτυα της ΔΕΗ είναι κατά κανόνα ακτινικά (Σχήμα 1.1) ενώ μπορεί ορισμένα τμήματά τους να είναι καλωδιακά. Τα υπόγεια δίκτυα ΜΤ είναι βροχοειδή (Σχήμα 1.2). Οι καταναλωτές συνδέονται σε βρόχο (αλυσωτά) με καλώδια.



Σχήμα 1.1: Ακτινικό δίκτυο ΜΤ [1]

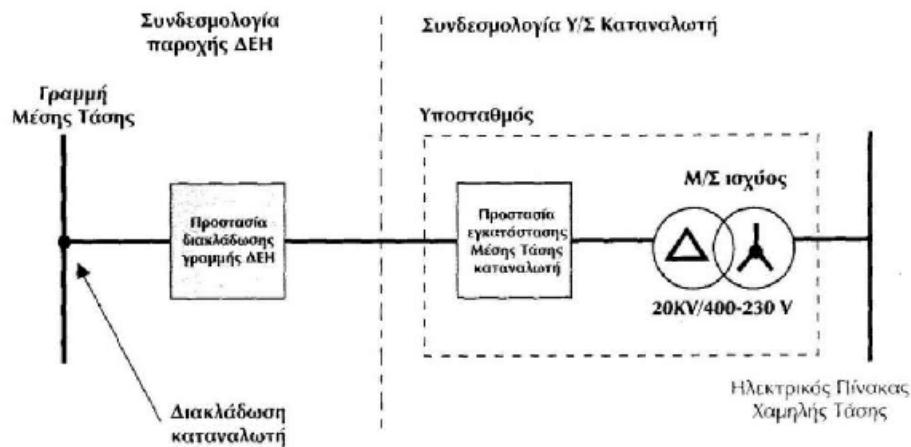


Σχήμα 1.2: Βροχοειδές δίκτυο MT [1]

Η τροφοδοσία με MT γίνεται από δίκτυα τάσης 6.6kV, 15kV, 20kV και 22kV, με προοπτική όλα αυτά τα δίκτυα μέσης τάσης να μετατραπούν μελλοντικά σε δίκτυα των 20kV και έτσι όλα τα υλικά των νέων υποσταθμών MT να είναι για 20kV ακόμη και αν το δίκτυο είναι των 15kV.

Ένας υποσταθμός αποτελείται από τα παρακάτω τέσσερα τμήματα [Σχήμα 1.3]:

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. Το γενικό πίνακα τις χαμηλής τάσης



Σχήμα 1.3: Σχηματική διάκριση υποσταθμού μέσης τάσης [1]

Η εγκατάσταση ΜΤ της ΔΕΗ μπορεί να είναι υπαίθρια ή στεγασμένη σε εναέρια δίκτυα, ενώ είναι πάντα στεγασμένη σε υπόγεια δίκτυα. Περιέχει μετασχηματιστές μετρήσεων, μετρητές ισχύος και ενέργειας καθώς και το μέσο προστασίας της παροχής σε βραχυκυκλώματα, δηλαδή διακόπτες ή ασφάλειες.

Η εγκατάσταση του καταναλωτή είναι συνήθως στεγασμένη και περιέχει τα καλώδια, τους ζυγούς ΜΤ, τα όργανα και τα μέσα προστασίας, τους μετασχηματιστές ισχύος, τους μετασχηματιστές οργάνων και τους ζυγούς ΜΤ με την προστασία τους. Επιτρέπεται η εγκατάσταση του καταναλωτή να είναι υπαίθρια μόνο όπου δημιουργούνται προβλήματα στην συντήρησή του, εφαρμόζεται υπαίθρια εγκατάσταση Μ/Σ και στεγασμένες κυψέλες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο [2]

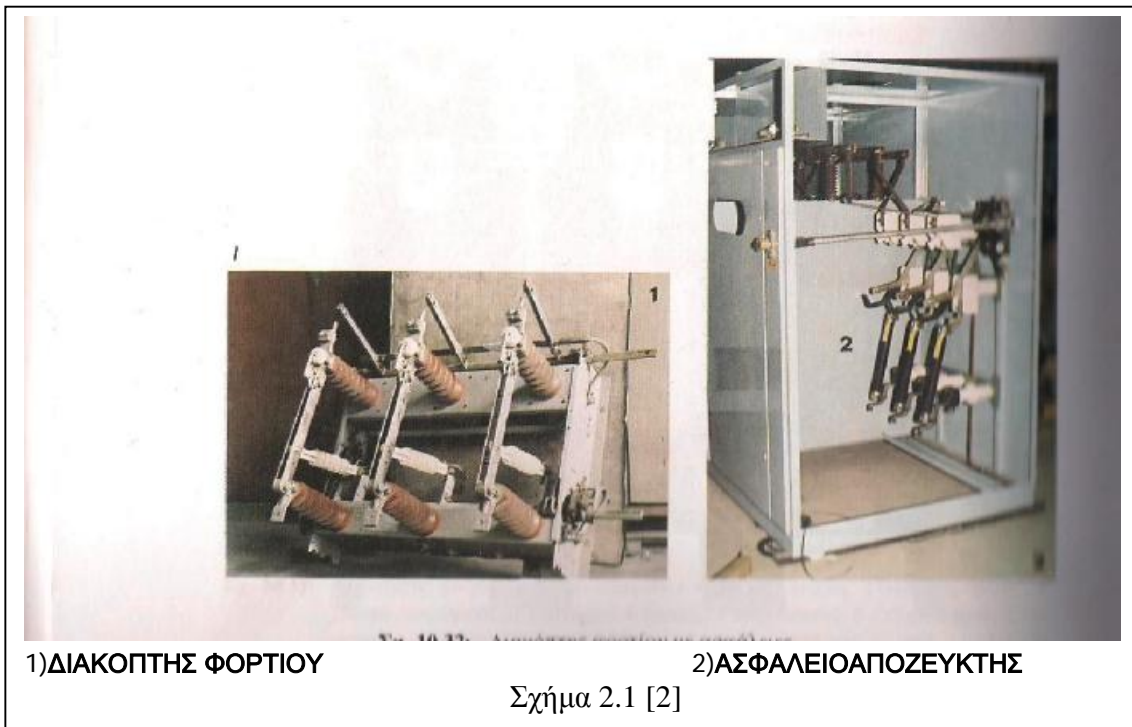
Βασικό Ηλεκτρολογικό Υλικό ζεύξης, απόζευξης και προστασίας ΜΤ

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

- i. οι αποζεύκτες (ΑΠ/Ζ)
- ii. οι διακόπτες φορτίου (Δ/Φ) [Σχήμα 2.1]
- iii. οι διακόπτες ισχύος (Δ/Ι)
- iv. οι ασφάλειες
- v. οι διακόπτες απομόνωσης
- vi. τα 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. Έχουν ορατές επαφές παρέχοντας οπτικό έλεγχο του δικτύου και για τον λόγο αυτό σε πολλές περιπτώσεις προτάσσονται άλλων διακοπτικών συστημάτων π.χ. διακοπών φορτίου. Στην περίπτωση αυτή υπάρχει μηχανική αλληλομανδάλωση για να μην υπάρξει λειτουργία του τις με τάση στα άκρα του. Σε κλειστή κατάσταση πρέπει να αντέχουν στα ρεύματα σφαλμάτων, σε ανοιχτή τις υπερτάσεις της εγκατάστασης και δεν πρέπει ποτέ να χειρίζονται υπό φορτίο. Οι αποζεύκτες χρησιμοποιούνται και στην γείωση κάποιων κυκλωμάτων όπου υπάρχει ειδική τις αυτών. Υπάρχουν αποζεύκτες- γειωτές που είναι ανοιχτού τύπου, με ορατό σύστημα επαφών και κλειστού τύπου, όπου η θέση των επαφών τους ελέγχεται με 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 για να γίνουν εργασίες επισκευής ή συντήρησής τους. Δεν πρέπει να χειρίζονται υπό φορτίο για αυτό πρέπει να μανταλώνονται μηχανικά με τους διακόπτες φορτίου ή ισχύος που ανήκουν.

2.2 Διακόπτες Φορτίου

Διακόπτες φορτίου ονομάζονται οι συσκευές που έχουν την ικανότητα να διακόπτουν ή να αποκαθιστούν εντάσεις υπό φυσιολογικές συνθήκες λειτουργίας του κυκλώματος καθώς επίσης και να αποκαθιστούν αλλά όχι να διακόπτουν εντάσεις ρευμάτων βραχυκύκλωσης. Στην περίπτωση που οι διακόπτες φορτίου τοποθετηθούν σε κλειστούς χώρου υποσταθμούς, χαρακτηρίζονται ως εσωτερικού χώρου με ικανότητα διακοπής μέχρι 630A, ενώ αν τοποθετηθούν σε στύλους χαρακτηρίζονται ως εξωτερικού χώρου με ικανότητα διακοπής μέχρι 400A. Υπάρχουν διακόπτες φορτίου που διαθέτουν ορατό σύστημα επαφών για να ελέγχεται η κατάσταση λειτουργίας τους και άλλοι κλειστού τύπου, στους οποίους όμως πρέπει να προτάσσεται αποζεύκτης προς την πλευρά των μονάδων ηλεκτροπαραγωγής και να φέρουν αλληλομανδάλωση.

Κατά την στιγμή της ενεργοποίησης του διακόπτη φορτίου δημιουργείται ηλεκτρικό τόξο μεταξύ των επαφών του. Η σβέση του ηλεκτρικού αυτού τόξου γίνεται μέσα στον ειδικό θάλαμο που δημιουργείται εσωτερικά στο σύστημα μονωτήρων των ακίνητων επαφών του. Ο χειρισμός του διακόπτη φορτίου γίνεται είτε χειροκίνητα με ειδικό σύστημα μοχλού μεγάλου μήκους για τις περιπτώσεις που αυτοί είναι υπαίθριοι και τοποθετούνται σε στύλους είτε με κινητήρα ενσωματωμένο στην διάταξη του.

Χαρακτηριστικά του μεγέθι φαίνονται στο Πίνακα 2.1:

Ονομαστική τάση (U_N)	Η τάση στην οποία απενεργοποιείται ο διακόπτης	24 kV
Ονομαστική ένταση (I_N)	Η ένταση του ρεύματος που επιτρέπεται να διέρχεται συνεχώς από τις επαφές του διακόπτη	400 A
Ένταση διακοπής (I_{NA})	Η ένταση του ρεύματος στην οποία διακόπτεται το κύκλωμα με ορισμένο συντελεστή ισχύος	400A/0,7
Ένταση διακοπής ρευμάτων μαγνήτισης μετασχηματιστών (I_{mp})	Η ένταση των ρευμάτων μαγνήτισης των μετασχηματιστών μέτρησης που δεν πρέπει να λάβουν μεγαλύτερη τιμή	40A
Ένταση ρεύματος ζεύξης (I_s)	Η μέγιστη ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα αμέσως μετά την ζεύξη του κυκλώματος	32kA
Ένταση διακοπής χωρητικού φορτίου (I_{CY})	Η ένταση του ρεύματος που προέρχεται από την άεργη χωρητική συμπεριφορά του κυκλώματος	150A
Ένταση θερμικής αντοχής (I_{tch})	Η μέγιστη ένταση του ρεύματος που αντέχει ο διακόπτης για 1 sec.	12,5kA
Ηλεκτροδυναμική αντοχή (I_{ndy})	Η μέγιστη ένταση του ρεύματος που αντέχει δυναμικά ο διακόπτης	32kA

Πίνακας 2.1 [1]

2.3 Διακόπτες ισχύος

Οι διακόπτες ισχύος είναι συσκευές προστασίας που έχουν ως σκοπό 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 που διαθέτουν για την υπερφόρτιση και στοιχείο στιγμιαίας λειτουργίας για το βραχυκύκλωμα και μπορεί επίσης να διαθέτουν στοιχείο γης. Επίσης έχουν την δυνατότητα να διακόπτουν και να αποκαθιστούν ηλεκτρικά κυκλώματα που λειτουργούν στο πλήρες φορτίο.

Σε ορισμένες περιοχές ο καταναλωτής εγκαθιστά διακόπτες ισχύος που μπορεί να είναι τύπου πρωτογενούς προστασίας ή δευτερογενούς

προστασίας. Στην πρωτογενή υπάρχουν ενσωματωμένα πηνία για την καμπύλη της χρονικής καθυστέρησης και στιγμιαία στοιχεία. Εφόσον η πρωτογενής προστασία δεν έχει ρύθμιση για ρεύματα γης, η μέγιστη ισχύς που μπορεί να εφαρμοσθεί είναι περιορισμένη από την ρύθμιση των ηλεκτρονόμων γης της ΔΕΗ. Δηλαδή το μέγιστο ρεύμα εφαρμογής είναι μικρότερο των 80Α, συνήθως 50Α. Στην δευτερογενή προστασία ο διακόπτης ισχύος συνδυάζεται με ηλεκτρονόμους που μπορεί να είναι ηλεκτρομηχανικοί, ηλεκτρονικοί ή ψηφιακή.

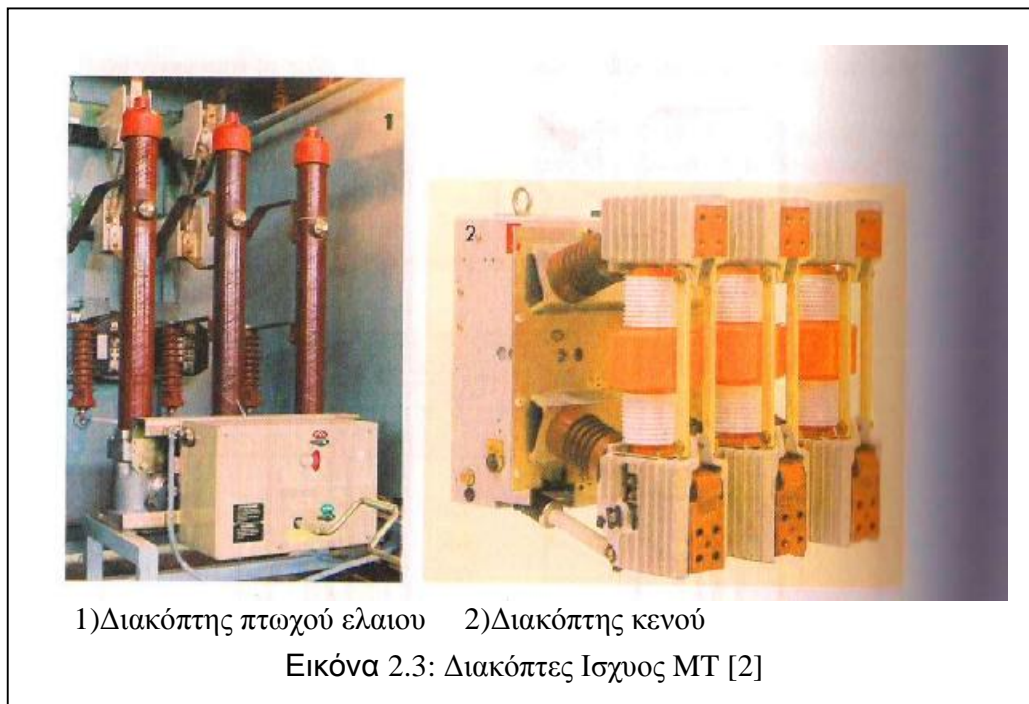
Οι διακόπτες ισχύος τοποθετούνται, από την ΔΕΗ στα δίκτυα ΜΤ, στις αναχωρήσεις των κύριων ηλεκτρικών γραμμών και είναι τύπου πτωχού ελαίου και στο μέσο μεγάλου μήκους ηλεκτρικών γραμμών ή στις αφετηρίες μεγάλων διακλαδώσεων και είναι τύπου αυτομάτου επαναφοράς. Ένα πλήρες συγκρότημα διακοπής ισχύος περιλαμβάνει:

- i. τον τριπολικό διακόπτη με τις επαφές
- ii. τον μηχανισμό του ελατηρίου, το οποίο ασκεί τη δύναμη επαφής
- iii. το σύστημα ελέγχου, που αποτελείται από τους ηλεκτρονόμους που διεγείρουν τον μηχανισμό του ελατηρίου
- iv. τους μετασχηματιστές ρεύματος, που προορίζονται για την προστασία των ηλεκτρονόμων
- v. το σύστημα τροφοδοσίας
- vi. τον τις, που είναι κατάλληλα μανταλωμένος με αυτόν ώστε να γίνεται εμφανής η κατάσταση του κυκλώματος

Κατά την στιγμή της ενεργοποίησης του διακόπτη ισχύος δημιουργείται ηλεκτρικό τόξο μεταξύ των επαφών του, η σβέση του οποίου πετυχαίνεται με την έντονη διέλευση λαδιού στο σημείο δημιουργίας του και με τον τρόπο αυτό μέσω του μηχανισμού του ελατηρίου συγκροτούνται στη θέση 'εντός' οι επαφές του. Ο διακόπτης ισχύος ανοίγει μέσω του ηλεκτρονόμου του. Εκτός από τους αυτόματους διακόπτες πτωχού ελαίου, υπάρχουν και οι αυτόματοι διακόπτες ισχύος εξαφθοριούχου θείου (SF₆), συρόμενου τύπου, με βοηθητικές επαφές, όπου χρησιμοποιείται το SF₆ υπό πίεση για την ψύξη του τόξου. Χαρακτηριστικά του μεγέθη φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα:

Χαρακτηριστικά μεγέθη αυτομάτων διακοπών ισχύος για Υ/Σ ΜΤ 20 kV		
Ονομαστική τάση (U_N)	Η τάση στην οποία απενεργοποιείται ο διακόπτης	24kV
Ονομαστική ένταση ρεύματος στους 40 °C (I_N)	Η ένταση του ρεύματος που επιτρέπεται να διέρχεται συνεχώς από τις επαφές του διακόπτη	630A
Μέγιστη ένταση ζεύξης (I_s)	Η μέγιστη ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα όταν ο διακόπτης κλείνει σε βραχυκύκλωμα	31,5kA
Μέγιστη ένταση απόζευξης (I_{LK})	Η μέγιστη ένταση του ρεύματος στην οποία διακόπτεται το κύκλωμα με ορισμένο συντελεστή ισχύος	11,5kA / 0,7επ.
Ένταση θερμικής αντοχής (I_{tch})	Η μέγιστη ένταση του ρεύματος που αντέχει ο διακόπτης για 1 sec	10kA
Ισχύς απόζευξης (S_{ky})	Η φαινόμενη ισχύς που υπολογίζεται από την σχέση $S_{KY}=\sqrt{3}U_N I_{LK}$ και πρέπει να είναι τουλάχιστον 250MVA	500MVA

Πίνακας 2.3 [1]





2.4 Ασφάλειες MT

Οι ασφάλειες σε εγκαταστάσεις MT χρησιμοποιούνται μόνο για προστασία σε βραχυκυκλώματα και όχι σε υπερφορτίσεις. Αποτελούν εναλλακτική φθηνή λύση αντί των Δ/Ι. Για να υπάρξει αποξεδυζιμότητα υπό φορτίο, όταν υπάρχουν ασφάλειες, εγκαθίσταται και ένας Δ/Φ. Διακρίνουμε δύο είδη ασφαλειών MT:

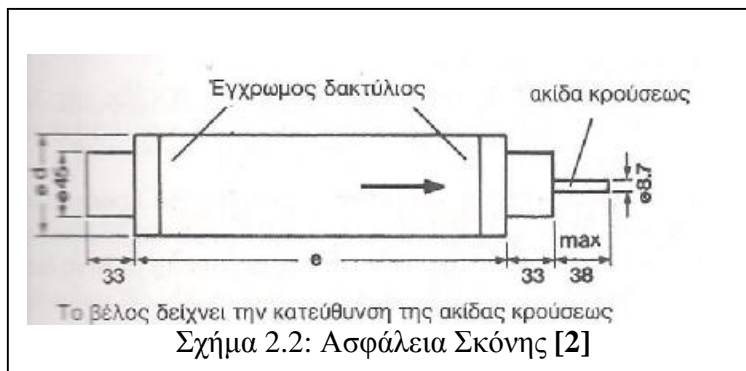
1. Ασφάλειες Εκτόνωσης
2. Ασφάλειες Σκόνης

Οι ασφάλειες εκτόνωσης αποτελούνται από ένα μονωτικό σωλήνα εσωτερικής διαμέτρου 2-3cm και μήκους 30-35cm για τάση 20kV. Μέσα στον σωλήνα βρίσκεται στρώμα βορικού οξέος και το τακτό που συγκρατείται τανυσμένο από τα δύο άκρα με ελατήρια. Οι επαφές των δύο άκρων τους είναι μεταλλικές. Μόλις το ρεύμα του κυκλώματος υπερβεί μια τιμή, λιώνει το τακτό δημιουργώντας ηλεκτρικό τόξο στο σημείο απομάκρυνσης των δύο τμημάτων του. Όταν το ένα τμήμα του τήκου έλθει σε επαφή με τα τοιχώματα του σωλήνα, όπου βρίσκεται το βορικό οξύ, δημιουργούνται υδρατμοί, τοξικά αέρια, που συντελούν στην σβέση του ηλεκτρικού τόξου. Για τον λόγο αυτό η ΔΕΗ χρησιμοποιεί τις ασφάλειες αυτές μόνο σε υπαίθριες εγκαταστάσεις, για την ασφάλιση διακλαδώσεων σε δίκτυα MT. Το ρεύμα βραχυκυκλώσεως, σε αντίθεση με τις ασφάλειες σκόνης, δεν περιορίζεται γιατί η αντίσταση και η τάση κατά μήκος της ασφάλειας είναι μικρές. Το κόστος τους είναι πολύ μικρότερο από τις ασφάλειες σκόνης.

Έχουμε δύο τύπους ασφαλειών εκτόνωσης:

- i. Ασφάλειες εκτόνωσης βραδείας τήξης, χαρακτηρίζεται με το γράμμα T
- ii. Ασφάλειες εκτόνωσης ταχείας τήξης, χαρακτηρίζεται με το γράμμα K

Οι ασφάλειες σκόνης [Σχήμα 2.2] αποτελούνται από ένα σωλήνα από πορσελάνη που στο εσωτερικό του διαθέτει κεραμικό κύλινδρο στον οποίο περιελίσσεται το τηκτό. Μεταξύ του εξωτερικού σωλήνα και του εσωτερικού κυλίνδρου υπάρχει άμμος, σκόνη χαλαζία. Οι επαφές των δύο άκρων είναι μεταλλικές και η μια φέρει δείκτη κατάστασης λειτουργίας. Όταν το ρεύμα του κυκλώματος υπερβεί μια τιμή τότε λιώνει το τηκτό δημιουργώντας 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. Έχουμε έναν τύπο ασφάλειας σκόνης, μόνο ταχείας τήξης, συντομότερου χρόνου από τις αντίστοιχες ασφάλειες εκτόνωσης. Οι ασφάλειες αυτές χρησιμοποιούνται κυρίως σε στεγασμένες εγκαταστάσεις υποσταθμών για προστασία των μετασχηματιστών ισχύος. Τέλος εάν σε ένα τριφασικό σύστημα, έπειτα από ένα σφάλμα, έστω και αν αυτό είναι μονοφασικό, καεί μια ασφάλεια τότε πρέπει να αντικατασταθούν και οι τρεις διότι καταπονούνται και οι υγιείς ασφάλειες και έχουν μειωμένη αντοχή.



2.5 Διακόπτες απομόνωσης

Οι διακόπτες απομόνωσης τύποι μονοπολικών ή τριπολικών διακοπών παρόμοιων προδιαγραφών με τους διακόπτες φορτίου, οι οποίοι δεν λειτουργούν αυτόνομα, αλλά με την βοήθεια άλλου διακόπτη ο οποίος έχει την δυνατότητα να εκτελεί αυτόματες επαναφορές όπως π.χ. οι αυτόματοι διακόπτες ισχύος πτωχού ελαίου ή φθοριούχου θείου. Οι διακόπτες απομόνωσης της ΔΕΗ λειτουργούν σε σφάλματα που συμβαίνουν σε διακλαδώσεις δικτύων. 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. Μόλις περάσει από τους διακόπτες απομόνωσης το ρεύμα βραχυκύκλωσης, μετρούν με εσωτερικό μηχανισμό, τους κύκλους λειτουργίας του διακόπτη ισχύος και στον τελευταίο κύκλο ανοίγουν αφού έχει ανοίξει ο διακόπτης ισχύος. Ακολουθώς ο διακόπτης ισχύος κλείνει, μένει κλειστός, ενώ ο διακόπτης απομόνωσης μένει ανοιχτός. Σε μερικές περιπτώσεις, σε παροχές ΜΤ, μπορεί ο διακόπτης απομόνωσης να ρυθμιστεί να ανοίγει ήδη από τον πρώτο κύκλο, δηλαδή αμέσως μετά το άνοιγμα του διακόπτη ισχύος στην αναχώρηση της γραμμής, έτσι ώστε να απομονώνεται ο καταναλωτής ενώ ο διακόπτης ισχύος παραμένει κλειστός. Η τροφοδότηση των λοιπών καταναλωτών ΜΤ υφίσταται μόνο τις διακοπές που προέρχονται από τους κύκλους λειτουργίας του διακόπτη ισχύος στην αναχώρηση της γραμμής.

Πλεονέκτημα των διακοπών απομόνωσης έναντι των ασφαλειών είναι ότι δεν χρειάζονται αλλαγή και έχουν πλήρη συνεργασία με τον διακόπτη ισχύος στην αναχώρηση. Η επανάφευξή τους γίνεται είτε αυτόματα είτε χειροκίνητα αφού πρώτα βέβαια αποκατασταθεί το σφάλμα από συνεργείο της ΔΕΗ. Στους διακόπτες απομόνωσης μπορεί να υπάρχει και διάταξη δέσμευσης κατά την ζεύξη μετασηματιστών, δηλαδή να μην διεγείρονται με ρεύματα ζεύξης.

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, που για τα χαρακτηριστικά του ονομάζεται τάση προστασίας. Η χρήση τους επιβάλλεται σε εναέρια δίκτυα που βρίσκονται εγκατεστημένα σε περιοχές που χαρακτηρίζονται ως κεραυνόπληκτες. Τα μέρη που περιλαμβάνει ένα αλεξικέραυνο είναι:

- i. ο σπινθηριστής, που διασπάται μόλις η τάση υπερβεί το όριο της τάσης προστασίας και βραχυκυκλώνεται το διάκενο του αέρα.
- ii. οι μη γραμμικές αντιστάσεις ανθρακικού πυριτίου που μέσω αυτών βραχυκυκλώνεται το δίκτυο μετά την διάσταση του σπινθηριστή.

Τα αλεξικέραυνα εγκαθίστανται κοντά στον μετασηματιστή ισχύος και σε απόσταση μικρότερη των 20m, ή μέσα στον οικίσκο του υποσταθμού ή και μέσα στις κυψέλες εάν αυτό είναι δυνατόν. Τέλος συνδέονται μεταξύ φάσεων και γης. Χαρακτηριστικά του μεγέθους φαίνονται στο Πίνακα 2.2:

Χαρακτηριστικά μεγέθη αλεξικέρανων δικτύου 20kV, με κρουστική αντοχή 125kV και αντοχή σε τάση 50Hz 50kV			
Τάση σβέσης	Η τάση στην οποία απενεργοποιείται το αλεξικέρανο	24kV	
Ονομαστικό κρουστικό ρεύμα	Η τιμή του κρουστικού ρεύματος που αντέχει επανειλημμένα το αλεξικέρανο	10 ή 5kA	
Αντοχή σε κρουστικό ρεύμα	Κρουστικά ρεύματα που εμφανίζονται σπάνια και έχουν διάρκεια	Βραχεία: 5-10kS	100(6s)
		Μακρά: 1000-2000kS	200
Τάσης αφής	Η τάση με την οποία ενεργοποιούνται τα αλεξικέρανα	Σε συχνότητα 50Hz	38kV
		Σε χρόνο 1,2-50kS	79kV
		Με αποκοπή ταχύτητας ανόδου 200kV	86kV
Παραμένουσα τάση	Η τάση που εφαρμόζεται στο αλεξικέρανο όταν διέρχεται από αυτό ρεύμα	5kA/2,5kA	72kA/74kA
		10kA/5kA	80kA/80kA
		20kA/10kA	68kA/68kA
Πίνακας 2.2 [3]			

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο[2]

Εξοπλισμός ζεύξης και προστασίας του δικτύου ΜΤ

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

α) Τα ρεύματα φάσεων σε μονοφασικά, διφασικά και τριφασικά σφάλματα οπότε και λέγονται H/N φάσεων και

β) Τα ρεύματα γης στα οποία μετρούν το άθροισμα των φασικών ρευμάτων δηλαδή το ρεύμα που διαρρέει τη γείωση του Μ/Σ για αυτό και λέγονται H/N γης.

Η συμπεριφορά τους σε περίπτωση σφάλματος δεν είναι ακαριαία, αλλά ακολουθεί δύο ή περισσότερους κύκλους λειτουργίας, σύμφωνα με τις ρυθμίσεις και τις πληροφορίες που παρέχονται από τη ΔΕΗ. Σε σφάλματα φάσεων έχουμε μεγαλύτερα ρεύματα σε σχέση με τα σφάλματα γης (μονοφασικά σφάλματα) γιατί η αντίσταση γείωσης του ουδετέρου του δικτύου των 20kV 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 ΜΤ διακρίνονται σε:

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

I. Οι Απλοί χωρίζονται στους:

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

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

- Ø Σταθερού χρόνου οι οποίοι ανεξάρτητα του μεγέθους της υπερέντασης λειτουργούν στον ίδιο χρόνο που καθορίζεται από την ρύθμισή τους.
- Ø 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 ΜΤ. 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 της ΔΕΗ να είναι μεγαλύτεροι σε σχέση με αυτούς των διακοπών των καταναλωτών. Υπάρχει ένα ελάχιστο ρεύμα κάτω από το οποίο δεν δίνει εντολή πτώσης 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:

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

Οι Η/Ν 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 σχεδόν ακαριαία.

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-С-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 δίκτυα διότι δεν υπάρχουν κατά κανόνα παροδικά σφάλματα.

3.1 Προστασία γραμμών αναχώρησης του δικτύου ΜΤ

Στα εναέρια δίκτυα οι Η/Ν είναι αντιστρόφου χρόνου επειδή στις εναέρια 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 Η/Ν φάσεων υπάρχουν και στοιχεία στιγμιαίας λειτουργίας που δίνουν εντολή απόζευξης ακαριαία (0,6 sec) σε μεγάλα ρεύματα, περίπου δεκαπλάσια του ονομαστικού. Τόσο για τους Η/Ν γης όσο και για τους Η/Ν φάσεων υπάρχουν οριακές τιμές ρευμάτων, ρυθμίσεις κάτω από τις οποίες δεν διεγείρονται.

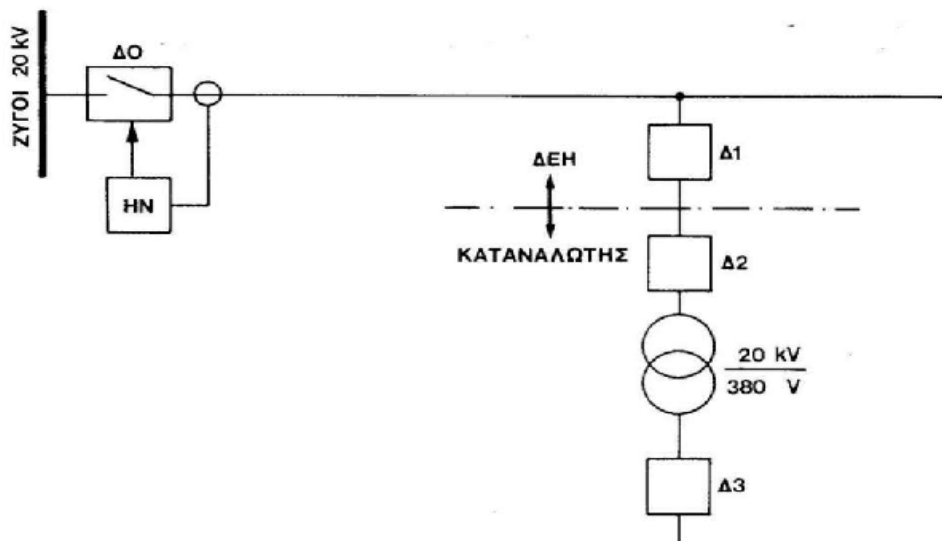
Στα υπόγεια καλώδια προτιμώνται οι Η/Ν υπερεντάσεως χρονικής καθυστέρησης σταθερού χρόνου, με στοιχεία γης και φάσεων. Οι Η/Ν σταθερού χρόνου είναι πιο εύχρηστοι και φθινοί από τους Η/Ν αντιστρόφου χρόνου, οι οποίοι στην περίπτωση δικτύου ΜΤ με υπόγεια καλώδια δεν βοηθούν στην επιλεκτικότητα αφού όλοι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

3.2 Προστασία διακλάδωσης σε καταναλωτή ΜΤ

Στα σημεία των διακλαδώσεων των ηλεκτρικών γραμμών ΜΤ από όπου ξεκινά η ηλεκτροδότηση των καταναλωτών ΜΣ η ΔΕΗ εγκαθιστά ένα μέσο προστασίας Δ1 διακλάδωσης (σχ.3.2). 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:

- 1) ασφάλειες εκτόνωσης βραδείας τήξης
- 2) διακόπτης απομόνωσης
- 3) αυτόματος διακόπτης ισχύος με κατάλληλους Η/Ν και
- 4) ασφάλειες σκόνης



Σχήμα 3.1: Γραμμή διανομής ΜΤ με διακλάδωση, για παροχή καταναλωτή [1]

ΔΟ = προστασία αναχώρησης της γραμμής,

Δ1 = προστασία διακλάδωσης του καταναλωτή

Δ2 = προστασία εγκατάστασης ΜΤ του καταναλωτή

Δ3 = προστασία εγκατάστασης ΧΤ του καταναλωτή



Εικόνα 3.2 ΑΣΦΑΛΕΙΕΣ ΣΕ ΔΙΑΚΛΑΔΩΣΗ

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 ένα 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 την XT των 400V έως και τον διακόπτη αναχώρησης της γραμμής ΜΤ. Η επιλεκτική συνεργασία πρέπει να υπάρχει τόσο σε σφάλματα γης 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 (>800 kVA).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο[2]

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 το. Εάν ο Μ/Σ είναι μέχρι 630kVA τότε στον ίδιο στύλο με τα όργανα μέτρησης μπορεί να εγκατασταθεί και ο 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:

1. Παροχές Εξωτερικού Χώρου (Τύπου Α)

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

2. Παροχές εσωτερικού Χώρου (Τύπου Β)

- i. Παροχή Τύπου Β1 για ισχύ Μ/Σ μέχρι 630 kVA
- ii. Παροχή Τύπου Β2 για ισχύ τυπικά απεριόριστη και ουσιαστικά περιοριζόμενη 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 800kVA για την Περιφέρεια Αττικής και έως 630kVA για την υπόλοιπη Ελλάδα. Η ΔΕΗ εγκαθιστά ασφαλειοαποζεύκτες με ασφάλειες 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 στύλο αναχωρεί καλωδιακή γραμμή προς τον Υ/Σ του καταναλωτή, την οποία κατασκευάζει ο καταναλωτής και εγκαθιστά μέσα ζεύξης και προστασίας τα οποία θα πρέπει να συνεργάζονται επιλεκτικά με τους ασφαλειοαποζεύκτες (Α/Ζ) της παροχής ΜΤ σε χρόνο μέχρι 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 ΜΤ. 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 προς το συνολικό. 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:

- 1) Ένας κλάδος με έναν ή περισσότερους Μ/Σ παράλληλα συνδεδεμένους με μέγιστη ισχύ διέλευσης του κλάδου τα 630kVA
- 2) Δύο ή περισσότεροι κλάδοι στηνΧΤ

Ο ασφαλειοαποζεύκτης που εγκαθιστά η ΔΕΗ έχει ονομαστική 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 630kVA για την παροχή τύπου Α1. Σε μερικές περιπτώσεις ο καταναλωτής μπορεί να εγκαταστήσει αντί των 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 χρονικής καθυστέρησης, προκειμένου να υπάρχει έστω και μικρή συνεργασία με τους Α/Ζ της ΔΕΗ. Σε μικρούς πάντως Μ/Σ είναι προτιμότερη η εγκατάσταση διακοπών φορτίου με ασφάλειες παρά αυτομάτων διακοπών ισχύος. 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 τις. Δεν ενδείκνυται η τοποθέτηση από τον καταναλωτή Α/Ζ χειριζόμενων με ακόντιο, όπως αυτοί της ΔΕΗ, καθώς απαιτούν για τον χειρισμό τους κατάλληλα μέσα και ειδικά εκπαιδευμένο προσωπικό.

4.2 Παροχή Τύπου Α2 (Σχήμα 4.2)

Για ισχύς μεγαλύτερες των 630kVA όπου δεν είναι δυνατή η κατασκευή Υ/Σ τύπου Α1 κατασκευάζεται η παροχή τύπου Α2 με την διαφορά από την Α1 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 τις, 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 το στύλο της ΔΕΗ μέχρι τον πίνακά του ΜΤ. Η εγκατάσταση περιέχει έναν ή περισσότερους κλάδους με τα ίδια μέσα προστασίας όπως και στην παροχή Α1. 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 50^Α 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 H/N προστασίας σε σφάλματα γης όταν οι H/N φάσεων συνεργάζονται επιλογικά με τους H/N του διακόπτη ισχύος της γραμμής αναχώρησης ΜΤ. Αυτό συμβαίνει όταν π.χ. ο Δ/Ι του καταναλωτή περιλαμβάνει H/N σταθερού χρόνου με ρύθμιση 100Α και χρόνο 0,6sec και στοιχείο στιγμιαίας λειτουργίας 400Α. Η ρύθμιση αυτή παρέχει προστασία και επιτρέπει την ζεύξη Μ/Σ ισχύος 1000kVA στα 15kV και 1250kVA στα 20kV.

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

Στην περίπτωση που στη χαμηλή τάση υπάρχουν δύο κλάδοι παράλληλοι και συμβεί βραχυκύκλωμα στην πλευρά της ΧΤ, το ρεύμα βραχυκύκλωσης στην παροχή θα είναι I ενώ σε κάθε κλάδο $I/2$. Για τον λόγο αυτό οι H/N στην αναχώρηση πρέπει να ρυθμιστούν στο μισό ρεύμα από ότι θα ρυθμιζόνταν αν οι κλάδοι ήταν ανεξάρτητοι. Πρέπει να τονίσουμε ότι στη ΧΤ οι H/N 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 H/N γης που να συνεργάζονται με αυτούς της ΔΕΗ.

4.3 Παροχή Τύπου Β1 (Σχήμα 4.3)

Ο τύπος παροχής Β1 αφορά παροχές από υπόγεια ή εναέρια δίκτυα με εγκατάσταση των οργάνων μέτρησης της ΔΕΗ σε εσωτερικό χώρο. 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 (ΔΦ/Α). Ο καταναλωτής έχει την δυνατότητα να χειρίζεται τον διακόπτη φορτίου, απαγορεύεται όμως η επέμβασή του εντός της κυψέλης. Ο καταναλωτής εγκαθιστά ένα γενικό μέσο απόζευξης που μπορεί να παραλειφθεί όταν ο διακόπτης φορτίου της ΔΕΗ έχει ορατές επαφές ώστε να εξασφαλίζεται η απόζευξη πριν την εκτέλεση εργασιών στον υποσταθμό. Η σύνδεση του Υ/Σ σε υπόγειο δίκτυο γίνεται σε βρόγχο με δύο καλώδια που το ένα έρχεται από τον προηγούμενο καταναλωτή και το άλλο οδεύει προς τον επόμενο. Όταν η διαμόρφωση του δικτύου δεν επιβάλλει σύνδεση σε βρόγχο και ο καταναλωτής δεν ζητήσει εξασφάλιση της παροχής του με δεύτερο καλώδιο τότε η τροφοδοσία του γίνεται με ένα καλώδιο ακτινικά. Ακτινικά γίνεται και η σύνδεση με το εναέριο δίκτυο της ΔΕΗ που οδηγείται υπογείως στον Υ/Σ.

Η μέγιστη ονομαστική τιμή της ασφάλειας σκόνης που τοποθετείται είναι 40Α και εξασφαλίζει επιλογική προστασία με τους H/N γης του διακόπτη ισχύος της ΔΕΗ που οι συνήθεις ρυθμίσεις τους είναι 80Α σε χρόνο 0,7sec για H/N εξαιρετικά αντιστρόφου χρόνου και 160Α σε χρόνο 1sec για H/N σταθερού χρόνου. Η μέγιστη ισχύς του Υ/Σ που αντιστοιχεί σε ασφάλειες 40Α είναι 630kVA. Δεδομένου ότι τα χαρακτηριστικά των ασφαλειών μπορεί να διαφέρουν ανά κατασκευαστή υπάρχει περίπτωση να τοποθετηθεί μεγαλύτερη ασφάλεια που να επιτρέπει υπέρβαση της παραπάνω ισχύος πρέπει όμως απαραίτητα να εξασφαλίζεται η επιλογική συνεργασία με τους H/N γης του Δ/Ι της ΔΕΗ.

Στην πλευρά της ΧΤ τοποθετείται ένα γενικό μέσο προστασίας το οποίο πρέπει να συνεργάζεται επιλογικά με τις ασφάλειες ΜΤ και μπορεί να είναι αυτόματος διακόπτης ή ασφάλειες οι οποίες όμως τοποθετούνται μόνο εφόσον ο Μ/Σ έχει ισχύ μέχρι 200kVA.

4.4 Παροχή Τύπου B2 (Σχήμα 4.4)

Η παροχή τύπου B2 αφορά όπως και η B1 σύνδεση του καταναλωτή MT 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 H/N. Η σύνδεση του Υ/Σ στο δίκτυο γίνεται όπως και στην παροχή B1, σε βρόγχο ή ακτινικά.

Ο καταναλωτής δεν απαιτείται να εγκαταστήσει μέσο προστασίας ανά Μ/Σ στη MT 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. Οι Μ/Σ έντασης επιλέγονται με ονομαστικό ρεύμα πρωτεύοντος μια βαθμίδα παραπάνω από αυτή που αντιστοιχεί στην συμφωνημένη ισχύ. Για την ρύθμιση των H/N των Δ/Ι λαμβάνονται υπόψη τα παρακάτω:

- 1) Η επιλογική προστασία με τον ηλεκτρονόμο του διακόπτη αναχώρησης της γραμμής MT από τη ΔΕΗ πρέπει να υλοποιείται με διαφορά χρόνου τουλάχιστον 0,4sec
- 2) Η προστασία των Μ/Σ του καταναλωτή πρέπει να εξασφαλίζεται από τη ρύθμιση
- 3) Τα ρεύματα ζεύξης των Μ/Σ δεν πρέπει να ενεργοποιούν τον H/N και να ανοίγουν τον Δ/Ι
- 4) Να υπάρχει συνεργασία με τα μέσα προστασίας XT του καταναλωτή
- 5) Να μην ανοίγει ο Δ/Ι σε βραχυχρόνιες αυξήσεις του φορτίου.

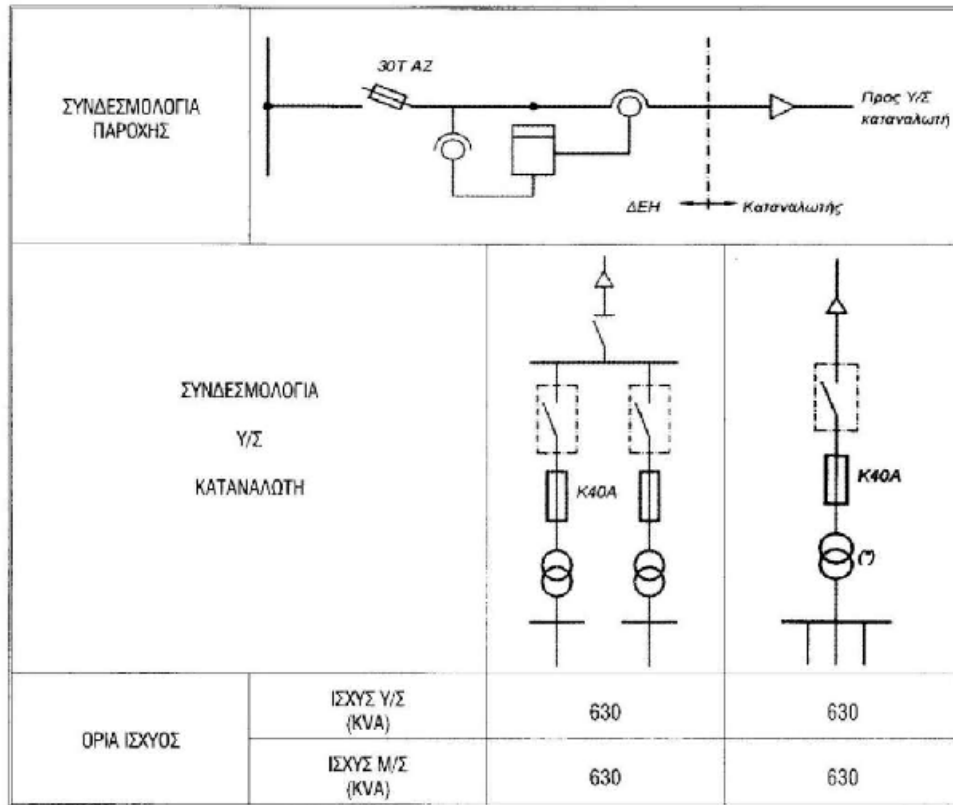
Οι παραπάνω αρχές ρύθμισης εξαρτώνται από το είδος του H/N, σταθερού ή αντιστρόφου χρόνου, του διακόπτη ισχύος της γραμμής αναχώρησης. Σε δίκτυα με προστασία H/N σταθερού χρόνου η ρύθμιση του είναι για H/N φάσεων 400A σε χρόνο 0,6sec και για H/N γης 160A σε χρόνο 1sec. Η ρύθμιση των H/N του Δ/Ι της άφιξης της ηλεκτρικής γραμμής MT πρέπει να είναι για H/N φάσεων 320A σε χρόνο 0,2sec και για H/N γης 120^A σε χρόνο 0,6sec. Προστασία των Μ/Σ του καταναλωτή έναντι βραχυκυκλωμάτων εξασφαλίζεται όταν ο H/N φάσεων του Δ/Ι της άφιξης 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 MT. Η ρύθμιση του στιγμιαίου στοιχείου λειτουργίας του H/N 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 H/N φάσεων χρονικής καθυστέρησης πρέπει να έχει τιμή μεταξύ 2 και 4 της έντασης που αντιστοιχεί στην συμφωνημένη ισχύ του καταναλωτή.

Σε δίκτυα με προστασία H/N αντιστρόφου χρόνου η ρύθμιση του διακόπτη ισχύος της άφιξης πρέπει σε κάθε περίπτωση να είναι τέτοια ώστε να εξασφαλίζεται η συνεργασία με τον Δ/Ι της αναχώρησης της γραμμής MT της ΔΕΗ. Για την επίτευξη της συνεργασίας είναι απαραίτητη η χρήση των στοιχείων στιγμιαίας λειτουργίας των H/N των Δ/Ι.

Προστασία των Μ/Σ του καταναλωτή έναντι βραχυκυκλωμάτων εξασφαλίζεται όταν ο H/N φάσεων του Δ/Ι της άφιξης έχει ρύθμιση που δεν υπερβαίνει το δεκαπλάσιο της ονομαστικής έντασης του μικρότερου Μ/Σ. Η ρύθμιση του στιγμιαίου στοιχείου λειτουργίας του H/N 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 H/N 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. Ενδείκνυται η εγκατάσταση αποφευκτική πριν τους ζυγούς MT του

Υ/Σ του καταναλωτή για την ασφαλή απομόνωση των ζυγών, με ορατές επαφές και εκτέλεση εργασιών στον Υ/Σ.

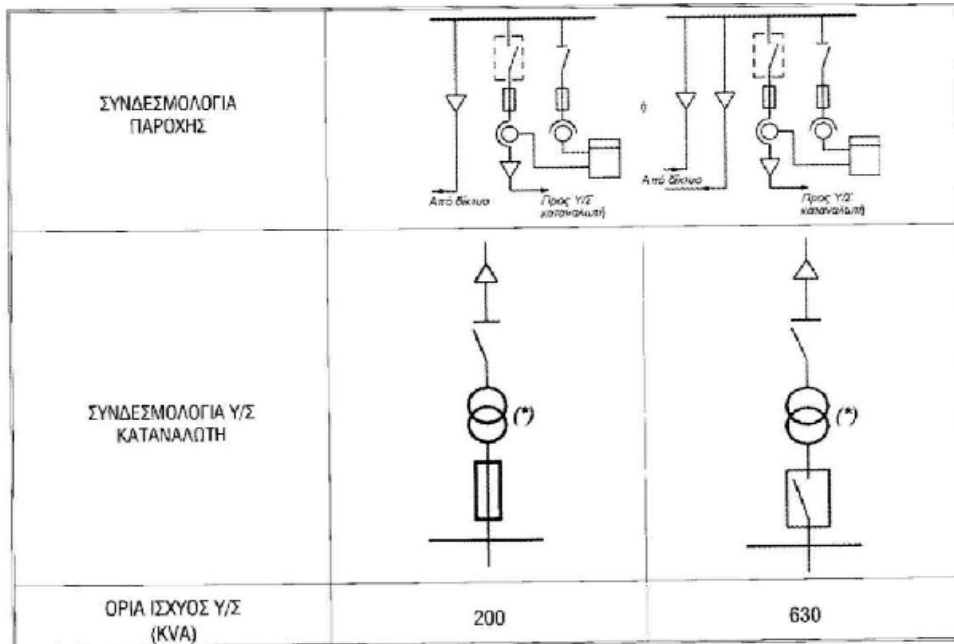


Σχήμα 4.1: Παροχή ΜΤ τύπου Α1 (20 kV) [2]

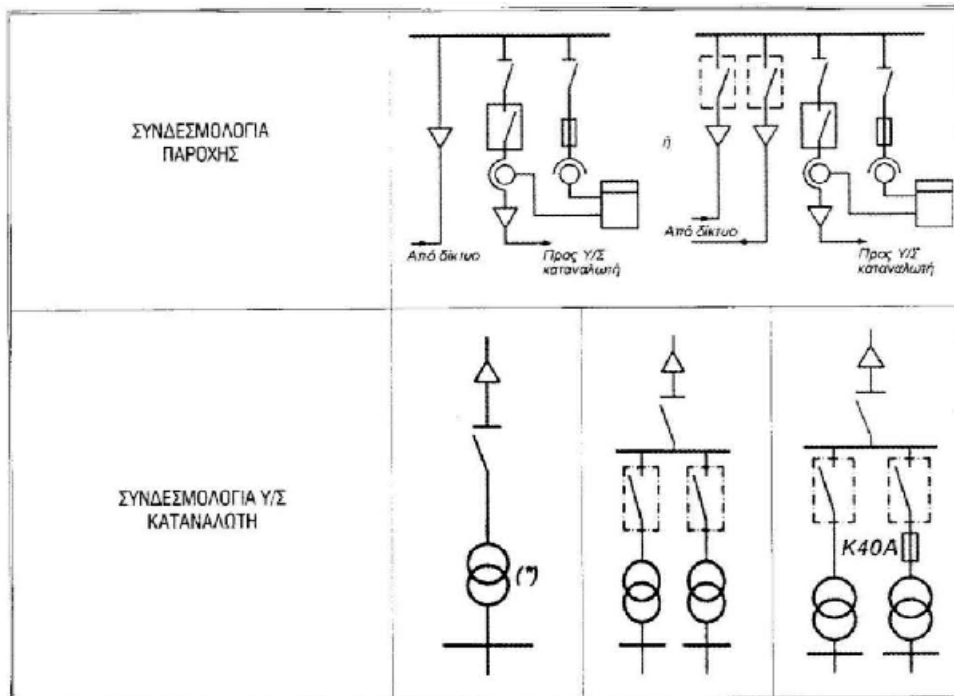
(*) Ένας ή περισσότεροι Μ/Σ σε παράλληλη λειτουργία

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 στοιχεία γης	Όταν οι Η/Ν φάσεων των Δ/Ι συνεργάζονται επιλογικά με την προστασία γης του δικτύου	
	Δ/Ι με στοιχεία γης	Χωρίς περιορισμό	

Σχήμα 4.2: Παροχή ΜΤ τύπου Α2 [2]
 (*) Ένας ή περισσότεροι Μ/Σ σε παράλληλη λειτουργία

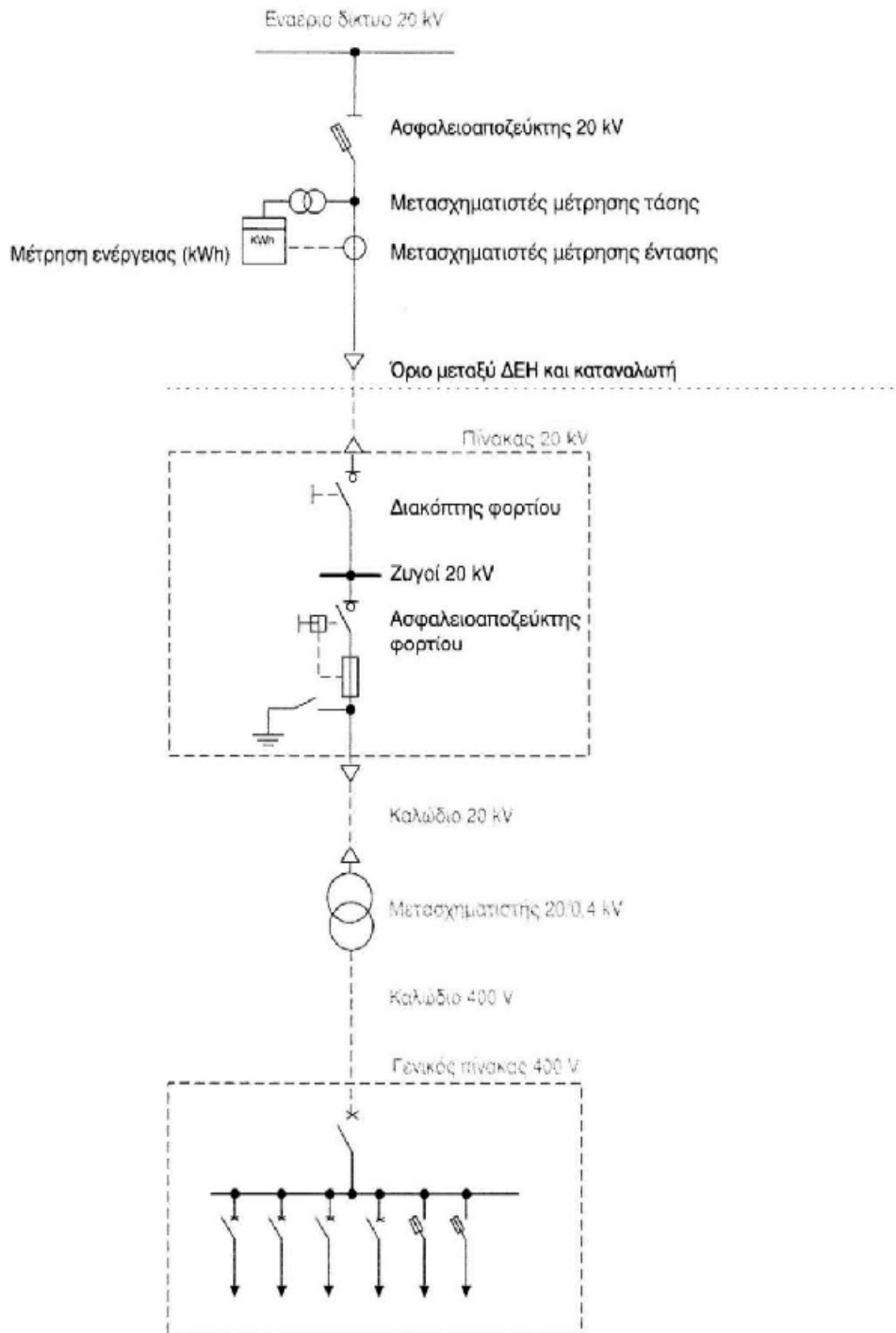


Σχήμα 4.3: Παροχή MT τύπου B1 [2]
 (*) Ένας ή περισσότεροι Μ/Σ σε παράλληλη λειτουργία



Σχήμα 4.4: Παροχή MT τύπου B2 [2]
 (*) Ένας ή περισσότεροι Μ/Σ σε παράλληλη λειτουργία

Μονογραμμικό διάγραμμα υποσταθμού μέσης τάση παροχής τύπου Α1



Σχήμα 4.5 [1]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

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 γείωση 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 γειώσεις, ανάλογα με τη χρήση τους και οι οποίες συνήθως συνυπάρχουν στις εγκαταστάσεις:

- i. **Γείωση λειτουργίας**, που είναι η γείωση ενός σημείου ενός ενεργού κυκλώματος όπως π.χ. η γείωση του ουδετέρου ενός Μ/Σ και η γείωση του ουδετέρου αγωγού του συστήματος.
- ii. **Γείωση προστασίας**, που είναι η γείωση ενός μεταλλικού μέρους που δεν είναι στοιχείο ενεργού κυκλώματος, π.χ. η γείωση του κελύφους μιας ηλεκτρικής συσκευής και οι γειώσεις των μεταλλικών μερών ενός Υ/Σ ΤΜ. Η γείωση προστασίας μειώνει τις τάσεις επαφής και είναι πάντα συνεχής, δεν παρεμβάλλονται αντιστάσεις ή διάκενα.
- iii. **Γείωση ασφαλείας**, που είναι η γείωση του συστήματος της αντικεραυνικής προστασίας. Αυτές οι γειώσεις διοχετεύουν το ρεύμα των κεραυνών προς τη γη. Είναι ανοιχτή ή συνεχής γείωση και οι ανοιχτές μειώνουν την ηλεκτροχημική διάβρωση.

Η γείωση προστασίας έχει σκοπό την προστασία ατόμων από υπερβολικές τάσεις επαφής που ενδέχεται να εμφανιστούν σε περιπτώσεις βλαβών στα αγωγίμα τμήματα ηλεκτρικών εγκαταστάσεων, τα οποία στην κανονική τους λειτουργία έχουν μηδενική διαφορά δυναμικού ως προς την γη. Με την χρησιμοποίηση της γείωσης προστασίας το ρεύμα διαρροής το οποίο προκαλείται από βλάβη της μόνωσης διαφόρων ηλεκτρικών στοιχείων στο μεταλλικό μέρος συσκευών ή εξαρτημάτων, οδηγείται άμεσα στη γη.

Οι μέθοδοι με τις οποίες υλοποιείται η εγκατάσταση γείωσης προστασίας είναι:

- i. η άμεση γείωση
- ii. η ουδετέρωση
- iii. οι διακόπτες διαφυγής

Σε πολλές περιοχές στην Αττική εφαρμόζεται άμεση γείωση, ενώ στο υπόλοιπο δίκτυο της ΔΕΗ η ουδετέρωση.

5.2 Είδη ηλεκτροδίων γείωσης

Οι μορφές ηλεκτροδίων γείωσης ή αλλιώς γειωτών που υπάρχουν είναι:

Γειωτής ράβδου, όπου είναι ένας σωλήνας ονομαστικής διαμέτρου μεγαλύτερης της 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. Η αντίσταση γείωσης είναι περίπου αντιστρόφως ανάλογη του βάθους και δεν εξαρτάται από το πάχος ή την διάμετρο της ράβδου. Εφόσον το επιτρέπει η μηχανικά αντοχή, προτείνονται ηλεκτρόδια χαλκού ή επιχαλκωμένου ή επιμολυβδωμένου χάλυβα γιατί αντέχουν στην διάβρωση.

Γειωτής ταινίας, η οποία τοποθετείται σε χαντάκι βάθους 0,7 – 1m, για να υπάρχει υγρό έδαφος. Η ταινία ή συρματόσχοινο μπορεί να είναι χάλυβας γαλβανισμένος ή επιμολυβδωμένος ή επιχαλκωμένος διαστάσεων 40*4mm². Χρησιμοποιούνται επίσης χάλκινες ταινίες. Η ταινία μπορεί να τοποθετηθεί ευθύγραμμη ή κυκλικά γύρω από την εγκατάσταση όπου λέγεται και

γειωτής βρόχου. Η αντίσταση είναι περίπου αντιστρόφως ανάλογη του μήκους και για το ίδιο μήκος ταινίας ο ευθύγραμμος γειωτής έχει μικρότερη αντίσταση από το κυκλικό. Μια περίπτωση του γειωτή ταινία είναι η θεμελιακή γείωση. Δεν συνιστάται συρματόσχοινο αντί ταινίας σαν ηλεκτρόδιο γείωσης γιατί διαβρώνεται σχετικά γρήγορα. Χάλκινα ή επιχαλκωμένα ηλεκτρόδια γενικά αποφεύγονται όπου στη περιοχή υπάρχουν χαλύβδινοι σωλήνες διότι προκαλούνται διαβρώσεις.

Γειωτής πλάκας, που είναι πλάκα μορφής παραλληλογράμμου, η οποία ενταφιάζεται στο έδαφος με την επιφάνειά της κατακόρυφη. Το πάνω μέρος της βρίσκεται σε βάθος μεγαλύτερο του ενός μέτρου και το υλικό κατασκευής της μπορεί να είναι γαλβανισμένος ή επιχαλκωμένος ή επιμολυβδωμένος χάλυβας με πάχος μεγαλύτερο των 3mm ή χαλκός ή μόλυβδος με πάχος μεγαλύτερο των 2mm.

Γειωτής ακτινικός, όπου ταινίες ή ράβδοι διαμορφώνονται υπό μορφή αστέρα με πολλές ακτίνες. Ο αστέρας βρίσκεται σε οριζόντια θέση, ενταφιασμένος σε βάθος τουλάχιστον 0,8m. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται είναι όμοια όπως στον γειωτή ταινία.

Γειωτής πλέγματος, που είναι πλέγμα από ταινίες ή αγωγός κυκλικής ή άλλης διατομής με τετραγωνικά ανοίγματα πλάτους 0,7 – 2m το οποίο τοποθετείται οριζόντια σε βάθος 0,5 – 1m. Τα ελάχιστα πάχη είναι όπως στους μειωτές ταινίας. Το πλεονέκτημα των γειωτών πλέγματος είναι ότι οι νηματικές τάσεις στο έδαφος, επάνω από το πλέγμα, είναι αμελητέες. Προφανώς ανοίγματα μεγαλύτερα από 0,7m έχουν μεγαλύτερες νηματικές τάσεις απ' ότι πλέγματα με ανοίγματα 0,5m.

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:

- i. 1000A (συνήθως κάτω από 80A) στη ΜΤ
- ii. 230A (συνήθως κάτω από 10A) στη ΧΤ

Ωστόσο σε γειώσεις αντικεραυνικής 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 30cm 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 16mm^2 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 ΜΤ αρκεί αγωγός χαλκού διατομής 16mm^2 . Σε εγκαταστάσεις αλεξικέραυνου η ελάχιστη διατομή για χαλκό είναι 50mm^2 . Η σύνδεση του ουδετέρου του Μ/Σ με τον γειωτή γίνεται με καλώδια τουλάχιστον 25mm^2 .

Στο Πίνακα 5.1 παρουσιάζεται η μέγιστη επιτρεπόμενη ένταση βραχυκυκλώματος για διατομές αγωγών χαλκού για χρόνο λειτουργίας των μέσων προστασίας 1sec.

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

Πίνακας 5.1 [2]

5.4 Θεμελιακή γείωση

Η **θεμελιακή γείωση** προτείνεται κατά κανόνα από όλους τους κανονισμούς και θεωρείται η αποτελεσματικότερη μέθοδος γείωσης. Η θεμελιακή γείωση είναι ένας γειωτής ταινίας που τοποθετείται στο κάτω μέρος των θεμελίων των κτιρίων, μέσα στο σκυρόδεμα. Η τοποθέτηση γίνεται στην βάση των εξωτερικών τοίχων και είναι ένας κλειστός βρόχος. Επειδή το έδαφος και το σκυρόδεμα των θεμελίων είναι υγρό, συνήθως όλο το έτος, επιτυγχάνεται σχετικά χαμηλή αντίσταση γείωσης κάτω των 2Ω, ενώ σε συνήθεις πασαλογειωτές έχουμε περίπου 30Ω. Ο αγωγός του γειωτή μπορεί να είναι:

- i. Ταινίες γαλβανισμένου χάλυβα ελαχίστων διαστάσεων 30mm χ 3,5mm ή 25mm χ 4mm. Συνιστώνται διαστάσεις 40*5 ή 50*4
- ii. Βέργα γαλβανισμένου χάλυβα ελάχιστης διαμέτρου 10mm. Συνιστάται διάμετρος 12mm

Το χαλύβδινο ηλεκτρόδιο τοποθετείται στο περιμετρικό θεμέλιο του κτιρίου. Ο γειωτής πρέπει να περιβάλλεται παντού από δομημένο συμπτυκνωμένο σκυρόδεμα, σε ένα στρώμα πάχους τουλάχιστον 5cm γιατί αλλιώς διαβρώνεται. Μετά την εκσκαφή των θεμελίων κατασκευάζεται μια στρώση από σκυρόδεμα 6-10cm, εκεί πάνω τοποθετείται μια ταινία με την πλατιά της πλευρά όρθια ή μια χαλύβδινη βέργα κυκλικής διατομής και ακολούθως τοποθετείται ο οπλισμός των θεμελίων όπου εκχύνεται, γεμίζει σκυρόδεμα όλο το θεμέλιο. Η όρθια τοποθέτηση της ταινίας εξασφαλίζει μια άνεση στην τοποθέτηση και η ταινία λυγίζει καλύτερα στις γωνίες του κτιρίου. Η τοποθέτηση του γειωτή μέσα στο σκυρόδεμα, στην βάση των θεμελίων εξασφαλίζει αντοχή στην διάβρωση και στις μηχανικές καταπονήσεις. Επιπλέον ο γειωτής είναι σε υγρό έδαφος όπου η αγωγιμότητα είναι μεγάλη. Συνιστάται να συνδέεται στον γειωτή ο οπλισμός του σκυροδέματος του κτιρίου.

Οι απολήξεις του γειωτή έχουν την ίδια διατομή με το ηλεκτρόδιο γειωτή. Το μήκος τους είναι 1,5m και τοποθετούνται στον τοίχο του κτιρίου εσωτερικά. Η απόληξη απέχει στο κάτω μέρος της στην έξοδο της από τον τοίχο, 30cm από το έδαφος. Η σύνδεση με την λοιπή εγκατάσταση γίνεται με χάλκινο αγωγό διατομής 16mm² τουλάχιστον ή καλύτερα 25mm². Εάν υπάρχει σύστημα αντικεραυνικής προστασίας, συνδέεται στη θεμελιακή γείωση και τα αλεξικέρανα, 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 αναφοράς των δυναμικών και λέμε ότι η τάση της άπειρης γης είναι μηδέν. Πρακτικά, άπειρη απόσταση θεωρείται 5 με 10 φορές επί την μεγαλύτερη διάσταση του γειωτή. Για γειωτές πασσάλους με 3m βάθος, η απόσταση της άπειρης

γης είναι 20m και σε αυτήν 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 το 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 1 m από το 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 χοάνη δυναμικού δεν εξαρτάται από την ειδική αντίσταση του εδάφους, εφόσον είναι ομοιογενές αλλά από την γεωμετρία του γειωτή. Επίσης η χοάνη δυναμικού χρησιμοποιείται για να εκτιμήσουμε το σφάλμα στη μέτρηση της αντίστασης των γειωτών.

Η αντίσταση γείωσης εξαρτάται από την ειδική αντίσταση του εδάφους, η οποία επηρεάζεται από:

- i. το είδος του εδάφους, όπου ένα ελώδες έδαφος έχει πολύ μικρότερη αντίσταση από ένα ξηρό έδαφος
- ii. την υγρασία, όπου η αντίσταση μειώνεται αυξανόμενης της υγρασίας του εδάφους
- iii. την θερμοκρασία, όπου η αντίσταση μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας
- iv. την μορφή της τάσης και τέλος
- v. από το βάθος όπου βρίσκεται ο γειωτής, το μεγαλύτερο βάθος 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 δύο τρόπους, μέσω τάσης και έντασης ή με γέφυρα, που ονομάζεται γειωσόμετρο. Πρέπει κανείς να μετρήσει τόσο με την τάση της πηγής που έχει προβλεφθεί όσο και με μηδενική τάση ώστε στην μέτρηση να εκτιμηθεί το σφάλμα από παρασιτικά ρεύματα που υπάρχουν συνήθως στην γη.

Μέτρηση της αντίστασης μέσω τάσης και έντασης

Διοχετεύουμε εναλλασσόμενο ρεύμα στην γη μέσω ενός άγνωστου γειωτή και μετράμε την πτώση τάσης στον γειωτή. Μια φάση του γειωμένου δικτύου ενώνεται μέσω μιας ρυθμιζόμενης αντίστασης 20...1000Ω με το γειωτή. Η ένταση του ρεύματος ρυθμίζεται με την αντίσταση. Η τάση του γειωτή ως προς την άπειρη γη μετριέται με ένα βολτόμετρο. Γι' αυτό χρησιμοποιούμε ένα βοηθητικό ηλεκτρόδιο με δυναμικό την άπειρη γη, που μπορεί να είναι γειωτής ράβδου π.χ. πάσσαλος καρφωμένος στο έδαφος σε 0,5m βάθος περίπου και σε απόσταση 20-50m μακριά από τον γειωτή. Για να γίνει η μέτρηση της τάσης με ικανοποιητική ακρίβεια πρέπει η αντίσταση του βολτομέτρου να είναι τουλάχιστον 50-100 φορές μεγαλύτερη από την αντίσταση του βοηθητικού γειωτή, που είναι περίπου 500-1000Ω. Η τάση του γειωτή πρέπει να είναι κάτω των 50V για λόγους προστασίας. Η άγνωστη αντίσταση γείωσης είναι: $R=U/I$.

Κατά την μέτρηση πρέπει να διακοπεί η σύνδεση του αγωγού προστασίας με τον ουδέτερο διότι το ρεύμα γης ανυψώνει το δυναμικό του ουδέτερου και ενδεχομένως του αγωγού προστασίας της εγκατάστασης ως προς την άπειρη γη. Αντί του δικτύου μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια οποιαδήποτε άλλη βοηθητική πηγή, η οποία πρέπει να είναι γειωμένη στο ένα της άκρο. Η συγκεκριμένη μέτρηση παρουσιάζει μια ανακρίβεια, συνήθως λόγω ρευμάτων 50Hz ή άλλων συχνοτήτων και συνεχών ρευμάτων που κυκλοφορούν στη γη και επιπλέον έχουμε την εξάρτηση από την τάση του δικτύου.

Μέτρηση της αντίστασης με γέφυρα

Στην μέτρηση αυτή, η οποία δεν παρουσιάζει τα μειονεκτήματα της προηγούμενης, χρησιμοποιείται μια πηγή τάσης 50-500V και συχνότητας 70-140HZ. Αυτή γειώνεται μέσω ενός βοηθητικού πασσάλου σε βάθος 0,3-0,5m. Το άλλο της άκρο οδηγείται στον γειωτή με την άγνωστη αντίσταση. Ένας μετασχηματιστής ρεύματος με λόγο 1:n χρησιμεύει για να τροφοδοτήσει μια γέφυρα. Το όργανο μηδενισμού συνδέεται με βοηθητικό ηλεκτρόδιο γείωσης και μηδενίζοντας το ρεύμα στο όργανο έχουμε:

$$U_x = U_o \Rightarrow R_x I_x = R_o I_o \text{ και επειδή } I_o = n I_x \text{ έχουμε } R_x = n R_o$$

Το όργανο μηδενισμού έχει πυκνωτή για την αποφυγή της επίδρασης της συνεχούς συνιστώσας. Το ρεύμα που περνά από την αντίσταση είναι τάξης μεγέθους 10 mA.

5.6 Γείωση στην εγκατάσταση MT

Στους υποσταθμούς, όπως 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 δύο λόγους:

- i. Προστασία ατόμων από επικίνδυνες τάσεις επαφής και νηματικές τάσης σε βραχυκυκλώματα μεταξύ φάσης και γης στη MT. Αυτά λέγονται και σφάλματα γης ή υπερπηδήσεις MT όπως π.χ. η υπερπήδηση τόξου μεταξύ φάσης και δοχείου του Μ/Σ ή και άλλων μεταλλικών μερών του Υ/Σ.
- ii. Χρειάζεται γείωση λειτουργίας του ουδέτερου του Μ/Σ και γείωση προστασίας στην εγκατάσταση XT για προστασία ατόμων από επικίνδυνες τάσεις επαφής.

Στους καταναλωτές MT έχουμε συνήθως πέντε κυκλώματα που πρέπει να γειωθούν και είναι:

- i. Στην είσοδο του υποσταθμού, στον εναέριο στύλο της ΔΕΗ γειώνονται οι αγωγικές τάσεις
- ii. Στον Μ/Σ και τις κυψέλες MT γειώνονται τα μεταλλικά μέρη
- iii. Στον Μ/Σ γειώνεται ο ουδέτερος κόμβος
- iv. Ο ουδέτερος αγωγός γειώνεται στον πίνακα των καταναλωτών XT και προστίθεται και ο αγωγός προστασίας (PE)
- v. 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 ισοδυναμικό πλέγμα στο δάπεδο του Υ/Σ.

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

Ανάλογα με την τιμή της γείωσης που επιτυγχάνουμε διακρίνουμε δύο περιπτώσεις και σχεδιάζουμε τις γειώσεις MT και XT:

A. Συνολική αντίσταση γείωσης μικρότερη του 1 Ω (Σχήμα 5.1α,β)

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

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

B. Συνολική αντίσταση γείωσης μεγαλύτερη του 1Ω . (Σχήμα 5.2α,β)

Στην συγκεκριμένη περίπτωση η γείωση των μεταλλικών μερών της ΜΤ του Υ/Σ πρέπει να διαχωριστεί από την γείωση του ουδέτερου του Μ/Σ στη ΧΤ, ανεξάρτητα από την μέθοδο προστασίας σε τάσεις επαφής της εγκατάστασης ΧΤ. Οι δύο γειωτές ΜΤ και ΧΤ πρέπει να απέχουν τουλάχιστον 20 μέτρα ώστε να ελαχιστοποιείται η μεταξύ τους αλληλεπίδραση. Η αντίσταση γείωσης των γειωτών ΜΤ πρέπει να είναι μικρότερη των 40Ω ενώ η αντίσταση γείωσης της ΧΤ πρέπει να είναι οπωσδήποτε μικρότερη του 10Ω και αν δεν επιτευχθεί αυτό πρέπει να ληφθούν κατάλληλα μέτρα όπως ισοδυναμικό πλέγμα και ισοδυναμικές επιφάνειες.

Η γείωση των μεταλλικών μερών της παροχής ΜΤ θα πραγματοποιείται ανάλογα με τον τύπο παροχής ως εξής:

Παροχή τύπου Α

Σε παροχές εξωτερικού χώρου τα αλεξικέρανα της ΔΕΗ γειώνονται σε ιδιαίτερο γειωτή, π.χ. πάσσαλο 3m στο έδαφος, που είναι κατασκευή της ΔΕΗ. Τα μεταλλικά της ΜΤ και ΧΤ γειώνονται σε κοινή εγκατάσταση γείωσης, τα οποία είναι:

- i. Οι μετρητές
- ii. Τα αλεξικέρανα του καταναλωτή
- iii. Οι μανδύες των καλωδίων ΜΤ
- iv. Τα μεταλλικά μέρη των κυψελών ΜΤ του καταναλωτή
- v. Το δοχείο του Μ/Σ
- vi. Ο ουδέτερος της ΧΤ

Οι εγκαταστάσεις γείωσης είναι τρεις. Η πρώτη είναι αυτή των αλεξικέρανων της ΔΕΗ (πάσσαλος), η δεύτερη είναι στο στύλο των μετρητών (πάσσαλος) και η Τρίτη στον εσωτερικό χώρο του καταναλωτή. Η τελευταία γείωση γίνεται με πασσάλους από γαλβανισμένο σωλήνα, διαμέτρου 2» και σε βάθος 3m στο έδαφος. Οι πάσσαλοι ενδείκνυται να είναι τρεις τουλάχιστον, σε απόσταση 6m ο ένας από τον άλλον. Συνίσταται αντί πασσάλων να χρησιμοποιείται θεμελιακή γείωση. Στην εγκατάσταση του εσωτερικού χώρου ενδείκνυται η χρησιμοποίηση ισοδυναμικού πλέγματος σε βάθος 5cm σε όλο το δάπεδο του Υ/Σ ΜΤ που είναι βατό από ανθρώπους. Σαν ισοδυναμικό πλέγμα χρησιμοποιείται δομικό πλέγμα από διασταυρωμένα και συγκολλημένα χαλύβδινα σύρματα με διάμετρο τουλάχιστον 5mm, με ανοίγματα το πολύ $300 \times 300 \text{mm}^2$. Το δομικό πλέγμα βρίσκεται μέσα στο μπετόν του δαπέδου σε βάθος 5 με 10cm. Στο πλέγμα συγκολλούνται χαλύβδινες ταινίες $30 \times 3,5 \text{mm}^2$ για σύνδεση με τα μεταλλικά μέρη των κυψελών και τους γειωτές. Ενδείκνυται η χρησιμοποίηση του γαλβανισμένου χάλυβα.

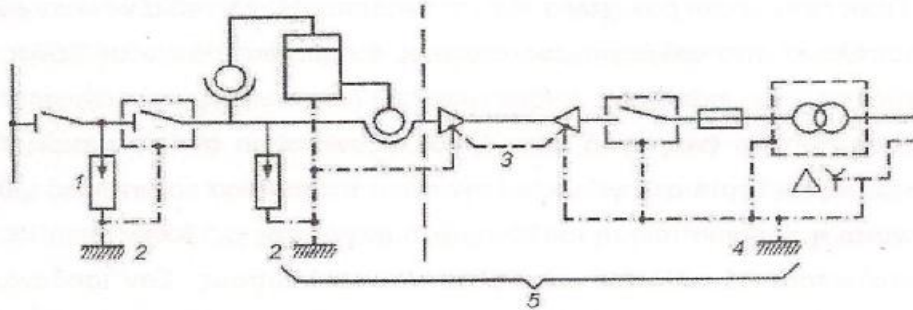
Αντί δομικού πλέγματος μπορούν να χρησιμοποιηθούν ταινίες γαλβανισμένου χάλυβα $30 \times 3,5 \text{mm}^2$ σε βάθος 5cm στο μπετόν. Τοποθετούνται παράλληλα σε απόσταση 0,5-0,7cm η μια από την άλλη και συνδέονται με βίδες μετωπικά πάλι με ταινίες των ίδιων διαστάσεων. Δεν ενδείκνυται η χρήση πλέγματος από χαλκό σε συνδυασμό με χαλύβδινα ηλεκτρόδια γείωσης, γιατί μπορεί να επέλθει ηλεκτροχημική διάβρωση του χάλυβα.

Παροχή τύπου Β

Στις παροχές τύπου Β οι εγκαταστάσεις της ΔΕΗ και των καταναλωτών γειώνονται είτε σε γειωτές (πασσάλους) όπως στην παροχή Α, είτε σε θεμελιακή γείωση. Στο χώρο της ΔΕΗ και του

καταναλωτή κατασκευάζονται ισοδυναμικά πλέγματα. Η εγκατάσταση ισοδυναμικού πλέγματος, εφόσον δεν έχει κατασκευαστεί θεμελιακή γείωση στο χώρο των πινάκων ΜΤ, είναι υποχρεωτική ανεξάρτητα της τιμής της αντίστασης γείωσης του Υ/Σ. Σαν ισοδυναμικό πλέγμα χρησιμοποιείται δομικό πλέγμα από διασταυρωμένα και συγκολλημένα χαλύβδινα σύρματα με διάμετρο τουλάχιστον 5mm, με ανοίγματα το πολύ 300* 300mm²

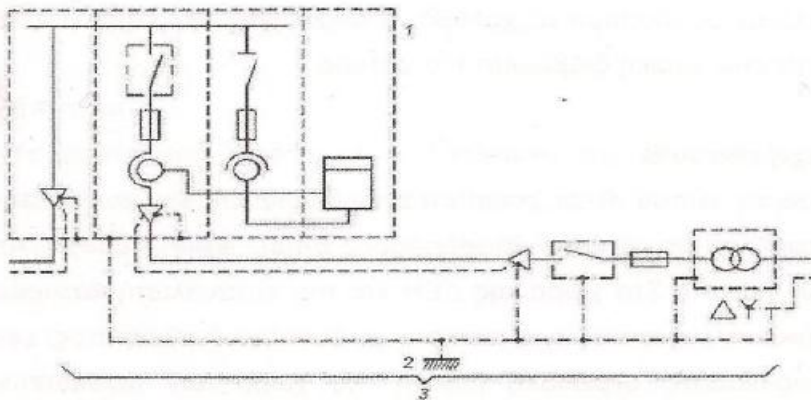
Παροχή τύπου Α



Σχήμα 5.1α: 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, $R_Y \leq 1 \Omega$

Παροχή τύπου Β

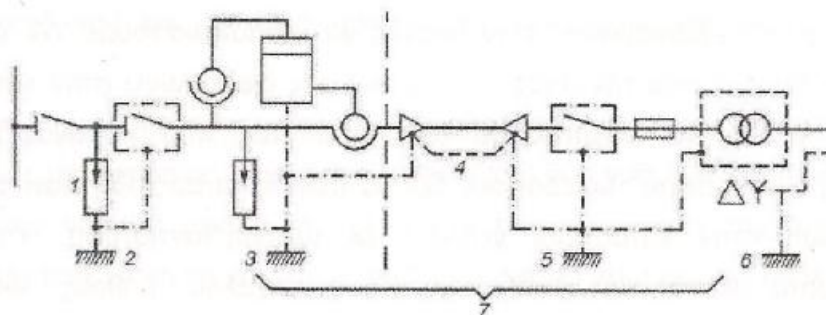


Σχήμα 5.1β: Εγκατάσταση γείωσης Υ/Σ με τιμή αντίστασης γείωσης $< 1 \Omega$

1. Κυψέλες MT
2. Γείωση (κατά προτίμηση θεμελιακή)
3. Αντίσταση γείωσης MT και XT, $R_Y \leq 1 \Omega$

[2]

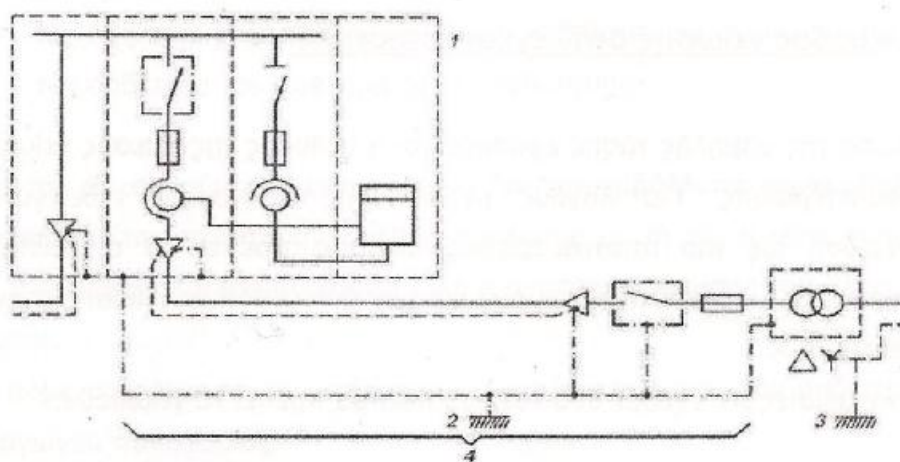
Παροχή τύπου A



Σχήμα 5.2α: Εγκατάσταση γείωσης Υ/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, $R_Y \leq 40 \Omega$

Παροχή τύπου B



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

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

[2]

5.7 Γείωση Υ/Σ σε μη Αγωγικό 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 οδηγήσει 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 διανοίγουν οπές διαμέτρου 40-45mm και βάθους μεγαλύτερου των 40m. Με ένα τέτοιο μηχάνημα ανοίγουμε οπές βάθους 12m, τις εμπλουτίζουμε με αγωγίμο μη οξειδωτικό υλικό και τοποθετούμε τα κατάλληλα ηλεκτρόδια εξασφαλίζοντας τα σημεία ένωσης τους για την αγωγιμότητά τους και την αντιδιαβρωτική τους προστασία. Ποτέ δεν βελτιώνουμε μια γείωση με αλάτι. Μια τέτοια γείωση έχει σχετικά υψηλό κόστος, όμως σε καμία περίπτωση δεν ξεπερνάει το 5% της αξίας του όλου Υ/Σ και πρέπει να γίνεται ώστε να έχουμε αποτελεσματική γείωση.

5.8 Μέθοδος Γείωσης Στην Εγκατάσταση ΧΤ

Στο χώρο της χαμηλής τάσης εφαρμόζεται η μέθοδος της άμεσης γείωσης ή της ουδετέρωσης. Για λόγους μεγαλύτερης ασφάλειας ενδείκνυται η ουδετέρωση ως πιο αποτελεσματική. Ωστόσο πρέπει να σημειωθεί ότι απαγορεύεται η σύγχρονη εφαρμογή και των δύο μεθόδων γείωσης στην ίδια εγκατάσταση ΧΤ.

Σε καταναλωτές ΧΤ έχουμε δύο κυκλώματα που πρέπει να γειωθούν:

- i. Στο μετρητή γειώνεται ο ουδέτερος και προστίθεται ο αγωγός προστασίας
- ii. Γειώνεται το σύστημα της αντικεραυνικής προστασίας αν υπάρχει

Αν ο καταναλωτής έχει πολλούς πίνακες ΧΤ αρκεί κανείς να γειώσει τον ουδέτερο στον κύριο πίνακα διανομής. Αν όμως ενώσουμε τον ουδέτερο με τον αγωγό γης και σε άλλο πίνακα, τότε χρειάζεται και εκεί ηλεκτρόδιο γείωσης.

Κάθε σύστημα σύνδεσης γειώσεων συμβολίζεται με δύο γράμματα και σε ορισμένες περιπτώσεις χρησιμοποιούνται ένα ή δύο γράμματα επιπλέον.

Το πρώτο γράμμα αφορά τη σχέση των ενεργών μερών του συστήματος τροφοδότησης με τη γη και χαρακτηρίζει τον τρόπο γείωσης του ουδετέρου:

- T – Άμεση σύνδεση του ουδετέρου με τη γη
- I – Όλα τα ενεργά μέρη απομονωμένα από τη γη ή ένα σημείο συνδεδεμένο με τη γη μέσω μιας σύνθετης αντίστασης σημαντικής τιμής

Το δεύτερο γράμμα αφορά τη σχέση των εκτεθειμένων αγωγίμων μερών της εγκατάστασης προς τη γη και χαρακτηρίζει τον τρόπο γείωσης αυτών:

- T – Άμεση ηλεκτρική σύνδεση των εκτεθειμένων αγωγίμων μερών με τη γη, ανεξάρτητα από τη γείωση του ουδετέρου του συστήματος τροφοδότησης
- N – Άμεση ηλεκτρική σύνδεση των εκτεθειμένων αγωγίμων μερών με τον ουδέτερο του συστήματος τροφοδότησης

Λέγοντας άμεση σύνδεση εννοούμε ότι δεν παρεμβάλλεται καμία ηθελημένη αντίσταση. Στην περίπτωση άμεσης σύνδεσης με τη γη, η μόνη αντίσταση που παρεμβάλλεται αναπόφευκτα είναι η αντίσταση γείωσης του ηλεκτροδίου γείωσης.

Τα επόμενα γράμματα, αν υπάρχουν, αφορούν στη σχέση του ουδέτερου και του αγωγού προστασίας:

- S=H – Η προστασία εξασφαλίζεται από ιδιαίτερο αγωγό προστασίας διαφορετικό από τον ουδέτερο
- C – Οι λειτουργίες ουδέτερου και αγωγού προστασίας συνδυάζονται σε ένα μόνο αγωγό (αγωγός PEN)

Τα συστήματα σύνδεσης γειώσεων που χρησιμοποιούνται είναι:

▼ Σύστημα σύνδεσης γείωσης TN

Τα δίκτυα τροφοδότησης, στα οποία εφαρμόζεται το σύστημα TN, έχουν τον ουδέτερο άμεσα γειωμένο προς τη γη, ενώ τα εκτεθειμένα αγωγίμα μέρη της εγκατάστασης συνδέονται με τον ουδέτερο μέσω του αγωγού προστασίας.

Υπάρχουν τρεις μορφές συνδεσμολογίας του συστήματος σύνδεσης γειώσεων TN ανάλογα με τη σχέση του ουδέτερου και του αγωγού προστασίας:

ο Σύστημα TN-S

Στο σύστημα TN-S ο ουδέτερος (N) και ο αγωγός προστασίας (PE) είναι χωριστοί (S=separated),

ο Σύστημα TN-C

Στο σύστημα TN-C οι λειτουργίες του ουδέτερου (N) και του αγωγού προστασίας (PE) συνδυάζονται μόνο σε ένα αγωγό (PEN) σε ολόκληρο το σύστημα (C=common),

ο Σύστημα TN-C-S

Στο σύστημα TN-C-S οι λειτουργίες του ουδέτερου (N) και του αγωγού προστασίας (PE) συνδυάζονται σε ένα μόνο αγωγό (PEN) σε ένα μόνο μέρος του συστήματος, ενώ στο υπόλοιπο σύστημα οι αγωγοί N και PE είναι χωριστοί.

▼ Σύστημα σύνδεσης γείωσης TT

Τα συστήματα τροφοδότησης, στα οποία εφαρμόζεται το σύστημα TT, έχουν τον ουδέτερο άμεσα γειωμένο προς τη γη, ενώ τα εκτεθειμένα αγωγίμα μέρη της εγκατάστασης συνδέονται με ηλεκτρόδια γείωσης ηλεκτρικά ανεξάρτητα από τη γείωση του συστήματος τροφοδότησης.

▼ Σύστημα σύνδεσης γείωσης IT

Στο σύστημα αυτό όλα τα ενεργά μέρη είναι μονωμένα προς τη γη, μέσω μιας σύνθετης αντίστασης μεγάλης τιμής, ενώ τα εκτεθειμένα αγωγίμα μέρη της εγκατάστασης είναι γειωμένα.

5.9 Έλεγχος βηματικών τάσεων

Μετά την ολοκλήρωση των γειώσεων και των ισοδυναμικών συνδέσεων (γεφυρώσεων) με τα ενδοδαπέδια πλέγματα και τις περιφερειακές λάμες, επιβάλλεται ο έλεγχος των βηματικών τάσεων. Βηματική τάση ονομάζουμε την διαφορά δυναμικού ανάμεσα σε οποιαδήποτε δύο σημεία του εδάφους που απέχουν μεταξύ τους όσο το κανονικό βήμα ενός ανθρώπου, περίπου 70cm. Αν στο δάπεδο παρουσιαστεί κάποια τάση, αυτή δεν πρέπει να διαφοροποιείται αισθητά σε μικρές αποστάσεις ώστε να μην βρεθεί ο άνθρωπος που βαδίζει πάνω στο δάπεδο σε επικίνδυνη διαφορά δυναμικού. Μια τάση μερικών δεκάδων V μπορεί να προκαλέσει σύσπαση και παράλυση του μυϊκού συστήματος, μαρμαρυγή και ενδεχομένως τον θάνατο. Ο έλεγχος του δαπέδου για την αποφυγή τέτοιων επικίνδυνων βηματικών τάσεων γίνεται με την παρακάτω διαδικασία:

- i. Σε δύο σημεία που απέχουν μεταξύ τους 70cm, τοποθετούμε δύο μεταλλικά βαρίδια διαστάσεων 10*10*30cm κατά τρόπο που να πατάει στο έδαφος μια επιφάνεια 10*30cm, περίπου όσο το πέλμα του ανθρώπου)
- ii. Στα δύο μεταλλικά τεμάχια (βαρίδια) παρεμβάλλουμε ένα βολτόμετρο ικανό να μετράει τάσεις από 0,1V μέχρι 100V
- iii. Πάνω στο ένα βαρίδιο δίνουμε τάση ελεγχόμενη 100V και παίρνουμε την ένδειξη του βολτομέτρου.

Από τα παραπάνω στοιχεία υπολογίζουμε την τάση βηματισμού με την σχέση:

$$U_b = U_{end} * \frac{U_{diktou}}{U_{dokimiv}}$$

Όπου:

U_b = τάση βηματισμού

U_{diktou} = τάση φασικής παροχής της ΔΕΗ (TM)

U_{end} = τάση ένδειξης βολτομέτρου τάση δοκιμής

Η μέτρηση μπορεί να συνεχιστεί δίνοντας τάση σε ηλεκτρόδιο καρφωμένο στην γη κοντά στο ένα βαρίδι, σε πολλές θέσεις του κρίσιμου χώρου.

5.10 Προστασία από ηλεκτροπληξία

Βασικό μέγεθος για την ηλεκτροπληξία είναι η τάση επαφής. Τάση επαφής, είναι η τάση που εμφανίζεται ταυτόχρονα σε δύο αγωγία προσεγγιστικά σημεία, δηλαδή ο άνθρωπος μπορεί να πάθει ηλεκτροπληξία όταν έρθει σε επαφή με δύο μεταλλικά ή αγωγία μέρη που έχουν διαφορά δυναμικού και αυτά μπορεί να είναι:

- Οι ενεργοί αγωγοί ενός κυκλώματος, δηλαδή οι αγωγοί φάσεων ή ο ουδέτερος με τη γη ή με γειωμένα αντικείμενα
- 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 ακουμπήσει κάποιος 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. Επικίνδυνη επίσης έμμεση επαφή θεωρείται αν λόγω κατεστραμμένης μόνωσης μεταλλικά προσβάσιμα μέρη όπως π.χ. σωλήνες τεθούν υπό τάση ενώ δίπλα τους βρίσκονται μεταλλικά γειωμένα αντικείμενα. Έτσι ακουμπώντας κανείς τα δύο αυτά μεταλλικά μέρη, τα γεφυρώνει και βρίσκεται υπό τάση. Μια άλλη περίπτωση ηλεκτροπληξίας με άμεση επαφή είναι όταν μετά από σφάλμα στην εγκατάσταση τα ρεύματα που ρέουν προς τη γη επάγουν μεγάλες πτώσεις τάσης στο έδαφος, οπότε αν ένα άτομο πατάει στο έδαφος, κοντά στο σημείο που έχει γίνει το σφάλμα, υποβάλλεται σε μια τάση μεταξύ των ποδιών του, την βηματική τάση, η οποία 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:
 - i. Ισχυρή μόνωση
 - ii. Φράγματα ή περιβλήματα
 - iii. Εμπόδια
 - iv. Οροθέτησης σε απρόσιτη θέση

- v. Χώροι με μη αγώγιμο δάπεδο
- vi. Χώροι με ισοδυναμικές συνδέσεις
- vii. Αγείωτα συστήματα (γαλβανικά απομονωμένα)

- Χρήση πολύ χαμηλών τάσεων

Δηλαδή τάσεις λειτουργίας αρκετά κάτω από τα 50V ΕΡ ή 120V ΣΡ. Οι τιμές αυτές πρέπει να εξασφαλίζονται και σε ανώμαλες καταστάσεις

- Ταχεία απόζευξη επικίνδυνων τάσεων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο

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. Μπορούμε να δούμε στο Πίνακα 6.1 τις τάσεις δοκιμής Μ/Σ και τις αποστάσεις:

Ονομαστική τάση	20kV
Μέγιστη διαρκώς επιτρεπόμενη τάση	24kV
Ενεργός τάση δοκιμής τυλίγματος (1sec)	50kV
Ενεργός τάση δοκιμής μονωτήρων (1sec)	55kV
Κρουστική τάση δοκιμής 1,2/50ks	125kV
Αποκομμένη κρουστική τάση δοκιμής	145kV
Αποστάσεις μεταξύ μονωτήρων διέλευσης	210mm
Αποστάσεις μεταξύ φάσεων και γης	215mm

Πίνακας 6.1 [3]

Οι εξωτερικές υπερτάσεις λόγω κεραυνών είναι τάξη μεγέθους πολλών εκατοντάδων kV και είναι ιδιαίτερα επικίνδυνες στις υπαίθριες παροχές Α1 και Α2, για αυτό η προστασία είναι απαραίτητη. Προστασία της εγκατάστασης δεν χρειάζεται αν έχουμε υπόγεια παροχή από υπόγειο δίκτυο, γιατί δεν πέφτουν κεραυνοί στα καλώδια και αν πέσουν στην αναχώρηση τους τότε αποσβένονται αν έχουμε μήκη μεγαλύτερα από 500m. Η προστασία έναντι κεραυνικών υπερτάσεων περιλαμβάνει την εγκατάσταση από την ΔΕΗ αλεξικέραυνων συνήθως στο σημείο παροχέτευσης στον εναέριο στύλο. Αν το καλώδιο του καταναλωτή έχει μήκος μικρότερο των 500m συνίσταται η τοποθέτηση αλεξικέραυνων και στις δύο άκρες του καλωδίου. Τα αλεξικέραυνα, όπως έχουμε αναφέρει στο κεφάλαιο 2.6, συνδέονται μεταξύ φάσης και γείωσης της ΜΤ και εγκαθίστανται κοντά στον Μ/Σ, λιγότερο από 20m, ή μέσα στον οικίσκο του Μ/Σ ή και στις κυψέλες.

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

αρκετά μικρότερη από την ηλεκτρική αντοχή της εγκατάστασης. Οι απαγωγείς τάσεων αποτελούνται από ένα σπινθηριστή, διάκενο αέρα, σε σειρά με μη γραμμικές αντιστάσεις. Αν η τάση υπερβεί μια ορισμένη τιμή, διασπάται ο σπινθηριστής και βραχυκυκλώνεται το δίκτυο μέσω των μη γραμμικών αντιστάσεων. Η τάση δεν αυξάνεται σημαντικά με το ρεύμα, δηλαδή η αντίσταση μειώνεται με το ρεύμα. Έτσι η τάση διατηρείται κάτω από την τάση αντοχής. Η χρονική διάρκεια λειτουργίας του απαγωγέα προσδιορίζεται από την διάρκεια των κεραυνών, συνήθως 50...100μs. Αφού περάσει η υπέρταση και εφαρμοστεί η τάση του δικτύου, το εναλλασσόμενο ρεύμα του απαγωγέα μειώνεται λόγω της μειωμένης τάσης σε τέτοιο σημείο ώστε το τόξο στον σπινθηριστή να σβήσει στον επόμενο μηδενισμό του ρεύματος. Έτσι ο απαγωγέας γίνεται πλέον μη αγωγίμος. Το ρεύμα του δικτύου των 20kV, που ρέει μέσω των αντιστάσεων του

αλεξικέρανου, είναι μικρό αλλά θα προκαλούσε πολύ υψηλές θερμοκρασίες και κατανάλωση ισχύος στο δίκτυο, για τον λόγο αυτό υπάρχει διάκενο αέρος στον απαγωγέα. Τα χαρακτηριστικά στοιχεία των απαγωγέων έχουν παρατεθεί στον πίνακα του κεφαλαίου 2.6. Όταν η θερμότητα που εκλύεται στην αντίσταση ενός απαγωγέα από το κρουστικό ρεύμα υπερβεί ένα όριο, τότε οι αντιστάσεις μπορεί να καταστραφούν. Οι απαγωγείς έχουν σύστημα ανακούφισης από την πίεση. Υπάρχει επίσης ορατή ένδειξη όταν λειτουργήσει αυτό το σύστημα ώστε να αντικατασταθεί ο απαγωγέας.

6.1 Προστασία ηλεκτρικών εγκαταστάσεων XT κατά των υπερτάσεων

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

- i. υπερτάσεις από κατευθείαν πλήξη του δικτύου XT
- ii. υπερτάσεις από μαγνητικές ζεύξεις και από το ότι οι φάσεις του δικτύου έχουν γείωση (ουδέτερος M/Σ) 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 και τις φάσεις του δικτύου
- iii. υπερτάσεις εξ επαγωγής ή λόγω γειννίας Η προστασία έναντι υπερτάσεων στην χαμηλή τάση γίνεται στην είσοδο των κυκλωμάτων όπου εγκαθίστανται απαγωγείς τάσεων και στην είσοδο συνήθως ηλεκτρονικών κυκλωμάτων όπου τοποθετούνται πυκνωτές, αυτεπαγωγές.

Βασικά χαρακτηριστικά των απαγωγέων XT είναι τα εξής:

- i. η μέγιστη τάση λειτουργίας, δηλαδή η τάση για την οποία δεν πρέπει να άγουν
- ii. η τάση αφής, δηλαδή η συνεχής ή εναλλασσόμενη τάση την οποία αποκόπτουν
- iii. ο χρόνος αντίδρασης, όπου είναι ο χρόνος που παρέρχεται από την εφαρμογή μιας τάσης έως ότου αρχίσουν να λειτουργούν οι μηχανισμοί αγωγιμότητας
- iv. το ρεύμα που μπορεί να περάσει από τον απαγωγέα χωρίς αυτός να καταστραφεί.

6.2 Απαγωγείς τάσεων XT

Η προστασία κυκλωμάτων γίνεται με στοιχεία που μειώνουν την εισερχόμενη υψηλή τάση. Αυτά τα στοιχεία είναι:

1) οι βαρύστορες, οι οποίοι είναι ισχυρά μη γραμμικές αντιστάσεις από οξειδία του πυριτίου. Προστατεύουν κυκλώματα ονομαστικών τάσεων από 10V-10000V, δηλαδή αν εμφανιστεί μια υπέρταση την μειώνουν σε επιτρεπόμενες τιμές. Χαρακτηριστικά τους είναι:

- η μέγιστη επιτρεπόμενη τάση λειτουργίας στο κύκλωμα μεταξύ των σημείων που θα συνδεθεί
- το ρεύμα που μπορεί να περάσει για ένα χρονικό διάστημα χωρίς να καταστραφεί

Οι χρόνοι απόκρισης είναι σχετικά μεγάλοι (μερικά ms) ώστε να αφήνουν ένα μέρος της υπέρτασης να διέλθει και εφαρμοσθεί στο υπό προστασία κύκλωμα. Σε περιπτώσεις όπου η λοιπή υπέρταση είναι ανεπίτρεπτη, χρησιμοποιούνται πρόσθετα μέσα όπως δίοδοι zener. Τα επιτρεπόμενα ρεύματα απαγωγής είναι για τους βαρύστορες έως 80 kA. Χρησιμοποιούνται κυρίως στην είσοδο εγκαταστάσεων XT, δηλαδή στον πίνακα XT.

2) οι δίοδοι περιορισμού, οι οποίες είναι εξελιγμένες δίοδοι zener. Οι δίοδοι zener έχουν ταχύτατη απόκριση αλλά δεν μπορούν να φέρουν μεγάλα κρουστικά ρεύματα.

3) οι δίοδοι αερίων, οι οποίες είναι σπινθηριστές που βραχυκυκλώνουν την υπέρταση. Ο χρόνος απόκρισής τους είναι μεγαλύτερος από τον χρόνο των δίοδων zener. Οι δίοδοι αερίων έχουν ρεύματα απαγωγής 10-50kA. Δεν είναι κατάλληλες για κυκλώματα 380V διότι προκαλούν

βραχυκύκλωμα και έτσι το ρεύμα προκαλεί βραχυκύκλωμα στο δίκτυο. Για τον λόγο αυτό η χρήση τους περιορίζεται μόνο σε κυκλώματα χαμηλής ισχύος, όπως τηλέφωνα, ηλεκτρονικά κ.λ.π. Μερικά από αυτά τα εξαρτήματα φαίνονται στην Εικόνα 6.1.



ΑΠΑΓΩΓΕΙΣ ΤΑΣΕΩΝ

- 1) Βαρύστορες οξειδίου ψευδαργύρου υψηλών ρευμάτων (60 kA, 120kA),
- 2) Βαρύστορες χαμηλών ρευμάτων,
- 3) Δίοδοι ευγενών αερίων χωρίς τρίτο ηλεκτρόδιο,
- 4) Δίοδοι ευγενών αερίων με ηλεκτρόδιο σκανδαλισμού έναυσης

Εικόνα 6.1 [2]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο

Μετασχηματιστής

Ο μετασχηματιστής (Μ/Σ) είναι μια ηλεκτρική μηχανή η οποία επιτρέπει τη μεταφορά και τη διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας με τρόπο απλό και πολύ οικονομικό, αφού η απόδοσή του είναι μεγαλύτερη από 95%. Ο Μ/Σ αποτελείται από σταθερά μέρη, έχει δύο 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.

7.1 Τύποι Μετασχηματιστών

Οι μετασχηματιστές ταξινομούνται σε διάφορες κατηγορίες ανάλογα με:
Στη χρήση, όπου έχουμε τις ακόλουθες κατηγορίες Μ/Σ:

- i. **Μετασχηματιστές διανομής**, όπου χρησιμοποιούνται στα δίκτυα διανομής για να μεταφέρουν ενέργεια από το δίκτυο ΜΤ στο δίκτυο ΧΤ των καταναλωτών. Η ισχύς τους είναι συνήθως από 50kVA έως 1600kVA ο **Μετασχηματιστές ισχύος**, οι οποίοι χρησιμοποιούνται στους σταθμούς παραγωγής για την ανύψωση της τάσης και στους Υ/Σ μεταφοράς, είτε για ανύψωση είτε για τον υποβιβασμό της τάσης μέχρι τη ΜΤ. Η ισχύς τους είναι συνήθως από 2 I και πάνω. Ο **Αυτομετασχηματιστές**, οι οποίοι χρησιμοποιούνται για την μετατροπή τάσεων εντός σχετικά μικρών ορίων, για τη σύνδεση συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας διαφόρων τάσεων, για την εκκίνηση κινητήρων εναλλασσόμενου ρεύματος (ΕΡ), κτλ ο **Μετασχηματιστές για τροφοδότηση διατάξεων με στατούς μετατροπείς**, όπου οι Μ/Σ της κατηγορίας αυτής τροφοδοτούν διατάξεις με στατούς μετατροπείς, όπως ανορθωτές υδραργύρου και διατάξεις στερεάς κατάστασης, οι οποίες χρησιμοποιούνται είτε για ανόρθωση ΕΡ σε ΣΡ, είτε για αντιστροφή (ΣΡ σε ΕΡ) ο **Μετασχηματιστές δοκιμών**, οι οποίοι χρησιμοποιούνται για την εκτέλεση δοκιμών με υψηλή ή υπερυψηλή τάση ο **Ειδικό μετασχηματιστές ισχύος**, όπου χρησιμοποιούνται για ειδικές εφαρμογές όπως οι ηλεκτρικοί κλίβανοι και οι συγκολλήσεις.
- ii. **Μετασχηματιστές μετρήσεων**, οι οποίοι χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση οργάνων μέτρησης σε δίκτυο με σκοπό τη μέτρηση τάσης και έντασης ο **Μετασχηματιστές τηλεπικοινωνιών**, όπου χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές τηλεπικοινωνιών στοχεύοντας στην αξιόπιστη αναπαραγωγή του σήματος σε ευρεία περιοχή συχνότητας και τάσης.

∅ **Την ψύξη**, η κωδικοποίηση της οποίας γίνεται με χρήση τεσσάρων γραμμάτων: τα δύο πρώτα αφορούν στον τρόπο κυκλοφορίας του ψυκτικού μέσου εσωτερικά, σε επαφή με τα τυλίγματα, του Μ/Σ και τα δύο τελευταία στον τρόπο κυκλοφορίας του ψυκτικού μέσου εξωτερικά του Μ/Σ.

Στους Μ/Σ ισχύος χρησιμοποιούνται κατά περίπτωση διάφορες τεχνικές ψύξης με βεβαιασμένη κυκλοφορίας του λαδιού μέσω αντλιών, είτε βεβαιασμένη κυκλοφορία του αέρα μέσω ανεμιστήρων, είτε και τα δύο. Έτσι έχουμε:

- **ONAF**: Φυσική κυκλοφορία λαδιού, βεβαιασμένη κυκλοφορία αέρα
- **OFAN**: Βεβαιασμένη κυκλοφορία λαδιού, φυσική κυκλοφορία αέρα
- **OFAF**: Βεβαιασμένη κυκλοφορία λαδιού, βεβαιασμένη κυκλοφορία αέρα
- **OFWF**: Βεβαιασμένη κυκλοφορία λαδιού, βεβαιασμένη κυκλοφορία νερού

Για παράδειγμα, στους Μ/Σ που ψύχονται με φυσική κυκλοφορία, το μονωτικό λάδι (εσωτερικό ψυκτικό μέσο) ψύχει με φυσική κυκλοφορία τα πηνία απάγοντας θερμότητα που μεταφέρεται στα ψυκτικά μέσα (σωλήνες, ψυκτικά σώματα, ψυκτικά πανέλα) και ο αέρας (εξωτερικό ψυκτικό μέσο) ψύχει τα ψυκτικά μέσα χωρίς βεβαιωμένη κίνηση. Ο τρόπος αυτός χαρακτηρίζεται ως ONAN.

Ø **Το μονωτικό μέσο**, ανάλογα με το οποίο διακρίνονται οι εξής Μ/Σ:

- i. **Μετασχηματιστές με ορυκτό λάδι**, όπου το μονωτικό μέσο είναι προϊόν κλασματικής απόσταξης πετρελαίου, ναφθениκής ή παραφινικής ή ενδιάμεσης βάσης. Είναι οι πιο συνηθισμένοι Μ/Σ που υπάρχουν στην αγορά, η επικράτησή τους οφείλεται στο γεγονός ότι είναι οι πιο βέλτιστοι από πλευράς κόστους. Κύριο μειονέκτημά τους είναι η μικρή θερμοκρασία ανάφλεξης (περίπου 140°C) που καθιστά τον Μ/Σ εύφλεκτο, ακατάλληλο για χρήση μέσα σε κτίρια.
- ii. **Μετασχηματιστές με συνθετικό λάδι**, των οποίων το μονωτικό μέσο είναι συνθετικό, σιλικονούχο λάδι, το οποίο είναι σχετικά ακριβό.
- iii. **Μετασχηματιστές ξηρού τύπου**, στους οποίους η ψύξη γίνεται με φυσική κυκλοφορία του αέρα και τα τυλίγματα είναι μονωμένα συνήθως με υλικά κλάσης Η ή F. Τα υλικά κλάσης Η είναι σχεδιασμένα να λειτουργούν, σε κανονικές συνθήκες, σε θερμοκρασίες έως 180°C και τα υλικά κλάσης F σε θερμοκρασίες έως 155°C. Οι Μ/Σ αυτού του τύπου έχουν το πλεονέκτημα να μην είναι εύφλεκτοι και έχουν προδιαγραφές πυροπροστασίας.
- iv. **Μετασχηματιστές ρητίνης**, είναι ένας τύπος ξηρού μετασχηματιστή, όπου τα τυλίγματα είναι μονωμένα συνήθως με υλικά κλάσης F και χυτευμένα σε εποξική ρητίνη.

Ø **Την κατασκευή του πυρήνα**

- κατασκευή του μαγνητικού κυκλώματος των τριφασικών Μ/Σ μπορεί να γίνει με δύο τρόπους:
 - **Μ/Σ με τρία πόδια (κάθετα σκέλη)**, η μαγνητική ροή ενός σκέλους πρέπει να κλείσει μέσω των δύο άλλων και διαρρέει και τα τυλίγματα των άλλων φάσεων, δηλαδή ο Μ/Σ δεν έχει ελεύθερη επιστροφή της ροής ο **Μ/Σ με πέντε πόδια (κάθετα σκέλη)**, ελεύθερη επιστροφή της ροής από τα εξωτερικά ζυγώματα
- Υπάρχουν δύο διαφορετικές τεχνολογίες για τη συσσώρευση των φύλλων του μαγνητικού υλικού του πυρήνα:
 - **Στοιβαχτός πυρήνας**, όπου τα στρώματα των ελασμάτων τοποθετούνται το ένα πάνω στο άλλο και τα κάθετα και οριζόντια στρώματα επικαλύπτονται μεταξύ τους
 - **Τυλιχτός πυρήνας**, όπου το έλασμα είναι τυλιχτό σε μορφή πυρήνα από κομμένα φύλλα
- Υπάρχουν δύο διαφορετικές κατηγορίες Μ/Σ, με βάση το υλικό κατασκευής του πυρήνα:
 - Ελάσματα από πυριτιούχο χάλυβα
 - Ελάσματα από άμορφο σίδηρο

7.2 Εξοπλισμός Μ/Σ ΜΤ λαδιού

Οι Μ/Σ ΜΤ λαδιού παραδίδονται από τα εργοστάσια παραγωγής τους έτοιμα για λειτουργία, γεμάτοι με μονωτικό λάδι και συνοδεύονται με όλα τα παρακάτω εξαρτήματα:

i. **Δοχείο λαδιού Μ/Σ**

Το δοχείο του Μ/Σ αποτελείται από τον πυθμένα, τη στεφάνη και τα πλευρικά τοιχώματα. Γεμίζει με λάδι και σφραγίζεται ερμητικά. Τα πλευρικά του τοιχώματα, τα οποία κατασκευάζονται από πτυχωτά πανέλα (ελάσματα), δεν επιτρέπουν να δημιουργηθεί μεγάλη αύξηση της πίεσης στο εσωτερικό του, η οποία προκαλείται από την αύξηση

της θερμοκρασίας του λαδιού κατά την λειτουργία του Μ/Σ. Στο δοχείο τοποθετούνται δύο αφαλοί γείωσης και στον πυθμένα του είναι συγκολλημένο το σύστημα κύλισης με τροχούς ή η βάση έδρασης.

ii. Κάλυμμα Μ/Σ

Πάνω στο κάλυμμα υπάρχουν δύο λαβές ανάρτησης, που χρησιμοποιούνται για την ανύψωση και τη μεταφορά του Μ/Σ. Στο κάλυμμα τοποθετείται η θήκη του θερμόμετρου και το θερμόμετρο δύο ηλεκτρικών επαφών, εφόσον ζητηθούν. Επίσης στο κάλυμμα μπαίνει αφαλός γείωσης

iii. Λαβές ανάρτησης

iv. Τροχοί κύλισης

Οι Μ/Σ πάνω από 160kVA εφοδιάζονται συνήθως με τροχούς κύλισης, των οποίων η κατεύθυνση μπορεί να μεταβάλλεται κατά 90°.

v. Βαλβίδα εκκένωσης και δειγματοληψίας λαδιού

Στο κάτω μέρος ενός πλευρικού τοιχώματος του δοχείου του Μ/Σ τοποθετείται η βαλβίδα εξαγωγής λαδιού, η οποία επιτρέπει τη δειγματοληψία για τον έλεγχο της διηλεκτρικής αντοχής του λαδιού

vi. Σύνδεσμος γείωσης ουδετέρου

Ο σύνδεσμος αυτός εξασφαλίζει τη γείωση του ουδετέρου κόμβου του τριφασικού τυλίγματος με το δοχείο του Μ/Σ

vii. Διαπεραστήρες ΜΤ

Για ΜΤ 6, 10, 20, 30kV χρησιμοποιούνται διαπεραστήρες πορσελάνης

viii. Διαπεραστήρες ΧΤ

Στη ΧΤ χρησιμοποιούνται διαπεραστήρες πορσελάνης 1 kV

ix. Ακροδέκτες ΧΤ

x. Μεταγωγέας λήψεων

Η εφαρμοζόμενη ΜΤ στο πρωτεύον του Μ/Σ δεν είναι σταθερή και εξαρτάται από τη θέση του Μ/Σ στο δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Γι' αυτό χρησιμοποιείτε ο μεταγωγέας λήψεων, έτσι ώστε με δεδομένη την εφαρμοζόμενη τάση στο πρωτεύον του Μ/Σ, να διατηρείται όσο το δυνατόν σταθερή η τάση στο δευτερεύον. Ο μεταγωγέας λήψεων τοποθετείται στο δοχείο του Μ/Σ με το χειριστήριό του πάνω στο κάλυμμα και ο χειρισμός του γίνεται μόνο όταν ο Μ/Σ βρίσκεται εκτός τάσης. Οι θέσεις των λήψεων αναγράφονται στην πινακίδα του Μ/Σ. Για παράδειγμα ένας Μ/Σ που είναι σχεδιασμένος να λειτουργεί σε ΜΤ 20kV, τότε χρησιμοποιώντας μεταγωγέα λήψεων πέντε θέσεων, η ρύθμιση της τάσης του πρωτεύοντος μπορεί να είναι $\pm 2 \times 2.5\%$, δηλαδή τάσεις 19, 19.5, 20, 20.5 και 21 kV

xi. Μεταγωγέας τάσεων

Ο μεταγωγέας τάσεων χρησιμοποιείται για την αλλαγή της τάσης λειτουργίας του Μ/Σ από μία τάση σε μία άλλη, ανάλογα με την τάση του δικτύου που είναι συνδεδεμένος ο Μ/Σ

xii. Θερμόμετρο Μ/Σ

Το θερμικό στοιχείο του θερμομέτρου είναι τοποθετημένο στο πιο ψηλό στρώμα του λαδιού, έτσι ώστε να μετράει τη μέγιστη θερμοκρασία του λαδιού. Οι ηλεκτρικές επαφές του θερμομέτρου ρυθμίζονται στις επιθυμητές θερμοκρασίες και συνδέονται στο κύκλωμα προστασίας για συναγερμό (alarm) και για διακοπή (trip) του κυκλώματος, όταν γίνει υπέρβαση των αντίστοιχων ορίων των θερμοκρασιών αυτών.

xiii. Δοχείο διαστολής

Κατά την μεταβολή της θερμοκρασίας του λαδιού του Μ/Σ, και άρα του όγκου του λαδιού, το δοχείο διαστολής δέχεται αυτή την αυξομείωση του όγκου του λαδιού. Η ποσότητα του λαδιού που περιέχει το δοχείο διαστολής μετριέται από το δείκτη στάθμης λαδιού, ο οποίος είναι ανθεκτικός σε υψηλή θερμοκρασία και έχει δύο ενδεικτικά σημεία: το πρώτο δείχνει τη στάθμη

στους -20°C και το δεύτερο στους $+20^{\circ}\text{C}$. Οι Μ/Σ με δοχείο διαστολής συνήθως διαθέτουν αφυγραντήρα και Buchholz.

xiv. Ηλεκτρονόμος Buchholz

Η προστασία των Μ/Σ λαδιού από εσωτερικά σφάλματα, τα οποία προκαλούν ανάπτυξη αερίων ή έντονη ροή λαδιού, γίνεται με ηλεκτρονόμο Buchholz, ο οποίος τοποθετείται μεταξύ του δοχείου του Μ/Σ και του δοχείου διαστολής. Στην περίπτωση σχηματισμού φυσαλίδων, σαν αποτέλεσμα εσωτερικής βλάβης ή έλλειψης λαδιού, μετακινείται προς τα κάτω ο πρώτος πλωτήρας και ενεργοποιείται η επαφή συναγερμού, ενώ όταν τα αέρια που εκλύονται είναι αρκετά, δηλαδή η εσωτερική βλάβη είναι σημαντική, μετακινείται προς τα κάτω ο δεύτερος πλωτήρας και ενεργοποιείται η επαφή διακοπής. Ακόμη διακοπή έχουμε εάν δημιουργηθεί έντονη ροή λαδιού προς το δοχείο διαστολής μετά από βραχυκύκλωμα ή εσωτερική βλάβη. Επίσης ο ηλεκτρονόμος Buchholz παρέχει προστασία από διαρροή λαδιού.

xv. Αφυγραντήρας

Ο αφυγραντήρας τοποθετείται πάνω στο δοχείο διαστολής. Μέσα από τον αφυγραντήρα περνά ο αέρας προς και από το δοχείο διαστολής του Μ/Σ λόγω της συστολής και διαστολής του όγκου του λαδιού. Περιέχει κρυστάλλους SiO_2 (Silicagel), οι οποίοι απορροφούν την υγρασία του αέρα. Το Silicagel μπορεί να πάρει τα παρακάτω χρώματα:

- ο Μπλε, το Silicagel είναι πλήρως ξηρό
- ο Γαλάζιο, το Silicagel είναι μερικώς υγρό
- ο Ροζ, το Silicagel είναι κορεσμένο από υγρασία

Το Silicagel απορροφά την υγρασία όσο το χρώμα του είναι μπλε. Όταν κορεστεί και αλλάξει χρώμα και γίνει ροζ, πρέπει να ξηρανθεί ή να αντικατασταθεί. Η ξήρανση του επιτυγχάνεται θερμαίνοντάς το στους 120°C έως 150°C μέχρι το χρώμα του να γίνει μπλε.

xvi. Πώμα πλήρωσης

Όλοι οι Μ/Σ είναι εφοδιασμένοι με το κατάλληλο πώμα πλήρωσης, από το οποίο γίνεται η συμπλήρωσή τους με μονωτικό λάδι

xvii. Δείκτης στάθμης λαδιού

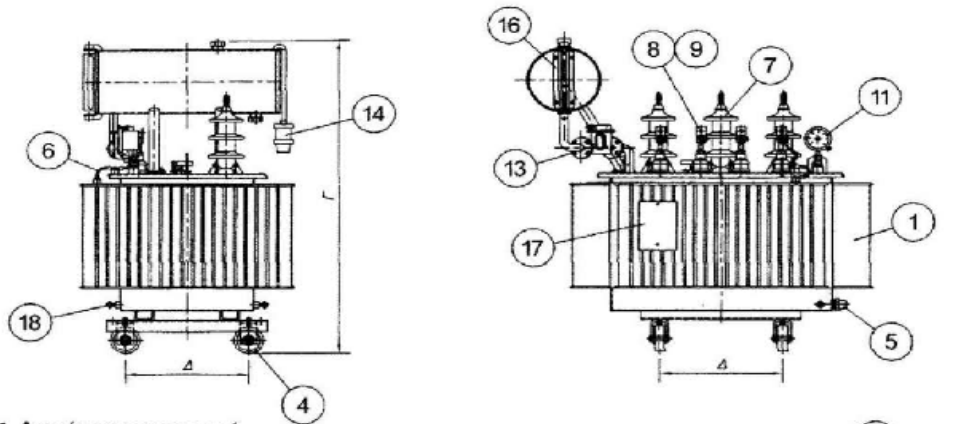
xviii. Πινακίδα Μ/Σ

Στην πινακίδα του Μ/Σ αναγράφονται όλα τα στοιχεία που ορίζουν οι διεθνείς προδιαγραφές: τύπος, ισχύς σε I, φάσεις, συχνότητα, τάση βραχυκυκλώσεως, ζεύξη, είδος ψύξης, υλικό τυλιγμάτων, αριθμός σειράς, έτος κατασκευής, βάρος πυρήνα και τυλιγμάτων, βάρος λαδιού, ολικό βάρος, μέγιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος, ανύψωση θερμοκρασίας τυλίγματος, ανύψωση θερμοκρασίας λαδιού, ονομαστική τάση πρωτεύοντος, ονομαστική τάση δευτερεύοντος, απώλειες κενού φορτίου, απώλειες φορτίου, θέσεις του μεταγωγέα λήψεων και θέσεις του μεταγωγέα τάσεων (εφόσον υπάρχει)

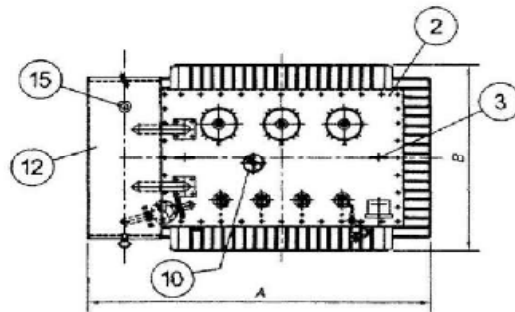
xix. Αφαλός γείωσης δοχείου

Στο δοχείο του Μ/Σ και πιο συγκεκριμένα κοντά στον πυθμένα, τοποθετούνται δύο αφαλοί γείωσης αντιδιαμετρικά μεταξύ τους, έτσι ώστε να παρέχεται η δυνατότητα γείωσης του δοχείου.

Γενική διάταξη τριφασικών Μ/Σ, 250 έως 1600 I, 20/0,4 kV, χαμηλών απωλειών



1. Δοχείο μετασχηματιστή
2. Κάλυμμα δοχείου
3. Λαβές ανάρτησης
4. Τροχός κυλίσεως DIN 42561
5. Βαλβίδα εκκενώσεως και δειγματοληψίας DIN 42551
6. Σύνδεσμος γειώσεως ουδέτερου
7. Διαπεραστήρας Υ.Τ. DIN 42531
8. Διαπεραστήρας Χ.Τ. DIN 42530
9. Ακροδέκτης Χ.Τ. DIN 43675
10. Μεταγωγέας λήψεων
11. Θερμόμετρο δύο ηλεκτρικών επαφών
12. Δοχείο διαστολής
13. Ηλεκτρονόμος Buchholz
14. Αφυγραντήρας
15. Πάγιο αναπνευστικό ή πληρώσεως DIN 42553
16. Δείκτης στάθμης λαδιού
17. Ενδεικτική πινακίδα
18. Ακροδέκτες γειώσεως δοχείου



Διαστάσεις (mm)

Όνομαστική ισχύς (kVA)	250	400	500	630	800	1000	1250	1600
A (mm)	1580	1710	1705	1790	1950	2030	2120	2300
B (mm)	880	900	1020	1000	1140	1260	1350	1300
Δ (mm)	1480	1560	1580	1670	1740	1780	1880	1950
Γ (mm)	520	670	670	670	670	820	820	820
Συνολικό βάρος (Kg)	1150	1500	1750	2100	2400	2800	3200	4050

Εικόνα 7.1 [3]

7.3 Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά Μ/Σ

i. Ονομαστική ισχύς

Σαν ονομαστική ισχύ ενός Μ/Σ ορίζεται το γινόμενο της ονομαστικής τάσης επί την ονομαστική ένταση επί το συντελεστή φάσεων. Για ένα τριφασικό Μ/Σ ο συντελεστής φάσεων είναι $\sqrt{3}$, επομένως: $P_n = U_n * I_n * \sqrt{3}$

ii. Ανύψωση θερμοκρασίας

Ως ανύψωση θερμοκρασίας ορίζεται η μέγιστη ανύψωση θερμοκρασίας όταν ο Μ/Σ λειτουργεί με την ονομαστική τάση πρωτεύοντος, ονομαστική ένταση δευτερεύοντος και ονομαστική συχνότητα. Μέγιστη ανύψωση θερμοκρασίας τυλίγματος είναι ίση με 65K και πάνω στρώματος λαδιού ίση με 60K

iii. Θερμοκρασία περιβάλλοντος

Η ονομαστική ισχύς του Μ/Σ υπολογίζεται για τις πιο κάτω συνθήκες:

- ο Μέγιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος 40°C
- ο Μέση ημερήσια θερμοκρασία περιβάλλοντος ίση με 30°C
- ο Μέση ετήσια θερμοκρασία περιβάλλοντος ίση με 20°C

Για μεγαλύτερες θερμοκρασίες περιβάλλοντος η ισχύς του Μ/Σ Μειώνεται κατά 15% περίπου ανά 10°C αύξησης της θερμοκρασίας του αέρα του περιβάλλοντος

iv. Υψόμετρο εγκατάστασης

Η τιμή της ονομαστικής ισχύος του Μ/Σ ισχύει για υψόμετρο εγκατάστασης μέχρι 1000m και για υψόμετρα μεγαλύτερα των 1000m η ισχύς μειώνεται κατά 3% ανά 1000m

v. Τάση βραχυκύκλωσης

Ως τάση βραχυκύκλωσης ορίζεται το ποσοστό εκείνο της ονομαστικής τάσης που πρέπει να επιβληθεί στο πρωτεύον του Μ/Σ όταν το δευτερεύον είναι βραχυκυκλωμένο, έτσι ώστε να διέρχεται το ονομαστικό ρεύμα από το πρωτεύον. Η τάση βραχυκύκλωσης είναι πολύ σημαντική, αφού αντιπροσωπεύει τη σύνθετη αντίσταση του Μ/Σ. Όσο μεγαλύτερη είναι η τάση βραχυκύκλωσης τόσο μεγαλύτερη είναι η πτώση τάσης που δημιουργείται. Όσο μικρότερη είναι η τάση βραχυκύκλωσης τόσο μεγαλύτερο είναι το ρεύμα βραχυκύκλωσης σε περίπτωση βραχυκυκλώματος. Με βάση την τιμή της τάσης βραχυκύκλωσης καθορίζεται η πτώση τάσης λόγω φόρτισης του Μ/Σ, η κατανομή των φορτίων κατά των παραλληλισμό Μ/Σ και το ρεύμα βραχυκύκλωσης

7.3.1 Απώλειες Κενού Φορτίου

Οι απώλειες κενού φορτίου ή απώλειες σιδήρου, εμφανίζονται στο υλικό του πυρήνα λόγω του φαινομένου της υστέρησης και των δινορρευμάτων. Στον Πίνακα 7.1 φαίνονται οι τρεις κατηγορίες απωλειών κενού φορτίου (Α',Β',C') για Μ/Σ από 50 έως 2500kVA.

Ονομαστική ισχύς (kVA)	Κατηγορία Α'		Κατηγορία Β'		Κατηγορία C'		Τάση βραχυκύκλωσης (%)
	Απώλειες κενού Ρ ₀ (W)	Θόρυβος L _w (db)	Απώλειες κενού Ρ ₀ (W)	Θόρυβος L _w (db)	Απώλειες κενού Ρ ₀ (W)	Θόρυβος L _w (db)	
50	190	55	145	50	125	47	4
100	320	59	260	54	210	49	4
160	460	62	375	57	300	52	4
250	650	65	530	60	425	55	4
400	930	68	750	63	610	58	4
630	1300	70	1030	65	860	60	4
630	1200	70	940	65	800	60	6
1000	1700	73	1400	68	1100	63	6
1600	2600	76	2200	71	1700	66	6
2500	3800	81	3200	76	2500	71	6

Πίνακας 7.1 [8]

7.3.2 Απώλειες Φορτίου

Οι απώλειες φορτίου ή απώλειες χαλκού, εμφανίζονται στα τυλίγματα, τους αγωγούς σύνδεσης και το δοχείο του Μ/Σ και προκαλούνται λόγω του φαινομένου Joule, των δινορρευμάτων και της σκέδασης της ροής.

	Κατηγορία Α	Κατηγορία Β	Κατηγορία C	
Ονομαστική ισχύς (kVA)	Απώλειες κενού Pk(W)	Απώλειες κενού Pk(W)	Απώλειες κενού Pk(W)	Τάση βραχυκύκλωσης(%)
50	1100	1350	875	4
100	1750	2150	1475	4
160	2350	3100	2000	4
250	3250	4200	2750	4
400	4600	6000	3850	4
630	6500	8400	5400	4
630	6750	8700	5600	6
1000	10500	13000	9500	6
1600	17000	20000	14000	6
2500	26500	32000	22000	6

Πίνακας 7.2 [8]

Έτσι ένας Μ/Σ λέγεται ότι έχει συνδυασμό απωλειών π.χ. Α-С', αν οι απώλειες φορτίου του είναι κατηγορίας Α και οι απώλειες κενού φορτίου κατηγορίας C'.

i. Ονομαστική τάση

Ονομαστική τάση εισόδου (πρωτεύοντος) είναι η τάση για την οποία έχει σχεδιαστεί να λειτουργεί ο Μ/Σ και καθορίζει την βασική στάθμη μόνωσης του (BIL). Η βασική στάθμη μόνωσης είναι η τάση από την οποία υπολογίζεται η μόνωση του τυλίγματος. Αποτελεί βασικό χαρακτηριστικό του Μ/Σ διότι δείχνει την ικανότητά του να αντέχει τις υπερτάσεις που εμφανίζονται στο δίκτυο.

Ονομαστική τάση εξόδου (δευτερεύοντος) είναι η τάση στους ακροδέκτες του δευτερεύοντος χωρίς φορτίο και υπό ονομαστική τάση εισόδου και ονομαστική συχνότητα.

ii. Ομάδα ζεύξης

Η ομάδα ζεύξης καθορίζει τη ζεύξη δύο τυλιγμάτων του Μ/Σ καθώς και τη θέση των φάσεων μεταξύ τους. Τα τρία πηνία πρωτεύοντος ή δευτερεύοντος μπορούν να συνδεθούν με διαφορετικούς τρόπους για να δώσουν ένα τριφασικό Μ/Σ. Οι συνδέσεις αυτές είναι:

- ο D: σύνδεση σε τρίγωνο
- ο Y: σύνδεση σε αστέρα
- ο Z: σύνδεση σε ζιγκ-ζαγκ
- ο N: σημαίνει ότι υπάρχει ουδέτερος στο πρωτεύον ή το δευτερεύον, για σύνδεση εκτός Μ/Σ

Η ζεύξη καθορίζει επίσης και τη διαφορά φάσης που υπάρχει μεταξύ του πρωτεύοντος και του δευτερεύοντος.

iii. Συχνότητα

Η συχνότητα λειτουργίας των Μ/Σ είναι 50Hz ή 60Hz ανάλογα με τη συχνότητα του δικτύου

iv. Θόρυβος

Ο θόρυβος οφείλεται στην μαγνητοσυστολή του Μ/Σ. Γενικά, ένας Μ/Σ με χαμηλές απώλειες κενού φορτίου παρουσιάζει χαμηλό θόρυβο.

v. Βαθμός απόδοσης

Οι Μ/Σ διανομής είναι πολύ αποδοτικές μηχανές με βαθμό απόδοσης πάνω από 95%. Η απόδοση ισχύος οποιασδήποτε ηλεκτρικής μηχανής ορίζεται ως ο λόγος της χρήσιμης ισχύος εξόδου προς την ισχύ εισόδου. Η απόδοση μπορεί να καθοριστεί με ταυτόχρονη μέτρηση των ισχύων εξόδου και εισόδου. Ειδικά για μεγάλες μηχανές μια τέτοια μέτρηση είναι δαπανηρή και δύσκολη. Επιπλέον όταν η απόδοση είναι υψηλή, μπορεί να επιτευχθεί μεγαλύτερη ακρίβεια, εάν η απόδοση εκφραστεί μέσω των απωλειών. Έτσι, η απόδοση των Μ/Σ δίνεται από την παρακάτω σχέση: $\eta = S_{\cos\phi} / (S_{\cos\phi} + \text{απώλειες})$, όπου S το φορτίο του Μ/Σ σε VA, οι απώλειες σε W και $\cos\phi$ ο συντελεστής ισχύος. Παρατηρούμε ότι η μείωση των απωλειών του Μ/Σ οδηγεί σε αύξηση της απόδοσής του. Οι απώλειες του Μ/Σ χωρίζονται σε απώλειες κενού φορτίου και σε απώλειες φορτίου. Οι απώλειες κενού φορτίου είναι σταθερές, ενώ οι απώλειες φορτίου είναι ανάλογες του φορτίου του Μ/Σ.

vi. Ρεύμα βραχυκύκλωσης

Το ρεύμα βραχυκύκλωσης διακρίνεται στην ένταση ασύμμετρου κρουστικού ρεύματος βραχυκύκλωσης και στην ένταση συμμετρικού ρεύματος βραχυκύκλωσης. Η πρώτη τιμή κορυφής της έντασης του ασύμμετρου κρουστικού ρεύματος βραχυκύκλωσης είναι ίση προς $\kappa\sqrt{2}$ φορές την ένταση του συμμετρικού ρεύματος βραχυκύκλωσης. Ο συντελεστής κ εξαρτάται από την σχέση της επαγωγικής πτώσης τάσης U_x/U_r , όπου U_x είναι η πτώση τάσης σε άεργα στοιχεία (επαγωγικές αντιστάσεις) και U_r είναι η πτώση τάσης σε ενεργά στοιχεία (ωμικές αντιστάσεις). Στο Πίνακα 7.3 φαίνονται οι τιμές του πηλίκου U_x/U_r και του γινομένου $\kappa\sqrt{2}$.

U_x/U_r	$\kappa\sqrt{2}$
1	1.51
1.5	1.63
2	1.75
3	1.95
4	2.09
5	2.19
6	2.28
8	2.38
10	2.46
15	2.56
25	2.66
50	2.77

Πίνακας 7.3 [3]

Η ένταση του συμμετρικού ρεύματος βραχυκύκλωσης εκφράζεται συναρτήσει της ονομαστικής έντασης. Με βραχυκυκλωμένη την έξοδο (δευτερεύον) και την ονομαστική ένταση στην είσοδο (πρωτεύον),

$$\text{Ισχύει } I/I_N = 100/U_K$$

Το ασύμμετρο κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης καταπονεί μηχανικά τον Μ/Σ ενώ το συμμετρικό θερμικά.

7.3.3 Ρεύμα Κενής Λειτουργίας

Το ρεύμα κενής λειτουργίας αντιπροσωπεύει την τιμή του ρεύματος που απορροφά ο Μ/Σ, όταν στο πρωτεύον εφαρμόζεται ονομαστική τάση και στο δευτερεύον δεν υπάρχει φορτίο. Το ρεύμα κενής λειτουργίας εκφράζεται σαν ποσοστό της μέσης τιμής του ονομαστικού ρεύματος των τριών φάσεων.

7.4 Συνθήκες Λειτουργίας Μ/Σ

7.4.1 Υπερφόρτιση

Η ονομαστική υπερφόρτιση του Μ/Σ εξαρτάται από το προηγούμενο φορτίο του Μ/Σ ή από την αντίστοιχη θερμοκρασία λαδιού στην έναρξη της υπερφόρτισης. Η επιτρεπόμενη διάρκεια και το μέγεθος υπερφόρτισης φαίνονται στο Πίνακα 7.4:

Προηγούμενη διαρκής φόρτιση (% της ονομαστικής ισχύος)	Θερμοκρασία εξόδου λαδιού (°C)	Χρόνος υπερφόρτισης (min) για συγκεκριμένη υπερφόρτιση (% της ονομαστικής ισχύος)				
		10% min	20% min	30% min	40% min	50% min
50	55	180	90	60	30	15
75	68	120	60	30	15	8
90	78	60	30	15	8	4

Πίνακας 7.4 [3]

Για παράδειγμα, αν ο Μ/Σ φορτίζεται με 50% του ονομαστικού του φορτίου συνεχώς, μπορεί να υπερφορτιστεί στο 150% για 15 λεπτά ή στο 120% για 90 λεπτά.

Να σημειωθεί ότι η θερμοκρασία λαδιού δεν είναι μέτρο για την θερμοκρασία των τυλιγμάτων γιατί η σταθερά χρόνου του λαδιού είναι 2 έως 4 ώρες και του τυλιγματος 2 έως 6 λεπτά. Συνεπώς χρειάζεται μεγάλη προσοχή στην επιτρεπόμενη διάρκεια φόρτισης, διότι η θερμοκρασία τυλιγμάτων μπορεί να υπερβεί την κρίσιμη τιμή των 105°C χωρίς αυτό να φανεί στη θερμοκρασία του λαδιού.

7.4.2 Παραλληλισμός Μ/Σ

Ο παραλληλισμός δύο ή περισσότερων Μ/Σ είναι εφικτός όταν πληρούνται οι ακόλουθες προϋποθέσεις:

- Η σχέση των Μ/Σ να είναι μικρότερη του 1:3
- Οι ονομαστικοί λόγοι μετασχηματισμού να είναι ίσοι, επιτρέπεται μια μικρή ανοχή
- Οι τάσεις βραχυκύκλωσης των Μ/Σ να είναι ίσες, επιτρέπεται ανοχή
- Ίδιες συνδεσμολογίες και η σύνδεση να γίνεται με ανάλογους ακροδέκτες U-U, V-V, W-W. Στην περίπτωση ανόμοιων συνδεσμολογιών, επιτρέπεται ο παραλληλισμός Μ/Σ των ομάδων 5 και 11, όταν π ζεύξης πραγματοποιηθεί σύμφωνα με το Πίνακα 7.5:

Ομάδα Μ/Σ για παραλληλισμό	Υπάρχων Μ/Σ	Σύνδεση αγωγών	
		ΤΙΣ	ΧΤ
		R S T	r s t
5	5	U V W	x y z
	11	U W V	w v u
		ή W V U	ή v u w
		ή V U W	ή u w v
11	11	U V W	u v w
	5	U W V	z y x
		ή W V U	ή y x z
		ή V U W	ή x z y

Πίνακας 7.5: Παραλληλισμός Μ/Σ ομάδων 5 και 11 [3]

7.4.3 Κατανομή φορτίου σε περίπτωση παραλληλισμού

Εάν οι Μ/Σ που παραλληλίζονται έχουν τον ίδιο λόγο μετασχηματισμού, αλλά διαφορετικές τάσεις βραχυκύκλωσης, η κατανομή του φορτίου γίνεται έτσι ώστε για κάθε Μ/Σ να προκύψει εκείνο το μερικό φορτίο για το οποίο η τάση βραχυκύκλωσης γίνεται ίση για όλους.

Όταν δεν πρέπει να υπερφορτωθεί κανένας από τους παραλληλισμένους Μ/Σ, πρέπει εκείνος με την μικρότερη τάση βραχυκύκλωσης να λειτουργήσει το πολύ με το ονομαστικό του φορτίο.

Η κατανομή του φορτίου δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$P_i = P_{ni} * \frac{U_{K \min}}{U_{ki}}$$

Όπου P_i το φορτίο που κατανέμεται στον I Μ/Σ, P_{ni} η ονομαστική ισχύς του I Μ/Σ, U_{ki} η ονομαστική τάση βραχυκύκλωσης του I Μ/Σ και $U_{K \min}$ η μικρότερη ονομαστική τάση βραχυκύκλωσης των n παραλληλισμένων Μ/Σ.

Τελικά, η συνολική ισχύς των παραλληλισμένων Μ/Σ είναι: $\sum_{i=1}^n (P_i) * U_{K \min} / U_{ki} < \sum_{i=1}^n P_i$

7.5 Επιλογή Μ/Σ

Η σωστή 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 αν έχουμε ειδικές συνθήκες περιβάλλοντος όπως π.χ. απαιτήσεις για αποφυγή μόλυνση περιβάλλοντος, εύφλεκτα υλικά και κίνδυνος πυρκαγιάς. Τότε επιλέγονται Μ/Σ με στέρεα μόνωση οι 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 και 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 δύο ή περισσότεροι Μ/Σ. Η συνδεσμολογία των

M/Σ συνίσταται να είναι τρίγωνο-αστέρας Dyn 11 ή Dyn 5. Συνδεσμολογία αστέρας-τεθλασμένος αστέρας Yzn, όπως και άλλες, γίνονται δεκτές κατόπιν συνεννόησης με τη ΔΕΗ. Τα γενικά χαρακτηριστικά των συνδεσμολογιών αυτών περιγράφονται στο Πίνακα 7.6. Δεν επιτρέπεται γείωση του M/Σ στην πλευρά της MT, ο ουδέτερος της XT όμως γειώνεται. Η τάση του M/Σ εκλέγεται με την πρόβλεψη ότι όλα τα δίκτυα MT θα εξελιχθούν στην τάση 20kV. Επίσης ο μεταβλητός λόγος μετασχηματισμού συνίσταται να είναι μεταξύ των ορίων $\pm 2,5\%$ και $\pm 5\%$. Ο μεταβλητός λόγος μετασχηματισμού επιτυγχάνεται με διακόπτη μεταγωγέα που αλλάζει τον αριθμό των σπειρών στην πλευρά της MT όταν ο M/Σ δεν φέρει ρεύμα. Η αλλαγή της τάσης γίνεται αφού διακόψουμε την τάση και γειώσουμε τις φάσεις MT και XT. Ο διακόπτης τοποθετείται στη MT διότι το ρεύμα στη MT είναι μικρότερο απ' ότι στη XT.

Είδος και χαρακτηρισμός συνδεσμολογίας	Συνδεσμολογία Τυλιγμάτων MT/XT	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Τρίγωνο / Αστέρας Dyn5 ή Dyn11		α. Είναι δυνατή η λειτουργία και σε ασύμμετρη φόρτιση β. Επειδή η πλευρά της XT διαθέτει ουδέτερο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μικτό δίκτυο, π.χ. για φωτισμό και κίνηση γ. Είναι δυνατή η χρησιμοποίηση για ανύψωση τάσης στον Σταθμό Παραγωγής και για υποβιβασμό της τάσης στη διανομή	Δεν είναι δυνατή η λειτουργία με βλάβη της μιας φάσης
Αστέρας / Τεθλασμένος Αστέρας Yzn 5 ή Yzn 11		α. Είναι δυνατή η λειτουργία και σε ασύμμετρη φόρτιση β. Επειδή η πλευρά της T διαθέτει ουδέτερο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μικτό δίκτυο	Έχει μεγάλο κόστος λόγω της ιδιαιτερότητας της περιέλιξης του τεθλασμένου αστέρα

Πίνακας 7.6 [3]

Ο τρόπος αξιολόγησης εναλλακτικών προσφορών M/Σ εξαρτάται από το χρήστη των M/Σ.

Ο τρόπος οικονομικής αξιολόγησης των M/Σ είναι:

Για τις ηλεκτρικές εταιρίες

Οι ηλεκτρικές εταιρίες προμηθεύονται M/Σ με βάση το κριτήριο του συνολικού κόστους κατοχής, το οποίο δίνεται από την σχέση:

$$TOC = BP + A * NLL + B * LL$$

όπου TOC(€) είναι το συνολικό κόστος κατοχής, BP(€) είναι η τιμή πώλησης, A(€/W) είναι ο συντελεστής απωλειών κενού φορτίου, NLL(W) είναι οι απώλειες κενού φορτίου,

B(€/W) είναι ο συντελεστής απωλειών φορτίου και LL(W) είναι οι απώλειες φορτίου.

Ανάμεσα σε εναλλακτικές προσφορές Μ/Σ, πιο συμφέρουσα είναι η προμήθεια των Μ/Σ με το μικρότερο συνολικό κόστος κατοχής. Οι τιμές BP, NLL και LL προσδιορίζονται από τον κατασκευαστή του Μ/Σ. Οι τιμές των παραμέτρων Α και Β προσδιορίζονται από την ηλεκτρική εταιρία

Βιομηχανικούς χρήστες

Οι βιομηχανικοί χρήστες προμηθεύονται Μ/Σ με βάση την τιμή πώλησης και τις απώλειες.

7.6 Προσδιορισμός ισχύος Μ/Σ Υ/Σ ΜΤ

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

- i. Της ολικής εγκατεστημένης ισχύος
- ii. Της προβλεπόμενης αύξησης ισχύος
- iii. Του συντελεστή χρησιμοποίησης της εγκατάστασης
- iv. Του μέσου συντελεστή ισχύος της εγκατάστασης

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

Η προβλεπόμενη αύξηση ισχύος είναι πάντα αστάθμητος παράγοντας και πολλές φορές ο μελετητής διαψεύδεται από απρόβλεπτα στοιχεία. Γι' αυτό το λόγο, δεχόμαστε αυθαίρετα ένα ποσοστό προσαύξησης της ισχύος αφού πρώτα συμβουλευτούμε τον καταναλωτή για τις προβλέψεις του. Ωστόσο ποτέ δεν θα χρησιμοποιήσουμε έναν Μ/Σ δυσανάλογα μεγάλης ισχύος για να καλύψουμε κάποιες πιθανές μελλοντικές ανάγκες, αν δεν έχουμε υπόψη μας τις πραγματικές προθέσεις και προβλέψεις του καταναλωτή.

Ο συντελεστής χρησιμοποίησης δίνεται από το πηλίκο της απορροφούμενης ισχύος δια της εγκατεστημένης. Στην πράξη, ο προσδιορισμός του συντελεστή χρησιμοποίησης είναι δύσκολος. Μπορούμε να τον πάρουμε, με την βοήθεια της ΔΕΗ, από κάποια όμοια εγκατάσταση που βρίσκεται σε λειτουργία και υπάρχουν πραγματικά στοιχεία.

Ο μέσος συντελεστής ισχύος (cosφ) πρέπει να είναι μεγαλύτερος από 0,8 και αν είναι μικρότερος προβαίνουμε στη διόρθωσή του.

7.7 Προστασία Μ/Σ

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

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

Η προστασία του Μ/Σ σε βραχυκυκλώματα πρέπει να γίνεται οπωσδήποτε διότι μπορεί να εκραγεί ή να προκληθεί πυρκαγιά. Η διεξοδική προστασία σε διαρκή υπερφόρτιση ή σε εσωτερικά σφάλματα γίνεται συνήθως σε μεγάλους Μ/Σ.

7.7.1 Προστασία σε βραχυκυκλώματα

Στην περίπτωση των υπερεντάσεων λόγω εξωτερικών βραχυκυκλωμάτων, που είναι και τα συνηθέστερα, ο Μ/Σ καταπονείται θερμικά και μηχανικά λόγω των ηλεκτρομαγνητικών δυνάμεων που αναπτύσσονται στα τυλίγματά του.

Στην θερμική καταπόνηση, η ένταση του πλήρους βραχυκυκλώματος είναι

$$I = V_N / Z_t$$

όπου $Z_t = u_k \cdot V_N^2 / 100 S_K$, V_N είναι ονομαστική φασική τάση (kV), S_N η ονομαστική ισχύς (I) και u_k η τάση βραχυκύκλωσης (%).

Στην μηχανική καταπόνηση, το κρουστικό ρεύμα δίνεται από την σχέση $i_s = I \cdot k \cdot 2^{1/2}$, όπου το I προσδιορίζεται όπως πριν και $k \cdot 2^{1/2} = 1,51 \dots 2,55$ αν $X/R = 1 \dots 14$ όπου X/R ο λόγος επαγωγικής προς ωμικής αντίστασης του Μ/Σ.

Οι μηχανικές καταπονήσεις που προκαλούν οι υπερεντάσεις έχουν συσσωρευτικές επιπτώσεις στα τυλίγματα των Μ/Σ. Αντίθετα με ότι συμβαίνει με τις θερμικές, ακόμη και όταν δεν υπερβαίνουν τα όρια αντοχής του Μ/Σ προκαλούν ορισμένες μετακινήσεις στα τυλίγματα, οι οποίες αν επαναλαμβάνονται συχνά μειώνουν σημαντικά τη ζωή του Μ/Σ. Για το λόγο αυτό, επειδή το μεγαλύτερο ποσοστό των καταπονήσεων των Μ/Σ λόγω υπερεντάσεων προέρχεται από βραχυκυκλώματα του δικτύου, οι ρυθμίσεις που γίνονται στους διακόπτες προστασίας των αναχωρήσεων ΜΤ επηρεάζουν τη διάρκεια ζωής των Μ/Σ. Η προστασία γίνεται με ασφάλειες σκόνης ή με Δ/Ι στη ΜΤ. Στην περίπτωση παραλληλισμένων Μ/Σ σαν ισχύς λαμβάνεται το άθροισμα των ονομαστικών τους ισχύων. Οι ασφάλειες δεν προστατεύουν όμως το Μ/Σ σε συνεχή υπερφόρτιση γιατί η ελάχιστη ένταση στην οποία λιώνουν είναι 2-3 φορές η ονομαστική τους ένταση.

Οι ασφάλειες προτιμώνται έναντι των Δ/Ι, σαν μέσα προστασίας γιατί περιορίζουν το ρεύμα βραχυκύκλωσης και είναι φθηνότερες. Δεν μπορούν όμως να χρησιμοποιηθούν ασφάλειες για απόζευξη από φορτίο, γι' αυτό πρέπει να συνδυάζονται με Δ/Φ. Οι ασφάλειες πρέπει να συνεργάζονται με τους Η/Ν γης της ΔΕΗ. Για το λόγο αυτό το μέγεθός τους περιορίζεται στα 50-63Α για ισχύ Μ/Σ 630-1250kVA. Επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν και οι Δ/Ι για προστασία, είναι ακριβότερη λύση αλλά μπορούν να συνδυαστούν και με άλλα μέσα προστασίας (Η/Ν Buchholz) και μπορούν να συνεργαστούν πιο εύκολα με τους διακόπτες αναχώρησης της γραμμής ΜΤ. Οι Η/Ν σταθερού χρόνου των Δ/Ι μπορεί να ρυθμιστούν μέχρι το δεκαπλάσιο της ονομαστικής έντασης του Μ/Σ. Τα στοιχεία στιγμιαίας λειτουργίας πρέπει να διεγείρονται σε εντάσεις μεγαλύτερες του δεκαπλάσιου του ονομαστικού ρεύματος του Μ/Σ. Αν αυτό δεν γίνεται πρέπει να βγουν εκτός των στιγμιαία στοιχεία.

7.7.2 Προστασία Μ/Σ σε υπερφόρτιση

Η προστασία σε παρατεταμένη συνεχή υπερφόρτιση γίνεται χρησιμοποιώντας θερμομέτρα λαδιού ή θερμίστορ που είναι εμφυτευμένοι στα τυλίγματα του Μ/Σ κατά την κατασκευή του. Συγχρόνως χρησιμοποιούνται αυτόματοι, Δ/Ι στην ΧΤ ή και ασφάλειες που σκοπό έχουν να περιορίσουν την υπερφόρτιση. Οι ασφάλειες που χρησιμοποιούνται είναι μέχρι 400^A στη ΧΤ και είναι τύπου ΝΗ. Τα θερμομέτρα λαδιού παρακολουθούν την θερμοκρασία του ανώτερου στρώματος λαδιού. Σε κάθε θερμομέτρο υπάρχουν συνήθως δύο οριακοί δείκτες, ο μπλε για σήμανση και ο κόκκινος για απόζευξη. Ο καλύτερος τρόπος είναι η παρακολούθηση της θερμοκρασίας των τυλιγμάτων με θερμίστορες. Συνήθως, ακόμη και σε μεγάλους Μ/Σ π.χ. 630kVA αρκούμαστε στη χρήση θερμομέτρων λαδιού. Ωστόσο αυτή η προστασία εφαρμόζεται σε Μ/Σ ξηρής μόνωσης.

7.7.3 Προστασία κατά εσωτερικών σφαλμάτων και έλλειψης λαδιού με Η/Ν Buchholz

Σε ελαιόψυκτους Μ/Σ μπορούν να ανιχνευθούν με τους Η/Ν Buchholz τα σφάλματα που οδηγούν σε ανάπτυξη αερίων ή σε έντονη ροή του λαδιού. Η ανίχνευση δεν διορθώνει το σφάλμα αλλά μας προειδοποιεί να αποσυνδέσουμε εγκαίρως το Μ/Σ αλλιώς υπάρχει κίνδυνος ζημιάς.

Δηλαδή απόζευξη με H/N Buchholz σημαίνει ότι ο Μ/Σ πρέπει να σταματήσει την λειτουργία του, να επιθεωρηθεί και αν χρειαστεί να επισκευαστεί. Ο H/N Buchholz προστατεύει σε σφάλματα μόνωσης, βραχυκυκλώματα και σε διαρροή λαδιού. Συνήθως εφαρμόζεται σε σχετικά μεγάλους Μ/Σ π.χ. 630kVA και άνω για οικονομικούς λόγους.

7.7.4 Διαφορική προστασία

Στη διαφορική προστασία γίνεται σύγκριση των ρευμάτων πρωτεύοντος και δευτερεύοντος με τη χρήση τριών Μ/Σ έντασης στη ΜΤ και ΧΤ. Πρέπει να ληφθεί υπόψη η συνδεσμολογία του Μ/Σ. Για ένα Μ/Σ συνδεσμολογίας Dy5, χρειαζόμαστε ένα πρόσθετο Μ/Σ τριφασικό Dy5 που επιφέρει τη στροφή των ρευμάτων του πρωτεύοντος για να συμπίσουν με τα ρεύματα του δευτερεύοντος. Στη συνέχεια γίνεται η σύγκριση σε ένα H/N ο οποίος διεγείρει το Δ/Ι στη ΜΤ. Η διαφορική προστασία διεγείρεται από τα εξής σφάλματα: τριφασικά, διφασικά, γης, τύλιγμα-τύλιγμα, βραχυκύκλωμα σπειρών. Επίσης έχει το πλεονέκτημα ότι περιορίζει αμέσως τη ζημιά στο ελάχιστο, σε σχέση με την προστασία Buchholz. Οι αδυναμίες της διαφορικής προστασίας είναι:

- i. Δεδομένου ότι οι Μ/Σ εντάσεως κάθε πλευράς του Μ/Σ είναι διαφορετικών τάσεων και σχέσεως μεταφοράς, είναι δύσκολο να έχουν την ίδια ακριβώς συμπεριφορά (διατήρηση σχέσεως μεταφοράς) κατά τη διάρκεια βραχυκυκλωμάτων. Επιπλέον οι αγωγοί συνδέσεως των Μ/Σ εντάσεων με τον H/N έχουν γενικά άνισα, για κάθε πλευρά, μήκη και αντιστάσεις και συνεπώς διαφοροποιείται η φόρτιση των Μ/Σ εντάσεως και επομένως το σφάλμα τους.
- ii. Οι Μ/Σ ΥΤ-ΜΤ που τροφοδοτούν τα δίκτυα διανομής περιλαμβάνουν μηχανισμούς που αλλάζουν τη σχέση μεταφοράς τους πολύ συχνά. Αυτό έχει σαν συνέπεια τη ροή ενός πρόσθετου διαφορικού ρεύματος το οποίο αντισταθμίζεται είτε με μείωση της ευαισθησίας των H/N του Μ/Σ ΜΤ-ΧΤ είτε με πρόσθετες διατάξεις οι οποίες όμως περιπλέκουν και μειώνουν την αξιοπιστία της διαφορικής προστασίας.
- iii. Κατά την ζεύξη των Μ/Σ παραπρέπει ένα μεταβατικό ρεύμα ζεύξεως που περιέχει συνεχή συνιστώσα και αρμονικές το οποίο μπορεί να προκαλέσει την λειτουργία της διαφορικής προστασίας αν δεν ληφθούν μέτρα όπως κατάλληλα φίλτρα κλπ.
- iv. Το κόστος της διαφορικής προστασίας είναι αρκετά υψηλό

Για όλους αυτούς τους λόγους η διαφορική προστασία εφαρμόζεται σε Μ/Σ των 1250kVA και άνω.

7.8 Μετασχηματιστές Μέτρησης

Οι μετασχηματιστές μέτρησης ή αλλιώς μετασχηματιστές οργάνων χρησιμοποιούνται για να αποζεύξουμε γαλβανικά και να μονώσουμε τα όργανα μέτρησης τάσης, έντασης, ισχύος κ.λ.π. από το δίκτυο ΜΤ. Η διάκριση των μετασχηματιστών αυτών που ουσιαστικά χρησιμοποιούνται στην επέκταση της κλίμακας οργάνων σε κυκλώματα εναλλασσόμενου ρεύματος ΜΤ, αναφέρεται στη μέτρηση:

- i. της τάσης και
- ii. της έντασης του ρεύματος

Στους υποσταθμούς ΜΤ, από την συνεργασία των Μ/Σ τάσης και ρεύματος προσδιορίζεται η ισχύς του συστήματος.

7.8.1 Μετασχηματιστές τάσης

Οι μετασχηματιστές τάσης χρησιμοποιούνται από την ΔΕΗ για τον προσδιορισμό της ηλεκτρικής ενέργειας και της ισχύος. Στις κυψέλες των καταναλωτών εγκαθίστανται Μ/Σ τάσης για να τροφοδοτηθούν:

- i. Ηλεκτρονόμοι υπέρτασης, υπότασης
- ii. Όργανα μέτρησης τάσης ισχύος, άεργου ισχύος, ωρόμετρα
- iii. Ηλεκτρονόμοι σφαλμάτων ή άλλες καταναλώσεις

Οι μετασχηματιστές τάσης με μονωτικό λάδι ασφαλίζονται στο πρωτεύον και δευτερεύον με ασφάλειες των 6A και 10A αντίστοιχα έναντι βραχυκυκλωμάτων, ενώ οι Μ/Σ τάσης με στερεά μόνωση, δεν ασφαλίζονται στην ΜΤ παρά μόνο στην χαμηλή διότι δεν υπάρχει κίνδυνος να εκραγούν. Οι σύγχρονες κατασκευές των Μ/Σ ΜΤ είναι με ξηρή μόνωση από εποξειδικές ρητίνες. Τα χαρακτηριστικά τους είναι:

Βασικά χαρακτηριστικά Μ/Σ τάσης για υποσταθμούς τάσης 20kV	
Ονομαστική τάση	20kV και 20% μεγαλύτερη
Ονομαστική ισχύς (SN)	30,300VA (SN=V2* 2)
Κλάση ακρίβειας, το μέγιστο σφάλμα του Μ/Σ για την ονομαστική ισχύ	1% ή 3%
Μέγιστη επιτρεπόμενη ισχύς	Smax[VA]
Τάση δευτερεύοντος	100V ή 200V όταν υπάρχουν γραμμές σύνδεσης 50m
Ονομαστικό φορτίο	Z0= U ₂ ² /SN= 100 ² /SN[Ω]

Πίνακας 7.7 [3]

Όλα τα όργανα συνδέονται παράλληλα στους πόλους του Μ/Σ τάσης. Μπορεί να γίνει υπέρβαση της ονομαστικής ισχύος μέχρι Smax στις περιπτώσεις όπου ο Μ/Σ τροφοδοτεί φορτία και όχι μόνο όργανα, όμως η ακρίβειά του μειώνεται. Για να ισχύει η ακρίβεια κλάσης του Μ/Σ πρέπει να μην υπερβούμε την ονομαστική του ισχύ, δηλαδή η συνιστάμενη αντίσταση του φορτίου να είναι μεγαλύτερη του ονομαστικού φορτίου Z0. Υπάρχουν ένα ή δύο δευτερεύοντα τυλίγματα, το ένα για μέτρηση και το άλλο για ανίχνευση σφαλμάτων γης.

7.8.2 Μετασχηματιστές έντασης

Οι μετασχηματιστές έντασης χρησιμοποιούνται στις εγκαταστάσεις της ΔΕΗ για το σύστημα προστασίας, για την μέτρηση του ρεύματος, της ισχύος και της ενέργειας. Στις εγκαταστάσεις του καταναλωτή γίνεται χρήση Μ/Σ έντασης:

- i. στους ηλεκτρονόμους προστασίας
- ii. στην μέτρηση ρεύματος, ισχύος, ενέργειας

Αν η προστασία των μέσων του καταναλωτή γίνεται μόνο με ασφάλειες ή πρωτογενώς δεν χρειάζεται Μ/Σ έντασης για τους Η/Ν προστασίας. Η κατασκευή των Μ/Σ έντασης γίνεται με ξηρή μόνωση από εποξειδικές ρητίνες. Τα χαρακτηριστικά των Μ/Σ έντασης είναι:

Βασικά χαρακτηριστικά Μ/Σ έντασης για υποσταθμούς τάσης 20kV	
Ονομαστική τάση	20kV
Ονομαστική ισχύς (SN)	5, 10, ...60VA
Κλάση ακρίβειας	1% ή 3%

Ονομαστικό ρεύμα πρωτεύοντος	5, ...100A
Θερμικό οριακό ρεύμα (I _{th})	16kA για 1sec
Δυναμικό οριακό ρεύμα (I _{δυν})	40 kA (I _{δυν} = 2,5xI _{th})
Ένταση ρεύματος δευτερεύοντος	5A ή 1A όταν οι συνδέσεις έχουν απόσταση >50μ
Ονομαστικό φορτίο	Z ₀ =S _N /I ₂ [Ω]

Πίνακας 7.8 [3]

Οι Μ/Σ έντασης κατασκευάζονται και με περισσότερα του ενός δευτερεύοντα όπου το κάθε δευτερεύον έχει το δικό του πυρήνα. Μπορεί σε ένα Μ/Σ να συνυπάρχουν πυρήνες μέτρησης και πυρήνες προστασίας. Κατασκευάζονται για δύο ρεύματα πρωτεύοντος το I_{pn} και το 2*I_{pn}.

Οι Μ/Σ έντασης για μέτρηση μπορούν συνήθως να υπερφορτιστούν διαρκώς μέχρι 20%, ενώ σε ειδικές κατασκευές μέχρι και 100%. Αυτές οι κατασκευές λέγονται Μ/Σ μεγάλης περιοχής. Οι Μ/Σ που χρησιμοποιούνται για προστασία συνδέονται, σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή, στον Η/Ν ή κατά αστέρα για Η/Ν φάσεων ή σε αθροιστική σύνδεση για Η/Ν γης ώστε να αντέχουν στα υψηλά ρεύματα σφαλμάτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο

Μονωμένοι Αγωγοί Και Καλώδια ΜΤ-ΧΤ

Οι αγωγοί κατασκευάζονται συνήθως από χαλκό και σπάνια από αλουμίνιο.

- i. Ο χαλκός έχει πολύ μεγάλη ειδική αγωγιμότητα (ειδική αντίσταση $\rho = 0,018$), υψηλή μηχανική αντοχή, είναι ανθεκτικός στη διάβρωση και κατεργάζεται εύκολα.
- ii. Το αλουμίνιο χρησιμοποιείται σαν αγωγός σε καλώδια διατομών συνήθως άνω των 35 mm^2 . Έχει μικρότερη ειδική αγωγιμότητα ($\rho = 0,027$), χαμηλότερη τιμή και μικρότερο βάρος. Μειονεκτήματά του αλουμινίου είναι ότι δεν συγκολλείται με μαλακή κόλληση χαμηλού σημείου τήξης, διαβρώνεται ευκολότερα λόγω ηλεκτροχημικών δράσεων, δεν αντέχει σε πολλές κάμψεις και όταν βρίσκεται σε πίεση παραμορφώνεται με την πάροδο του χρόνου και χαλαρώνονται έτσι οι συνδέσεις.

Η διατομή των αγωγών είναι στρογγυλή. Για πολυπολικά καλώδια μεγάλων διατομών ($>35 \text{ mm}^2$) χρησιμοποιούνται και διατομές κυκλικού τομέα (τριγωνικές, χαρακτηρίζονται με S).

Όσον αφορά την ευκαμψία, έχουμε αγωγούς οι οποίοι χαρακτηρίζονται ως εξής:

- i. Μονόκλωνους (U), πολύκλωνους I
- ii. Υψηλής ευκαμψίας πολύκλωνους (K), υπερυψηλής ευκαμψίας (F) Αγωγούς υψηλής και υπερυψηλής ευκαμψίας χρησιμοποιούμε σε καλώδια για συγκολλήσεις, για κινητές συσκευές, γεραμούς κ.λ.π., εκεί που το καλώδιο υπόκειται σε συνεχείς κάμψεις.

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

- i. Μείγματα ή υλικά που χρησιμοποιούνται σαν κύρια μονωτικά
- ii. Υλικά αγωγών
- iii. Μείγματα ή υλικά που χρησιμοποιούνται στο μανδύα
- iv. Διαστάσεις
- v. Μηχανικές, θερμικές και ηλεκτρικές ιδιότητες
- vi. Χρώμα, τρόπο συμβολισμού και σήμανσης των καλωδίων (κωδικοί κ.α.)
- vii. Προτεινόμενες χρήσεις και πεδία εφαρμογών
- viii. Φόρτιση ρεύματος
- ix. Δοκιμές

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

8.1 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.

- i. Στην χαμηλή τάση χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά το PVC ως μονωτικό κάτω από κανονικές συνθήκες. Εκτός από την κύρια μόνωση, έχουμε και την εξωτερική μόνωση (ή μανδύα) που γίνεται συνήθως από PVC ή από πολυχλωροπρένιο (=νεοπρένιο) ή από πολυαιθυλένιο ή γλωροπρένιο.
- ii. Στην μέση τάση χρησιμοποιούνται κατά κανόνα καλώδια με μόνωση κυρίως από χημικά δικτυωμένο πολυαιθυλένιο XLPE. Υπάρχουν επίσης καλώδια από αιθυλενιούχο –

προπυλαινιούχο ελαστικό EPR που έχουν μεγαλύτερη ελαστικότητα και είναι ανθεκτικότερα στο λάδι ή σε άλλα χημικά από ότι τα XLPE, αλλά είναι πιο ακριβά.

Τα πιο πάνω μονωτικά υλικά καλωδίων MT και XT αναμειγνύονται με ουσίες για να διαμορφωθούν κατάλληλες ιδιότητες όπως ελαστικότητα, χρώμα, αντοχή στη θερμοκρασία, μηχανικές καταπονήσεις κ.λ.π.

8.2 Ακροδέκτες Καλωδίων

Αφού εγκατασταθεί το καλώδιο εφαρμόζονται οι ακροκεφαλές του και οι ακροδέκτες του. Οι ακροδέκτες συμπιέζονται με ειδικές χειροκίνητες ή υδραυλικές πρέσες ακροδεκτών. Δεν γίνεται συγκόλληση των ακροδεκτών σε καλώδια MT, γιατί υπάρχει κίνδυνος να καταστραφεί η μόνωση. Στην XT μπορεί να γίνει κασσιτεροκόλληση των ακροδεκτών πάνω στους αγωγούς.

- i. Στην XT, οι ακροκεφαλές έχουν κυρίως τον σκοπό να μην επιτρέπουν την είσοδο νερού ή υγρασίας στο καλώδιο. Μπορεί σε εσωτερικούς ή στεγασμένους χώρους να μην χρειάζεται προστασία, αν οι χώροι είναι ξηροί. Αλλιώς χρησιμοποιούνται αυτοβουλκανιζόμενες ταινίες ή αυτοστρηννόμενοι σωλήνες από PVC. Σε υπαίθριες εγκαταστάσεις έχουν επιβληθεί στην XT ακροκεφαλές από ρητίνες.
- ii. Στη MT έχουμε ακροκεφαλές που προσδίδουν επαρκή ηλεκτρική αντοχή στην άκρη του καλωδίου και απαγορεύουν την είσοδο της υγρασίας στο καλώδιο.

Αποτελούνται από:

- ο Ελαστικό σιλικόνης για εσωτερικούς κυρίως χώρους
- ο Πορσελάνη για εξωτερικούς χώρους
- ο Ρητίνες για εσωτερικούς ή εξωτερικούς χώρους

8.3 Γείωση καλωδίων

Στα καλώδια MT γειώνεται ο μανδύας κάθε καλωδίου στην αναχώρηση από τη ΔΕΗ. Στην άφιξη, στις κυψέλες MT γειώνεται ο μανδύας στη γείωση της MT, 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.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο

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 ένα 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 ή διακόπτες εντολών και φέρουν συνήθως μικρά ρεύματα τάξης μεγέθους 1-5Α.

Οι διακόπτες κυκλωμάτων ισχύος διακρίνονται, ανάλογα με την ισχύ ή το ρεύμα διακοπής στις εξής κατηγορίες:

- i. Απόζευκτές, ανοίγουν και κλείνουν υπό αμελητέα ρεύματα και τάσεις.
- ii. Διακόπτες φορτίου, οι οποίοι συνδέουν και αποσυνδέουν φορτία σε ομαλή λειτουργία, όχι όμως σε βραχυκυκλώματα. Αυτό γίνεται μηχανικά ή ηλεκτρομαγνητικά με ρελαί
- iii. Διακόπτες ισχύος, οι οποίοι κλείνουν ή ανοίγουν κυκλώματα σε συνθήκες σφαλμάτων, δηλαδή και σε βραχυκυκλώματα. Ονομάζονται και αυτόματοι και χρησιμοποιούνται για προστασία
- iv. Διακόπτες εκκινήτες κινητήρων, οι οποίοι είναι μια ειδική κατηγορία διακοπτών φορτίου, κατάλληλη για τις βαριές συνθήκες εκκίνησης, σταματήματος και αλλαγής φοράς περιστροφής κινητήρων, όπου τα ρεύματα είναι πολλαπλάσια του κανονικού

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

9.1 Ζεύξη

Όταν κλείνει ένα κύκλωμα (ζεύξη) τότε το ρεύμα που θα περάσει παροδικά, για χρόνους ms έως μερικά sec, το ρεύμα εκκίνησης ή ζεύξης, μπορεί να είναι πολλαπλάσιο του κανονικού. Τα Τυπικά ρεύματα εκκίνησης δίνονται στο Πίνακα 9.1:

Φορτίο	Ρεύματα εκκίνησης/ονομαστικό ρεύμα
Ωμικό φορτίο	1
Λαμπτήρες πυρακτώσεως	2-10
Λαμπτήρες φθορισμού	3-13
Κινητήρες (με αναστροφή)	5-7(10)
Μ/Σ	8-20
Πυκνωτές	10-20

Πίνακας 9.1 [4]

Επιπροσθέτως, επειδή πριν το κλείσιμο των επαφών μηχανικών διακοπτών προηγείται διάσπαση του διακένου μεταξύ των επαφών και ηλεκτρικό τόξο, η καταπόνηση και η φθορά των επαφών μπορεί να είναι σημαντική κατά την ζεύξη. Συνεπώς πρέπει να ελεγχθεί αν ο διακόπτης

είναι κατάλληλος για τη ζεύξη του συγκεκριμένου φορτίου που έχει να αντιμετωπίσει, να συνδέσει.

9.2 Απόζευξη

Σε ένα κύκλωμα αν ανοίξουμε τις επαφές ενός διακόπτη, το ρεύμα δεν θα μηδενισθεί ακαριαία διότι υπάρχουν, έστω και μικρές αυτεπαγωγές. Σε μια ακαριαία εξαφάνιση του ρεύματος αυτές θα οδηγούσαν σε υψηλή τάση και διάσπαση του διακένου. Συνεπώς αναγκαία συνθήκη για την απόζευξη είναι η διακοπή του κυκλώματος να γίνεται όταν το ρεύμα μηδενισθεί. Δηλαδή από την στιγμή που αποχωρίζονται οι επαφές μέχρι και τον μηδενισμό του ρεύματος θα ρέει μεταξύ των επαφών το ρεύμα του κυκλώματος διαμέσου του ηλεκτρικού τόξου. Εφόσον μηδενισθεί το ρεύμα και διακοπεί το κύκλωμα, τότε στα άκρα των επαφών του διακόπτη θα εφαρμοσθεί μια τάση που εξαρτάται από το φορτίο (επιστρεφόμενη ή τάση αποκατάστασης). Προφανώς, τόσο η μεγάλη επιστρεφόμενη τάση όσο και η μεγάλη αγωγιμότητα του χώρου μπορούν να οδηγήσουν σε διάσπαση του διακένου μεταξύ των επαφών. Συνεπώς μια δεύτερη αναγκαία συνθήκη για την επιτυχή απόζευξη είναι η

επιστρεφόμενη τάση που εφαρμόζεται στα άκρα των επαφών να μην προκαλεί διάσπαση.

9.3 Μέσα ζεύξης-απόζευξης XT

9.3.1 Μηχανικοί διακόπτες φορτίου

Οι διακόπτες φορτίου χρησιμοποιούνται για να διακόπτουμε χειροκίνητα την τροφοδοτικές γραμμές των εγκαταστάσεων. Η κατασκευή των διακοπτών φορτίου πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο που να αποκλείουν τη δημιουργία βραχυκυκλωμάτων ή ενώσεων με τη γη, λόγω των σπινθήρων που δημιουργούνται κατά τη 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 ff 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 μονοπολικόι όταν συνδέουν ή αποσυνδέουν ένα αγωγό και πολυπολικόι (διπολικόι, τριπολικόι, τετραπολικόι) όταν συνδέουν ή αποσυνδέουν περισσότερους αγωγούς. Υπάρχουν στις εξής μορφές:

- i. Μαχαιρωτοί διακόπτες, κυρίως σαν αποζεύκτες σε πολύ μεγάλες ισχύεις, σε συνδυασμό με ασφάλειες
- ii. Διακόπτες δύο θέσεων με μοχλό, μικροδιακόπτες για ράγες
- iii. Διακόπτες δύο ή περισσότερων θέσεων περιστροφικοί, τύπου PACCO ή εκκεντροφόροι. Οι περιστροφικοί διακόπτες έχουν ένα εκκεντροφόρο άξονα που ωθεί τις επαφές να ανοίξουν ή να κλείσουν. Για να συνδεθεί σωστά ο διακόπτης πρέπει να έχουμε το διάγραμμα των επαφών του ώστε για κάθε θέση του διακόπτη να βλέπουμε ποιες είναι ανοιχτές και ποιες κλειστές. Χρησιμοποιούνται σαν γενικοί διακόπτες πινάκων, σαν εκκινήτες, σαν αντιστροφείς ή και για αλλαγή ταχύτητας σε κινητήρες.
- iv. Διακόπτες τύπου τυμπάνου.

Τα χαρακτηριστικά στοιχεία των διακοπτών φορτίου είναι:

- i. Ονομαστική τάση λειτουργίας σε V
- ii. Ονομαστική συχνότητα λειτουργίας σε Hz
- iii. Μέγιστο θερμικό ρεύμα, στο οποίο αντέχουν οι επαφές του διακόπτη, όταν είναι κλειστές

- iv. Μέγιστο ρεύμα λειτουργίας, για ορισμένη διάρκεια ζωής και ορισμένη κατηγορία χρήσης (είδος φορτίου)
- v. Μηχανική διάρκεια ζωής (αριθμός κύκλων λειτουργίας)
- vi. Ηλεκτρική διάρκεια ζωής (αριθμός κύκλων λειτουργίας)
- vii. Μέγιστο ρεύμα αντοχής σε βραχυκυκλώματα
- viii. Αριθμός πόλων

9.3.2 Ρελαί ισχύος

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

Τα κύρια μέρη ενός ρελαί είναι:

- i. Το μαγνητικό κύκλωμα από δυναμοελάσματα
- ii. Το πηνία (EP ή ΣΡ)
- iii. Το μηχανισμό τους
- iv. Τις επαφές ισχύος 3 ή 4 ζευγών
- v. Το θάλαμο ζεύξης τόξου για ρελαί μεγάλης ισχύος
- vi. Τις βοηθητικές επαφές
- vii. Το πηνίο είναι κατά προτίμηση ΣΡ διότι τα πηνία EP κάνουν θόρυβο.

Τα ρελαί χρησιμοποιούνται:

- i. Για έλεγχο μηχανημάτων από απόσταση
- ii. Για προγραμματισμό μηχανημάτων
- iii. Για εκκίνηση και έλεγχο λειτουργίας κινητήρων
- iv. Για έλεγχο λειτουργίας δικτύων διανομής
- v. Για έλεγχο λειτουργίας αντιστάσεων, πυκνωτών, πηνίων κλπ.

Τα ρελαί ισχύος γενικά χρησιμοποιούνται σαν διακόπτες φορτίου, έτσι ώστε να αντέχουν μηχανικά και ηλεκτρικά σε πολλούς κύκλους λειτουργίας. Συνήθως δεν κατασκευάζονται ρελαί για να διακόπτουν ή να αντέχουν σε βραχυκυκλώματα. Σε αυτές τις περιπτώσεις πρέπει να προστατεύονται σε βραχυκυκλώματα με ασφάλειες ή με διακόπτες ισχύος, αλλιώς λιώνουν ή συγκολλούνται οι επαφές.

Τα ρελαί, ανάλογα με το μέγεθός τους, διακρίνονται σε ρελαί ισχύος και σε βοηθητικά ρελαί (<1kW) και ανάλογα με το ρεύμα του κυκλώματος ισχύος διακρίνονται σε ρελαί συνεχούς ή εναλλασσόμενου ρεύματος. Επίσης, ανάλογα με τα φορτία που χρησιμοποιούνται, γίνεται συχνά η διάκριση σε ρελαί κινητήρων, αντιστάσεων, μετασχηματιστών συγκόλλησης, πυκνωτών και γενικά φορτίων. Ανάλογα με την χρήση τους και τις καταπονήσεις που υφίστανται, χωρίζουμε τα ρελαί σε κατηγορίες.

Τα χαρακτηριστικά των ρελαί είναι τα εξής:

- i. Ονομαστική ισχύς σε kW
- ii. Ονομαστική τάση λειτουργίας
- iii. Ονομαστικό ρεύμα λειτουργίας για κατηγορία AC-3
- iv. Ονομαστικό ρεύμα λειτουργίας για κατηγορία AC-1
- v. Ονομαστικό ρεύμα λειτουργίας για κατηγορία AC-4
- vi. Τάση λειτουργίας κυκλώματος ελέγχου (τάση τροφοδοσίας του πηνίου του ρελαί)
- vii. Αριθμός βοηθητικών επαφών (κλειστές-ανοιχτές)
- viii. Διάρκεια ζωής επαφών ρελαί (αριθμός ανοίγματος-κλεισίματος του ρελαί)

9.3.3. Βοηθητικά ρελαί

Εκτός από τα ρελαί ισχύος έχουμε και τα βοηθητικά ρελαί τα οποία κατασκευάζονται συνήθως για ισχύ μικρότερη του 1kW. Στα ρελαί αυτά έχουμε τις επαφές τροφοδοσίας του πηνίου (AC ή DC) με συμβολισμό A1-A2 και τις βοηθητικές επαφές (ανοιχτές ή κλειστές ή επαφές με χρονική καθυστέρηση).

Τα βοηθητικά ρελαί χρησιμοποιούνται στα κυκλώματα ελέγχου των εγκαταστάσεων, των συσκευών και των μηχανημάτων. Στην πράξη οι κατασκευαστές δίνουν διάφορες κατηγορίες βοηθητικών ρελαί με βάση την τάση λειτουργίας του πηνίου και την ένταση του ρεύματος που επιτρέπεται να περάσει από τις βοηθητικές επαφές.

9.4 Μέσα Προστασίας Σε Υπερρένματα, Υπερφόρτωση και Βραχυκυκλώματα στη XT

Οι διατάξεις προστασίας έναντι υπερεντάσεων, δηλαδή ρευμάτων υπερφόρτισης και ρευμάτων βραχυκύκλωσης πρέπει:

- i. Να επιτρέπουν την ροή των παροδικών υπερεντάσεων κατά την κανονική λειτουργία
- ii. Να διακόπτουν την τροφοδότηση πριν η θερμοκρασία του στοιχείου που προστατεύουν υπερβεί την μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή
- iii. Να διακόπτουν στο μικρότερο δυνατό χρόνο τα ρεύματα βραχυκύκλωσης
- iv. Να εξασφαλίζουν την διακοπή μόνο του τμήματος του κυκλώματος στο οποίο παρουσιάζεται η υπερένταση

Υπάρχουν τα εξής μέσα προστασίας:

- ο Ασφάλειες τήξης
- ο Αυτόματοι διακόπτες (μικροαυτόματοι γραμμών, αυτόματοι προστασίας συσκευών, διακόπτες ισχύος, αυτόματοι κινπητήρων, διακόπτες διαφορικού ρεύματος)

9.4.1 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 χαμπλά ρεύματα (<20A) μπορεί να χρησιμοποιούνται χάλκινα σύρματα. Για υψηλότερα ρεύματα έχουμε και αγωγού (τηκτά) από άργυρο. Αυτό γίνεται για να μειωθούν οι απώλειες ισχύος στην αντίσταση του τηκτού.

Οι ασφάλειες τήξης εκλέγονται σύμφωνα με τα εξής στοιχεία:

- i. Ονομαστική τάση π.χ. 230/400V
- ii. Ονομαστική ισχύς διακοπής ή ρεύμα διακοπής (αυτό προσδιορίζει κυρίως τον τύπο της ασφάλειας)
- iii. Χαρακτηριστικές χρόνου-ρεύματος. Μαζί με την χαρακτηριστική μπορεί να δίνονται και το 'μικρό' και το 'μεγάλο' ρεύμα δοκιμής. Το μικρό ρεύμα δεν λιώνει την ασφάλεια σε ορισμένο χρόνο, που είναι συνήθως μια ώρα και το μεγάλο ρεύμα λιώνει την ασφάλεια μέσα σε ορισμένο χρόνο συνήθως μιας ώρας

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, κατασκευάζονται ασφάλειες για διάφορες κατηγορίες χρήσης που χαρακτηρίζονται από

δύο γράμματα. Το πρώτο είναι το g ή ένα a. Το g σημαίνει πλήρης προστασία σε όλη την περιοχή των ρευμάτων και το a μερική προστασία, μόνο των υψηλών ρευμάτων, οι οποίες είναι χρήσιμες σε κινητήρες λόγω των υψηλών ρευμάτων εκκίνησης.

Το δεύτερο γράμμα χαρακτηρίζει το υπό προστασία στοιχείο και μπορεί να είναι ένα από τα εξής γράμματα:

- i. G= γενική χρήση
- ii. L= γραμμές, καλώδια
- iii. M= θερμικά (π.χ. για κινητήρες)
- iv. R= ημιαγωγοί
- v. B= εγκαταστάσεις ορυχείων
- vi. Tr= μετασχηματιστές

Υπάρχουν οι εξής τύποι ασφαλειών, οι οποίες διαφοροποιούνται κυρίως στο μέγεθος και την ισχύ απόξευξή τους:

- i. **Ασφάλειες D** (οι μεγάλες βιδωτές), οι οποίες λέγονται και Diazed- ασφάλειες. Στις ασφάλειες αυτές ο αγωγός προς τήξη είναι σύρμα ή ταινία με σταθερή συνήθως διατομή. Κατασκευάζονται από 2-125A και μπορούν να διακόψουν ρεύματα μέχρι 50kA. Οι χαρακτηριστικές ρεύματος-χρόνου διαφέρουν σε κάθε κατασκευαστή, οι οποίες όμως βρίσκονται σε προκαθορισμένες, βάσει κανονισμών, περιοχές. Παλαιότερα υπήρχε η διάκριση σε ασφάλειες βραδείας και ταχείας τήξης, αλλά πλέον οι κανονισμοί επιβάλλουν την τήρηση του μικρού και μεγάλου ρεύματος δοκιμής και ανοχής της χαρακτηριστικής. Ωστόσο για περιπτώσεις όπου επιζητούμε βραδεία τήξη μπορεί κανείς να χρησιμοποιήσει ασφάλειες τύπου aM.
- ii. **Ασφάλειες DO** (οι μικρές βιδωτές), οι οποίες λέγονται και Neozed- ασφάλειες. Τα χαρακτηριστικά αυτών των ασφαλειών δεν διαφέρουν ουσιαστικά από αυτά των ασφαλειών D. Οι διαμέτροι, το μήκος και το ρεύμα απόξευξης των DO είναι μικρότερα από αυτά των D. Και εδώ πλέον δεν υπάρχει ο διαχωρισμός σε ασφάλειες βραδείας και ταχείας τήξης.
- iii. **Ασφάλειες NH** ή HRC-Fuses (οι μαχαιρωτές). Οι ασφάλειες αυτές χρησιμοποιούνται για μεγάλα ρεύματα βραχυκύκλωσης π.χ. 80kA. Τα τηκτά τους είναι ταινίες με στενές περιοχές και μια μαλακή συγκόλληση στο μέσον, τα οποία βρίσκονται σε σκόνη χαλαζία. Μετά την τήξη σε βραχυκυκλώματα σχηματίζονται πολλά τόξα σε σειρά. Σε υπερφορτίσεις με ρεύματα λίγο μεγαλύτερα από το μεγάλο ρεύμα δοκιμής, οι ασφάλειες NH λιώνουν στο μέσον, στη θέση της συγκόλλησης. Η κατασκευή αυτή μειώνει την αντίσταση στην κανονική λειτουργία και αυξάνει την ικανότητα διακοπής ρεύματος. Επίσης οι ασφάλειες NH δημιουργούν μεγάλη αντίσταση στο κύκλωμα μετά την τήξη τους περιορίζοντας έτσι σημαντικά το ρεύμα βραχυκύκλωσης. Όπως και στους προηγούμενους τύπους ασφαλειών, δεν υπάρχουν ασφάλειες NH βραδείας ή ταχείας τήξης. Οι χαρακτηριστικές ρεύματος χρόνου είναι ενιαίες και δίνονται για τον συνηθισμένο τύπο κατηγορίας gL. Υπάρχουν 7 μεγέθη διαφορετικών διαστάσεων.
- iv. **Ασφάλειες G** (οι μικροασφάλειες σε κυλινδρικό γυάλινο σωλήνα) για συσκευές. Οι ασφάλειες αυτές είναι κυλινδρικές, διαμέτρου 5mm και μήκους 20 ή 25 ή 30mm. Το τακτό βρίσκεται μέσα σε γυάλινο κενό σωλήνα με δύο ακροδέκτες. Μπορεί να υπάρχει και σκόνη χαλαζία στο σωλήνα. Χρησιμοποιούνται για την προστασία συσκευών μικρής ισχύος.

Οι χαρακτηριστικές ρεύματος-χρόνου χωρίζονται σε 5 κατηγορίες:

- FF πολύ ταχείας τήξης, σπάνια χρήση
- F ταχείας τήξης
- M μεσαίας τήξης

T βραδείας τήξης

TT πολύ βραδείας τήξης, σπάνια χρήση

Η ικανότητα απόζευξης των μικροασφαλειών χωρίζεται σε 5 κατηγορίες. Ο συμβολισμός τους περιέχει την κατηγορία των χαρακτηριστικών ρεύματος- χρόνου, το ρεύμα σε A, την τάση σε V και την κατηγορία απόζευξης π.χ. F *0,25/250.

- v. **Ασφαλαιοαποζεύκτες**, όπου είναι ο συνδυασμός των ασφαλειών NH στα τριφασικά συστήματα με μαχαιρωτούς αποφευκτές. Χρησιμοποιούνται σαν ασφάλειες και σαν γενικοί διακόπτες στους πίνακες διανομής, γι' αυτό εφαρμόζονται συχνά σε εγκαταστάσεις ισχύος. Γενικά οι ασφαλαιοαποζεύκτες μπορούν να κλείνουν ή να ανοίγουν χειροκίνητα υπό φορτίο. Η κίνηση αυτή πρέπει να γίνεται όσο το δυνατόν πιο γρήγορα για να μην διαρκεί πολύ χρόνο το ηλεκτρικό τόξο και επιβαρύνει τις επαφές. Σε εγκαταστάσεις κίνησης, στις οποίες δεν πρέπει να λείπει μια φάση, χρησιμοποιείται ασφαλαιοαποζεύκτης παράλληλα με ένα αυτόματο υπερρέματος. Όταν καούν μία ή περισσότερες ασφάλειες τότε το ρεύμα περνά από τον αυτόματο που δίνει στην συνέχεια εντολή πτώσης στο ρελαί του κινητήρα.

9.4.2 Αυτόματοι διακόπτες ισχύος

Οι διακόπτες ισχύος που ονομάζονται και αυτόματοι, χρησιμοποιούνται για την προστασία σε 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:

- i. Η ονομαστική ικανότητα διακοπής του διακόπτη πρέπει να είναι μεγαλύτερη από το αρχικό ρεύμα βραχυκύκλωσης I_{pk}' το οποίο μπορεί να εμφανισθεί στο σημείο εγκατάστασης του διακόπτη
- ii. Η ονομαστική ικανότητα ζεύξης του διακόπτη πρέπει να είναι μεγαλύτερη από το κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης I_s το οποίο μπορεί να εμφανισθεί 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 στοιχεία καθυστέρησης της πτώσης. Οι διακόπτες ισχύος κατασκευάζονται από 20-5000A. Οι επαφές ισχύος απομακρύνονται 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:

- i. Η τάση
- ii. Το ονομαστικό συνεχώς επιτρεπόμενο ρεύμα
- iii. Το θερμικό ρεύμα του 1sec, δηλαδή η αντοχή των επαφών για 1 sec
- iv. Το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα απόζευξης, το μέγιστο ρεύμα δηλαδή που μπορεί να αποζεύξει ο διακόπτης ισχύος
- v. Περιοχή ρύθμισης θερμικού στοιχείου
- vi. Περιοχή ρύθμισης στιγμιαίου (ηλεκτρομαγνητικού) στοιχείου, αν υπάρχει
- vii. Ρελαί έλλειψης τάσης και ρύθμισής του, αν υπάρχει
- viii. Ρελαί υπέρτασης και ρύθμισής του, αν υπάρχει
- ix. Μηχανισμός οπλισμού με κινητήρα, αν υπάρχει
- x. Βοηθητικές επαφές για σήμανση, μανδάλου κλπ
- xi. Σύστημα ψύξης επαφών με ανεμιστήρα σε μεγάλους διακόπτες

- xii. Διακόπτες μεγάλης ισχύος μπορεί να απαιτούν βοηθητικές τάσεις που πρέπει να προέρχονται από δίκτυο αδιάλειπτης τάσης

Οι διακόπτες ισχύος μπορούν να χρησιμοποιηθούν:

1. Σαν διακόπτες ισχύος για προστασία διανομών
 - i. Με σταθερά θερμικά και μαγνητικά στοιχεία
 - ii. Με σταθερά θερμικά και ρυθμιζόμενα μαγνητικά στοιχεία
 - iii. Με ρυθμιζόμενα θερμικά και μαγνητικά στοιχεία
2. Σαν διακόπτες ισχύος για προστασία κινητήρων
 - i. Χωρίς ρύθμιση της κατηγορίας απόζευξης, χωρίς ευαισθησία
 - ii. φάσης, με σταθερά μαγνητικά στοιχεία
 - iii. Με ρύθμιση της κατηγορίας απόζευξης, με ευαισθησία έλλειψης φάσης, με σταθερά μαγνητικά στοιχεία
3. Σαν διακόπτες ισχύος για εκκινητές με ρυθμιζόμενα μαγνητικά στοιχεία, χωρίς θερμικά στοιχεία
4. Σαν αποφευκτές ισχύος, με σταθερά μαγνητικά στοιχεία, χωρίς θερμικά στοιχεία

Οι διακόπτες ισχύος προορίζονται και για προστασία αγωγών, καλωδίων, μπαταριών, κινητήρων καθώς και άλλων τμημάτων μιας εγκατάστασης από υπερφόρτιση και βραχυκύκλωμα. Έτσι είναι κατάλληλοι για χρήση σαν:

- Διακόπτες εισόδου διανομής σε πίνακες
- Γενικοί διακόπτες όταν συνδυαστούν με περιστροφικό χειριστήριο πόρτας
- Διακόπτες προστασίας σε διανομή καταναλωτών
- Διακόπτες ανάγκης όταν ο διακόπτης είναι εφοδιασμένος με πηνίο έλλειψης τάσης και σε συνδυασμό με αντίστοιχο εφεδρικό κύκλωμα

Αν οι αυτόματοι διακόπτες ισχύος για προστασία γραμμών και κινητήρων έχουν την απαιτούμενη, για την θέση την οποία βρίσκονται, ισχύ διακοπής δεν είναι απαραίτητη η τοποθέτηση ασφαλειών τήξης στη γραμμή. Αν όμως το αναμενόμενο ρεύμα βραχυκυκλώματος είναι μεγαλύτερο από το ρεύμα βραχυκύκλωσης που μπορεί να διακόψει το ηλεκτρομαγνητικό στοιχείο του αυτόματου τότε θα πρέπει να τοποθετηθούν πριν από αυτόν ασφάλειες τήξης οι οποίες θα λειτουργούν πριν τον αυτόματο. Διακόπτες ισχύος προτιμώνται των ασφαλειών όταν δεν μπορεί να γίνει επιλεκτική η συνεργασία με τα άλλα μέσα προστασίας. Συνήθως αυτό εμφανίζεται σε ρεύματα άνω των 400Α.

9.4.2.1 Αυτόματοι διακόπτες προστασίας έναντι υπερρεύματος

Είναι διακόπτες ισχύος που ανοίγουν αυτόματα σε ένα καθορισμένο χρόνο, εφόσον το ρεύμα υπερβεί μια καθορισμένη τιμή. Σκοπό έχουν την προστασία του εξοπλισμού από υπερβολική θερμοκρασία σε υπερφορτίσεις και από την μηχανική και θερμική καταπόνηση που προκαλούν τα βραχυκυκλώματα. Αποτελούνται κυρίως από δύο ή τρία μέρη:

- i. Το μέρος του διακόπτη ισχύος, δηλαδή τις επαφές με θάλαμο σβέσης
- ii. Το θερμικό στοιχείο ή τον H/N που δίνει εντολή στον διακόπτη ισχύος να ανοίξει, παρέχοντας προστασία μιας γραμμής ή μιας συσκευής από παρατεταμένη υπερφόρτιση
- iii. Ενδεχομένως το ηλεκτρομαγνητικό στοιχείο που δίνει εντολή στο διακόπτη ισχύος να ανοίξει σχεδόν ακαριαία (10-100ms) όταν το ρεύμα υπερβεί μια τιμή. Αυτό λέγεται και στιγμιαίο στοιχείο.

Συχνά οι αυτόματοι συνοδεύονται και από ρελαί υπότασης ή υπέρτασης που δίνουν εντολή πτώσης αν η τάση πέσει π.χ. στο 90% ή ανέβει στο 110%. Αυτά χρησιμοποιούνται σε αυτόματους προστασίας κινητήρων. Ανάλογα με το τι προστατεύουν οι αυτόματοι διακρίνονται σε αυτόματους γραμμών, συσκευών, κινητήρων και διακόπτες ισχύος για εγκαταστάσεις διανομής.

9.4.2.2 Μικροαυτόματοι διακόπτες προστασίας κινητήρων

Οι μικροαυτόματοι διακόπτες προστασίας κινητήρων έχουν χειρισμό δύο μπουτόν (stop-start) 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 25A.

Χαρακτηριστικά στοιχεία είναι:

- i. Η ονομαστική τάση λειτουργίας
- ii. Η ονομαστική ισχύς
- iii. Η κατηγορία λειτουργίας
- iv. Η ρύθμιση θερμικής προστασίας
- v. Η ρύθμιση μαγνητικής προστασίας.

9.4.3 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. Ο απλό τύπος θερμικού αποτελείται από τρεις επαφές εισόδου, τρία διμεταλλικά ελάσματα, τρεις επαφές εξόδου και τις επαφές ελέγχου 95-96 κλειστή και 95-98 ανοιχτή ή 95-96 κλειστή και 97-98 ανοιχτή. Στο θερμικό επίσης υπάρχουν ο μηχανισμός για την περιοχή ρύθμισης του θερμικού και τα κουμπιά stop, reset. Χαρακτηριστικά στοιχεία των θερμικών ρελαί είναι η κλάση με βάση το χρόνο διακοπής και η περιοχή ρύθμισης του θερμικού.

Η επιλογή γίνεται με βάση:

- i. Την κλάση προστασίας
- ii. Το χρόνο διακοπής
- iii. Την περιοχή ρύθμισης
- iv. Την τάση του κυκλώματος ελέγχου
- v. Την τάση του κυκλώματος ισχύος
- vi. Την προστασία του από βραχυκυκλώματα
- vii. Το ρελαί ισχύος με το οποίο μπορεί να συνδεθεί
- viii. Τη θερμοκρασία περιβάλλοντος
- ix. Το θερμικό ρεύμα της κλειστής επαφής του βοηθητικού κυκλώματος (μέγιστο διαρκώς επιτρεπόμενο ρεύμα μέσα από την κλειστή επαφή 95-96)
- x. Τη δυνατότητα για χειροκίνητο ή αυτόματο reset ή και τα δύο

9.4.4 Μικροαυτόματοι προστασίας γραμμών

Οι μικροαυτόματοι χρησιμοποιούνται στην αναχώρηση γραμμών για την προστασία τους αφού προσφέρουν:

- i. Θερμική προστασία (θερμικό στοιχείο). Σε περίπτωση υπερφόρτισης θερμαίνεται ένα διμεταλλικό στοιχείο, κάμπτεται και διακόπτεται το κύκλωμα

- ii. Μαγνητικό προστασία (μαγνητικό στοιχείο). Σε περίπτωση βραχυκυκλώματος, ο ηλεκτρομαγνήτης προκαλεί την έλξη του οπλισμού και το άνοιγμα των επαφών του αυτόματου

Οι μικροαυτόματοι έχουν τυποποιηθεί σύμφωνα με τους κανονισμούς. Τα τυποποιημένα ρεύματα τους είναι 4-63A. Κατασκευάζονται σε μονοπολική ή τριφασική μορφή για 230/400V και διακόπτουν τα ίδια ρεύματα για τάσεις 60- 110V DC. Ο χειρισμός τους μπορεί να γίνει χειροκίνητα (κλείσιμο-άνοιγμα), το άνοιγμά τους όμως γίνεται και αυτόματα μέσω εντολής από το θερμικό ή το ηλεκτρομαγνητικό τους στοιχείο.

Τα βασικά μέρη μιας αυτόματης ασφάλειας είναι:

- i. Η κινητή επαφή
- ii. Η σταθερή επαφή
- iii. Το ελατήριο
- iv. Το θερμικό στοιχείο
- v. Το ηλεκτρομαγνητικό στοιχείο
- vi. Ο θάλαμος σβέσης τόξου

Τα χαρακτηριστικά τους στοιχεία είναι:

- i. Η τάση
- ii. Το ονομαστικό ρεύμα I_N
- iii. Το μικρό και μεγάλο ρεύμα δοκιμής, αυτά αφορούν κυρίως το θερμικό στοιχείο
- iv. Η ικανότητα διακοπής σε σφάλμα. Χωρίζονται σε τρεις ομάδες I,II,III με αντίστοιχες ικανότητες διακοπής 3,6-10A
- v. Η κλάση περιορισμού ροής του ρεύματος. Οι κλάσεις είναι 1, 2, 3
- vi. Οι χαρακτηριστικές ρεύματος-χρόνου

Οι μικροαυτόματοι έχουν περιορισμένη ικανότητα διακοπής ρευμάτων βραχυκύκλωσης. Αν το ρεύμα βραχυκύκλωσης υπερβαίνει την ικανότητα διακοπής του μικροαυτόματου πρέπει να προταχθεί μια ασφάλεια που μπορεί να είναι από 2-4 βαθμίδες μεγαλύτερη.

Η σχέση ρεύματος πτώσης σκανδαλισμού και χρόνου λέγεται **χαρακτηριστική**. Οι χαρακτηριστικές ονομάζονται A, B, C, D και διαφέρουν στο ηλεκτρομαγνητικό τους στοιχείο. Ειδικότερα η χαρακτηριστική A έχει προβλεφθεί για γραμμές που τροφοδοτούν ημιαγωγούς όπου το ρεύμα που προκαλεί την πτώση είναι τριπλάσιο. Αντί της A μπορεί να χρησιμοποιηθεί η Z. Η χαρακτηριστική B αφορά κυκλώματα κατοικιών, γραφείων όπου δεν τροφοδοτούνται κινητήρες π.χ. κλιματιστικά. Η C έχει προβλεφθεί για κυκλώματα συσκευών με υψηλά ρεύματα εκκίνησης όπως κινητήρες, φωτιστικά ισχύος. Η D για κυκλώματα συσκευών με πολύ υψηλά κρουστικά ρεύματα όπως M/Σ ισχύος, πηνία, πυκνωτές. Αντί της D μπορεί να χρησιμοποιηθεί η K.

9.4.5 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 γη και αν αυτό υπερβεί μια τιμή, συνήθως 30mA τότε αποξεύγει το κύκλωμα σε όλους τους πόλους (φάσεις και ουδέτερο) σε 0,2 sec περίπου. Ο ΔΔΡ έχει ως βασικό του στοιχείο έναν αθροιστικό M/Σ ρεύματος τύπου δακτυλίου. Στο πρωτεύον περνούν τα ρεύματα φάσεων I1, I2, I3 και του ουδέτερου I_N 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. Το δευτερεύον του Μ/Σ έντασης δεν έχει ρεύμα $I_1+I_2+I_3-I_N=0$. Αν υπάρχει σφάλμα ως προς γη το άθροισμα των ρευμάτων των φάσεων και του ουδετέρου είναι ίσο με το ρεύμα σφάλματος I_F , $I_1+I_2+I_3-I_N=I_F$.

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. Με την γήρανση του μαγνήτη το διαφορικό ρεύμα που ακυρώνει την μαγνητική ροή γίνεται μικρότερο του ονομαστικού (30 mA). Δηλαδή με την πάροδο του χρόνου βρισκόμαστε στην πιο ασφαλή πλευρά.

Υπάρχουν περιπτώσεις όπου το διαφορικό ρεύμα έχει ισχυρή DC συνιστώσα ή λόγω ύπαρξης φορτίων με ηλεκτρονικά ισχύος υπάρχουν AC και ωστικά ρεύματα. Τότε ένας συνηθισμένος ΔΔΡ θα ανοίξει αργότερα από τα 30mA. Στις περιπτώσεις αυτές χρησιμοποιείται ο παντός ρεύματος ΔΔΡ (universal RCD).

Ο ΔΔΡ επιτρέπεται να εφαρμόζεται σε δίκτυο TT (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 και 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 $I_{rN}=30mA$ προσφέρουν προστασία στην περίπτωση που γίνεται άμεση επαφή ανθρώπου με γυμνό αγωγό, π.χ. χέρι στη φάση και πόδια στην γη. Δεν προσφέρουν όμως πάντα προστασία στην περίπτωση που ο άνθρωπος θα βραχυκυκλώσει με τα χέρια του φάση και ουδέτερο γιατί το κύριο μέρος του ρεύματος σφάλματος περνά από το σώμα και όχι από τον ΔΔΡ. Σε αντίθεση με άλλα μέσα προστασίας, π.χ. διακόπτες διαφυγής τάσης ΔΔΤ, έχουμε στους ΔΔΡ και προστασία κατά της πυρκαγιάς γιατί περιορίζεται άμεσα το ρεύμα διαρροής προς γη. Έτσι εμποδίζονται ηλεκτρικά τόξα από φάση προς γη που μπορούν να προκαλέσουν πυρκαγιές. Για προστασίας έναντι πυρκαγιάς ο ΔΔΡ συνδέεται στον κεντρικό πίνακα και ρυθμίζεται π.χ. στα $\Delta N=0,5^A$ και χρονική καθυστέρηση πτώσης άνω των 1-5sec. Οι ΔΔΡ με $I_{rN}=30mA$ συνίστανται πάντα σε καταναλωτές με ουδετέρωση και ιδιαίτερα εκεί που υπάρχει αυξημένος κίνδυνος ηλεκτροπληξίας δηλαδή όπως μαγειρεία, εγκαταστάσεις σε κήπους, μπάνια και κτηνοτροφικές εγκαταστάσεις. Μεγάλοι καταναλωτές δεν προστατεύονται μόνο με ένα ΔΔΡ αλλά με πολλούς αφού χωριστούν σε ομάδες των π.χ. 43-60A. Αυτό διασφαλίζει την ανεξαρτησία των κυκλωμάτων και εξασφαλίζει μικρότερο χωρητικό ρεύμα προς τη γη, που μπορεί να προκαλέσει μια ανεπιθύμητη πτώση του ΔΔΡ. Σε πολλά παράλληλα κυκλώματα με ΔΔΡ, οι ουδέτεροι δεν πρέπει να είναι συνδεδεμένοι μετά τους ΔΔΡ.

Μειονέκτημα του ΔΔΡ μπορεί να είναι η περιορισμένη ετοιμότητά του και αυτό επιδεινώνεται όταν δεν συντηρείται. Για τον λόγο αυτό πρέπει να δοκιμάζεται κάθε 6 μήνες. Η δοκιμή του γίνεται με ένα κύκλωμα το οποίο είναι ενσωματωμένο μέσα τους και πατώντας το διακόπτη δοκιμής P το ρεύμα μέσω της αντίστασης προκαλεί την απόξεση. Αν ο ΔΔΡ πέφτει, δηλαδή δεν μπορεί να κρατηθεί σε κατάσταση εντός, τότε υπάρχει διαρροή ή γεφύρωση του ουδετέρου με τη γη ή με την φάση. Πτώση του ΔΔΡ, επίσης, συμβαίνει αν μετά το ΔΔΡ έχει γειωθεί ο ουδέτερος, κάτι που δεν επιτρέπεται. Η πτώση προκαλείται όταν συνδεθούν φορτία, έτσι μπορεί κανείς να εντοπίσει το σημείο όπου υπάρχει λανθασμένη σύνδεση, ανοιγοκλείνοντας τους διακόπτες των διαφόρων φορτίων. Ορισμένα κυκλώματα, όπως συναγερμοί, καταψύκτες, ψυγεία, κυκλώματα ελέγχου κ.α.,

δεν πρέπει να προστατεύονται έναντι ηλεκτροπληξίας από ΔΔΡ αλλά από άλλη μέθοδο προστασίας.

Τα χαρακτηριστικά των ΔΔΡ είναι:

- i. Το ονομαστικό διαφορικό ρεύμα $I_{\Delta N}$, όπου είναι το ρεύμα στο οποίο αναφέρονται οι χρόνοι απόζευξης. Για $I_F = I_{\Delta N}$ ο χρόνος είναι τάξης μεγέθους 0,1 sec.
- ii. Το ονομαστικό ρεύμα I_N , που είναι το ρεύμα φάσεων στο οποίο αντέχουν συνεχώς.
- iii. Το διαφορικό ρεύμα στο οποίο αντιδρούν.

Υπάρχουν ΔΔΡ για τριφασικά και μονοφασικά κυκλώματα. Οι ΔΔΡ που προσφέρονται στο εμπόριο είναι ρυθμισμένοι για απόζευξη ρευμάτων σφάλματος: $I_F = 10 \dots 100 \text{mA}$.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο

Πίνακες ΜΤ

Η εγκατάσταση ΜΤ του καταναλωτή γίνεται σχεδόν κατά αποκλειστικότητα σε κλειστούς χώρους.

Πρέπει να λαμβάνεται υπόψη τα εξής:

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

Ο πίνακας ΜΤ του καταναλωτή είναι το σημείο της ηλεκτρικής εγκατάστασης όπου έρχονται (αφίξεις) τα παροχικά καλώδια από τη ΔΕΗ και φεύγουν (αναχωρήσεις) 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.

Τα τοιχώματα των κυψελών είναι από λαμαρίνα χαλύβδινη, πάχους 1,5 mm τουλάχιστον. Πολλές κατασκευές γίνονται με 3 mm, για λόγους στιβαρότητας και αντοχής στο ηλεκτρικό τόξο. Οι κυψέλες για 20 kV έχουν συνήθως διαστάσεις:

- i. Πλάτος: 0,70 έως 1,20 m
- ii. Βάθος: 1,00 έως 1,20 m
- iii. Ύψος: 2,00 έως 2,50 m

Η συναρμολόγηση του πίνακα γίνεται από εμπρός, συνεπώς πρέπει να υπάρχει σε κάθε κυψέλη μια πόρτα, στην οποία επιπλέον υπάρχει σχεδιασμένο το μονογραμμικό διάγραμμα της κυψέλης. Τα καλώδια συνήθως έρχονται από το κάτω μέρος του πίνακα, για αυτό και θα πρέπει να προβλέπονται ειδικά χαντάκια.

10.1 Σχηματικό διάγραμμα μιας τυπικής κυψέλης (σχήμα 10.1)

Το σχηματικό διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζει μια τυπική κυψέλη προστασίας και ελέγχου για αναχωρήσεις καλωδίων ή του Μ/Σ. Τέτοιες κυψέλες κατασκευάζονται από πολλές ελληνικές βιομηχανίες, αλλά το διακοπτικό υλικό και οι συσκευές μέτρησης και προστασίας είναι κατά κανόνα εισαγωγής. Στην κυψέλη έχουν αριθμηθεί τα διάφορα μέρη της και είναι:

- i. **Διαμέρισμα ζυγών ΜΤ.** Οι χάλκινες μπάρες (ζυγοί) κατασκευάζονται από ηλεκτρολυτικό χαλκό διατομής τουλάχιστον 40*4 mm. Στηρίζονται σε μονωτήρες εποξειδικής ρητίνης με ύψος τουλάχιστον 210 mm και βιδώνονται με καδμιωμένους κοχλίες Μ12.
- ii. **Διαμέρισμα ΧΤ.** Στο διαμέρισμα αυτό υπάρχουν οι κλεμμοσειρές στις οποίες καταλήγουν όλα τα ηλεκτρικά μέρη της κυψέλης, όπως τα δευτερεύοντα τυλίγματα των Μ/Σ μέτρησης, οι βοηθητικές επαφές και τα πηνία λειτουργίας του διακόπτη ισχύος κ.λ.π. Στην πόρτα του διαμερίσματος υπάρχουν τα όργανα μέτρησης (π.χ. Α-μετρα) και τα όργανα προστασίας (π.χ. ηλεκτρονόμος υπερέντασης).
- iii. **Αποζεύκτης κενού ή διακόπτης φορτίου** (μανταλωμένος με τον γειωτή). Προτιμάται ο διακόπτης φορτίου αν και είναι οικονομικά ακριβότερος. Αν χρησιμοποιηθεί αποζεύκτης κενού, πρέπει να μανδαλωθεί με τον Δ/1. βασική λειτουργία του διακόπτη είναι η δημιουργία

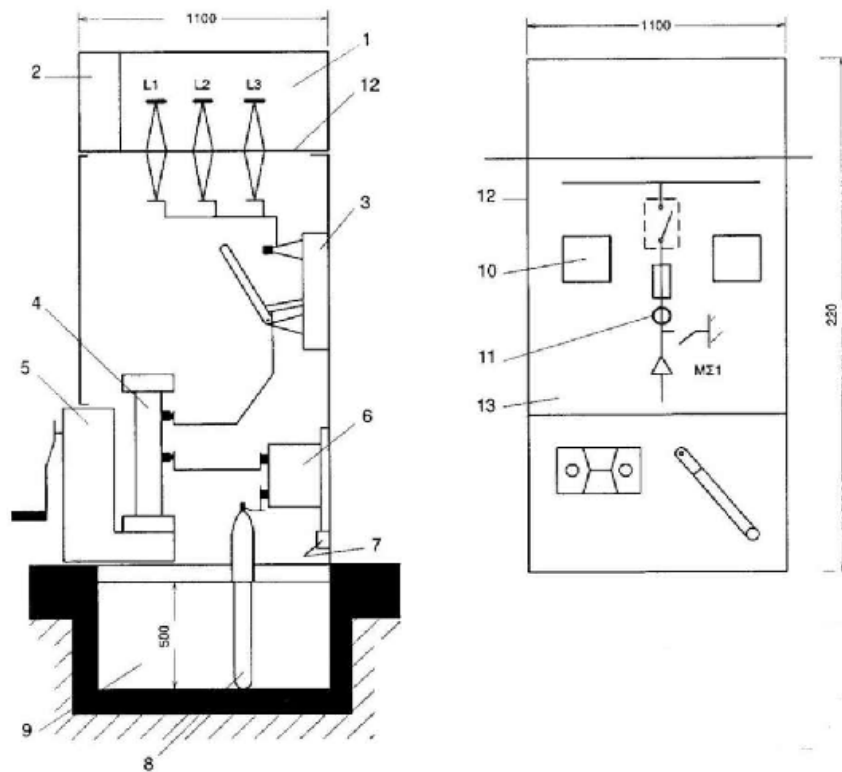
ορατής απομόνωσης του κυκλώματος των 20 kV σε περίπτωση που θέλουμε να συντηρήσουμε το κύκλωμα.

- iv. **Διακόπτης ισχύος SF6** ή πτωχού ελαίου σταθερού τύπου. Ο διακόπτης είναι προσαρμοσμένος με βίδες και χάλκινες μπάρες, με το διακόπτη φορτίου και τους Μ/Σ έντασης.
- v. **Μηχανισμός χειρισμού Δ/Ι.** Περιέχει τα ελατήρια κλεισίματος και ανοίγματος, το μηχανισμό τάνυσης των ελατηρίων (χειροκίνητο ή ηλεκτροκίνητο), τα πνία κλεισίματος και ανοίγματος, τις βοθητικές επαφές κ.α. Τα ηλεκτρικά μέρη του συνδέονται με εύκαμπτα καλώδια στις κλεμμοσειρές που υπάρχουν στο διαμέρισμα ΧΤ.
- vi. **Μετασχηματιστές έντασης** για μέτρηση και προστασία. Τα δευτερεύοντα τυλίγματα συνδέονται με εύκαμπτα καλώδια που υπάρχουν στο διαμέρισμα ΧΤ. Οι κλέμμες που χρησιμοποιούνται είναι ειδικές, ώστε αν μην μένουν ανοιχτά ποτέ τα δευτερεύοντα.
- vii. **Γειωτής**, μανταλωμένος με τον διακόπτη φορτίου. Σκοπός του είναι ο μηδενισμός των στατικών φορτίων κατά μήκος του καλωδίου και η γείωση του κυκλώματος κατά την εργασία συντήρησής του.
- viii. **Καλώδιο ΜΤ** προς το φορτίο, δηλαδή προς το Μ/Σ ισχύος του Υ/Σ. Συνήθως είναι τρία μονοπολικά καλώδια τύπου Ν2ΧSY με μόνωση από δικτυωμένο πολυαιθυλένιο XLPE, διατομής 50 mm². Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στον τερματισμό των καλωδίων με τη χρήση των ειδικών ακροκεφαλών.
- ix. **Χαντάκι** για την όδευση των καλωδίων βάθους τουλάχιστον 0,5 m. Το βάθος του χαντακιού είναι κρίσιμο, διότι τα καλώδια ΜΤ έχουν μια ελάχιστη ακτίνα καμπυλότητας περίπου R= 0,5 m που δεν πρέπει να υπερβούμε, αλλιώς θα τραυματίσουμε τη μόνωσή τους.
- x. **Παράθυρο ελέγχου** του εσωτερικού της κυψέλης και ειδικότερα της θέσης του αποφευκτή φορτίου.
- xi. **Μονογραμμικό διάγραμμα** της συνδεσμολογίας της κυψέλης στην μπροστινή επιφάνεια.
- xii. **Χωρίσματα** από χαλυβδοέλασμα (λαμαρίνα πάχους 2 mm).

Οι ζυγοί πρέπει να έχουν τέτοιες διαστάσεις που να αντέχουν στο ρεύμα φορτίου αλλά και σε βραχυκυκλώματα. Οι ελάχιστες αποστάσεις φάσης – φάσης και φάσης – γης καθώς και οι λοιπές τάσεις αντοχής του πίνακα ΜΤ φαίνονται στο πίνακα 10.1.

Ονομαστική τάση	20 kV
Μέγιστη διαρκώς επιτρεπόμενη τάση	24 kV
Αντοχή σε εναλλασσόμενη τάση 1 min	50 kV
Αντοχή σε κρουστική τάση 1,2/5ks	125 kV
Ελάχιστη απόσταση φάσης – φάση ή φάσης – γης	>215 mm

Πίνακα 10.1 [4]



Σχήμα 10.1
 Σχηματικό διάγραμμα μιας τυπικής κυψέλης [2]

10.2 Πίνακες ΧΤ

Οι πίνακες ΧΤ διακρίνονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

- i. Γενικοί πίνακες διανομής
- ii. Πίνακες κίνησης
- iii. Πίνακες φωτισμού

Στο εσωτερικό των πινάκων βρίσκονται τα όργανα προστασίας και ελέγχου των κυκλωμάτων που τροφοδοτούν. Το μέγεθος των πινάκων εξαρτάται από την ισχύ της παροχής και από τον αριθμό των επιμέρους κυκλωμάτων. Το είδος των πινάκων εξαρτάται από τον βαθμό προστασίας (από νερό, σκόνη, υγρασία κ.λ.π.) και από το περιβάλλον που θα τοποθετηθεί.

10.2.1 Γενικοί πίνακες διανομής

Ο γενικός πίνακας διανομής μπορεί να περιέχει ένα γενικό Δ/Φ με ασφάλειες ή ένα γενικό αυτόματο Δ/1 και τροφοδοτεί τους πίνακες φωτισμού και τους πίνακες κίνησης της εγκατάστασης. Οι γενικοί πίνακες διανομής ΧΤ που χρησιμοποιούνται στην βιομηχανία, σε μεγάλες κτιριακές εγκαταστάσεις και σε Υ/Σ διανομής ΧΤ αμέσως μετά τον Μ/Σ λέγονται και πίνακες πεδίου και τυποποιούνται σε δύο κατηγορίες:

1. Σταθερού τύπου.

Οι πίνακες σταθερού τύπου έχουν τους αυτόματους διακόπτες και τους Δ/Φ σταθερά τοποθετημένους σε φορείς χειριζόμενους απ' έξω. Οι μαχαιρωτοί διακόπτες, οι ασφαλειο-αποζεύκτες και οι μικροαυτόματοι χειρίζονται από μέσα. Όργανα, μπουτόν και ενδεικτικές λυχνίες είναι πάνω στην πόρτα. Η συρμάτωση προτιμάται να γίνεται μέσω κλεμμών και όχι απ' ευθείας.

2. Συρόμενου τύπου.

Οι πίνακες συρόμενου έχουν κάθε αναχώρηση σαν μια ενιαία μονάδα η οποία είναι πλήρως συνδεσμολογημένη και συρματωμένη σε ένα συρτάρι. Το συρτάρι είναι άμεσα εναλλάξιμο με ένα ανταλλακτικό, γεγονός που το καθιστά ιδιαίτερα χρήσιμο. Η είσοδος προς τον διακόπτη και η αναχώρηση προς το φορτίο γίνεται βυσματωτά.

Υπάρχουν τέσσερις θέσεις του συρταριού στον πίνακα:

- i. Θέση λειτουργίας
- ii. Θέση δοκιμής
- iii. Θέση stand by
- iv. Θέση εκτός

Η σύνδεση της γραμμής εισόδου γίνεται απ' ευθείας στον διακόπτη μέσω μπαρών από τον Μ/Σ ή μέσω καλωδίου. Η σύνδεση των καλωδίων αναχωρήσεων γίνεται απ' ευθείας επί των συσκευών και μέσω κλεμμών με καλώδια. Το ύψος των γενικών πινάκων διανομής κυμαίνεται από 2 – 2,2 m και το πλάτος από 0,5 – 0,8 m. Στηρίζονται πάνω στο έδαφος ή σε ιδιαίτερη βάση.

10.2.2 Πίνακες κίνησης

Τα είδη των πινάκων κίνησης που χρησιμοποιούνται είναι:

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

10.2.3 Πίνακες φωτισμού

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

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11^ο

Αντιστάθμιση

Οι περισσότερες από τις ηλεκτρικές καταναλώσεις σήμερα περιέχουν τουλάχιστον ένα από τα παρακάτω ηλεκτρικά στοιχεία:

- i. Ηλεκτρικούς κινητήρες
- ii. Μετασχηματιστές
- iii. Πηνία ισχύος

Τα παραπάνω ηλεκτρικά στοιχεία χαρακτηρίζονται επαγωγικά και απαιτούν μαγνητικό πεδίο για να λειτουργήσουν. Το μαγνητικό πεδίο, παρότι δεν παράγει έργο, για τη δημιουργία και διατήρηση του απαιτεί ηλεκτρικό ρεύμα το οποίο πρέπει να παρασχεθεί από την ΔΕΗ. Το ρεύμα αυτό είναι η άεργη συνιστώσα που αθροιζόμενη διανυσματικά με την πραγματική συνιστώσα αποτελούν το συνολικό απορροφούμενο ρεύμα μιας εγκατάστασης. Τα ρεύματα αυτά μεταφέρουν την άεργη ισχύ που χρησιμοποιείται στη δημιουργία των πεδίων και την πραγματική ισχύ, που μετατρέπεται σε χρήσιμο έργο, το διανυσματικό άθροισμα των δύο αποτελεί την φαινόμενη ισχύ.

Η έννοια της άεργου έχει στην πραγματικότητα να κάνει με ποσά ενέργειας που παλινδρομούν μεταξύ της πηγής (ΔΕΗ) και της ηλεκτρικής εγκατάστασης. Τα μαγνητικά πεδία, επειδή το ρεύμα που τα δημιουργεί είναι εναλλασσόμενο, μεταβάλλονται και εναλλάσσονται συνεχώς, στη φάση της δημιουργίας ή αύξησης της έντασης τους απορροφούν ηλεκτρική ενέργεια από την πηγή (ΔΕΗ), κατά την μείωση της έντασης ή της κατάρρευσης τους επιστρέφουν το ίδιο ποσό ενέργειας πίσω στην πηγή. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την επιβάρυνση του λογαριασμού του καταναλωτή, τις επιπλέον απώλειες στα καλώδια τροφοδοσίας του δικτύου, την σημαντική πτώση τάσης στο δευτερεύον του Μ/Σ διανομής και την αύξηση των απωλειών του Μ/Σ. Σκοπός της αντιστάθμισης είναι η μείωση της άεργου ισχύος που απορροφά μια ηλεκτρική εγκατάσταση από τη ΔΕΗ, έτσι ώστε η πραγματική ισχύς να πλησιάζει όσο το δυνατόν την φαινόμενη και άρα ο συντελεστής ισχύος να πλησιάζει τη μονάδα. Η αντιστάθμιση επιτυγχάνεται κυρίως με την χρήση πυκνωτών, που τοποθετούνται παράλληλα με τα επαγωγικά φορτία, έτσι ώστε η ενέργεια που είναι απαραίτητη για την δημιουργία των μαγνητικών τους πεδίων να μην παλινδρομεί μεταξύ ΔΕΗ και εγκατάστασης αλλά μεταξύ των πηνίων και των πυκνωτών της ίδιας της εγκατάστασης. Οι πυκνωτές δηλαδή παρέχουν στα πηνία την ενέργεια που χρειάζονται κατά την φάση της δημιουργίας των μαγνητικών τους πεδίων και αποθηκεύουν την ενέργεια που επιστρέφουν τα πηνία όταν τα πεδία τους καταρρέουν για να τους την δώσουν ξανά στον επόμενο κύκλο δημιουργίας – κατάρρευσης κ.ο.κ.

11.1 Πλεονεκτήματα από τη βελτίωση της άεργου ισχύος

Η βελτίωση του συντελεστή ισχύος, με στόχο την επίτευξη $\cos\phi > 0,95$, παρέχει τα παρακάτω πλεονεκτήματα στο δίκτυο μεταφοράς και διανομής:

- i. Μείωση του ρεύματος που ρέει στους αγωγούς του συστήματος παραγωγής – διανομής της ΔΕΗ (μείωση ζήτησης) με αποτέλεσμα να αυξάνεται η ικανότητα απόκρισης του σε αυξημένα φορτία και τη σημαντική μείωση απωλειών ισχύος στα δίκτυα Μεταφοράς και Διανομής.
- ii. Μείωση της Χρεωστέας Μέγιστης Ζήτησης (ΧΜΖ) που εμφανίζεται σε κάποια από τα βιομηχανικά τιμολόγια πελατών ΤΙΣ της ΔΕΗ, με αποτέλεσμα μικρότερους μηνιαίους λογαριασμούς.

iii. Μείωση των απωλειών ισχύος στο καλώδιο παροχής, από το μετρητή της ΔΕΗ μιας εγκατάστασης μέχρι την συστοιχία των πυκνωτών, λόγω της μείωσης του απορροφούμενου ρεύματος.

Η διόρθωση του συντελεστή ισχύος συνίσταται να γίνεται για τιμές άνω των 0,85. Αρκεί όμως ένας ΣΙ 0,9 – 0,95 διότι η περαιτέρω διόρθωση επιβαρύνει υπερβολικά το κόστος σε πυκνωτές. Εκτός αυτού δεν επιτρέπεται η υπεραντιστάθμιση δηλαδή το χωρητικό $\cos\phi$. Οι πυκνωτές που απαιτούνται για την αντιστάθμιση έχουν ισχύ

$$Q_c = P(\tan\phi_2 - \tan\phi_1)$$

Οι πυκνωτές διόρθωσης μπορούν να συνδεθούν κατά αστέρα ή τρίγωνο. Η διόρθωση του ΣΙ γίνεται:

- i. Τοπικά, δηλαδή σε κάθε συσκευή, π.χ. κινητήρα, αν η μηχανή λειτουργεί συνεχώς με σταθερό φορτίο.
- ii. Ομαδικά, δηλαδή σε ομάδες συσκευών, αν αυτές έχουν συνεχή σταθερή λειτουργία π.χ. λαμπτήρες.
- iii. Κεντρικά ή γενικά, αν η φόρτιση των διαφόρων συσκευών είναι κυμαινόμενη.

Η κεντρική αντιστάθμιση χρησιμοποιείται σε βιομηχανικές μονάδες. Η τοπική είναι κατάλληλη για επαγωγικούς κινητήρες και Μ/Σ διανομής.

∅ Η προστασία των πυκνωτών αντιστάθμισης γίνεται με :

- i. ασφάλεια
- ii. θερμική ασφάλεια
- iii. μηχανική αποσύνδεση
- iv. υλικά για απαγωγή θερμοκρασίας
- v. συνδυασμό ψηκτρών αποστατών και άφλεκτων μονωτικών υλικών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12^ο

Συστήματα Πυροπροστασίας

12.1 Διάκριση πυροπροστασίας

Η πυροπροστασία διακρίνεται σε:

- **Παθητική ή δομική**, που περιλαμβάνει:
 - i. Τις δομικές απαιτήσεις για την αποφυγή της έναρξης της πυρκαγιάς αλλά και για τον περιορισμό της διάδοσής της μέσα στο κτίριο
 - ii. Τις απαραίτητες οδούς διαφυγής για την ασφαλή εκκένωση του κτιρίου στην περίπτωση έναρξης πυρκαγιάς
 - iv. Τον φωτισμό ασφαλείας και τη σήμανση των οδών διαφυγής,
 - v. όπου, απαιτείται.
 - vi. Τη διαίρεση του κτιρίου σε πυροδιαμερίσματα, δηλαδή σε τμήματα που διαχωρίζονται ερμητικά από τα γειτονικά τους, με καθορισμένη την κάθε φορά πυραντίσταση
 - vii. Την εξασφάλιση των μέγιστων οδεύσεων διαφυγής μέσα στα επιτρεπόμενα όρια
- **Ενεργητική**, που περιλαμβάνει:
 - i. Τα κατασταλτικά μέτρα που απαιτούνται κατά την έναρξη και
 - ii. κατά την διάρκεια της πυρκαγιάς
 - iii. Τον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό που είναι απαραίτητος για την
 - iv. κατάσβεση της πυρκαγιάς είτε με χειροκίνητη επέμβαση, είτε με αυτόματο τρόπο μόλις ένα αισθητήριο ανιχνεύσει αύξηση καπνού ή θερμοκρασίας (πυρανίχνευση)
 - v. Το μόνιμο υδροδοτικό δίκτυο, το οποίο στις βιομηχανικές
 - vi. εγκαταστάσεις είναι απαραίτητο. Το δίκτυο αυτό αποτελείται από την πηγή νερού, τα συστήματα ρύθμισης πίεσης, τις σωληνώσεις και φυσικά τις συγκεκριμένες θέσεις πυροσβεστικών φωλιών ο Το αυτόματο σύστημα πυρόσβεσης, το οποίο περιλαμβάνει την εγκατάσταση αυτόματου συστήματος καταιονισμού νερού κεφαλών ‘Sprinkler’
 - vii. Τους πυροσβεστήρες, οι οποίοι χαρακτηρίζονται από το βάρος και το είδος του υλικού κατάσβεσης (χημικής κόνεος, Halon, διοξειδίου του άνθρακα), αλλά και από τον τρόπο λειτουργίας τους, αυτόματο ή χειροκίνητο.

12.2 Κατηγορίες πυρκαγιών

Ανάλογα με το υλικό που καίγεται, οι πυρκαγιές χωρίζονται στις κατηγορίες του Πίνακα 12.1.

Κατηγορία	Προέλευση
A	Από την καύση στερεών υλικών οργανικής σύνθεσης (π.χ. ξύλο, χαρτί, υφάσματα, πλαστικά κλπ.)
B	Από την καύση υγρών καυσίμων ή υγροποιημένων αερίων (π.χ. οινόπνευμα, βενζίνη, λάδια, παραφίνη κλπ.)
C	Από την καύση αερίων καυσίμων (π.χ. μεθάνιο, προπάνιο, ασετιλίνη, υδρογόνο κλπ.)
D	Από την καύση μετάλλων (π.χ. νάτριο, μαγνήσιο, τιτάνιο κλπ.)
E	Από την καύση όλων των παραπάνω ή κοντά σε ηλεκτρικές συσκευές ή εγκαταστάσεις που βρίσκονται σε τάση

Πίνακας 12.1 Κατηγορίες πυρκαγιών, όπως αυτές ορίζονται στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις [6]

Με το όρο πυραντίσταση ενός δομικού στοιχείου χαρακτηρίζεται η ικανότητά του να αντιστέκεται για ένα προκαθορισμένο χρονικό διάστημα, που ονομάζεται δείκτης πυρανίχνευσης (F) στην επίδραση μιας φωτιάς, χωρίς απώλεια της ευστάθειας της μηχανικής του αντοχής, της ακεραιότητάς του και της αντίστασής του στη δίοδο της θερμότητας. Ο δείκτης πυραντίστασης εκφράζεται σε λεπτά (min).

12.3 Περιγραφή συστήματος πυροπροστασίας

Τα συστήματα πυρανίχνευσης περιλαμβάνουν:

- i. **Τον γενικό πίνακα**, που συνήθως τοποθετείται στον προθάλαμο του χώρου του Υ/Σ, και χωρίζει τον χώρο σε ζώνες στις οποίες συνδέονται σε σειρά οι ανιχνευτές με καλώδιο A05VV-U2*1,5mm². Ο γενικός πίνακας ηλεκτροδοτείται από ανεξάρτητη μονοφασική γραμμή της ΔΕΗ (230V) και διαθέτει εφεδρική τροφοδοσία με συσσωρευτή των 24V. Ακόμη διαθέτει όλες τις απαιτούμενες ενδείξεις ελέγχου των ζωνών, του συναγερμού, της ζώνης βλάβης (FAULT), καθώς επίσης και των δύο παραπάνω τάσεων των 230V Ε.Ρ. και 24V Σ.Ρ.
- ii. **Τους πυρανιχνευτές**, οι οποίοι είναι δύο ειδών:
 - ο **Ιονισμού ή οπτικοί**
Οι ανιχνευτές ιονισμού επιτρέπουν την ανίχνευση της φωτιάς από την έστω και ελάχιστη εμφάνιση καπνού φωτιάς σε ένα χώρο. Ένας οπτικό ανιχνευτής καπνού έχει τη δυνατότητα επιτήρησης χώρου μέχρι 60m².
 - ο **Οπτικοί ή θερμικοί**
Οι οπτικοί ανιχνευτές επιτρέπουν την ανίχνευση της φωτιάς από τη διάθλαση της λάμψης που προκαλεί έστω και η ελάχιστη εμφάνιση φλόγας. Ένας θερμικός ανιχνευτής έχει τη δυνατότητα επιτήρησης χώρου μέχρι 30m².
- iii. **Τη σειρήνα συναγερμού**, η οποία τοποθετείται σε ζώνη του χώρου παραγωγής
- iv. **Το κομβίο του συναγερμού**, που τοποθετείται κοντά στον πίνακα πυρανίχνευσης
- v. **Την εγκατάσταση καταστολής της φωτιάς**, με τις κατάλληλες σωληνώσεις, το σύστημα κατάσβεσης που μπορεί να είναι με νερό ή φιάλες Halon 1301, τις κατάλληλες βαλβίδες ελέγχου και ακροφύσια
- vi. **Το σύστημα ελέγχου και διευκολύνσεων** για την ασφάλεια της ηλεκτρομηχανολογικής εγκατάστασης
- vii. **Την ηλεκτρική καλωδίωση** για την ενεργοποίηση-λειτουργία του συστήματος

Από το κέντρο του συστήματος συναγερμού φωτιάς ελέγχονται οι γραμμές του συστήματος, οι οποίες λειτουργούν με το ρεύμα κλειστού ηλεκτρικού κυκλώματος.

Οι αλλαγές της κατάστασης των ανιχνευτών παρέχουν το σήμα του συναγερμού, ενώ η μεταβίβαση στη γραμμή του συναγερμού ορίζεται ως σφάλμα.

Για την ακριβή και ασφαλή λειτουργία του συστήματος της πυροπροστασίας είναι προφανές πως πρέπει να υπάρχει σωστή οργάνωση και ευαισθησία του συστήματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13^ο

Συντήρηση Υ/Σ

Η συντήρηση του Υ/Σ πρέπει να γίνεται σε τακτά χρονικά διαστήματα και να περιλαμβάνει ολόκληρο τον Υ/Σ.

Είναι απαραίτητο να γίνεται:

- i. Στους πίνακες ΜΤ
 - Πλήρης έλεγχος όλων των εντός του πίνακα στοιχείων ότι λειτουργούν κανονικά
 - Πλήρης καθαρισμός των μονωτήρων, των επαφών και να τοποθετείται λιπαντικό στις επαφές
 - Έλεγχος των αυτόματων διακοπών και λίπανση των μηχανισμών τους
 - Έλεγχος των ρελαί προστασίας με την χρήση των Μ/Σ εντάσεως
 - Έλεγχος των εντολών των δύο πλωτήρων Buchholz
 - Έλεγχος και σύσφιξη όλων των κοχλίων των ζυγών και συσκευών
- ii. Πίνακες χειρισμών
 - Έλεγχος της λειτουργίας και όλων των δυνατοτήτων χειρισμών που έχουν
- iii. Πίνακες ΧΤ
 - Έλεγχος και καθαρισμός μονωτήρων όλων των στοιχείων του πίνακα και ότι λειτουργούν κανονικά
 - Έλεγχος όλων των επαφών και επικάλυψή τους με κατάλληλο λιπαντικό
- iv. Μ/Σ
 - Έλεγχος στάθμης ελαίου
 - Έλεγχος και καθαρισμός μονωτήρων και σύσφιξη των ακροδεκτών
 - Δειγματοληψία ελαίου από το κάτω μέρος του Μ/Σ για τη διαπίστωση της διηλεκτρικής αντοχής του λαδιού
- v. Κύκλωμα γείωσης
 - Να εξετάζεται αν όλες οι συσκευές είναι συνδεδεμένες με την γείωση
 - Έλεγχος της συνολικής γείωσης με γέφυρα μετρήσεως της ωμικής αντιστάσεως και καταγραφή της στο βιβλίο συντηρήσεως του Υ/Σ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 14^ο

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:

- i. Τις εγκαταστάσεις κίνησης, που αφορούν την τροφοδοσία με ηλεκτρική ισχύ, τον έλεγχο και την προστασία των ηλεκτρικών κινητήρων, που υπάρχουν σε διάφορες μηχανές παραγωγής έργου.
- ii. 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 (για τα φορτία κίνησης) και Φωτισμού (για τα φορτία φωτισμού) και η τροφοδοσία των Πινάκων αυτών γίνεται από τον Γενικό 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.

14.1 Συσκευές και Μηχανές Καταναλώσεως

- i. Η επιλογή του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού γίνεται με βάση τα τεχνικά χαρακτηριστικά κάθε υλικού και με κριτήρια που πρέπει να έχουν σαν στόχο να εξασφαλίσουν στην Ε.Η.Ε.:
 - ο ασφαλή λειτουργία
 - ο καλή λειτουργία
 - ο οικονομική λειτουργία
- ii. Οι οριακές συνθήκες, τα δεδομένα δηλαδή του προβλήματος τις επιλογής θα μπορούσαν, ίσως, να συνοψισθούν σε δύο τίτλους:
 - a) συνθήκες περιβάλλοντος χώρου: θερμοκρασία. Υγρασία, σκόνη, υψόμετρο, χημικά αέρια
 - b) συνθήκες λειτουργίας: τάση, συχνότητα, ρεύμα λειτουργίας, ρεύματα βραχυκυκλώσεως που καθορίζονται από το δίκτυο τροφοδοσίας και τα χαρακτηριστικά του φορτίου.
- iii. Για τα χαρακτηριστικά που σχετίζονται με το ρεύμα ο προσδιορισμός θα γίνει από τύπους, πίνακες, καμπύλες, κανονισμούς, οδηγίες ΔΕΗ κ.λ.π. και είναι αυτά που κυρίως θα τις απασχολήσουν παρακάτω.

Θερμικές και φωτιστικές συσκευές:

Πρώτα υπολογίζεται η ηλεκτρική ισχύς των θερμικών συσκευών και φωτιστικών σωμάτων.

Η ένταση του ρεύματος που θα διαρρέει τις γραμμές που θα τροφοδοτήσουν τις παραπάνω συσκευές καταναλώσεως προκύπτει από τις τύπους:

$$I = \frac{P}{V * \cos f} \quad \text{για μονοφασικά φορτία}$$

$$\text{και για τριφασικά φορτία } I = \frac{P}{V * \sqrt{3} * \cos f}$$

όπου:

I = ένταση του ρεύματος [A]

P = ονομαστική ισχύς τις συσκευής καταναλώσεως [W]

V = ονομαστική τάση του δικτύου (πολική για τριφασικό) [V]

cosφ = συντελεστή ισχύος τις συσκευής

Κινητήρες:

ο Έχοντας υπολογίσει το φορτίο κάθε κινητήρα (συμπεριλαμβανομένου και του μηχανισμού μεταδόσεως τις κινήσεως), επιλέγομε αντίστοιχα κινητήρα με ισχύ P [kW] στον άξονά του την αμέσως επόμενη τυποποιημένη τιμή ισχύος κινητήρα που βρίσκεται στο εμπόριο, έτσι ώστε ούτε να υποφορτίζεται ούτε να υπερφορτίζεται.

ο Τότε η ηλεκτρική ισχύς που θα απορροφά ο κινητήρας από το δίκτυο θα είναι μεγαλύτερη από την αποδιδόμενη ισχύ P στον άξονά του, δεδομένου ότι παρεμβάλλεται και ο βαθμός απόδοσης του κινητήρα ($\eta < 1$).

ο Η ένταση του ρεύματος [A], που θα διαρρέει τη γραμμή τροφοδοσίας τις κινητήρα είναι:

$I = P / (V * \eta * \cos \phi)$ για μονοφασικούς κινητήρες

$I = P / (V * \sqrt{3} * \eta * \cos \phi)$ για τριφασικούς κινητήρες

P = αποδιδόμενη ισχύς στον άξονα του κινητήρα [W]

V = ονομαστική τάση του δικτύου (πολική σε τριφασικό) [V]

η = βαθμός απόδοσης του κινητήρα

cosφ= ο συντελεστή ισχύος του κινητήρα

ΤΥΠΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΒΑΘΜΟΥ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΑΙ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΙΣΧΥΟΣ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ			
Ταχύτητα κινητήρα 1500 στρ/min		Βαθμός απόδοσης η	Συντελεστής ισχύος cosφ
Μονοφασικοί	έως 1 kW	0.54 έως 0.74	0.73 έως 0.79

	1 έως 10kW	0.74 έως 0.86	0.80 έως 0.85
	10 έως 100kW	0.88 έως 0.94	0.86 έως 0.81
	100 έως 1000 kW	0.94 έως 0.96	0.87 έως 0.89
Τριφασικοί κινητήρες με δακτύλιους	11 έως 100kW	0.86 έως 0.93	0.79 έως 0.87
	100 έως 500 kW	0.93 έως 0.95	0.87 έως 0.91
Τριφασικοί Κινητήρες βραχυκυκλωμένου δρομέα	έως 1 kW	0.53 έως 0.74	0.67 έως 0.78
	1 έως 11 kW	0.74 έως 0.88	0.81 έως 0.85
	11 έως 132 kW	0.88 έως 0.95	0.86 έως 0.88

Πίνακας 14.1 [10]

14.2 Αγωγοί – Υπολογισμός Διατομής

Γενικά

- Το πλέον βασικό χαρακτηριστικό μέγεθος των αγωγών γραμμών και καλωδίων μιας Ε.Η.Ε. Χ.Τ. είναι η διατομή [mm^2] για την οποία στο εμπόριο υπάρχουν μόνο συγκεκριμένες τυποποιημένες τιμές διατομής αγωγών.
- Ο προσδιορισμός της διατομής γίνεται με κριτήρια τα οποία αποβλέπουν στο να εξασφαλίσουν στην εγκατάσταση:
 - ασφαλή λειτουργία
 - καλή λειτουργία
 - οικονομική λειτουργία
- Η ικανοποίηση κάθε κριτηρίου εξασφαλίζεται επιλέγοντας μια διατομή ίση (ή φυσικά μεγαλύτερη) με μια ελάχιστη διατομή, διαφορετική εν γένει για τα διάφορα κριτήρια.
- Παρακάτω θα αναλύσουμε την ασφαλή λειτουργία, την καλή λειτουργία και την οικονομική λειτουργία.

i. Ασφαλή λειτουργία

- *Διατομή μηχανικής αντοχής qm* : Οι αγωγοί πρέπει να έχουν αρκετή μηχανική αντοχή ώστε να αντέχουν τις μηχανικές καταπονήσεις, χωρίς κίνδυνο να σπάσουν, κατά τη διάρκεια εγκατάστασης και λειτουργίας [qm].

- *Διατομή θερμικής αντοχής qth* : Οι αγωγοί παρουσιάζουν αντίσταση [Ω] στη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος και σύμφωνα με το νόμο του Joule προκαλείται θέρμανση των αγωγών με αποτέλεσμα την αύξηση τις θερμοκρασίας τις μόνωσης. Όταν η τελευταία υπερβεί μια μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή η μόνωση φθείρεται και αυτό σημαίνει κατά περίπτωση γήρανση τις μόνωσης (μείωση τις διάρκειας ζωής τις), καταστροφή τις μόνωσης, βραχυκύκλωμα, ηλεκτρικό τόξο, πυρκαγιά, αλλοίωση των μηχανικών ιδιοτήτων του υλικού του αγωγού κ.λ.π. Η θερμική αντοχή τις θερμικές αυτές καταπονήσεις εξασφαλίζεται με μια ελάχιστη διατομή.

- *Διατομή αντοχής σε βραχυκύκλωμα qsc* : Στην περίπτωση βραχυκυκλωμάτων, επειδή οι εντάσεις των ρευμάτων είναι αρκετά υψηλές, η θερμική καταπόνηση είναι τις σημαντική και καθορίζει μια άλλη ελάχιστη διατομή.

- *Διατομή αντοχής για ουδετέρωση qN* : Για την προστασία ανθρώπων έναντι επικίνδυνων τάσεων επαφής, χρησιμοποιείται σήμερα, σχεδόν αποκλειστικά, η ουδετέρωση, για την πραγματοποίηση τις οποίας πρέπει να ικανοποιούνται κάποιες απαιτήσεις που έχουν σχέση και με τη διατομή.

ii. Καλή λειτουργία

- *Διατομή καλής λειτουργίας qvd* : Δεδομένης τις αντίστασης [Ω] των αγωγών στη ροή ηλεκτρικού ρεύματος [A], σύμφωνα με το νόμο του Ohm, παρουσιάζεται πτώση τάσεως [V] μεταξύ των άκρων του αγωγού, η οποία δεν πρέπει να υπερβαίνει κάποια τιμή για την καλή λειτουργία των συσκευών και αυτό εξασφαλίζεται με μια ελάχιστη διατομή.

iii. Οικονομική λειτουργία

- *Διατομή οικονομικής λειτουργίας qf* : Η μετατροπή μέρους τις ηλεκτρική ενέργειας σε θερμότητα, σύμφωνα με το νόμο του Joule, μεταφράζεται σε απώλεια ισχύος και κατ' επέκταση σε απώλεια ενέργειας στη γραμμή, η οποία είναι τόσο μικρότερη όσο μικρότερη είναι η αντίσταση των αγωγών, δηλαδή όσο μεγαλύτερη είναι η διατομή αυτών (αφού η αντίσταση είναι αντιστρόφως ανάλογη τις διατομής). Αύξηση τις τις διατομής σημαίνει και αντίστοιχη αύξηση του κόστους τις γραμμής.

iv. Τελική διατομή

Υπολογίζουμε μια διατομή για κάθε κριτήριο χωριστά και στο τέλος επιλέγουμε σαν διατομή τη μέγιστη τιμή μεταξύ αυτών, δηλαδή:

$$S = \max(S_m, S_{th}, S_{sc}, S_N, S_{vd}, S_f)$$

- Βέβαια, η διατομή που θα χρησιμοποιηθεί τελικά θα είναι μια τυποποιημένη τιμή του εμπορίου με τιμή ίση ή αμέσως μεγαλύτερη από την τιμή που προκύπτει από τις υπολογισμούς και την παραπάνω σχέση.

- Ωστόσο, ειδικά τις E.H.E. X.T. είναι άνευ αντικειμένου τόσο ο υπολογισμός τις διατομής για αντοχή σε ρεύματα βραχυκυκλώσεως όσο και ο υπολογισμός τις διατομής με στόχο την οικονομική λειτουργία. Τις, η διατομή του ουδετέρου δίνεται τυποποιημένα από τις κανονισμούς. Γι' αυτό, στη συνέχεια, θα ασχοληθούμε με τον προσδιορισμό τις διατομής αγωγών με βάση τα υπόλοιπα 3 κριτήρια.

- Η διατομή με κριτήριο την εξασφάλιση επαρκούς μηχανικής αντοχής των αγωγών προκύπτει – χωρίς κανέναν υπολογισμό – με την επιλογή τιμών ίσων ή μεγαλύτερων από συγκεκριμένες ελάχιστες επιτρεπόμενες διατομές, που καθορίζονται από τις κανονισμούς.

- Έτσι, σύμφωνα με τις κανονισμούς*, οι ελάχιστες επιτρεπόμενες διατομές για μηχανικούς λόγους είναι:

**Τα παρακάτω σε μεγάλο βαθμό αντιστοιχούν σε τιμές που ίσχυαν με τις ΚΕΗΕ. Οι τιμές αυτές ενδέχεται να διαφέρουν ανάλογα με την περίπτωση, η γενική εικόνα τις παραμένει σωστή. Αναλυτικές τιμές ανά εφαρμογή μπορεί να βρεί κανείς στο Κεφάλαιο 52 σελίδα 63 του Ελληνικού Προτύπου ΕΛΟΤ HD 384*

Χρήση του Αγωγού	Ελάχιστη Διατομή (mm ²)
Εύκαμπτα καλώδια χαλκού σύνδεσης συσκευών μέσω ρευματοληπτών για $I < 2.5 \text{ A}$	0.5
Εύκαμπτα καλώδια χαλκού σύνδεσης συσκευών μέσω ρευματοληπτών για $2.5 \text{ A} < I < 10 \text{ A}$	0.75
Εύκαμπτα καλώδια χαλκού σύνδεσης συσκευών μέσω ρευματοληπτών για $I > 10 \text{ A}$	1
Γραμμές χαλκού μόνιμης εγκατάστασης φωτισμού	1.5
Γραμμές αλουμινίου μόνιμης εγκατάστασης φωτισμού	2.5
Κινητήρες	2.5
Ανεξάρτητοι μονωμένοι αγωγοί προστασίας	2.5
Αιωρούμενες γραμμές χαλκού με μήκος 20m-45m	6
Παροχή ΔΕΗ	6 (συνήθως 10)
Γυμνός αγωγός γείωσης	6
Γείωση μετρητή	16
Ενταφιασμένοι ή απρόσιτοι αγωγοί γείωσης προστασίας	25
Αγωγοί καθόδου εγκατάστασης αλεξικεραύνου	50

Πίνακας 14.2 [10]

14.3 Διατομή Επαρκούς Θερμικής Αντοχής

- Η διατομή, τώρα, με κριτήριο την εξασφάλιση θερμικής αντοχής σε θερμικές καταπονήσεις βασίζεται κατ' αρχήν στην μέγιστη επιτρεπόμενη θερμοκρασία της μόνωσης του αγωγού, σε συνδυασμό τις και με τις παράγοντες τις το είδος και τον τρόπο εγκατάστασης των αγωγών, τη θερμοκρασία περιβάλλοντος, το είδος του φορτίου που θα τροφοδοτήσουν κ.λ.π.

- Ο προσδιορισμός της διατομής με κριτήριο τη θερμική αντοχή έχει κωδικοποιηθεί τις κανονισμούς ως εξής:

- i. Οι αγωγοί κατατάσσονται σε τρεις ομάδες με βάση το είδος ή τον τρόπο εγκατάστασης αυτών.:

ΟΜΑΔΑ I: Τρεις το πολύ ενεργοί αγωγοί μέσα στον ίδιο σωλήνα ή καλώδιο σε ορατή ή χωνευτή εγκατάσταση.

ΟΜΑΔΑ II: Μονοπολικά καλώδια ή μονοπολικοί αγωγοί σε ορατές εγκαταστάσεις, εφόσον το μεταξύ τις διάστημα δεν είναι μικρότερο από την εξωτερική τις διάμετρο.

ΟΜΑΔΑ III: Σειρίδες των τριών το πολύ ενεργών αγωγών σε ορατή εγκατάσταση.

Διατομή [mm ²]	Μέγιστο ρεύμα [A]		
	Ομάδα I	Ομάδα II	Ομάδα III
0,75	-	15	7
1	11	18	9
1,5	15	22	10
2,5	20	31	15
4	25	41	20
6	33	54	26
10	43	70	35
16	60	96	48
25	83	128	65
35	100	153	78
50	127	197	100
70	147	234	-
95	181	287	-
120	208	336	-
150	238	383	-
185	266	435	-
240	310	515	-

Πίνακας 14.3 [10]

- ii. Ο αγωγός γειώσεως δεν λογίζεται ως ενεργός αγωγός. Τις, σε τριφασικές γραμμές με ουδέτερο, ο ουδέτερος δεν θεωρείται ενεργός αγωγός.
- iii. Οι τιμές του πίνακα αναφέρονται σε θερμοκρασία περιβάλλοντος 30⁰C και οριακή ανύψωση τις θερμοκρασίας του αγωγού, υπό συνεχή ροή, ίση τις 30⁰C (δηλαδή, συνολικά, μέγιστη θερμοκρασία της μόνωσης του αγωγού 60⁰C). Για θερμοκρασίες περιβάλλοντος άνω των 30⁰C, η επιτρεπόμενη ένταση περιορίζεται σε ποσοστά που των τιμών του πίνακα έτσι ώστε η μέγιστη θερμοκρασία της μόνωσης του αγωγού να μην υπερβεί την τιμή των 60⁰C.

ΘερμοκρασίαC	30	35	40	45	50	55
Ποσοστό %	100	91	82	71	58	41

Πίνακας 14.4 [10]

Αν το πλήθος των ενεργών αγωγών υπερβαίνει τις τρεις, η μέγιστη επιτρεπόμενη ένταση κάθε αγωγού περιορίζεται για 4 έως 6 ενεργούς αγωγούς στο 80% και για 7 έως 9 ενεργούς αγωγούς στο 70% των τιμών του Πίνακα 14.5.

Αριθμός αγωγών	4-6	7-9
Ποσοστό %	80	70

Πίνακας 14.5 [10]

- iv. Προκειμένου περί αγωγών αλουμινίου, η επιτρεπόμενη ένταση συνεχούς ροής πρέπει να λαμβάνεται ίση τις το 80% τις τιμές που αντιστοιχεί σε χάλκινο αγωγό τις τις διατομής. Τούτο, διότι η ειδική αντίσταση του αλουμινίου είναι μεγαλύτερη κατά 56% περίπου εκείνης του χαλκού. Αντίστροφα, χάλκινος αγωγός μπορεί να υποκατασταθεί από αγωγό αλουμινίου διατομής μεγαλύτερης κατά 56% περίπου εκείνης του χάλκινου. Η μέγιστη επιτρεπόμενη ένταση συνεχούς ροής για γυμνούς αγωγούς διατομής 50 mm² για χαλκό και 70 mm² για αλουμίνιο καθορίζεται από τις τιμές τις ΟΜΑΔΑΣ II. Σε μικτά συγκροτήματα μονωμένων και γυμνών αγωγών, οι γυμνοί αγωγοί υπάγονται στην ίδια ομάδα με τις μονωμένους. Για γυμνούς αγωγούς πολύ μεγάλων διατομών τις π.χ. για ζυγούς (μπάρες) πινάκων κ.λ.π. σαν μέγιστη επιτρεπόμενη ένταση συνεχούς ροής μπορεί γενικώς να ληφθεί 1.5 A/mm². Γενικώς η θερμοκρασία των γυμνών αγωγών υπό συνεχή ροή δεν πρέπει να υπερβαίνει τις 80⁰C, η δε θερμοκρασία των σημείων εισαγωγής αυτών τις μηχανές ή συσκευές τις 65⁰C.
- v. Τις οι προηγούμενες παρατηρήσεις αναφέρονται στον προσδιορισμό τις μέγιστης επιτρεπόμενης έντασης συνεχούς ροής για αγωγό δεδομένης διατομής. Φυσικά, εύκολα μπορεί να γίνει και το αντίστροφο και μάλιστα αυτό συνήθως ενδιαφέρει στην πράξη, δηλαδή, ο προσδιορισμός τις διατομής αγωγών με δεδομένη την απορροφούμενη ένταση από τις συσκευές/μηχανές που τροφοδοτεί η γραμμή (εκτελώντας τις υπολογισμούς αντίστροφα).
- vi. Προκειμένου περί γραμμών τροφοδοτήσεως κινητήρων, η διατομή υπολογίζεται βάσει του πίνακα, θεωρώντας τις προσαύξηση του ρεύματος κατά 25% τις ονομαστικής εντάσεως του μεγαλύτερου κινητήρα ώστε να ληφθεί υπόψη η επίδραση του ρεύματος εκκινήσεως.
- vii. Οι αγωγοί από το διακόπτη αστέρα-τρίγωνο, μέχρι τον κινητήρα διαρρέονται από το $1/\sqrt{3}=0.58$, δηλαδή 58% του ρεύματος που διαρρέει τις αγωγούς που βρίσκονται πριν από το διακόπτη αστέρα-τρίγωνο.
- viii. Προκειμένου περί γραμμών πυκνωτών, η διατομή υπολογίζεται βάσει του πίνακα, τις για ένταση προσαυξημένη με συντελεστή 1.5 τις ονομαστική έντασης.
- ix. Σύμφωνα με μια από τις συνθήκες που πρέπει να πληρούνται ώστε να είναι δυνατή η πραγματοποίηση τις ουδετερώσεως, η αγωγιμότητα και η μηχανική αντοχή του ουδετέρου αγωγού πρέπει να είναι τουλάχιστον ίσες τις εκείνες των αγωγών φάσεως, τόσο στο εξωτερικό δίκτυο όσο και στην εσωτερική εγκατάσταση (εκτός κάποιων εξαιρέσεων).
- x. Ο αγωγός προστασίας έχει διατομή ίση με την διατομή του ουδετέρου, τις αναφέρθηκε παραπάνω.

14.4 Προστασία Γραμμών Με Ασφάλεια

Κάθε γραμμή καλώδιο ή συσκευή κατανάλωσης (όχι κινητήρας) μπορεί να προστατεύεται μέσω ασφαλειών τόσο έναντι ρευμάτων υπερφορτίσεως όσο και έναντι ρευμάτων βραχυκυκλώσεως. Τις κανονισμούς για λόγους απλουστεύσεως γίνεται δεκτό ότι η ονομαστική ένταση των ασφαλειών λαμβάνεται το πολύ ίση τις τη μέγιστη επιτρεπόμενη ένταση του προστατευομένου αγωγού*.

**Ωστόσο, χρειάζεται προσοχή διότι είναι δυνατόν, σε οριακές περιπτώσεις, τις αγωγός να μην προστατεύεται με μια ασφάλεια που έχει επιλεγεί σύμφωνα με τον κανονισμό. Έτσι, δεδομένου ότι (i) υπάρχουν μόνο τυποποιημένες ονομαστικές εντάσεις ασφαλειών σε συγκεκριμένες τιμές οι οποίες μάλιστα απέχουν αισθητά μεταξύ τις (ii) οι ασφάλειες δεν τήκονται στην ονομαστική τις ένταση I_n αλλά σε μεγαλύτερη τιμή, τότε αν σύμφωνα με τον παραπάνω κανονισμό προκύψει ασφάλεια με τιμή I_n μικρότερη αλλά παραπλήσια ή ακόμα χειρότερα με τιμή ίση με τη μέγιστη επιτρεπόμενη ένταση του αγωγού είναι πιθανόν, σε μια μικρή σχετικά μόνιμη υπερφόρτιση με τιμή τέτοια ώστε να μην τήκεται η ασφάλεια, να καταπονείται ή μόνωση του αγωγού. Στην περίπτωση αυτή, καθώς και σε κάθε άλλη περίπτωση που δεν εξασφαλίζεται η προστασία, είτε επιλέγουμε ασφάλεια με μικρότερη I_n (οπότε ο αγωγός μεν προστατεύεται και δεν υπερθερμαίνεται, στραγγαλίζεται τις η ισχύς που θα μπορούσε να διέλθει μέσω του αγωγού), είτε (συνηθέστερα) χρησιμοποιούμε αγωγό κατά μια βαθμίδα μεγαλύτερο στην κλίμακα των τυποποιημένων τιμών*

Οι ασφάλειες τοποθετούνται στην αρχή τις γραμμής ή καλωδίου που πρόκειται να προστατεύσουν. Όταν κατά τη διαδρομή γραμμής η μέγιστη επιτρεπόμενη ένταση ελαττώνεται από κάποιο σημείο και μετά, είτε επειδή μειώθηκε η διατομή είτε επειδή χρησιμοποιήθηκαν αγωγοί τις τις μεν διατομής αλλά που ανήκουν σε άλλη ομάδα, τότε στο σημείο αυτό πρέπει να παρεμβάλλεται ασφάλεια με ονομαστική ένταση που να αντιστοιχεί στη νέα μέγιστη επιτρεπόμενη ένταση των αγωγών.

Διατομή αγωγών [mm ²]	Μέγιστο ρεύμα γραμμής [A]	Ασφάλεια [A]
1	11	6 (10)
1,5	14	10
2,5	20	16 (20)
4	25	20 (25)
6	33	25
10	43	35
16	60	50
25	83	80
35	100	100
50	127	125

Πίνακας 14.6 [10]

Προστασία γραμμών με μικροαυτόματο / αυτόματο διακόπτη ισχύος

- i. Στην περίπτωση προστασίας γραμμών, καλωδίων και συσκευών καταναλώσεως με μικροαυτόματο ισχύουν ακριβώς όλα όσα αναφέρθηκαν στην προηγούμενη περίπτωση. Επιπλέον, τις, του μικροαυτόματου κάθε διακλαδώσεως πρέπει να προτάσσεται ασφάλεια ώστε να έχουμε την απαιτούμενη ισχύ διακοπής, η οποία θα λειτουργεί προ τις λειτουργίας του μικροαυτόματου για εντάσεις βραχυκυκλώσεως που υπερβαίνουν την ισχύ διακοπής του μικροαυτόματου (η οποία είναι συνήθως 6 kA έως 25 kA). Το ρόλο τις ασφαλείας τις μπορεί να επιτελέσει η κύρια ασφάλεια τις εγκατάστασης*.

**Με άλλα λόγια, οι μικροαυτόματοι (αυτόματες ασφάλειες) μπορούν σε κάποιες περιπτώσεις να αντικαταστήσουν κάποιες ασφάλειες, δεν μπορούν τις να υποκαταστήσουν εντελώς τις τις ασφάλειες μιας εγκατάστασης.*

- ii. Τις, η προστασία των γραμμών μπορεί να γίνει και με αυτόματο διακόπτη ισχύος στον οποίο τις το μεν θερμικό ρυθμίζεται στην ονομαστική ένταση τις συσκευής, το δε ηλεκτρομαγνητικό στοιχείο σε ένταση 4-πλάσια έως 6-πλάσια.
- iii. Τέλος, και τις δυο περιπτώσεις που εξετάστηκαν, μετά την επιλογή του οργάνου προστασίας τις γραμμής εκλέγεται η ονομαστική ένταση του διακόπτη, που μπορεί να τοποθετηθεί στην αρχή τις γραμμής και πριν από το όργανο προστασίας. Η ονομαστική του ένταση πρέπει να είναι ίδια ή κατά μια βαθμίδα μεγαλύτερη στην κλίμακα των τυποποιημένων τιμών από την ονομαστική ένταση του οργάνου προστασίας.

Προστασία κινητήρα με τηλεχειριζόμενο αυτόματο διακόπτη

- i. Κάθε συσκευή του συνδυασμού αυτού έχει να επιτελέσει κάποια συγκεκριμένη λειτουργία. Έτσι, ο κινητήρας κινεί το φορτίο του, ο ηλεκτρονόμος ισχύος (εκκινητής) φροντίζει για την παροχή και διακοπή τις ηλεκτρικής ενέργειας καθώς και για τηλεχειρισμούς. Το θερμικό αναλαμβάνει την προστασία έναντι υπερφόρτισης του κινητήρα, του ίδιου του θερμικού (αυτοπροστασία), του ρελέ και τις γραμμής τροφοδοτήσεως. Η ασφάλεια αναλαμβάνει την προστασία έναντι βραχυκυκλώσεως του κινητήρα, του θερμικού, του ρελέ και τις γραμμής τροφοδοτήσεως.
- ii. Όσον αφορά την προστασία έναντι ρευμάτων υπερφορτίσεως (π.χ. μεγάλο μηχανικό φορτίο, διακοπή μιάς φάσεως κ.λ.π.), σύμφωνα με τις κανονισμούς, για κινητήρες ισχύος 1 PS και άνω, εξαιρέσει των φορητών κινητήρων που χειρίζονται με το χέρι, επιβάλλεται η χρήση οργάνων προστασίας (με θερμικά) με διακοπή σε όλους τις πόλους. Τα θερμικά αυτά επιλέγονται και ρυθμίζονται στην τιμή του ρεύματος ονομαστικής λειτουργίας του κινητήρα.
- iii. Το ρεύμα αυτό προκύπτει είτε από την πινακίδα του κινητήρα, είτε μετά από υπολογισμό είτε, πιο σίγουρα, μετά από μέτρηση. Στο εμπόριο υπάρχουν θερμικά που η περιοχή ρύθμισης ποικίλει. Με άλλα λόγια, οι περιοχές ρύθμισης των θερμικών δεν είναι για όλα τις και τυποποιημένες αλλά εξαρτώνται από τον κατασκευαστή, οπότε επιλέγουμε θερμικό με περιοχή ρύθμισης τέτοια ώστε το ονομαστικό ρεύμα του κινητήρα να βρίσκεται μέσα στα όρια τις περιοχής.

Σε ειδικές περιπτώσεις, τις π.χ. προκειμένου περί κινητήρων με μεγάλη συχνότητα χειρισμών (π.χ. >251/h), κινητήρων μακράς διάρκειας εκκινήσεως, κινητήρων ασυνεχούς μη περιοδικής λειτουργίας, κινητήρων με πέδηση με αναστροφή του ρεύματος κ.ά., η χρήση θερμικών συναντά μεγάλες δυσκολίες και εδώ οι κανονισμοί προβλέπουν παρεκκλίσεις από την υποχρεωτική χρήση θερμικών για προστασία έναντι υπερφόρτισης. Τις περιπτώσεις αυτές κατ' αρχήν είναι χρήσιμη η συμβουλή του κατασκευαστή. Έτσι, π.χ. για προστασία από διακοπή μια φάσεως μπορούμε να καταφύγουμε στη χρήση ηλεκτρονικών ρελέ ασυμμετρίας τάσεως. Μια άλλη λύση είναι η προστασία με θερμίστορ (δηλ. αντιστάσεις μεταβαλλόμενες με τη θερμοκρασία με θετικό θερμοκρασιακά συντελεστή). Ενσωματώνονται στα τυλίγματα (ένα για κάθε τύλιγμα) κατά τη διάρκεια κατασκευής του κινητήρα, συνδέονται σε σειρά, και όταν χρειασθεί, διεγείρουν τον ηλεκτρονόμο ισχύος μέσω του βοηθητικού του κυκλώματος. Έτσι, με αύξηση τις θερμοκρασίας, αυξάνεται η αντίσταση των σε σειρά συνδεδεμένων θερμίστορ και επεμβαίνουν κατάλληλα στο κύκλωμα αυτοματισμού του ηλεκτρονόμου ισχύος όταν η θερμοκρασία φθάσει μια προκαθορισμένη τιμή.

14.5 Μονοφασικές Παροχές

1. Γραμμή μετρητή – πίνακα

- Η διατομή της γραμμής μετρητή-γενικού πίνακα και η γενική ασφάλεια προσδιορίζονται τις ακριβώς και τα αντίστοιχα μεγέθη των επιμέρους κυκλωμάτων διακλαδώσεως, δηλαδή με βάση την ένταση του ρεύματος που αναμένεται να διέρχεται από τις αγωγούς της γραμμής τις, η οποία, καταρχήν, είναι ίση με το άθροισμα των εντάσεων όλων των κυκλωμάτων διακλαδώσεως. Αν και για το άθροισμα αυτό ο ορθός υπολογισμός είναι εκείνος που βασίζεται στο διανυσματικό άθροισμα των μερικών ρευμάτων, εν τούτοις τις φορές στην πράξη υπολογίζουμε το αλγεβρικό άθροισμα των μερικών ρευμάτων, διότι αφενός μεν δεν διαφέρει σημαντικά από το προηγούμενο, αφετέρου έτσι βρισκόμαστε και από την ασφαλή πλευρά. Αυτό αφορά, κατ' αρχήν τη διατομή ασφαλούς λειτουργίας με βάση τη θερμική αντοχή. Ωστόσο, ενδέχεται να χρειάζεται και υπολογισμός της διατομής καλής λειτουργίας με βάση την πτώση τάσεως. Η γραμμή μετρητή-πίνακα πρέπει, εκτός από τις αγωγούς φάσεων και τον ουδέτερο, να περιλαμβάνει και ιδιαίτερο αγωγό προστασίας.

2. Τυποποιημένες παροχές τις ΔΕΗ

Η γραμμή μετρητή-πίνακα προστατεύεται μόνο έναντι βραχυκυκλώματος από τις ασφάλειες ή το μικροαυτόματο του μετρητή, ενώ η προστασία τις έναντι υπερφόρτισης εξασφαλίζεται από τις γενικές ασφάλειες του κεντρικού πίνακα τις Ε.Η.Ε.

Παροχή	Μέγιστη ισχύς παροχής (kVA)	Ισχύς εγκατάστασης (kVA)	Γενική ασφάλεια (A)	Γραμμή μετρητή πίνακα (mm ²)
01	5	5	25	3X16
02	8	8	35	3X10
05	12	12	50	3X16

Πίνακας 14.7 [10]

14.6 Τριφασικές Παροχές

Παροχή	Μέγιστη ισχύς παροχής (kVA)	Ισχύς εγκατάστασης (kVA)	Γενική ασφάλεια (A)	Γραμμή μετρητή πίνακα (mm ²)
1	16	16	3X25	3X6
2	25	16	3X25	3X6
	35	25	3X35	3X10
3	55	35	3X50	3X16
4	45	45	3X63	3X25
	55	55	3X80	3X25
5	65	65	3X100	3X50
	85	85	3X125	3X50
6	135	105	3X160	3X95
		135	3X200	3X120
7	250	165	3X250	3X185
		210	3X315	3X240
		250	3X400	3X150

Πίνακας 14.8 [10]

Ετεροχρονισμός και συντελεστές ζήτησης

- i. Η ένταση τις κυκλώματος διακλαδώσεως υπολογίζεται από προαναφερθέντες τύπους αν είναι γνωστή η ισχύς των συσκευών καταναλώσεως που συνδέονται στο κύκλωμα καταναλώσεως.
- ii. Η ισχύς αυτή υπολογίζεται ύστερα από μελέτη φωτισμού, θέρμανσης ή/και κίνησης. Ειδικότερα, τις αν δεν έχει γίνει μελέτη φωτισμού, ο υπολογισμός τις εγκατεστημένης ισχύος που αναφέρεται στα φωτιστικά σημεία και τις ρευματοδότες γίνεται, σύμφωνα με οδηγίες τις ΔΕΗ, με τις παρακάτω τιμές:
 - ο 100 W για κάθε απλό φωτιστικό σημείο
 - ο 200 W για κάθε πολλαπλό φωτιστικό σημείο
 - ο 200 W για τις πρώτους τρεις ρευματοδότες κάθε κυκλώματος 10A
 - ο 100 W τις κάθε ρευματοδότη πέρα από τις τρεις κάθε κυκλώματος 10A
 - ο για φωτιστικά σώματα πάνω από 500 W θα λαμβάνεται υπόψη η πραγματική ισχύς καθενός από αυτά.
- iii. Ωστόσο, επειδή τα φορτία των κυκλωμάτων διακλαδώσεως δεν λειτουργούν ποτέ ταυτόχρονα, αλλά υπάρχει **ετεροχρονισμός**, η ένταση τις γραμμής μετρητή-πίνακα θεωρείται ίση με το άθροισμα των εντάσεων όλων των κυκλωμάτων διακλαδώσεως, που καθεμιά, τις έχει πολλαπλασιασθεί επί ένα **συντελεστή** ζήτησεως, που είναι διαφορετικός για τις διάφορες κατηγορίες φορτίων

14.7 Συντελεστές Ζήτησεως

Είδος Οικοδομής	Τμήμα του φορτίου φωτισμού και ρευματοδοτών σε W στο οποίο εφαρμόζεται ο συντελεστής ζήτησεως	Συντελεστής ζήτησεως
Κατοικίες	Τα πρώτα 3000 ή λιγότερα	<u>100%</u>
	Τα επόμενα 3001 ως 120.000	<u>35%</u>
	Τα υπόλοιπα πάνω από 120.000	<u>25%</u>
Νοσοκομεία	Τα πρώτα 50.000 ή λιγότερα	<u>40%</u>
	Τα υπόλοιπα πάνω από 50.000	<u>20%</u>
Ξενοδοχεία, μοτέλ, κ.λ.π	Τα πρώτα 20.000 ή λιγότερα	<u>50%</u>
	Τα επόμενα 20001 ως 100.000	<u>40%</u>
	Τα υπόλοιπα πάνω από 100.000	<u>30%</u>
Αποθήκες	Τα πρώτα 12.500 ή λιγότερα	<u>100%</u>
	Τα υπόλοιπα πάνω από 12.500	<u>50%</u>
Λοιπές οικοδομές	Το συνολικό φορτίο	<u>100%</u>

Πίνακας 14.9 [10]

• Οι συντελεστές ζήτησεως του πίνακα δεν πρέπει να εφαρμόζονται σε φορτία κύριων γραμμών γενικών πινάκων και υποπινάκων τροφοδοτήσεως χώρων νοσοκομείων, ξενοδοχείων, μοτέλ κ.λ.π. όπου μπορεί να χρησιμοποιείται ταυτόχρονα το συνολικό φορτίο φωτισμού (π.χ. χειρουργεία αίθουσες χορού, τραπεζαρίες).

- Σε τριφασικές Ε.Η.Ε. και σε συγκροτήματα πολλών Ε.Η.Ε. (π.χ. πολυκατοικίες) γίνεται κατανομή των μονοφασικών κυκλωμάτων διακλαδώσεως τις τρεις φάσεις κατά τρόπο ώστε να φορτίζονται και οι τρεις φάσεις σχεδόν ομοιόμορφα και μάλιστα κάθε φάση να έχει, κατά το δυνατόν, τον ίδιο αριθμό φορτίων κάθε κατηγορίας. Τις, η διατομή των αγωγών τις τριφασικής γραμμής μετρητή-πίνακα και τα όργανα προστασίας τις υπολογίζονται με βάση τη μεγαλύτερη των τριών εντάσεων που προκύπτουν από πρόσθεση όλων των φορτίων κάθε φάσεως (πολλαπλασιασμένα, ίσως, επί κάποιους συντελεστές ζήτησεως).

Κινητήρες εγκατεστημένοι μέσα σε:	Συντελεστής ζήτησεως	Τρόπος εφαρμογής
Αγροτικές βιοτεχνικές και εμπορικές εκμεταλλεύσεις	0.4 ως 0.7	Οι συντελεστές ζήτησεως εφαρμόζονται στο άθροισμα ονομαστικών εντάσεων ή των ονομαστικών ισχύων σε KVA και όχι σε kW, λόγω της υπάρξεως συντελεστή ισχύος
Βιομηχανικές εκμεταλλεύσεις	0.6 ως 0.9	

Πίνακας 14.10 [10]

Οι μεγάλοι συντελεστές ζήτησεως εφαρμόζονται σε μικρό πλήθος φορτίων, ενώ οι μικροί σε μεγάλο πλήθος φορτίων.

Είδος συσκευής	Πλήθος συσκευών συνδεδεμένων στην κύρια γραμμή	Συντελεστής ζήτησεως (%)
Ηλεκτρικά μαγειρεία, θερμοσίφωνες και λοιπές συσκευές επαγγελματικών μαγειρείων	1	100
	2	100
	3	90
	4	80
	5	70
	6 και άνω	65
Οικιακά ηλεκτρικά στεγνωτήρια ρούχων	-	100
Συσκευές κλιματισμού	-	100
Συσκευές ηλεκτρικής θερμάνσεως χώρων με ιδιαίτερο έλεγχο	Ως 3	100
Σταθερές ηλεκτρικές συσκευές εκτός από ηλεκτρικές κουζίνες στεγνωτήρια ρούχων και συσκευές κλιματισμού	4 και άνω	75

Συσκευές κεντρικής ηλεκτρικής θερμάνσεως χώρων	100
Συσκευές κεντρικής ηλεκτρικής θερμάνσεως χώρων	100

Πίνακας 14.11 [10]

**Κατά την πρόσθεση των διαφόρων φορτίων, που συνδέονται στην κύρια γραμμή για να βρούμε τη φόρτισή τις μεταξύ δυο κατηγοριών φορτίων, που αποκλείεται να λειτουργούν ταυτόχρονα, παραλείπεται η κατηγορία μικρότερης ισχύος. Π.χ. συνυπολογίζεται στο άθροισμα των φορτίων, μεταξύ του φορτίου κλιματισμού (ψύξη) και του φορτίου θερμάνσεως πολλαπλασιασμένου, αν χρειάζεται, επί το συντελεστή ζήτησεως, το μεγαλύτερο.*

Πλήθος συσκευών	Μέγιστη ζήτηση (kW)	Συντελεστές ζήτησεως	
	ΣΤΗΛΗ Α (Ισχύς συσκευών όχι μεγαλύτερη από 12 kW)	ΣΤΗΛΗ Β (Ισχύς συσκευών μεγαλύτερη από 1.75 kW και κάτω από 3.5 kW)	ΣΤΗΛΗ Γ (Ισχύς συσκευών από 3.5 kW ως και 8.75kW)
1	8	80%	80%
2	11	75%	65%
3	14	70%	55%
4	17	66%	50%

Πίνακας 14.12 [10]

Για ηλεκτρικές κουζίνες ονομαστικής ισχύος πάνω από 12 kW ως 27 kW, που είναι τις τις τις ισχύος ή μέγιστη ζήτηση τις στήλης Α πρέπει να αυξηθεί κατά 5% για κάθε πρόσθετο kW ονομαστικής ισχύος πάνω από 12 kW. Αν οι κουζίνες αυτές έχουν διαφορετική ισχύ βρίσκεται ο μέσος όρος τις ονομαστικής ισχύος τις και θεωρούνται τις ότι έχουν τώρα την ίδια ισχύ, ίση τις το μέσο όρο τις. Για μαγειρεία ισχύος από 1,75 kW ως 8,75 kW αντί για τη μέγιστη ζήτηση που δίνεται στη στήλη Α, χρησιμοποιούνται οι συντελεστές ζήτησεως των στηλών Β και Γ. Στη στήλη Α, ανάλογα με το πλήθος των συνδεδεμένων συσκευών, δίνεται απευθείας η συνολική ζήτηση που πρέπει να ληφθεί υπόψη για να υπολογιστεί το φορτίο τις κύριας γραμμής. Στη ζήτηση αυτή, δηλαδή, έχει υπολογιστεί ο ετεροχρονισμός των φορτίων.)Για τον υπολογισμό των γραμμών των κυκλωμάτων διακλαδώσεως που τροφοδοτούν τις ηλεκτρικές κουζίνες χρησιμοποιείται ο παραπάνω πίνακας με την προϋπόθεση ότι η συνδεδεμένη στο κύκλωμα διακλαδώσεως κουζίνα είναι πλήρης, δηλαδή αποτελείται από μαγειρικές εστίες, κλίβανο κλπ. Αν στο ίδιο κύκλωμα διακλαδώσεως συνδέονται μια επιτραπέζια κουζίνα και τις ή δύο εντοιχισμένοι κλίβανοι, το σύνολο θεωρείται πλήρης κουζίνα.

14.8 Εγκαταστάσεις Φωτισμού

Βασική προϋπόθεση της εγκατάστασης φωτισμού ενός χώρου, είναι κατά το δυνατόν καλύτερη επιλογή φωτιστικών σωμάτων που να υποκαθιστούν τον φυσικό φωτισμό, όπου αυτός δεν υπάρχει. Περιλαμβάνει:

- i. Τον πίνακα φωτισμού
 - ii. Τα κυκλώματα φωτισμού
 - iii. Τα φωτιστικά σώματα
- Στο φωτισμό διακρίνουμε δύο είδη φωτισμού:
 - i. Τον γενικό φωτισμό, ο οποίος εξυπηρετεί το σύνολο του χώρου και
 - ii. Τον τοπικό φωτισμό, ο οποίος εξυπηρετεί μόνο τις θέσεις εργασίας

- Μια μελέτη φωτισμού τις εσωτερικού βιομηχανικού χώρου περιλαμβάνει:
 - i. Τον υπολογισμό τις απαιτούμενης φωτεινής ροής Φ_0 (ή φωτεινής ισχύος) σε Lumen, που πρέπει να αποδώσουν τα φωτιστικά σώματα στον υπό μελέτη χώρο
 - ii. Την επιλογή του τύπου και τις ισχύος του φωτιστικού σώματος που θα χρησιμοποιηθεί
 - iii. Τον υπολογισμό του πλήθους λ των φωτιστικών σωμάτων που θα απαιτηθούν για τον φωτισμό του υπό μελέτη χώρου
 - iv. Το σχεδιασμό των κυκλωμάτων τροφοδοσίας των φωτιστικών σωμάτων με την κατανομή τις ανά φάση
 - v. Τον υπολογισμό τις διατομής των αγωγών τροφοδοσίας των φωτιστικών κυκλωμάτων και
 - vi. Τον υπολογισμό των διατάξεων ελέγχου των κυκλωμάτων τροφοδοσίας

14.9 Υπολογισμός της Απαιτούμενης Φωτεινής Ροής Των Φωτιστικών Σωμάτων

Για τον υπολογισμό τις Φ_0 θα πρέπει να ξέρουμε τα εξής:

- Τον συντελεστή χρησιμοποίησης $n = \frac{\Phi_n}{\Phi_0}$ (<1), όπου

Φ_n η ωφέλιμη φωτεινή ροή

- Η συνολικά απαιτούμενη στο χώρο, και αποδιδόμενη φωτεινή ροή Φ_0 από τα φωτιστικά σώματα, δίνεται από την σχέση:

$$\Phi_0 = \frac{E * A * d}{n}$$

Όπου

E: η επιθυμητή στάθμη φωτισμού του χώρου σε Lux, η τιμή της δίνεται από Πίνακες

A: η επιφάνεια του χώρου σε m^2

d: ο συντελεστής συντήρησης, ένας συντελεστής προσαύξησης της φωτεινής

ροής λόγω ρύπανσης των φωτιστικών σωμάτων, η τιμή του δίνεται από πίνακες μαζί με άλλα χαρακτηριστικά των φωτιστικών n: ο συντελεστής χρησιμοποίησης

- Ο συντελεστής χρησιμοποίησης n, εκφράζει ποσοστό της συνολικά παραγόμενης φωτεινής ροής των φωτιστικών και οι παράγοντες που τον επηρεάζουν είναι:

- οι αναλογίες του χώρου (k ο συντελεστής αναλογιών)

- η Φωτομετρική καμπύλη του φωτιστικού σώματος

- οι συντελεστές ανάκλασης στις επιφάνειες του τοίχου και της οροφής (συντελεστής ανάκλασης οροφής r_c και συντελεστής ανάκλασης τοίχων r_w , οι τιμές των οποίων δίνονται στους πίνακες των φωτιστικών και εξαρτώνται από τα χρώματα των επιφανειών)

- Ο συντελεστής αναλογιών χώρου k δίνεται από την σχέση:

$$k = 0,2 * 1 + 0,8 * \frac{b}{h_0}$$

όπου I: το μήκος του χώρου σε m

w: το πλάτος του χώρου σε m

h_0 : το ύψος από το επίπεδο εργασίας σε m

- Το ύψος h_0 εξαρτάται από το είδος φωτισμού, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα

Υπολογισμός του ύψους h_o του φωτιστικού σώματος, από το επίπεδο εργασίας, ανάλογα με τον τρόπο φωτισμού του χώρου		
Φωτισμός	Ύψος h_o	H: ύψος χώρου Hφ: ύψος φωτιστικού από οροφή
Άμεσος, ημιάμεσος	$H_o = h - h_o - 0,85$	
Ημιέμεσος, έμμεσος	$H_o = h - 0,85$	
Μικτός (διάχυτος)	$H_o = \frac{1}{2} \times [(h - h_\phi - 0,85) + (h - 0,85)]$	

Πίνακας 14.13 [11]

- Αφού υπολογίσουμε με τα προηγούμενα την απαιτούμενη φωτεινή ροή Φ_0 που πρέπει να μας δώσουν τα φωτιστικά σώματα, επιλέγουμε από πίνακες εμπορικών καταλόγων την ισχύ του φωτιστικού σώματος (σε Watt), για τον τύπο φωτιστικού που χρησιμοποιήσαμε στον υπολογισμό της Φ_0 .

- Το πλήθος των απαιτούμενων φωτιστικών σωμάτων για το χώρο δίνεται από την σχέση:

$$I = \frac{\Phi_0}{\Phi_{\Phi\Sigma}}$$

όπου $\Phi_{\Phi\Sigma}$: η φωτεινή ροή που αποδίδει το φωτιστικό σώμα

Μέρος Β – Μελέτη Υ/Σ ΜΤ/ΜΤ για την Ηλεκτροδότηση Εργοστασίου Επεξεργασίας Ξυλού

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 15^ο

Εγκατάσταση Κίνησης Εργοστασίου

Στο συγκεκριμένο εργοστάσιο υπάρχουν οι εξής μηχανές επεξεργασίας όπου η κάθε μια έχει το δικό τις ηλεκτροκινητήρα:

- 1) Τεμαχιστική 12 kW, $n=0.88$, $\cos\phi = 0.85$, 5m
- 2) Κέντρο εργασίας 20 kW, $n=0.88$, $\cos\phi = 0.85$, 10m
- 3) Πολυτρύπανο cnc 8 kW $n=0.7$, $\cos\phi = 0.6$, 15m
- 4) Συγκολλητική 7,6 kW $n=0.88$, $\cos\phi = 0.85$, 20m
- 5) Ραμποτέζα 4 κεφαλών 7,5 kW $n=0.88$, $\cos\phi = 0.85$, 26m
- 6) Σύστημα βαφής 19 kW $n=0.0.7$, $\cos\phi = 0.5$, 30m
- 7) Σύστημα διακίνησης 6 kW $n=0.88$, $\cos\phi = 0.85$, 40m
- 8) Μηχανή μοντάζ 7,5 kW $n=0.88$, $\cos\phi = 0.85$, 5m
- 9) Μηχανή συσκευασίας 11 kW $n=0.88$, $\cos\phi = 0.85$, 10m
- 10) Πλάνη 3 kW $n=0.88$, $\cos\phi = 0.85$, 15m
- 11) Γωνιάστρα 5,5 kW $n=0.88$, $\cos\phi = 0.85$, 20m
- 12) Αλυσοτρύπανο 10 kW $n=0.7$, $\cos\phi = 0.5$, 22m
- 13) Μηχανή pellet 7,5 kW $n=0.88$, $\cos\phi = 0.85$, 20m
- 14) 4 μοτέρ (αερισμού ,εξαερισμού) 2 kW $n=0.7$, $\cos\phi = 0.65$, 5,15,20 30 m
- 15) Αποροφητήρας 4 kW $n=0.88$, $\cos\phi = 0.85$, 5m
- 16) Γερανογέφυρα 10 TN 10 kW $n=0.88$, $\cos\phi = 0.85$, 10m

Η παραπάνω πληροφορία που αναφέρεται για τις μηχανές επεξεργασίας συγκεντρώθηκε έπειτα από έρευνα στο διαδίκτυο [9].

Σε κάθε μηχανή υπάρχει τις υποπίνακας κίνησης ,από τον οποίο ελέγχεται κ προστατεύεται η λειτουργία του ηλεκτρικού κινητήρα τις. Ο γενικός πίνακας τις εγκατάστασης έχει 2 υποπίνακες κίνησης που τροφοδοτούν τους υποπίνακες κάθε μηχανήματος κ 3 υποπίνακες φωτισμού ,με τον οποίους θα ασχοληθούμε παρακάτω. Ο υπολογισμός των διατομών των γραμμών τροφοδοσίας των κινητήρων και των διατάξεων ελέγχου και προστασίας των γραμμών τροφοδοσίας και των ηλεκτρικών κινητήρων έγινε σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν στο κεφάλαιο 14.

Αναλυτικά ακολουθούν οι υπολογισμοί τις μηχανής

1) Τεμαχιστική:

Δεδομένα:

Ονομαστική ισχύς :12 kW

Ονομαστική τάση 400V ,50Hz

Συντελεστής ισχύος $\cos\phi=0.85$

Βαθμός απόδοσης $n=0.88$

Το μήκος τις γραμμής τροφοδοσίας από το γενικό πίνακα κίνησης μέχρι το πίνακα τροφοδοσίας του κινητήρα είναι $l=5m$. Η μέγιστη θερμοκρασία που θα λειτουργήσει η

εγκατάσταση είναι 35°C . Οι αγωγοί τις γραμμής τροφοδοσίας του κινητήρα είναι από χαλκό με ειδική αντίσταση $\rho=0,018(\Omega\cdot\text{mm}^2/\text{m})$. Θα χρησιμοποιηθεί πενταπολικό καλώδιο NYΥ με μόνωση από PVC (τρεις φάσεις , ουδέτερος κ γείωση) . Ο ουδέτερος αγωγός δεν χρειάζεται για τον κινητήρα αλλά επειδή τα συγκεκριμένα μηχανήματα πέρα του κινητήρα είναι εφοδιασμένα κ με υπολογιστή κ με διάφορα άλλα μονοφασικά κυκλώματα παρουσιάζεται η ανάγκη ουδέτερου αγωγού. Θα χρησιμοποιηθεί αυτόματος διακόπτης ισχύος αντί του συνδυασμού διακόπτη φορτίου – ασφάλειες τήξης στην αρχή τις γραμμής . Το ηλεκτρομαγνητικό στοιχείο είναι ρυθμισμένο από το κατασκευαστή κ είναι περίπου 5 -10 του ονομαστικού ρεύματος.

Υπολογισμοί :

$$I_N = \frac{P_{mhc.}}{\sqrt{3} * U * n * \cos f} = \frac{1200}{\sqrt{3} * 400 * 0,88 * 0,85} = 23,15A$$

Προσαυξάνουμε το ρεύμα που υπολογίστηκε για να ληφθεί υπόψη το ρεύμα εκκίνησης του κινητήρα.

$$I'_N = 23,15 * 1,25 = 28,93A$$

Η επιλογή τις διατομής θα γίνει σύμφωνα με τις παραπάνω πίνακες που ακολουθούν τα πρότυπα κ τις κανονισμούς DIN VDE ,IEC κ HD. Εφόσον υπολογίζουμε με την προοπτική η θερμοκρασία περιβάλλοντος να φτάνει τις 35 βαθμούς κελσίου παίρνουμε συντελεστή διόρθωσης 0.91 και επομένως έχουμε:

$$I''_N = \frac{28,93}{0,91} = 31,8A$$

Η τυποποιημένη διατομή που θα χρησιμοποιηθεί είναι 10mm^2

Η επιτρεπόμενη πτώση τάσης για εγκαταστάσεις κίνησης είναι μέχρι 3% και επομένως για τάση 400V αυτή θα είναι 12V. Χρησιμοποιώντας την παρακάτω σχέση ελέγχουμε αν η παραπάνω διατομή που υπολογίσαμε ικανοποιεί την επιτρεπόμενη πτώση τάσης.

$$\Delta U = \sqrt{3} * r * l * I * \frac{\cos f}{S} = \sqrt{3} * 0,018 * 5 * 31,8 * \frac{0,85}{10} = 0,42V$$

Η πτώση τάσης που υπολογίσαμε για διατομή 10mm^2 είναι αποδεκτή άρα:

Το καλώδιο που θα χρησιμοποιηθεί θα είναι $5*10\text{mm}^2$ NYΥ .Οι αγωγοί ουδέτερου κ γείωσης θα είναι ίσης διατομής με τις ενεργούς αγωγούς σύμφωνα με τις κανονισμούς VDE DIN.

Με τον ίδιο τρόπο κάνουμε τις υπολογισμούς των υπολοίπων μηχανών παραγωγής έργου και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται παρακάτω:

2) Κέντρο εργασίας

Καλώδιο - NYΥ $5*16\text{mm}^2$

Α.Δ.Ι. – ΤΡΙΠΟΛΙΚΟΣ 63A

Πτώση τάσης – 0.5V

3) Πολυτρύπανο cnc

Καλώδιο - NYΥ 5 * 16 mm²

Α.Δ.Ι. – ΤΡΙΠΟΛΙΚΟΣ 63Α

Πτώση τάσης – 1.5V

4) Συγολιτική

Καλώδιο - NYΥ 5 * 6 mm²

Α.Δ.Ι. – ΤΡΙΠΟΛΙΚΟΣ 25Α

Πτώση τάσης – 1.85V

5) Ραμποτέζα 4 κεφαλών

Καλώδιο - NYΥ 5 * 35 mm²

Α.Δ.Ι. – ΤΡΙΠΟΛΙΚΟΣ 100Α

Πτώση τάσης – 1.5V

6) Σύστημα βαφής

Καλώδιο - NYΥ 5 * 50 mm²

Α.Δ.Ι. – ΤΡΙΠΟΛΙΚΟΣ 125Α

Πτώση τάσης – 1.5V

7) Σύστημα διακίνησης

Καλώδιο - NYΥ 5 * 4 mm²

Α.Δ.Ι. – ΤΡΙΠΟΛΙΚΟΣ 20Α

Πτώση τάσης – 4.24V

8) Μηχανή μοντάζ

Καλώδιο - NYΥ 5 * 6 mm²

Α.Δ.Ι. – ΤΡΙΠΟΛΙΚΟΣ 25Α

Πτώση τάσης – 0.44V

9) Μηχανή συσκευασίας

Καλώδιο - NYΥ 5 * 10 mm²

Α.Δ.Ι. – ΤΡΙΠΟΛΙΚΟΣ 35Α

Πτώση τάσης – 0.8V

10) Πλάνη

Καλώδιο - NYΥ 5 * 2.5 mm²

Α.Δ.Ι. – ΤΡΙΠΟΛΙΚΟΣ 16Α

Πτώση τάσης – 1.27V

11) Γωνιάστρα

Καλώδιο - NYΥ 5 * 2.5 mm²

Α.Δ.Ι. – ΤΡΙΠΟΛΙΚΟΣ 16Α

Πτώση τάσης – 3.18V

12) Αλυσοτρύπανο

Καλώδιο - NYΥ 5 * 16 mm²

Α.Δ.Ι. – ΤΡΙΠΟΛΙΚΟΣ 63Α
Πτώση τάσης – 1.51V

13) Μηχανή pellet
Καλώδιο - NYΥ 5 * 6 mm²
Α.Δ.Ι. – ΤΡΙΠΟΛΙΚΟΣ 25Α
Πτώση τάσης – 1.76V

14) 4 μοτέρ (αερισμού εξαερισμού)
Καλώδιο - NYΥ 4 * 2.5 mm²
Α.Δ.Ι. – ΤΡΙΠΟΛΙΚΟΣ 16Α

Ηλεκτρονόμος ισχύος 3 κύριες επαφές κ 1 Ν.Ο. βοηθητική + θερμικό (με περιοχή θερμικού 2– 8Α)
ρύθμιση στα 4 Α

Πτώση τάσης – 1.59V η μεγαλύτερη απόσταση.

15) Αποροφητήρας
Καλώδιο - NYΥ 4 * 2.5 mm²
Α.Δ.Ι. – ΤΡΙΠΟΛΙΚΟΣ 16Α

Ηλεκτρονόμος ισχύος 3 κύριες επαφές κ 1 Ν.Ο. βοηθητική + θερμικό (με περιοχή θερμικού 8–14Α)
ρύθμιση στα 9.7 Α

Πτώση τάσης – 1.75V

16) Γερανογέφυρα
Καλώδιο - NYΥ 5 * 10 mm²
Α.Δ.Ι. – ΤΡΙΠΟΛΙΚΟΣ 35 Α
Πτώση τάσης – 0.68V

Το συνολικό ρεύμα που τροφοδοτεί ο πίνακας κίνησης Α το βρίσκουμε διανυσματικά κ όχι αλγεβρικά διότι δεν έχουμε τον ίδιο συντελεστή σε όλες τις μηχανές. Άρα το συνολικό ρεύμα που τροφοδοτεί είναι

$$I=23.15 * 0.85 + 38.6 * 0.85 + 27.5 * 0.6 + 14.66 * 0.85 + 57.8 * 0.85 + 78.35 * 0.5 =169.75 \text{ A}$$

$$I_{A\chi}=23.15 * 0.52 + 38.6 * 0.52 + 27.5 * 0.8 + 14.66 + 0.52 + 57.8 * 0.52 + 78.35 + 0.86 = 159.13 \text{ A}$$

$$I = \sqrt{(169,75^2 + 159,13^2)} = 232,67\text{A}$$

$$I' = 232.67 * 1.25 = 290.87 \text{ A}$$

$$I'' = 290.87 / 0.91 = 319.6 \text{ A}$$

$$\cos f = \frac{I_R}{I} = \frac{169,75}{232,67} = 0.72$$

$$\text{Ο πίνακας κίνησης B : } I_B = \frac{167,05A * 1,25}{0,91} \Rightarrow I'' = 229.46 \text{ A } \cos\phi = 0.75$$

Οπότε σύμφωνα με το Πίνακα 15.1:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Μονοαξιακό	χαλκή-μάδα							PVC ³⁾							δίκτυομένο PE			
Μεταλλικός μανδύας	μόλυβδος			αλουμινίο											μόλυβδος			
Κωδικός π.χ.	N(A)KBA	N(A)KA		N(A)KLEY			N(A)YY-N(A)YCWY ¹⁾							NYKY		N(A)2XSY		
Κανονισμός καλωδίων	VDE 0255							VDE 0271 IEC 502				DIN5 7265 VDE0265			VDE 0273 IEC 502			
Επιτρεπόμενη θερμοκρασία	80°C							70°C							90°C			
Διάταξη	4)	0	000	4)	0	000	2)	0	4)	0	000	0	4)	0	4)	0	000	
Όνομαστική διατομή καλωδίου mm ²	Φόρτιση σε Αμπέρ																	
1,5	-	-	-	-	-	-	26	20	18,5	20	25	20	18,5	32	24	25	32	
2,5	-	-	-	-	-	-	35	27	25	27	34	27	25	43	32	34	42	
4	-	-	-	-	-	-	46	37	34	37	45	37	34	57	42	44	56	
6	-	-	-	-	-	-	58	48	43	48	57	48	43	72	53	57	71	
10	-	-	-	-	-	-	79	66	60	66	78	66	60	99	73	77	96	
16	-	-	-	-	-	-	105	89	80	89	103	89	80	131	96	102	128	
25	114	138	167	114	136	163	140	118	106	118	137	118	106	177	130	139	173	
35	140	168	203	139	166	199	174	145	131	145	169	145	131	218	160	170	212	
50	169	203	246	168	200	239	212	176	159	176	206	176	159	266	195	208	258	
70	212	255	310	213	251	299	269	224	202	224	261	224	202	338	247	265	328	
95	259	312	378	262	306	361	331	271	244	271	321	271	244	416	305	326	404	
120	299	364	439	304	354	412	386	314	282	314	374	314	282	487	355	381	471	
150	343	415	500	350	403	463	442	361	324	361	428	361	324	559	407	438	541	
185	397	479	575	402	462	522	511	412	371	412	494	412	371	648	469	507	626	
240	467	570	678	474	545	594	612	484	436	484	590	484	436	779	551	606	749	
300	533	654	772	542	619	657	707	560	503	560	678	560	503	902	638	697	864	
400	611	783	912	628	726	734	800	657	581	657	817	657	581	1270	746	816	1018	
500	-	893	1023	-	809	786	1000	-	749	749	940	-	749	1246	-	933	1173	
Όνομ. διατ. αγωγού mm ²	Φόρτιση σε Αμπέρ																	
25	89	-	-	88	-	-	128	91	83	-	-	-	-	1371	100	-	-	
35	108	130	157	107	128	154	145	113	102	113	131	-	-	68	122	131	163	
50	131	157	191	130	155	186	176	138	124	138	160	-	-	206	147	161	200	
70	165	198	240	166	195	234	224	174	158	174	202	-	-	262	1892	205	254	
95	201	243	294	203	238	284	271	210	190	210	249	-	-	323	32	253	313	
120	233	283	343	237	277	328	314	274	220	244	291	-	-	377	270	296	366	
150	267	323	390	272	316	370	361	281	252	281	333	-	-	433	308	341	420	
185	310	374	450	314	363	421	412	320	289	320	384	-	-	502	357	395	486	
240	366	447	535	372	432	489	484	378	339	378	460	-	-	605	435	475	585	
300	420	515	613	428	494	548	548	444	377	433	530	-	-	699	501	548	675	
400	488	603	733	503	589	627	666	-	444	523	642	-	-	830	592	647	798	
500	-	718	833	-	669	687	776	-	-	603	744	-	-	966	-	749	926	

Πίνακας 15.1 [2]

Η διατομή του πίνακα κίνησης A είναι: $S=150 \text{ mm}^2$. Εξετάζουμε την πτώση τάσης για την διατομή κ είναι $\Delta U=0.28$ που είναι επιτρεπτή. Χρησιμοποιούμε καλώδιο τετραπολικό NYY 3 *150 +70 mm² (R,S,T,N).

Από τον πίνακα για διατομή καλωδίου 150 mm² με μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα 324 A επιλέγουμε στην άφιξη τις γραμμές στο πίνακα κίνησης A ασφάλεια βραδείας τήξης 300 A και διακόπτη φορτίου κατηγορίας 3 με ονομαστικό ρεύμα 400 A. Το μέγεθος του διακόπτη φορτίου πρέπει να είναι τουλάχιστον ίσο με το μέγεθος των ασφαλειών προστασίας και να διακόπτει το μέγιστο ρεύμα συνεχούς λειτουργίας των αγωγών που ελέγχει.

Ομοίως για τον πίνακα κίνησης B και τα αποτελέσματα των υπολογισμών φαίνονται παρακάτω :

Παροχή πίνακα κίνησης B : NYY 3 * 95 mm²

Ασφάλειες βραδείας τήξης 200A

Διακόπτης φορτίου 250A

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 16^ο

Εγκατάσταση Φωτισμού Εργαστασίου

Στην συνέχεια θα υπολογίσουμε τον αριθμό και τον τύπο των φωτιστικών σωμάτων που απαιτούνται και θα επιλέξουμε την ισχύ κάθε φωτιστικού σώματος θα κατανεύουμε ομοιόμορφα τα φωτιστικά στα κυκλώματα τροφοδοσίας τις και σε κάθε φάση τις τριφασικής παροχής τις υπολογίζοντας ταυτόχρονα τις διατομές των αγωγών τροφοδοσίας τις και διατάξεις ελέγχου και προστασίας τις στον πίνακα φωτισμού τις εγκατάστασης . Οι διαστάσεις του εργοστασίου είναι 30*20*6 (μήκος-πλάτος-ύψος) και η μέγιστη θερμοκρασία είναι 35 βαθμοί κελσίου.

Σύμφωνα με τις πίνακες που δίνουν για κάθε χώρο εργασίας την στάθμη φωτισμού το εργοστάσιο χρειάζεται από 250 έως 500 Lux και τελικά θεωρούμε μια στάθμη φωτισμού E=750 Lux.

Επειδή η θέση των φωτιστικών σωμάτων είναι 4 μέτρα από το επίπεδο εργασίας ,ο οικονομικότερος και αποδοτικότερος τρόπος φωτισμού είναι ο άμεσος οπότε επιλέγουμε λαμπτήρες ατμών υδραργύρου HPL-R-400 Watt.

Τέλος το χρώμα των τοίχων είναι ανοιχτό σχεδόν λευκό και προκύπτουν από αυτό οι εξής συντελεστές:

Ανάκλαση οροφής $r_c = 0.5$

Ανάκλαση τοίχων $r_w = 0.5$

Υπολογίζω την επιφάνεια του χώρου: $A = l * b = 30 * 20 = 600 \text{ m}^2$

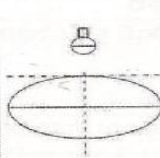
Συντελεστής χώρου k

$h_o = h - h_o - 0.85 = 6 - 2 - 0.85 = 3.15$

$k = 0.2 * l + 0.8 * w / 3.15 = 6.98$

Κάνω γραμμική παρεμβολή για να βρω το συντελεστή χρησιμοποίησης εφόσον δεν έχω μια καθαρή τιμή k σύμφωνα με το πίνακα του φωτιστικού σώματος

ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ ΑΤΜΩΝ ΥΔΡΑΡΓΥΡΟΥ HPL-R 400 W

HPL-R 400 W	Συντελεστής χρησιμοποίησης για καινούργια εγκατάσταση											Συντελεστής συντήρησης				
	Τύπος Φωτιστικού Σώματος	v %	k	0.7			0.5			0.3			Καθαρισμός κάθε 1 χρόνο	Καθαρισμός κάθε 2 χρόνια	Καθαρισμός κάθε 3 χρόνια	
				r_w	r_c	r_w	r_w	r_c	r_w	r_w	r_c	r_w	"A"	"B"	"C"	
ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ ΑΤΜΩΝ ΥΔΡΑΡΓΥΡΟΥ ΜΕ ΕΝΣΩΜΑΤΩΜΕΝΟ ΚΑΤΟΠΤΡΟ		0 ↓ 100 ↓ 100	1	0,32	0,25	0,19	0,31	0,24	0,19	0,30	0,24	0,19	Βαθμός ρύπανσης χαμηλός	1,15	1,30	x
			1,2	0,38	0,30	0,24	0,37	0,29	0,24	0,36	0,29	0,24				
			1,5	0,45	0,37	0,31	0,44	0,36	0,31	0,42	0,36	0,31				
			2	0,54	0,47	0,41	0,53	0,46	0,41	0,51	0,45	0,40				
			2,5	0,61	0,54	0,48	0,60	0,53	0,48	0,58	0,52	0,48				
			3	0,66	0,59	0,54	0,65	0,59	0,54	0,63	0,58	0,54				
			4	0,73	0,67	0,62	0,72	0,67	0,62	0,71	0,66	0,62				
			5	0,78	0,73	0,68	0,77	0,72	0,68	0,75	0,71	0,68				
			6	0,81	0,77	0,73	0,80	0,76	0,72	0,79	0,75	0,72				
			8	0,85	0,82	0,78	0,84	0,81	0,78	0,84	0,81	0,78				
10	0,88	0,85	0,82	0,87	0,85	0,82	0,87	0,84	0,82							
Φωτιστικό σώμα στο κέντρο του χώρου																
			1	0,34	0,26	0,21	0,33	0,26	0,21	0,32	0,26	0,21	Βαθμός ρύπανσης μέσος	1,30	1,45	x
			1,2	0,41	0,33	0,28	0,40	0,33	0,28	0,39	0,32	0,28				
			1,5	0,50	0,43	0,38	0,49	0,42	0,38	0,48	0,42	0,37				
			2	0,63	0,57	0,52	0,62	0,56	0,52	0,60	0,55	0,51				
Βαθμός ρύπανσης υψηλός																
													1,55	1,90	x	

Πίνακας 1
Πίνακας 16.1 [11]

$K = 6 \quad n = 0.8$
 $K = 8 \quad n = 0.84$
 $X = 0.0196$

άρα $n = 0.8 + 0.0196 = 0.8196$

Επειδή ο βαθμός ρύπανσης είναι υψηλός θεωρούμε ότι ο καθαρισμός του γίνεται κάθε δυο χρόνια επομένως από το παραπάνω πίνακα ο συντελεστής συντήρησης είναι:

$$d = 1.90$$

Η απαιτούμενη φωτεινή ροή του χώρου είναι :

$$\Phi_o = \frac{E * A * d}{n} = \frac{750 * 600 * 1,9}{0,8196} = 1.043,191 \text{Lumen}$$

Από εμπορικούς καταλόγους για το συγκεκριμένο φωτιστικό ισχύος 400 Watt ξέρουμε ότι αποδίδει 23000 Lumen.

Έτσι το πλήθος των φωτιστικών του εργοστασίου είναι :

$$V = \frac{1.043,191}{23.000} = 47,5 - 48 \text{ φωτιστικά σώματα}$$

Παράλληλα στο κτίριο υπάρχουν κ 16 γραφεία των 25 m² κ ύψους 2.75 m. Ο φωτισμός τις θα γίνει με σκαφάκια φθορίου 4 * 18 Watt.

Με τον ίδιο τρόπο υπολογίζουμε κ θέλουμε για κάθε γραφείο 12 φωτιστικά σώματα. Άρα 192 φωτιστικά σύνολο. Παράλληλα παρέχουμε σε κάθε γραφείο 2 γραμμές για ρευματοδότες των 3 kW για λοιπές εργασίες.

Με την προϋπόθεση ότι έχω καλύψει την ομοιομορφία του συστήματος βρίσκω τις σειρές του των φωτιστικών

$$N_L = \sqrt{\frac{30 * 48}{20}} = 8.48 \Rightarrow 8 \text{ σειρές}$$

Βρίσκω το αριθμό σωμάτων

$$N_w = \sqrt{\frac{20 * 48}{30}} = 5.65 \Rightarrow 6 \text{ φωτιστικά}$$

Αντίστοιχα για τα γραφεία έχουμε 3 σειρές από 4 φωτιστικά

Όλος ο φωτισμός πρέπει να διανεμηθεί έτσι ώστε να έχουμε ίση κατανομή ανά φάση. Τα φωτιστικά που αναχωρούν από το πίνακα φωτισμού θα είναι μονοφασικά εφόσον τα φωτιστικά αποτελούν μονοφασικές καταναλώσεις. Τα φωτιστικά διαθέτουν διάταξη διόρθωσης του συντελεστή ισχύος τους. Η επιτρεπτή πτώση τάσης στα μονοφασικά κυκλώματα είναι 1% δηλαδή για τάση λειτουργίας 230 V θα είναι $\Delta U = 2,3 \text{ V}$

Έχουμε 48 φωτιστικά από 400W έκαστος. Για να χωρίσουμε ομοιόμορφα στις φάσεις θα πρέπει

$$I = \frac{400W}{230V} = 1,73A$$

$$P = 48 * 400 = 19.200W$$

$$\frac{19.200W}{1.600W} = 12 \text{ κυκλώματα φωτισμού 4 ανά φάση. Κάθε κύκλωμα 4 φωτιστικά}$$

$$Ikukl \text{ } mm = \frac{1.600}{230} = 7A$$

$$\text{λόγω θερμοκρασίας } 35^{\circ} C : Ikukl. = \frac{7}{0,91} = 7,7A$$

Η μεγαλύτερη απόσταση είναι 53.5m άρα έχουμε:

$$\Delta V \leq 2.3V \Leftrightarrow \frac{2I}{kS_{vd}} \cos f \leq 2.3V \text{ όπου } k \text{ η ειδική αγωγιμότητα του χαλκού που είναι ίση με}$$

$$k = \frac{1}{0.0175} [\Omega^{-1} mm^2 m].$$

$$\text{Άρα } S = \frac{2 * 7,72 * 53,5}{\frac{1}{0,0175} * 2,3} = 6,26 mm^2 - 10 mm^2$$

Έτσι προκύπτουν οι ασφαλοδιακόπτες που φαίνονται στο παρακάτω πίνακα :

Φωτιστικό κύκλωμα	Φάση	Διατομή Γραμμής	Διάταξη Προστασίας
1	L1	3*4 mm ²	μικροαυτόματος 10 A
2	L2	3*6 mm ²	μικροαυτόματος 10 A
3	L3	3*4 mm ²	μικροαυτόματος 10 A
4	L1	3*6 mm ²	μικροαυτόματος 10 A
5	L2	3*4 mm ²	μικροαυτόματος 10 A
6	L3	3*6 mm ²	μικροαυτόματος 10 A
7	L1	3*6 mm ²	μικροαυτόματος 10 A
8	L2	3*6 mm ²	μικροαυτόματος 10 A
9	L3	3*6 mm ²	μικροαυτόματος 10 A
10	L1	3*6 mm ²	μικροαυτόματος 10 A
11	L2	3*6 mm ²	μικροαυτόματος 10 A
12	L3	3*10 mm ²	μικροαυτόματος 10 A

Πίνακας 16.2

Έχουμε 48 φωτιστικά * 400W το καθένα = 19 200 W . Το ρεύμα της παροχής αυτής θα είναι:

$$I = \frac{19200}{\sqrt{3} * 400 * 1} = 27,8A$$

$$\text{Λόγω θερμοκρασίας } \frac{27,8}{0,91} = 30,5\text{A} \Rightarrow S = 10 \text{ mm}^2$$

Θα έχουμε παροχή από τον γενικό πίνακα φωτισμού NYY 5 * 10 mm² (L1,L2,L3,N,PE) και την ασφαλίζουμε με 35 A ασφάλειες τήξης κ βάζουμε τριπολικό 40 A γενικό διακόπτη. Έχουμε ένα υποπίνακα φωτισμού στο ισόγειο όροφο ο οποίος τροφοδοτεί τα 8 γραφεία του ορόφου άρα τροφοδοτεί 96 φωτιστικά σώματα κ 16 γραμμές των 3 Kw. Άρα έχουμε:

$$I = \frac{4 * 18W}{230V} = 0,31\text{A}$$

$$P = 96 * 72 = 6912 \text{ W}$$

$$\frac{6.912W}{864W} = 8 \text{ κυκλώματα φωτισμού } 2,3,3 \text{ ανά φάση. Κάθε κύκλωμα } 12 \text{ φωτιστικά}$$

$$Ikukl \text{ mm} = \frac{864}{230} = 3,8\text{A}$$

$$\text{λόγω θερμοκρασίας } 35^\circ \text{C} : Ikukl = \frac{3,8}{0,91} = 4,2\text{A}$$

Η μεγαλύτερη απόσταση είναι 10m άρα έχουμε:

$$\Delta V \leq 2.3V \Leftrightarrow \frac{2II}{kS_{vd}} \cos f \leq 2.3V \text{ όπου } k \text{ η ειδική αγωγιμότητα του χαλκού που είναι ίση με}$$

$$k = \frac{1}{0.0175} [\Omega^{-1} \text{mm}^2 \text{m}].$$

$$\text{Άρα } S = \frac{2 * 4,2 * 10}{\frac{1}{0,0175} * 2,3} = 0,63 \text{mm}^2 \Rightarrow \text{ελάχιστη διατομή φωτισμού } 1.5 \text{ mm}^2$$

Έτσι προκύπτουν οι ασφαλιοδιακόπτες που φαίνονται στο Πίνακα 16.3 :

Φωτιστικό κύκλωμα	Φάση	Διατομή Γραμμής	Διάταξη Προστασίας
1	L1	3*1.5 mm ²	μικροαυτόματος 10 A
2	L2	3*1.5 mm ²	μικροαυτόματος 10 A
3	L3	3*1.5 mm ²	μικροαυτόματος 10 A
4	L1	3*1.5 mm ²	μικροαυτόματος 10 A
5	L2	3*1.5 mm ²	μικροαυτόματος 10 A
6	L3	3*1.5 mm ²	μικροαυτόματος 10 A
7	L1	3*1.5 mm ²	μικροαυτόματος 10 A
8	L2	3*1.5 mm ²	μικροαυτόματος 10 A

Πίνακας 16.3

Για τους ρευματοδότες έχουμε 2 σε κάθε γραφείο:

$$\text{Άρα έχουμε } I = \frac{3000W}{230V} = \frac{13,043A}{0,91} = 14,33A$$

$$\text{Άρα } S = \frac{2 * 14,33 * 10}{\frac{1}{0,0175} * 2,3} = 2,18mm^2 \Rightarrow 2.5 \text{ mm}^2$$

16 γραμμές , 2 σε κάθε γραφείο , 5 , 4, 4 ανά φάση

Έτσι προκύπτουν οι ασφαλοδιακόπτες που φαίνονται στο Πίνακα 16.4:

Φωτιστικό κύκλωμα	Φάση	Διατομή Γραμμής	Διάταξη Προστασίας
1	L1	3*2.5 mm ²	μικροαντόματος 16 A
2	L2	3*2.5 mm ²	μικροαντόματος 16 A
3	L3	3*2.5 mm ²	μικροαντόματος 16 A
4	L1	3*2.5 mm ²	μικροαντόματος 16 A
5	L2	3*2.5 mm ²	μικροαντόματος 16 A
6	L3	3*2.5 mm ²	μικροαντόματος 16 A
7	L1	3*2.5 mm ²	μικροαντόματος 16 A
8	L2	3*2.5 mm ²	μικροαντόματος 16 A
9	L3	3*2.5 mm ²	μικροαντόματος 16 A
10	L1	3*2.5 mm ²	μικροαντόματος 16 A
11	L2	3*2.5 mm ²	μικροαντόματος 16 A
12	L3	3*2.5 mm ²	μικροαντόματος 16 A
13	L1	3*2.5 mm ²	μικροαντόματος 16 A
14	L2	3*2.5 mm ²	μικροαντόματος 16 A
15	L3	3*2.5 mm ²	μικροαντόματος 16 A
16	L1	3*2.5 mm ²	μικροαντόματος 16 A

Πίνακας 16.4

Έχουμε συνολικά 96 * 72 W φωτιστικά σώματα και 16 * 3 kW ρευματοδότες. Σύνολο 54 912 W.

$$\text{Άρα } I = \frac{54912}{\sqrt{3} * 400 * 1} = 79A * 0,91 = 87A$$

Θα έχουμε παροχή από τον γενικό πίνακα φωτισμού NYΥ 5 * 50 mm² (L1,L2,L3,N,PE) και την ασφαλίζουμε με 100 A ασφάλειες τήξης κ βάζουμε τριπολικό 100 A γενικό διακόπτη.

Ομοίως υπολογίζουμε κ τον πίνακα φωτισμού του Α ορόφου που και αυτός έχει τα ίδια φορτία.

Το συνολικό ρεύμα του γενικού πίνακα είναι :

$$I_r = 232.65 * 0.72 + 167.05 * 0.75 + 79 + 79 + 27.8 = 478.12 \text{ A}$$

$$I_x = 232.65 * 0.69 + 167.05 * 0.66 = 270.78 \text{ A}$$

$$I = \sqrt{(478,12^2 + 270,78^2)} = 549,47 \text{ A} \quad \cos\phi = 0.87$$

$$I_{th} = 549.47 / 0.91 = 603.81 \text{ A}$$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 17^ο

Επιλογή Μ/Σ

Η ισχύς που χρειαζόμαστε για να τροφοδοτήσουμε την εγκατάσταση είναι :

$$S = \sqrt{3} * 549,7 * 400 = 381kVA$$

Πρέπει όμως να λάβουμε υπόψιν μας μια μελλοντική προσαύξηση ισχύος η οποία θα γίνει μελλοντικά από τον ιδιώτη και αποτελεί ένα αστάθμητο παράγοντα για αυτό δεχόμαστε αυθαίρετα ένα ποσοστό 25%

$$S = 381 * 1.25 = 476.25 KVA$$

Επίσης τον συντελεστή χρησιμοποίησης του εργοστασίου που είναι 0.75 περίπου και το συντελεστή ισχύος που είναι 0.87

$$S_{M/\Sigma} = \frac{S * 0,75}{0,87} = 430,5kVA$$

Από τις τυποποιημένες τιμές της αγοράς επιλέγουμε Μ/Σ ισχύος 500 KVA και ποιο συγκεκριμένα επιλέγουμε Μ/Σ 500 KVA ,20/0.4 KV χαμηλών απωλειών με τα εξής χαρακτηριστικά :

i. Ονομαστική ισχύς 500 KVA

ii. Απώλειες κενού φορτίου 750 W

iii. Απώλειες στα 20KV 5500 W

iv. Ρύθμιση τάσης σε πλήρες φορτίο (%) $\cos\phi = 1 \rightarrow 1.17$ κ $\cos\phi = 0.8 \rightarrow 3.22$

Τάση βραχυκυκλώσεως (%) 4

Απόδοση (%) $\cos\phi = 1 \rightarrow 98.77$, $\cos\phi = 0.8 \rightarrow 98.46$ $\cos\phi = 1 \rightarrow 98.99$ $\cos\phi = 0.8 \rightarrow 98.73$

Επίσης στο Μ/Σ χρησιμοποιείται σαν μονωτικό μέσο ορυκτό λάδι ,δηλαδή είναι τύπου ελαίου.

Η ψύξη γίνεται με φυσική ροή ορυκτού ελαίου.

Η συνδεσμολογία των τυλιγμάτων είναι Dyn 11 .

Το υψόμετρο της εγκατάστασης είναι λιγότερο από 1000m

Ο βασικός εξοπλισμός του Μ/Σ θα είναι:

Μεταγωγέας λήψεων 5 θέσεων με λήψεις τάσεως +/- 2 * 2.5 % στα 20 KV

Μονωτήρες XT και MT

Δοχείο διαστολής με δείκτη στάθμης λαδιού

Θερμόμετρο λαδιού με δείκτη και επαφές

Ηλεκτρονόμος προστασίας Buchholz

Αφυγραντήρας

Βαλβίδες για πλήρωση ,φιλτράρισμα και δειγματοληψία

17.1 Παροχή ΜΤ

Έχουμε ήδη αναφέρει τους τέσσερις 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 την ΔΕΗ εξωτερικά σε στύλο, μέσα στο οικόπεδο του καταναλωτή κοντά στα όριά του. Μαζί με τα όργανα μέτρησης η ΔΕΗ εγκαθιστά ασφαλειοαποζεύκτη (Α/Ζ) με ασφάλειες εκτόνωσης βραδείας τήξης ονομαστικής τιμής μέχρι 30 Α και είναι τύπου 30 T.

17.2 Επιλογή καλωδίων ΜΤ

Το βασικότερο κριτήριο για τον καθορισμό του καλωδίου τροφοδοσίας του Υ/Σ ΜΤ είναι η αντοχή του σε ρεύματα βραχυκύκλωσης που αντιστοιχούν στην ισχύ βραχυκύκλωσης που καθορίζει για το δίκτυο της ΔΕΗ στην περιοχή που βρίσκεται ο Υ/Σ, που στην περίπτωση μας είναι S=250 MVA για διάρκεια t= 1 sec.

Η απαιτούμενη διατομή το καλωδίου είναι:

$$A = \frac{1000 * S_k}{\sqrt{3} * U_n * k} \sqrt{t} = mm^2 \Rightarrow A = \frac{1000 * 250 * 10^6 * \sqrt{1}}{\sqrt{3} * 20 * 10^3 * 143} = 50,5 mm^2$$

Όπου k: η σταθερά πυκνότητας για διάφορα καλώδια

Επιλέγουμε για την γραμμή τροφοδοσίας του Υ/Σ από την ΔΕΗ 3 μονοπολικά καλώδια χαλκού με μόνωση δικτυωμένου πολυαιθυλενίου (k=143) τύπου N2XSY 12/20 kV διατομής 70 mm².

Στην υπαίθρια σύνδεση χρησιμοποιούμε ακροκεφαλές πορσελάνης εξωτερικού χώρου και μέσα ακροκεφαλές χυτές ή με λάστιχο σιλικόνης. Την ίδια διατομή και τον ίδιο τύπο θα έχουν και τα καλώδια αναχώρησης από τους ζυγούς ΜΤ προς τον Μ/Σ, ακολούθως και τις ίδιες ακροκεφαλές.

Τιμές του k για καλώδια χαλκού (Cu) σε (A/mm ²) χ √s	
109	Για πολυαιθυλένιο, χαρτί 6.6 και 15 KV, βουτύλιο
115	Για PVC, χαρτί 20 KV και 22 KV
143	Για δικτυωμένο πολυαιθυλένιο
Τιμές του k για καλώδια αλουμινίου (Al) σε (A/mm ²) χ √s	
72	Για πολυαιθυλένιο, χαρτί 6.6 και 15KV, βουτύλιο
76	Για PVC, χαρτί 20KV και 22KV
94	Για δικτυωμένο πολυαιθυλένιο
Τιμές του k για εναέριες γραμμές σε (A/mm ²) χ √s	
110	Για χαλκό (Cu)
54	Για αλουμίνιο (Al)
66	Για ACSR

Πίνακας 17.1 [8]

17.3 Προστασία ΜΤ

Ο τύπος της παροχής που έχουμε επιλέξει (A1) καθορίζει τη μέθοδο προστασίας από την πλευρά της ΔΕΗ (30T A/Z) και σε μεγάλο βαθμό τη μέθοδο προστασίας που πρέπει να εφαρμόσουμε στον Υ/Σ μας.

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

$$\text{Ένταση βραχυκυκλώσεως } I_k = \frac{S_k}{\sqrt{3} * U_n} = 7,217 kA$$

$$\text{Ονομαστική ένταση πρωτεύοντος Μ/Σ } I_{kπ} = \frac{S_n}{\sqrt{3} * U_n} = 14,43 A$$

$$\text{Ονομαστική ένταση δευτερεύοντος Μ/Σ } I_{kΔ} = \frac{S_n}{\sqrt{3} * U_{n2}} = 722 A$$

$$\text{Ένταση βραχυκυκλώσεως πρωτεύοντος Μ/Σ } I_{kΠ} = \frac{1}{U_k * I_{np}} = 361A$$

$$\text{Ένταση βραχυκυκλώσεως δευτερεύοντος Μ/Σ } I_{kΔ} = \frac{1}{U_k * I_{nΔ}} = 361A$$

Στην άφιξη του καλωδίου ΜΤ στην κυψέλη του υποσταθμού επιλέγουμε τριπολικό αποζεύκτη φορτίου με γειωτή (SF6), ονομαστικής τάσης 24 kV, με μέγιστο συνεχώς επιτρεπόμενο ρεύμα 400 A, ικανότητα ζεύξης 40 kA και θερμική αντοχή 16 kA/sec (το ρεύμα που αντέχει ο διακόπτης για 1 sec

Στην αναχώρηση του καλωδίου από τους ζυγούς ΜΤ τοποθετούμε τριπολικό αποζεύκτη φορτίου SF6 400 A, 24 kV. 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 (HRC) ονομαστικής τάσης 24 kV. Το ονομαστικό ρεύμα της ασφάλειας είναι 40 A. Ο συνδυασμός αυτός ονομάζεται ασφάλεια - αποζεύκτης φορτίου.

Οι ασφάλειες ΜΤ διακόπτουν όταν το ρεύμα υπερβεί το κατώτατο όριο, που είναι συνήθως 2 I_η έως 3 I_η. Συνεπώς οι ασφάλειες αυτές δεν παρέχουν προστασία έναντι υπερφορτίσεων, επειδή δεν πρέπει να διακόπτουν όταν διαρρέονται από ρεύματα I < (2...3) I_η. Η προστασία υπερφορτίσεως παρέχεται από τον διακόπτη ισχύος που έχουμε εγκαταστήσει στην πλευρά της ΧΤ.

Οι ασφάλειες αυτές πρέπει όμως να μπορούν να τακούν στην περίπτωση βραχυκυκλώματος στην πλευρά της ΧΤ, δηλαδή η ένταση βραχυκυκλώσεως να είναι μεγαλύτερη από την ελάχιστη ένταση διακοπής της ασφάλειας. Με τον τρόπο αυτό προστατεύεται ο Μ/Σ σε περίπτωση σφάλματος πριν από το γενικό μέσο προστασίας ΧΤ. Η ασφάλεια των 40 A που έχουμε επιλέξει, έχει ελάχιστη ένταση διακοπής 120 A, θεωρείται ότι αρκεί να ισχύει I_{κιτ} = 361 A > 1,25 x 120 = 150 A

Επίσης, για την επιλογή της ασφάλειας μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο Πίνακας 17.2, που ακολουθεί, βάση του μεγέθους του Μ/Σ ισχύος:

Ισχύς (kVA)	Μ/Σ Ρεύμα ΜΤ (A)	Ρεύμα ΧΤ (A)	Ονομαστικό ρεύμα ασφαλείας	
			Ελάχιστο (A)	Μέγιστο (A)
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

Πίνακας 17.2 [7]

Επειδή το δίκτυο είναι εναέριο εγκαθίστανται στην κυψέλη εισόδου των καλωδίων MT τρεις απαγωγείς τάσεων των 10 kA, 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.

17.4 Επιλογή ζυγών MT

Ισχύει:

- i. $I_k = 7,217 \text{ kA}$
- ii. $I_n = 14,43 \text{ A}$
- iii. $S_K = 250 \text{ MVA}$
- iv. $P_N = 500 \text{ kVA}$
- v. $U_N = 20 \text{ KV}$

Επιλέγουμε τρεις χάλκινους ζυγούς ορθογώνιας διατομής :

Πλάτος (mm) χ Πάχος (mm)	30*5 mm ²
Είδος	Χαλκού, βαμμένη
Επιτρεπόμενο ρεύμα συνεχούς λειτουργίας	447
Βάρος	1,34

Πίνακας 17.3

Οι ζυγοί που επιλέξαμε, πρέπει να ικανοποιούν τα παρακάτω κριτήρια :

A) Κριτήριο πυκνότητας ρεύματος συνεχούς λειτουργίας

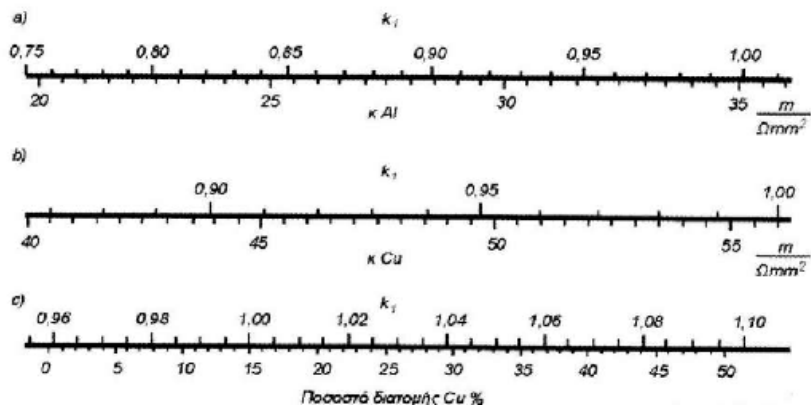
Η υπολογιζόμενη πυκνότητα ρεύματος συνεχούς λειτουργίας είναι

$$\frac{I_n}{K_1 * K_2} = \frac{14,43}{0,95 * 0,9} = 16,9 \text{ A} < 447 \text{ A} \text{ που είναι η επιτρεπόμενη ένταση}$$

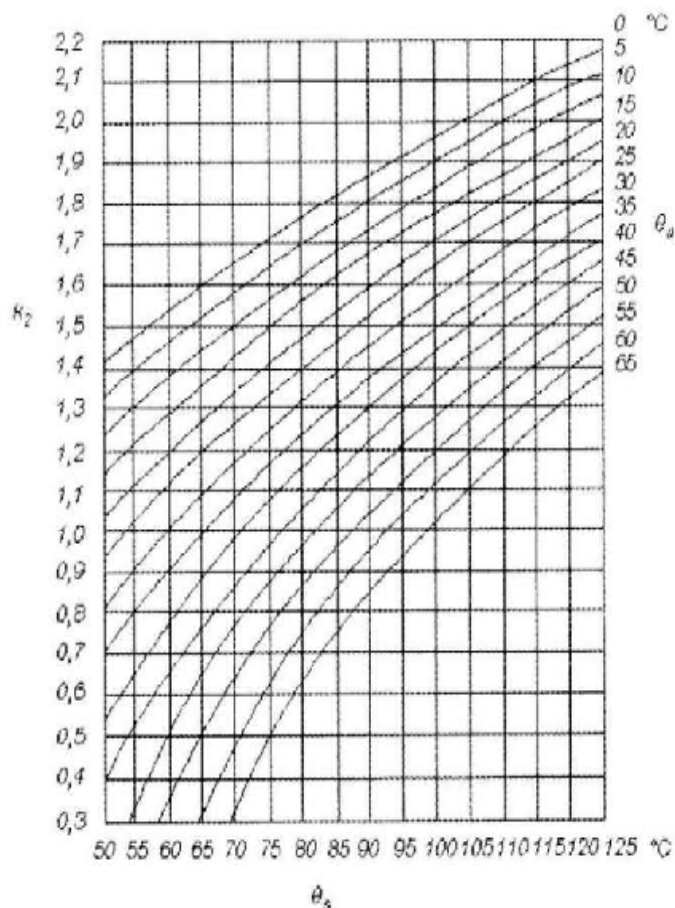
Όπου

K_1 : συντελεστής για αγωγιμότητα του υλικού διαφορετική από την κανονική, σύμφωνα με το Διάγραμμα 17.1.

K_2 : συντελεστής για διαφορετικές συνθήκες θερμοκρασιών, περιβάλλοντος και ζυγών, όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 17.1.



Διάγραμμα 17.1[8]: Συντελεστής K_1 για αγωγιμότητα υλικού διαφορετική
 α) 35,1 m/Qmm² για Al
 β) 56 m/Qmm² για Cu
 γ) 15% Cu σε αγωγούς Al με επικάλυψη Cu



Διάγραμμα 17.2[8]: Συντελεστής K_2 για διαφορετικές συνθήκες θερμοκρασιών, θ_u περιβάλλοντος από 35°C και θ_s ζυγών από 65°C.

B) Κριτήριο θερμικής αντοχής ζυγών σε ρεύματα βραχυκύκλωσης

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

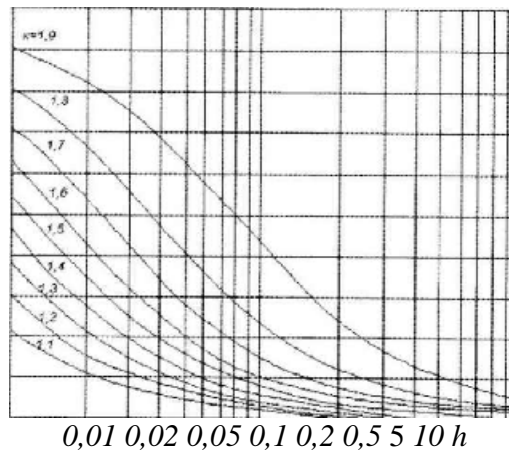
$$q = 7 * I_{th} * \sqrt{t_k} = 7 * I_k * \sqrt{(m+n)} * \sqrt{t_k} < \text{διατομή ζυγών}$$

όπου t_k : διάρκεια βραχυκυκλώσεως $> 0,150 \text{ sec}$ για ΜΤ

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

$$q = 7 * I_k * \sqrt{(m+1)} * \sqrt{t_k}$$

Ο συντελεστής m (επίδραση της συνεχούς συνιστώσας του ρεύματος) δίνεται στο Διάγραμμα 17.3:



Διάγραμμα 17.3 [8]

Για βραχυκύκλωμα στο δίκτυο ΜΤ οι δυνατές τιμές του k είναι:

$$k < 1,8 \Rightarrow m < 0,35 \Rightarrow m + 1 < 1,35$$

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

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

Γ) Κριτήριο μηχανικής αντοχής ζυγών κατά τη διάρκεια του βραχυκυκλώματος

Για απόσταση μεταξύ των στηριγμάτων των ζυγών $L= 100 \text{ cm}$ και απόσταση μεταξύ των ζυγών $a= 15 \text{ cm}$ ο συντελεστής καταπόνησης είναι:

$$S_H = 0,73 * V_1 * F_H * \frac{1}{8W} < 1,5 * R_{p02}$$

Όπου

S_H : συντελεστής καταπόνησης

V_1 συντελεστής σχετικός με την αύξηση της καταπόνησης λόγω των ελαιοδιακοπών αυτομάτου επαναφορών ρεύματος σε παραμένοντα σφάλματα

$V_1 = 1,8$ για προστασία διακόπτη ισχύος με επαναφορά, εναέριου δικτύου της ΔΕΗ

$V_1 = 1$ για προστασία διακόπτη ισχύος χωρίς επαναφορά, υπογείου δικτύου της ΔΕΗ
 F_H : ηλεκτρομαγνητική δύναμη

$$F_H = V_3 * 0,1 * I_s^2 * \frac{1}{a} \quad (\text{N})$$

Όπου

I_s : κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης

$$I_s = k * \sqrt{2} * I_k \quad (k < 1,8)$$

I_k : μόνιμο ρεύμα βραχυκύκλωσης (7,217 A)

W : ροπή αντίστασης

$$W = \frac{b * h^2}{6} (\text{mm}^2) = \frac{30 * 5^2}{6} = 125 \text{mm}^2$$

h : πλάτος ζυγού (mm)

b : πάχος ζυγού (mm)

R_{p02} : το κάτω όριο της μηχανικής τάσης που προκαλεί μόνιμη παραμόρφωση 2% στο ζυγό και εξαρτάται από το υλικό του ζυγού (N/mm^2)

Αντικαθιστούμε στην σχέση και βρίσκουμε

$$S = \frac{0,73 * 1,8 * \sqrt{3} * 0,1 * 1,8^2 * 2 * 7,217 * 100^2 * 6}{8 * 15 * 30 * 5^2} = 51,2 < 1,5 * 200$$

μικρότερος από το επιτρεπόμενο όριο

Δ) Κριτήριο μηχανικού συντονισμού

Κατά την διάρκεια του βραχυκυκλώματος μπορεί να συμβεί μηχανικός συντονισμός, όταν η ιδιοσυχνότητα κυμαίνεται μεταξύ των ορίων +/- 10% στα 50Hz. Αυτό συνεπάγεται μια πρόσθετη καταπόνηση των ζυγών. Η ιδιοσυχνότητα του μηχανικού συντονισμού που μπορεί να συμβεί κατά τη διάρκεια του βραχυκυκλώματος είναι:

$$f = 112 * \sqrt{\frac{E * J}{g * I^4}} (\text{Hz})$$

Όπου

E : το μέτρο ελαστικότητας του ζυγού (Kg/cm^2)

Για χαλκό $E = 1,25 \chi 10^6$

J : η ροπή αδράνειας του ζυγού

$J = 0,031 \text{ cm}^4$



g : βάρος ζυγού $g = 1,34 \text{ Kg/m}$

I : απόσταση στήριξης $I = 100 \text{ cm}$

Αντικαθιστούμε στην σχέση μας και έχουμε:

$$f = 112 * \frac{\sqrt{1,25 * 10^6 * 0,031}}{0,0134 * 0,18 * 10^8} = 60,23 \text{ Hz}$$

Η επιλογή των ζυγών είναι σωστή. Η επιλογή από τους παρακάτω πίνακες 17.4a και 17.4b:

Διάσταση μπάρας (πλάτος x πάχος)	Βάρος [kg/m]	Όνομαστικό ρεύμα ζυγών:				• Ροπή αντίστασης (W) • Ροπή αδράνειας (J)			
		Κατεργασμένων		Ακατεργαστος		Εξάσκηση μηχανικής δύναμης (F)			
		Αριθμός ζυγών 1 2		Αριθμός ζυγών 1 2					
[mm ²]	[A]	[A]	[A]	[A]	W [cm ³]	J [cm ⁴]	W [cm ³]	J [cm ⁴]	
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

Πίνακας 17.1 [8]

Διαστάσεις σε mm×mm	Διατομή σε mm ²	Μία μπάρα				Δύο μπάρες σε απόσταση ίση με το πάχος τους				
		οξειδωμένη		βαμμένη		οξειδωμένη		βαμμένη		
		-	~	-	~	-	~	-	~	
Χαλκός	12×2	24	108	108	123	123	182	182	202	202
	15×2	30	123	123	148	148	212	212	240	240
	15×3	45	162	162	187	187	282	282	316	316
	20×3	60	204	204	237	237	348	348	394	394
	25×3	75	245	245	287	287	412	412	470	470
	30×5	150	380	379	448	447	672	672	766	760
	40×5	200	484	482	576	573	836	836	966	952
	50×5	250	588	583	703	697	994	994	1170	1140
	40×10	400	728	715	865	850	1290	1290	1530	1470
	50×10	500	875	852	1050	1020	1510	1510	1830	1720
	60×10	600	1020	985	1230	1180	1720	1720	2130	1960
80×10	800	1310	1240	1590	1500	2110	2110	2730	2410	
100×10	1000	1600	1490	1940	1810	2480	2480	3310	2850	
Αλουμίνιο	12×2	24	84	84	97	97	142	142	160	160
	15×2	30	100	100	118	118	166	166	190	190
	15×3	45	126	126	148	148	222	222	252	252
	20×3	60	159	159	188	188	272	272	312	312
	25×3	75	191	190	228	228	322	322	372	372
	30×5	150	296	295	356	356	528	526	608	606
	40×5	200	376	376	457	456	662	658	766	762
	50×5	250	456	455	558	556	794	786	924	916
	40×10	400	561	557	682	677	1040	1030	1200	1108
	50×10	500	674	667	824	815	1250	1210	1440	1400
	60×10	600	787	774	966	951	1450	1390	1680	1610
80×10	800	1010	983	1250	1220	1840	1720	2150	2000	
100×10	1000	1240	1190	1540	1480	2250	2050	2630	2390	

Πίνακας 17.2 [8]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 18⁰

Επιλογή Καλωδίων XT

Η σύνδεση του Μ/Σ στην XT γίνεται με μονοπολικά καλώδια τύπου NYΥ 120 mm², τρία παράλληλα ανά φάση και Μ/Σ, η γραμμή του ουδετέρου είναι τρία των 70 mm² σύμφωνα με τους κανονισμούς.

Τα κυκλώματα αναχώρησης από τους ζυγούς είναι πέντε:

- i. Δυο κυκλώματα κίνησης:
Από τον Γενικό Πίνακα αναχωρούν NYΥ (3*150 mm² + 70 mm²) + 70 mm², NYΥ (3*95 mm² + 50 mm²) + 50 mm²
- ii. Τρία κύκλωμα φωτισμού και λοιπών λειτουργιών
Από τον Γενικό Πίνακα Φωτισμού αναχωρούν NYΥ 4x10 mm² + 10mm² (L1, L2, L3, N + PE), NYΥ (3*50 mm² + 50 mm²) + 50 mm², NYΥ (3*50 mm² + 50 mm²) + 50 mm²
- iii. Ένα κύκλωμα για την αντιστάθμιση που θα μελετήσουμε αργότερα

18.1 Προστασία XT

- Στην πλευρά της XT 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 XT. Ο διακόπτης αυτός δεν χρειάζεται να δρα σε βραχυκυκλώματα στους ζυγούς XT, γιατί την προστασία αυτή την έχουν αναλάβει οι ασφάλειες ΜΤ, οι προστατεύουν αξιόπιστα τον Μ/Σ, τους ζυγούς και τα καλώδια της XT έναντι βραχυκυκλώματος. Το ηλεκτρομαγνητικό στοιχείο του Δ/1 ρυθμίζεται στα 8000 A και προσφέρει μία εφεδρική προστασία.
- Τα κυκλώματα αναχώρησης έχουν τις εξής διατάξεις προστασίας:
 - i. Ο Γενικός Πίνακας έχει αυτόματο διακόπτη ισχύος 630 A (100 - 630 A) με ρύθμιση θερμικού στα 310A και ρύθμιση ηλεκτρομαγνητικού στα 2010 A
 - ii. Αυτόματο διακόπτη ισχύος 400A (100-400A) με ρύθμιση θερμικού στα 250 A και ρύθμιση ηλεκτρομαγνητικού στα 1800 A
 - iii. Αυτόματο διακόπτη ισχύος 100A (15-100A) με ρύθμιση θερμικού στα 40 A και ρύθμιση ηλεκτρομαγνητικού στα 1800A
 - iv. Αυτόματο διακόπτη ισχύος 160A (15-160A) με ρύθμιση θερμικού στα 125 A και ρύθμιση ηλεκτρομαγνητικού στα 1800A
 - v. Αυτόματο διακόπτη ισχύος 160A (15-160A) με ρύθμιση θερμικού στα 125 A και ρύθμιση ηλεκτρομαγνητικού στα 1800A

Επειδή η ρύθμιση του ηλεκτρομαγνητικού στοιχείου του $\Delta/1$ στην άφιξη της γραμμής του γενικό πίνακα XT είναι μεγαλύτερη από αυτή των $\Delta/1$ στην αναχώρηση των γραμμών είναι δυνατή η επιλογική προστασία.

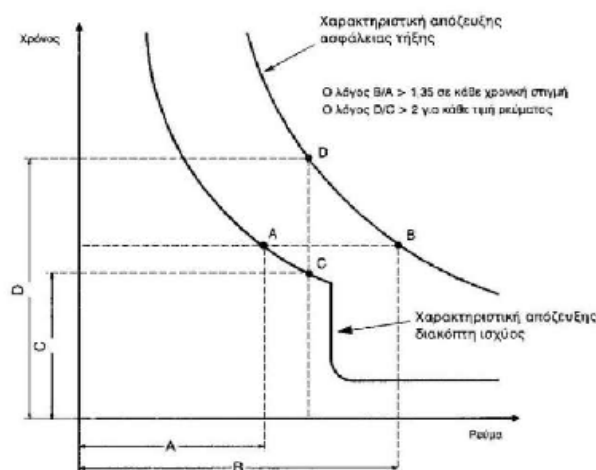
Βασική απαίτηση της προστασίας του M/Σ είναι η επιλεκτική συνεργασία των ασφαλειών στην πλευρά της MT και του διακόπτη ισχύος στην πλευρά της XT. Το όργανο προστασίας που είναι πλησιέστερο στο σφάλμα (βραχυκύκλωμα) πρέπει να διακόπτει πρώτο. Αν π.χ. το σφάλμα γίνει στην πλευρά της XT του M/Σ πρέπει να ανοίξει μόνο ο διακόπτης ισχύος της XT, ενώ οι ασφάλειες της MT πρέπει να μείνουν ανεπηρέαστες. Στο ακόλουθο διάγραμμα 4 έχουμε σχεδιάσει σε κοινό σύστημα αξόνων:

- i. Την χαρακτηριστική απόζευξης της ασφάλειας MT
- ii. Την χαρακτηριστική απόζευξης του διακόπτη ισχύος XT

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

Για να πετύχουμε επιλεκτική συνεργασία θα πρέπει:

- i. Όλα τα σημεία της καμπύλης της ασφάλειας να είναι πάνω και δεξιά από την καμπύλη του αυτόματου διακόπτη
- ii. Αν φέρουμε μια οριζόντια ευθεία, που κόβει τις καμπύλες του διακόπτη και της ασφάλειας στα σημεία A και B αντίστοιχα, πρέπει $B/A > 1,35$, δηλαδή, αν το ρεύμα στο σημείο A είναι 1000 A, το ρεύμα στο σημείο B της ασφάλειας να είναι τουλάχιστον να είναι τουλάχιστον 1350
- iii. Αν φέρουμε μια κάθετη ευθεία που κόβει τις καμπύλες του διακόπτη και της ασφάλειας στα σημεία C και D αντίστοιχα, πρέπει $D/C > 2$, δηλαδή, αν ο χρόνος στο σημείο C είναι 1,5 sec στο σημείο D της ασφάλειας να είναι τουλάχιστον 3 sec.



Διάγραμμα 18.1 [2]

18.2 Επιλογή ζυγών XT

Ισχύει:

- i. $I_{k2} = 31,38 \text{ kA}$
- ii. $I_{n2} = 722 \text{ A}$
- iii. $S_K = 250 \text{ MVA}$
- iv. $P = 500 \text{ KVA}$
- v. $U_{N2} = 400 \text{ V}$
- vi. $u_k = 4\%$

Επιλέγουμε τρεις χάλκινους ζυγούς ορθογώνιας διατομής:

Πλάτος (mm) χ Πάχος (mm)	50 * 10 mm ²
Είδος	Χαλκού, βαμμένη
Επιτρεπόμενο ρεύμα συνεχούς λειτουργίας	1025
Βάρος	4,45

Οι ζυγοί που επιλέξαμε, πρέπει να ικανοποιούν τα παρακάτω κριτήρια, όμοια με τους ζυγούς MT:

A) Κριτήριο πυκνότητας ρεύματος συνεχούς λειτουργίας

Η υπολογιζόμενη πυκνότητα ρεύματος συνεχούς λειτουργίας είναι

$$\frac{I_{n2}}{K_1 * K_2} = \frac{722}{0,95 * 0,9} = 845 \text{ A} < 1025 \text{ A} \text{ που είναι η επιτρεπόμενη ένταση}$$

B) Κριτήριο θερμικής αντοχής ζυγών σε ρεύματα βραχυκύκλωσης

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

$$q = 7 * I_{th} * \sqrt{t_k} = 7 * I_{k2} * \sqrt{(m+n)} * \sqrt{t_k} < \text{Διατομή ζυγών}$$

όπου t_k : διάρκεια βραχυκυκλώσεως $> 0,002 \text{ sec}$ για XT

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

$$q = 7 * I_{k2} * \sqrt{(m+1)} * \sqrt{t_k}$$

Για βραχυκύκλωμα στο δίκτυο XT οι δυνατές τιμές του k είναι: $1 < k < 1,16 \Rightarrow 0 < m + 1 < 2,26$

Για την XT υπολογίζουμε το k από την τάση βραχυκύκλωσης και τις απώλειες φορτίου:

$$u_r = \frac{P_{CV}}{P_N} = \frac{5,5}{500} = 0,011 = 1,1\%$$

u_r : ωμική συνιστώσα της τάσης βραχυκύκλωσης

$$u_x = \sqrt{u_k^2 - u_r^2} = \sqrt{4^2 - 1,1^2} = 3,85$$

u_x : επαγωγική συνιστώσα της τάσης βραχυκύκλωσης

$$R = u_r = 1,1$$

$$= 0,2857$$

$$X = u_x = 3,85$$

$$k = 1,02 + 0,98^{-R/X} = 1,006 \Rightarrow k = \mathbf{0,26}$$

Συνεπώς, $q = 7 * 32,38 * 1,026 * 1 = 233 \text{ mm}^2 < 500 \text{ mm}^2$ που είναι η διατομή των ζυγών $50*10$ που επιλέχτηκαν

$$s_H = 0,73 * V_1 * F_H * \frac{1}{8W} < 1,5 * R_{p02}$$

Γ) Κριτήριο μηχανικής αντοχής ζυγών κατά τη διάρκεια του βραχυκυκλώματος

Για απόσταση μεταξύ των στηριγμάτων των ζυγών $l = 100 \text{ cm}$ και απόσταση μεταξύ των ζυγών $a = 15 \text{ cm}$ ο συντελεστής καταπόνησης

$$s_H = 0,73 * V_1 * F_H * \frac{1}{8W} < 1,5 * R_{p02}$$

$$F_H = \sqrt{3} * 0,1 * k^2 * 2 * I^2_{k2} * \frac{I}{a} \quad (\text{N})$$

$$W = \frac{b * h^2}{6} (\text{mm}^3) = \frac{50 * 10^2}{6} = 833,33 \text{ mm}^2$$

Αντικαθιστούμε στην σχέση και βρίσκουμε:

$$s_H = \frac{0,73 * 1,8 * \sqrt{3} * 0,1 * 1,006^2 * 2 * 32,38^2 * 100^2 * 6}{8 * 15 * 50 * 10^2} = 48,3 < 1,5 * 200$$

μικρότερος από το επιτρεπόμενο όριο

Δ) Κριτήριο μηχανικού συντονισμού

Κατά την διάρκεια του βραχυκυκλώματος μπορεί να συμβεί μηχανικός συντονισμός, όταν η ιδιοσυχνότητα κυμαίνεται μεταξύ των ορίων $\pm 10\%$ στα 50Hz. Αυτό συνεπάγεται μια πρόσθετη καταπόνηση των ζυγών.

Η ιδιοσυχνότητα του μηχανικού συντονισμού που μπορεί να συμβεί κατά τη διάρκεια του βραχυκυκλώματος είναι

$$\text{Για χαλκό } E = \mathbf{1,25 \times 10^6}$$

$$J = \mathbf{0,416 \text{ cm}^4}$$

$$g = \mathbf{4,45 \text{ Kg/m}}$$

$$l = \mathbf{100 \text{ cm}}$$

Αντικαθιστούμε στην σχέση μας και έχουμε:

$$f = 112 * \frac{\sqrt{1,25 * 10^6 * 0,416}}{0,0445 * 0,1 * 10^8} = 119,73 Hz$$

Η επιλογή των ζυγών είναι σωστή

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 19^ο

Αντιστάθμιση Διόρθωση Συντελεστή Ισχύος

Παραπάνω σύμφωνα με υπολογισμούς βρήκαμε ότι ο συντελεστής ισχύος της εγκατάστασης μας είναι 0.87. Όμως για να έχουμε την καλύτερη δυνατή απόδοση του συστήματος και να μην έχουμε απώλειες τόσο στην εγκατάσταση όσο και δίκτυο της ΔΕΗ και να μην επιβαρυνόμαστε οικονομικά θα πρέπει να γίνει αντιστάθμιση άεργου ισχύος με πυκνωτές . Η επιθυμητή τιμή είναι 0.95.

Η άεργος ισχύς των πυκνωτών αντιστάθμισης, υπολογίζεται από την σχέση:

$$Q_c = P_{\text{εισ.}} * (\tan\phi_1 - \tan\phi_2) = 331.5 * (0.56 - 0.32) = 75.56 \text{ KVAR}$$

Επιλέγουμε κεντρική αντιστάθμιση και για την διόρθωση του συντελεστή ισχύος χρησιμοποιούμε ψηφιακό ρυθμιστή άεργου ισχύος, μέσω του οποίου

προγραμματίζεται η σύνδεση ή η αποσύνδεση των πυκνωτών, ανάλογα με τις απαιτήσεις της εγκατάστασης.

Στην πράξη έχουμε συστοιχίες πυκνωτών και κάθε φορά συνδέονται όσοι είναι απαραίτητοι για την βελτίωση του συντελεστή ισχύος. Ο τρόπος αυτός γίνεται με ένα αυτοματοποιημένο σύστημα παρακολούθησης και καταγραφής του συντελεστή ισχύος και στην συνέχεια γίνεται ενεργοποίηση σε βαθμίδες του κατάλληλου αριθμού πυκνωτών που θα συνδεθούν ή θα αποσυνδεθούν. Αυτό το σύστημα υπάρχει σε ξεχωριστό πεδίο στο Γενικό Πίνακα ΧΤ του Υ/Σ. Με βάση την ισχύ των 75 kVAr επιλέγουμε συσκευή ρύθμισης άεργου ισχύος (ή αλλιώς ερμάριο πυκνωτών) 80 kVAr, με βαθμίδες ισχύος 10-1020-20-20. Η σύνδεση του με τον Γενικό Πίνακα ΧΤ γίνεται με καλώδια NYY 3x95 mm².

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 20^ο

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 κτιρίου. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται χαμηλή αντίσταση γείωσης.

Επίσης στον χώρο του Υ/Σ θα τοποθετηθεί σύστημα γειώσεων που αποτελείται από :

- Περιμετρική γείωση χάλκινη 30 mm * 3 mm 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 τοιχίο 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:

- i. τα μεταλλικά μέρη του Γενικού Πίνακα ΜΤ
- ii. τα μεταλλικά μέρη του Γενικού Πίνακα ΧΤ
- iii. τα μεταλλικά μέρη του Μ/Σ
- iv. οι ράγες του Μ/Σ
- v. τα σημεία γειώσεως και οι βάσεις στηρίξεως των ακροκιβωτίων
- vi. το ισοδυναμικό πλέγμα των δαπέδων
- vii. κάθε άλλη μεταλλική συσκευή που υπάρχει στο χώρο του Υ/Σ

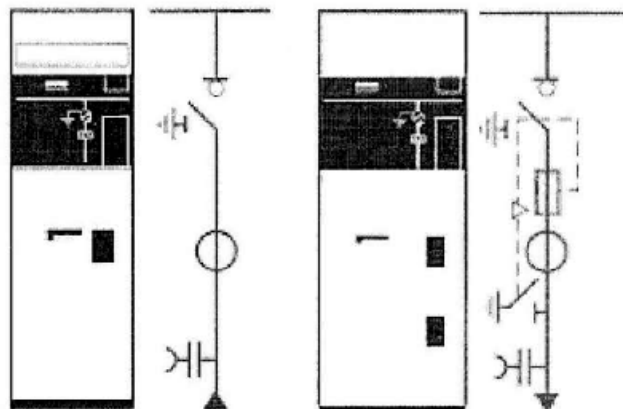
Οι αγωγοί γείωσης κάθε χώρου θα συνδέονται με την κεντρική γείωση (θεμελιακή) των μεταλλικών μερών. Στην περίπτωση που η συνολική γείωση είναι κάτω από 1 Ω, στην γείωση αυτή θα συνδεθεί και ο ουδέτερος κόμβος του Μ/Σ. Στην αντίθετη περίπτωση ο ουδέτερος κόμβος θα συνδεθεί σε ανεξάρτητα τρίγωνα γείωσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 21^ο

Πίνακας ΜΤ

Ο πίνακας ΜΤ αποτελείται από δύο πεδία, όπως φαίνεται στο σχήμα 1. 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:
 - i. Έναν τριποδικό διακόπτη αποζευκτή φορτίου 400 A, σε κοινό κέλυφος με γειωτή με χειροκίνητο μηχανισμό λειτουργίας. Ο γειωτής είναι μηχανικά μανταλωμένος με τον διακόπτη ώστε όταν ανοίγει ο ένας διακόπτης να κλείνει ο άλλος, μόνο ο ένας να μπορεί να είναι σε θέση ON
 - ii. Τρία αμπερόμετρα
 - iii. Τρεις Μ/Σ εντάσεως
 - iv. Τρία αλεξικέραυνα ΜΤ 10 kA
 - v. Τρεις χωρητικούς καταμεριστές ένδειξης τάσεως
 - vi. Τρεις ενδεικτικές λυχνίες
2. Το πεδίο αναχώρησης, το οποίο διανέμει την ΜΤ στον Μ/Σ και περιλαμβάνει:
 - i. Έναν τριποδικό αποφευκτή φορτίου 400 A και γειωτή σε κοινό κέλυφος, σε περιβάλλον SF₆
 - ii. Τρεις ασφάλειες ΜΤ 40 A
 - iii. Τρεις Μ/Σ εντάσεως
 - iv. Τρία αμπερόμετρα
 - v. Χωρητικούς καταμεριστές με λυχνίες παρουσίας τάσεως
 - vi. Τρεις ενδεικτικές λυχνίες



Σχήμα 21.1 [2]

Στην μπροστινή επιφάνεια κάθε κυψέλης, υπάρχει σχεδιασμένο το μιμικό της διάγραμμα, στο οποίο φαίνεται εκτός από το μονογραμμικό διάγραμμα της κυψέλης και η κατάσταση του διακόπτη (ON - OFF). Οι χωρητικοί καταμεριστές τάσης τροφοδοτούν τις τρεις λυχνίες, που βρίσκονται στην μπροστινή όψη της κυψέλης, για να βλέπουμε αν υπάρχει τάση στα καλώδια.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 22^ο

Αερισμός – Ψύξη Μ/ΣΤ

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. (σχήμα 2) Επειδή αυτό δεν είναι πάντοτε εφικτό υπάρχουν περσιδωτά 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 περσιδωτά ανοίγματα της πόρτας, φθάνει στον Μ/Σ όπου τον ψύχει και με μεγαλύτερη και μικρότερο ειδικό βάρος (αραιότερος) φεύγει από τα ανοίγματα που βρίσκονται ψηλότερα.

Υπολογίζουμε :

- 1) Κάτω άνοιγμα (χαμηλά στην μεταλλική πόρτα

Βάση του τύπου που ζητάει η ΔΕΗ έχουμε

$$A_1 = 0,0425 * Q_{\text{απωλειών}} * \sqrt{\frac{10^4 * K}{H * \Theta^3}}$$

όπου $Q_{\text{απωλειών}} = Q_{\text{απωλ.φορτίου}} + Q_{\text{απωλ.κενού}}$ σε W

K: αντίσταση του αέρα στα ανοίγματα εισόδου του, λαμβάνεται ίση με 7

H: απόσταση του κέντρου του ανοίγματος εξόδου, που βρίσκεται πάνω από την πόρτα, από το μέσο του Μ/Σ, σε m., θεωρούμε ότι είναι 5 m

Θ: η διαφορά θερμοκρασίας που μπορεί να προκληθεί στον αέρα μέσα στο χώρο του Μ/Σ κατά την λειτουργία του, σε °C, θεωρούμε ότι η διαφορά ($\Theta_2 - \Theta_1$) είναι 10°C

Άρα

$$Q_{\text{απωλειών}} = 5500 + 750 = 6520 \text{ W}$$

$$A_1 = 0,0425 * 6,25 * \sqrt{\frac{10^4 * 7}{5 * 10^3}} = 1 \text{ m}^2$$

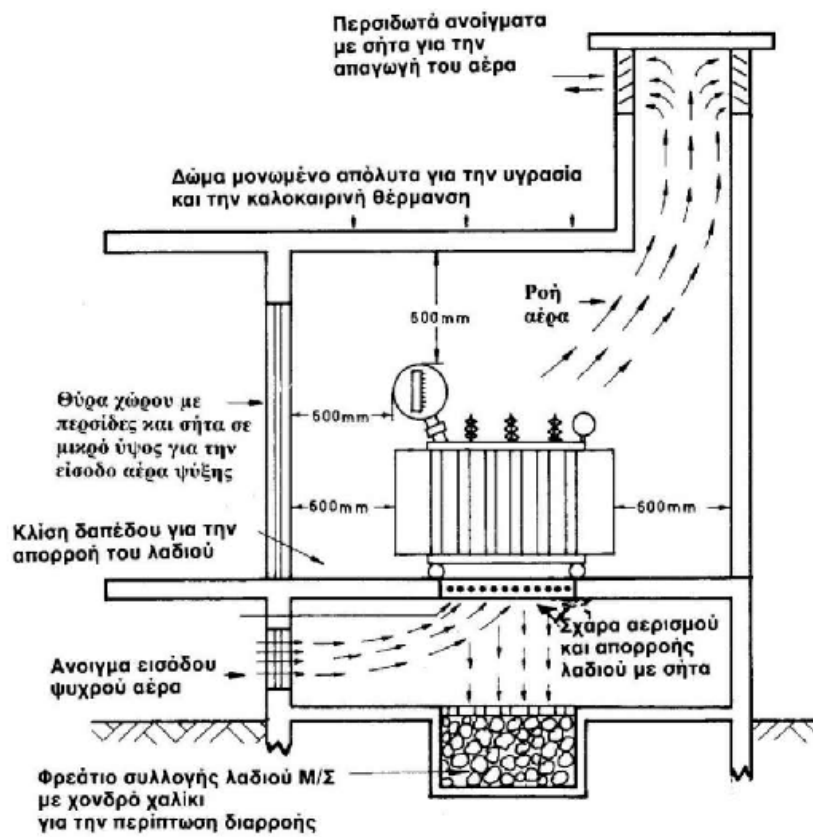
- 2) Άνω άνοιγμα, το οποίο υπολογίζεται από τον τύπο:

$$A_2 = 1,2 * A_1 = 1,2 * 1 = 1,2 \text{ m}^2$$

Στην περίπτωση όπου τα παραπάνω περσιδωτά ανοίγματα δεν είναι δυνατόν να βρίσκονται σε εξωτερική πόρτα ή τοίχο τότε για τη ψύξη του Μ/Σ χρησιμοποιείται μηχανικός αερισμός. Η απαγωγή της αποδιδόμενης θερμότητας γίνεται με τη βοήθεια ανεμιστήρα.

Ο ανεμιστήρας που θα χρησιμοποιηθεί σε αυτόν τον τρόπο ψύξης, θα πρέπει να έχει παροχή:

$$P = \frac{Q_{\text{απώλειών}} * 1,2}{0,31 * \Theta} = \frac{6,25 * 1,2}{0,31 * 10} = 2,42 \text{ kW}$$

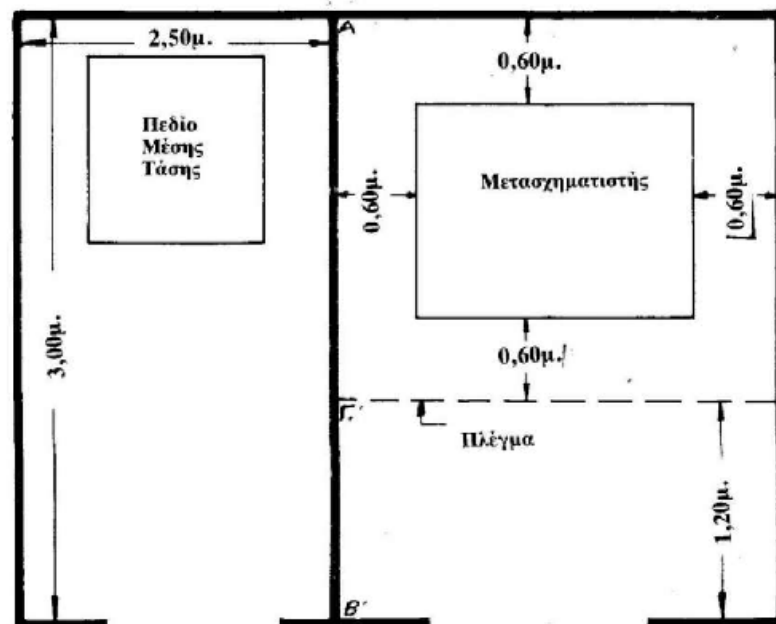


Σχήμα 22.1 [8]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 23^ο

Κατασκευαστικά Στοιχεία

Ο τύπος του κτιρίου του Υ/Σ εξαρτάται από τον τύπο παροχής της ΔΕΗ. Οι ελάχιστες διαστάσεις για το κτίριο του Υ/Σ ΜΤ παροχής Α1 ή Α2 φαίνεται στο σχήμα 23.1.



Σχήμα 23.1 [8]

Στο τέλος ακολουθεί η κάτοψη του κτιρίου του Υ/Σ μας (Σχήμα 22.1) και το μονογραμμικό του διάγραμμα (Σχήμα 23.1).

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
8. Διπλωματική Εργασία Αρ. Τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Τεχνολογίας Υπολογιστών Πανεπιστημίου Πατρών
9. Διαδίκτυο Μηχανές Επεξεργασίας Ξύλου
<http://hjb-services.com/index.php?route=product/category&path=39>
<http://www.macmazza.it/home.asp?lan=uk>
<http://www.all.biz/el/buy/goods/?group=1085835>
<http://www.nikolaidis-machines.gr/>
10. Θεοχάρης Κ. : Σημειώσεις ΑΤΕΙ Πατρών Εσωτερικές Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις
11. Κονταρίνης Γερ.: Σημειώσεις ΑΤΕΙ Πατρών Φωτοτεχνικές Μελέτες