

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε
ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
ΥΠΟΣΤΑΘΜΩΝ
ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

ΑΡΙΘΜΟΣ: 1428

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΣΠΟΥΔΑΣΤΩΝ

ΣΑΚΗΡ ΙΜΠΡΑΧΗΜ

ΠΥΡΓΑΣ ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΣ

Επιβλέπων καθηγητής: ΣΧΟΙΝΑΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΠΑΤΡΑ 2014

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ:

1. ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΥΠΟΣΤΑΘΜΩΝ

2.1 Γενικά.....	5
2.2 Υποσταθμός διανομής.....	6
2.3Υ/Σ Εναέριοι.....	6
2.4Υ/Σ Επίγειοι.....	7
2.5Υ/Σ Υπόγειοι.....	7
2.6 Υποσταθμός μεταφοράς.....	8
2.7Υποσταθμοί Υποβιβασμού Τάσεως 150/20 kV.....	8

3. ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΓΡΑΜΜΩΝ ΑΝΑΧΩΡΗΣΗΣ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΜΤ..... 12

3.1 Αναχωρήσεις εναέριων καλωδίων ΜΤ.....	13
3.2 Αναχωρήσεις υπόγειων καλωδίων ΜΤ.....	14
3.3 Διακλάδωση σε καταναλωτή ΜΤ.....	14
3.4 Διακόπτες απομόνωσης.....	14
3.5 Ασφάλειες.....	15
3.6 Διακόπτες ισχύος.....	16
3.7 Επιλεκτική συνεργασία των μέσων προστασίας.....	17
3.8 Αλεξικέραυνα.....	18
3.9Κατασκευαστικά στοιχεία αλεξικεραύνων.....	18
3.9.1 Μονωτήρες.....	18
3.9.2 Μονωτήρες εξωτερικού χώρου.....	19
3.9.3 Μονωτήρες εσωτερικού χώρου.....	19

4 .ΠΑΡΟΧΕΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ - ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΕΣ ΜΕ ΙΔΙΩΤΙΚΟ ΥΠΟΣΤΑΘΜΟ

4.1 Γενικά.....	19
4.2 Παροχή Α1.....	20
4.3 Παροχή Α2.....	21
4.4 Παροχή Β1.....	21
4.5 Παροχή Β2.....	22

5. ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΕΣ Υ/Σ ΜΤ

5.1 Γενικά.....	24
5.2Χαρακτηριστικά μεγέθη Μ/Σ.....	24
5.3 Τάση βραχυκύκλωσης.....	25
5.4 Απώλειες χαλκού και σιδήρου.....	26
5.5 Παραλληλισμός Μ/Σ	26
5.6 Προστασία Μ/Σ	27
5.7 Προστασία σε βραχυκυκλώματα.....	27
5.8 Προστασία Μ/Σ σε υπερφόρτιση.....	28
5.9 Προστασία κατά εσωτερικών σφαλμάτων και έλλειψης λαδιού με H/N Buchholz	
5.9.1 Διαφορική προστασία.....	29
5.9.2 Εγκατάσταση και ψύξη Μ/Σ	30

6. ΜΟΝΩΜΕΝΟΙ ΑΓΩΓΟΙ ΚΑΙ ΚΑΛΩΔΙΑ ΜΤ-ΧΤ

6.2 Καλώδια στη ΧΤ.....	31
6.2.1 Μονωτικά καλωδίων ΧΤ.....	31
6.2.2 Ακροδέκτες καλωδίων ΧΤ.....	32
6.3 Καλώδια στη ΜΤ.....	34
6.3.2 Ιδιότητες των μονωτικών ΜΤ.....	34
6.3.3 Γείωση των καλωδίων ΜΤ.....	34
6.4 Χρήσεις καλωδίων.....	37
6.5 Τάση των καλωδίων.....	37

7. ΓΕΙΩΣΕΙΣ

7.1 Γενικά.....	39
7.2 Είδη ηλεκτροδίων γείωσης.....	39
7.3 Γειωτής ράβδου.....	39
7.3.1 Γειωτής ταινίας ή συρματόσχοινου.....	39
7.3.2 Γειωτής πλάκας.....	40
7.3.3 Γειωτής ακτινικός.....	40
7.3.4 Γειωτής πλέγματος.....	40
7.3.5 Το δίκτυο ύδρευσης σαν γειωτής.....	40
7.3.6 Θεμελιακή γείωση.....	40
7.3.7 Η αντίσταση γείωσης.....	41
7.3.8 Συστήματα σύνδεσης γειώσεων.....	42
7.3.9 Προστασία έναντι ηλεκτροπληξίας.....	45
7.4 Προστασία έναντι άμεσης επαφής.....	47
7.4.1 Προστασία έναντι έμμεσης επαφής.....	48
7.4.2 Προστασία κατά της ηλεκτροπληξίας σε σφάλματα σε Υ/Σ.....	49
8. Βιβλιογραφία.....	50

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΑΠΟΤΕΛΕΙΤΑΙ ΚΥΡΙΩΣ ΑΠΟ ΤΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΟ ΚΟΜΜΑΤΙ ΟΠΟΥ ΕΧΟΥΜΕ ΕΝΑΝ ΥΠΟΣΤΑΘΜΟ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ.ΕΙΝΑΙ ΜΙΑ ΞΥΛΙΝΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΜΕ ΜΟΝΩΤΗΡΕΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΕΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ ΑΛΕΞΙΚΕΡΕΥΝΑ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΕΣ ΧΑΜΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΑΦΗΞΕΙΣ ΧΑΜΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ.

Ο ΣΚΟΠΟΣ ΑΥΤΗΣ ΤΗΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ ΕΙΝΑΙ ΝΑ ΔΕΙΞΟΥΜΕ ΠΩΣ ΕΙΝΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΜΕΝΟΣ ΕΝΑΣ ΕΝΑΕΡΙΟΣ ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ ΣΕ ΜΙΚΡΟΤΕΡΗΣ ΚΛΙΜΑΚΑ ΜΕ ΟΛΕΣ ΤΙΣ ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΩΣΤΕ ΝΑ ΕΙΝΑΙ ΚΑΤΑΝΟΗΤΟ ΣΤΟΥΣ ΚΑΘΗΓΗΤΕΣ ΚΑΙ ΣΤΟΥΣ ΦΟΙΤΗΤΕΣ.

ΤΟ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΚΟΜΜΑΤΙ ΑΠΟΤΕΛΕΙΤΑΙ ΑΠΟ ΜΙΑ ΑΝΑΛΗΤΙΚΟΤΕΡΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΤΗΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ ΑΣΦΑΛΕΙΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΩΝ.



1. ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Στον σταθμό παραγωγής γίνεται η παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας.

Τα εργοστάσια παραγωγής ενέργειας μπορούν να είναι:

1. Θερμοηλεκτρικά-ατμοηλεκτρικά

Η θερμότητα είναι η ενδιάμεση μορφή ενέργειας όπου πρέπει να περάσει η διαδικασία παραγωγής ενέργειας ηλεκτρικής.

Η θερμότητα χρησιμεύει για την παραγωγή ατμού. Η ενέργεια του ατμού μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια, μέσω του αμοστροβίλου και στην συνέχεια η κινητική ενέργεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική μέσα στην γεννήτρια, δια μεταφορά στροφορμής στην τελευταία που είναι απευθείας ζευγμένη με το στρόβιλο.

2. Πυρηνικά

Οι σταθμοί αυτοί δεν διαφέρουν από τους θερμοηλεκτρικούς, δεδομένου ότι ο ατμός χρησιμοποιείται σαν κινητήριος δύναμη, για την περιστροφή της ηλεκτρογεννήτριας.

Διαφέρουν στο ότι για την δημιουργία ατμού χρησιμοποιείται πυρηνική ενέργεια.

3. Υδροηλεκτρικά εργοστάσια

Σε αυτά εκμεταλλευόμαστε την ενέργεια που έχει το νερό όταν πέφτει πάνω στους υδροστροβίλους έτσι έχουμε παραγωγή κινητικής ενέργειας και από εκεί ηλεκτρική από την γεννήτρια.

4. Ανεμογεννήτριες

Σε αυτές εκμεταλλευόμαστε την ενέργεια του ανέμου ο οποίος περιστρέφει την πτερύγωση του ανεμομνητήρα και έτσι έχουμε παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

5. Φωτοβολταϊκά

Τα φωτοβολταϊκά έχουν την ιδιότητα να μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική. Αυτό είναι το φωτοβολταϊκό φαινόμενο. Με πολύ απλά λόγια η ενέργεια του φωτός απορροφάται από τα ηλεκτρόνια των ατόμων μιας φωτοβολταϊκής κυψέλης και στη συνέχεια έχουμε απόδραση των ηλεκτρονίων αυτών από τις κανονικές τους θέσεις. Αυτό δημιουργεί ρεύμα. Το ηλεκτρικό πεδίο που προϋπάρχει στη φωτοβολταϊκή κυψέλη οδηγεί το ρεύμα στο φορτίο.

2.ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΙ

2.1 Γενικά

Υποσταθμός γενικά ονομάζεται η ηλεκτρική εγκατάσταση στην οποία γίνεται μετασχηματισμός τάσης, η κατανομή ή η διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας.

Οι εναλλακτères των σταθμών παράγουν την ηλεκτρική ενέργεια με τάση 15kV ή 20kV. Η τάση των 15 kV ή 20 kV είναι χαμηλή ώστε να μην ενδείκνυται να μεταφερθεί ηλεκτρική ενέργεια σε μεγάλες αποστάσεις, λόγω μεγάλων απωλειών. Έτσι η τάση ανυψώνεται στα 150 kV ή 400 kV και μετά με τη γραμμή μεταφοράς μεταφέρεται κοντά τους καταναλωτές. Ελάχιστοι καταναλωτές τροφοδοτούνται με τάση 150 kV (π.χ. Πελάτες Υψηλής Τάσης). Η ηλεκτρική ενέργεια διανέμεται με Μ.Τ. στους μεγάλους καταναλωτές (βιομηχανίες κ.λ.π.) ενώ στους μικρούς (σπίτια, καταστήματα, βιοτεχνίες) με Χ.Τ. Έτσι υπάρχει ανάγκη και άλλων μετασχηματιστών από Υ.Τ. ή Υ.Υ.Τ. σε Μ.Τ. και μετά από Μ.Τ. σε Χ.Τ. Εκτός από τα προηγούμενα πρέπει να γίνει και η διασύνδεση των σταθμών του συστήματος μιας και από κάπου πρέπει να ξεκινούν οι γραμμές μεταφοράς και διανομής. Όλες οι παραπάνω απαιτήσεις καλύπτονται από τον σχεδιασμό των υποσταθμών (Υ/Σ).

Οι γραμμές μεταφοράς αναχωρούν από τους υποσταθμούς και καταλήγουν σε αυτούς, οι οποίοι και αποτελούν κυρίως τους κόμβους του δικτύου.

Οι υποσταθμοί στους οποίους συνδέονται απλώς γραμμές, χωρίς απαραίτητως να γίνεται μετασχηματισμός τάσεως, λέγονται υποσταθμοί ζεύξεως ή διασυνδέσεως. Εάν γίνεται επιπλέον και μετασχηματισμός τάσεως από μια βαθμίδα τάσεως μεταφοράς σε άλλη χαμηλότερη, τότε πρόκειται για υποσταθμό μετασχηματισμού ή υποσταθμό υποβιβασμού ή και υποσταθμό ζεύξεως και μετασχηματισμού. Αντίστοιχοι προς τους υποσταθμούς υποβιβασμού είναι οι υποσταθμοί ανυψώσεως, οι οποίοι βρίσκονται και ανήκουν, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, στους σταθμούς παραγωγής και στους οποίους γίνεται ανύψωση της τάσεως από την τιμή της τάσεως παραγωγής – η οποία κυμαίνεται από 6 έως 20 kV – στην τιμή της τάσεως μεταφοράς. Τα στοιχεία σύνδεσης των γραμμών στους υποσταθμούς καλούνται ζυγοί, σε αυτούς δε οι γραμμές συνδέονται μέσω των διακοπών.

Οι διακόπτες, οι οποίοι χρησιμεύουν για τη διακοπή και αποκατάσταση της ροής του ηλεκτρικού ρεύματος και οι μετασχηματιστές στους οποίους μετασχηματίζεται η ισχύς και αλλάζει η τάση, αποτελούν τις σπουδαιότερες συσκευές ισχύος των δικτύων μεταφοράς. Τους υποσταθμούς τους χωρίζουμε σε δύο κατηγορίες ανάλογα με την τάση που τροφοδοτούνται:

- A) Σε υποσταθμούς διανομής
- B) Σε υποσταθμούς μεταφοράς

Οι Υ/Σ μπορεί να είναι είτε υπαίθριοι, όπου όλα τα μηχανήματα υψηλής και μέσης τάσης βρίσκονται εγκατεστημένα στην ύπαιθρο, είτε να είναι εσωτερικού χώρου και τότε όλα τα μηχανήματα βρίσκονται μέσα σε κλειστό στεγασμένο χώρο. Είναι αυτονόητο ότι σε κάθε μία από τις δύο περιπτώσεις τα μηχανήματα είναι κατασκευασμένα για τον κάθε χώρο. Αυτοί με τη σειρά τους διακρίνονται σε Υ/Σ υποβιβασμού τάσης και ανύψωσης. Στη παρούσα εργασία γίνεται μελέτη διατάξεων υποσταθμών ΥΤ/ΜΤ και ΚΥΤ. Πιο συγκεκριμένα Υ/Σ μεταφοράς.

2.2 Υποσταθμός διανομής

Οι Υ/Σ διανομής κάνουν υποβιβασμό της τάσης. Πιο συγκεκριμένα υποβιβάζουν τη μέση τάση των 15 ή 20 KV στην τάση κατανάλωσης των 220/380 V. Οι Υ/Σ διανομής ανάλογα με τον τρόπο κατασκευής τους διακρίνονται σε εναέριους, επίγειους και υπόγειους. Παρακάτω παρατίθεται μία σύντομη περιγραφή αυτών.

2.3 Υ/Σ Εναέριοι

Ο τύπος των ΥΣ αυτών κατασκευάζεται πάνω σε στύλους και χρησιμοποιείται εκεί όπου ο χώρος και το περιβάλλον επιτρέπουν την εγκατάστασή του. Συνήθως χρησιμοποιούνται εκεί που οι ηλεκτρικές γραμμές είναι εναέριες. Το μέγεθος των ΥΣ αυτών δεν ξεπερνά συνήθως τα 250 kVA σε εγκατεστημένη ισχύ. Πλεονεκτήματα των υποσταθμών αυτών είναι η απλότητα και η φθηνή κατασκευή τους. Σαν στύλοι στους ΥΣ αυτούς χρησιμοποιούνται κάθε είδους στύλοι ηλεκτρικών γραμμών, κατάλληλοι να κρατούν το βάρος του μετασχηματιστή και των συσκευών μέσης και χαμηλής τάσης. Δίδυμοι στύλοι, ζευγάρια από δίδυμους ξύλινους στύλους ή δικτυωτοί σιδερένιοι στύλοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εγκατάσταση εναέριου ΥΣ. Οι συσκευές μέσης τάσης στους εναέριους ΥΣ μετασχηματισμού είναι οι διακόπτες ηλεκτρικής ισχύος και οι συντηκτικές ασφάλειες. Οι συντηκτικές ασφάλειες μέσης τάσης χρησιμεύουν για την αυτόματη διακοπή της τροφοδότησης του μετασχηματιστή από τη γραμμή μέσης τάσης σε περίπτωση υπερφορτίσεως του, ή σφάλματος. Στην πλευρά χαμηλής τάσης χρησιμοποιούνται σε κάθε γραμμή που αναχωρεί συντηκτικές ασφάλειες.

2.4 Υ/Σ Επίγειοι

α. Επίγειοι Υ/Σ εσωτερικού τύπου

Εκεί όπου το μέγεθος ισχύος ή ο χώρος δεν επιτρέπουν την εγκατάσταση εναέριου Υ/Σ κατασκευάζονται οι επίγειοι Υ/Σ. Οι Υ/Σ τοποθετούνται είτε μέσα σε κτίρια που υπάρχουν, είτε μέσα σε ιδιαίτερα οικοδομήματα, είτε μέσα σε ειδικά μεταλλικά περίπτερα. Η διάταξη Υ/Σ σε κλειστό χώρο απαιτεί να ληφθούν ειδικά μέτρα για να εξασφαλισθεί ο αερισμός έτσι ώστε η θερμοκρασία του χώρου να μη φθάσει σε επικίνδυνα όρια για τη λειτουργία του μετασχηματιστή και των άλλων ηλεκτρικών συσκευών και καλωδίων.

β. Επίγειοι Υ/Σ υπαίθριοι

Οι Υ/Σ αυτοί κατασκευάζονται εκεί όπου χρειάζεται ισχύς μεγαλύτερη από τη συνηθισμένη των εναέριων Υ/Σ, και οι τοπικές συνθήκες επιτρέπουν την υπαίθρια εγκατάσταση των μηχανημάτων του Υ/Σ. Με αυτόν τον τρόπο εξοικονομείται το μεγαλύτερο μέρος της δαπάνης που απαιτείται για να κατασκευαστεί κτίριο.

Πολλές φορές χρησιμοποιούνται τα ίδια μηχανήματα και διατάξεις όπως στους Υ/Σ εσωτερικού τύπου, οι δε κυψέλες αναχώρησης περικλείονται μέσα σε μεταλλικό περίπτερο και συνδέονται με καλώδια με το μετασχηματιστή που είναι εγκατεστημένος στο υπαίθρο.

2.5 Υ/Σ Υπόγειοι

Υπόγειοι Υ/Σ λέγονται εκείνοι που κατασκευάζονται κάτω από την επιφάνεια της γης. Τέτοιοι Υ/Σ κατασκευάζονται βασικά σε κεντρικά σημεία πόλεων και σε θέσεις που δεν είναι εύκολη η κατασκευή υπέργειου Υ/Σ.

Για την εγκατάσταση των Υ/Σ αυτών χρειάζεται βασικά μια υπόγεια οικοδομή και ως εκ τούτου κατασκευάζονται εκεί όπου οι συνθήκες κάτω από το έδαφος επιτρέπουν την κατασκευή τέτοιου κτιρίου. Οι τοίχοι, το δάπεδο και η οροφή του υπογείου κτιρίου πρέπει να κατασκευάζονται ανθεκτικά και στεγανά.

Το πιο δύσκολο σημείο στην κατασκευή των ΥΣ αυτών είναι η εξασφάλιση της κυκλοφορίας του αέρα για την ψύξη. Για το σκοπό αυτό ανάλογα με τις τοπικές συνθήκες χρησιμοποιούνται διάφορες διατάξεις που εξασφαλίζουν την κυκλοφορία του αέρα χωρίς να υπάρχει κίνδυνος να μπουν μέσα νερά.

Επίσης πρέπει να υπάρχει κατάλληλο χαντάκι για τη συγκέντρωση του λαδιού του μετασχηματιστή σε περίπτωση διαρροής. Στην συγκεκριμένη εργασία πραγματευόμαστε τις διατάξεις Υ/Σ Υψηλής και Υπερυψηλής Τάσης και δεν θα αναφερθούμε διεξοδικά σε αυτούς και στον εξοπλισμό τους.

2.6 Υποσταθμός μεταφοράς

Οι Υ/Σ μεταφοράς ανάλογα με το σκοπό που εξυπηρετούν διακρίνονται σε:

1. Υ/Σ ανυψώσεως

Οι Υ/Σ ανυψώσεως βρίσκονται κοντά στο σταθμό παραγωγής. Προορισμός τους είναι η ανύψωση της τάσεως παραγωγής στη τάση μεταφοράς.

2. Υ/Σ υποβιβασμού

Οι Υ/Σ υποβιβασμού έχουν σαν προορισμό τον υποβιβασμό της τάσης μεταφοράς των 150 ή 400 KV στη μέση τάση διανομής 15 ή 20 KV.

3. Υ/Σ ζεύξεως

Στους Υ/Σ ζεύξεως γίνεται μόνο ζεύξη ηλεκτρικών κυκλωμάτων (υψηλής τάσης) χωρίς απαραίτητα να γίνεται μετασχηματισμός τάσεως. Τα κύρια μηχανήματα που περιλαμβάνει είναι αποζεύκτες και ζυγοί. Συνήθως όμως οι Υ/Σ είναι μικτοί, δηλαδή ανυψώσεως και ζεύξεως συγχρόνως ή υποβιβασμού και ζεύξεως κ.λπ.

2.7 Υποσταθμοί Υποβιβασμού Τάσεως 150/20 kV

Η πτώση τάσεως του ρεύματος, η απώλεια της ισχύος και γενικά το κόστος της ενέργειας που μεταφέρεται εξαρτάται από την απόσταση μεταφοράς. Συνεπώς μια ορισμένη τάση μπορεί να εξυπηρετήσει καταναλώσεις που βρίσκονται μέσα σε μια ορισμένη απόσταση. Αν ξεπεραστεί το όριο αυτής της μέγιστης απόστασης θα πρέπει να αυξηθούν οι διατομές των γραμμών ώστε στο τέλος να καθίσταται αντισυμβατική η κατασκευή. Για το Εθνικό Δίκτυο της Ελλάδας έχουν καθοριστεί σαν τάση μεταφοράς τα 400 kV, 150 kV και τα 20 kV ή 15 kV σε παλιές γραμμές. Κατασκευάζουμε Υ/Σ 150/20 kV πρώτον για την προστασία του Δικτύου των γραμμών, δεύτερον επειδή η οικονομική εμβέλεια της μέσης τάσης των 20 KV είναι γύρω στα 70 Km και τρίτον όταν υπάρξει κάπου μια μεγάλη κατανάλωση π.χ. μια ηλεκτροβόρα βιομηχανία σε απόσταση έστω και μικρότερης των 70 Km από Υ/Σ που υπάρχει. Η εκλογή της ακριβούς θέσης του Υ/Σ είναι αποτέλεσμα τεχνικοοικονομικής μελέτης που γίνεται από την Διεύθυνση Προγραμματισμού και στην οποία φτάνουν όλες οι απαιτήσεις της Διανομής. Πάντως οι Υ/Σ γενικά στην Ελλάδα είναι υπαίθριου τύπου και βρίσκονται έξω από πόλεις γιατί αφενός μεν τα οικόπεδα εκεί είναι φθηνά, αφετέρου μειώνεται ο κίνδυνος για τους κατοίκους από τον Υ/Σ και από τις γραμμές υψηλής τάσης που φτάνουν μέχρι εκεί.

Οι Υ/Σ γενικά στην Ελλάδα είναι υπαίθριου τύπου με ένα Κτίριο Ελέγχου για να στεγάζονται τα μηχανήματα και τα όργανα που δεν επιτρέπεται να λειτουργούν στο ύπαιθρο. Η γραμμή των 150 KV μπορεί να τερματίζει στον Υ/Σ οπότε είναι αντέννα, συνήθως όμως απλά περνάει από τον Υ/Σ για να τον τροφοδοτήσει και ξαναφεύγει.

Στην είσοδο και στην έξοδο της γραμμής τοποθετούνται χειροκίνητοι A/Z 150 kV με γειωτές για να μπορούν να απομονώσουν πλήρως τον Υ/Σ. Το ρεύμα έρχεται στις Μπάρες ή Ζυγούς των 150 kV που αποτελούνται από σωλήνες χαλκού ή από αγωγούς που μοιράζουν το ρεύμα στον Υ/Σ. Ένας Υ/Σ μπορεί να έχει μια Πύλη ή Κυπέλη Μ/Σ Ισχύος ή και περισσότερες. Οι Μ/Σ αυτοί μετασχηματίζουν την τάση των 150kV σε 20kV (ή 15kV) και είναι τα σπουδαιότερα και ακριβότερα μηχανήματα του Υ/Σ. Γι' αυτόν το λόγο υπάρχουν διάφορα συστήματα προστασίας, που όταν δουλέψουν θα απομονώσουν τον Μ/Σ Ισχύος. Πιο συγκεκριμένα, όσον αφορά στην προστασία των μετασχηματιστών, συνήθως στην πλευρά των 150kV του Μ/Σ συνδέεται Ηλεκτροκίνητος A/Z (Ασφαλαιοαποζεύκτη) και Αυτόματος Διακόπτης 150kV. Όμοια συνδέεται και στην πλευρά των 20KV του Μ/Σ Αυτόματος Διακόπτης 20kV. Οι διακόπτες αυτοί μπορεί να είναι Ελαιοδιακόπτες, Αεροδιακόπτες ή Διακόπτες πτωχού ελαίου. Η λειτουργία τους δηλαδή το άνοιγμα και το κλείσιμο τους μπορεί να γίνει αυτόματα δηλαδή με εντολές που θα πάρουν από τα ρελαί της προστασίας ή κατόπιν χειρισμού.

Συνήθως οι Υ/Σ 150/20 kV έχουν ένα μόνιμο προσωπικό τους "επιτηρητές" του Υ/Σ που κάνουν τους αναγκαίους χειρισμούς και καταγράφουν τις ενδείξεις των οργάνων μέτρησης. Αναφέρουμε ότι, γενικά, οι διακόπτες 150 kV και 20 Kv είναι διακόπτες ισχύος μάλιστα με ισχύ διακοπής πολύ μεγαλύτερη από το κανονικό φορτίο. Κι αυτό γιατί οι διακόπτες αυτοί θα διακόψουν κάποτε, μετά από εντολές των Η/Ν (Ηλεκτρονόμων) προστασίας, φορτίο σε στιγμή που έχει συμβεί βραχυκύκλωμα. Σημειώνεται ότι η Διεύθυνση Προγραμματισμού κάνει μελέτη βραχυκυκλωμάτων και καταγράφει τις τιμές των ρευμάτων σε τριφασικό και μονοφασικό προς γη βραχυκύκλωμα στο σημείο του Υ/Σ. Οι αναχωρήσεις των 20 KV αποτελούνται από ένα Διακόπτη 20 kV και από τρεις A/Z 20 kV. Οι δύο A/Z βρίσκονται εκατέρωθεν του Διακόπτη και ο τρίτος A/Z δίνει τη δυνατότητα σύνδεσης της αναχώρησης στους βοηθητικούς Ζυγούς των 20 kV.

Όλα τα υλικά του εξοπλισμού και τα βοηθητικά για τις μετρήσεις και τις τηλεπικοινωνίες στηρίζονται ή ενώνονται με ειδικές σιδερένιες κατασκευές που αποτελούνται από δικτυώματα κατασκευασμένα από ελάσματα. Ενώ η μεταφορά του ρεύματος προς τη Διανομή γίνεται με κατάλληλες μπάρες χαλκού. Μέσα στο Κτίριο ελέγχου του Υ/Σ στεγάζονται το προσωπικό του Υ/Σ, τα όργανα μετρήσεων, τα ρελαί προστασίας και τα βοηθητικά ρελαί, τα όργανα χειρισμών από απόσταση και οι βοηθητικές παροχές. Η διαμόρφωση των Υ/Σ ΥΤ/ ΜΤ, από τους οποίους τροφοδοτούνται τα δίκτυα ΜΤ, είναι βασικής σημασίας για την καλή λειτουργία των Δικτύων Διανομής. Η σύνδεση 28 των Υ/Σ γίνεται μέσω ζυγών.

Οι ζυγοί διαχωρίζονται σε διάφορες κατηγορίες και η σύνδεση τους μπορεί να είναι απλή ή περισσότερη πολύπλοκη. Οι διαστάσεις του Υ/Σ κλειστού χώρου είναι σημαντικά μικρότερες από ότι του εξωτερικού χώρου. Παρά ταύτα όμως η ανάγκη ακόμη μεγαλύτερης μείωσης των διαστάσεων των Υ/Σ ΥΤ/ ΜΤ, όταν

κατασκευάζονται στα κέντρα των πόλεων οδήγησε στην ανάπτυξη εξοπλισμού ΥΤ, του οποίου η μόνωση δεν βασίζεται στις μονωτικές ικανότητες του αέρα αλλά σε αέριο υπό πίεση (SF₆) ή και στερεά μονωτικά.

Η Διάταξη ενός Υ/Σ καθορίζεται από τον Υποτομέα Προμελετών, σύμφωνα με τις απαιτήσεις της "Μελέτης Αναπτύξεως του Συστήματος Μεταφοράς" που καταρτίζει η Διεύθυνση Προγραμματισμού. Όλα τα υλικά που χρησιμοποιεί ο Τομέας Μελετών Υ/Σ/ΔΜΚΜ αναφέρονται στους ειδικούς πίνακες Υπαίθριου Ηλεκτρολογικού Εξοπλισμού. Γενικοί κανόνες πάνω στη χρήση του κυριότερου ηλεκτρολογικού εξοπλισμού είναι οι εξής :

1. Οι Α/Ζ Γραμμών 150 kV είναι πάντοτε χειροκίνητοι με γειωτές. Η θέση που θα τοποθετηθούν εξαρτάται από τη διάταξη του Υ/Σ και ανάλογα διαλέγουμε τον κατάλληλο τύπο Α/Ζ.
2. Οι Α/Ζ 150 kV πυλών Μ/Σ είναι πάντοτε ηλεκτροκίνητοι. Για τη θέση τους και την εκλογή τους ισχύει ότι και για την περίπτωση (1). Ο Α/Ζ αυτός αλληλοασφαλίζεται με το διακόπτη των 150 kV ώστε να μην μπορεί να ανοίξει αν πρώτα δεν ανοίξει ο διακόπτης των 150 kV.
3. Για την απόξευση των Μ/Σ ισχύος χρησιμοποιούνται στην πλευρά των 150 kV διακόπτες 150 kV, με ηλεκτρικά χαρακτηριστικά που επιλέγονται όπως παραπάνω.
4. Στην πλευρά των 20 kV της πύλης του Μ/Σ εγκαθίσταται διακόπτης 20 Kv 1200A, που ονομάζεται Κεντρικός Διακόπτης της πύλης του Μ/Σ. Στην περίπτωση που έχει εγκατασταθεί στην πλευρά της υψηλής τάσεως έμβολο τεχνητού σφάλματος πρέπει να εγκατασταθεί οπωσδήποτε Κεντρικός Διακόπτης 20 kV. Οι διακόπτες των 20 kV διακρίνονται εκτός από την ονομαστική τους ένταση και για τους Μ/Σ 29 Εντάσεως που φέρουν στους πόλους τους. Για τους κεντρικούς διακόπτες οι σχέσεις των Μ/Σ Εντάσεως δεν έχουν ιδιαίτερη σημασία μια και δεν χρησιμοποιούνται και γι' αυτό το βραχυκυκλώνονται, εκτός εάν υπάρχει Διαφορική Προστασία Ζυγών. Συνήθως χρησιμοποιούνται διακόπτες με σχέσεις Μ/Σ.Ε. 2000/5 A και 950-720/0.58 A.
5. Όταν σε έναν Υ/Σ υπάρχουν δύο πύλες Μ/Σ 150/20 kV, χωρίζονται οι κύριοι Ζυγοί των 20 kV με έναν Διασυνδεδετικό Διακόπτη 20 kV, 2000 A. Έτσι υπάρχει η δυνατότητα να τροφοδοτηθούν τα φορτία του Υ/Σ και από τους δύο Μ/Σ όταν αυτοί μπορούν να δουλέψουν παράλληλα. Αν οι Μ/Σ είναι 40/50 MVA ο διασυνδεδετικός διακόπτης μένει ανοικτός σε κατάσταση ομαλής λειτουργίας, γιατί δεν μπορούν να παραλληλιστούν οι Μ/Σ αυτοί. Μόνο όταν ένας από τους Μ/Σ 40/50 MVA λειτουργεί μπορεί να κλείσει ο διασυνδεδετικός διακόπτης και να τροφοδοτηθούν τα φορτία του

Υ/Σ (όσα σηκώνει) από αυτόν τον Μ/Σ. Οι Μ/Σ Εντάσεως του Διασυνδεδετικού Διακόπτη πρέπει να έχουν σχέση 950/0.58 A για τα 15 kV, 720/ 0.58 A για τα 20 kV ή σε περίπτωση που εγκαθίσταται Διαφορική Προστασία Ζυγών 20 kV, σχέση 400/1 A (2000/5 A).

6. Μία πύλη 20 kV (ή 15 kV) αποτελείται, σαν εξοπλισμός, από έναν Διακόπτη 20 kV (ή 15 kV) και από τρας Α/Ζ 20 kV (15 kV) που δίνουν την δυνατότητα να συνδεθεί η πύλη στους Κύριους ή στους Βοηθητικούς Ζυγούς (Ζυγούς Μεταγωγής).

Οι διακόπτες 20 kV που προμηθεύεται η ΔΝΕΜ τελευταία είναι 1200 A, 500 MVA και με σχέσεις Μ/Σ εντάσεως 950/0.58 A για 15 kV, 720/ 0.58 A για τα 20 kV και 600 400-200/5 A ή 400/1 A και 600-400-200/5 A όταν εγκαθιστούμε Διαφορικά Ζυγών 20 kV. Σημειώνεται ότι η τάση των 15 kV τείνει να εξαλειφθεί από το σύστημα.

7. Οι Μ/Σ ισχύος 150/20 kV (15 kV) που χρησιμοποιεί η ΔΝΕΜ είναι μεγέθους 40/50 MVA, διάφορων κατασκευαστών. Με τις καινούριες παραγγελίες γίνεται προμήθεια Μ/Σ των δύο τελευταίων μεγεθών και με δυνατότητα αυτόματης ρύθμισης τάσης.

Από τους Μ/Σ αυτούς οι 40/50 MVA δεν μπορούν να παραλληλισθούν, γιατί ο υπόλοιπος εξοπλισμός δεν μπορεί να αντέξει στο μέγεθος του σφάλματος που θα εμφανιστεί σε περίπτωση παράλληλης λειτουργίας. Κάθε Μ/Σ φέρει πόλους της υψηλής τάσεως Μ/Σ Εντάσεως που χρησιμοποιούνται για τη Διαφορική Προστασία 30 του Μ/Σ. Οι εσωτερικές προστασίες του Μ/Σ, π.χ. θερμοκρασία λαδιού BUCHHOLZ κ.τ.λ., είναι λίγο- πολύ ίδιες σε όλους, εξαρτώνται πάντως από τον κατασκευαστή.

8. Σαν βοηθητικός εξοπλισμός υπάρχουν ακόμη :

α. τα τρία αλεξικέραυνα στο δευτερεύον του Μ/Σ.

β. οι δύο Μ/Σ τάσεως 20-15 kV/ 100V σε σύνδεση ανοικτού τριγώνου, που χρησιμοποιούνται για τις μετρήσεις.

γ. οι τρεις Μ/Σ εντάσεως σχέσεων 1000-500/ 5-5 A για Μ/Σ 20/25 MVA, 2000-1000/ 5-5 A για Μ/Σ 40/50 MVA που χρησιμοποιούνται για τις μετρήσεις με το τύλιγμα τους κλάσεως 0.5820 και για προστασία με το τύλιγμα τους κλάσεως 5820.

δ. Ο Μ/Σ εσωτερικής υπηρεσίας 75 kVA για την τροφοδοσία των βοηθητικών φορτίων του Υ/Σ.

ε. Ο πυκνωτής ζεύξεως και η κυματοπαγίδα που χρησιμοποιούνται στις τηλεπικοινωνίες (φερέσυχνα).



Υ/Σ ΚΟΜΟΤΗΝΗΣ 150KV/20KV

3. ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΓΡΑΜΜΩΝ ΑΝΑΧΩΡΗΣΗΣ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΜΤ

Σε κάθε αναχώρηση εναέριας ή υπόγειας γραμμής υπάρχει συνήθως ένας διακόπτης ισχύος πτωχού ελαίου Δ0(Σχήμα 2.1) που διεγείρεται από Η/Ν. Ο Η/Ν τροφοδοτείται μέσω Μ/Σ μέτρησης έντασης από το δίκτυο, παρακολουθεί το ρεύμα και αν αυτό είναι ανεπίτρεπτα μεγάλο, στέλνει στο διακόπτη ισχύος εντολή να ανοίξει. Οι Η/Ν παρακολουθούν:

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

Σε σφάλματα φάσεων έχουμε μεγαλύτερα ρεύματα σε σχέση με τα σφάλματα γης (μονοφασικά σφάλματα) γιατί η αντίσταση γείωσης του ουδέτερου του δικτύου των 20 kV είναι σχετικά μεγάλη (12 Ω). Για τον λόγο αυτό οι Η/Ν γης είναι ρυθμισμένοι να αντιδρούν σε χαμηλότερα ρεύματα απ' ότι οι Η/Ν φάσεων.

Οι Η/Ν του δικτύου ΜΤ διακρίνονται σε:

Απλούς Η/Ν υπερεντάσεως που δεν εξαρτώνται από την κατεύθυνση

Η/Ν υπερεντάσεως που εξαρτώνται από την κατεύθυνση

Οι απλοί Η/Ν χωρίζονται στους :

Στιγμιαίους Η/Ν υπερεντάσεως στους οποίους μόλις το ρεύμα υπερβεί ένα όριο ανοίγουν ακαριαία.

Η/Ν υπερεντάσεως χρονικής καθυστέρησης

Οι Η/Ν υπερεντάσεως χρονικής καθυστέρησης με τη σειρά τους διακρίνονται σε:

Σταθερού χρόνου οι οποίοι ανεξάρτητα του μεγέθους της υπερέντασης λειτουργούν στον ίδιο χρόνο που καθορίζεται από τη ρύθμισή τους.

Αντιστρόφου χρόνου στους οποίους ο χρόνος λειτουργίας μειώνεται όσο αυξάνει η υπερένταση.

Οι Η/Ν 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 Η/Ν. Αυτό το ρεύμα χαρακτηρίζει και τη ρύθμιση. Σύμφωνα με τις υπάρχουσες τυποποιήσεις, ανάλογα με το ρυθμό μειώσεως του χρόνου διακρίνονται τρεις τύποι:

- ∅ Οι απλώς αντιστρόφου χρόνου
- ∅ Οι πολύ αντιστρόφου χρόνου
- ∅ Οι εξαιρετικά αντιστρόφου χρόνου

Οι Η/Ν μπορεί να έχουν στοιχείο που να δίνει αμέσως εντολή πτώσης όταν το ρεύμα υπερβεί μια τιμή. Αυτό 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 όσο το δυνατό πιο γρήγορα.

Οι διακόπτες αναχώρησης μιας εναέριας γραμμής ΜΤ εκτελούν συνήθως περισσότερους κύκλους λειτουργίας ως εξής:

Αν παρουσιαστεί ένα σφάλμα και ο Η/Ν δώσει εντολή μετά από κάποιο χρόνο, τότε ο διακόπτης ισχύος ανοίγει, στη συνέχεια παραμένει ανοιχτός για κάποιο χρονικό διάστημα, έπειτα ξανακλείνει, ξανανοίγει αν το σφάλμα παραμείνει κ.ο.κ.

Αυτή η λειτουργία χαρακτηρίζεται ως Ο-Σ-Ο... (open - close - open..) ή λειτουργία επαναφορών. Οι επαναληπτικοί κύκλοι γίνονται γιατί τα σφάλματα μπορεί να είναι παροδικά στα εναέρια δίκτυα. Οι επαναφορές μπορεί να ρυθμιστούν ξεχωριστά για σφάλματα φάσεων, γης ενώ δεν εκτελούνται συνήθως στα υπόγεια δίκτυα διότι δεν υπάρχουν κατά κανόνα παροδικά σφάλματα.

3.1 Αναχωρήσεις εναέριων καλωδίων ΜΤ

Στα εναέρια δίκτυα οι Η/Ν είναι αντιστρόφου χρόνου. Επειδή στις εναέριες γραμμές το ρεύμα βραχυκύκλωσης εξαρτάται από την απόσταση της θέσης του βραχυκυκλώματος, η χαρακτηριστική αντιστρόφου χρόνου βοηθά στο να έχουμε επιλεκτική συνεργασία των μέσων προστασίας. Με την χαρακτηριστική αυτή σε χαμηλές εντάσεις δίνεται χρόνος στα άλλα μέσα που είναι απομακρυσμένα, δηλαδή στις διακλαδώσεις των καταναλωτών, να αντιδράσουν. Σε 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 απόξευξης 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.

3.2 Αναχωρήσεις υπόγειων καλωδίων MT

Για υπόγεια καλώδια προτιμώνται οι H/N υπερεντάσεως χρονικής καθυστέρησης με χαρακτηριστικές σταθερού χρόνου. Εδώ έχουμε και πάλι H/N με στοιχεία γης και φάσεων. Οι H/N σταθερού χρόνου είναι πιο εύχρηστοι και φθηνοί από τους H/N αντιστρόφου χρόνου. Οι αντιστρόφου χρόνου, στην περίπτωση δικτύου MT με υπόγεια καλώδια, δεν βοηθούν στην επιλεκτικότητα, όπως γίνεται στα εναέρια δίκτυα, επειδή στα υπόγεια δίκτυα όλοι οι διακόπτες των καταναλωτών ελέγχονται συνήθως από τη ΔΕΗ.

3.3 Διακλάδωση σε καταναλωτή MT

Στα σημεία τροφοδότησης των καταναλωτών η ΔΕΗ εγκαθιστά, πριν την εγκατάσταση του καταναλωτή, ένα μέσο προστασίας Δ1 της διακλάδωσης. Το μέσο προστασίας είναι ρυθμισμένο ή επιλεγμένο έτσι ώστε σε περίπτωση σφαλμάτων στην εγκατάσταση του καταναλωτή να διακόπτεται η διακλάδωσή του πριν ανοίξει ο διακόπτης Δ0 στην αναχώρηση της γραμμής MT. Έτσι δεν ενοχλούνται οι υπόλοιποι καταναλωτές MT που είναι στην ίδια γραμμή, αν γίνει σφάλμα σε ένα από αυτούς.

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

ασφάλειες εκτόνωσης βραδείας τήξης ,

διακόπτης απομόνωσης (sectionalizer) ,

αυτόματος διακόπτης ισχύος με τους κατάλληλους H/N και

ασφάλειες σκόνης.

3.4 Διακόπτες απομόνωσης

Οι διακόπτες απομόνωσης λειτουργούν σε σφάλματα που συμβαίνουν σε διακλαδώσεις δικτύων. Οι διακόπτες απομόνωσης της ΔΕΗ δεν διακόπτουν το ρεύμα βραχυκύκλωσης διότι έχουν προδιαγραφές διακόπτη φορτίου, διεγείρονται όμως από το ρεύμα βραχυκύκλωσης και από τους κύκλους λειτουργίας (επαναφοράς) του διακόπτη ισχύος στην αναχώρηση της γραμμής MT. Μετρούν με εσωτερικό μηχανισμό, αμέσως μόλις περάσει απ' αυτούς το ρεύμα βραχυκύκλωσης, τους κύκλους λειτουργίας του διακόπτη ισχύος. Στον τελευταίο κύκλο ανοίγουν αφού ανοίξει ο Δ/Ι. Ακολούθως ο Δ/Ι κλείνει, μένει κλειστός, ενώ ο ΔΑ μένει ανοικτός.

Σε παροχές MT μπορεί ο ΔΑ να ρυθμιστεί για να ανοίγει ήδη από τον πρώτο κύκλο, δηλαδή αμέσως μετά το άνοιγμα του διακόπτη ισχύος στην αναχώρηση της γραμμής MT. Έτσι απομονώνεται ο καταναλωτής, ενώ ο Δ/Ι στην αναχώρηση της γραμμής

παραμένει κλειστός. Η τροφοδότηση των λοιπών καταναλωτών ΜΤ υφίσταται μόνο τις διακοπές που προέρχονται από τους κύκλους λειτουργίας του Δ/Ι στην αναχώρηση. Πλεονέκτημα των ΔΑ έναντι των ασφαλειών είναι ότι δεν χρειάζονται αλλαγή, όπως οι ασφάλειες και έχουν πλήρη συνεργασία με το Δ/Ι στην αναχώρηση της γραμμής ΜΤ. Η επανάζευξη τους γίνεται είτε αυτόματα είτε χειροκίνητα αφού πρώτα βέβαια αποκατασταθεί το σφάλμα από συνεργείο της ΔΕΗ. Στους ΔΑ μπορεί να υπάρχει και διάταξη δέσμευσης κατά τη ζεύξη Μ/Σ, δηλαδή να μη διεγείρονται με ρεύματα ζεύξης.



Διακόπτης απομόνωσης ABB

3.5 Ασφάλειες

Οι ασφάλειες της ΔΕΗ στην περίπτωση των υπαίθριων εγκαταστάσεων (τύπου Α1) είναι τύπου εκτόνωσης βραδείας τήξης και χαρακτηρίζονται με το γράμμα Τ.

Οι ασφάλειες αυτές είναι ένας πλαστικός σωλήνας διαμέτρου 1-2 cm με ένα λεπτό σύρμα μέσα. Στις εσωτερικές εγκαταστάσεις (τύπου Β1) είναι ασφάλειες σκόνης, υψηλής τάσης και υψηλής ισχύος (ΗΗ). Στις ασφάλειες σκόνης δεν υπάρχει η διάκριση βραδείας ή ταχείας τήξης. Οι χαρακτηριστικές τους αντιστοιχούν περισσότερο στις ασφάλειες ταχείας τήξης (Κ), τύπου εκτόνωσης.

Οι ασφάλειες εκτόνωσης είναι πολύ φθηνότερες από τις ασφάλειες σκόνης. Δεν επιτρέπεται όμως η χρήση τους σε κλειστούς χώρους λόγω των τοξικών αερίων που αναπτύσσονται. Οι ασφάλειες πρέπει να συνεργάζονται με τους Η/Ν γης του Δ/Ι στην αναχώρηση.



Ασφάλειες εκτόνωσης

3.6 Διακόπτες ισχύος

Η ΔΕΗ σε παροχές τύπου Β2 μεγάλης ισχύος προστατεύει τους καταναλωτές με Δ/Ι. Η διέγερσή τους γίνεται με Η/Ν σταθερού χρόνου που διαθέτουν για την υπερφόρτιση και στοιχείο στιγμιαίας λειτουργίας για το βραχυκύκλωμα. Οι Η/Ν μπορεί να διαθέτουν και στοιχείο γης. Σε ορισμένες παροχές ο καταναλωτής εγκαθιστά Δ/Ι που μπορεί να είναι τύπου πρωτογενούς προστασίας ή δευτερογενούς προστασίας. Στην πρωτογενή υπάρχουν στον Δ/Ι ενσωματωμένα πηνία για την καμπύλη 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 τη ρύθμιση των Η/Ν γης της ΔΕΗ. Δηλαδή το μέγιστο ρεύμα εφαρμογής είναι μικρότερο των 80 Α, συνήθως 50 Α. Στη δευτερογενή προστασία ο Δ/Ι συνδυάζεται με Η/Ν που μπορεί να είναι ηλεκτρομηχανικοί, ηλεκτρονικοί ή ψηφιακοί. Το μέσο Δ1, που εγκαθιστά η ΔΕΗ, δεν προστατεύει πάντα τον Μ/Σ ή την εγκατάσταση ΜΤ του καταναλωτή, αλλά μόνο την παροχή, δηλαδή απομονώνει την παροχή σε περίπτωση βραχυκυκλώματος. Εξαιρέση αποτελεί ο τύπος παροχής Β2 όπου υπάρχει πλήρης προστασία του καταναλωτή από το μέσο Δ1. Ο καταναλωτής για να προστατεύσει τον Μ/Σ και την εγκατάστασή του σε σφάλματα εγκαθιστά επιπρόσθετα στην αρχή της εγκατάστασής του, λαμβάνοντας υπόψη και τον τύπο της παροχής, τα εξής μέσα:

Ø ασφάλειες σκόνης υψηλής τάσης,

Ø διακόπτες ισχύος με τους κατάλληλους Η/Ν.

Αν ο τύπος της παροχής είναι ο Β2 τότε δεν χρειάζεται κάποιο μέσο προστασίας.

Η ισχύς διακοπής ή βραχυκύκλωσης S_k των μέσων απόζευξης, ασφαλειών και διακοπών ισχύος, τόσο της ΔΕΗ όσο και του καταναλωτή ανεξάρτητα του τύπου παροχής είναι συνήθως μέχρι 250 ΜVA στη Θεσσαλονίκη, ενώ στην Αττική μέχρι 500 ΜVA. Αν η ισχύς διακοπής του μέσου προστασίας δηλαδή του διακόπτη ή της ασφάλειας είναι μικρότερη από τα 250 ΜVA τότε μπορεί να επέλθει ζημιά στα μέσα και στον Υ/Σ σε περίπτωση βραχυκυκλωμάτων.



Διακόπτης ισχύος της ABB



Δ.Ε.Α

3.7 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 τη ΧΤ των 400 V έως και το διακόπτη αναχώρησης της γραμμής ΜΤ. Η επιλεκτική συνεργασία πρέπει να υπάρχει σε όλα τα σφάλματα δηλαδή 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. Τέτοια μέσα που δεν κάνουν διάκριση φάσεων – γης είναι οι ασφάλειες και οι διακόπτες με πρωτογενή προστασία (αυτοπροστασία). Αυτός είναι ο λόγος που δεν εγκαθίστανται ασφάλειες ή πρωτογενής προστασία για μεγάλες ισχείς (>800 kVA).

3.8 Αλεξικέραυνα

Τα ΑΞ προστατεύουν τις γραμμές μεταφοράς και τα μηχανήματα των υποσταθμών από υπερτάσεις που προκαλούνται είτε από κεραυνούς είτε από διάφορους χειρισμούς στα μηχανήματα του συστήματος.

Για την αποτελεσματική προστασία των μηχανημάτων πρέπει να υπάρχουν οι πιοκάτω βασικές απαιτήσεις:

1. Η στάθμη προστασίας σε κρουστικές τάσεις που παρέχεται από τα ΑΞ πρέπει να είναι σημαντικά χαμηλότερη από την αντίστοιχη αντοχή των μονώσεων του προστατευόμενου μηχανήματος. Η εκλογή της ονομαστικής κρουστικής εντάσεως των ΑΞ αποτελεί οικονομικό πρόβλημα που εξαρτάται από την ένταση των κεραυνών και από τη σπουδαιότητα του μηχανήματος που πρόκειται να προστατευθεί. Σε περίπτωση που θα χρειασθεί το ΑΞ να διοχετεύσει ρεύμα μεγαλύτερης εντάσεως τούτο θα καταστραφεί.
2. Η στάθμη προστασίας σε υπερτάσεις από χειρισμούς που παρέχεται από τα αλεξικέραυνα πρέπει να είναι σημαντικά χαμηλότερη από την αντίστοιχη αντοχή των μονώσεων του προστατευόμενου μηχανήματος. Η ονομαστική τάση του ΑΞ είναι η τάση στην οποία είναι υπολογισμένο να αντέχει αυτό συνέχεια. Όταν ο ουδέτερος είναι γειωμένος επιτρέπεται η χρήση ΑΞ που έχουν μικρότερη ονομαστική τάση από την ονομαστική πολική.
3. Τα ΑΞ πρέπει να διατηρούν τη μόνωσή τους σε υπερτάσεις βιομηχανικής συχνότητας.



Αλεξικέραυνα

3.9 Κατασκευαστικά στοιχεία αλεξικεραύνων

Τα χρησιμοποιούμενα στους υποσταθμούς ΑΞ είναι τύπου βαλβίδας και διακόπτουν το τόξο μόνα τους. Αποτελούνται από αντίσταση μεταβαλλόμενης τιμής σε σειρά με εσωτερικά πολλαπλά διάκενα. Αντίσταση εξομάλυνσης μεγάλης τιμής συνδέεται παράλληλα και χρησιμεύει στην κατανομή της τάσης κατά μήκος των κύριων στοιχείων.

Το συγκρότημα τοποθετείται μέσα σε μονωτήρα από πορσελάνη και κλείνεται στεγανά. Η είσοδος υγρασίας μέσα στο χώρο του μονωτήρα είναι καταστρεπτική για το ΑΞ. Τα ΑΞ πρέπει να έχουν τα κατάλληλα για κάθε περίπτωση χαρακτηριστικά για να ανταποκρίνονται ικανοποιητικά στον προορισμό τους.

3.9.1 Μονωτήρες

Τα διάφορα μηχανήματα των υποσταθμών για να απομονωθούν ηλεκτρικά από τα γειωμένα στοιχεία τοποθετούνται πάνω σε ειδικές μονωτικές διατάξεις που ονομάζονται μονωτήρες. Οι μονωτήρες διακρίνονται σε εξωτερικού χώρου και σε εσωτερικού χώρου.



Μονωτήρες

3.9.2 Μονωτήρες εξωτερικού χώρου

Οι μονωτήρες που θα χρησιμοποιηθούν για τη στήριξη των μηχανημάτων εξωτερικού χώρου κατασκευάζονται από μονωτικό υλικό που να μην επηρεάζεται από τις καιρικές συνθήκες. Τέτοιο υλικό είναι η πορσελάνη και το γυαλί.

Γενικά η τάση διασπάσεως των μονωτήρων δεν προσδιορίζεται μόνο από τη βασική στάθμη μονώσεώς τους αλλά και από τη διηλεκτρική αντοχή της εξωτερικής επιφάνειάς τους. Αυτή πρέπει να είναι αυξημένη για την αντιμετώπιση της κατάστασης ρύπανσης. Μια μέση τιμή για χρησιμοποίηση του υπολογισμού του μήκους ερπυσμού σε περιοχές που υπάρχει πιθανότητα μόλυνσης είναι 25 χιλ/kV ή 31 χιλ/ kV (RMS) πολιικής τάσης.

Επίσης η μορφή της εξωτερικής επιφάνειας των μονωτήρων διαμορφώνεται έτσι ώστε αφενός μεν να υπάρχουν τμήματα που να προστατεύονται από τη ρύπανση, αφετέρου δε να διευκολύνεται ο καθαρισμός της επιφάνειας από τη βροχή.

3.9.3 Μονωτήρες εσωτερικού χώρου

Οι μονωτήρες που θα χρησιμοποιηθούν σε εσωτερικούς χώρους είναι πιο απλοί στην κατασκευή τους γιατί δεν υπάρχουν σοβαρά προβλήματα ρύπανσης. Μπορούν να κατασκευαστούν και από άλλα μονωτικά υλικά που δεν απορροφούν εύκολα υγρασία. Το μήκος ερπυσμού των μονωτήρων αυτών είναι πολύ μικρότερο από το μήκος ερπυσμού των μονωτήρων αντίστοιχης τάσης αλλά εξωτερικού χώρου.

4.ΠΑΡΧΟΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ-ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΕΣ

ΜΕ ΙΔΙΩΤΙΚΟ ΥΠΟΣΤΑΘΜΟ

4.1 Γενικά

Υπάρχουν τέσσερις τύποι παροχών ΜΤ :

Τύπος	Εγκατάσταση μέτρησης	Μέγιστη ισχύς ΥΣ
A1	Εξωτερικά (υπαίθρια)	630 kVA
A2	Εξωτερικά (υπαίθρια)	Περιορίζεται μόνο από το δίκτυο ΜΤ
B1	Εσωτερικά (στεγασμένη)	1250 kVA
B2	Εσωτερικά (στεγασμένη)	Περιορίζεται μόνο από το Δίκτυο ΜΤ

Εάν η στεγασμένη παροχή Β προέρχεται από καλωδιακό δίκτυο τότε φέρει και το γράμμα Κ. Κάθε παροχή αποτελείται από την εγκατάσταση της ΔΕΗ και την εγκατάσταση του καταναλωτή. Η εγκατάσταση της ΔΕΗ περιλαμβάνει μέσα προστασίας και απόζευξης και μπορεί να είναι υπαίθρια πάνω σε στύλο και χαρακτηρίζεται με το γράμμα Α. Εναλλακτικά μπορεί να είναι σε στεγασμένο χώρο οπότε χαρακτηρίζεται με το γράμμα Β. Η εγκατάσταση του καταναλωτή αποτελείται από τον Μ/Σ, τα μέσα ζεύξης και προστασίας ΜΤ και από τον κεντρικό πίνακα ΧΤ.

4.2 Παροχή Α1

Η παροχή αυτή γίνεται από το εναέριο δίκτυο ΜΤ. Τα μέσα που χρησιμοποιεί η ΔΕΗ είναι ασφαλειοαποζεύκτες με ασφάλειες εκτόνωσης βραδείας τήξης ονομαστικής έντασης μέχρι 30 Α (είναι η μέγιστη που μπορεί να συνεργασθεί με τους Η/Ν γης στην γραμμή αναχώρησης), Μ/Σ μέτρησης έντασης και τάσης και είναι όλα πάνω σε στύλο δηλαδή υπαίθρια. Ενδεχομένως υπάρχουν και αλεξικέραυνα σε κεραυνόπληκτες περιοχές. Από το στύλο της ΔΕΗ αναχωρεί καλωδιακή γραμμή προς τον Υ/Σ του καταναλωτή την οποία κατασκευάζει ο ίδιος. Ο καταναλωτής μπορεί να έχει ένα ή περισσότερους κλάδους με δική τους προστασία. Κάθε κλάδος έχει ένα ή περισσότερους παραλληλισμένους Μ/Σ αποζεύξιμους με διακόπτη φορτίου. Ο διακόπτης φορτίου πρέπει να συνοδεύεται και από έναν αποζεύκτη αν δεν έχει ορατές επαφές. Οι παραλληλισμένοι Μ/Σ είναι συνδεδεμένοι μόνιμα ή μέσω αποζευκτών στην ΜΤ και ΧΤ έτσι ώστε να μπορεί να γίνει η απομόνωση του ενός όταν αυτός υποστεί κάποια βλάβη.

Η παροχή Α1 μπορεί να έχει τις εξής μορφές:

1. Ένας κλάδος με έναν ή περισσότερους Μ/Σ παράλληλα συνδεδεμένους.
2. Δύο ή περισσότεροι κλάδοι ενωμένοι στη ΧΤ.

Στους ζυγούς ΧΤ, πρέπει να ελέγχεται η επιλεκτικότητα στα μέσα προστασίας σε βραχυκυκλώματα. Αν υπάρχουν παράλληλοι κλάδοι το ρεύμα βραχυκύκλωσης διακλαδίζεται έτσι το μέσο προστασίας του καταναλωτή διαρρέεται από μικρότερο ρεύμα βραχυκύκλωσης από ότι η ασφάλεια της ΔΕΗ. Επιτρέπεται επίσης στην άφιξη του καλωδίου στους ζυγούς της ΜΤ να τοποθετηθεί ένα γενικό μέσο προστασίας π.χ. Δ/Ι. Τότε το γενικό μέσο θα συνεργάζεται με την ασφάλεια της ΔΕΗ. Στην περίπτωση δυο ή περισσότερων κλάδων πρέπει να εγκατασταθεί τουλάχιστον ένας αποζεύκτης στην άφιξη του καλωδίου στους ζυγούς ώστε να υπάρχει δυνατότητα απομόνωσης των ζυγών. Δεν πρέπει να λησμονείται ότι στην απομόνωση των ζυγών έχουμε τους ακροδέκτες των καλωδίων και τον αποζεύκτη να βρίσκονται υπό τάση. Σε περίπτωση βραχυκυκλώματος στη ΧΤ το ρεύμα του κλάδου είναι ίσο με το ρεύμα της ασφάλειας της ΔΕΗ. Το βραχυκύκλωμα τροφοδοτείται μόνο από τον ένα κλάδο.

Η μέγιστη επιτρεπόμενη ισχύς ανά κλάδο είναι 630 kVA όσο και η ισχύς του Υ/Σ. Αντί ασφαλειών μπορεί να χρησιμοποιηθεί Δ/Ι με Η/Ν και μετασχηματιστές μέτρησης.

Ο Δ/Ι πρέπει να έχει στοιχεία καθυστέρησης και στιγμιαίας λειτουργίας. Πρέπει να υπάρχει συνεργασία του Δ/Ι με την ασφάλεια της ΔΕΗ κάτι που είναι δύσκολο. Γι' αυτό συνίσταται η προστασία να γίνεται με ασφάλειες σκόνης αντί με Δ/Ι γιατί συνεργάζονται καλύτερα με την ασφάλεια της ΔΕΗ και μειώνουν σημαντικά το ρεύμα βραχυκύκλωσης. Ο Υ/Σ του καταναλωτή μπορεί να είναι υπαίθριος και να περιλαμβάνει ασφάλειες και διακόπτη φορτίου στην πλευρά της παροχής.

Ο διακόπτης φορτίου πρέπει να χειρίζεται από το έδαφος για λόγους ασφαλείας.

4.3 Παροχή A2

Η παροχή A2 διαφέρει από την A1 στο ότι η προστασία γίνεται με διακόπτη απομόνωσης και όχι με ασφαλειοαποζεύκτη. Οπότε οι Η/Ν που διεγείρονται σε σφάλμα είναι αυτοί της αναχώρησης της γραμμής ΜΤ του δικτύου, εξαιτίας του ΔΑ. Η εγκατάσταση της ΔΕΗ περιλαμβάνει αποζεύκτη, ΔΑ (sectionalizer), Μ/Σ μέτρησης τάσης και έντασης και αλεξικέραυνα αν χρειάζεται. Όλα τα μέσα αυτά είναι τοποθετημένα πάνω σε στύλο. Ο καταναλωτής εγκαθιστά καλώδιο από το στύλο της ΔΕΗ μέχρι τον πίνακα ΜΤ. Η εγκατάσταση περιέχει ένα ή περισσότερους κλάδους με ίδια μέσα προστασίας όπως και στην παροχή A1. Η προστασία κάθε κλάδου μπορεί να γίνει με ασφάλειες σκόνης ή με Δ/Ι και Η/Ν. Αυτά τα μέσα πρέπει να συνεργάζονται με τους Η/Ν αναχώρησης της γραμμής ΜΤ. Η προστασία κάθε κλάδου εξαρτάται από τους Η/Ν αυτούς.

Πρέπει να υπάρχει επιλεκτική συνεργασία του μέσου προστασίας του καταναλωτή με τους Η/Ν γης της ΔΕΗ στην αναχώρηση της γραμμής ΜΤ. Δηλαδή είτε υπάρχει ασφάλεια είτε Δ/Ι πρέπει αυτά να έχουν χαρακτηριστικές που να συνεργάζονται με τους Η/Ν γης της ΔΕΗ. Στην περίπτωση που στη ΧΤ υπάρχουν δυο κλάδοι παράλληλοι και συμβαίνει βραχυκύκλωμα στην πλευρά της ΧΤ, το ρεύμα βραχυκύκλωσης στην παροχή θα είναι Ι ενώ σε κάθε κλάδο Ι/2. Για τον λόγο αυτό οι Η/Ν στην αναχώρηση πρέπει να ρυθμιστούν στο μισό ρεύμα απ' ότι θα ρυθμιζόνταν αν οι κλάδοι ήταν ανεξάρτητοι. Πρέπει να τονιστεί εδώ ότι σε σφάλματα γης στη ΧΤ οι Η/Ν γης στην αναχώρηση δεν διεγείρονται γιατί δεν υπάρχει ρεύμα γης στην περίπτωση αυτή. Εάν ο καταναλωτής θέλει να αυξήσει την ισχύ του ανά κλάδο τότε πρέπει να εγκαταστήσει Η/Ν γης που να συνεργάζονται με αυτούς της ΔΕΗ.

4.4 Παροχή B1

Η παροχή αυτή εγκαθίσταται σε καταναλωτές μικρής ισχύος, όταν αυτοί τροφοδοτούνται από εναέρια ή υπόγεια δίκτυα και η εγκατάσταση της ΔΕΗ είναι εσωτερικού χώρου. Ο καταναλωτής εδώ έχει μόνο ένα κλάδο ο οποίος μπορεί να έχει έναν ή περισσότερους παράλληλους Μ/Σ. Αν χρειάζονται περισσότεροι του ενός κλάδοι με ίδια προστασία, κατασκευάζεται η παροχή B2. Η εγκατάσταση της ΔΕΗ γίνεται σε χώρο διαμορφωμένο από τον καταναλωτή με τρόπο που καθορίζει η ίδια. Η σύνδεση με το δίκτυο της ΔΕΗ γίνεται ακτινικά αν πρόκειται για εναέριο δίκτυο ή

βροχοειδώς αν πρόκειται για υπόγειο δίκτυο. Στην βροχοειδή σύνδεση υπάρχουν δυο καλώδια που οδεύουν από το δίκτυο της ΔΕΗ στον καταναλωτή. Το ένα καλώδιο της παροχής προέρχεται από προηγούμενο καταναλωτή και το άλλο καλώδιο οδηγεί στον επόμενο. Η ΔΕΗ εγκαθιστά προκατασκευασμένους πίνακες τύπου ΒΚΙ που περιλαμβάνουν σαν μέσο ζεύξης και προστασίας διακόπτη φορτίου με ασφάλειες σκόνης. Για τη μέτρηση χρησιμοποιούνται Μ/Σ μέτρησης τάσης και έντασης από τους οποίους ο Μ/Σ τάσης προστατεύεται με ασφάλειες σκόνης. Ο καταναλωτής επιτρέπεται να χειρίζεται το διακόπτη φορτίου αλλά όχι να επεμβαίνει μέσα στην κυψέλη της ΔΕΗ. Έτσι οι ζυγοί του καταναλωτή μπορεί να τεθούν εκτός τάσης χωρίς να πρέπει να καλέσει τη ΔΕΗ. Αν ο Δ/Φ της ΔΕΗ έχει ορατές επαφές τότε αφού γειωθούν τα στοιχεία του Υ/Σ, μπορούν να εκτελεστούν εργασίες στον Υ/Σ του καταναλωτή. Αν ο Δ/Φ δεν έχει ορατές επαφές τότε πρέπει να τοποθετηθούν ένας αποζεύκτης ή Δ/Φ με ορατές επαφές επιπλέον προκειμένου να εκτελεστούν οι εργασίες. Οι ασφάλειες που χρησιμοποιούνται είναι τύπου σκόνης επειδή ο χώρος είναι εσωτερικός. Η μέγιστη ονομαστική ένταση της ασφάλειας καθορίζεται από τη συνεργασία της με τους Η/Ν γης της αναχώρησης της γραμμής. Η εγκατάσταση του καταναλωτή δεν απαιτεί μέσο προστασίας στη ΜΤ, πρέπει όμως να τοποθετηθεί ένα γενικό μέσο απόζευξης εφόσον ο Δ/Φ της ΔΕΗ δεν έχει ορατές επαφές. Στην πλευρά της ΧΤ επιβάλλεται ένα γενικό μέσο προστασίας που συνεργάζεται με την ασφάλεια σκόνης της ΔΕΗ. Επιτρέπεται να εγκατασταθούν ασφάλειες ονομαστικής έντασης 400 Α το ανώτερο. Από 400 Α και άνω χρησιμοποιούνται Δ/Ι που περιέχουν και στοιχείο στιγμιαίας λειτουργίας. Η ασφάλεια των 400 Α αντιστοιχεί σε Μ/Σ ισχύος 250 kVA ενώ για Δ/Ι η μέγιστη επιτρεπόμενη ισχύς του Μ/Σ είναι 1250 kVA. Όταν ο καταναλωτής έχει ισχύ μεγαλύτερη των 1250 kVA ή όταν έχει πάνω από ένα κλάδο κατασκευάζεται η παροχή Β2.

4.5 Παροχή Β2

Η παροχή αυτή κατασκευάζεται σε καταναλωτές ισχύος μεγαλύτερης από αυτή της παροχής Β1, όταν η εγκατάσταση της ΔΕΗ γίνεται εσωτερικά. Το δίκτυο τροφοδοσίας της ΔΕΗ μπορεί να είναι εναέριο. Ο καταναλωτής μπορεί να έχει περισσότερους του ενός κλάδους, όπου κάθε κλάδος είναι αποζεύξιμος με Δ/Φ.

Η ισχύς του Υ/Σ περιορίζεται μόνο από το δίκτυο. Κάθε κλάδος μπορεί να έχει ένα ή περισσότερους παράλληλους Μ/Σ. Στην εγκατάσταση της ΔΕΗ, η σύνδεση του καταναλωτή με το δίκτυο γίνεται με ένα ή δυο καλώδια σε ακτινική διάταξη ή σε βρόχο. Εγκαθίσταται προκατασκευασμένος πίνακας τύπου ΒΚΙΙ με αποζεύκτη, Δ/Ι με Η/Ν, Μ/Σ μέτρησης και μετρητές. Οι Η/Ν του Δ/Ι της ΔΕΗ είναι σταθερού χρόνου και είναι ρυθμισμένοι ώστε να προστατεύουν τους Μ/Σ του καταναλωτή σε βραχυκυκλώματα. Για πολύ μικρούς Μ/Σ πρέπει να τοποθετείται επιπλέον μέσον προστασίας π.χ. ασφάλειες.

Για τη ρύθμιση των H/N της ΔΕΗ στο σημείο της παροχής λαμβάνονται υπόψη οι εξής απαιτήσεις:

Συνεργασία με τον H/N αναχώρησης της γραμμής

Στην περίπτωση H/N αναχώρησης σταθερού χρόνου πρέπει να υπάρχει συνεργασία του Δ/Ι της παροχής με το Δ/Ι της αναχώρησης. Το ίδιο ισχύει και στην περίπτωση H/N αναχώρησης αντιστρόφου χρόνου.

Εξασφάλιση προστασίας των Μ/Σ σε βραχυκυκλώματα

Στην περίπτωση που οι H/N αναχώρησης είναι σταθερού χρόνου η προστασία Μ/Σ θεωρείται εξασφαλισμένη όταν η ρύθμιση των H/N φάσεων της παροχής είναι το πολύ δεκαπλάσια της ονομαστικής έντασης του Μ/Σ. Το ίδιο ισχύει και στην περίπτωση H/N αναχώρησης αντιστρόφου χρόνου.

Ο Δ/Ι δεν πρέπει να ανοίγει από τα ρεύματα ζεύξης

Στην περίπτωση που οι H/N αναχώρησης είναι σταθερού χρόνου η αδράνεια του Δ/Ι στην παροχή σε ρεύματα ζεύξης είναι εξασφαλισμένη όταν τα στοιχεία στιγμιαίας λειτουργίας του H/N στην παροχή έχουν ρεύμα ρύθμισης πάνω από το δεκαπλάσιο του ρεύματος που αντιστοιχεί στο σύνολο των ονομαστικών ρευμάτων όλων των Μ/Σ. Αν δεν είναι δυνατή αυτή η ρύθμιση τα στοιχεία στιγμιαίας λειτουργίας τίθενται εκτός λειτουργίας. Η ρύθμιση χρόνου της χρονικής καθυστέρησης είναι τόσο μεγάλη ώστε να μην επηρεάζεται από τα ρεύματα ζεύξης που διαρκούν λιγότερο χρόνο. Το ίδιο ισχύει και στην περίπτωση H/N αναχώρησης αντιστρόφου χρόνου.

Ο Δ/Ι πρέπει να συνεργάζεται με τα μέσα προστασίας που εγκαθιστά ο καταναλωτής

Στην περίπτωση που οι H/N αναχώρησης είναι σταθερού χρόνου, αν υπάρχουν μέσα προστασίας στη ΜΤ ανά Μ/Σ τότε πρέπει να ελεγχθεί η συνεργασία τους με το Δ/Ι της παροχής. Ομοίως και για τα μέσα στην πλευρά της ΧΤ κάθε Μ/Σ. Το ίδιο ισχύει και στην περίπτωση H/N αναχώρησης αντιστρόφου χρόνου.

Ο Δ/Ι δεν πρέπει να ανοίγει σε βραχυχρόνιες αυξήσεις του φορτίου.

Στην περίπτωση που οι H/N αναχώρησης είναι σταθερού χρόνου, για να μην έχουμε πτώση του Δ/Ι της παροχής από υπερφορτίσεις, η ρύθμιση της χρονικής καθυστέρησης στους H/N φάσεων στην είσοδο της παροχής πρέπει να είναι 2-4 φορές η ένταση που αντιστοιχεί στην συμφωνημένη ισχύ του καταναλωτή. Το ίδιο ισχύει και στην περίπτωση H/N αναχώρησης αντιστρόφου χρόνου.

Στην εγκατάσταση του καταναλωτή, η προστασία των Μ/Σ σε βραχυκυκλώματα γίνεται από το Δ/Ι της παροχής. Ο καταναλωτής μπορεί να έχει πολλούς κλάδους και κάθε κλάδος πρέπει να είναι αποζεύξιμος για να μπορεί να αποχωριστεί ένας Μ/Σ.

Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιούνται διακόπτες φορτίου σε συνδυασμό με αποζεύκτες ή εναλλακτικά διακόπτες φορτίου με ορατές επαφές. Αντί διακοπών φορτίου μπορεί να χρησιμοποιηθούν Δ/Ι με αποζεύκτες. Αυτό εφαρμόζεται αν προστατεύσουμε επιπρόσθετα τον κλάδο με διαφορεική προστασία, H/N Buchholz, θερμίστορες ή H/N υπερέντασης. Η ΔΕΗ δε συνιστά H/N υπερέντασης γιατί υπάρχει δυσκολία στη συνεργασία με τον H/N του Δ/Ι της παροχής. Ο καταναλωτής επιτρέπεται να χειριστεί το Δ/Ι της ΔΕΗ χωρίς να χρειαστεί να την καλέσει ή να την πληροφορήσει. Έτσι μπορεί να θέσει την εγκατάστασή του εκτός τάσης. Για να μπορέσουν όμως να γίνουν εργασίες εντός του Υ/Σ είναι απαραίτητο να γίνει και απόζευξη, με ορατές επαφές, με αποζεύκτη ζυγών. Επίσης η ΔΕΗ επιτρέπει στον καταναλωτή να χρησιμοποιήσει H/N Buchholz ή άλλα μέσα και να τα συνδέσει με το Δ/Ι της παροχής.

5. ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΕΣ Υ/Σ ΜΤ

5.1 Γενικά

Ο μετασχηματιστής (Μ/Σ) είναι η βασική συσκευή κάθε υποσταθμού μέσης τάσης, γιατί υποβιβάζει την τάση μεταφοράς 20 kV σε τάση διανομής 400 V.

Οι μετασχηματιστές είναι συνήθως ελαιόψυκτοι, εκτός αν έχουμε ειδικές συνθήκες περιβάλλοντος, π.χ. εύφλεκτα υλικά και κίνδυνο πυρκαγιάς. Στις περιπτώσεις αυτές επιλέγονται Μ/Σ ξηρού τύπου με μόνωση χαρτιού ή εποξικής ρητίνης ή Μ/Σ SF₆.

Το μέγεθος των Μ/Σ προσδιορίζεται από την προβλεπόμενη μέγιστη ζήτηση μετά από ένα χρονικό διάστημα, π.χ. μετά από 5 χρόνια. Μπορεί όμως και από οικονομική άποψη να συμφέρει η αγορά ενός μεγαλύτερου Μ/Σ από ότι χρειάζεται, γιατί μεγαλύτερος Μ/Σ σημαίνει και χαμηλότερες απώλειες χαλκού.

Η συνδεσμολογία των Μ/Σ συνίσταται να είναι Dyn 11 ή Dyn 5. Συνδεσμολογία Υzn, όπως και άλλες, γίνονται δεκτές κατόπιν συνεννοήσεως με τη ΔΕΗ. Δεν επιτρέπεται γείωση του Μ/Σ στην πλευρά της ΜΤ. Ο ουδέτερος της ΧΤ όμως γειώνεται. Επίσης ο λόγος μετασχηματισμού συνιστάται να είναι μεταβλητός, στα όρια +- 2,5 και +- 5%.

Ο μεταβλητός λόγος τάσεων επιτυγχάνεται με διακόπτη μεταγωγέα που αλλάζει τον αριθμό των σπειρών στην πλευρά της ΜΤ. Ο διακόπτης είναι στη ΜΤ γιατί εκεί το ρεύμα είναι μικρότερο από ότι στη ΧΤ. Η αλλαγή της τάσης γίνεται αφού διακόψουμε την τάση και γειώσουμε τις φάσεις στη ΜΤ και στη ΧΤ.

Σε υποσταθμούς με ζητούμενη ισχύ > 600 kVA (η ζητούμενη ισχύ είναι μικρότερη από την εγκατεστημένη που είναι το άθροισμα των ονομαστικών ισχύων όλων των ηλεκτρικών συσκευών, αφού πρακτικά είναι αδύνατο να δουλεύουν ταυτόχρονα όλες οι ηλεκτρικές συσκευές) έχουμε κατά κανόνα 2 Μ/Σ για λόγους ασφαλείας.

Σε περίπτωση σφάλματος του ενός, αναλαμβάνει ο δεύτερος Μ/Σ να καλύψει το συνολικό φορτίο για όσο χρόνο διαρκέσει η επισκευή του πρώτου. Δύο Μ/Σ

συναντάμε και σε υποσταθμούς – ανεξάρτητα από την εγκατεστημένη ισχύ – που τροφοδοτούν κρίσιμα φορτία, όπως νοσοκομεία, αεροδρόμια κ.τ.λ.

5.2 Χαρακτηριστικά μεγέθη Μ/Σ

Τα ελάχιστα στοιχεία που απαιτούνται να προσδιορίζονται στην αγορά ενός Μ/Σ είναι:

- Ø Ονομαστική ισχύς για μέγιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος
- Ø Αριθμός φάσεων/ζεύξη
- Ø Συχνότητα
- Ø Ονομαστική τάση πρωτεύοντος /ονομαστική τάση δευτερεύοντος
- Ø Λήψεις
- Ø Εγγυημένες απώλειες κενού
- Ø Εγγυημένες απώλειες φορτίου
- Ø Τάση βραχυκύκλωσης
- Ø Μέγιστη ανύψωση λαδιού
- Ø Μέγιστη ανύψωση τυλίγματος
- Ø Μέγιστες διαστάσεις Μ/Σ/Υ

Η ονομαστική ισχύς των Μ/Σ 20/0,4 kV κυμαίνεται από 25 –1600 kVA. Αυτή ταυτίζεται με τη μέγιστη διαρκώς επιτρεπόμενη ισχύ υπό τις εξής συνθήκες:

- Ø Θερμοκρασία περιβάλλοντος μικρότερη των 40°C,
- Ø Μέση ημερήσια θερμοκρασία μικρότερη των 30°C,
- Ø Μέση ετήσια θερμοκρασία μικρότερη των 20°C,
- Ø Υψόμετρο της εγκατάστασης έως 1000m.

Για διαφορετικές θερμοκρασίες περιβάλλοντος και υψομέτρου της εγκατάστασης η μέγιστη επιτρεπόμενη φόρτιση του Μ/Σ διαφέρει από την ονομαστική του ισχύ και συγκεκριμένα μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας αλλά και του υψομέτρου.

Η μέγιστη συνεχώς επιτρεπόμενη θερμοκρασία του λαδιού είναι 100°C.

Η αντίστοιχη θερμοκρασία στα τυλίγματα είναι 105°C. Υψηλότερες θερμοκρασίες μειώνουν τη διάρκεια ζωής του Μ/Σ ή μπορούν να προκαλέσουν καταστροφή της μόνωσης και βραχυκυκλώματα.

5.3 Τάση βραχυκύκλωσης

Τάση βραχυκύκλωσης U_k είναι η τάση του πρωτεύοντος ενός Μ/Σ για την οποία έχουμε, με βραχυκυκλωμένο δευτερεύον, ονομαστικό ρεύμα στους 20°C. Αυτή ανάγεται στην ονομαστική τάση του πρωτεύοντος οπότε έχουμε την ονομαστική τάση βραχυκύκλωσης $u_k = U_k / U_1$.

Η τάση βραχυκύκλωσης έχει δυο συνιστώσες, την ωμική u_R και την επαγωγική u_X .

Η συνισταμένη των δύο η u_K δίνεται στην πινακίδα του Μ/Σ και είναι για Μ/Σ ΜΤ-ΧΤ 4,2- 6,5%. Για Μ/Σ διανομής προτιμάται η τάση βραχυκύκλωσης του 4% για να μην υπάρχει μεγάλη πτώση τάσης και μεγάλες απώλειες ισχύος.

5.4 Απώλειες χαλκού και σιδήρου

Ο Μ/Σ έχει συνεχώς, όσο είναι στο δίκτυο, απώλειες λόγω μαγνητικής υστέρησης και δινορρευμάτων, οι οποίες λέγονται απώλειες σιδήρου ή απώλειες κενού. Ειδικότερα, κατά τη διάρκεια ενός πλήρους κύκλου το μαγνητικό πεδίο του Μ/Σ απορροφά περισσότερη ενέργεια απ' όση αποδίδει, οπότε αυτή η επιπλέον ενέργεια, η οποία ισούται με το εμβαδό του βρόχου υστέρησης, είναι ενέργεια που χάνεται με τη μορφή θερμότητας και εκφράζει τις απώλειες υστέρησης. Εκτός από τις απώλειες υστέρησης, υπάρχουν και οι απώλειες λόγω δινορρευμάτων. Όταν δηλαδή μεταβάλλεται με το χρόνο η μαγνητική ροή στους μαγνήτες του Μ/Σ αναπτύσσονται ηλεκτρικά πεδία τα οποία δημιουργούν αντι-ΗΕΔ η οποία με τη σειρά της, αντιδρώντας στη μεταβολή της μαγνητικής ροής που την προκάλεσε, επάγει εναλλασσόμενα ρεύματα, τα δινορρεύματα. Αυτά προκαλούν τη θέρμανση του σιδηρομαγνητικού υλικού λόγω του φαινομένου Joule. Εκτός αυτών των απωλειών έχουμε, ανάλογα με το φορτίο, ωμικές απώλειες. Οι ωμικές απώλειες (χαλκού) και οι απώλειες σιδήρου αποτελούν τις απώλειες ισχύος ενός Μ/Σ.

5.5 Παραλληλισμός Μ/Σ

Για να είναι δυνατός ο παραλληλισμός δύο Μ/Σ ώστε να διαρρέονται από ρεύματα ανάλογα με το μέγεθός τους πρέπει να πληρούνται οι πιο κάτω συνθήκες:

- ∅ Η σχέση των ισχύων τους να είναι μεταξύ 1/3 και 3.
- ∅ Οι ονομαστικές τάσεις και οι ρυθμίσεις στην ΜΤ να είναι ίσες.
- ∅ Οι ονομαστικές τάσεις βραχυκυκλώσεως να είναι ίσες με ανοχή 10% επί της τάσης βραχυκυκλώσεως.
- ∅ Να έχουν ίδιες συνδεσμολογίες και να συνδεθούν με τους ανάλογους ακροδέκτες U-U,V-V,W-W. Αν δεν είναι ίδιες οι συνδεσμολογίες επιτρέπεται ο παραλληλισμός Μ/Σ Dy5 και Dy11 όταν συμπίπτουν οι τάσεις τους με κατάλληλη αντιστοίχιση ακροδεκτών.

Πριν γίνει πλήρης παραλληλισμός πρέπει να ελεγχθεί αν υπάρχουν σφάλματα στη συνδεσμολογία. Γι' αυτό συνδέονται οι Μ/Σ στη ΜΤ και γίνεται βολτομέτρηση των τάσεων μεταξύ των ακροδεκτών, που θα συνδεθούν στη ΧΤ, με ενωμένους τους ουδετέρους. Το βολτόμετρο πρέπει να δείχνει το πολύ 0,5% τάση.

5.6 Προστασία Μ/Σ

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

- ∅ Παρατεταμένο βραχυκύκλωμα μέσα ή έξω από το δοχείο στην πλευρά της ΧΤ ή ΜΤ
- ∅ Διαρκής υπερφόρτιση
- ∅ Σφάλμα στη μόνωση, όπως βραχυκύκλωμα σπειρών και τυλιγμάτων ως προς γη
- ∅ Η προστασία του Μ/Σ σε βραχυκυκλώματα πρέπει να γίνει 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.

5.7 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

$$I = VN/Zt$$

όπου $Zt = uk \cdot (V_N^2 / 100SN)$

όπου V_N , η ονομαστική φασική τάση (kV),

SN , η ονομαστική ισχύς (MVA),

uk , η τάση βραχυκύκλωσης (%).

Στην μηχανική καταπόνηση, το κρουστικό ρεύμα δίνεται από τη 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 την 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 ΔI 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 απόξευση υπό φορτίο, γι' αυτό πρέπει να συνδυάζονται με Δ/Φ. Οι ασφάλειες πρέπει να συνεργάζονται με τους Η/Ν γης της ΔΕΗ. Για τον λόγο αυτό το μέγεθός τους περιορίζεται στα 50-63 Α 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 τα στιγμιαία στοιχεία.

5.8 Προστασία Μ/Σ σε υπερφόρτιση

Το βασικό κριτήριο για την οριακή φόρτιση των Μ/Σ αποτελεί η θερμοκρασία του θερμότερου σημείου και των τυλιγμάτων τους, η οποία για Μ/Σ ελαίου λαμβάνεται συνήθως 140°C. Ένα άλλο αντίστοιχο κριτήριο είναι η μέγιστη θερμοκρασία του ελαίου, η οποία συνήθως λαμβάνεται ίση με 115°C. Με βάση τα κριτήρια αυτά οι Μ/Σ μπορούν να υπερφορτίζονται σε σημαντικό ποσοστό (μέχρι 150% της ονομαστικής τους ισχύος) το οποίο εξαρτάται :

- Ø Από την προηγούμενη φόρτιση (K1),
- Ø Την διάρκεια της υπερφόρτισης (t),
- Ø Την θερμοκρασία του αέρα ψύξεως του Μ/Σ.

Στον παρακάτω πίνακα 4.1 υπάρχουν οι επιτρεπόμενες υπερφορτίσεις K2 για Μ/Σ με φυσικό αερισμό και θερμοκρασία αέρα $\Theta_a=20^\circ\text{C}$. Η φόρτιση θεωρείται ότι επαναλαμβάνεται κυκλικά ανά 24h, κατά IEC-354 .

Τιμές του K2 για $\Theta_a=20^\circ\text{C}$ και K1, t δεδομένα						
K1	0,25	0,5	0,7	0,8	0,9	1
t=0,5h	>2	>2	1,93	1,83	1,69	1
1	1,89	1,8	1,7	1,62	1,5	1
2	1,59	1,53	1,46	1,41	1,32	1
4	1,34	1,31	1,27	1,24	1,18	1
6	1,23	1,21	1,18	1,16	1,12	1
8	1,16	1,15	1,13	1,12	1,09	1
12	1,1	1,09	1,08	1,07	1,05	1
24	1	1	1	1	1	1

Πίνακας 4.1

Υπερφόρτιση Μ/Σ ελαίου, με φυσική ψύξη και υπό ορισμένες συνθήκες ως ποσοστό της ονομαστικής του ισχύος.

Η προστασία σε παρατεταμένη συνεχή υπερφόρτιση γίνεται χρησιμοποιώντας θερμόμετρα λαδιού ή θερμίστορες που είναι εμφυτευμένοι στα τυλίγματα του Μ/Σ κατά την κατασκευή του. Συγχρόνως χρησιμοποιούνται αυτόματοι, Δ/Ι στην ΧΤ και ασφάλειες. Οι ασφάλειες που χρησιμοποιούνται είναι μέχρι 400 Α στη ΧΤ και είναι τύπου ΝΗ. Τα θερμόμετρα λαδιού παρακολουθούν τη θερμοκρασία του ανώτερου στρώματος λαδιού. Σε κάθε θερμόμετρο υπάρχουν συνήθως δυο 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. 630 kVA αρκούμαστε στη χρήση θερμόμετρων λαδιού. Ωστόσο αυτή η προστασία εφαρμόζεται σε Μ/Σ ξηρής μόνωσης.

5.9 Προστασία κατά εσωτερικών σφαλμάτων και έλλειψης λαδιού με H/N

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 δε διορθώνει το σφάλμα αλλά μας προειδοποιεί να αποσυνδέσουμε εγκαίρως το Μ/Σ αλλιώς υπάρχει κίνδυνος ζημιάς. Δηλαδή απόζευξη με Η/Ν Buchholz σημαίνει ότι ο Μ/Σ πρέπει να σταματήσει τη λειτουργία του, να επιθεωρηθεί και αν χρειάζεται να επισκευαστεί. Ο Η/Ν Buchholz, τοποθετείται στο σωλήνα μεταξύ δοχείου του Μ/Σ και του δοχείου διαστολής. Έχει δυο διακόπτες άνωσης (φλοτέρ) 1,2 και ένα διακόπτη 4 που εργάζεται με μια πλάκα 3, κάθετη στη ροή του λαδιού.

Αν σχηματιστούν φυσαλίδες ή έχουμε έλλειψη λαδιού τότε κλείνει ο διακόπτης 1 και δίνει σήμανση Α1 (κινδύνου). Αν τα αέρια που εκλύονται είναι αρκετά τότε γεμίζει αέρια ο Η/Ν και κλείνει ο διακόπτης 2 που δίνει σήμα Α2 (για αποσύνδεση). Έχουμε αποσύνδεση επίσης αν δημιουργηθεί έντονη ροή μετά από βραχυκύκλωμα ή μεγάλη εσωτερική βλάβη, οπότε πιέζεται η πλάκα 3 και κλείνει ο διακόπτης 4. Ο Η/Ν Buchholz προστατεύει σε σφάλματα μόνωσης, βραχυκυκλώματα και σε διαρροή λαδιού. Συνήθως εφαρμόζεται μόνο σε σχετικά μεγάλους Μ/Σ π.χ. 630kVA και άνω για οικονομικούς λόγους.

5.9.1 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 Η/Ν ο οποίος διεγείρει το Δ/Ι στη ΜΤ.

Η διαφορική προστασία διεγείρεται από τα εξής σφάλματα: Τριφασικά, δίφασικά, γης, τύλιγμα-τύλιγμα, βραχυκύκλωμα σπειρών. Επίσης έχει το πλεονέκτημα ότι περιορίζει αμέσως την ζημιά στο ελάχιστο, σε σχέση με την προστασία Buchholz.

Οι αδυναμίες της διαφορικής προστασίας είναι:

- Ø 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 Η/Ν έχουν γενικά άνισα, για κάθε πλευρά, μήκη και αντιστάσεις και συνεπώς διαφοροποιείται η φόρτιση των Μ/Σ εντάσεως και επομένως το σφάλμα τους.
- Ø 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 Η/Ν του Μ/Σ ΜΤ-ΧΤ είτε με πρόσθετες διατάξεις οι οποίες όμως περιπλέκουν και μειώνουν την αξιοπιστία της διαφορικής προστασίας.
- Ø Κατά την ζευξη των Μ/Σ παρατηρείται 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 κτλ.
- Ø Το κόστος της διαφορικής προστασίας είναι αρκετά υψηλό.
- Ø Για όλους αυτούς τους λόγους η διαφορική προστασία εφαρμόζεται σε Μ/Σ των 1250 ΚVΑ και άνω.

5.9.2 Εγκατάσταση και ψύξη Μ/Σ

Η εγκατάσταση μπορεί να είναι είτε υπαίθρια είτε στεγασμένη. Υπαίθριες εγκαταστάσεις, πρέπει να έχουν κατάλληλους μονωτήρες διέλευσης και τα καλώδια κατάλληλες ακροκεφαλές. Οι Μ/Σ πρέπει να βαφούν με αντιοξειδωτικό χρώμα κατά προτίμηση από εποξειδικές ρητίνες. Οι υπαίθριες εγκαταστάσεις είναι εκτεθειμένες σε κινδύνους βραχυκυκλώματος. Επίσης πρέπει να ελεγχθεί κατά πόσο η ηλιακή ακτινοβολία επηρεάζει την ψύξη τους.

Υπαίθριες ή στεγασμένες εγκαταστάσεις ελαιόψυκτων Μ/Σ τοποθετούνται πάνω σε κατάλληλα διαμορφωμένο στεγανό λάκκο από σκυρόδεμα με χαλίκια. Σκοπός αυτής της εγκατάστασης είναι να μην μπορεί να διαρρεύσει λάδι στο έδαφος και σε περίπτωση έκρηξης του και πυρκαγιάς να μειωθεί η ποσότητα του λαδιού που μπορεί να καεί.

Σε στεγασμένη εγκατάσταση το πλάτος και το βάθος του χώρου, που βρίσκεται ο Μ/Σ, πρέπει να εξασφαλίζουν διάδρομο τουλάχιστο 0,7 m. Το ύψος πρέπει να είναι τουλάχιστο 0,5 m πάνω από το άκρο του Μ/Σ. Το δάπεδο είναι από οπλισμένο σκυρόδεμα και ο Μ/Σ πατάει πάνω σε σιδηροτροχιές. Ο αερισμός είναι πολύ σημαντικός στο χώρο που βρίσκεται ο Μ/Σ. Η είσοδος του αέρα είναι στο χαμηλότερο σημείο ενώ η έξοδος στο υψηλότερο σημείο της εγκατάστασης. Η επιφάνεια εξόδου

εξαρτάται από την υψομετρική διαφορά ή από το μέσο του Μ/Σ έως το μέσο του ανοίγματος εξόδου. Οι επιφάνειες εξόδου Α2 και εισόδου Α1 του αέρα υπολογίζονται από τις παρακάτω σχέσεις:

$$A2=0,19(PFe + PCu)/h \text{ σε } m^2$$

$$A1=0,92A2 \text{ σε } m^2$$

Όπου PFe και PCu οι απώλειες χαλκού και σιδήρου του Μ/Σ. Αν το άνοιγμα έχει σχισμές αυξάνεται η επιφάνεια κατά 10%, αν έχει γρίλιες κατά 50%.

Όλοι οι Μ/Σ διανομής ψύχονται με φυσική κυκλοφορία που σημαίνει ότι το μονωτικό λάδι ψύχει με φυσική κυκλοφορία τα πηνία, απάγοντας θερμότητα που μεταφέρει στα ψυκτικά μέσα και ο αέρας ψύχει τα ψυκτικά μέσα χωρίς βεβιασμένη κίνηση.

Ο τρόπος αυτός χαρακτηρίζεται ΟΝΑΝ. Στους Μ/Σ ισχύος χρησιμοποιούνται κατά περίπτωση διάφορες τεχνικές ψύξης με βεβιασμένη κίνηση του λαδιού μέσω αντλιών είτε βεβιασμένη κίνηση αέρος μέσω ανεμιστήρων, είτε και τα δύο. Έτσι έχουμε :

ΟΝΑΦ : Φυσική κυκλοφορία λαδιού, βεβιασμένη κυκλοφορία αέρα

ΟFΑΝ : Βεβιασμένη κυκλοφορία λαδιού, φυσική κυκλοφορία αέρα

ΟFΑF : Βεβιασμένη κυκλοφορία λαδιού, βεβιασμένη κυκλοφορία αέρα

ΟFWF : Βεβιασμένη κυκλοφορία λαδιού, βεβιασμένη κυκλοφορία νερού.

Συνδυασμοί όπως ΟΝΑΝ-ΟΝΑΦ, ΟΝΑΝ-ΟFΑΝ ή ΟΝΑΝ-ΟFΑF είναι δυνατοί.

6. Μονωμένοι αγωγοί και καλώδια MT-XT

6.1 Γενικά

Οι αγωγοί κατασκευάζονται συνήθως από χαλκό και σπάνια από αλουμίνιο.

Ο χαλκός έχει πολύ μεγάλη ειδική αγωγιμότητα, υψηλή μηχανική αντοχή, είναι ανθεκτικός στη διάβρωση και κατεργάζεται εύκολα. Το αλουμίνιο χρησιμοποιείται σαν αγωγός σε καλώδια διατομών συνήθως άνω των 35mm². Έχει μικρότερη ειδική αγωγιμότητα σε σχέση με το χαλκό, έχει χαμηλότερη τιμή και μικρότερο βάρος. Μειονεκτήματα 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.

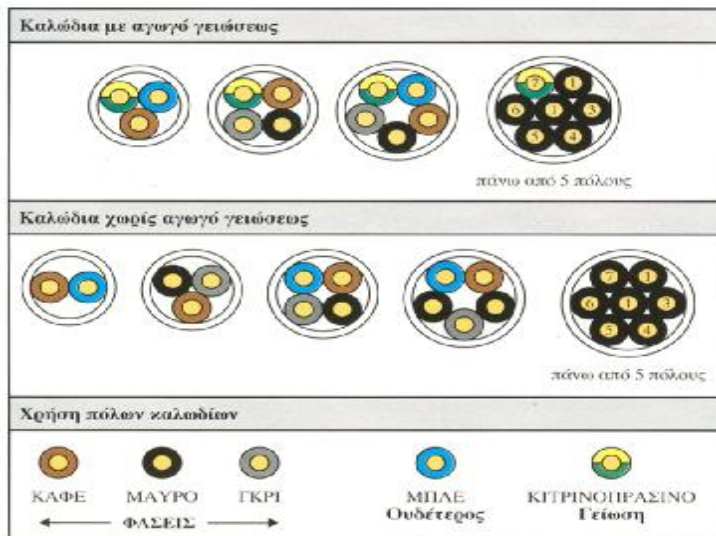
Η διατομή των αγωγών είναι στρογγυλή. Για πολυπολικά καλώδια μεγάλων διατομών (>35mm²) χρησιμοποιούνται και διατομές κυκλικού τομέα (οι τριγωνικές χαρακτηρίζονται με S). Όσο αφορά την ευκαμψία έχουμε αγωγούς οι οποίοι χαρακτηρίζονται κατά IEC 60228 ως εξής:

Μονόκλωνος (U) , πολύκλωνος (R)

Υψηλής ευκαμψίας πολύκλωνους (K), υπερυψηλής (F).

Αγωγούς υψηλής και υπερυψηλής ευκαμψίας χρησιμοποιούμε σε καλώδια για συγκολλήσεις για κινητές συσκευές, γεραμούς κλπ, εκεί που το καλώδιο υπόκειται σε συνεχείς κάμψεις.

6.2 Καλώδια στη ΧΤ



6.2.1 Μονωτικά καλωδίων ΧΤ

Το μονωτικό και το πάχος του καλωδίου προσδιορίζουν την ηλεκτρική αντοχή του καλωδίου αλλά και την επιτρεπόμενη ένταση φόρτισης του αγωγού . Το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα εξαρτάται από τη θερμοκρασία στην οποία αντέχει το μονωτικό. Σε εγκαταστάσεις γίνεται χρήση καλωδίων με τα παρακάτω μονωτικά σύμφωνα με τα πρότυπα HD 361.S2 όπου μέσα στην παρένθεση αναφέρεται, μία κατά VDE 0250, κωδική ονομασία. Από τα μονωτικά το PVC χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά στις εγκαταστάσεις κάτω υπό κανονικές συνθήκες.

Στη ΧΤ σε παλιές εγκαταστάσεις ισχύος συναντά κανείς σπάνια καλώδια με μόνωση χαρτιού με παχύρρευστη μάζα. Εκτός από την κύρια μόνωση έχουμε και την εξωτερική μόνωση (ή μανδύα) που γίνεται συνήθως ή από PVC ή από πολυχλωροπρένιο (=νεοπρένιο) ή από πολυαιθυλένιο ή από χλωροπρένιο.

Μονωτικά καλωδίων ΧΤ: Συνεχώς /βραχέως επιτρεπόμενες θερμοκρασίες

- Ø Πολυβινυλοχλωρίδιο PVC,V :(Y) 70ο/170°C
- Ø Ελαστικό σιλικόνης , S :(2G) 180ο/350°C
- Ø Ελαστικό μείγμα, R :(3G) 60ο/200°C
- Ø Ελαστικό οξικού βινυλαιθυλίου EVA, E:(4G)120°/250°C
- Ø Ελαστικό αιθυλενίου –προπυλενίου EPR, B2:(3G)90ο/250°C 58
- Ø Δικτυωμένο πολυαιθυλένιο XLPE :(2X) 90°/250°C

Το χρώμα της μόνωσης των αγωγών είναι:

1. Αγωγοί φάσεων: οποιοδήποτε χρώμα εκτός από κίτρινο - πράσινο και ανοιχτό μπλέ. Συνήθως χρησιμοποιούνται καφέ - μαύρο, ή μαύρο με αριθμούς.
2. Ουδέτερος αγωγός: ανοιχτό μπλέ (ή παλαιότερα γκριζο)
3. Αγωγός γείωσης: κίτρινο πράσινο.

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να υπάρχει στα εξής σημεία:

Απαγορεύεται η χρήση κίτρινοπράσινου αγωγού σε φάσεις

Το μπλε μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για φάση εφόσον δεν υπάρχει ουδέτερος.

Τα διαθέσιμα χρώματα σε καλώδια ΧΤ αναφέρονται στους κανονισμούς CENELEC, IEC, ΕΛΟΤ που αφορούν τα συγκεκριμένα καλώδια. Συνοπτικά για καλώδια ισχύος ΧΤ έχουμε τα εξής χρώματα για τους αγωγούς καλωδίων PVC ανάλογα με τον αριθμό των αγωγών:

Καλώδια ισχύος τύπου από PVC (ΕΛΟΤ 843, IEC 60502, VDE 271) για μόνιμες εγκαταστάσεις με αγωγούς προστασίας:

- Ø 2-πολικά: μαύρο /ανοιχτό μπλε
- Ø 3-πολικά: πράσινο - κίτρινο /μαύρο /ανοιχτό μπλε
- Ø 4-πολικά: πράσινο - κίτρινο /μαύρο /ανοιχτό μπλε/καφέ
- Ø 5-πολικά: πράσινο - κίτρινο /μαύρο /ανοιχτό μπλε/καφέ/μαύρο
- Ø 6-πολικά και άνω: πράσινο - κίτρινο, λοιποί πόλοι μαύροι αριθμημένοι 1,2,3,.....

Καλώδια εύκαμπτα για μη μόνιμες συνδέσεις (ΕΛΟΤ 563 ,HD 21):

- Ø 2-πολικά: καφέ /ανοιχτό μπλε
- Ø 3-πολικά: πράσινο - κίτρινο /καφέ /ανοιχτό μπλε
- Ø 4-πολικά: πράσινο - κίτρινο /μαύρο /ανοιχτό μπλε/καφέ
- Ø 5-πολικά: πράσινο - κίτρινο /μαύρο /ανοιχτό μπλε/καφέ/μαύρο
- Ø 6-πολικά και άνω :πράσινο –κίτρινο, λοιποί πόλοι μαύροι αριθμημένοι 1,2,3,.....
- Ø Υπάρχουν και καλώδια ισχύος χωρίς γείωση, δηλαδή ο πράσινος - κίτρινος αγωγός λείπει. Εκεί τα χρώματα είναι όπως πιο πάνω με τη διαφορά ότι το πράσινο - κίτρινο αντικαθίσταται με μαύρο. Έτσι ένα 5-πολικό καλώδιο μπορεί να έχει καφέ, ανοιχτό μπλε και 3 μαύρους αγωγούς. Για καλώδια ελαφρού τύπου (ΕΛΟΤ 623, IEC 245)
- Ø ισχύουν γενικά άλλα χρώματα. Τα χρώματα στα πρότυπα ή στις περιγραφές καλωδίων αναφέρονται ή με πλήρη περιγραφή ή με συντμήσεις της ονομασίας τους στα αγγλικά. Το χρώμα του μανδύα στα καλώδια ΧΤ (1kV)

βαρέως τύπου J1VV.....,NYY είναι μαύρο. Καλώδια για ορυχεία είναι κίτρινα και για εκρηκτική ατμόσφαιρα μπλε. Οι μανδύες καλωδίων ελαφρού τύπου έχουν άλλα χρώματα.

6.2.2 Ακροδέκτες καλωδίων ΧΤ

Αφού εγκατασταθεί το καλώδιο εφαρμόζονται οι ακροκεφαλές του και οι ακροδέκτες του. Οι ακροκεφαλές στην ΧΤ έχουν σκοπό να μην επιτρέπουν την είσοδο νερού ή υγρασίας στο καλώδιο όταν αυτό θα εγκατασταθεί στο ύπαιθρο.

Στη ΜΤ έχουμε ακροκεφαλές που προσδίδουν ηλεκτρική αντοχή στην άκρη του καλωδίου και απαγορεύουν την είσοδο νερού και υγρασίας. Αυτές οι ακροκεφαλές αποτελούνται:

- ∅ Από ελαστικό σιλικόνης για εσωτερικούς χώρους
- ∅ Από πορσελάνη για εξωτερικούς χώρους
- ∅ Από ρητίνες για εσωτερικούς ή και εξωτερικούς χώρους.

Πρέπει οπωσδήποτε να εξασφαλιστεί ότι τόσο στους εσωτερικούς όσο και στους εξωτερικούς χώρους δεν μπαίνει υγρασία ή νερό στο καλώδιο από τον ακροδέκτη ή την ακροκεφαλή.

6.2.3 Χαρακτηρισμός καλωδίων ΧΤ

Τα καλώδια ΧΤ ομαδοποιούνται σε:

- ∅ Καλώδια ελαφρού τύπου

Τα καλώδια αυτά κατασκευάζονται για τάσεις :

100V, 300/300V, 300/500V, 450/750V. Εναρμονίζονται με τα πρότυπα ΕΛΟΤ 623, ΕΛΟΤ 563, IEC 245, VDE 0250.

- ∅ Καλώδια βαρέως τύπου

Τα καλώδια PVC κατά ΕΛΟΤ 843, ΕΛΟΤ 1099, IEC 502 λέγονται καλώδια βαρέως τύπου.

Χαρακτηριστικό τους είναι ότι είναι κατασκευασμένα για τάσεις 0,6/1 kV και αντέχουν στον ενταφιασμό, στο νερό ή σε συνθήκες εξωτερικού χώρου. Κυκλοφορούν στο εμπόριο σαν καλώδια NYY και με ονομασίες που αντιστοιχούν στους γερμανικούς κανονισμούς VDE 0271.

6.3 Καλώδια στη ΜΤ



α.Μονοπολικό τύπου N2XSY



β.τριπολικό τύπου 2XSEYFY

6.3.1 Μονωτικά καλωδίων MT

Στη MT (3...20kV) στη χώρα μας 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 απ' ό,τι καλώδια XLPE. Τα καλώδια EPR είναι όμως ακριβότερα απ' ό,τι τα XLPE. Σε χαμηλότερες τάσεις π.χ. 6/10 kV μπορεί να χρησιμοποιηθούν και καλώδια PVC σαν μονωτικό.

Ο εξωτερικός μανδύας σε καλώδια MT είναι από PVC ή από δικτυωμένο πολυαιθυλένιο ή από πολυχλωροπρένιο. Σε καλώδια χαρτιού ο μανδύας μπορεί να είναι από μόλυβδο που περιβάλλεται από χαλύβδινες ταινίες, ίνες και πίσσα. Το χρώμα του εξωτερικού μανδύα καλωδίων MT με πλαστική μόνωση είναι κόκκινο.

Μονωτικά καλωδίων MT: Συνεχώς /Βραχυχρόνια (5 sec) επιτρεπόμενες θερμοκρασίες

Πολυβινυλοχλωρίδιο PVC, V, (Y) μέχρι 6/10kV: 70oC /170°C

Αιθυλενιούχο προπυλαινιούχο ελαστικό EPR, B2, (3G): 90oC /250°C

Δικτυωμένο πολυαιθυλένιο XLPE (2X) μέχρι 86/150KV: 90oC /250°C

6.3.2 Ιδιότητες των μονωτικών MT

Το PVC χρησιμοποιείται εφόσον αυτό επιτρέπεται από τεχνικούς λόγους, γιατί είναι φθηνό και ανθεκτικό από μηχανική και χημική άποψη. Το όριό του, από πλευράς τάσης, είναι 6/10kV. Λόγω των υψηλών διηλεκτρικών απωλειών δεν χρησιμοποιείται σε υψηλότερες τάσεις. Δεν είναι ανθεκτικό σε πολύ χαμηλές (<-30oC) ή πολύ υψηλές θερμοκρασίες (>70oC). Σε διαρκή καταπόνηση άνω των 70oC γίνεται εύθραυστο και σχηματίζει ρωγμές. Επιτρέπεται η διαρκής καταπόνησή του μέχρι 70oC. Διάφορα συνθετικά ελαστικά όπως βουτύλιο, οξικό βινυλαιθύλιο (EVA) και αιθυλενιούχο προπυλένιο (EPR) χρησιμοποιούνται για λόγους ευκαμψίας και αντοχής στη θερμοκρασία.

Το EPR χρησιμοποιείται και σε εύκαμπτα καλώδια MT.

Για διαρκείς υψηλές θερμοκρασίες, όπως σε φούρνους, γίνεται χρήση καλωδίων με ελαστικό σιλικόνης. Η μόνωση ελαστικού σιλικόνης αντέχει διαρκώς σε 180°C.

Σε χαμηλότερες θερμοκρασίες π.χ. 120°C γίνεται χρήση του EVA ή και του EPR που αντέχει συνεχώς σε 90°C. Το πολυαιθυλένιο χρησιμοποιείται στη MT γιατί έχει χαμηλές διηλεκτρικές απώλειες και είναι μηχανικά και χημικά ανθεκτικό.

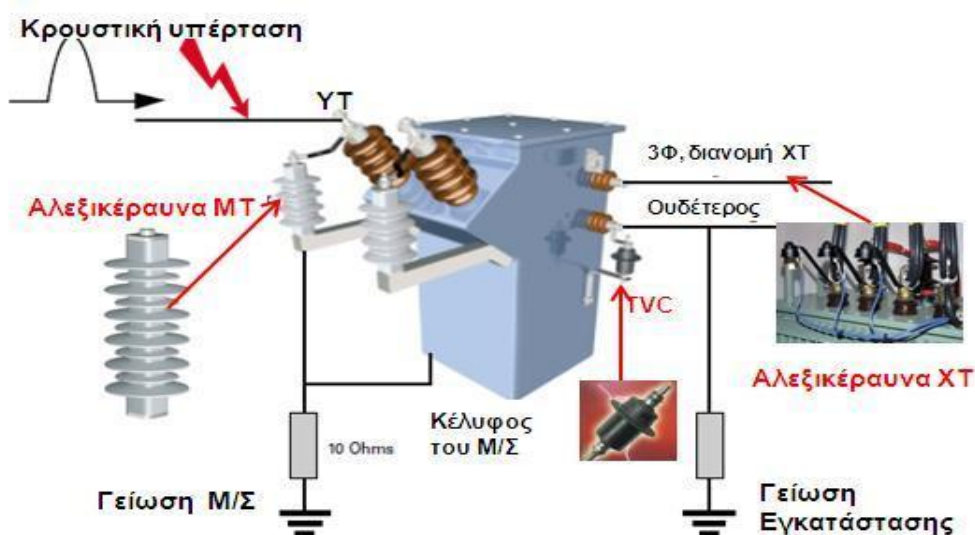
Η θερμοκρασιακή του αντοχή είναι όμοια με αυτή του PVC δηλαδή μέχρι 70°C.

Το δικτυωμένο πολυαιθυλένιο έχει καλύτερη συμπεριφορά σε συνεχή θερμοκρασία μέχρι τους 90°C. Είναι ακριβότερο όμως σαν μονωτικό από το PVC.

Το πολυαιθυλένιο αποικοδομείται σταδιακά από την ηλιακή ακτινοβολία γι' αυτό και δεν χρησιμοποιείται σαν εξωτερικός μανδύας καλωδίων εξωτερικού χώρου. Σήμερα χρησιμοποιείται στη ΜΤ κατ' εξοχήν χημικά δικτυωμένο και όχι απλό πολυαιθυλένιο. Η μόνωση χαρτιού - μάζας κατά IEC 60055 είναι η πιο δοκιμασμένη μόνωση γιατί η διάρκεια ζωής των καλωδίων με μόνωση από χαρτί είναι μεγαλύτερη απ' ότι στην περίπτωση του πολυαιθυλενίου. Η μόνωση χαρτιού-μάζας είναι ακριβότερη και δυσκολότερη στο χειρισμό της κατά την κατασκευή απ' ότι η μόνωση πολυαιθυλενίου ή η μόνωση EPR. Στις μέρες μας η μόνωση με βάση το χαρτί έχει αντικατασταθεί μέχρι και στα 400 kV από δικτυωμένο πολυαιθυλένιο.

6.3.3 Γείωση των καλωδίων ΜΤ

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



6.4 Χρήσεις καλωδίων

Τα καλώδια κατάλληλα για συνεχή παραμονή στο έδαφος είναι τα καλώδια PVC J1VV ή NYG, τα καλώδια με μολύβδινο μανδύα NKBA, NHKBA, NEKEBA και τα καλώδια πολυαιθυλενίου MT N2XSY, N2XSEY. Δεν κάνουν για εγκαταστάσεις στο χώμα ή σε νερό τα καλώδια ελαφρού τύπου A05VV-R, H05VV-R. Χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή στο δέσιμο των καλωδίων. Αν το δέσιμο γίνει με σύρματα σε καλώδιο με μεγάλο ρεύμα τότε μπορούν να επαχθούν στα σύρματα ρεύματα και να καταστραφεί το καλώδιο. Οπότε τα δεσίματα πρέπει να γίνονται με μονωτικά υλικά (μονωτικούς συνδέσμους). Σε περιπτώσεις εγκατάστασης καλωδίων στον ελεύθερο αέρα και έκθεσης στον ήλιο προτιμούνται καλώδια με μανδύα από νεοπρένιο, πολυχλωροπρένιο γιατί έχει μεγαλύτερη αντοχή στην ηλιακή ακτινοβολία.

Εάν υπάρχει κίνδυνος να χτυπηθούν τα καλώδια όπως σε εργοστάσια, λεβητοστάσια τότε αυτά μπαίνουν σε χαλυβδοσωλήνες. Αν είναι δύσκολη η αντικατάσταση του καλωδίου πρέπει να υπάρχει ένα ή περισσότερα εφεδρικά καλώδια έτσι ώστε αν υπάρξει σφάλμα να μη χρειαστεί να τοποθετηθεί νέο καλώδιο. Τα καλώδια PVC μπορεί να καταστραφούν από τρωκτικά. Μια αποτελεσματική προστασία είναι ο ενταφιασμός του καλωδίου μέσα σε άμμο.

6.5 Τάση των καλωδίων

Η τάση του δικτύου στην οποία μπορεί να εφαρμοσθούν τα καλώδια είναι κατά IEC 502, γενικά, όχι ίση με την ονομαστική τάση των καλωδίων. Εξαρτάται από την προστασία του δικτύου σε σφάλματα γης. Στην περίπτωση που τα σφάλματα γης αποζεύγονται μέσα σε 8 ώρες τότε η τάση του συστήματος είναι ίση με την τάση του καλωδίου. Κατά HD 516 η αναφερόμενη τάση διαστασιολόγησης είναι η μέγιστη ονομαστική τάση του συστήματος. Δηλαδή, καλώδια 0,6/1 kV επιτρέπονται σε συστήματα με ονομαστικές πολικές τάσεις μέχρι 1 kV ενεργού τιμής.

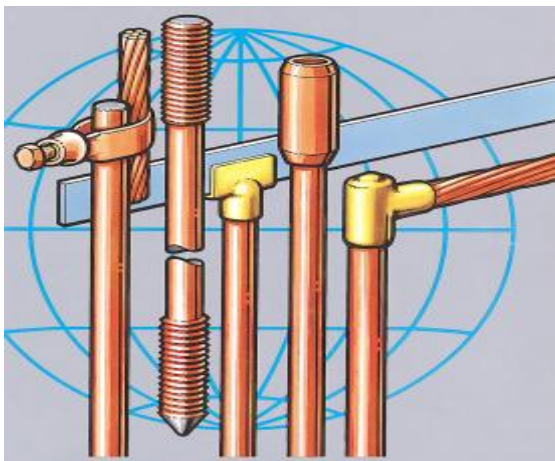
Τα καλώδια αντέχουν σε διαρκή υπέρταση μέχρι 10% για καλώδια μέχρι 450/750V και 20% για καλώδια 0,6/1 kV. Οι παραπάνω τιμές, για DC ρεύμα, πολλαπλασιάζονται με 1,5.

7. ΓΕΙΩΣΕΙΣ

7.1 Γενικά

Γείωση είναι η ένωση ενός σημείου ενός κυκλώματος ή ενός ξένου προς το κύκλωμα μεταλλικού αντικειμένου με μια εγκατάσταση γείωσης. Εγκατάσταση γείωσης είναι ένα ή περισσότερα συνδεδεμένα ηλεκτρόδια γείωσης. Η γείωση μπορεί να είναι συνεχής ή ανοιχτή δηλαδή να διακόπτεται παρεμβάλλοντας ένα διάκενο σπινθηριστή ο οποίος χρησιμοποιείται σε εγκαταστάσεις αλεξικέραυνων.

**Ηλεκτρόδια γείωσης
κυκλικής διατομής
και διάφορα τρόποι
σύνδεσής τους με το
αγωγό γείωσης.**



Υπάρχουν τρία είδη γειώσεων:

- Ø Γείωση λειτουργίας είναι η γείωση ενός σημείου ενός ενεργού κυκλώματος π.χ η γείωση του ουδέτερου ενός Μ/Σ και η γείωση του ουδέτερου αγωγού του συστήματος. Η γείωση είναι απαραίτητη για να μην εμφανισθούν επικίνδυνες τάσεις στο δίκτυο χαμηλής τάσης.
- Ø Γείωση προστασίας είναι η γείωση ενός μεταλλικού μέρους που δεν είναι στοιχείο ενεργού κυκλώματος π.χ η γείωση του κελύφους μιας ηλεκτρικής συσκευής. Η γείωση προστασίας μειώνει τις τάσεις επαφής.

Χωρίζεται σε δύο μέρη:

Ø Γείωση προστασίας μέσης τάσης

Στο σύστημα αυτό συνδέονται όλα τα μεταλλικά μέρη του εξοπλισμού που λειτουργούν με ονομαστική τάση > 1 kV, τα οποία δεν ανήκουν στο ενεργό κύκλωμα αλλά μπορούν να γίνουν ενεργά σε περίπτωση σφάλματος ή ακόμα και τόξου.

Τέτοια είναι ο πίνακας μέσης τάσης, το δοχείο του μετασχηματιστή, οι θωρακίσεις των καλωδίων μέσης τάσης κλπ.

Ø Γείωση προστασίας χαμηλής τάσης

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

Γείωση του συστήματος της αντικεραυνικής προστασίας είναι η ανοιχτή ή η συνεχής γείωση του συστήματος αντικεραυνικής προστασίας. Αυτές οι γειώσεις διοχετεύουν το ρεύμα των κεραυνών προς τη γη. Ανοιχτές γειώσεις μειώνουν την ηλεκτροχημική διάβρωση.

Τα τρία είδη γειώσεων συνυπάρχουν συνήθως στις εγκαταστάσεις. Μπορεί τα δίκτυα γειώσεων που χρησιμοποιούνται να είναι ταυτόσημα δηλαδή κοινά ή με κοινά ηλεκτρόδια γείωσης και για τα τρία είδη. Προτείνεται οι τρεις γειώσεις να απολήγουν

στο ίδιο ηλεκτρόδιο ή στην ίδια εγκατάσταση γείωσης σε ένα κτίριο, όχι όμως σε Υ/Σ. Το πρότυπο του HD 384 δεν προδιαγράφει υλικά και τρόπους εγκατάστασης γειώσεων. Αναφέρει μόνο απαιτήσεις ή σημεία που πρέπει να προσεχθούν. Ορισμένα απ' αυτά είναι:

Το βάθος έμπηξης του γειωτή (ηλεκτροδίου γείωσης) πρέπει να είναι αρκετό (>0.5m) για να έχουμε υγρό αγώγιμο έδαφος και αν αποφεύγεται το πάγωμα του εδάφους που οδηγεί σε μεγάλη αντίσταση.

Απαιτείται μηχανική στιβαρότητα.

Ηλεκτροχημικές δράσεις και διάβρωση οδηγούν σε καταστροφή του γειωτή.

Ο συνδυασμός του μετάλλου, του εδάφους και των παρακειμένων θαμμένων αγωγών παίζει ρόλο.

Η θερμοκρασία και η υγρασία μειώνουν την αντίσταση γείωσης ανάλογα με την κάθε εποχή του έτους.

Επιτρέπεται η χρήση των σωλήνων ύδρευσης όχι όμως των σωλήνων άλλων μέσων, όπως καύσιμα κλπ, σαν γειωτών.

Προφανώς η ειδική αντίσταση του μετάλλου του γειωτή δεν παίζει ρόλο στην αντίσταση γείωσης δηλαδή η αντίσταση αυτή δεν εξαρτάται από το υλικό του γειωτή.

7.2 Είδη ηλεκτροδίων γείωσης

7.3 Γειωτής ράβδου

Είναι σωλήνας ονομαστικής διαμέτρου μεγαλύτερης της μίας ίντσα ή μία ράβδος στρογγυλή ή προφίλ από γαλβανισμένο χάλυβα, π.χ. U, L, T ή I- προφίλ.

Η ράβδος τοποθετείται κατακόρυφα ή λοξά ως προς την κατακόρυφο στο έδαφος σε βάθος, π.χ. 2.5m με σφυρί χεριού, ή με μηχανικό σφυρί. Το κάτω μέρος διαμορφώνεται σαν ακίδα για να οδηγείται καλύτερα στο έδαφος. Η αντίσταση γείωσης είναι περίπου αντιστρόφως ανάλογη του βάθους. Η αντίσταση δεν εξαρτάται σημαντικά από το πάχος ή τη διάμετρο της ράβδου. Εφόσον το επιτρέπει η μηχανική αντοχή, προτείνονται ηλεκτρόδια χαλκού ή επιμολυβδωμένα ηλεκτρόδια, γιατί αντέχουν στη διάβρωση.

7.3.1 Γειωτής ταινίας ή συρματόσχοινο

Ταινία ή συρματόσχοινο που τοποθετείται σε χαντάκι βάθους τουλάχιστον 0.5 m. Το βάθος που προτιμάται είναι 0,7-1.0 m, για να υπάρχει υγρό έδαφος. Η ταινία μπορεί να είναι χάλυβας γαλβανισμένος ή επιχαλκωμένος. Χρησιμοποιούνται επίσης χάλκινες ταινίες. Η ταινία μπορεί να τοποθετηθεί ευθύγραμμο ή κυκλικά γύρω από την εγκατάσταση. Η τελευταία γείωση λέγεται γειωτής βρόγχου. Η αντίσταση είναι περίπου αντιστρόφως ανάλογη του μήκους. Για το ίδιο μήκος ταινίας ο ευθύγραμμος γειωτής έχει μικρότερη αντίσταση από τον κυκλικό. Δε συνιστάται συρματόσχοινο αντί ταινίας σαν ηλεκτρόδιο γείωσης, αν και το επιτρέπει το ΕΛΟΤ HD384, γιατί διαβρώνεται εύκολα.

7.3.2 Γειωτής πλάκας

Πρόκειται για πλάκα μορφής παραλληλογράμμου, π.χ. 0.5x0.5m, η οποία ενταφιάζεται στο έδαφος με την επιφάνειά της κατακόρυφη. Το πάνω μέρος της βρίσκεται σε βάθος μεγαλύτερο του ενός μέτρου. Το υλικό κατασκευής μπορεί να είναι γαλβανισμένος χάλυβας με πάχος μεγαλύτερο των 3 mm ή χαλκός ή μόλυβδος με πάχος μεγαλύτερο των 2 mm.

7.3.3 Γειωτής ακτινικός

Είναι ταινίες ή ράβδοι που διαμορφώνονται υπό μορφή αστέρα με πολλές ακτίνες. Ο αστέρας βρίσκεται σε οριζόντια θέση, ενταφιασμένος σε βάθος τουλάχιστον 0.5 m. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται είναι όμοια, όπως στον γειωτή ταινίας.

7.3.4 Γειωτής πλέγματος

Πλέγμα από ταινίες με τετραγωνικά ανοίγματα πλάτους 3 - 7 m τοποθετείται οριζόντια σε βάθος 0,5 – 1,0 m. Τα ελάχιστα πάχη είναι όπως στους γειωτές ταινίας. Το πλεονέκτημα των γειωτών πλέγματος είναι ότι οι βηματικές τάσεις στο έδαφος, επάνω από το πλέγμα, είναι αμελητέες. Επιτρέπονται, προφανώς, και ανοίγματα μικρότερα από 3 m. Αυτά όμως δεν έχουν μικρότερες βηματικές τάσεις από ότι πλέγματα με ανοίγματα 3 m.

7.3.5 Το δίκτυο ύδρευσης σαν γειωτής

Επιτρέπεται κατά το ΕΛΟΤ HD384, χωρίς ιδιαίτερη άδεια, η χρησιμοποίηση μεταλλικών δικτύων ύδρευσης ως γειωτών για εγκαταστάσεις με τάσεις ως προς γη μικρότερες των 250V, εφόσον υπάρχει η συγκατάθεση του Οργανισμού Ύδρευσης. Πάνω από αυτές τις τάσεις χρειάζεται ειδική άδεια από τον Οργανισμό Ύδρευσης.

7.3.6 Θεμελιακή γείωση

Η θεμελιακή γείωση είναι ένας γειωτής ταινίας που τοποθετείται στο κάτω μέρος των θεμελίων των κτιρίων, μέσα στο σκυρόδεμα. Η τοποθέτηση γίνεται στη βάση των εξωτερικών τοίχων και είναι ένας κλειστός βρόχος. Επειδή το έδαφος και το σκυρόδεμα των θεμελίων είναι υγρό όλο το έτος συνήθως, ο θεμελιακός γειωτής έχει σχετικά μικρή αντίσταση γείωσης. Τιμές των 2 Ω ή μικρότερες δεν είναι σπάνιες ενώ σε συνήθεις πασαλογειωτές έχουμε περί τα 30 Ω. Ο αγωγός του γειωτή μπορεί να είναι :

Ταινίες γαλβανισμένου χάλυβα ελάχιστων διαστάσεων 30x3.5 mm ή 25x4 mm

Βέργα γαλβανισμένου χάλυβα ελάχιστης διαμέτρου 10 mm.

Το χαλύβδινο ηλεκτρόδιο τοποθετείται στο περιμετρικό θεμέλιο του κτηρίου.

Σε περιπτώσεις που υπάρχει μόνωση κατά της υγρασίας, πρέπει το ηλεκτρόδιο να τοποθετείται προς τη πλευρά του εδάφους. Για μεγάλες διαστάσεις των κτιρίων >10m συνιστώνται και εγκάρσιες συνδέσεις του περιμετρικού γειωτή όπως στο Σχ.6.9 έτσι ώστε κανένα σημείο του υπογείου να μην απέχει πάνω από 10 m από τον γειωτή.

Ο γειωτής πρέπει να περιβάλλεται παντού από δομημένο συμπυκνωμένο σκυρόδεμα.

Τοποθετείται σε ένα στρώμα πάχους τουλάχιστον 5 cm γιατί αλλιώς διαβρώνεται. Μετά από την εκσκαφή των θεμελίων κατασκευάζεται μια στρώση από σκυρόδεμα πάχους 6-10 cm . Εκεί πάνω τοποθετείται η μία ταινία με την πλατιά της πλευρά όρθια ή μια χαλύβδινη βέργα κυκλικής διατομής. Στη συνέχεια τοποθετείται ο οπλισμός των θεμελίων και ακολούθως εκχύνεται γεμίζοντας με σκυρόδεμα όλο το θεμέλιο. Η τοποθέτηση του γειωτή μέσα στο σκυρόδεμα στη βάση των θεμελίων εξασφαλίζει αντοχή στη διάβρωση και στις μηχανικές καταπονήσεις. Επιπλέον ο γειωτής είναι σε υγρό έδαφος όπου η αγωγιμότητα είναι μεγάλη. Συνίσταται να συνδέεται στον γειωτή ο οπλισμός του σκυροδέματος του κτιρίου. Οι απολήξεις του γειωτή έχουν την ίδια διατομή με το ηλεκτρόδιο του γειωτή. Το μήκος τους είναι 1,5 m κατά VDE 0100 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 υπόλοιπη εγκατάσταση γίνεται με χάλκινο αγωγό διατομής 16mm². Αν υπάρχει σύστημα αντικεραυνικής προστασίας, συνδέεται αυτό στη θεμελιακή γείωση και τα αλεξικέυρανα ενδεχομένως μέσω σπινθηριστών.

7.3.7 Η αντίσταση γείωσης

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 θεωρείται ότι είναι μηδέν. Αν ένας γειωτής τεθεί υπό τάση V ως προς την άπειρη γη, δημιουργείται ένα πεδίο ροής και δυναμικού γύρω από τον γειωτή. Όσο περισσότερο απομακρυνόμαστε από τον γειωτή τόσο μειώνεται η τάση. Το διάγραμμα τάσης -απόστασης ονομάζεται χοάνη δυναμικού του γειωτή. Από τη χοάνη δυναμικού μπορούμε να διαπιστώσουμε την τάση επαφής και τη βηματική τάση. Η τάση επαφής είναι ίση με την πτώση τάσης σε απόσταση στο έδαφος μήκους 1 m από τον γειωτή. Η βηματική τάση είναι η μέγιστη πτώση τάσης σε μήκος 1 m κατά μήκος του πεδίου ροής του ρεύματος στην περιοχή του εδάφους που μας ενδιαφέρει. Η χοάνη δυναμικού δίνει επίσης την περιοχή επίδρασης του γειωτή ή την απόσταση της άπειρης γης. Αξίζει να σημειωθεί ότι η χοάνη δυναμικού δεν εξαρτάται από την ειδική αντίσταση του εδάφους εφόσον φυσικά το έδαφος είναι ομοιογενές. Εξαρτάται μόνο από τη γεωμετρία του γειωτή. Η χοάνη χρησιμοποιείται επίσης για να εκτιμήσουμε το σφάλμα στη μέτρηση της αντίστασης γειωτών.

Η αντίσταση γείωσης εξαρτάται από την ειδική αντίσταση του εδάφους.

Αυτή επηρεάζεται από τα εξής:

Είδος του εδάφους. Ελώδες έδαφος έχει π.χ. πολύ μικρότερη αντίσταση απ' ότι ο ξηρός βράχος.

Υγρασία. Η αντίσταση μειώνεται όταν αυξάνεται η υγρασία του εδάφους.

Θερμοκρασία. Η μεταβολή της αντίστασης του εδάφους με τη θερμοκρασία φτάνει περίπου τα 30% κατά τη διάρκεια του έτους.

Μορφή της τάσης. Σε κρουστικές τάσεις και για γειωτές με μήκος μεγαλύτερο από τα 10 m έχει παρατηρηθεί άνοδος της αντίστασης.

Έχει μετρηθεί ότι η επίδραση της υγρασίας και της θερμοκρασίας είναι μεγαλύτερη σε μικρά βάθη (0.5-1m) παρά σε μεγάλα βάθη. Έτσι ο γειωτής ράβδου που είναι σε μεγάλο βάθος σε σύγκριση με ένα επιφανειακό γειωτή παρουσιάζει το πλεονέκτημα της σταθερότητας της αντίστασης κατά τη διάρκεια του έτους

7.3.8 Συστήματα σύνδεσης γειώσεων

Κάθε σύστημα σύνδεσης γειώσεων, βάσει του προτύπου ΕΛΟΤ HD 384, συμβολίζεται με δύο γράμματα και σε ορισμένες περιπτώσεις χρησιμοποιούνται ένα ή δύο γράμματα επιπλέον.

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

- Ø T = Άμεση σύνδεση ουδετέρου με τη γη,
- Ø 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 στη σχέση των εκτεθειμένων αγωγίμων μερών της εγκατάστασης προς τη γη και χαρακτηρίζει των τρόπο γείωσης αυτών.
- Ø T = Άμεση ηλεκτρική σύνδεση των εκτεθειμένων αγωγίμων μερών με τη γη, ανεξάρτητα από τη γείωση του ουδετέρου του συστήματος τροφοδότησης.
- Ø 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.

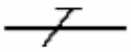

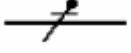
Τα επόμενα γράμματα, αν υπάρχουν, αφορούν στη σχέση του ουδετέρου και του αγωγού προστασίας.

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

Τα συστήματα σύνδεσης γειώσεων που χρησιμοποιούνται, όπως περιγράφονται στο πρότυπο του ΕΛΟΤ HD 384, είναι:

Σύστημα σύνδεσης TN

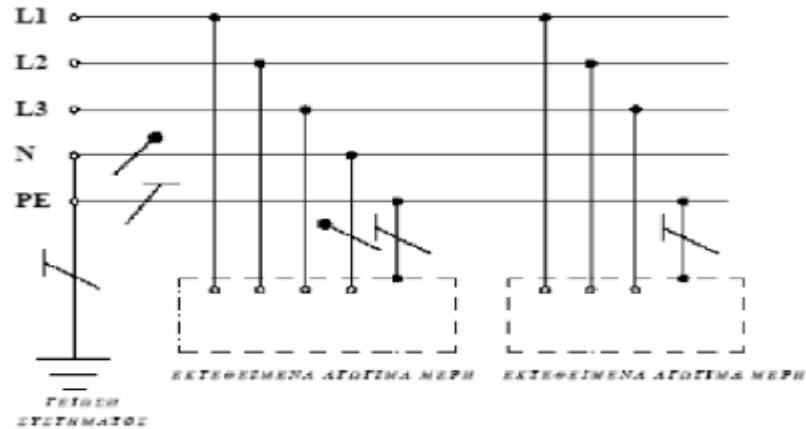
Τα δίκτυα τροφοδότησης, στα οποία εφαρμόζεται το σύστημα TN, έχουν τον ουδέτερο άμεσα γειωμένο προς τη γη, ενώ τα εκτεθειμένα αγωγίμα μέρη της εγκατάστασης συνδέονται με τον ουδέτερο μέσω του αγωγού προστασίας. Υπάρχουν τρεις μορφές συνδεσμολογίας του συστήματος σύνδεσης γειώσεων TN ανάλογα με τη σχέση του ουδετέρου και του αγωγού προστασίας.

	ΑΓΩΓΟΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ (PE)
	ΟΥΔΕΤΕΡΟΣ ΑΓΩΓΟΣ (N)
	ΑΓΩΓΟΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ & ΟΥΔΕΤΕΡΟΣ ΜΑΖΙ (PEN)

Σύμβολα αγωγών

∅ Σύστημα TN-S

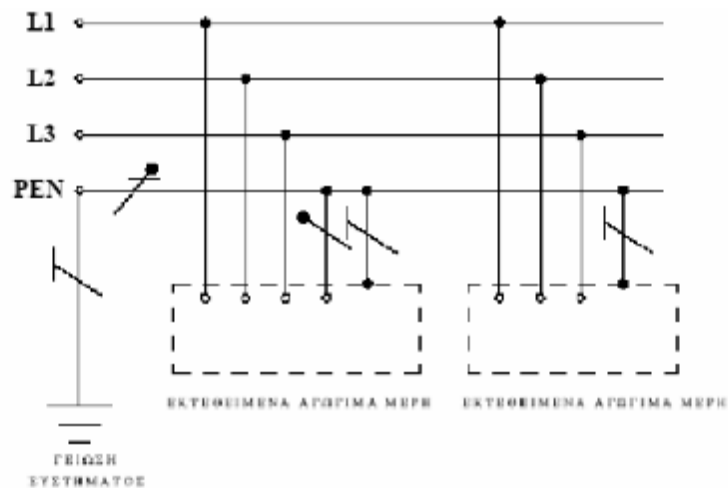
Στο σύστημα TN-S ο ουδέτερος (N) και ο αγωγός προστασίας (PE) είναι χωριστοί (S=separated), όπως φαίνεται στο σχήμα



Χωριστοί ουδέτερος και αγωγός προστασίας σε όλο το σύστημα

∅ Σύστημα TN-C

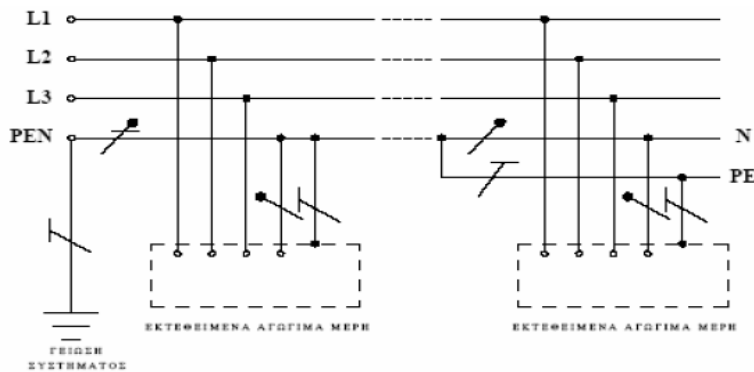
Στο σύστημα TN-C οι λειτουργίες του ουδέτερου (N) και του αγωγού προστασίας (PE) συνδυάζονται σε ένα μόνο αγωγό (PEN) σε ολόκληρο το σύστημα (C=common) όπως φαίνεται στο σχήμα



Οι λειτουργίες ουδέτερου και προστασίας συνδυάζονται σε ένα μόνο αγωγό σε ολόκληρο το σύστημα

Ø 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 όπως φαίνεται και στο σχήμα.

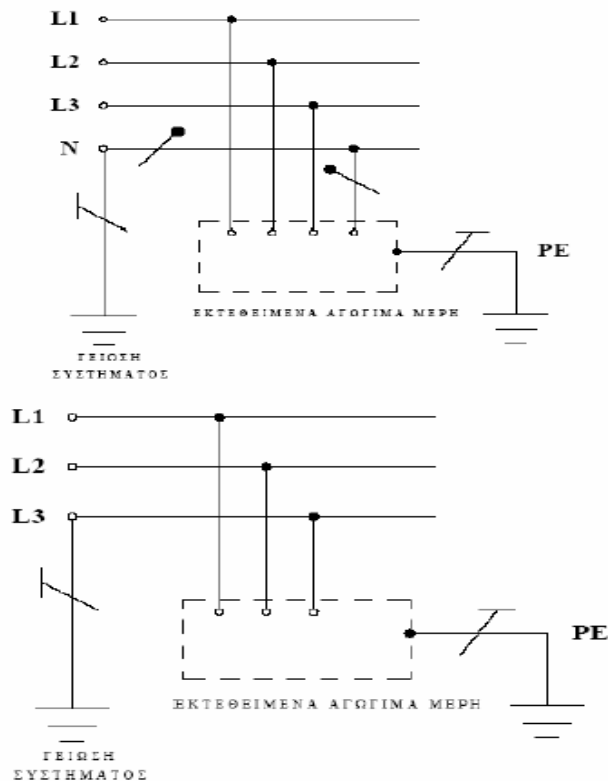


Οι λειτουργίες ουδέτερου και προστασίας συνδυάζονται σε ένα μόνο αγωγό σε ένα μέρος του συστήματος

Σύστημα σύνδεσης γειώσεων TN-C-S

Ø Συστήματα σύνδεσης γειώσεων TT

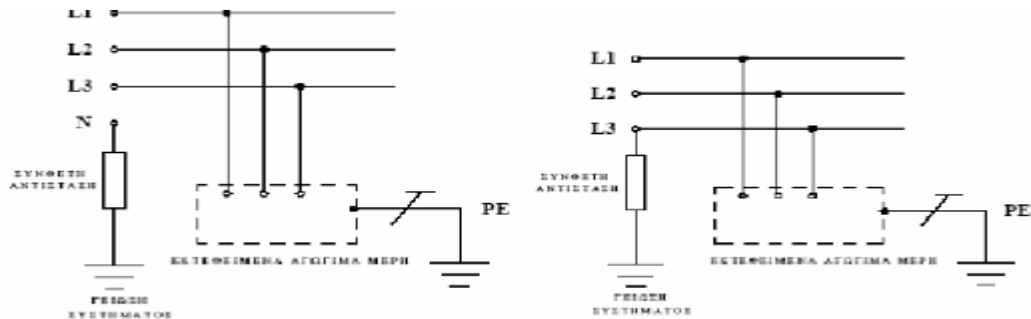
Τα συστήματα τροφοδότησης, στα οποία εφαρμόζεται το σύστημα TT, έχουν τον ουδέτερο άμεσα γειωμένο προς τη γη, ενώ τα εκτεθειμένα αγωγιμα μέρη της εγκατάστασης συνδέονται με ηλεκτρόδια γείωσης ηλεκτρικώς ανεξάρτητα από τη γείωση του συστήματος τροφοδότησης όπως φαίνεται στο σχήμα.



Ο ουδέτερος μπορεί να διανέμεται ή όχι

Ø Σύστημα σύνδεσης γειώσεων 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 όπως φαίνεται στο σχήμα.



Ο ουδέτερος μπορεί να διανέμεται ή όχι

7.3.9 Προστασία έναντι ηλεκτροπληξίας

Ο άνθρωπος μπορεί να υποστεί ηλεκτροπληξία όταν έρθει σε επαφή με δύο μεταλλικά ή αγωγίμα μέρη που έχουν διαφορά δυναμικού. Αυτά είναι κυρίως:

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, π.χ. το περίβλημα μιας ηλεκτρικής κουζίνας που έχει βραχυκυκλωθεί με ένα ενεργό αγωγό, με τη γη ή με γειωμένα αντικείμενα.

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. 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 καταστραμμένης 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 τίθεται υπό τάση. Μία 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. Ένα άτομο που πατάει στο έδαφος, κοντά στο σημείο που έχει γίνει το σφάλμα, υποβάλλεται σε μια τάση μεταξύ των ποδιών του, τη βηματική τάση, η οποία μπορεί να προκαλέσει ηλεκτροπληξία. Το μέγεθος που καθορίζει την ηλεκτροπληξία είναι η τάση επαφής V_T και είναι η τάση που εμφανίζεται μεταξύ δυο αγωγίμων μερών. Τα μέτρα που εφαρμόζονται διεθνώς έναντι της ηλεκτροπληξίας κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες:

Μηδενική τάση επαφής εξασφαλίζεται με τα εξής μέσα:

- Ø Ισχυρή μόνωση
- Ø Φράγματα ή περιβλήματα
- Ø Εμπόδια
- Ø Χωροθέτηση σε απρόσιτη θέση
- Ø Χώροι με μη αγώγιμο δάπεδο
- Ø Χώροι με ισοδυναμικές συνδέσεις
- Ø Αγεώτα συστήματα (γαλβανικά απομονωμένα)
- Ø Χρήση πολύ χαμηλών τάσεων
- Ø Ταχεία απόζευξη επικίνδυνων τάσεων

τα πρότυπα HD 384 καθορίζουν τα μέτρα αυτά προστασίας κατά της ηλεκτροπληξίας και ισχύουν σε όλη την Ε.Ε. Στην ελληνική νομοθεσία επιβάλλονται οι τρόποι προστασίας από το πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384.

7.4 Προστασία έναντι άμεσης επαφής

Η προστασία των ατόμων έναντι ηλεκτροπληξίας σε άμεση επαφή τους με τα ενεργά μέρη μιας εγκατάστασης ΧΤ πρέπει να εξασφαλίζεται με συγκεκριμένα μέτρα ως ακολούθως:

Μόνωση ενεργών αγωγών έτσι ώστε να αντέχουν τις περιβαλλοντικές συνθήκες π.χ. στη θερμική, ηλεκτρική, μηχανική ή άλλες καταπονήσεις.

Περιβλήματα ή φράγματα.

Εμπόδια που δεν επιτρέπουν την ακούσια επαφή με τα υπό τάση μέρη.

Εγκατάσταση σε απρόσιτη θέση που δεν επιτρέπουν την ακούσια επαφή με υπό τάση στοιχεία. Οι δύο τελευταίες μέθοδοι εφαρμόζονται από ειδικευμένο προσωπικό. Δεν εξασφαλίζουν πλήρη προστασία γι' αυτό πρέπει να εφαρμόζονται σε ελεγχόμενους χώρους όπως είναι οι υποσταθμοί. Οι δύο πρώτες μέθοδοι εφαρμόζονται σε όλες τις περιπτώσεις δηλαδή και από ανειδίκευτα άτομα. Στα υπο προστασία κυκλώματα συνίσταται η επικουρική προστασία, σε άμεση επαφή, με τη χρήση διαφορικού διακόπτη ρεύματος.

7.4.1 Προστασία έναντι έμμεσης επαφής

Επικίνδυνη έμμεση επαφή προέρχεται από την καταστροφή ή ανεπάρκεια της κύριας μόνωσης, οπότε τμήματα υπό τάση μπορεί να έλθουν σε επαφή με προσβάσιμα μεταλλικά μέρη και στη συνέχεια με το ανθρώπινο σώμα προκαλώντας ηλεκτροπληξία. Αυτά είναι:

Εξωτερικά εκτιθέμενα, αγώγιμα τμήματα ηλεκτρικών συσκευών όπως για παράδειγμα το βραχυκύκλωμα φάσης προς το μεταλλικό κέλυφος μιας ηλεκτρικής κουζίνας.

Ξένα αγώγιμα τμήματα, π.χ. η σωλήνα της κεντρικής θέρμανσης, ένα μεταλλικό παράθυρο

Οι μέθοδοι προστασίας είναι οι εξής:

1. Η αποσύνδεση της τροφοδότησης του σφάλματος
2. Η χρήση υλικού με διπλή ή ενισχυμένη μόνωση
3. Η χρήση μη αγώγιμων χώρων για τη εγκατάσταση
4. Η χρήση αγείωτων ισοδυναμικών συνδέσεων
5. Ο ηλεκτρικός, γαλβανικός διαχωρισμός

7.4.2 Προστασία κατά της ηλεκτροπληξίας σε σφάλματα σε Υ/Σ

Βραχυκυκλώματα στο δίκτυο ΜΤ επηρεάζουν σημαντικά τις τάσεις που διαμορφώνονται στο δίκτυο ΧΤ αν αυτά συμβαίνουν μεταξύ φάσης και γης εντός του Υ/Σ. Οι επιπτώσεις των σφαλμάτων αυτών είναι:

Καταπόνηση των μονώσεων του Μ/Σ και των συσκευών ΧΤ

Επικίνδυνες τάσεις επαφής στους καταναλωτές ΧΤ

Η προστασία στον Υ/Σ διασφαλίζεται με Η/Ν γης, οι οποίοι τοποθετούνται στις γραμμές αναχώρησης ΜΤ από τον παροχέα ηλεκτρικής ενέργειας (ΔΕΗ).

Επιπρόσθετα, στην περίπτωση συστημάτων TN-S, τοποθετούνται εγκαταστάσεις γειώσεων εντός του Υ/Σ. Οι επιτρεπόμενες τιμές γείωσης εμπίπτουν σε δύο κατηγορίες:

1. Κοινή γείωση Rk

2. Μη κοινές γειώσεις RMT,RXT

1. Κοινή γείωση Υ/Σ ΜΤ-ΧΤ και ΧΤ σε σύστημα γειώσεων TN-S.

Σε κοινή γείωση του μεταλλικού του Μ/Σ και του ουδέτερου του δικτύου ΧΤ δεν υπάρχει καταπόνηση της μόνωσης, επάγεται όμως τάση μεταξύ ουδέτερου και γης, η οποία μπορεί να είναι επικίνδυνη για τους καταναλωτές ΧΤ. Σε περίπτωση σφάλματος φάσης –γης, στον Υ/Σ, το ρεύμα σφάλματος ρέει μέσω της κοινής γείωσης και περνά στον ουδέτερο του δικτύου ΧΤ επάγοντας τάση μεταξύ ουδέτερου και γης $V_{NG} = I_f \cdot R_{GT}$ όπου I_f το ρεύμα σφάλματος και R_{GT} η αντίσταση γείωσης του ουδέτερου του Μ/Σ. Αν τότε γίνει σφάλμα μεταξύ ουδέτερου και κελύφους μιας μεταλλικής συσκευής ενός καταναλωτή ΧΤ το ρεύμα σφάλματος περνά στο κέλυφος, δεν αναγνωρίζεται όμως από τους Δ/Ι της φάσης διότι είναι μικρό λόγω της αντίστασης σφάλματος, και έτσι επάγει επικίνδυνες τάσεις επαφής μεταξύ του μεταλλικού κελύφους της συσκευής και της γης. Επειδή οι αντιστάσεις των αγωγών ουδέτερου του δικτύου ΧΤ και προστασίας των καταναλωτών είναι πολύ μικρότερες των αντιστάσεων των ηλεκτροδίων γείωσης του Υ/Σ αλλά και των καταναλωτών ΧΤ γι' αυτό θα ισχύει:

$$V_T = V_{NG} = I_f \cdot R_{GT}$$

δηλαδή δημιουργείται επικίνδυνη τάση επαφής στη ΧΤ.

Χρησιμοποιώντας την καμπύλη του Η/Ν γης της ΔΕΗ, που βρίσκεται στις γραμμές αναχώρησης ΜΤ μετά τους ζυγούς ΜΤ των Υ/Σ ΥΤ-ΜΤ, προκύπτουν οι διάφορες τάσεις επαφής που επάγονται για διάφορες τιμές των αντιστάσεων του ηλεκτροδίου γείωσης του Μ/Σ και οι χρόνοι επιβολής των τάσεων αυτών. Πρέπει εδώ να αναφερθεί ότι τα παραπάνω ισχύουν όταν δεν υπάρχουν συμπληρωματικές ισοδυναμικές συνδέσεις που να εξασφαλίζουν ότι το έδαφος έχει το δυναμικό του ουδέτερου. Βλέπουμε ότι δίχως την ισοδυναμική σύνδεση του ουδέτερου με την γη η προστασία έναντι ηλεκτροπληξίας στη ΧΤ γίνεται μόνο με ρυθμίσεις του Η/Ν γης της ΔΕΗ και επιλογής των αντιστάσεων γείωσης του ουδέτερου του Μ/Σ στον Υ/Σ που δεν είναι απολύτως σαφή. Αν χρησιμοποιηθεί όμως η ισοδυναμική σύνδεση του ουδέτερου τότε:

$$V_{NG'} = V_0 \frac{R_{GN}}{R_{GN} + R_{GP}}$$

Η V_{GN} που εφαρμόζεται μεταξύ του γειωμένου ουδέτερου και γης στην είσοδο μιας εγκατάστασης με σύστημα γείωσης TN-S είναι

Όπου R_{GN} είναι η συνισταμένη αντίσταση όλων των αντιστάσεων γείωσης του ουδέτερου αγωγού κατά μήκος του δικτύου και R_{GP} η αντίσταση γείωσης του καταναλωτή. Η τάση αυτή εφαρμόζεται μεταξύ κελύφους – γης της εγκατάστασης επάγοντας τάση επαφής $V_T = V_{NG}$ (όπου η πτώση τάση στον αγωγό προστασίας PE έχει αμεληθεί λόγω της μικρής τιμής αντίστασης του). Στην περίπτωση αυτή η προστασία, έναντι ηλεκτροπληξίας στη ΧΤ, επιτυγχάνεται με κατάλληλη ρύθμιση του $\Delta\Delta P$ και κατάλληλη επιλογή της αντίστασης γείωσης του καταναλωτή με την προϋπόθεση πάντα ότι υπάρχει, στην εγκατάσταση ΧΤ ισοδυναμική σύνδεση του ουδέτερου με τη γη. Η κοινή γείωση ΜΤ-ΧΤ εφαρμόζεται σε Υ/Σ όπου εκτός των εγκαταστάσεων της ΜΤ υπάρχει και κατανάλωση ΧΤ μέσα στην ίδια περιοχή με σύστημα TN-S. Εκεί επιβάλλεται κοινή γείωση και ισοδυναμική σύνδεση με σύνδεση στο πλέγμα του δαπέδου.

2. Χωριστές γειώσεις Υ/Σ ΜΤ-ΧΤ και ΧΤ σε σύστημα γειώσεων TN-S.

Αυτή είναι η περίπτωση όπου δεν μπορεί να επαχθεί τάση μεταξύ ουδέτερου του δικτύου και γης. Το ρεύμα σφάλματος ρέει κατευθείαν προς τη γη οπότε δεν γίνεται επικίνδυνο για τους καταναλωτές στη ΧΤ. Καταπονείται όμως η μόνωση του συστήματος ΧΤ λόγω του ρεύματος σφάλματος που ρέει προς τα μεταλλικά αγωγίμα μέρη της ΜΤ. Έτσι επάγεται τάση

$$V_1 = I_f \cdot R_{GT} + V_0$$

μεταξύ του γειωμένου κελύφους του Μ/Σ και των ενεργών αγωγών της ΧΤ στο δευτερεύον του Μ/Σ που μπορεί να καταστρέψει τη μόνωσή του. Η καταστροφή της

μόνωσης μπορεί να αποφευχθεί με ένα απαγωγέα τάσεων συνδεδεμένο μεταξύ ουδέτερου ΧΤ και μεταλλικών μερών της ΜΤ. Οι ξεχωριστές γειώσεις της ΜΤ και ΧΤ δεν συζεύγονται όταν απέχουν πάνω από 20 m μεταξύ τους. Πρέπει η αντίσταση γείωσης του Υ/Σ ΜΤ-ΧΤ να πληρεί τις συνθήκες

$$I_f \cdot R_{GT} < 250V \text{ για } t_d > 5\text{sec}$$

$$I_f \cdot R_{GT} < 1200V \text{ για } t_d < 5\text{sec}$$

8. Βιβλιογραφία

1. Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις καταναλωτών. Ντοκόπουλος Π. 2005
2. Δίκτυα-Σταθμοί, Παραγωγή, Μεταφορά, Διανομή Ηλεκτρικής Ενέργειας
Φίλιππος Δημόπουλος, Τσαραμιάδης Παναγιώτης.
3. Δίκτυα Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας Τόμος Ι, Παπαδόπουλος 1994
4. Εφαρμογές κτιριακών και βιομηχανικών εγκαταστάσεων. Μπούρκας Π. 1998
5. Παραγωγή-Μεταφορά-Διανομή Ηλεκτρικής Ενέργειας, Υποσταθμοί-
Προστασία, Αθήνα, Κατοπώδης, Νιάρχος
6. Προστασία συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας. Παπαδόπουλος Μ. 1997
7. Ευάγγελος Ν. Διαλυνάς, Αξιοπιστία Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας,
Αθήνα 1996
8. Κ. Βουρνάς, Γ. Κονταξής , Εισαγωγή στα Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας,
Αθήνα 2001