

**ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ**

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΕ

**Πτυχιακή Εργασία
1477**

**«ΜΕΛΕΤΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΥ ΜΕΡΟΣ ΔΙΚΤΥΟΥ
ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ»**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ:
ΜΠΟΥΝΤΑΛΗΣ ΧΡΗΣΤΟΣ
ΓΚΟΓΚΟ ΣΚΕΡΝΤΙΑΝ**

**ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ:
ΝΙΚΟΣ ΣΧΟΙΝΑΣ**

ΠΑΤΡΑ 2018

Copyright © ΜΠΟΥΝΤΑΛΗΣ ΧΡΗΣΤΟΣ
ΓΚΟΓΚΟ ΣΚΕΡΝΤΙΑΝ

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος, All rights reserved

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τους συγγραφείς.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τους συγγραφείς και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος.....	6
Περίληψη.....	7
1	Εισαγωγή 8
1.1	Ο ηλεκτρισμός στην Ελλάδα-Ιστορικά στοιχεία 8
1.2	Δίκτυο μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας 11
2	Δίκτυα Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας..... 13
2.1	Ανοιχτά και κλειστά δίκτυα διανομής 14
2.2	Αστικά δίκτυα..... 16
2.2.1	Μελέτη αστικών δικτύων εντός σχεδίου 16
2.2.2	Τοποθέτηση στύλων ως προς τις οικοδομές 18
2.3	Δίκτυα Μ.Τ. 21
2.3.1	Εναέρια δίκτυα Μ.Τ..... 21
2.3.2	Εναέρια δίκτυα Μ.Τ..... 22
2.4	Δίκτυα Μ.Τ. 24
2.4.1	Εναέρια δίκτυα διανομής Χ.Τ..... 24
2.4.2	Υπόγεια Δίκτυα Χ.Τ..... 24
2.5	Επίτονοι- Αντηρίδες - Δίδυμοι στύλοι..... 24
3	ΜΟΝΩΜΕΝΟΙ ΑΓΩΓΟΙ ΚΑΙ ΚΑΛΩΔΙΑ Μ.Τ.– Χ.Τ..... 30
3.1	Γενικά 30
3.2	Αγωγοί καλωδίων..... 31
3.2.1	Χρωματισμός μόνωσης καλωδίων 33
3.3	Μόνωση 34
3.4	Μηχανική καταπόνηση των καλωδίων 36
3.5	Τα είδη αγωγών στα δίκτυα ΜΤ και ΧΤ..... 36
3.6	Εγκατάσταση των καλωδίων..... 37
3.7	Ακροδέκτες καλωδίων ΧΤ 39
3.8	Χαρακτηρισμός καλωδίων ΧΤ 40
3.9	Γείωση καλωδίων 40
3.10	Παράγοντες που προσδιορίζουν το μέγιστο διαρκώς επιτρεπόμενο θερμικό ρεύμα 42
3.10.1	Μέγιστο επιτρεπόμενο θερμικό ρεύμα σε καλώδια και αγωγούς εγκαταστάσεων Χ.Τ κατά τους ΚΕΗΕ..... 43
3.10.2	Μέγιστο συνεχώς επιτρεπόμενο ρεύμα σε καλώδια Χ.Τ και Μ.Τ κατά VDE 0298 και οδηγία 26 της ΔΕΗ 47
3.10.3	Προστασία γραμμών και καλωδίων..... 49
4	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΩΝ ΚΑΛΩΔΙΩΝ 50
4.1	Παράγοντες που προσδιορίζουν το μέγιστο επιτρεπόμενο θερμικό ρεύμα..... 50
4.2	Υλικά μη μονωμένων αγωγών 52
4.3	Επιτρεπόμενο ρεύμα βραχυκυκλώματος και υπολογισμός..... 52
4.4	Προστασία γραμμών και καλωδίων 57
5	ΜΕΣΑ ΖΕΥΞΗΣ-ΑΠΟΖΕΥΞΗΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΧΤ 61
5.1	Μέσα ζεύξης-απόζευξης ΧΤ..... 61
5.1.1	Μηχανικοί διακόπτες φορτίου..... 61
5.1.2	Ρελέ ισχύος..... 62

5.1.3	Βοηθητικά ρελέ	63
5.1.4	Βοηθητικά ρελέ	64
5.1.5	Ασφάλειες τήξης.....	64
5.1.6	Διακόπτες ισχύος ΧΤ, αυτόματοι.....	66
5.1.7	Διακόπτες διαφορικού ρεύματος (ΔΔΡ).....	69
6	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΧΤ	72
6.1	Κανονισμοί Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων	72
6.2	Γενικοί Κανόνες Σχεδίασης Ηλεκτρικής Εγκατάστασης	74
6.3	Μετρητές της ΔΕΗ.....	77
6.4	Τηλεχειρισμός ακουστικών συχνοτήτων	79
6.5	Είδη πινάκων.....	81
6.6	ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΣΦΑΛΕΙΕΣ ΤΟΥ ΚΕΝΤΡΙΚΟΥ ΠΙΝΑΚΑ.....	91
6.7	Εγκαταστάσεις παροχέτευσης ΧΤ	92
6.8	Προστασία ηλεκτρικών εγκαταστάσεων ΧΤ σε υπερτάσεις.....	93
6.8.1	Απαγωγείς τάσεων ΧΤ	93
7	ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ.....	95
7.1	ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΑΠΟ ΥΠΕΡΕΝΤΑΣΕΙΣ, ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑΤΑ.....	95
7.2	ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΑΠΟ ΔΙΑΦΥΓΗ ΕΝΤΑΣΗΣ	96
7.2.1	Διακόπτης διαφυγής έντασης	96
7.3	ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΑ - ΠΕΡΙΟΡΙΣΤΕΣ ΥΠΕΡΤΑΣΕΩΝ	101

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Απο την ανακάλυψη του ηλεκτρισμού, και καθώς έγινε σημαντικός για σχεδόν ότι αφορά την καθημερινότητα μας, η ανθρωπότητα είχε να αντιμετωπίσει μεγάλα προβλήματα. Το μεγαλύτερο το οποίο κάνει τη ζωή όλων δυσκολότερη, από πολλές πλευρές, ήταν και είναι το πώς θα παράγουμε ενέργεια, καθώς και η ανεύρεση των πηγών της. Αυτό, όμως, δεν ήταν το μόνο θέμα. Ο ηλεκτρισμός άλλαξε τη ζωή μας, αλλά πρώτα έπρεπε να βρούμε ένα τρόπο να διανείμουμε την ηλεκτρική ενέργεια σε κάθε σπίτι.

Στην Ελλάδα, υπεύθυνη γι' αυτή τη δύσκολη δουλειά ήταν η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (ΔΕΗ). Το 2005, η ΔΕΗ έδωσε τις αρμοδιότητες της μεταφοράς και διανομής ενέργειας σε έναν ανεξάρτητο οργανισμό, μαζί με το ίδιο το δίκτυο, το οποίο μέχρι τότε της ανήκε. Μερικά χρόνια αργότερα, ιδρύθηκε ο ΔΕΔΔΗΕ, ο οποίος ήταν πλέον υπεύθυνος για την κατασκευή και συντήρηση των δικτύων διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτή η δουλειά είναι βασισμένη σε αυστηρά πλαίσια και διαδικασίες γνωμοδοτούμενες από τη ΔΕΗ, η οποία ήταν άκρως πεπειραμένη σε αυτό τον τομέα. Κάθε κίνηση στην όλη διαδικασία είναι τυποποιημένη (υλικά, κατασκευές, όρια ασφαλείας κλπ.), ώστε να εξασφαλιστεί η αξιοπιστία του δικτύου.

Αυτή η εργασία έχει σκοπό να σας παρουσιάσει τη μεθοδολογία της μελέτης, του σχεδιασμού και της κατασκευής ενός δικτύου διανομής ηλεκτρικής ενέργειας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία, παρατίθενται τα απαραίτητα θεωρητικά στοιχεία για την μελέτη και την σχεδίαση ενός πραγματικού δικτύου διανομής ηλεκτρικής ενέργειας.

Συγκεκριμένα, περιέχει μια ιστορική αναδρομή της ηλεκτρικής ενέργειας, αναλύονται τα μέσα ζεύξης – απόζευξης και προστασίας ΜΤ-ΧΤ καθώς και ο εξοπλισμός για το δίκτυο ΜΤ-ΧΤ. Αναφορά στα στοιχεία των γραμμών και στο τρόπο ούτος ώστε μια γραμμή διανομής να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις του σχεδιασμού και χρήσης και καθώς επίσης και σε μελλοντικές απαιτήσεις. Στη συνέχεια, επισημαίνονται τα χαρακτηριστικά στοιχεία, καθώς και οι τρόποι επιλογής και προστασίας των Μ/Σ ισχύος, οι οποίοι έχουν τον ρόλο του μετασχηματισμού της τάσης από 20 KV σε 0,4 KV. Γίνεται μια αναφορά στα καλώδια ΜΤ και ΧΤ καθώς και την προστασίας τους. Το πιο σημαντικό πρόβλημα του δικτύου διανομής είναι το φαινόμενο της πτώσης τάσης κατά μήκος των αγωγών τροφοδοσίας. Το φαινόμενο αυτό προκαλεί την μείωση της τάσης στις ενεργές συσκευές του δικτύου, που κατά κύριο λόγο οφείλεται στην ροή ηλεκτρικού ρεύματος από την πεπερασμένη αντίσταση των αγωγών. Αναφέρονται ακόμα τα είδη βραχυκυκλωμάτων και η μεθοδολογία για τους υπολογισμούς των ρευμάτων βραχυκύκλωσης.

1 Εισαγωγή

1.1 Ο ηλεκτρισμός στην Ελλάδα-Ιστορικά στοιχεία

Το 1889 φτάνει το "ηλεκτρικό" στην Ελλάδα. Η Γενική Εταιρεία Εργοληψιών, κατασκευάζει στην Αθήνα, στην οδό Αριστείδου, την πρώτη μονάδα παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος. Το πρώτο κτίριο που φωτίζεται είναι τα Ανάκτορα και πολύ σύντομα ο ηλεκτροφωτισμός επεκτείνεται στο ιστορικό κέντρο της πρωτεύουσας. Τον ίδιο χρόνο η τουρκοκρατούμενη Θεσσαλονίκη θα δει κι αυτή το ηλεκτρικό φως καθώς Βελγική εταιρία αναλαμβάνει απ' τις Τουρκικές αρχές το φωτισμό και την τροχοδρόμηση της πόλης με την κατασκευή εργοστασίου παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Δέκα χρόνια αργότερα οι πολυεθνικές εταιρίες ηλεκτρισμού κάνουν την εμφάνισή τους στην Ελλάδα. Η αμερικανική εταιρία Thomson-Houston με τη συμμετοχή της Εθνικής Τράπεζας θα ιδρύσει την Ελληνική Ηλεκτρική Εταιρία που θα αναλάβει την ηλεκτροδότηση κι άλλων μεγάλων Ελληνικών πόλεων. Μέχρι το 1929 θα ηλεκτροδοτηθούν 250 πόλεις με πληθυσμό πάνω από 5.000 κατοίκους. Στις πιο απόμακρες περιοχές, που ήταν ασύμφορο για τις μεγάλες εταιρίες να κατασκευάσουν μονάδες παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος, την ηλεκτροδότηση αναλαμβάνουν ιδιώτες ή δημοτικές και κοινοτικές αρχές κατασκευάζοντας μικρά εργοστάσια.

Το 1950 υπήρχαν στη Ελλάδα 400 περίπου εταιρείες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Η πρώτη ύλη που χρησιμοποιούσαν ήταν το πετρέλαιο και ο γαιάνθρακας που φυσικά εισάγονταν από το εξωτερικό. Η κατάτμηση αυτή της παραγωγής, σε συνδυασμό με τα εισαγόμενα καύσιμα, εξωθούσε την τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος στα ύψη (τριπλάσιες ή και πενταπλάσιες τιμές απ' αυτές που ίσχυαν στις Ευρωπαϊκές χώρες). Το ηλεκτρικό λοιπόν ήταν ένα αγαθό πολυτελείας, αν και τις περισσότερες φορές παρεχόταν με ωράριο και οι ξαφνικές διακοπές ήταν σύνηθες φαινόμενο. Για να εξαπλωθεί η ηλεκτρική ενέργεια ομοιόμορφα σε όλη τη χώρα και για να αξιοποιηθεί αποτελεσματικά τόσο στη βιομηχανία όσο και στην ύπαιθρο, έπρεπε να υπάρξουν οι εξής προϋποθέσεις:

- Αξιοποίηση των εγχώριων πλουτοπαραγωγικών πόρων, που απαιτούσε όμως τεράστιες επενδύσεις, οι οποίες δεν μπορούσαν να πραγματοποιηθούν από τους μεμονωμένους βιομηχάνους παραγωγής ενέργειας.
- Ενοποίηση της παραγωγής σε ενιαίο διασυνδεδεμένο δίκτυο, ώστε τα φορτία να επιμερίζονται σε εθνική κλίμακα.
- Ύπαρξη ενιαίου φορέα που θα επέτρεπε τον επιμερισμό του κόστους ανάμεσα στις κερδοφόρες και ζημιογόνες περιοχές.

Τις προϋποθέσεις αυτές κάλυψε η ΔΕΗ με τον πλέον επιτυχή τρόπο.

Ο ρόλος της ΔΕΗ στην εξάπλωση του ηλεκτρισμού

Έτσι τον Αύγουστο του 1950 ιδρύεται η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού, για να λειτουργήσει "χάριν του δημοσίου συμφέροντος" με σκοπό τη χάραξη και εφαρμογή μιας εθνικής ενεργειακής πολιτικής, η οποία μέσα από την εντατική εκμετάλλευση των εγχώριων πόρων, να κάνει το ηλεκτρικό ρεύμα κτήμα και δικαίωμα του κάθε Έλληνα πολίτη, στη φθηνότερη δυνατή τιμή.

Αμέσως με την ίδρυσή της, η ΔΕΗ στρέφεται προς την αξιοποίηση των εγχώριων πηγών ενέργειας ενώ ξεκινά και η ενοποίηση των δικτύων σε ένα εθνικό διασυνδεδεμένο σύστημα. Τα πλούσια λιγνιτικά κοιτάσματα του ελληνικού υπεδάφους που είχαν νωρίτερα εντοπισθεί, άρχισαν να εξορύσσονται και να χρησιμοποιούνται ως καύσιμη ύλη στις λιγνιτικές μονάδες ηλεκτροπαραγωγής που δημιουργούσε. Παράλληλα, η Επιχείρηση ξεκίνησε την αξιοποίηση της δύναμης των υδάτων με την κατασκευή υδροηλεκτρικών σταθμών στα μεγάλα ποτάμια της χώρας.

Αρκετά νωρίς, το 1956, αποφασίστηκε η εξαγορά όλων των ιδιωτικών και δημοτικών επιχειρήσεων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ώστε να υπάρχει ένας ενιαίος φορέας διαχείρισης. Σιγά σιγά, η ΔΕΗ εξαγόρασε όλες αυτές τις επιχειρήσεις και ενέταξε το προσωπικό τους στις τάξεις της. Σε όλα αυτά τα χρόνια της παρουσίας της, αγωνίστηκε και πέτυχε την ενεργειακή αυτονομία της χώρας και έφερε σε πέρας το σπουδαίο έργο του εξηλεκτισμού της δημιουργώντας ταυτόχρονα το μεγαλύτερο μέρος της βαριάς ελληνικής βιομηχανίας. Το ηλεκτρικό ρεύμα έφτασε με επάρκεια σε

κάθε άκρη της ελληνικής γης. Από τα μικρά ακριτικά νησιά μας ως τους πιο απόμακρους οικισμούς της ορεινής Ελλάδας.

Η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού Α.Ε. είναι η μεγαλύτερη εταιρία παραγωγής και προμήθειας ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα, με περίπου 7,5 εκατομμύρια πελάτες.

Διαθέτει σήμερα μια μεγάλη υποδομή σε εγκαταστάσεις ορυχείων λιγνίτη, παραγωγής, μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Κατέχει περίπου το 70% της εγκατεστημένης ισχύος των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής στην Ελλάδα συμπεριλαμβάνοντας στο ενεργειακό της μείγμα λιγνιτικούς, υδροηλεκτρικούς και πετρελαϊκούς σταθμούς, καθώς και σταθμούς φυσικού αερίου, αλλά και μονάδες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ). Μετά την απόσχιση των κλάδων Μεταφοράς και Διανομής, δημιουργήθηκαν δύο 100% θυγατρικές εταιρείες της ΔΕΗ Α.Ε., ο ΑΔΜΗΕ Α.Ε. (Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας Α.Ε.) και ο ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε. (Διαχειριστής Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας Α.Ε.). Ο ΑΔΜΗΕ Α.Ε. έχει την ευθύνη της διαχείρισης, λειτουργίας, ανάπτυξης και συντήρησης του Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας και των διασυνδέσεών του, ενώ ο ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε. έχει την ευθύνη για την διαχείριση, ανάπτυξη, λειτουργία και συντήρηση του Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας.

Ο ρόλος του ΔΕΔΔΗΕ

Η ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε. (Διαχειριστής του Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας) συστάθηκε με την απόσχιση του κλάδου Διανομής της ΔΕΗ Α.Ε. σύμφωνα με το Ν. 4001/2011 με σκοπό να αναλάβει τα καθήκοντα του Διαχειριστή του Ελληνικού Δικτύου Διανομής. Είναι κατά 100% θυγατρική εταιρεία της ΔΕΗ Α.Ε., ωστόσο είναι ανεξάρτητη λειτουργικά και διοικητικά .

Έργο του ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε είναι η λειτουργία , η συντήρηση και η ανάπτυξη του δικτύου διανομής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα και η διασφάλιση της διαφανούς και αμερόληπτης πρόσβασης των καταναλωτών και γενικότερα όλων των χρηστών του δικτύου. Το υφιστάμενο δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας καταλαμβάνει συνολικά έκταση μήκους 228900 χιλιομέτρων εκ των οποίων τα 107500 χιλιόμετρα αφορούν δίκτυο Μέσης Τάσης και τα 121400 χιλιόμετρα δίκτυο

Χαμηλής Τάσης . Επίσης στο δίκτυο υπάρχουν 155000 υποσταθμοί Μέσης Τάσης προς Χαμηλή Τάση .

Ο ΔΕΔΔΗΕ για να μπορέσει να ανταποκριθεί στο πολύ εξειδικευμένο και δύσκολο κομμάτι της κατασκευής – αφαίρεσης και ανακατασκευής του Δικτύου Διανομής ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιεί τη μέθοδο ανάθεσης εργολαβιών. Χρησιμοποιεί δηλαδή εξωτερικούς συνεργάτες οι οποίοι αναδεικνύονται μετά από διαγωνισμούς που προκηρύσσει και αναλαμβάνουν την συντήρηση και επέκταση του Δικτύου Διανομής. Ο ΔΕΔΔΗΕ αναλαμβάνει την εκπόνηση των μελετών και την επίβλεψη των έργων.

Για τον πληρέστερο και αποτελεσματικότερο έλεγχο των εξωτερικών του συνεργατών ο ΔΕΔΔΗΕ είναι οργανωμένος σε διοικητικές περιφέρειες . Κάθε διοικητική περιφέρεια απαρτίζεται από διοικητικές περιοχές. Κάθε διοικητική περιοχή αναλαμβάνει τον συντονισμό και την επίβλεψη των έργων που αφορούν το Δίκτυο Διανομής ηλεκτρικής ενέργειας που επεκτείνεται εντός των γεωγραφικών της ορίων.

1.2 Δίκτυο μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας

Η ηλεκτρική ενέργεια μεταφέρεται από τα εργοστάσια παραγωγής στα κέντρα κατανάλωσης μέσω των γραμμών υψηλής τάσης (400 KV, 150 KV & 66KV). Η τάση των 400 KV μεταφέρεται στα Κέντρα Υψηλής Τάσης (ΚΥΤ), υποβιβάζεται σε τάση 150 KV και, στη συνέχεια, μέσω των Υποσταθμών Υψηλής Τάσης σε τάσεις 66KV και 20KV (μέση τάση) με τις οποίες τροφοδοτούνται αντίστοιχα βιομηχανίες και τα αστικά κέντρα ή διάφορες επαγγελματικές δραστηριότητες. Η μέση τάση των 20KV υποβιβάζεται μέσω των Υποσταθμών Διανομής σε χαμηλές τάσεις 220V ή 380V με την οποία τροφοδοτούνται μεγάλα κτιριακά συγκροτήματα. Οι Υποσταθμοί Διανομής τοποθετούνται εναέρια σε κολώνες ή στα υπόγεια μεγάλων κτιρίων.

Οι γραμμές μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να είναι εναέριες και υπόγειες. Από τις υπόγειες γραμμές δημιουργούνται στον περιβάλλοντα χώρο μόνο μαγνητικά πεδία.

Όρια έκθεσης του πληθυσμού στην Ελληνική Νομοθεσία – Συχνότης 50Hz

Ένταση Ηλεκτρικού Πεδίου (E)	5 KV/m
Μαγνητική Επαγωγή (B)	100 μ T

**Τιμές ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων εναέριων γραμμών σε ύψος 1,5 μ .
(Στοιχεία Ελληνικής Επιτροπής Ατομικής Ενέργειας)**

		Ένταση Ηλεκτρ. Πεδίου E (KV/m)	Μαγνητική Επαγωγή B (μ T)
Γραμμές 400 KV	Κάτω από αγωγούς	2-4	1-4
	25 μ . παραπλεύρως	0,2-0,5	0,5-2
Γραμμές 150 KV	Κάτω από αγωγούς	0,5-2	0,3-2
	25 μ . παραπλεύρως	0,05-0,3	0,05-0,2
Γραμμές 20 KV	Κάτω από αγωγούς	0,2	0,2-0,5
	25 μ . παραπλεύρως	0,01-0,02	0,01-0,05

Οι εναέριες γραμμές χαμηλής τάσης δημιουργούν πολύ μικρά ηλεκτρικά πεδία. Τα μαγνητικά πεδία ανέρχονται σε μερικά μ T πλησίον των αγωγών και είναι αμελητέα σε απόσταση μερικών μέτρων.

Τα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία γύρω από τους υποσταθμούς σχηματίζονται από τις γραμμές που συνδέονται προς αυτούς και όχι από τους μετασχηματιστές και τον υπόλοιπο εξοπλισμό [1].

2 Δίκτυα Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας

Όταν λοιπόν μιλάμε για μελέτη ενός δικτύου, αναφερόμαστε σε όλα εκείνα τα στοιχεία που πρέπει να μελετήσουμε, έτσι ώστε το δίκτυο που θα κατασκευαστεί να παρέχει τη δυνατότητα απρόσκοπτης τροφοδότησης των ηλεκτρικών φορτίων που μας δίνονται, ή πρέπει να εκτιμήσουμε, σε βάθος χρόνου περίπου 30 ετών (η πραγματική διάρκεια ζωής ενός δικτύου που συντηρείται σωστά υπερβαίνει τα 50 έτη).

Αυτό σημαίνει ότι πρέπει να έχουμε εξασφαλίσει τη μηχανική αντοχή και ηλεκτρική επάρκεια όλων των στοιχείων του δικτύου και στις δυσμενέστερες συνθήκες, όπως αυτές προσδιορίζονται από τον ΚΕΣΥΓΗΕ (Κανονισμός Εγκατάστασης Συντήρησης Υπαίθριων Γραμμών Ηλεκτρικής Ενέργειας) που αποτελεί νόμο του κράτους (με ότι αυτό συνεπάγεται) και τις απαιτήσεις της ΔΕΗ, όπου αυτές είναι αυστηρότερες.

Η σωστή επιλογή της όδευσης της γραμμής, της μηχανικής επιφόρτισης, της τήρησης των ορίων ασφαλείας, της κλάσης κατασκευής, του είδους του δικτύου (εναέριο-υπόγειο), της διατομής των αγωγών, της προστασίας, του κόστους, αποτελούν αντικείμενα που θα κρίνουν πόσο σωστή είναι μια μελέτη σε μακροχρόνια βάση.

Αν μια γραμμή από τα πρώτα έτη κατασκευής της απαιτεί συνεχείς παραλλαγές ή ενισχύσεις, σημαίνει (εκτός ακραίων περιπτώσεων που ήταν αδύνατο να προβλεφθούν) ότι δεν λήφθηκαν υπόψη βασικοί παράγοντες του προβλήματος, με αποτέλεσμα πέραν των δυσμενών επιπτώσεων από την ταλαιπωρία των πελατών να έχουμε και πολύ μεγάλο κόστος για την επιχείρηση.

Αν πάλι ο μελετητής επιλέξει τα στοιχεία του δικτύου, έτσι ώστε να εξασφαλίζει μηχανικές ή ηλεκτρικές δυνατότητες πολύ πέραν εκείνων που πραγματικά απαιτούνται αγνοώντας το κόστος, προσφέρει πολύ κακές υπηρεσίες.

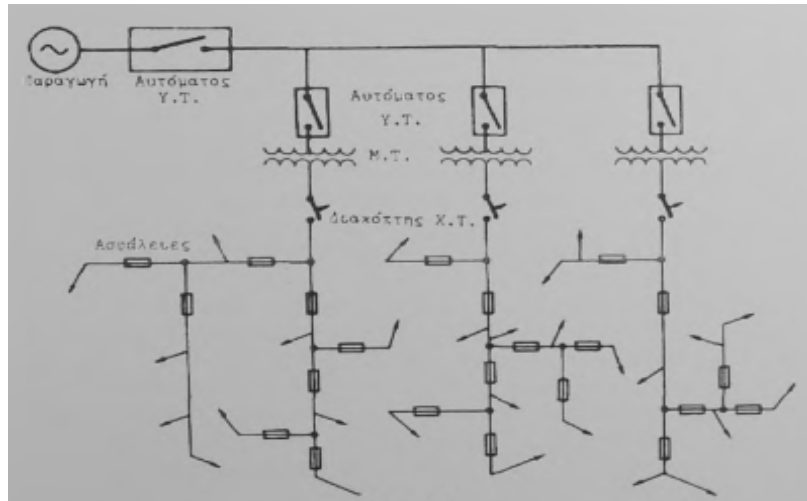
Συνοπτικά, στόχος μιας μελέτης δικτύου είναι η τεχνικά επαρκής διαχρονική λύση με το μικρότερο κόστος και τη μικρότερη αισθητική επιβάρυνση.

Η θεωρία λοιπόν είναι απαραίτητη για την κατανόηση και ανάλυση των προβλημάτων, ενώ η πράξη είναι απαραίτητη για την εμπέδωση της θεωρίας και την βελτίωση της. Άλλωστε είναι γνωστό ότι όλοι οι νόμοι της επιστήμης αρχικά διατυπώθηκαν λόγω της παρατήρησης κάποιων φαινομένων και στη συνέχεια ακολούθησε η θεωρητική απόδειξή τους.

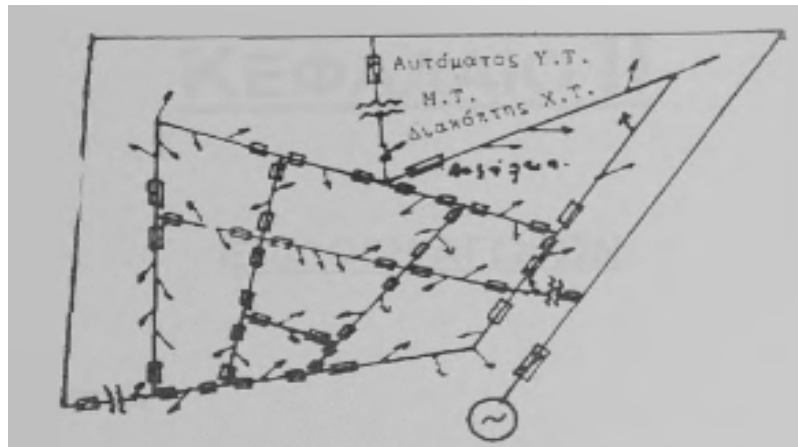
2.1 Ανοιχτά και κλειστά δίκτυα διανομής

Υπάρχουν δύο τρόποι για να χαράξει κανείς ένα δίκτυο Διανομής που θα εξυπηρετήσει ένα ορισμένο αριθμό καταναλωτών. Ο πρώτος τρόπος φαίνεται στο σχήμα 1.1, όπου παρατηρούμε ότι τα φορτία τροφοδοτούνται από μια πλευρά. Αυτό σημαίνει πως αν σε ένα σημείο για οποιοδήποτε λόγο παρουσιασθεί ανωμαλία και καεί η ασφάλεια όλοι οι καταναλωτές που βρίσκονται πέρα από το σημείο αυτό θα μείνουν αναγκαστικά χωρίς τάση πράγμα που όπως έχουμε αναφέρει, πρέπει να αποφεύγουμε με κάθε τρόπο. Ένα τέτοιο δίκτυο διανομής λέγεται "ανοικτό".

Στο σχήμα 1.2 φαίνεται δεύτερος τρόπος που μπορούμε να ακολουθήσουμε στην σχεδίαση ενός δικτύου. Όπως φαίνεται, κάθε καταναλωτής τροφοδοτείται τουλάχιστον από δύο σημεία. Κατά συνέπεια σε περίπτωση βλάβης σε μια θέση του δικτύου, μόνο ο αντίστοιχος καταναλωτής δεν παίρνει τάση, ενώ οι γειτονικοί του, τροφοδοτούνται από τους άλλους κλάδους. Ένα τέτοιο δίκτυο διανομής ονομάζεται "κλειστό".



Σχήμα 1.1: Ανοιχτό δίκτυο διανομής [3]



Σχήμα 1.2: Κλειστό δίκτυο διανομής [3]

Είναι φανερό, ότι αφ' ενός μεν τα κλειστά δίκτυα διανομής εξυπηρετούν καλύτερα τα φορτία τους, αφ' ετέρου δε κοστίζουν πολύ περισσότερο από τα ανοιχτά. Γι' αυτό, στις μεγάλες πόλεις και γενικά όπου έχουμε πολλά και πυκνά φορτία, συμφέρει να χρησιμοποιούμε κλειστά δίκτυα, ενώ σε αραιοκατοικημένες περιοχές κατασκευάζουμε συνηθέστερα ανοιχτά δίκτυα, αφού τα φορτία είναι λίγα και δεν δικαιολογούνται οι δαπάνες κατασκευής κλειστών δικτύων [2], [3].

2.2 Αστικά δίκτυα

2.2.1 Μελέτη αστικών δικτύων εντός σχεδίου

Σε περιοχές πολύ πυκνής δόμησης με πολυκατοικίες, η ύπαρξη εναέριου δικτύου είναι προβληματική τόσο από τη δυνατότητα τοποθέτησης των στύλων όσο και από ηλεκτρική άποψη. Δεν πρέπει άλλωστε να παραβλέπεται και η αισθητική βλάβη.

Στην περίπτωση αυτή η σωστή τεχνικοοικονομική λύση είναι το υπόγειο δίκτυο Μ και ΧΤ.

Γενικότερα αν σε μια γεωγραφική περιοχή έχουμε πυκνότητα φορτίου μεγαλύτερη από 10 MVA/km² που αυξάνει με ετήσιο ρυθμό της τάξης του 4%, τότε η λύση είναι το υπόγειο δίκτυο . Μια ενδιάμεση λύση προ της πλήρους υπογείωσης Μ και ΧΤ, είναι να προηγηθεί η υπογείωση της ΜΤ με τοποθέτηση υποσταθμών σε στύλους, ή υπόγεια πολυκατοικιών, ή συνεπτυγμένοι Υ/Σ υπαίθριου τύπου Compact σε κατάλληλα επιλεγμένες θέσεις (τυποποιημένες κατασκευές U-129, U-131).

Η μελέτη του υπόγειου δικτύου ΜΤ γίνεται πάντοτε σε βρόχο με καλώδιο XLPE 3x240+25 Al (δυνατότητα τροφοδότησης από δύο διευθύνσεις).

Το υπόγειο δίκτυο ΧΤ γίνεται πάντοτε με καλώδιο XLPE 3X150 Al+50 Cu και πρέπει να έχει τη δυνατότητα διασύνδεσης μέσα από κιβώτια ζεύξης (κατασκευές U-6B).

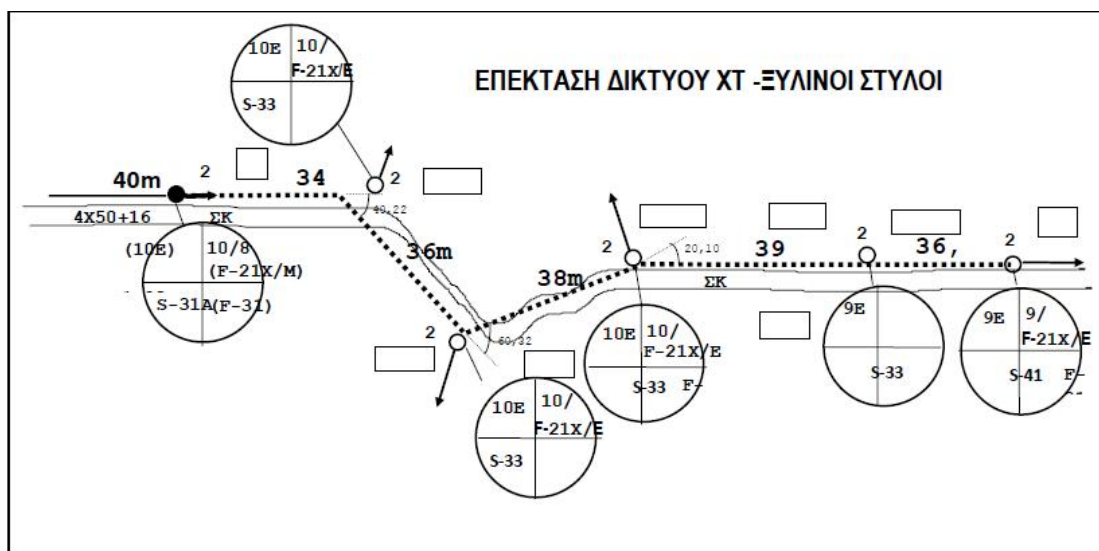
Το υπόγειο δίκτυο τοποθετείται πάντοτε επί των πεζοδρομίων (χωρίς να αποκλείεται και τοποθέτηση σε πρασιές) . Στις διασταυρώσεις με δρόμους τοποθετείται μέσα σε σωλήνες και πάντοτε σύμφωνα με όσα αναφέρονται στις σελίδες U-1, U-6B των ΤΚΔ. Το πλήθος των σωλήνων με την προοπτική τουλάχιστον 30 ετών . Η όδευση του υπογείου δικτύου πρέπει να είναι καλά επισημασμένη κατά το στάδιο της μελέτης σε χάρτη κλίμακας 1:500. Όμοια πρέπει να επισημαίνονται οι αλλαγές και κατά το στάδιο της κατασκευής, έτσι ώστε να είναι εύκολη η ανεύρεση του καλωδίου όταν χρειαστεί λόγω βλάβης.

Η σχεδίαση ενός τμήματος εναέριου δικτύου αφορά τη σχεδίαση της κάτοψης των αναγκαίων γραμμών για την ηλεκτροδότηση μιας περιοχής ή την επανασχεδίαση μιας υπάρχουσας γραμμής που πρέπει να υποστεί παραλλαγή.

Βασικά στοιχεία για την αποτύπωση, είναι η μέτρηση των οριζόντιων αποστάσεων των στύλων (με μετροταινία) και των οριζόντιων γωνιών (γενικά με ταχύμετρο), όπου έχουμε αλλαγή διεύθυνσης της γραμμής, διακλάδωση ή διασταύρωση. Κατά την εργασία στο έδαφος πρέπει να σημειώσουμε σε πρόχειρο (κροκί), το απαιτούμενο ύψος του κάθε στύλου, το μέγεθος του πλαισίου αν χρειάζεται για την επίτευξη των οριζόντιων αποστάσεων ασφαλείας, την κλίση του επιτόνου ή αντηρίδας. Σε περιοχή που δεν υπάρχει σχέδιο πόλης καλό είναι να αποτυπώνουμε περίπου τους δρόμους ή δρομίσκους και τα κτίσματα ή πηγάδια που θέλουμε να ηλεκτροδοτήσουμε.

Όλες οι γραμμές ΜΤ άσχετα από το προορισμό τους, αποτυπώνονται με την καλύτερη δυνατή ακρίβεια στους χάρτες 1:5.000 της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού, όπως και στους χάρτες με κλίμακα 1:50.000. Η σχεδίαση των μικτών γραμμών και γραμμών ΧΤ στα αστικά δίκτυα, γενικά γίνεται με κλίμακα 1:1000 και αποτυπώνεται στους χάρτες των σχεδίων πόλης αν υπάρχουν, ή σε δικά μας σχέδια στην ίδια κλίμακα. Τα αρδευτικά δίκτυα ΧΤ αποτυπώνονται και στους χάρτες 1:5000. Οι συμβολισμοί των δικτύων αναφέρονται στις σελίδες G-7, G-10 των ΤΚΔ.

Στη συνέχεια δίνουμε ένα παράδειγμα επέκτασης δικτύου ΧΤ με ΣΚ 3×70+54,6+25 από εναέριο δίκτυο 4×50+16 ΑΙ με ξύλινους στύλους όπως και με τσιμεντόστυλους.



Σχήμα 1.3: Επιφόρτιση «ΜΕΣΗ» ΒΑ=40 m . Τάνυση CS-10M . Έδαφος «κανονικό» και οριζόντιο . Κλίση κατασκευής Β [4]

Όταν τα πεζοδρόμια είναι μεγάλα δεν πρέπει να τοποθετούμε τους στύλους στην άκρη τους, αλλά σε θέση που να μας εξασφαλίζει τις ελάχιστες αποστάσεις από τα κτίρια χωρίς πλαίσια ή προβόλους, γιατί πολλές φορές τα πεζοδρόμια περικόπτονται.

Η θέση των στύλων ως προς τις οικοδομές :

Στη ΧΤ

Η οριζόντια απόσταση ασφαλείας είναι 0,90 m τόσο στα δίκτυα με γυμνούς αγωγούς όσο και στα συνεστραμμένα καλώδια που στηρίζονται σε στύλους . Στα ΣΚ ΧΤ οι οριζόντιες αποστάσεις θα μπορούσαν να είναι μικρότερες, αφού τα δεχόμαστε και με στηρίγματα στους τοίχους αλλά χρειάζεται νομοθετική ρύθμιση . Ειδικότερα στους γυμνούς αγωγούς καλό είναι να τηρούμε απόσταση 1,25 m. Η κατακόρυφη απόσταση είναι 2,5 m.

Στη ΜΤ

Στους γυμνούς αγωγούς η επιτρεπτή οριζόντια απόσταση είναι 2,5 m αλλά σε μεγάλη ανάγκη γίνεται αποδεκτή και 2 m όταν η απόσταση των 2,5 m δεν μπορεί να τηρηθεί και άλλες λύσεις κρίνονται ασύμφωρες (π.χ. υπογείωση). Λύση προσφέρει και χρήση των κατασκευών P-5 ή P-5K, που είναι αρκετά αντιαισθητικές και πρέπει να αποφεύγονται. Η κατακόρυφη απόσταση είναι 3 m και μόνο σε εξαιρετικές τεχνικές δυσκολίες μπορεί να γίνει αποδεκτή και 2,5 m.

Οι κατακόρυφες αποστάσεις ασφαλείας από κτίρια λογίζονται στους 16 βαθμούς Κελσίου και ισχύουν για ανοίγματα γραμμών μέχρι 45 m, ενώ για μεγαλύτερα ανοίγματα προσθέτουμε 1 cm, ανά μέτρο επί πλέον ανοίγματος. Για άνοιγμα π.χ. 60 m, η απόσταση των 3 m γίνεται 3,15 m .

Στα ΣΚ ΜΤ με αποτελεσματική γείωση, η οριζόντια απόσταση είναι 0,90 m και η κατακόρυφη 2,5 m. Αν η γείωση δεν είναι αποτελεσματική εξομοιώνονται με τους γυμνούς αγωγούς.

Το δίκτυο γενικά είναι ζωντανός οργανισμός και η δομή του σχετίζεται με την οικοδομική εξέλιξη της περιοχής που καλύπτει . Η μελέτη δεν πρέπει να γίνεται με την προοπτική της εξυπηρέτησης μόνο στο χρόνο της μελέτης αλλά σε

μακροπρόθεσμη βάση. Έτσι η τοποθέτηση στύλων που πολύ σύντομα θα πρέπει να αλλάξουν θέση, είναι βασικό μέλημα του μελετητή. Ειδικότερα η θέση των στύλων μετασχηματιστή πρέπει να επιλέγεται με μεγάλη περίσκεψη και προοπτική, γιατί η μετακίνησή του, πέραν της μεγάλης δαπάνης συνεπάγεται και σημαντικές διακοπές ρεύματος.

Πάντα πρέπει να προβλέπεται η δυνατότητα δύο στύλων έστω και αν ο Μ/Σ στο αρχικό στάδιο είναι μικρός. Οι ξύλινοι στύλοι που στηρίζουν Μ/Σ είναι πάντοτε βαρείς. Οι Μ/Σ δεν πρέπει να είναι επάνω σε κύριες γραμμές αλλά σε διακλάδωση.

Στις σχετικά λίγες περιπτώσεις μικρών χωριών με πολύ στενούς δρόμους και χωρίς πεζοδρόμια (μικρά νησιά) τα πράγματα γίνονται πολύ δυσκολότερα αφού και η κατασκευή υπόγειου δικτύου είναι προβληματική στα καλντερίμια με ιδιόρρυθμη κατασκευή. Εδώ η τοποθέτηση όσο το δυνατόν μικρότερων διαστάσεων στύλων σε κάποιες φυσικές εσοχές και σχεδόν σε επαφή με τις οικοδομές είναι αναγκαία.

Θα πρέπει να εξετάζεται και η περίπτωση ηλεκτροδότησης κάποιων κτισμάτων από παράπλευρους δρομίσκους χωρίς τοποθέτηση στύλων στο κεντρικό στενό δρόμο. Μπορεί να γίνει αξιοποίηση και της λύσης διακλάδωσης παροχών.

Η χρήση συνεστραμμένων καλωδίων διευκολύνει σημαντικά, αφού απαιτούνται μικρότεροι στύλοι και λιγότεροι επίτονοι. Η στήριξη συνεστραμμένων καλωδίων σε τοίχους είναι μία λύση αλλά χρειάζεται μεγάλη προσοχή στην όδευση, στις θέσεις στήριξης και στο αισθητικό αποτέλεσμα λαμβάνοντας υπόψη και την αρνητική διάθεση των ιδιοκτητών. Προς το παρόν ισχύει η τυποποίηση μόνο για το ΣΚ 3×70 mm² Al +54,6 mm² AAAC +25 mm² Al (κατασκευές S-41T με χαλαρές τανύσεις κατά CS-7) [4].

2.3 Δίκτυα Μ.Τ.

2.3.1 Εναέρια δίκτυα Μ.Τ.

Οι τυποποιημένες ονομαστικές τάσεις λειτουργίας για τα Δίκτυα Μ.Τ. είναι 20 kV, 15 kV και 6,6 kV. Σήμερα χρησιμοποιούνται τα εξής είδη αγωγών και τυποποιημένων διατομών:

Γυμνοί Αγωγοί

- Αγωγοί ACSR 16 mm² ,35 mm² ,95 mm² (Διατομές ισοδύναμες χαλκού).
- Αγωγοί Cu 16 mm² ,35 mm² ,95 mm²

Συνεστραμμένα καλώδια (θωρακισμένου τύπου)

- 3×50 mm² Al + 50 mm² St
- 3×150 mm² Al + 50 mm² St

Η επιλογή της διατομής των αγωγών μιας εναέριας γραμμής υπόκειται στην τήρηση τεχνικών περιορισμών που σχετίζονται:

1. Με τη μέγιστη επιτρεπτή ένταση (θερμικό όριο) που είναι αποδεκτή για κάθε διατομή και είδος αγωγού.
2. Με τη μέγιστη επιτρεπτή πτώση τάσης.
3. Με τη μηχανική αντοχή της γραμμής.

Επομένως βέλτιστη διατομή είναι εκείνη για την οποία το κόστος της γραμμής θεωρούμενο στο σύνολο των ετών λειτουργίας της και ανοιγμένο στο έτος κατασκευής, ελαχιστοποιείται.

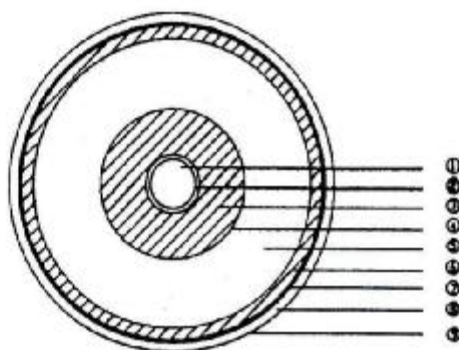
Η επιλογή του είδους των αγωγών που θα χρησιμοποιηθούν εξαρτάται τόσο από το κόστος όσο και από τις περιβαλλοντικές συνθήκες της περιοχής και φυσικά από την επιφόρτιση. Έτσι οι αγωγοί ACSR χρησιμοποιούνται σε όλες τις περιπτώσεις τυποποιημένων επιφορτίσεων σε περιοχές φυσιολογικής διαβρωτικότητας. Σε περιοχές έντονης διαβρωτικότητας, κυρίως παραθαλάσσιες περιοχές και περιοχές με έντονη βιομηχανική ρύπανση γίνεται χρήση αγωγών Cu. Τα συνεστραμμένα καλώδια

χρησιμοποιούνται σε δασώδεις περιοχές, σε παραθαλάσσιες περιοχές με συχνές υπερπηδήσεις στις γραμμές με γυμνούς αγωγούς Cu, σε ορεινές περιοχές με μεγάλη επικάθηση πάγου στις γραμμές και σε ειδικές περιπτώσεις που σχετίζονται με την τήρηση αποστάσεων ασφαλείας σε περιοχές εναέριου δικτύου και την προστασία του περιβάλλοντος (σε συνδυασμό με συνεστραμμένα καλώδια X.T.) [7].

2.3.2 Εναέρια δίκτυα Μ.Τ.

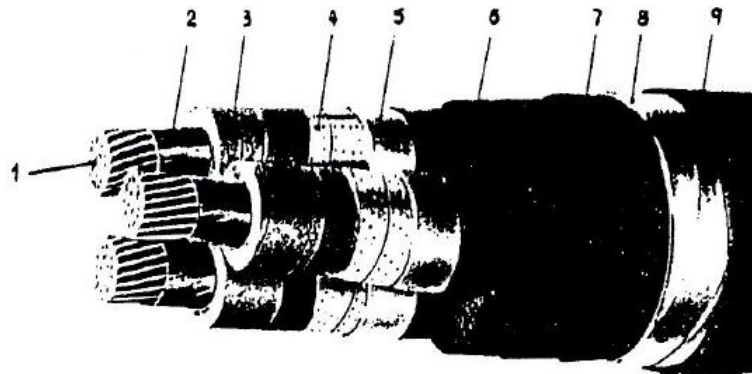
Τα τυποποιημένα είδη υπόγειων καλωδίων που χρησιμοποιούνται σήμερα στις γραμμές Μ.Τ. είναι:

1. Το τριπολικό καλώδιο με αγωγούς αλουμινίου, μόνωση από εμπλουτισμένο χαρτί, τριών ανεξάρτητων μολύβδινων μανδύων με κοινό χαλύβδινο οπλισμό (τύπος ΝΑΕΚΒΑ), διατομής $3 \times 240 \text{ mm}^2$.
2. Τρία μονοπολικά καλώδια με αγωγούς αλουμινίου, μόνωσης XLPE, με θωράκιση Al και εξωτερικό προστατευτικό μανδύα PVC, διατομής 240 mm^2 , συνεστραμμένα γύρω από αγωγό γης από Al, διατομής 25 mm^2 που περιβάλλεται από μολύβδινο μανδύα. Για λόγους απλούστευσης περιγράφονται συνοπτικά ως $3 \times 240 \text{ mm}^2 \text{ Al} + 25 \text{ mm}^2 \text{ Al}$. Στα δίκτυα Μ.Τ. η χρήση καλωδίων μόνωσης XLPE ξεκίνησε πρόσφατα και πρόκειται να υποκαταστήσει πλήρως τη χρήση των καλωδίων ΝΑΕΚΒΑ.



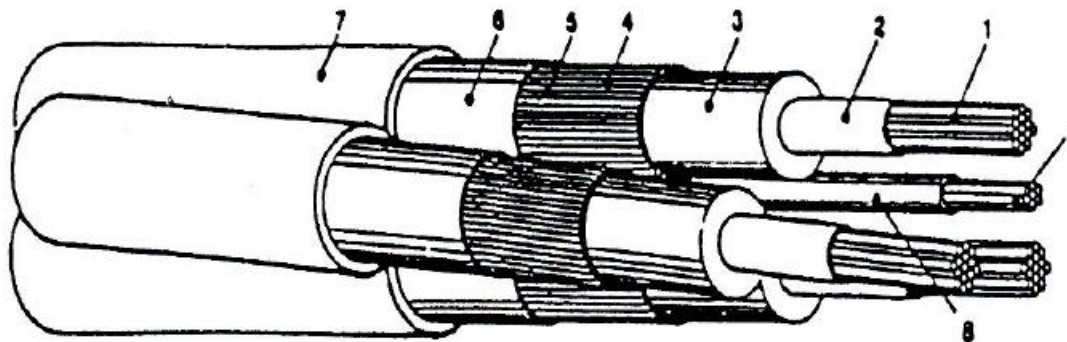
Σχήμα 1

- 1 - Αξονική οπή ροής λαδιού
- 2 - Ελικοειδής χαλύβδινη ταινία
- 3 - Αγωγός αλουμινίου ή χαλκού
- 4 - Εσωτερική ημιαγώγιμη ταινία από ανθρακούχο χαρτί
- 5 - Εμποτισμένο χαρτί μόνωσης
- 6 - Εξωτερική ημιαγώγιμη ταινία από επιμεταλλωμένο ή ανθρακούχο χαρτί
- 7 - Μολύβδινος μανδύας
- 8 - Οπλισμός ενίσχυσης του μολύβδινου μανδύα αποτελούμενος από επάλληλα στρώματα ταινιών από ορείχαλκο ή άλλο μη μαγνητικό μεταλλικό υλικό και PVC.
- 9 - Εξωτερικός μανδύας PVC.



ΝΑΕΚΒΑ

- 1 - Αγωγός ΑΙ κυκλικής διατομής
- 2 - Ημιαγώγιμη χάρτινη ταινία
- 3 - Εμποτισμένο χαρτί μόνωσης
- 4 - Θωράκιση από διάτρητη μεταλλική ταινία
- 5 - Μολύβδινος μανδύας
- 6 - Εμποτισμένες ταινίες χαρτιού
- 7 - Υπόστρωμα γιούτας
- 8 - Χαλύβδινες ταινίες σπλισμού
- 9 - Εξωτερικό περίβλημα από νήματα γιούτας



XLPE

Εικόνα 1.1: Τοποποιημένα καλώδια Μ.Τ. [6]

2.4 Δίκτυα Μ.Τ.

2.4.1 Εναέρια δίκτυα διανομής Χ.Τ

Στις γραμμές αυτές χρησιμοποιούνται γυμνά χάλκινα σύρματα και σπάνια αλουμίνιο, χωρίς εσωτερική χαλύβδινη ψυχή. Αποτελούνται από τρεις φάσεις και ουδέτερο. Ο πέμπτος αγωγός που φαίνεται να υπάρχει σε πολλές περιπτώσεις, είναι ο αγωγός δημοτικού φωτισμού. Οι στύλοι είναι ξύλινοι ή τσιμεντένιοι με μικρότερες διαστάσεις από ε- κείνους της μέσης τάσης. Μπορεί να βρίσκονται και σχετικά κοντά στις κατοικίες, τις οποίες άλλωστε τροφοδοτούν με ηλεκτρική ενέργεια, αφού η τάση τους είναι χαμηλή. Οι μονωτήρες των γραμμών αυτών είναι μικρότεροι εκείνων της μέσης τάσης, αλλά έχουν την ίδια μορφή και κατασκευάζονται από πορσελάνη ή γυαλί. Στα σημεία διακλάδωσης τοποθετούνται σαν στοιχεία προστασίας ασφάλειες, που όταν καίγεται το νήμα τους, απομονώνουν το τμήμα της γραμμής με τη βλάβη [5].

2.4.2 Υπόγεια Δίκτυα Χ.Τ

Κατασκευάζονται μέσα στις πόλεις για περισσότερη ασφάλεια και για λόγους αισθητικής. Αποτελούνται από υπόγεια καλώδια ίδιου τύπου με τα αντίστοιχα της μέσης τάσης (XLPE, όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο) αλλά με μικρότερη διατομή, τοποθετούνται σε ειδικά αυλάκια και έχουν όλα τα εξαρτήματα υπόγειων καλωδίων της μέσης τάσης, που αναφέρθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο. Τα κιβώτια σύνδεσης και διακλάδωσης συνήθως εγκαθίστανται υπόγεια, κάτω από πεζοδρόμια. Μπορεί όμως να χρησιμοποιούνται και επίγεια κιβώτια με συνδέσμους ή και ασφάλειες [5].

2.5 Επίτονοι- Αντηρίδες - Δίδυμοι στύλοι

Στο τέλος μιας εναέριας γραμμής ή σε αλλαγή της διεύθυνσης της τοποθετούνται επίτονοι ή αντηρίδες, γιατί εκεί αναπτύσσονται μεγάλες δυνάμεις στους στύλους. Οι επίτονοι είναι συρματόσχοινα από ατσάλι που αγκυρώνονται εντός του εδάφους σύμφωνα με τον κανονισμό της ΔΕΗ. Τοποθετούνται πάντοτε εντατήρες, ώστε το συρματόσχοινο να τανυστεί σωστά. Το συρματόσχοινο δένεται ψηλά στο στύλο. Οι αντηρίδες είναι ξύλινοι στύλοι και τοποθετούνται με τέτοιο τρόπο, ώστε να στηρίζουν τους κύριους στύλους. Ο επίτονος, σε στύλους μέσης τάσης, έχει

μονωτήρα στην πάνω μεριά του (δηλαδή στη θέση πρόσδεσης με το στύλο), προς αποφυγή σπινθηρισμών από τους αγωγούς προς το επίτονο. Διαθέτει συνήθως και προφυλακτήρα (προστατευτικό μεταλλικό κάλυμμα) προς τη μεριά πρόσδεσης του στο έδαφος. Οι επίτονοι σε στύλους χαμηλής τάσης δεν διαθέτουν τον μονωτήρα που προαναφέρθηκε, διότι δεν υφίσταται πρόβλημα σπινθηρισμών στους αγωγούς και στους μονωτήρες χαμηλής τάσης. Όπου είναι ανέφικτη η χρήση επίτονου ή αντηρίδας χρησιμοποιούνται δίδυμοι στύλοι. Τοποθετούνται δηλαδή δύο στύλοι ίδιας κατηγορίας, οι οποίοι εφάπτονται σε όλο το μήκος τους, υπό την επίδραση και συνδετικών κοχλιών στήριξης. Με αυτό τον τρόπο η αντοχή των δίδυμων στύλων είναι σημαντικά μεγαλύτερη από αυτή του απλού στύλου[8]. Στις παρακάτω εικόνες φαίνονται τυποποιημένες κατασκευές σύμφωνα με τις οδηγίες της ΔΕΗ όσον αφορά τους ξύλινους στύλους αλλά και τη μορφή, τη θεμελίωση στο έδαφος και τη χρήση επιτόνων και αντηρίδων στους ξύλινους στύλους.

Κοινή ονομασία	Βοτανική ονομασία	Προέλευση
Μαύρη πεύκη	PINUS NIGRA	Ευρώπη
Δασική πεύκη	PINUS SILVESTRIS	Ευρώπη
Νότια πεύκη:		
Παχύφυλλο	PINUS TAEDA	Βόρεια Αμερική
Λιμναία	PINUS PALUSTRIS	" "
Βραχύφυλλη	PINUS ECHINATA	" "
Έλιθια	PINUS ELLIOTTII	" "

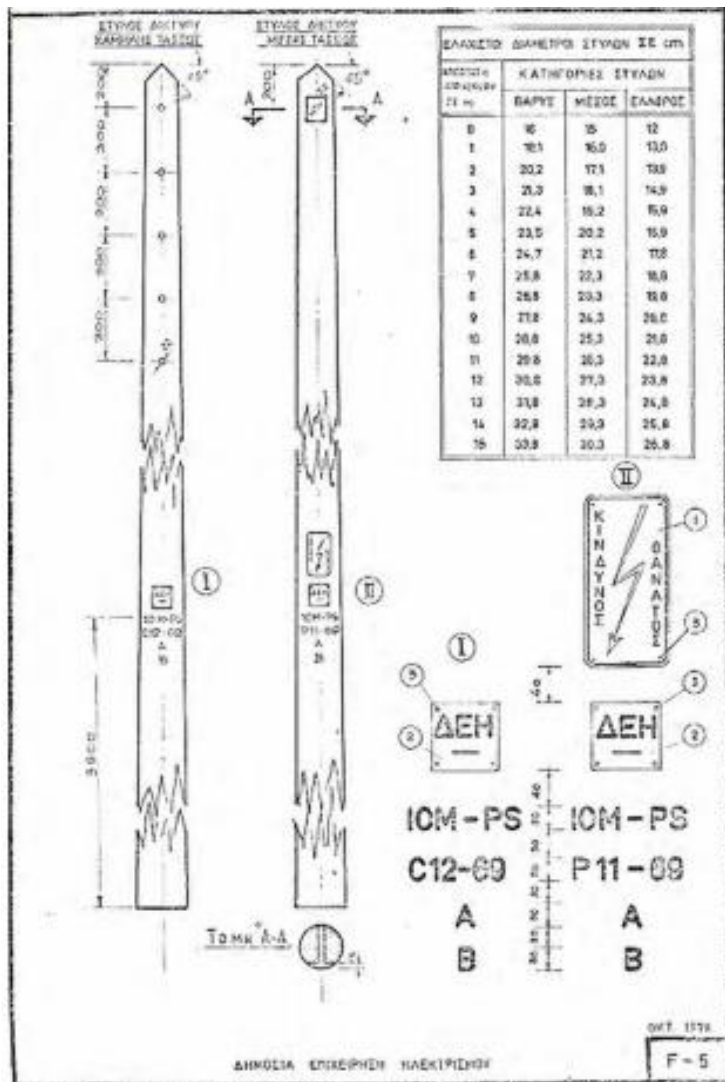
Σχήμα 1.5: Είδη και προέλευση ξυλείας για στύλους και πασσάλους ενισχύσεως [9]

Κοινή ονομασία	Βοτανική ονομασία	Προέλευση
Μαύρη πεύκη	PINUS NIGRA	Ευρώπη
Κεραυνοκλή έλιθια	ABIES CERNALENSIS	Ελλάδα
Δασική πεύκη	PINUS SILVESTRIS	Ευρώπη
Νότια πεύκη:		
Παχύφυλλο	PINUS TAEDA	Βόρεια Αμερική
Λιμναία	PINUS PALUSTRIS	Βόρεια Αμερική
Βραχύφυλλη	PINUS ECHINATA	Βόρεια Αμερική
Έλιθια	PINUS ELLIOTTII	Βόρεια Αμερική
Καύς	QUERCUS	Ελλάδα, Ευρώπη, Βόρεια Αμερική
Σφύρα		Ελλάδα, Ευρώπη, Βόρεια Αμερική

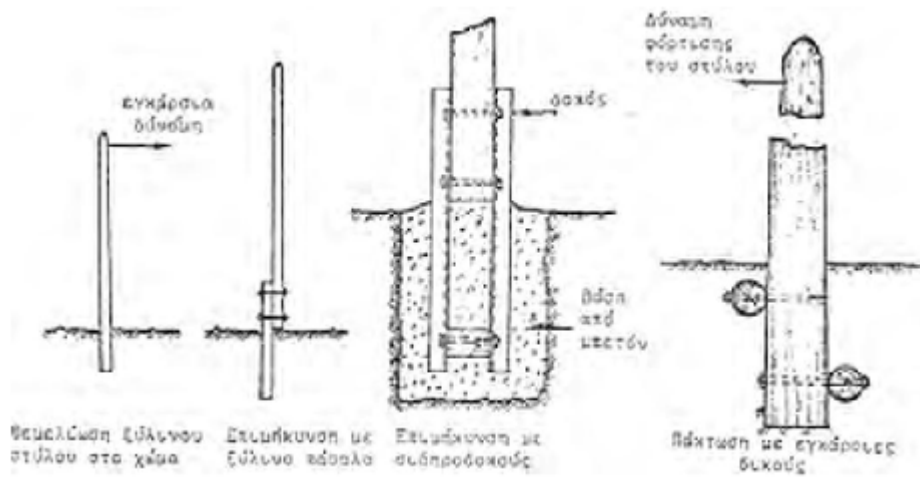
Επίπεδο επί δοκού άνω ορίου: 20-25 και μήκος 75cm επί μήκος άνω άκρου: 20cm επί μήκος άνω άκρου: 20cm επί μήκος άνω άκρου: 20cm

Κοινή ονομασία	Βοτανική ονομασία	Προέλευση
Τραχεία πεύκη	PINUS HARTII	Ελλάδα, Ευρώπη
Μαύρη πεύκη	PINUS SILVESTRIS	Ελλάδα, Ευρώπη

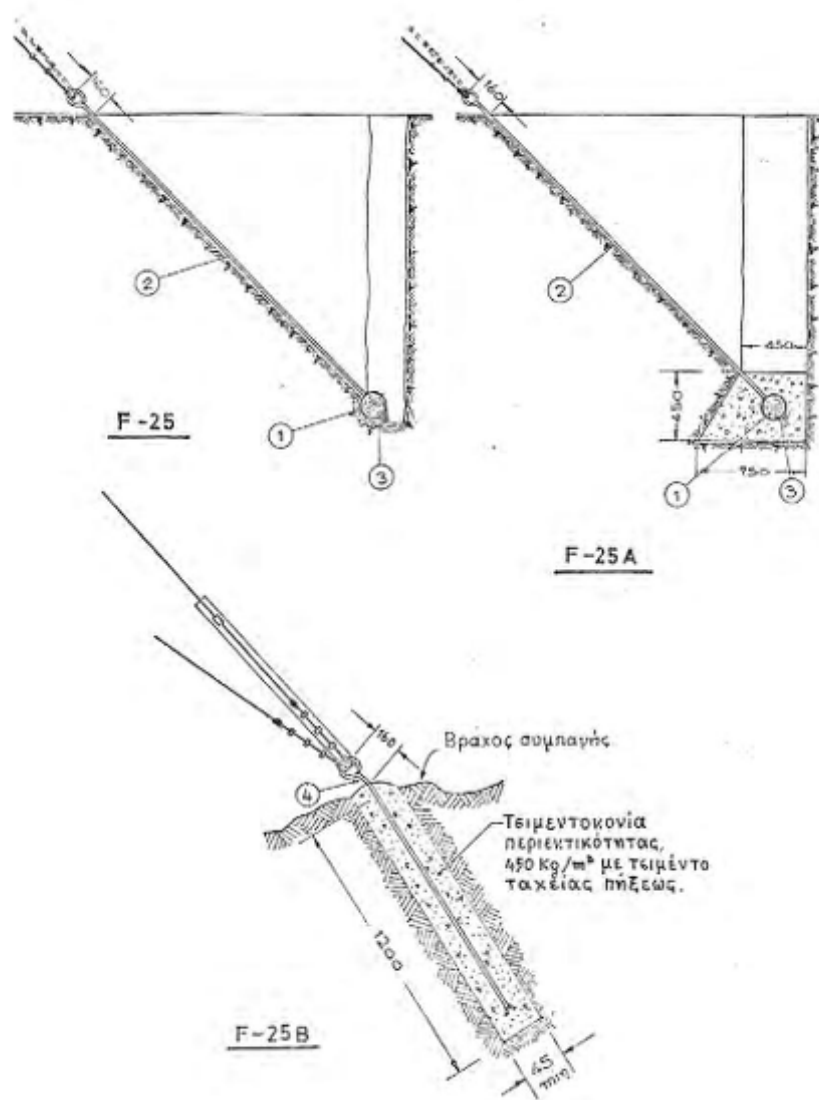
Σχήμα 1.6: Είδη και προέλευση ξυλείας για δοκούς αγκυρώσεως [9]



Σχήμα 1.7: Ξύλινοι Στύλοι και Επισήμανση αυτών [9]

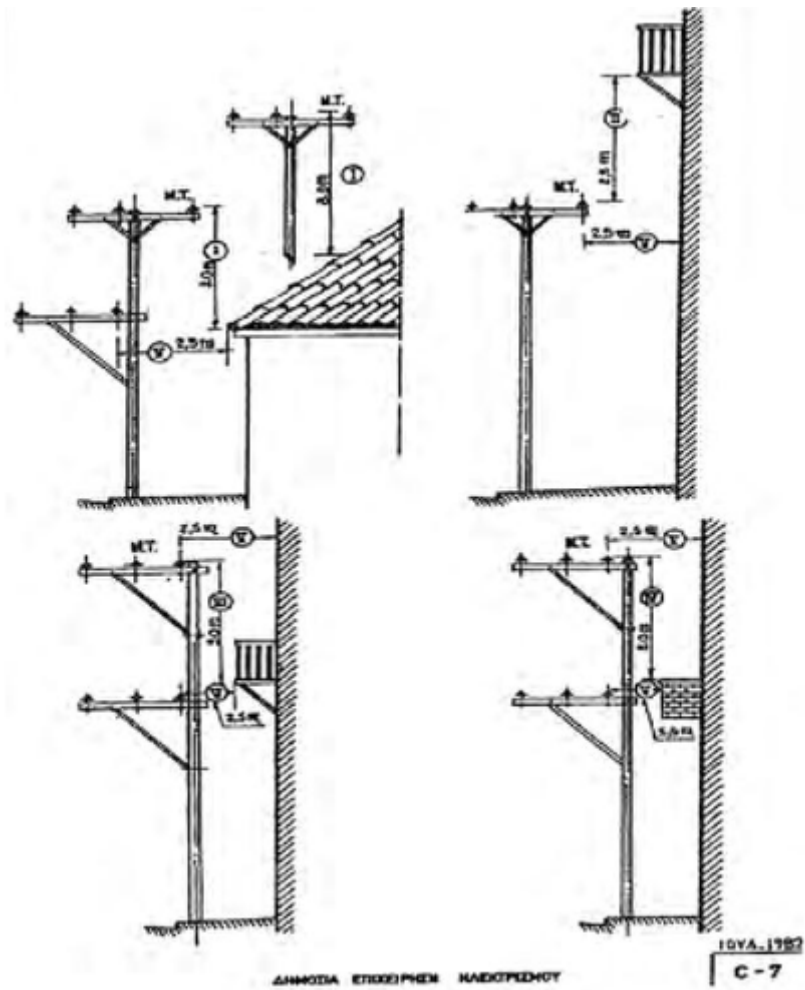


Σχήμα 1.8: Θεμελιώσεις ξύλινων στύλων [9]

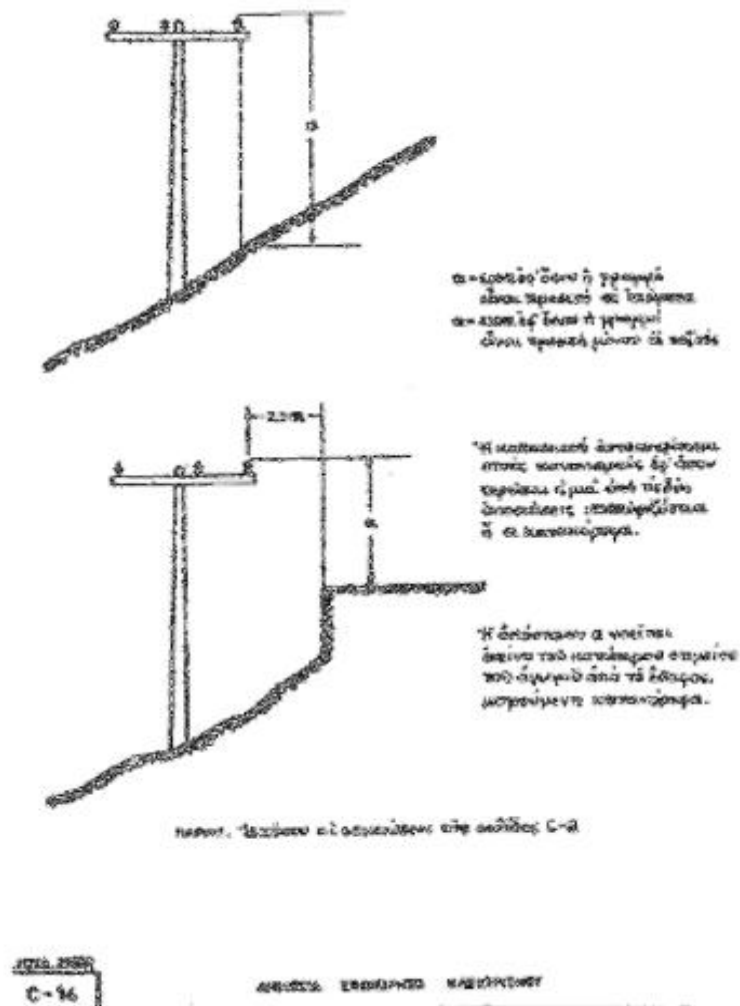


Σχήμα 1.9: Θεμελιώσεις ξύλινων στύλων [9]

Στις παρακάτω εικόνες δίνονται οι ελάχιστες αποστάσεις μεταξύ αγωγών γραμμής μέσης τάσης από το έδαφος και από κτήρια, σύμφωνα με τον κανονισμό της Δ.Ε.Η. Στην τυποποίηση C-7 του εγχειριδίου τυποποιημένων κατασκευών διανομής της Δ.Ε.Η. διαπιστώνουμε ότι μία απόσταση 2.5 m μεταξύ των αγωγών μέσης τάσης και μπαλκονιού ενός σπιτιού είναι επικρατέστερη κατά τους διεθνείς κανονισμούς.



Σχήμα 1.10: Ελάχιστες αποστάσεις αγωγών μέσης τάσης από κτήρια σύμφωνα με την τυποποίηση C - 7 του εγχειριδίου τυποποιημένων κατασκευών διανομής της Δ.Ε.Η



Σχήμα 1.11: Ελάχιστες αποστάσεις αγωγών μέσης τάσης σε επικλινή εδάφη σύμφωνα με την τυποποίηση C - 14 του εγχειριδίου τυποποιημένων κατασκευών διανομής της Δ.Ε.Η. [10]

3 ΜΟΝΩΜΕΝΟΙ ΑΓΩΓΟΙ ΚΑΙ ΚΑΛΩΔΙΑ Μ.Τ.– Χ.Τ

3.1 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).

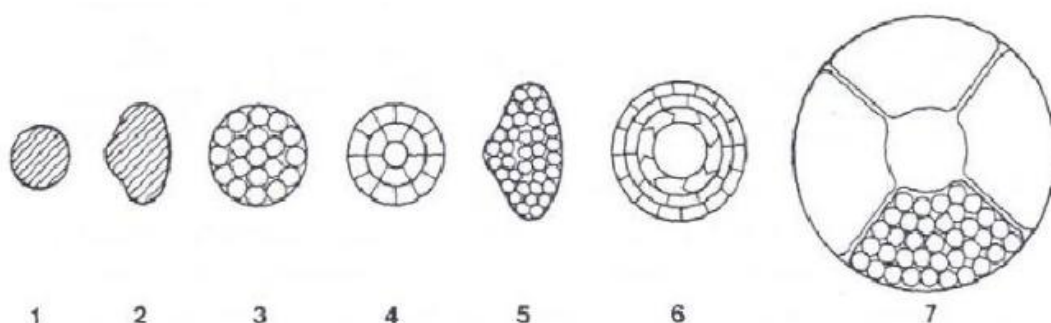
Αγωγούς υψηλής και υπερυψηλής ευκαμψίας χρησιμοποιούμε σε καλώδια για συγκολλήσεις για κινητές συσκευές, γερανούς κλπ, εκεί που το καλώδιο υπόκειται σε συνεχείς κάμψεις.

3.2 Αγωγοί καλωδίων

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται συνήθως για την κατασκευή των αγωγών είναι: ο χαλκός(Cu) και το αλουμίνιο(Al). Ο Cu είναι τουλάχιστον κατά 50 % ακριβότερος από το Al και έτσι θα μπορούσαμε να ισχυριστούμε ότι η επιλογή του Al θα οδηγούσε σε μια μείωση του κόστους. Ωστόσο, η μείωση αυτή δεν είναι αξιόλογη, αφού το κόστος του αγωγού είναι μόνο ένα κλάσμα του συνολικού κόστους εγκατάστασης του συστήματος. Συγκεκριμένα, το μειωμένο κόστος του αγωγού αντισταθμίζεται από το κόστος της επιπρόσθετης μόνωσης και των εξαρτημάτων που χρειάζονται. Αυτό οφείλεται στην μεγαλύτερη διάμετρο του αγωγού Al έναντι του χάλκινου, δεδομένου ότι η διατομή ενός αγωγού Al είναι περίπου 1.5 φορά μεγαλύτερη σε σχέση με αυτήν ενός χάλκινου αγωγού ίδιας ικανότητας.

Γενικά, τα μέταλλα αυτά είναι κατεργασμένα θερμικά ώστε να είναι εύκαμπτα. Ο Cu έχει υψηλή αγωγιμότητα και όταν είναι σκληρής ολκήσεως, εμφανίζει μεγάλη μηχανική αντοχή. Βασικό τεχνικό μειονέκτημα είναι το βάρος του. Από την άλλη, το Al είναι κατώτερο του χαλκού σε αγωγιμότητα και αντοχή, αλλά πολύ ελαφρύτερο από το χαλκό. Μειονέκτημά του είναι επίσης ότι δεν συγκολλάται με μαλακή κόλληση χαμηλού σημείου τήξεως (π.χ. κασσιτεροκόλληση) και ότι διαβρώνεται ευκολότερα λόγω ηλεκτροχημικών δράσεων [11].

Σπουδαίο ρόλο στους υπολογισμούς της ικανότητας των καλωδίων παίζει ο τρόπος κατασκευής του αγωγού. Για παράδειγμα, μια σημαντική παράμετρος είναι η διατομή του. Οι αγωγοί σχεδιάζονται ώστε να υπακούουν σε μια σειρά κανόνων και προτύπων. Εκτός από την Βόρεια και Νότια Αμερική, καθώς και τις υπόλοιπες χώρες που ακολουθούν τις τεχνικές τους, στον υπόλοιπο κόσμο χρησιμοποιείται το μετρικό σύστημα για τον καθορισμό της αγωγίμης επιφάνειας ενώ έχουν υιοθετηθεί κοινές πρακτικές και διαστάσεις που ορίζονται στο πρότυπο IEC 60228 [13], [12].



Σχήμα 1.12: 1) πλήρης στρογγυλή διατομή, 2) πλήρης κυκλικός τομέας, 3) πολύκλωνη στρογγυλή διατομή – συνεστραμμένος αγωγός, 4) πολύκλωνη στρογγυλή συμπιεσμένη διατομή, 5) πολύκλωνος κυκλικός τομέας, 6) πολύκλωνη στρογγυλή διατομή συμπιεσμένη με κανάλι ψύξης, 7) διατομή με επιμέρους τομείς μονωμένους, για μείωση του επιδερμικού φαινομένου, με κανάλι ψύξης στο κέντρο [11].

Επισημαίνεται ότι θα πρέπει να δοθεί προσοχή στην έννοια της ονομαστικής διατομής ως τυποποιημένο μέγεθος. Για παράδειγμα, στην περίπτωση των συνεστραμμένων - πολύκλωνων αγωγών (stranded), δεν είναι συμφέρουσα η παραγωγή συρματιδίων συγκεκριμένων μεγεθών για κάθε διατομή αγωγού ενώ είναι απαραίτητος και ο περιορισμός του συνολικού αριθμού συρματιδίων που χρησιμοποιούνται. Για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος, οι κατασκευαστές προσαρμόζουν το μέγεθος των συρματιδίων και την διαδικασία κατασκευής με σκοπό να προσεγγίσουν μία καθορισμένη μέγιστη τιμή αντίστασης. Κρίνεται, συνεπώς, απαραίτητο στις προδιαγραφές να επιτρέπεται στους κατασκευαστές να επιλέγουν τον αριθμό των συρματιδίων μεταξύ κάποιων ορίων. Με αυτόν τον τρόπο, οι ισοδύναμες ηλεκτρικές διατομές βασίζονται πλέον στην μέγιστη DC αντίσταση και διαφέρουν ελάχιστα από τις ονομαστικές διατομές. Το πρότυπο IEC 60228 καθορίζει την μέγιστη DC αντίσταση για αγωγούς διαφόρων μορφών, μεγεθών και υλικών [12].

Ως προς την μορφή της διατομής, αυτή μπορεί να είναι κυκλική ή να αποτελείται από κυκλικούς τομείς (Σχήμα 1.12). Οι κυκλικές διατομές μπορεί να είναι συμπαγείς μέχρι 16mm^2 για Cu και 50mm^2 για Al. Για μεγαλύτερες διατομές οι αγωγοί γίνονται συνεστραμμένοι - πολύκλωνοι για λόγους ευκαμψίας. Για πολυπολικά καλώδια μεγάλων διατομών χρησιμοποιούνται διατομές κυκλικού τομέα. Αν σε πολύκλωνους αγωγούς επιβάλλουμε μια συμπίεση των συρματιδίων (συμπιεσμένοι αγωγοί), εξοικονομούμε όγκο, μειώνοντας τη γεωμετρική διατομή του αγωγού. Πάνω από 35mm^2 πολύκλωνοι αγωγοί συμπιέζονται. Κοίλες και ελλειπτικές διατομές συναντώνται σε καλώδια με μόνωση χαρτιού -λαδιού και εξωτερικής πίεσης αντίστοιχα, για να κυκλοφορεί το λάδι και να μεταδίδεται καλύτερα η πίεση. Σε μεγάλες διατομές μπορεί ο αγωγός κάθε φάσης να διαμοιρασθεί σε πολλούς αγωγούς παράλληλους, με διατομή μορφής κυκλικού τομέα, όπου οι τομείς είναι μεμονωμένοι μεταξύ τους και οι επί μέρους αγωγοί είναι συνεστραμμένοι. Έτσι μειώνεται η αντίσταση στο εναλλασσόμενο ρεύμα σε σχέση με αγωγούς όπου δεν έχουμε μονωμένους τομείς. Αυτό προκύπτει λόγω του επιδερμικού φαινομένου [11].

Γενικά, θα μπορούσαμε να πούμε ότι όσο μεγαλύτερη είναι η διατομή του αγωγού, τόσο μεγαλύτερη είναι η ικανότητα μεταφοράς ρεύματος. Για τυπικά καλώδια με φυσική διαδικασία ψύξης, μπορούμε να ισχυριστούμε ότι για να διπλασιαστεί το ρεύμα του καλωδίου απαιτείται τετραπλάσια διατομή του αγωγού. Για παράδειγμα, η αύξηση της ικανότητας ισχύος από 300 σε 600 MVA σε ένα κύκλωμα τάσης 230kV απαιτεί την αύξηση της διατομής του καλωδίου από 800 σε 3200mm^2 . Ωστόσο, με βάση τις σύγχρονες τεχνικές, δεν είναι δυνατή η κατασκευή καλωδίου με διατομή μεγαλύτερη των 3000mm^2 , και για αυτό εφαρμόζονται ειδικές μέθοδοι ψύξης ή επιλέγεται η τοποθέτηση πολλαπλών καλωδίων ανά φάση προκειμένου να επιτευχθεί η επιθυμητή ικανότητα μεταφορά ισχύος.

3.2.1 Χρωματισμός μόνωσης καλωδίων

Στον πίνακα 1.1 δίνονται τα χρώματα των αγωγών στα καλώδια ανάλογα με τον τύπο και τον αριθμό των αγωγών ανά καλώδιο, για τους τύπους των καλωδίων τα οποία χρησιμοποιούνται στην πλειοψηφία των ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων στον κτηριακό τομέα.

Τύπος καλωδίων	Αριθμός πόλων	Χρώματα	
		Κατασκευή με κίτρινο/πράσινο	Κατασκευή χωρίς κίτρινο/πράσινο
H07V-U, R, K	1	κίτρινο/πράσινο, μαύρο, καφέ, γκρι, κόκκινο, λευκό	
H05V-U, K	1	κίτρινο/πράσινο, μαύρο, καφέ, γκρι, κόκκινο, λευκό	
H05VV-U, R, F NYIFY-O, NYIFY-J	2	-	μπλε, καφέ
	3	κίτρινο/πράσινο, μπλε, καφέ	καφέ, μαύρο, γκρι
	4	κίτρινο/πράσινο, καφέ, μαύρο, γκρι	μπλε, καφέ, μαύρο, γκρι
	5	κίτρινο/πράσινο, μπλε, καφέ, μαύρο, γκρι	μπλε, καφέ, μαύρο, γκρι, μαύρο
E1VV-R,S,U (J1VV-R,S,U)	1	κίτρινο/πράσινο	μαύρο
	2	-	μπλε, καφέ
	3	κίτρινο/πράσινο, μπλε, καφέ	καφέ, μαύρο, γκρι
	4	κίτρινο/πράσινο, καφέ, μαύρο, γκρι	μπλε, καφέ, μαύρο, γκρι
	5	κίτρινο/πράσινο, μπλε, καφέ, μαύρο, γκρι	μπλε, καφέ, μαύρο, γκρι, μαύρο
	>5	κίτρινο/πράσινο, μαύροι με αρίθμηση	μαύροι με αρίθμηση

Πίνακας 1.1: Κώδικας χρωμάτων μονώσεων καλωδίων, για τους συνηθέστερους τύπους καλωδίων που χρησιμοποιούνται στον κτηριακό τομέα

3.3 Μόνωση

Ο σκοπός για τον οποίο χρησιμοποιείται η ηλεκτρική μόνωση είναι η παρεμπόδιση της ροής ηλεκτρικής ενέργειας από τους ενεργούς αγωγούς προς το έδαφος ή γειτονικό αγωγό. Η επιλογή της κατάλληλης μόνωσης θα πρέπει να εγγυάται την αντοχή αυτής σε ηλεκτρικές καταπονήσεις που παράγονται από εναλλασσόμενη τάση, καθώς και σε οποιαδήποτε υπερθετική καταπόνηση του αγωγού. Κατ' επέκταση, η μόνωση θα πρέπει να αποτρέπει την εμφάνιση διηλεκτρικής βλάβης και βραχυκυκλώματος [14]. Το είδος του μονωτικού και το πάχος αυτού προσδιορίζουν την ηλεκτρική αντοχή του καλωδίου σε τάση, αλλά και την μέγιστη επιτρεπτή ένταση του ρεύματος φόρτισης του αγωγού, καθώς αυτή είναι συνάρτηση της μέγιστης θερμοκρασίας που αντέχει το μονωτικό. Το είδος της μόνωσης καθορίζει τόσο τη v μέγιστη συνεχή όσο και την παροδικά επιτρεπτή θερμοκρασία. Η εκλογή της γίνεται ανάλογα με την εφαρμογή, λαμβάνοντας υπ' όψιν τις ηλεκτρικές, θερμικές και μηχανικές ιδιότητες καθώς και τη δυνατότητα εύκολης εγκατάστασης του καλωδίου, σε σχέση με την ευκαμψία του ή τη μηχανική αντοχή του [15].

Όταν οι μονώσεις με χαρτί και συμπαγή διηλεκτρικά υπόκεινται σε εναλλασσόμενη τάση, συμπεριφέρονται σαν μεγάλοι πυκνωτές και ρεύματα φόρτισης ρέουν σε αυτούς. Μέρος της ενέργειας που απαιτείται για την επανευθυγράμμιση των ηλεκτρονίων κάθε φορά που αλλάζει η πολικότητα της τάσης

μετατρέπεται σε θερμότητα και οι προκύπτουσες απώλειες ενέργειας καλούνται διηλεκτρικές απώλειες (dielectric loss). Ένα καλό μονωτικό υλικό θα πρέπει να χαρακτηρίζεται από χαμηλή θερμική αντίσταση και πρέπει να αποτρέπει τις υψηλές διηλεκτρικές απώλειες. Το μέτρο των απαραίτητων ρευμάτων φόρτισης είναι συνάρτηση της διηλεκτρικής σταθεράς της μόνωσης, των διαστάσεων του καλωδίου και της εφαρμοζόμενης τάσης. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα ρεύματα αυτά παράγουν και μια ωμική συνιστώσα απωλειών, η οποία είναι αμελητέα σε σχέση με την χωρητική συνιστώσα για AC εφαρμογές.

Υπάρχουν αρκετά υλικά που παρουσιάζουν αποδεκτές μονωτικές ικανότητες. Αυτό που χρησιμοποιείται συχνά και ταυτόχρονα έχει μηδενικό κόστος είναι ο αέρας, ο οποίος περιβάλλει τους αγωγούς στις εναέριες γραμμές. Παρόλα αυτά, για τις υπόγειες εφαρμογές υπάρχουν λίγα κατάλληλα υλικά που μπορούν να προσφέρουν μόνωση από το έδαφος και τα γειτονικά καλώδια. Αυτά είναι : χάρτινες ταινίες εμποτισμένες με λάδι, συμπαγείς μονώσεις (π.χ. διάφορα είδη πολυαιθυλενίου), αιθυλένιο – προπυλένιο καουτσούκ (EPR), όπως επίσης και το πολυπροπυλένιο (PP) και η μόνωση με συμπιεσμένο αέριο (π.χ. εξαφθοριούχο θείο SF₆). Ως άμεση συνέπεια της εξέλιξης των τελευταίων ετών, τα διάφορα μονωτικά υλικά μπορεί να παραχθούν με διάφορες ηλεκτρικές, θερμικές και μηχανικές ιδιότητες, ανάλογα με τον σκοπό που προορίζονται. Είναι δυνατόν, δηλαδή, να κατασκευασθούν καλώδια για ειδικές περιπτώσεις και εφαρμογές [14].

Τα καλώδια ισχύος διακρίνονται σε διάφορα είδη και συχνά χαρακτηρίζονται με βάση την μόνωση που διαθέτουν. Ένα νεότερο μονωτικό υλικό που χρησιμοποιείται στις υψηλές τάσεις είναι το χαρτί - πολυπροπυλένιο - χαρτί (PPL). Συνδυάζει τις άριστες μονωτικές ιδιότητες του χαρτιού με τις χαμηλές διηλεκτρικές απώλειες του πολυπροπυλενίου. Άλλα είδη καλωδίων είναι εκείνα που διαθέτουν συμπαγή μόνωση (extruded cables) ή αέριο μονωτικό.

Το πολυαιθυλένιο (PE) είναι ένας υδρογονάνθρακας με δομή παρόμοια με εκείνη των παραφινών που χρησιμοποιείται στη MT για τί έχει χαμηλές διηλεκτρικές απώλειες και είναι μηχανικά και χημικά ανθεκτικό. Η θερμοκρασιακή του συμπεριφορά είναι όμοια με αυτή του PVC. Η χρήση του επιτρέπει την λειτουργία σε θερμοκρασίες μέχρι 70 °C συνεχώς. Το δικτυωμένο πολυαιθυλένιο (XLPE) έχει καλύτερη συμπεριφορά στη διαρκή θερμοκρασιακή καταπόνηση. Αντέχει μέχρι

90 °C συνεχώς, ωστόσο είναι ακριβότερο μονωτικό από το PVC. Το πολυαιθυλένιο αποικοδομείται σταδιακά από την ηλιακή ακτινοβολία και για αυτό και δεν χρησιμοποιείται συχνά σαν εξωτερικό προστατευτικό κάλυμμα καλωδίων εξωτερικού χώρου [14] .

3.4 Μηχανική καταπόνηση των καλωδίων

Τα καλώδια καταπονούνται σε ειδικές περιπτώσεις μηχανικά όπου και εγκυμονεί ο κίνδυνος της κατεστράφης αυτών αν δεν έχουν κατάλληλη μηχανική ενίσχυση. Οι καταπονήσεις εμφανίζονται κυρίως κατά την εγκατάσταση και λειτουργία, α) όταν τραβιέται το καλώδιο από μηχανές έλξης μέσα σε σωλήνες ή χαντάκια σε μεγάλα μήκη (>20 m), b) όταν το καλώδιο κινείται συνεχώς ή φέρει δυνάμεις και το ίδιο βάρος του, π.χ. καλώδια ανελκυστήρων, γερανών συγκολλήσεων, κ.λ.π., c) όταν ποντίζεται στη θάλασσα σε μεγάλα βάθη, d) όταν αναρτάται σε μεγάλες αποστάσεις.

Σε όλες τις περιπτώσεις πρέπει να εξασφαλιστεί από τον κατασκευαστή ότι, το καλώδιο είναι κατάλληλο για τέτοιες καταπονήσεις. Συνήθως, για καλώδια μόνιμης εγκατάστασης επιτυγχάνεται μηχανική προστασία με χαλύβδινες ταινίες ή, σε καλώδια που ποντίζονται, με χαλύβδινα σύρματα. Τα καλώδια με πλαστική μόνωση, σε αντιδιαστολή προς τα καλώδια με μόνωση χαρτιού, είναι συνήθως ανθεκτικά και ενισχύονται μόνο για την περίπτωση υψηλών καταπονήσεων. Τα καλώδια με εναλλασσόμενες καταπονήσεις κατασκευάζονται από αγωγούς με υψηλή ευκαμψία και φέρουν ένα χαλύβδινο συρματόσχοινο που παραλαμβάνει το μηχανικό φορτίο (π.χ. σε ανελκυστήρες).

3.5 Τα είδη αγωγών στα δίκτυα MT και XT

Στα δίκτυα Χαμηλής Τάσης χρησιμοποιούνται συνήθως περισσότερες της μιας διατομές αγωγών, συχνά δε, ιδίως στις αγροτικές περιοχές, οι γραμμές δεν είναι τριφασικές, αλλά μονοφασικές (ουδέτερος και μια φάση).

Η τυποποιημένη τάση λειτουργίας των δικτύων διανομής X.T. είναι τα 400/230 V. Γίνεται η χρήση των εξής τυποποιημένων ειδών αγωγών και μεγεθών διατομών:

Γυμνοί Αγωγοί

Αγωγοί Al 16 mm² ,35 mm² ,50 mm² (Διατομές ισοδύναμες χαλκού).

Αγωγοί Cu 16 mm² ,35 mm² ,50 mm²

Συνεστραμμένα καλώδια (θωρακισμένου τύπου)

3 x 35 mm² Al + 54,6 mm² AAAC

3 x 70 mm² Al + 54,6 mm² Al

Τα τυποποιημένα είδη υπόγειων καλωδίων που χρησιμοποιούνται σήμερα στις γραμμές ΜΤ είναι:

- Το τριπολικό καλώδιο με αγωγούς αλουμινίου, μόνωση από εμπλουτισμένο χαρτί, τριών ανεξάρτητων μολύβδινων μανδύων με κοινό χαλύβδινο σπλισμό (τύπος ΝΑΕΚΒΑ), διατομής 3x240 mm².
- Τρία μονοπολικά καλώδια με αγωγούς αλουμινίου, μόνωσης XLPE, με θωράκιση Al και εξωτερικό προστατευτικό μανδύα PVC, διατομής 240mm², συνεστραμμένα γύρω από αγωγό γης από Al, διατομής 25 mm² που περιβάλλεται από μολύβδινο μανδύα. Για λόγους απλούστευσης περιγράφονται συνοπτικά ως 3x240 mm² Al + 25 mm² Al. Στα δίκτυα Μ.Τ. η χρήση καλωδίων μόνωσης XLPE ξεκίνησε πρόσφατα και πρόκειται να υποκαταστήσει πλήρως τη χρήση των καλωδίων ΝΑΕΚΒΑ.

3.6 Εγκατάσταση των καλωδίων

Η εγκατάσταση των καλωδίων γίνεται : [16]

- εναέρια, με στήριξη ή όχι σε χαλύβδινο συρματόσχοινο
- στο έδαφος
- με ποντισμό στη θάλασσα - πάνω στο δάπεδο με κατάλληλη μηχανική προστασία
- πάνω στον τοίχο με σωλήνες, στηρίγματα ή σχάρες.

Η εγκατάσταση των καλωδίων εντός του εδάφους γίνεται σε διάφορα βάθη, τα οποία ποικίλλουν από 0,80m έως 1,50m ή και περισσότερο. Όσο υψηλότερη είναι η τάση

της γραμμής, τόσο μεγαλύτερο είναι συνήθως και το βάθος εγκατάστασης. Οι υπόγειες γραμμές εγκαθίστανται είτε κάτω από τα πεζοδρόμια είτε κάτω από τα οδοστρώματα. Στις ελληνικές πόλεις εφαρμόζεται κατά κανόνα η πρώτη από τις παραπάνω τεχνικές στις περιπτώσεις διαμορφωμένων οδών, στις οποίες υπάρχει επαρκής χώρος κάτω από τα πεζοδρόμια, τον οποίο μοιράζονται με τα υπόγεια δίκτυα άλλων κοινωφελών επιχειρήσεων. Σε αυτήν την περίπτωση πρέπει να ελεγχθεί η αλληλεπίδραση των γραμμών αυτών.

Το χώμα το οποίο τοποθετείται επάνω από τα καλώδια, μετά την εγκατάσταση είναι λεπτόκοκκο και χωρίς πέτρες, αφενός για την καλύτερη απαγωγή της εκλυόμενης θερμότητας, της οφειλόμενης στις απώλειες της γραμμής, αφετέρου δε για να αποφευχθεί τραυματισμός των καλωδίων από τις πέτρες. Επίσης για τη μηχανική προστασία των καλωδίων τοποθετούνται επάνω από αυτά και σε όλο το μήκος της διαδρομής της γραμμής τούβλα ή επιμήκεις πλάκες συνήθως από σκυρόδεμα. Εκτός του ενταφιασμού όπου το καλώδιο βρίσκεται σε κατευθείαν επαφή με το χώμα, υπάρχουν και οι παρακάτω μέθοδοι τοποθέτησης καλωδίων στη γη: μέσα σε κανάλια από μπετόν ή σωλήνες αμιαντοτσιμέντου ή χαλύβδινους, ή μέσα σε τούνελ επισκέψιμα. Κατά αυτόν τον τρόπο αποφεύγεται η εκσκαφή του δρόμου σε περίπτωση βλάβης ή άλλης εργασίας επί των καλωδίων, ενώ ταυτόχρονα παρέχεται ενισχυμένη μηχανική προστασία σε αυτά. Τα καλώδια κατά τη διέλευσή τους μέσω σωληνώσεων, οχετών ή σηράγγων, πρέπει να αερίζονται με φυσικό ή τεχνητό αερισμό, δεδομένου ότι η φυσική ψύξη τους σε περιβάλλον ακίνητου αέρα είναι ατελής [17],[18].

Σε καλώδια που περιέχουν υγρές μονώσεις, κατά την εγκατάστασή τους σε χώρους με υψομετρικές διαφορές παρουσιάζεται – λόγω αυτής της υψομετρικής διαφοράς - διαφορά πίεσης, που μπορεί να επιφέρει μηχανική καταστροφή του μανδύα. Για το λόγο αυτό υπάρχει όριο στη διαφορά υψομέτρου για κάθε κατασκευή, που κυμαίνεται από 40m έως 200m (εάν θέλουμε να υπερβούμε αυτό το όριο πρέπει να εγκαταστήσουμε με παγίδες πίεσης). Σε μεγάλες κλίσεις πρέπει να ληφθεί υπόψη και το βάρος του καλωδίου και να ενισχυθεί ενδεχομένως ο εξωτερικός οπλισμός για να μπορέσει το καλώδιο να φέρει το μηχανικό φορτίο [19].

3.7 Ακροδέκτες καλωδίων XT

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

Στη MT 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.

3.8 Χαρακτηρισμός καλωδίων XT

Τα καλώδια XT ομαδοποιούνται σε:

- Καλώδια ελαφρού τύπου

Τα καλώδια αυτά κατασκευάζονται για τάσεις :100V, 300/300V, 300/500V, 450/750V. Εναρμονίζονται με τα πρότυπα ΕΛΟΤ 623, ΕΛΟΤ563, 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 NYΥ και με ονομασίες που αντιστοιχούν στους γερμανικούς κανονισμούς VDE 0271.

3.9 Γείωση καλωδίων

Σκοπός της γείωσης είναι να εξασφαλίζει την ακεραιότητα του εξοπλισμού και τη συνέχεια της λειτουργίας του, σε περίπτωση εμφανίσεως οποιουδήποτε σφάλματος, παρέχοντας διαδρομή απαγωγής του ρεύματος και εκτόνωσής του στη γη, καθώς και να προστατεύει από ηλεκτροπληξία άτομα που είτε δουλεύουν, είτε κινούνται στον περιβάλλοντα χώρο. Δηλαδή να μειώνει τις πιθανότητες ανάπτυξης επικίνδυνων βηματικών τάσεων ή τάσεων επαφής, καθορίζοντας ένα δυναμικό αναφοράς. Ακόμη συμβάλει στην μείωση του ηλεκτρικού θορύβου, στην εξασφάλιση ελάχιστης διαφοράς δυναμικού μεταξύ των διασυνδεδεμένων συσκευών και στον περιορισμό ηλεκτρικών και μαγνητικών ζεύξεων. Παράγοντες που επηρεάζουν τη μεταβατική συμπεριφορά των συστημάτων γείωσης είναι [20]:

- 1) Οι διαστάσεις και το σχήμα του συστήματος γείωσης
- 2) Η ειδική αντίσταση του εδάφους στο οποίο είναι τοποθετημένο το πλέγμα γείωσης.
- 3) Η ανάπτυξη ή όχι ιονισμού του εδάφους
- 4) Η κυματομορφή του εγχεόμενου ρεύματος
- 5) Το σημείο έγχυσης του ρεύματος

Ουσιαστικά με την βοήθεια την γείωσης θέλουμε να περιορίσουμε την τιμή του ρεύματος σφάλματος για τους εξής λόγους [21]:

- 1) Να περιορισθούν τα φαινόμενα καψίματος και λιώσιματος του ηλεκτρικού εξοπλισμού υπό σφάλμα όπως διακόπτες, μετασχηματιστές καλώδια και στρεφόμενες μηχανές.
- 2) Να μειωθεί η μηχανική καταπόνηση των κυκλωμάτων και των συσκευών από τα οποία περνάει το ρεύμα σφάλματος.
- 3) Να ελαχιστοποιηθεί ο κίνδυνος ηλεκτροσόκ στους ανθρώπους.
- 4) Να ελαχιστοποιηθεί ο κίνδυνος εμφάνισης ηλεκτρικού τόξου.
- 5) Να μειωθούν οι πιθανότητες εμφάνισης στιγμιαίας βύθισης της τάσης στην γραμμή κατά την εκκαθάριση του σφάλματος.
- 6) Να εξασφαλίσει τον έλεγχο παροδικών υπερτάσεων. Σύμφωνα με το πρότυπο ANSI/IEEE Std 80 - 2000 [20], όλα τα εκτεθειμένα αγωγίμα μέρη μιας εγκατάστασης, θα πρέπει να συνδέονται προς τη γη μέσω ειδικών αγωγών προστασίας και κάτω από κατάλληλες συνθήκες, όπως αυτές επιβάλλονται από το σύστημα σύνδεσης των γειώσεων του δικτύου τροφοδοσίας. Τα διαφορετικά μεταξύ τους αγωγίμα μέρη, με τα οποία είναι δυνατό να υπάρξει ταυτόχρονη επαφή, θα πρέπει να γειώνονται μέσω του ίδιου ηλεκτροδίου γείωσης. Οι διατάξεις γείωσης μπορούν να χρησιμοποιούνται είτε συγχρόνως για την προστασία και τη λειτουργία μια ηλεκτρικής εγκατάστασης, είτε μόνο για σκοπούς προστασίας ή λειτουργίας της εν λόγω εγκατάστασης. Σε περιπτώσεις που μια διάταξη γείωσης προορίζεται για προστατευτικό και λειτουργικό σκοπό, προτεραιότητα πρέπει να δοθεί στις απαιτήσεις που αφορούν τη χρήση της για προστασία.

Οι γειώσεις ανάλογα με την χρήση τους χωρίζονται σε τρία είδη:

- a) Γείωση λειτουργίας είναι η γείωση ενός σημείου ενός ενεργού κυκλώματος, π.χ. η γείωση του ουδετέρου ενός μετασχηματιστή και η γείωση του ουδετέρου αγωγού του συστήματος. Στις περιπτώσεις αυτές δηλαδή, η γείωση αποτελεί μέρος του κυκλώματος λειτουργίας της εγκατάστασης. Η γραμμή γείωσης μπορεί να έχει αυτεπαγωγές ή αντιστάσεις στα δίκτυα ή να είναι ένας συνεχής αγωγός.
- b) Γείωση προστασίας είναι η αγωγή σύνδεση ενός μεταλλικού μέρους που δεν είναι στοιχείο ενεργού κυκλώματος με την γη, π.χ. η γείωση του κελύφους μιας ηλεκτρικής συσκευής. Η γείωση προστασίας μειώνει τις τάσεις επαφής γι' αυτό και υπάρχει σε όλες τις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις. Είναι πάντα συνεχής, δηλαδή δεν παρεμβάλλονται αντιστάσεις ή διάκενα.

c) Γείωση του συστήματος της αντικεραυνικής προστασίας είναι η ανοικτή ή η συνεχής γείωση του συστήματος αντικεραυνικής προστασίας και χρησιμεύει για τη μεταφορά στατικών ηλεκτρικών φορτίων στη γη. Αυτές οι γειώσεις διοχετεύουν το ρεύμα των κεραυνών προς τη γη. Ανοικτές γειώσεις μειώνουν την ηλεκτροχημική διάβρωση.

Αυτά τα τρία είδη γειώσεων συνυπάρχουν συνήθως στις εγκαταστάσεις. Προτείνεται να γίνεται κάθε δυνατή προσπάθεια, οι γειώσεις α,β,γ να απολήξουν στο ίδιο ηλεκτρόδιο ή στην ίδια εγκατάσταση γείωσης σε ένα κτήριο. Αυτό εξάλλου επιβάλλουν και οι κανονισμοί άλλων χωρών.

3.10 Παράγοντες που προσδιορίζουν το μέγιστο διαρκώς επιτρεπόμενο θερμικό ρεύμα

Η μέγιστη διαρκώς επιτρεπόμενη ένταση (το θερμικό οριακό ρεύμα) σε μονωμένους αγωγούς ή καλώδια περιορίζεται ουσιαστικά μόνο από τη μέγιστη διαρκώς επιτρεπόμενη θερμοκρασία της μόνωσης. Η φόρτιση των καλωδίων πρέπει να περιορίζεται, έτσι ώστε σε κάθε θέση της εγκατάστασης η θερμότητα των απωλειών να μπορεί να απάγεται στο περιβάλλον χωρίς υπέρβαση των επιτρεπόμενων μέγιστων θερμοκρασιών. Η μόνωση για τα συνηθισμένα μονωτικά (ελαστικό, PVC, πολυαιθυλένιο) αντέχει συνεχώς στους 60°-90°C και σε βραχυκυκλώματα, δηλαδή παροδικά και για λίγα δευτερόλεπτα, στους 140°-250°C.

Σε μεγάλες συνεχείς θερμοκρασίες (π.χ. 80°C για PVC) η μόνωση χάνει σταδιακά την ελαστικότητα της και τη μηχανική της αντοχή. Σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες (π.χ. 200°C για PVC) η θερμοπλαστική μόνωση ρευστοποιείται και καταστρέφεται η μορφή της.

Σε γυμνούς αγωγούς εναέριων γραμμών η μέγιστη διαρκώς επιτρεπόμενη θερμοκρασία είναι συνήθως 80°C, για λόγους μηχανικής αντοχής. Σε βραχυχρόνιες καταπονήσεις επιτρέπονται θερμοκρασίες μέχρι 200°C περίπου. Αυτό ισχύει για να αποφευχθεί ο κίνδυνος πυρκαγιάς.

Σε ζυγούς υποσταθμών, η διαρκής επιτρεπόμενη θερμοκρασία είναι 65°C συνεχώς και μέχρι 200°C, όταν δεν υπάρχει κίνδυνος ανάφλεξης ή καταστροφής των

μονωτήρων. Η βραχυχρόνια επιτρεπόμενη θερμοκρασία μπορεί να είναι 300°C. Όταν όμως υπάρχουν κασσιτεροκολλήσεις η μέγιστη θερμοκρασία είναι 160°C.

Έτσι, οι παράγοντες που προσδιορίζουν το μέγιστο συνεχώς επιτρεπόμενο θερμικό ρεύμα είναι:

- Η διατομή και το υλικό του αγωγού.
- Η θερμική αντοχή της μόνωσης.
- Η θερμοκρασία του περιβάλλοντος.
- Η ύπαρξη άλλων γειτονικών αγωγών ή πηγών θερμότητας, (π.χ. ηλιακή ακτινοβολία)
- Η θερμική αντίσταση της μόνωσης.
- Η ειδική θερμική αντίσταση του εδάφους, για καλώδια στο έδαφος.
- Ο συντελεστής φόρτισης τη, για καλώδια στο έδαφος (όπου $m = \text{Μέση} / \text{Μέγιστη φόρτιση}$)

Για τον ακριβή προσδιορισμό της επίδρασης των παραπάνω παραγόντων θα πρέπει να γίνουν πολλές μετρήσεις, κυρίως της ειδικής θερμικής αντίστασης του εδάφους και της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος κατά μήκος της διαδρομής των καλωδίων, τουλάχιστον για ένα κύκλο ετήσιων μεταβολών. Επειδή όμως αυτή η διαδικασία είναι χρονοβόρα, έχουν συνταχθεί πρότυπα που περιλαμβάνουν τις μέγιστες θερμικές εντάσεις. Τα πρότυπα αυτά είναι: ΚΕΗΕ και VDE 100, που είναι σχεδόν ίδια, VDE 0298 και ΔΕΗ-οδηγία 26.

Οι ΚΕΗΕ και VDE 100 αναφέρονται σε καλώδια και μονωμένους αγωγούς Χ.Τ που δεν είναι ενταφιασμένοι. Αναφέρονται κυρίως σε μονώσεις PVC ή ελαστικού με μέγιστη επιτρεπόμενη θερμοκρασία 60°C.

3.10.1 Μέγιστο επιτρεπόμενο θερμικό ρεύμα σε καλώδια και αγωγούς εγκαταστάσεων Χ.Τ κατά τους ΚΕΗΕ

Στον πίνακα 1.1. φαίνεται το μέγιστο συνεχώς επιτρεπόμενο ρεύμα σε αγωγούς ΕΗΕ, δηλαδή αγωγούς μονωμένους σε σωλήνες, καλώδια ελεύθερα ή εντοιχισμένα και εύκαμπτα καλώδια συνδέσεων (σειρίδες ή κορδόνια). Η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι 30°C και η μέγιστη επιτρεπόμενη θερμοκρασία στον αγωγό είναι 60°C. Ο αριθμός των ενεργών αγωγών που βρίσκονται κοντά μεταξύ τους είναι το πολύ τρεις.

Για άλλες θερμοκρασίες και διαφορετικό αριθμό αγωγών που γειτνιάζουν χρησιμοποιούνται συντελεστές διόρθωσης. Οι αγωγοί κατατάσσονται σε τρεις ομάδες:

Ομάδα I: Ορατές ή χωνευτές στον τοίχο εγκαταστάσεις με:

- α) Καλώδια με τρεις το πολύ ενεργούς αγωγούς ή
- β) τρεις το πολύ ενεργοί αγωγοί σε σωλήνα.

Ομάδα II: Μόνο ορατές εγκαταστάσεις:

- α) Μονοπολικά καλώδια,
- β) Μονωμένοι αγωγοί (μονοπολικοί)
- γ) Πολλά μονοπολικά καλώδια ή μονωμένοι αγωγοί, όταν η απόστασή τους είναι μεγαλύτερη από την διάμετρο τους.

Ομάδα III: Εύκαμπτα καλώδια για σύνδεση φορητών ή κινητών συσκευών, (σειρίδες ή κορδόνια), με τρεις το πολύ ενεργούς αγωγούς.

Ενεργός αγωγός είναι αυτός που φέρει ρεύμα στη στάσιμη κατάσταση. Δεν προσμετρώνται στους ενεργούς αγωγούς ο αγωγός γείωσης και σε τριφασικές παροχές ο ουδέτερος.

Διατομή Cu σε mm ²	I ₀ σε Ampere		
	Ομάδα I Ορατές ή χωνευτές εγκαταστάσεις πολυπολικών καλωδίων ή πολλών αγωγών σε σωλήνες	Ομάδα II Ορατές εγκαταστάσεις μονοπολικών αγωγών	Ομάδα III Εύκαμπτα καλώδια για σύνδεση φορητών ή κινητών συσκευών
0,75	9	15	7
1	11	18	8
1,5	14	22	10
2,5	20	31	15
4	25	41	20
6	33	54	26
10	43	70	35
16	60	96	48
25	83	128	65
35	100	153	78
50	127	197	100
70	147	234	-
95	181	287	-
120	208	336	-
150	238	383	-
185	266	435	-
240	310	515	-
300	355	596	-
400	-	710	-
500	-	810	-

Πίνακας 1.1: Μέγιστο επιτρεπόμενο θερμικό ρεύμα I₀ σε χάλκινους αγωγούς σύμφωνα με το άρθρο 126 των ΚΕΗΕ. Οι τιμές του ρεύματος ισχύουν για θερμοκρασία περιβάλλοντος 30°C και μέγιστη θερμοκρασία αγωγού 60°C.

Επίδραση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος στη μέγιστη επιτρεπόμενη ένταση φόρτισης των αγωγών ΕΗΕ.

Στον πίνακα 1.2 ισχύει για θερμοκρασία περιβάλλοντος 0,=30°C και οι τιμές είναι υπολογισμένες κατά τέτοιο τρόπο ώστε η θερμοκρασία του μονωτικού να μην υπερβαίνει τους 60°C (θ_π= 60°C). Για άλλες θερμοκρασίες οι τιμές του πίνακα πολλαπλασιάζονται με ένα συντελεστή θερμοκρασίας f_θ που φαίνεται στον πίνακα 1.2.

Θερμοκρασία (°C)	30	35	40	45	50	55
Συντελεστής f _θ	1,00	0,91	0,82	0,71	0,58	0,41

Πίνακας 1.2: Συντελεστής διόρθωσης της έντασης του ρεύματος f_θ για διάφορες θερμοκρασίες, σύμφωνα με το άρθρο 126 των ΚΕΗΕ

Στην γενική περίπτωση που θέλουμε να βρούμε την επιτρεπόμενη ένταση ρεύματος I για τελική θερμοκρασία θ_t και θερμοκρασία περιβάλλοντος θ_p , εφαρμόζουμε τον τύπο:

$$I' = I \cdot f_{\theta}, \text{ όπου } f_{\theta} = \sqrt{\frac{\theta_t - \theta_p}{\theta_t - \theta_p}}$$

Οι θερμοκρασίες θ_t και θ_p αντιστοιχούν στην ένταση I και οι θ_t' και θ_p' στην ένταση I' . Η θερμοκρασία περιβάλλοντος εξαρτάται από την θερμοκρασία του εξωτερικού χώρου και από την εγκατάσταση. Αν υπάρχουν συσκευές, π.χ. κινητήρες τότε ανυψώνεται η θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Επίσης αν στην περιοχή εργάζονται άνθρωποι, τότε, αν δεν υπάρχουν άλλες εκτιμήσεις, μπορεί να ληφθεί σαν δυσμενέστερη θερμοκρασία οι 35°C , γιατί πρέπει με αερισμό ή κλιματισμό να διατηρηθεί η θερμοκρασία σε ανεκτά επίπεδα.

Επίδραση του αριθμού των αγωγών στη μέγιστη επιτρεπόμενη ένταση φόρτισής τους.

Αν οι ενεργοί αγωγοί (δηλαδή οι ρευματοφόροι αγωγοί) που βρίσκονται μέσα στο ίδιο περίβλημα είναι περισσότεροι από τρεις, τότε λαμβάνουμε μέρος των αναγραφόμενων στον πίνακα 1.1 τιμών επιτρεπόμενης έντασης φόρτισης. Στην περίπτωση αυτή πολλαπλασιάζουμε τις τιμές του πίνακα 1.1 με τον συντελεστή διόρθωσης K_a που φαίνεται παρακάτω.

Στα προαναφερθέντα υπάρχουν κάποιες ειδικές περιπτώσεις οι οποίες αναφέρονται παρακάτω:

Γυμνοί αγωγοί, μπάρες, ζυγοί.

Για διατομές μέχρι 50 mm^2 ισχύουν οι τιμές της ομάδας II. Για διατομές μεγαλύτερες των 50 mm^2 , π.χ. σε χάλκινες μπάρες, παίρνουμε φόρτιση που αντιστοιχεί σε $1,5 \text{ A/mm}^2$. Η μέγιστη επιτρεπόμενη θερμοκρασία γυμνών αγωγών είναι 80°C και σε σημεία σύνδεσης με συσκευές 65°C . (Κατά τους ΚΕΗΕ)

Γραμμές κινητήρων

Οι γραμμές τροφοδοσίας κινητήρων υπολογίζονται με ρεύμα αυξημένο κατά παράγοντα 1,25 του ονομαστικού, για να ληφθεί υπόψη το αυξημένο ρεύμα στην εκκίνηση του κινητήρα. Η ελάχιστη διατομή είναι εδώ ίση με 2,5mm².

Γραμμές πυκνωτών

Οι γραμμές πυκνωτών υπολογίζονται για ρεύμα αυξημένο κατά παράγοντα 1,6 του ονομαστικού.

Για αριθμό αγωγών	Ποσοστό τιμών πίνακα 1.1.5	Συντελεστής Διόρθωσης K ₀
4-6	80%	0,8
7-9	70%	0,7

Πίνακας 1.3: Συντελεστής διόρθωσης K, της επιτρεπόμενης έντασης για περισσότερους από 3 αγωγούς σε καλώδιο ή σωλήνα, σύμφωνα με το άρθρο 126 των ΚΕΗΕ

3.10.2 Μέγιστο συνεχώς επιτρεπόμενο ρεύμα σε καλώδια Χ.Τ και Μ.Τ κατά VDE 0298 και οδηγία 26 της ΔΕΗ

Τα καλώδια στα οποία θα αναφερθούμε έχουν τάσεις 0,6/1 kV, 3,6/6 kV, 6/10 kV, 12/20 kV και 18/30 kV. Αντιστοιχούν στα πρότυπα IEC 502, VDE 0273, ΕΛΟΤ 843, ΕΛΟΤ 1099. Οι τιμές της θερμικής είναι εκείνες που προτείνονται από τους γερμανικούς κανονισμούς VDE 0298. Διακρίνουμε δύο περιπτώσεις:

- Καλώδια εγκατεστημένα στον αέρα και
- Καλώδια ενταφιασμένα

Οι κανονισμοί αυτοί επικαλύπτουν την οδηγία 26 της ΔΕΗ που οι τιμές τους διαφέρουν το πολύ 5%.

Οι κανονισμοί αυτοί καλύπτουν επακριβώς καλώδια κατά VDE 0255, 0271, 0273. Μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν και για καλώδια αντιστοίχου κατασκευής κατά IEC 502, ΕΛΟΤ 843, και ΕΛΟΤ 1099.

Οι απώλειες σε καλώδια προέρχονται από τα ρεύματα των φάσεων, από τα επαγόμενα ρεύματα στους μανδύες και στις μηχανικές ενισχύσεις και σε καλώδια Υ.Τ κατά ένα μικρό ποσοστό, από τις διηλεκτρικές απώλειες. Η επιτρεπόμενη φόρτιση στο συνεχές ρεύμα είναι μεγαλύτερη μέχρι και 25% γιατί δεν υπάρχουν δινορεύματα.

Οι κανονισμοί VDE 0298 περιλαμβάνουν όχι μόνο απώλειες λόγω των ρευμάτων φορτίου στους αγωγούς φάσεων, αλλά και πρόσθετες απώλειες των δινορευμάτων στους μανδύες και στις μηχανικές ενισχύσεις. Οι μανδύες θεωρήθηκαν ότι είναι και στα δυο άκρα τους συνδεδεμένοι και γειωμένοι το οποίο μπορεί να αυξήσει τις απώλειες κατά 10-20%. Οι υπολογισμοί της επιτρεπόμενης έντασης γίνονται με τον τρόπο που φαίνεται στον πίνακα 1.4.

Καλώδια στον ελεύθερο αέρα	
$I_{\max} = I_0 \theta n_1 \theta n_2 \theta n_3$	
I_0 = μέγιστο συνεχώς επιτρεπόμενο ρεύμα για θερμοκρασία περιβάλλοντος 30°C, ένα μόνο τριφασικό σύστημα με ελεύθερη διακίνηση αέρα	
n_1 = συντελεστής διόρθωσης για διάφορες θερμοκρασίες περιβάλλοντος	
n_2 = συντελεστής διόρθωσης για πολλά γεινιάζοντα συστήματα	
n_3 = συντελεστής διόρθωσης για καλώδια ΧΤ με περισσότερους των 4 αγωγών	
Ενταφιασμένα καλώδια	
$I_{\max} = I_0 Bf_1 Bf_2 Bf_3 Bf_4 Bf_5$	
I_0 = μέγιστο συνεχώς επιτρεπόμενο ρεύμα για: θερμοκρασία εδάφους $\theta = 20^\circ\text{C}$, συντελεστή φόρτισης $m = 0,7$ (μέση / μέγιστη ισχύ), ειδική θερμική αντίσταση εδάφους $\sigma = 1,0 \text{ Km/W}$, ένα ενταφιασμένο τριφασικό σύστημα, τα καλώδια είναι γειωμένα στα δυο τους άκρα	
f_1 = συντελεστής για διαφορετικά θ , m , σ	
f_2 = συντελεστής για περισσότερα του ενός συστήματα.	
$f_3 = 0,85$ όταν το καλώδιο βρίσκεται σε σωλήνα πάνω από 6 m μήκος. Αν όχι $f_3 = 1$	
$f_4 = 0,9$ αν υπάρχουν προστατευτικά τούβλα ή σκεπάσματα που εγκλείουν αέρα.	
f_5 = συντελεστής για πολυπολικά καλώδια ΧΤ με περισσότερους των τριών αγωγών.	

Πίνακας 1.4: Υπολογισμός της μέγιστης επιτρεπόμενης διαρκούς φόρτισης καλωδίων

Καλώδια εγκατεστημένα στον αέρα

Οι διαρκώς επιτρεπόμενες φορτίσεις καλωδίων στον αέρα λαμβάνονται για τις παρακάτω συνθήκες:

- Θερμοκρασία περιβάλλοντος 30°C
- Ένα τριφασικό σύστημα, δηλαδή τρία μονοπολικά ή ένα τριπολικό καλώδιο
- Ελεύθερη κυκλοφορία αέρα. Δηλαδή: 2 cm από τοίχους και οροφές ή πάτωμα.

- Καμία πρόσθετη ακτινοβολία θερμότητας (ηλιακή ακτινοβολία).
- Ενωμένοι, γειωμένοι μανδύες στα δύο άκρα.
- Έχουν ληφθεί υπόψη διηλεκτρικές απώλειες για καλώδια PVC 6/10 kV.
- Για διαφορετικές συνθήκες από τις κανονικές το ρεύμα υπολογίζεται με τον τρόπο που παρουσιάζει ο πίνακας 1.3.

Καλώδια ενταφιασμένα

Οι σημαντικές διαφορές στη θερμική συμπεριφορά μεταξύ καλωδίων στον αέρα και στο έδαφος είναι οι εξής:

Η ειδική θερμική αντίσταση του εδάφους υπεισέρχεται στους υπολογισμούς. Αυτή εξαρτάται από το έδαφος και την υγρασία του. Σε πολύ μεγάλες εντάσεις, όταν η θερμοκρασία του εδάφους γύρω από το καλώδιο ξεπεράσει τους 40°C, ξηραίνεται το έδαφος και αυξάνεται η αντίστασή του. Αυτό μπορεί να επιφέρει υπερθέρμανση του καλωδίου.

Ο συντελεστής φόρτισης m (=μέσο/μέγιστο φορτίο) επιδρά στη θερμοκρασία του εδάφους και στη μέγιστη φόρτιση. Η ψύξη του καλωδίου ευνοείται από μικρούς συντελεστές φόρτισης, επιτρέπουν δηλαδή μεγαλύτερη ένταση. Αυτό συμβαίνει, επειδή το θερμικό σύστημα εδάφους έχει μεγάλη χρονική σταθερά. Το έδαφος γύρω από το καλώδιο χρειάζεται αρκετές ώρες για να αποκτήσει τη θερμική του ισορροπία, μετά από μια αύξηση ή ελάττωση του ρεύματος.

Το βάθος του ενταφιασμού επηρεάζει τη θερμική αντίσταση που παρουσιάζεται στη μεταφορά της θερμότητας. Όσο μεγαλύτερο είναι το βάθος τόσο μεγαλύτερη είναι και η αντίσταση και τόσο μικρότερη είναι η επιτρεπόμενη φόρτιση.

3.10.3 Προστασία γραμμών και καλωδίων

Οι γραμμές και τα καλώδια πρέπει να προστατευθούν:

- σε βραχυκυκλώματα και
- σε συνεχή υπερφόρτιση.

Τα βραχυκυκλώματα μπορούν να οδηγήσουν σε απαράδεκτα υψηλές θερμοκρασίες, καταστροφή της μόνωσης ή και πυρκαγιά. Ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις μπορούν, σε κεντρικούς πίνακες μεγάλης ισχύος βραχυκύκλωσης, να προκαλέσουν ζημιές.

Η συνεχής υπερφόρτιση οδηγεί σε επιτάχυνση της γήρανσης του μονωτικού ή και του αγωγού. Αν π.χ. είχαμε 10% συνεχής υπερφόρτιση πέραν του διαρκώς επιτρεπόμενου ρεύματος, θα μπορούσε να ημιδιπλασιάσει τη διάρκεια της ζωής του μονωτικού, κάνοντάς το ψαθυρό με αποτέλεσμα να σπάει. Επίσης σε περίπτωση υπερφόρτισης μπορεί να προκληθεί και πυρκαγιά.

4 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΩΝ ΚΑΛΩΔΙΩΝ

4.1 Παράγοντες που προσδιορίζουν το μέγιστο επιτρεπόμενο θερμικό ρεύμα

Η μέγιστη διαρκώς επιτρεπόμενη ένταση (το θερμικό οριακό ρεύμα) σε μονωμένους αγωγούς ή καλώδια περιορίζεται ουσιαστικά μόνο από τη μέγιστη διαρκώς επιτρεπόμενη θερμοκρασία της μόνωσης. Η φόρτιση των καλωδίων πρέπει να περιορίζεται, έτσι ώστε σε κάθε θέση της εγκατάστασης η θερμότητα των απωλειών να μπορεί να απάγεται στο περιβάλλον χωρίς υπέρβαση των επιτρεπόμενων μέγιστων θερμοκρασιών. Η μόνωση για τα συνηθισμένα μονωτικά (ελαστικό, PVC, πολυαιθυλένιο) αντέχει συνεχώς στους 60°-90°C και σε βραχυκυκλώματα, δηλαδή παροδικά και για λίγα δευτερόλεπτα, στους 140°-250°C.

Σε μεγάλες συνεχείς θερμοκρασίες (π.χ. 80°C για PVC) η μόνωση χάνει σταδιακά την ελαστικότητα της και τη μηχανική της αντοχή. Σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες (π.χ. 200°C για PVC) η θερμοπλαστική μόνωση ρευστοποιείται και καταστρέφεται η μορφή της.

Σε γυμνούς αγωγούς εναέριων γραμμών η μέγιστη διαρκώς επιτρεπόμενη θερμοκρασία είναι συνήθως 80°C, για λόγους μηχανικής αντοχής. Σε βραχυχρόνιες καταπονήσεις επιτρέπονται θερμοκρασίες μέχρι 200°C περίπου. Αυτό ισχύει για να αποφευχθεί ο κίνδυνος πυρκαγιάς.

Σε ζυγούς υποσταθμών, η διαρκής επιτρεπόμενη θερμοκρασία είναι 65°C συνεχώς και μέχρι 200°C, όταν δεν υπάρχει κίνδυνος ανάφλεξης ή καταστροφής των μονωτήρων. Η βραχυχρόνια επιτρεπόμενη θερμοκρασία μπορεί να είναι 300°C. Όταν όμως υπάρχουν κασσιτεροκολλήσεις η μέγιστη θερμοκρασία είναι 160°C.

Το επιτρεπόμενο ρεύμα προσδιορίζεται ως εξής: Στους αγωγούς εκλύεται θερμότητα $Joule (=R.I^2)$ που οδηγείται στον περιβάλλοντα αέρα μέσω της μόνωσης ή και μέσω του εδάφους, αν πρόκειται για ενταφιασμένα καλώδια. Δηλαδή, για να προσδιορίσουμε την επιτρεπόμενη ένταση τσυ ρεύματος, σ' ένα καλώδιο παίζουν ρόλο η διατομή του αγωγού, σε συνδυασμό με τις συνθήκες ψύξης.

Έτσι, οι παράγοντες που προσδιορίζουν το μέγιστο συνεχώς επιτρεπόμενο θερμικό ρεύμα είναι:

- Η διατομή και το υλικό του αγωγού.
- Η θερμική αντοχή της μόνωσης.
- Η θερμοκρασία του περιβάλλοντος.
- Η ύπαρξη άλλων γειτονικών αγωγών ή πηγών θερμότητας,(π.χ. ηλιακή ακτινοβολία)
- Η θερμική αντίσταση της μόνωσης.
- Η ειδική θερμική αντίσταση του εδάφους, για καλώδια στο έδαφος.
- Ο συντελεστής φόρτισης τη, για καλώδια στο έδαφος(όπου $m = \text{Μέση} / \text{Μέγιστη}$ φόρτιση).

Για τον ακριβή προσδιορισμό της επίδρασης των παραπάνω παραγόντων θα πρέπει να γίνουν πολλές μετρήσεις, κυρίως της ειδικής θερμικής αντίστασης του εδάφους και της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος κατά μήκος της διαδρομής των καλωδίων, τουλάχιστον για ένα κύκλο ετήσιων μεταβολών. Επειδή όμως αυτή η διαδικασία είναι χρονοβόρα, έχουν συνταχθεί πρότυπα που περιλαμβάνουν τις μέγιστες θερμικές εντάσεις. Τα πρότυπα αυτά είναι: ΚΕΗΕ και VDE 100, που είναι σχεδόν ίδια, VDE 0298 και ΔΕΗ-οδηγία 26,

Οι ΚΕΗΕ και VDE 100 αναφέρονται σε καλώδια και μονωμένους αγωγούς Χ.Τ που δεν είναι ενταφιασμένοι. Αναφέρονται κυρίως σε μονώσεις PVC ή ελαστικού με μέγιστη επιτρεπόμενη θερμοκρασία 60°C.

4.2 Υλικά μη μονωμένων αγωγών

Αγωγοί ονομάζονται αγωγήμα σύρματα που διοχετεύουν ηλεκτρικό ρεύμα. Ανάλογα με τον αριθμό των κλώνων ή συρμάτων οι αγωγοί διακρίνονται σε μονόκλωνους (λιγότερο εύκαμπτοι, για μικρότερες διατομές) και πολύκλωνους. Για την κατασκευή των αγωγών χρησιμοποιούνται δύο βασικά υλικά, ο χαλκός (το πιο ηλεκτραγωγό υλικό, με υψηλή μηχανική αντοχή, ανθεκτικότητα στη διάβρωση και εύκολη κατεργασία) και το αλουμίνιο (μικρότερη αγωγιμότητα, πολύ πιο ελαφρύ, μικρότερο κόστος).

Οι αγωγοί αλουμινίου χρησιμοποιούνται πολύ στις εναέριες γραμμές (μικρό βάρος) και ελάχιστα στις εγκαταστάσεις κλειστού χώρου (οξειδωση άκρων, εύκολος τραυματισμός, παραμόρφωση υπό πίεση). Οι αγωγοί που χρησιμοποιούνται στις Ε.Η.Ε. είναι ανάλογα με την περίπτωση γυμνοί, μονωμένοι ή ακόμα και καλυμμένοι με προστατευτικό μανδύα αγωγοί, ή υπόγεια καλώδια. Οι γυμνοί αγωγοί χρησιμοποιούνται στις γραμμές υπαίθρου σε περίπτωση εναέριων γραμμών και σε ορισμένες περιπτώσεις εγκαταστάσεων κλειστών χώρων όταν οι γραμμές βρίσκονται σε μονωτήρες (γενικά πρέπει να αποφεύγονται). Οι γυμνοί αγωγοί μπορεί να είναι από χαλκό ή αλουμίνιο, μονόκλωνοι ή πολύκλωνοι.

4.3 Επιτρεπόμενο ρεύμα βραχυκυκλώματος και υπολογισμός

Ο έλεγχος γίνεται για να διαπιστωθεί η δυνατότητα διέλευσης δια του καλωδίου ρεύματος πολλαπλάσιας της έντασης κανονικής λειτουργίας σε μικρό χρονικό διάστημα (Ρεύμα βραχυκύκλωσης) χωρίς να υπάρχουν δυσμενείς επιπτώσεις στο καλώδιο.

Ο υπολογισμός βασίζεται στην υπόθεση ότι η παραγόμενη θερμότητα απορροφάται από το καλώδιο. Επομένως βασίζεται στην μέγιστη θερμοκρασία που μπορεί να αναπτυχθεί εντός του καλωδίου κατά το χρονικό διάστημα που διαρκεί το βραχυκύκλωμα. (Χρόνος διάρκειας βραχυκυκλώματος 1 sec).

Για τον υπολογισμό του ρεύματος βραχυκύκλωσης πρέπει να είναι γνωστά στοιχεία του καλωδίου (είδος αγωγού, θερμοκρασίες κλπ). Τα στοιχεία αυτά αφορούν σε κατασκευαστικά δεδομένα του καλωδίου.

Ο υπολογισμός της μέγιστης επιτρεπόμενης έντασης βασίζεται στη μέγιστη θερμοκρασία η οποία μπορεί να δημιουργηθεί κατά το βραχυκύκλωμα. Ο τύπος που αφορά σε καλώδια χαλκού είναι ο παρακάτω:

$$I_{br.} = x$$

όπου:

$I_{br.}$ = Μέγιστη επιτρεπόμενη ένταση ρεύματος βραχυκύκλωσης σε KA

S = Ονομαστική διατομή αγωγού σε mm²

T = Μέγιστη επιτρεπόμενη θερμοκρασία κατά την διάρκεια του βραχυκυκλώματος σε °C

Για τον τύπο του καλωδίου που θα χρησιμοποιηθεί λαμβάνεται θερμοκρασία 250 °C

T_0 = Θερμοκρασία συνεχούς λειτουργίας του καλωδίου (πριν από το βραχυκύκλωμα)

Για τον τύπο του καλωδίου που θα χρησιμοποιηθεί λαμβάνεται θερμοκρασία 90 °C

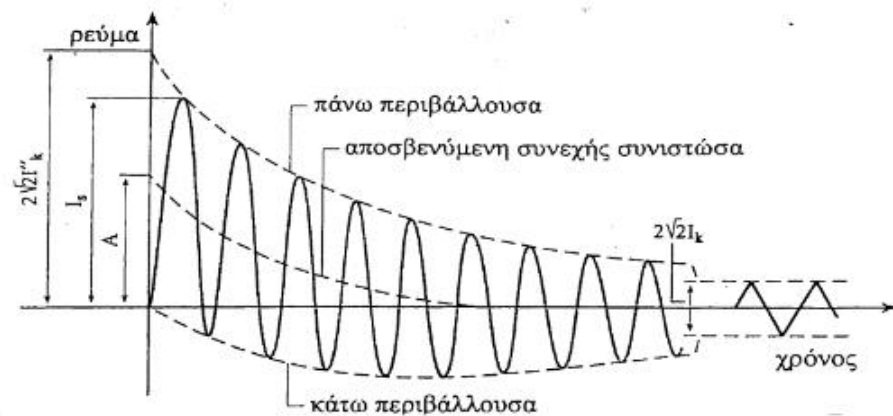
t = Χρόνος σε sec που δίδεται από τις αρμόδιες υπηρεσίες του ΔΕΔΔΗΕ (Λαμβάνω $t = 1 \text{ sec} >$ από χρόνο της ρυθμίσεως των αυτόματων διακοπών του ΔΕΔΔΗΕ) [22].

Οι υπολογισμοί των ρευμάτων βραχυκύκλωσης γίνονται βάσει των προτύπων DIN VDE57102. Ο υπολογισμός της μέγιστης τιμής και η χρονική διάρκεια του ρεύματος έχει σημασία για την εκτίμηση των δυνάμεων που ασκούνται σε μια κατασκευή ενώ η τιμή του θερμικού ολοκληρώματος

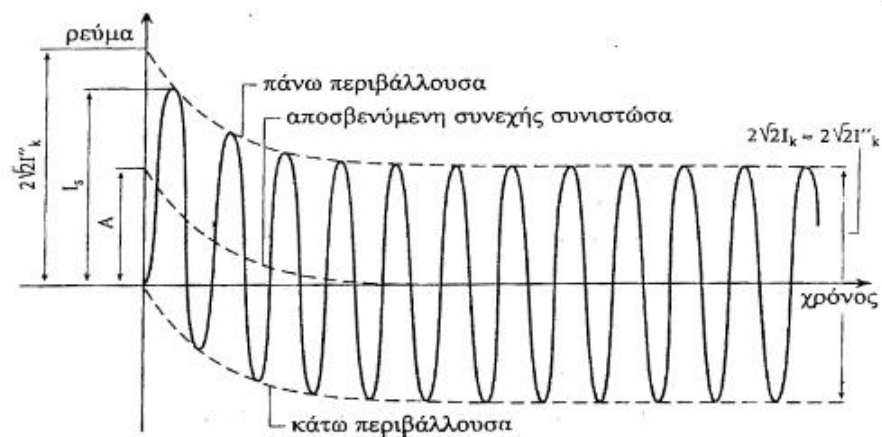
$$\int i^2 dt$$

έχει σημασία για την θερμική καταπόνηση. Για βραχυκυκλώματα σε εγκαταστάσεις καταναλωτών με ιδεατές πηγές, σταθερής εσωτερικής αντίδρασης, δηλαδή χωρίς γεννήτριες ή μεγάλους κινητήρες το ρεύμα βραχυκύκλωσης έχει τη μορφή του παρακάτω σχήματος:

α)



β)



Σχήμα 1.13: Ρεύμα στο σημείο βραχυκυκλώματος σαν συνάρτηση του χρόνου. α) Το βραχυκύκλωμα γίνεται κοντά σε γεννήτριες, π.χ. σε σταθμό παραγωγής. β) Το βραχυκύκλωμα γίνεται μακριά από γεννήτριες, π.χ. σε εγκαταστάσεις καταναλωτών MT ή XT. $I_k'' =$ αρχικό ρεύμα βραχυκύκλωσης, $I_k =$ στάσιμο ρεύμα βραχυκύκλωσης, $A =$ αρχική τιμή του συνεχούς ρεύματος [23].

Το ρεύμα έχει μια φθίνουσα συνεχή συνιστώσα και μια εναλλασσόμενη συνιστώσα. Η αρχική τιμή A της συνεχούς συνιστώσας και το κρουστικό ρεύμα βραχυκυκλώσεως I_s αποκτούν έτσι τη μέγιστη τιμή τους. Το βραχυκύκλωμα εμφανίζεται τη χρονική στιγμή μηδέν. Το ρεύμα λειτουργίας που έρρεε πριν από το σφάλμα δε λαμβάνεται υπόψη. Στο σχήμα 1.13 φαίνονται τα μεγέθη:

- αρχικό ρεύμα βραχυκύκλωσης I_k''
- κρουστικό ή μέγιστο ρεύμα βραχυκύκλωσης I_s
- μόνιμο ή στάσιμο ρεύμα βραχυκύκλωσης I_k
- αρχική τιμή της συνεχούς συνιστώσας A

Κατά τα βραχυκυκλώματα «κοντά» σε γεννήτριες ισχύει:

$$I_{k''} > I_{k'} > I_k$$

Όπου $I_{k'}$ είναι το μεταβατικό ρεύμα, που δεν απαιτείται άμεσα για τον υπολογισμό των επιπτώσεων των ρευμάτων βραχυκύκλωσης.

Τα σφάλματα σε δίκτυα ΜΤ και ΧΤ, με εξαίρεση τα δίκτυα πλοίων και καταναλωτών με δική τους παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, είναι σφάλματα «μακριά» από γεννήτριες. Το ρεύμα βραχυκύκλωσης έχει τη μορφή του σχήματος, και ισχύει:

$$I_{k''} = I_{k'} = I_k$$

Βασικό μέγεθος για τον καθορισμό της θερμικής καταπόνησης των γραμμών και των άλλων στοιχείων του δικτύου, σε περιπτώσεις βραχυκλωμάτων είναι το θερμικό ρεύμα βραχείας διάρκειας I_{th} . Το I_{th} είναι η ενδεικνύμενη τιμή της εναλλασσόμενης έντασης με τη συχνότητα του δικτύου, η οποία κατά τη διάρκεια βραχυκύκλωσης T_k παράγει την ίδια θερμότητα απωλειών Q με το ρεύμα βραχυκύκλωσης $i_k(t)$.

Από υπολογισμούς καταλήγουμε ότι το ρεύμα I_{th} δίνεται από τη σχέση:

$$I_{th} = I_{k''} (m+n)^{1/2}$$

Με το μέγεθος m λαμβάνεται υπόψη η ανάπτυξη θερμότητας λόγω της συνεχούς συνιστώσας του ρεύματος. Το m εξαρτάται από τη διάρκεια βραχυκυκλώσεως T_k και το συντελεστή:

$$k = \frac{I_s}{\sqrt{2} I_{k''}} = 1,02 + 0,98 e^{-3R/X}$$

R/X : ωμική προς επαγωγική αντίσταση της σύνθετης αντίστασης που διαρρέεται από το ρεύμα βραχυκύκλωσης.

Με το μέγεθος n λαμβάνεται υπόψη η ελάττωση της εναλλασσόμενης συνιστώσας του ρεύματος σε περίπτωση βραχυκυκλωμάτων κοντά σε γεννήτριες. Το n εξαρτάται από τη διάρκεια βραχυκύκλωσης T_k και το λόγο $I_{k''}/I_k$. Σε περίπτωση βραχυκυκλωμάτων μακριά από γεννήτριες είναι $I_{k''}/I_k=1$, $n=1$.

- Για βραχυκυκλώματα στο δίκτυο MT ισχύει $k \leq 1,8$. Για διάρκεια βραχυκυκλώσεως $T_k=0,5\text{sec}$ είναι $m \leq 0,12$ και $I_{th} \leq I_k \sqrt{0,12 + 1}$
- Για την ίδια όμως περιοχή MT με $k \leq 1,8$ και για $T_k=0,1 \text{ sec}$ είναι $m \leq 0,5$ και

$$I_{th} \leq I_k \sqrt{0,5 + 1}$$

Όπου

C = συντελεστής προσαύξεσης, ($c=1,1$ για τη μέγιστη και $0,9$ για την ελάχιστη τάση),

V_n = πολική ονομαστική τάση του δικτύου,

R, X =συνολική ωμική ,επαγωγική αντίσταση

Η ισχύς βραχυκύκλωσης δίνεται από τον τύπο:

$$S = \sqrt{3} * V_n * I_k = c * \frac{V^2}{Z}$$

όπου Z = η σύνθετη αντίσταση του δικτύου.

Το πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384 αναφέρει και ορίζει την πτώση τάσης σύμφωνα με το άρθρο 525.

Αν δεν υπάρχουν ιδιαίτερες απαιτήσεις αναφορικά με τη λειτουργία των συσκευών ή, ενδεχομένως ειδικών διατάξεων προστασίας, συνιστάται στην πράξη, η πτώση τάσης από την αρχή της ηλεκτρικής εγκατάστασης μέχρι το σημείο σύνδεσης οποιασδήποτε ηλεκτρικής συσκευής να μην υπερβαίνει το 4% της ονομαστικής τάσης της εγκατάστασης. Προσωρινές συνθήκες, όπως μεταβατικές τάσεις και μεταβολή τάσης λόγω αντικανονικής λειτουργίας μπορούν να μη λαμβάνονται υπόψη.

Η πτώση τάσης μίας γραμμής υπολογίζεται από τη σύγκριση δύο μετρήσεων:

Πρώτον: με υπολογισμό της τιμής αναφοράς (Z_{ref}) της εμπέδησης (σύνθετη αντίσταση γραμμής) με αρχική μέτρηση στο σημείο τροφοδότησης της προς ελέγχου γραμμής ή κατανάλωσης π.χ. του πίνακα ή της διανομής.

Δεύτερον: με μέτρηση της εμπέδησης (σύνθετη αντίσταση γραμμής) στο τερματικό σημείο της γραμμής, που θέλουμε να ελέγξουμε την πτώση τάσης (π.χ. ρευματοδότης - πρίζα) χωρίς φορτίο.

Πραγματοποιώντας τη συγκεκριμένη σειρά μετρήσεων, το όργανο δίνει την τιμή της πτώσης τάσης σε % ποσοστό.

4.4 Προστασία γραμμών και καλωδίων

Οι γραμμές και τα καλώδια πρέπει να προστατευθούν:

- σε βραχυκυκλώματα και
- σε συνεχή υπερφόρτιση

Τα βραχυκυκλώματα μπορούν να οδηγήσουν σε απαράδεκτα υψηλές θερμοκρασίες, καταστροφή της μόνωσης ή και πυρκαγιά. Ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις μπορούν, σε κεντρικούς πίνακες μεγάλης ισχύος βραχυκύκλωσης, να προκαλέσουν ζημιές.

Η συνεχής υπερφόρτιση οδηγεί σε επιτάχυνση της γήρανσης του μονωτικού ή και του αγωγού. Αν π.χ. είχαμε 10% συνεχής υπερφόρτιση πέραν του διαρκώς επιτρεπόμενου ρεύματος, θα μπορούσε να ημιδιπλασιάσει τη διάρκεια της ζωής του μονωτικού, κάνοντάς το ψαθυρό με αποτέλεσμα να σπάει. Επίσης σε περίπτωση υπερφόρτισης μπορεί να προκληθεί και πυρκαγιά.

Ø Όργανα προστασίας σε καλώδια μέσης τάσης

Σε συνδέσεις με εναέρια δίκτυα και υπόγεια δίκτυα τα καλώδια παροχετεύσεων μέσης τάσης βρίσκονται στην περιοχή υπευθυνότητας του καταναλωτή. Συνήθως είναι από δικτυωμένο πολυαιθυλένιο και προστατεύονται σε βραχυκυκλώματα από τα όργανα προστασίας της γραμμής μέσης τάσης της ΔΕΗ. Σε υπερφόρτιση τα καλώδια μέσης τάσης δεν είναι ανάγκη να προστατευθούν στην αναχώρησή τους, αφού αρκεί να υπάρχει αυτόματος στην άφιξή τους ή επιμέρους αυτόματοι στους κλάδους αναχώρησης, οπότε εμμέσως προστατεύονται σε υπερφόρτιση. Σε διανομές των 6 ή 10 kV τα καλώδια προστατεύονται σε υπερφόρτιση ή βραχυκύκλωμα στην αναχώρησή τους από κοινού με τον μετασχηματιστή, με αυτόματους και ηλεκτρονόμους στο πρωτεύον ή δευτερεύον του μετασχηματιστή.

Ø Προστασία γραμμών χαμηλής τάσης

Η προστασία των γραμμών και των καλωδίων χαμηλής τάσης τόσο σε βραχυκύκλωμα όσο και σε υπερφόρτιση γίνεται με τα παρακάτω μέσα:

- ασφάλειες τήξης, μέχρι 1000 A περίπου,
- μικροαυτόματους προστασίας γραμμών, μέχρι 64 A,
- διακόπτες ισχύος με θερμική διέγερση για υπερφόρτιση και
- ηλεκτρομαγνητική διέγερση για βραχυκυκλώματα, μέχρι 5000 A.

Πρέπει εδώ να σημειώσουμε ότι, οι ασφάλειες ή οι μικροαυτόματοι ανοίγουν το κύκλωμα σε ρεύματα 160%-210% του ονομαστικού ρεύματός τους. Συγκεκριμένα μια ασφάλεια 16 A δεν καταστρέφεται (δεν λιώνει) στα 16 A, ούτε καν στα 20 A, αλλά στα 28 A περίπου, για χρόνους πάνω της μιας ώρας.

Σύμφωνα με τους ΚΕΗΕ, μια γραμμή προστατεύεται με μέσα προστασίας που έχουν ονομαστική ένταση το πολύ ίση με την επιτρεπόμενη φόρτιση της γραμμής. Δηλαδή, μια γραμμή των 2,5 mm² με μέγιστο διαρκώς επιτρεπόμενο ρεύμα 16 A, μπορεί να ασφαλίζεται με ασφάλειες το πολύ 16 A. Μια υπερένταση όμως των 20 A σε ασφάλεια των 16 A δεν επιφέρει τήξη. Μόνο ρεύμα 28 A θα διέκοπτε το κύκλωμα.

Το σκεπτικό της προστασίας είναι ότι οι υπερφορτίσεις των π.χ. 20 A, είναι παροδικές και σύντομες, έτσι ώστε να μην επηρεάζουν τη διάρκεια ζωής της μόνωσης και μόνο μεγάλες υπερφορτίσεις, π.χ. των 28 A, πρέπει να απαγορευθούν. Ωστόσο η εναρμόνιση HD 384 της CENELEC και οι προς αυτήν εναρμονισμένοι κανονισμοί ευρωπαϊκών χωρών, π.χ. VDE 100/4 προβλέπουν τα παρακάτω.

Οποσδήποτε πρέπει να ισχύει, ότι το μέγιστο ρεύμα λειτουργίας I_b πρέπει να είναι μικρότερο της μέγιστης διαρκώς επιτρεπόμενης έντασης της γραμμής, έστω I_z : $I_b < I_z$.

Κατά τους κανονισμούς VDE 100, IEC 364 το ρεύμα απόζευξης π.χ. της τήξης των ασφαλειών b (μεγάλο ρεύμα δοκιμής) μπορεί να είναι το πολύ ίσο με το 145% της διαρκούς αντοχής της γραμμής b . $I_2[1,45 \cdot b$ κανόνας οργάνων υπερφόρτισης κατά VDE 100.

Τα όργανα προστασίας βραχυκυκλωμάτων και υπερέντασης βραχυκυκλωμάτων και υπερέντασης τοποθετούνται στο σημείο τροφοδοσίας της γραμμής. Αν η γραμμή διακλαδίζεται ή αλλάζει διατομή, τότε πρέπει να ελεγχθεί ξανά η προστασία και ενδεχομένως να τοποθετηθούν νέα μέσα στις γραμμές.

Ασφάλειες σκόνης και μικροαυτόματοι που είναι εκλεγμένοι για υπερφόρτιση αρκούν κατά κανόνα και για βραχυκυκλώματα. Δηλαδή, μια ασφάλεια 16 A προστατεύει αγωγό 2,5 mm² σε υπερφόρτιση και βραχυκύκλωμα.

Σε κυκλώματα μικροαυτόματων προτάσσονται ασφάλειες σαν εφεδρικό μέσο προστασίας (back up) σε μεγάλα ρεύματα βραχυκυκλωμάτων. Έτσι, π.χ. οι μικροί πίνακες διανομής Χ.Τ έχουν προστασία στις γραμμές με μικροαυτόματους και ασφάλειες στην τροφοδοσία του πίνακα.

Από τις χαρακτηριστικές των ασφαλειών εξάγεται, ότι για εφεδρική προστασία γραμμών σε βραχυκυκλώματα συνήθως αρκούν ασφάλειες έντασης τρία έως τέσσερα τυποποιημένα μεγέθη παραπάνω απ' ότι η επιτρεπόμενη διαρκής φόρτιση της γραμμής. Τυπικά, ασφάλειες των 63 A προστατεύουν αγωγούς διατομής ακόμη και 2,5 mm² σε βραχυκύκλωμα.

Στην προστασία βραχυκυκλωμάτων πρέπει να γίνει σε δύο περιπτώσεις ο έλεγχος της προστασίας. Αυτές είναι:

- Σε μικρά ρεύματα βραχυκυκλωμάτων, που εμφανίζονται σε μακριές γραμμές (>80 m).
- Σε πολύ μεγάλα ρεύματα, που εμφανίζονται σε καταναλωτές με ίδιο υποσταθμό Μ.Τ.

Αν η προστασία δεν είναι δεδομένη, τότε εκλέγουμε χαμηλότερη ασφάλεια ή κατεβάζουμε τη χαρακτηριστική του μέσου προστασίας, αν έχουμε ρυθμιζόμενο διακόπτη ισχύος ή εκλέγουμε μεγαλύτερη διατομή.

Ø Προστασία παράλληλων καλωδίων.

Παράλληλα καλώδια χρησιμοποιούνται σε μεγάλα ρεύματα όπου απαιτούνται διατομές άνω των 150 mm². Έτσι, π.χ. 4 καλώδια ανά φάση δεν είναι πολύ σπάνια

περίπτωση. Η προστασία μπορεί να γίνει ή με ένα κοινό όργανο προστασίας ή με ένα επιμέρους όργανο. Το πλεονέκτημα της ξεχωριστής προστασίας είναι ότι μόνο η γραμμή με το σφάλμα θα αποχωρισθεί. Συνήθως, η προστασία γίνεται με κοινό όργανο.

Ø Προστασία καλωδίων έναντι της φωτιάς

Τα καλώδια, που από μόνα τους σπάνια αποτελούν αιτία πυρκαγιάς, μπορεί να μεταδώσουν την φωτιά από το χώρο εκδήλωσής της σε έναν άλλο κλειστό χώρο διαμέσου των γραμμών τους. Επίσης, επικίνδυνα είναι και τα εκλυόμενα αέρια και οι καπνοί από τα φλεγόμενα καλώδια. Η συμπεριφορά των καλωδίων στ φωτιά μπορεί να καθοριστεί από:

- ◆ Το είδος των μονωτικών και προστατευτικών υλικών κατασκευής τους π.χ. PVC (πολυβινυλοχλωρίδιο), PE και XLPE (πολυαιθυλένιο), PCP (πολυχλωροπρένιο) κ,α,
- ◆ Το σχεδιασμό τους.
- ◆ Τις συνθήκες λειτουργίας.

Κατά την ανέγερση ή ανακατασκευή κτιρίων δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στην αποφυγή της ανάφλεξης των καλωδίων. Στην αγορά διατίθενται αγωγοί και καλώδια, τα οποία αποτρέπουν την εκδήλωση πυρκαγιάς, ανεξάρτητα αν αυτή προκλήθηκε από τη μεταφερόμενη ηλεκτρική ενέργεια ή από άλλον εξωτερικό παράγοντα.

Κατά την τοποθέτηση καλωδίων και γενικά κατά την ηλεκτρική εγκατάσταση, επιλέγεται ο κατάλληλος τύπος καλωδίου, ανάλογα με το βαθμό κινδύνου πιθανής εκδήλωσης πυρκαγιάς και την ιδιαιτερότητα του χώρου (π.χ. θέατρα, πολυκαταστήματα, σχολεία, ξενοδοχεία, πλοία κ.τ.λ). Οι ειδικοί αγωγοί π.χ. με ορυκτή μονωτική επένδυση δεν παρουσιάζουν γήρανση ή κόπωση, δε δημιουργούν καπνό και δεν απελευθερώνουν αέρια σε περίπτωση πυρκαγιάς. Οι κατηγορίες συμπεριφοράς καλωδίων έναντι της φωτιάς φαίνονται στον πίνακα 1.1.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΚΑΛΩΔΙΩΝ	ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΟΚΙΜΩΝ ΕΝΑΝΤΙ ΤΗΣ ΦΩΤΙΑΣ
ΠΥΡΑΝΤΟΧΑ ΚΑΛΩΔΙΑ Διατηρούν την ακεραιότητα των ηλεκτρικών κυκλωμάτων (σε συστήματα πυρασφάλειας και πυρόσβεσης, φωτισμού εκτάκτου ανάγκης, συναγερμού κ.τ.λ.) υπό συνθήκες φωτιάς	FIRE RESISTANT – IEC 60331
ΚΑΛΩΔΙΑ LSF ΛΙΓΩΝ ΚΑΠΝΩΝ • Δεν μεταδίδουν τη φωτιά • Δεν εκπέμπουν καθόλου μαύρους καπνούς • Δεν εκπέμπουν αλογόνα • Δεν εκπέμπουν τοξικά και διαβρωτικά αέρια	LOW SMOKE & FUME – IEC 60332-3 (EN 50266) IEC 61034 (EN 50268) IEC 60754 (EN 50270)
ΚΑΛΩΔΙΑ ΠΟΥ ΚΑΘΥΣΤΕΡΟΥΝ ΤΗ ΦΩΤΙΑ Και αν είναι επιβλαβή με πρόσθετη δυνατότητα μειωμένης εκπομπής πυκνών μαύρων καπνών	FIRE RETARDANT – IEC 60332-3 (EN 50266)
ΚΑΛΩΔΙΑ ΠΟΥ ΚΑΘΥΣΤΕΡΟΥΝ ΤΗ ΦΛΟΓΑ	FLAME RETARDANT – IEC 60332-1 (EN 50265)

Πίνακας 1.1: Κατηγορίες συμπεριφοράς καλωδίων έναντι της φωτιάς

5 ΜΕΣΑ ΖΕΥΞΗΣ-ΑΠΟΖΕΥΞΗΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΧΤ

5.1 Μέσα ζεύξης-απόζευξης ΧΤ

5.1.1 Μηχανικοί διακόπτες φορτίου

Οι διακόπτες φορτίου χρησιμοποιούνται για να διακόπτουμε χειροκίνητα τις τροφοδοτικές γραμμές των εγκαταστάσεων. Κατασκευάζονται με βάση τα πρότυπα IEC 947, IEC 664 και VDE 0660, VDE 0113. Η κατασκευή των Δ/Φ πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο που να αποκλείουν τη δημιουργία βραχυκυκλωμάτων ή ενώσεων με τη γη, λόγω των σπινθήρων που δημιουργούνται κατά τη διακοπή. Σε περίπτωση κακού χειρισμού να μην αποτελούν κίνδυνο για τα άτομα. Πρέπει να μπορούν να διακόπτουν ένα κύκλωμα με φορτίο, να διακόπτουν επαρκώς και με ασφάλεια ένα κύκλωμα όταν είναι σε θέση off και να έχουν εμφανή ένδειξη on-off. Ο γενικός ή ο μερικός διακόπτης είναι απαραίτητο να διακόπτει και τον ουδέτερο αγωγό, όταν αυτός δε χρησιμοποιείται για προστασία. Οι διακόπτες φορτίου ονομάζονται μονοπολικοί όταν συνδέουν ή αποσυνδέουν ένα αγωγό και πολυπολικοί (διπολικοί,

τριπολική, τετραπολική) όταν συνδέουν ή αποσυνδέουν περισσότερους αγωγούς. Υπάρχουν στις εξής μορφές:

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

Τα χαρακτηριστικά στοιχεία των διακοπών φορτίου είναι:

- Ø Ονομαστική τάση λειτουργίας σε V
- Ø Ονομαστική συχνότητα λειτουργίας σε Hz
- Ø Μέγιστο θερμικό ρεύμα, στο οποίο αντέχουν οι επαφές του διακόπτη, όταν είναι κλειστές.
- Ø Μέγιστο ρεύμα λειτουργίας, για ορισμένη διάρκεια ζωής και ορισμένη κατηγορία χρήσης (είδος φορτίου)
- Ø Μηχανική διάρκεια ζωής (αριθμός κύκλων λειτουργίας)
- Ø Ηλεκτρική διάρκεια ζωής (αριθμός κύκλων λειτουργίας)
- Ø Μέγιστο ρεύμα αντοχής σε βραχυκυκλώματα
- Ø Αριθμός πόλων

5.1.2 Ρελέ ισχύος

Τα ρελέ λέγονται και ρεονόμοι. Είναι διακόπτες που ανοιγοκλείνουν επαφές με τη βοήθεια ενός πηνίου με σπλισμό (ηλεκτρομαγνήτη). Το άνοιγμα και το κλείσιμο του ρελέ μπορεί να γίνει χειροκίνητα (stop-start) ή να γίνει αυτόματα με τη βοήθεια ειδικών εξαρτημάτων και βοηθητικών συσκευών (χρονοδιακόπτες, πρεσοστάτες, θερμοστάτες κλπ). Τα ρελέ χρησιμοποιούνται :

- Ø Για έλεγχο μηχανημάτων από απόσταση
- Ø Για προγραμματισμό μηχανημάτων
- Ø Για εκκίνηση και έλεγχο λειτουργίας κινητήρων
- Ø Για έλεγχο λειτουργίας δικτύων διανομής
- Ø Για έλεγχο λειτουργίας αντιστάσεων, πυκνωτών, πηνίων κλπ.

Τα ρελέ ισχύος, γενικά, χρησιμοποιούνται σαν διακόπτες φορτίου, έτσι ώστε να αντέχουν μηχανικά και ηλεκτρικά σε πολλούς κύκλους λειτουργίας. Δεν κατασκευάζονται συνήθως ρελέ για να διακόπτουν ή να αντέχουν σε βραχυκυκλώματα. Έτσι σε αυτές τις περιπτώσεις πρέπει να προστατεύονται σε βραχυκυκλώματα ή με ασφάλειες ή με διακόπτες ισχύος, αλλιώς λιώνουν ή συγκολλούνται οι επαφές. Τα ρελέ διακρίνονται, ανάλογα με το μέγεθός τους, σε ρελέ ισχύος και σε βοηθητικά ρελέ (<1kW).

Ανάλογα με το ρεύμα του κυκλώματος ισχύος τα ρελέ διακρίνονται σε ρελέ συνεχούς ή εναλλασσομένου ρεύματος. Ανάλογα με τα φορτία που χρησιμοποιούνται γίνεται συχνά η διάκριση σε ρελέ κινητήρων, αντιστάσεων, μετασχηματιστών συγκόλλησης, πυκνωτών και γενικά φορτίων.

5.1.3 Βοηθητικά ρελέ

Εκτός από τα ρελέ ισχύος έχουμε και τα βοηθητικά ρελέ τα οποία κατασκευάζονται συνήθως για ισχύ μικρότερη του 1kW. Στα ρελέ αυτά έχουμε τις επαφές τροφοδοσίας του πηνίου (AC ή DC) με συμβολισμό A1-A2 και τις βοηθητικές επαφές (ανοικτές ή κλειστές ή επαφές με χρονική καθυστέρηση). Στις βοηθητικές επαφές έχουμε δυο αριθμούς για κάθε επαφή από τους οποίους ο πρώτος συμβολίζει τη σειρά της βοηθητικής επαφής και ο δεύτερος σημαίνει ανοιχτή αν είναι 3 ή 4 και κλειστή αν είναι 1 ή 2. Για τις περιπτώσεις χρονικών επαφών, αν έχουμε δεύτερο αριθμό 7 ή 8 σημαίνει ότι η επαφή αυτή είναι ανοιχτή και προηγείται στο κλείσιμο ενώ αν έχουμε 5 ή 6 είναι κλειστή με καθυστέρηση στο άνοιγμα. Στους συμβολισμούς των βοηθητικών μετά την αρίθμηση υπάρχει ο χαρακτηρισμός NO για την ανοιχτή επαφή και NC για την κλειστή. Τα βοηθητικά ρελέ χρησιμοποιούνται στα κυκλώματα ελέγχου των εγκαταστάσεων, των συσκευών και των μηχανημάτων. Στην πράξη οι κατασκευαστές δίνουν διάφορες κατηγορίες βοηθητικών ρελέ με βάση την τάση

λειτουργίας του πηνίου και την ένταση του ρεύματος που επιτρέπεται να περάσει από τις βοηθητικές επαφές.

5.1.4 Βοηθητικά ρελέ

Οι διατάξεις προστασίας έναντι υπερεντάσεων (ρευμάτων υπερφόρτισης και ρευμάτων βραχυκύκλωσης) πρέπει:

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

Υπάρχουν τα εξής μέσα προστασίας:

- Ασφάλειες τήξης
- Αυτόματοι διακόπτες (μικροαυτόματοι γραμμών, αυτόματοι προστασίας συσκευών, διακόπτες ισχύος, αυτόματοι κινητήρων, ΔΔΡ)

5.1.5 Ασφάλειες τήξης

Οι ασφάλειες τήξης για κυκλώματα ισχύος αντιστοιχούν στα εξής πρότυπα: EN 60269, IEC 60269, DIN /VDE 0636, ΕΛΟΤ 446-86. Για κυκλώματα μικροσυσκευών χρησιμοποιούνται μικροασφάλειες που αντιστοιχούν στα πρότυπα VDE 0804, IEC 257 και VDE 0820. Στις ασφάλειες τήξης η διακοπή ενός κυκλώματος προκαλείται από την τήξη ενός χάλκινου ή αργυρού σύρματος ή ταινίας μέσα σε σκόνη χαλαζία. Σε αντίθεση με τους μηχανικούς διακόπτες οι ασφάλειες εισάγουν μετά τη τήξη τους μια μεγάλη ωμική αντίσταση στο κύκλωμα. Αυτή η αντίσταση προκαλεί μια μείωση του ρεύματος βραχυκύκλωσης. Για χαμηλά ρεύματα (<20 A) μπορεί να χρησιμοποιούνται χάλκινα σύρματα. Για υψηλότερα ρεύματα έχουμε και αγωγούς (τηκτά) από άργυρο. Αυτό γίνεται για να μειωθούν οι απώλειες ισχύος στην αντίσταση του τηκτού.

Οι ασφάλειες τήξης εκλέγονται σύμφωνα με τα εξής στοιχεία:

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

Υπάρχουν οι εξής τύποι ασφαλειών:

- Ø Ασφάλειες D (οι μεγάλες βιδωτές). Λέγονται και Diazed-ασφάλειες.
- Ø Ασφάλειες DO (οι μικρές βιδωτές). Λέγονται και Neozed -ασφάλειες.
- Ø Ασφάλειες NH ή HRC-Fuses ή HBC-Fuses (οι μαχαιρωτές)
- Ø Ασφάλειες G (οι μικροασφάλειες σε κυλινδρικό γυάλινο σωλήνα) για συσκευές.

Οι διαφορές στις ασφάλειες παρουσιάζονται κυρίως στο μεγεθός τους και στην ισχύ απόζευξης τους. Οι ασφάλειες D, DO, NH χρησιμοποιούν σκόνη χαλαζία για τη σβέση του τόξου.

5.1.5.1 Κατηγορίες λειτουργίας ασφαλειών

Οι ασφάλειες στην προστασία γραμμών πρέπει να προστατεύουν τόσο σε υπερφόρτιση όσο και σε βραχυκυκλώματα. Η προστασία στους κινητήρες πρέπει να λειτουργεί κυρίως σε υψηλά ρεύματα. Κατασκευάζονται ασφάλειες για διάφορες κατηγορίες χρήσης που χαρακτηρίζονται από δύο γράμματα. Αυτές οι κατηγορίες περιγράφονται στα πρότυπα EN60947, IEC 60947, DIN-VDE 0660. Το πρώτο είναι ένα g ή ένα a. Η σημασία των γραμμάτων είναι η εξής:

g = πλήρης προστασία σε όλη την περιοχή ρευμάτων

a = μερική προστασία, μόνο σε υψηλά ρεύματα (χρήσιμες σε κινητήρες λόγω των υψηλών ρευμάτων εκκίνησης).

Το δεύτερο γράμμα χαρακτηρίζει το υπό προστασία στοιχείο. Αυτό μπορεί να είναι ένα από τα παρακάτω γράμματα:

G = γενική χρήση

L = γραμμές, καλώδια

M = θερμικά (π.χ. για κινητήρες)

R = ημιαγωγοί

B = εγκαταστάσεις ορυχείων

Tr = μετασχηματιστές

5.1.5.2 Διακόπτες ισχύος XT, αυτόματοι

Οι ασφάλειες NH συνδυάζονται σε τριφασικά συστήματα και με μαχαιρωτούς αποζεύκτες, οπότε έχουμε τους ασφαλειοαποζεύκτες. Χρησιμοποιούνται σαν ασφάλειες και σαν γενικοί διακόπτες στους πίνακες διανομής γι' αυτό εφαρμόζονται συχνά σε εγκαταστάσεις ισχύος. Γενικά οι ασφαλειοαποζεύκτες μπορούν να κλείνουν ή να ανοίγουν χειροκίνητα υπό φορτίο. Η κίνηση αυτή πρέπει να γίνεται όσο το δυνατόν πιο γρήγορα για να μην διαρκεί πολύ χρόνο το ηλεκτρικό τόξο και επιβαρύνει τις επαφές. Σε εγκαταστάσεις κίνησης, στις οποίες δεν πρέπει να λείπει μια φάση, χρησιμοποιούνται ασφαλειοαποζεύκτης παράλληλα με ένα αυτόματο υπερρεύματος. Όταν καούν μια ή περισσότερες ασφάλειες τότε το ρεύμα περνά από τον αυτόματο που δίνει στη συνέχεια εντολή πτώσης στο ρελέ του κινητήρα.

5.1.6 Διακόπτες ισχύος XT, αυτόματοι

Η κατασκευή τους αντιστοιχεί στα πρότυπα IEC 0157, VDE 0660. Οι διακόπτες ισχύος ονομάζονται και αυτόματοι, χρησιμοποιούνται για την προστασία σε υπερρεύματα ή και σαν γενικό μέσο ζεύξης (όχι όμως για ζεύξεις και αποζεύξεις φορτίου). Γι' αυτό κατασκευάζονται για λίγους κύκλους λειτουργίας. Οι διακόπτες ισχύος είναι σε θέση να διακόψουν ή να ζεύξουν ένα κύκλωμα ακόμα και σε βραχυκυκλώματα εφόσον παρουσιάζουν την απαιτούμενη ικανότητα διακοπής και ζεύξης:

- Η ονομαστική ικανότητα διακοπής του διακόπτη πρέπει να είναι μεγαλύτερη από το αρχικό ρεύμα βραχυκύκλωσης I_k το οποίο μπορεί να εμφανισθεί στο σημείο εγκατάστασης του διακόπτη.
- Η ονομαστική ικανότητα ζεύξης του διακόπτη πρέπει να είναι μεγαλύτερη από το κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης I_s το οποίο μπορεί να εμφανισθεί στο σημείο εγκατάστασης του διακόπτη.

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

Τα χαρακτηριστικά των διακοπών ισχύος είναι:

- Η τάση
- Το ονομαστικό συνεχώς επιτρεπόμενο ρεύμα
- Το θερμικό ρεύμα του 1 sec, δηλ. η αντοχή των επαφών για 1 sec.
- Το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα απόζευξης, το μέγιστο ρεύμα δηλαδή που μπορεί να αποζεύξει ο διακόπτης ισχύος.
- Περιοχή ρύθμισης θερμικού στοιχείου, αν υπάρχει
- Περιοχή ρύθμισης στιγμιαίου (ηλεκτρομαγνητικού) στοιχείου, αν υπάρχει
- Ρελέ έλλειψης τάσης και ρύθμισής του, αν υπάρχει
- Ρελέ υπέρτασης και ρύθμισής του, αν υπάρχει
- Μηχανισμός οπλισμού με κινητήρα, αν υπάρχει
- Βοηθητικές επαφές για σήμανση, μανδάλωση κλπ.
- Σύστημα ψύξης επαφών με ανεμιστήρα σε μεγάλους διακόπτες

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

5.1.6.1 Χρήση αυτόματων διακοπών ισχύος

Οι διακόπτες ισχύος μπορούν να χρησιμοποιηθούν:

1. Σαν διακόπτες ισχύος για προστασία διανομών

- Με σταθερά θερμικά και μαγνητικά στοιχεία
- Με σταθερά θερμικά και ρυθμιζόμενα μαγνητικά στοιχεία
- Με ρυθμιζόμενα θερμικά και μαγνητικά στοιχεία

2. Σαν διακόπτες ισχύος για προστασία κινητήρων

- Χωρίς ρύθμιση της κατηγορίας απόξευξης, χωρίς ευαισθησία έλλειψης φάσης, με σταθερά μαγνητικά στοιχεία.
- Με ρύθμιση της κατηγορίας απόξευξης, με ευαισθησία έλλειψης φάσης, με σταθερά μαγνητικά στοιχεία

3. Σαν διακόπτες ισχύος για εκκινήτες με ρυθμιζόμενα μαγνητικά στοιχεία, χωρίς θερμικά στοιχεία.

4. Σαν αποξεύκτες ισχύος, με σταθερά μαγνητικά στοιχεία, χωρίς θερμικά στοιχεία. Οι διακόπτες ισχύος προορίζονται και για προστασία αγωγών, καλωδίων, μπαταριών, κινητήρων καθώς και άλλων τμημάτων μιας εγκατάστασης από υπερφόρτιση και βραχυκύκλωμα. Έτσι είναι κατάλληλοι για χρήση σαν:

- Διακόπτες εισόδου διανομής σε πίνακες
- Γενικοί διακόπτες όταν συνδυαστούν με περιστροφικό χειριστήριο πόρτας
- Διακόπτες προστασίας σε διανομή καταναλωτών
- Διακόπτες ανάγκης κατά VDE 0113 όταν ο διακόπτης είναι εφοδιασμένος με πηνίο έλλειψης τάσης και σε συνδυασμό με αντίστοιχο εφεδρικό κύκλωμα.

Αν οι αυτόματοι διακόπτες ισχύος για προστασία γραμμών και κινητήρων έχουν την απαιτούμενη, για την θέση στην οποία βρίσκονται, ισχύ διακοπής δεν είναι απαραίτητη η τοποθέτηση ασφαλειών τήξης στη γραμμή. Αν όμως το αναμενόμενο ρεύμα βραχυκυκλώματος είναι μεγαλύτερο από το ρεύμα βραχυκύκλωσης που μπορεί να διακόψει το ηλεκτρομαγνητικό στοιχείο του αυτόματου τότε θα πρέπει να

τοποθετηθούν πριν από αυτόν ασφάλειες τήξης οι οποίες θα λειτουργούν πριν τον αυτόματο. Διακόπτες ισχύος προτιμώνται των ασφαλειών όταν δεν μπορεί να γίνει επιλεκτική η συνεργασία με τα άλλα μέσα προστασίας. Συνήθως αυτό εμφανίζεται σε ρεύματα άνω των 400 Α.

5.1.6.2 Αυτόματοι διακόπτες προστασίας έναντι υπερρεύματος

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

Αποτελούνται κυρίως από δυο ή τρία μέρη:

- Ø Το μέρος του διακόπτη ισχύος, δηλαδή τις επαφές με θάλαμο σβέσης.
- Ø Το θερμικό στοιχείο ή τον H/N που δίνει εντολή στο διακόπτη ισχύος να ανοίξει.

Έτσι έχουμε προστασία μιας γραμμής ή μιας συσκευής από παρατεταμένη υπερφόρτιση. Ενδεχομένως το ηλεκτρομαγνητικό στοιχείο που δίνει εντολή στο διακόπτη ισχύος να ανοίξει σχεδόν ακαριαία (10-100 ms) όταν το ρεύμα υπερβεί μια τιμή. Αυτό λέγεται και στιγμιαίο στοιχείο.

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

5.1.7 Διακόπτες διαφορικού ρεύματος (ΔΔΡ)

Οι διακόπτες αυτοί χρησιμοποιούνται για την προστασία κατά της ηλεκτροπληξίας ή και κατά της πυρκαγιάς κατά HD 384.4. Κατασκευάζονται, σύμφωνα με τα πρότυπα IEC 61008 για ΔΔΡ χωρίς στοιχείο προστασίας υπερρεύματος και με IEC 61009 για ΔΔΡ με επιπλέον στοιχείο προστασίας υπερρεύματος. Δηλαδή υπάρχουν ΔΔΡ συνδυασμένοι με μικροαυτόματο διακόπτη ισχύος. Ο ΔΔΡ λειτουργεί ως εξής. Παρακολουθεί το ρεύμα διαρροής ως προς τη γη. Αν αυτό υπερβεί μια τιμή συνήθως

30 mA τότε αποζεύγει το κύκλωμα σε όλους τους πόλους (φάσεις και ουδέτερο) σε 0,2sec περίπου. Ο ΔΔΡ έχει σαν βασικό του στοιχείο έναν αθροιστικό Μ/Σ ρεύματος τύπου δακτυλίου. Στο πρωτεύον περνούν τα ρεύματα φάσεων I_1 , I_2 , I_3 και του ουδέτερου I_N . Στο δευτερεύον περνά ένα ρεύμα ανάλογο του αλγεβρικού αθροίσματος των τεσσάρων ρευμάτων, εφόσον έχουμε σύστημα εναλλασσόμενου ρεύματος. Αν δεν υπάρχει διαρροή ρεύματος τότε το άθροισμα των ρευμάτων είναι μηδέν γιατί το ρεύμα των τριών φάσεων επιστρέφει μέσω του ουδετέρου. Το δευτερεύον του Μ/Σ έντασης δεν έχει ρεύμα $I_1+I_2+I_3-I_N=0$.

Αν υπάρχει σφάλμα ως προς τη γη το άθροισμα των ρευμάτων των φάσεων και του ουδετέρου είναι ίσο με το ρεύμα σφάλματος $I_F, I_1+I_2+I_3-I_N=I_F$.

Η λειτουργία του ΔΔΡ γίνεται με μόνιμο μαγνήτη. Το ζύγωμα έλκεται και κρατά τις επαφές κλειστές όταν δεν υπάρχει διαφορικό ρεύμα. Για διαφορικό ρεύμα διάφορο του μηδενός δεν υπάρχει μαγνητική ροή μέσα από το μαγνήτη. Με τη γήρανση του μαγνήτη το διαφορικό ρεύμα που ακυρώνει τη μαγνητική ροή γίνεται μικρότερο του ονομαστικού (30mA). Δηλαδή με την πάροδο του χρόνου βρισκόμαστε στην πιο ασφαλή πλευρά.

Υπάρχουν περιπτώσεις όπου το διαφορικό ρεύμα έχει ισχυρή DC συνιστώσα ή λόγω ύπαρξης φορτίων με ηλεκτρονικά ισχύος υπάρχουν AC, AC και ωστικά ρεύματα. Τότε ένας συνηθισμένος ΔΔΡ θα ανοίξει αργότερα από τα 30 mA. Στις περιπτώσεις αυτές χρησιμοποιείται ο παντός ρεύματος ΔΔΡ (universal RCD) κατά IEC 61008. Ο ΔΔΡ επιτρέπεται να εφαρμόζεται σε δίκτυο άμεσης γείωσης σαν κύριο μέσο προστασίας διότι έτσι επιτυγχάνεται η προστασία ακόμα και σε μεγάλες αντιστάσεις γείωσης. Εφαρμόζεται επίσης και σε ουδέτερο γειωμένο δίκτυο ή στον κεντρικό πίνακα ή και στους επιμέρους πίνακες. Ο ΔΔΡ συνδέεται μετά το γενικό διακόπτη του κεντρικού πίνακα διανομής προστατεύοντας έτσι όλη την εγκατάσταση. Οι ΔΔΡ με ονομαστικό διαφορικό ρεύμα $I_{\Delta N}=30$ mA προσφέρουν προστασία στην περίπτωση που γίνεται άμεση επαφή ανθρώπου με γυμνό αγωγό (π.χ. χέρι στη φάση και πόδια στη γη). Δεν προσφέρουν όμως πάντα προστασία στην περίπτωση που ο άνθρωπος θα βραχυκλώσει με τα χέρια του φάση και ουδέτερο γιατί το κύριο μέρος του ρεύματος σφάλματος περνά από το σώμα και όχι από τον ΔΔΡ. Σε αντίθεση με άλλα μέσα προστασίας π.χ. διακόπτες διαφυγής τάσης ΔΔΤ, έχουμε στους ΔΔΡ και προστασία κατά της πυρκαγιάς γιατί περιορίζεται άμεσα το ρεύμα διαρροής προς τη γη. Έτσι

εμποδίζονται ηλεκτρικά τόξα από φάση προς γη που μπορούν να προκαλέσουν πυρκαγιές. Για προστασία έναντι πυρκαγιάς ο ΔΔΡ συνδέεται στον κεντρικό πίνακα και ρυθμίζεται π.χ στα $I_{DN}=0,5$ A και χρονική καθυστέρηση πτώσης άνω των 1-5 sec.

Οι ΔΔΡ με $I_{DN}=30$ mA συνίστανται πάντα σε καταναλωτές με ουδετέρωση και ιδιαίτερα εκεί που υπάρχει αυξημένος κίνδυνος ηλεκτροπληξίας δηλαδή όπως μαγειρεία, εγκαταστάσεις σε κήπους, μπάνια και κτηνοτροφικές εγκαταστάσεις. Μεγάλοι καταναλωτές δεν προστατεύονται μόνο με ένα ΔΔΡ αλλά με πολλούς, αφού χωριστούν σε ομάδες των π.χ -60 A. Αυτό διασφαλίζει την ανεξαρτησία των κυκλωμάτων. Αυτός ο χωρισμός εξασφαλίζει και μικρότερο χωρητικό ρεύμα προς τη γη, που μπορεί να προκαλέσει μια ανεπιθύμητη πτώση του ΔΔΡ. Σε πολλά παράλληλα κυκλώματα με ΔΔΡ οι ουδέτεροι δεν πρέπει να είναι συνδεδεμένοι μετά τους ΔΔΡ. Μειονέκτημα του ΔΔΡ μπορεί να είναι η περιορισμένη ετοιμότητά του. Αυτό επιδεινώνεται όταν ο ΔΔΡ δεν συντηρείται. Για τον λόγο αυτό πρέπει να δοκιμάζεται κάθε 6 μήνες. Η δοκιμή του γίνεται με κύκλωμα που είναι ενσωματωμένο μέσα τους όπου πατώντας το διακόπτη δοκιμής P το ρεύμα δια της αντίστασης R προκαλεί την απόξευξη. Αν ο ΔΔΡ πέφτει, δηλαδή δεν μπορεί να κρατηθεί σε κατάσταση εντός, τότε υπάρχει διαρροή ή γεφύρωση του ουδέτερου με τη γη ή με τη φάση. Πτώση του ΔΔΡ, επίσης, συμβαίνει αν μετά το ΔΔΡ έχει γειωθεί ο ουδέτερος κάτι που δεν επιτρέπεται. Η πτώση προκαλείται όταν συνδεθούν φορτία. Έτσι μπορεί κανείς να εντοπίσει το σημείο όπου υπάρχει λανθασμένη σύνδεση ανοιγοκλείνοντας τους διακόπτες των διαφόρων φορτίων.

Ορισμένα κυκλώματα, όπως συναγερμοί, καταψύκτες, ψυγεία, κυκλώματα ελέγχου κ.α., δεν πρέπει να προστατεύονται έναντι ηλεκτροπληξίας από ΔΔΡ αλλά από άλλη μέθοδο προστασίας.

Τα χαρακτηριστικά των ΔΔΡ είναι :

- Το ονομαστικό διαφορικό ρεύμα I_{DN} , είναι το ρεύμα στο οποίο αναφέρονται οι χρόνοι απόξευξης. Για $I_F=I_{DN}$ ο χρόνος είναι τάξης μεγέθους 0,1 sec.
- Το ονομαστικό ρεύμα I_{Nm} είναι το ρεύμα φάσεων στο οποίο αντέχουν συνεχώς.

Το διαφορικό ρεύμα στο οποίο στο οποίο αντιδρούν.

Υπάρχουν ΔΔΡ για τριφασικά και μονοφασικά κυκλώματα. Οι ΔΔΡ που προσφέρονται στο εμπόριο είναι ρυθμισμένοι για απόζευξη ρευμάτων σφάλματος: $I_f = 10 \dots 1000 \text{ mA}$.

6 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΧΤ

6.1 Κανονισμοί Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων

Τα ηλεκτρολογικά υλικά (π.χ. καλώδια, πίνακες), οι συσκευές (π.χ. ηλεκτρικές μηχανές, οικιακές συσκευές) και ο τρόπος εγκατάστασής τους ή σύνδεσής τους περιγράφονται και προσδιορίζονται από πρότυπα. Υπάρχουν εκατοντάδες πρότυπα που αναφέρονται στις εγκαταστάσεις και τον εξοπλισμό τους, τα οποία ενημερώνονται και επαυξάνονται ή καταργούνται με την πρόοδο της τεχνολογίας. Υπάρχει π.χ. το πρότυπο καλωδίων PVC ΕΛΟΤ 843-86, πρότυπα στρεφόμενων ηλεκτρικών μηχανών, IEC 60034-1, πρότυπα ηλεκτρικών εγκαταστάσεων ΕΛΟΤ HD 384. Τα πρότυπα είναι κείμενα κοινής αποδοχής εγκεκριμένα από διάφορους φορείς τυποποίησης π.χ. IEC, ΕΛΟΤ κ.λπ.

Ορισμένα πρότυπα μπορεί να είναι υποχρεωτικά όπως π.χ. τα πρότυπα ηλεκτρικών εγκαταστάσεων κτηρίων, επειδή αυτά αφορούν στην ασφάλεια ατόμων και περιουσιακών στοιχείων. Στην περίπτωση ηλεκτρικών εγκαταστάσεων, εγκυμονούν εκτός άλλων οι εξής δύο σημαντικοί κίνδυνοι:

- Ηλεκτροπληξία ανθρώπων
- Πυρκαγιά ή έκρηξη λόγω υπερθέρμανσης αγωγών, σπινθήρων ή ηλεκτρικού τόξου.

Ο βασικός κανονισμός που διέπει όλες τις ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις στην Ελλάδα είναι ο ΕΛΟΤ HD 384 Απαιτήσεις για Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις. Ο κανονισμός αυτός κατήργησε τον Κ.Ε.Η.Ε.. Επιπλέον αυτού του κανονισμού εφαρμόζονται τα διάφορα πρότυπα του ΕΛΟΤ τα οποία αφορούν συγκεκριμένες εφαρμογές, ή ηλεκτρολογικές διατάξεις, υλικά και εξαρτήματα καθώς και τα αντίστοιχα διεθνή πρότυπα IEC, DIN, VDE για θέματα που δεν καλύπτονται από τους Ελληνικούς Κανονισμούς. Ενδεικτικά αναφέρονται επιπλέον του HD384, τα ακόλουθα πρότυπα που εφαρμόζονται συχνότερα στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις:

- Ελληνικά Πρότυπα ΕΛΟΤ: 563, 565, 615, 623, 624, 697, 698, 699, 704, 757, 843, 893, 999, 1117, 1141 (Ηλεκτρικά καλώδια), 369, 387, 446, 557, 798, 799, 81 (Εξαρτήματα ηλεκτρικών εγκαταστάσεων), 291, 415, 695, 773, 789, 802, 892, 898 (Ηλεκτρικά στοιχεία και συσσωρευτές), EN 50110 Λειτουργία ηλεκτρικών εγκαταστάσεων, EN 60529 Βαθμοί προστασίας παρεχόμενης από περιβλήματα (ΚΩΔΙΚΑΣ IP), EN 61800 Ηλεκτρικά συστήματα οδήγησης μετατροπής ισχύος ρυθμιζόμενης ταχύτητας, ΕΛΟΤ HD 60364.05.54 Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις κτηρίων Μέρος 5-54 Επιλογή και εγκατάσταση ηλεκτρολογικού υλικού - Διατάξεις γείωσης, αγωγοί προστασίας και προστατευτικοί αγωγοί σύνδεσης, EN 60335-1 για ηλεκτρικές συσκευές οικιακής και παρόμοιας χρήσης.
- Ευρωπαϊκοί ή Διεθνείς Κανονισμοί και Πρότυπα.: DIN 57100 Erection of power installation with rated voltages up to 1000V, DIN VDE 0102 Short-circuit current calculation in three-phase AC systems, DIN EN 50110 Operation of power installations, DIN 57106 Protection against electrical shock, DIN VDE 57107 Electrical installations in hospitals and locations for medical use outside hospitals, DIN VDE 0108 Power installations and safety power supply in communal facilities, DIN EN 60071 Insulation coordination, DIN EN 60204 Safety of machinery, VDE 0605 Specification for conduits for electrical installations.

Επιπλέον αυτών των προτύπων και κανονισμών, στις ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις εφαρμόζονται πάντοτε οι οδηγίες και απαιτήσεις ΔΕΗ για καταναλωτές μέσης και χαμηλής τάσης και ο Κανονισμός Εσωτερικών Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων της ΔΕΗ (Υπ. Απ. 6242/185, ΦΕΚ 1525/31-12-1973) και τις μεταγενέστερες τροποποιήσεις του, καθώς τα οριζόμενα στο ΦΕΚ Β 269/08.04.71 «περί εγκρίσεως κανονισμού τοποθέτησεως και συντηρήσεως δευτερευουσών εγκαταστάσεων». Οι όροι των τεχνικών περιγραφών και προδιαγραφών ενός έργου, καθώς και οι οδηγίες του κατασκευαστή των διαφόρων συσκευών, μηχανημάτων, οργάνων, αποτελούν αναπόσπαστο μέρος των κανονισμών των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων.

Το πιστοποιητικό διασφάλισης ποιότητας ISO 9001:2000 είναι υποχρεωτικό για τις βιομηχανίες παραγωγής ηλεκτρολογικού εξοπλισμού και διασφαλίζει την οργάνωση, τις διαδικασίες και τους πόρους για την παραγωγή συγκεκριμένων προϊόντων και υπηρεσιών, και δεν πιστοποιεί το προϊόν αλλά την ιχνηλασιμότητα κατά την παραγωγική διαδικασία.

6.2 Γενικοί Κανόνες Σχεδίασης Ηλεκτρικής Εγκατάστασης

Οι ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις σκοπό έχουν την παροχή της ηλεκτρικής ισχύος που απαιτείται για την ασφαλή και άνετη λειτουργία των κτηρίων και των εγκαταστάσεων σε συνθήκες αιχμής ζήτησης. Στο σχεδιασμό των ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων λαμβάνονται υπόψιν μια σειρά από παραμέτρους οι οποίες καθορίζουν σε τον τρόπο και τη λογική σχεδίασης της εγκατάστασης. Οι κυριότερες παράμετροι είναι:

- είδος-κατηγορία χρήσης π.χ. βιομηχανία, οικία, καταστήματα, καθώς και είδος χρήστη της εγκατάστασης, π.χ. αδειούχος ηλεκτρολόγος, μη ειδικευμένος χρήστης, οικιακός καταναλωτής.
- συνθήκες περιβαλλοντικές (χωροθέτηση, εσωτερικές, εξωτερικές, εγκατάσταση σε υψόμετρο κλπ), λειτουργικές (τάση λειτουργίας, εγκατεστημένη ισχύς, προστασίες εξοπλισμού, ισχύς βραχυκύκλωσης, ρεύμα βραχυκύκλωσης, προστασία από διάβρωση, συχνότητα λειτουργίας κλπ) και κλιματικές (θερμοκρασία, υγρασία, ηλιακή ακτινοβολία, ταχύτητα ανέμου κ.λπ.).
- κίνδυνοι έκρηξης ή πυρκαγιάς, μηχανικές καταπονήσεις ίδιες ή παραγόμενες
- η απαιτούμενη διαθεσιμότητα των εγκαταστάσεων, οι απαιτήσεις ασφαλείας καθώς και τυχόν ειδικές συνθήκες λειτουργίας.

Οι εγκαταστάσεις πρέπει να σχεδιάζονται με τρόπο ώστε να εξασφαλίζουν την ασφάλεια ατόμων και συσκευών, την καλή λειτουργικότητα και την επάρκεια σε όλους τους χώρους, την αξιοπιστία, την προστασία του περιβάλλοντος, τη δυνατότητα ελέγχου λειτουργίας της εγκατάστασης και επέμβασης όπου απαιτείται, να επιτρέπουν τη συντήρηση και την εύκολη επεκτασιμότητα, την ικανοποιητική εφεδρεία, ανοχή σε σφάλματα (Fault Tolerance), την οικονομική λειτουργία και το λογικό κόστος, λαμβάνοντας υπόψιν την υφιστάμενη τεχνολογία και τη διαθεσιμότητα των υλικών και το αισθητικά ικανοποιητικό αποτέλεσμα.

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στους τρεις παρακάτω κινδύνους που υφίστανται τόσο σε συνθήκες κανονικής ή ομαλής λειτουργίας όσο και σε συνθήκες σφάλματος:

- ηλεκτροπληξία,

- πυρκαγιά προερχόμενη από υπερφόρτιση αγωγών, από βραχυκυκλώματα ή από συσκευές υψηλής θερμοκρασίας (λαμπτήρες, φούρνοι κ.λπ.),
- εκρήξεις λόγω σπινθήρων ή υψηλής θερμοκρασίας.

Η τάση τροφοδοσίας ενός καταναλωτή προσδιορίζεται από την μελέτη που θα γίνει. Συνήθως για εγκατεστημένη ισχύ μέχρι 135kVA (250kVA για ορισμένες περιοχές στις μεγάλες πόλεις), η τροφοδότηση γίνεται κατ' ευθείαν από το δίκτυο της χαμηλής τάσης (230/400V). Από 135kVA και πάνω, η τροφοδότηση γίνεται κατά κανόνα από το δίκτυο μέσης τάσης (20kV). Από 5 MVA-10MVA και πάνω μπορεί να είναι συμφέρουσα η σύνδεση στο δίκτυο μεταφοράς των 150kV (για καταναλωτές υψηλής τάσης). Σε ορισμένες περιπτώσεις όπως π.χ. νοσοκομεία απαιτείται η συνεχής τροφοδότηση μέρους των εγκαταστάσεων, οπότε υπάρχει κατάλληλη εφεδρική παροχή από γεννήτριες ή από αδιάλειπτα τροφοδοτικά (Uninterruptable Power Supply, UPS).

Για τον οικονομικό και αξιόπιστο σχεδιασμό μιας εγκατάστασης σε ότι αφορά το θερμικό όριο φόρτισης και το όριο πτώσης τάσης, είναι απαραίτητος ο προσδιορισμός της μέγιστης ζήτησης των επί μέρους τμημάτων και του συνόλου της εγκατάστασης. Για τον προσδιορισμό αυτό μπορεί να λαμβάνεται υπόψη ο ετεροχρονισμός των καταναλώσεων.

Όταν η τροφοδότηση της εγκατάστασης γίνεται από ένα δίκτυο διανομής, ο μελετητής της θα πρέπει να συμβουλευτεί τον Διανομέα ηλεκτρικής ενέργειας για τα χαρακτηριστικά του δικτύου. Γενικά όμως οι τύποι των συστημάτων διανομής διακρίνονται με βάση τα χαρακτηριστικά του συστήματος των ενεργών αγωγών και του συστήματος σύνδεσης των γειώσεων. Τα συνήθη δίκτυα χαμηλής τάσης είναι εναλλασσόμενου ρεύματος τριφασικά με σύστημα 4 αγωγών (τρεις φάσεις και ουδέτερος), ή 5 αγωγών (τρεις φάσεις, ουδέτερος και γείωση) είτε μονοφασικά (μια φάση, ουδέτερος και γείωση).

Κάθε εγκατάσταση πρέπει να διαιρείται σε όσα κυκλώματα χρειάζεται, έτσι ώστε:

- να αποφεύγονται οι κίνδυνοι
- να περιορίζονται οι συνέπειες οποιασδήποτε βλάβης
- να διευκολύνονται οι χειρισμοί, οι δοκιμές και η συντήρηση.

Πρέπει να προβλέπονται χωριστά κυκλώματα για τα μέρη της εγκατάστασης που η λειτουργία τους δεν πρέπει να επηρεάζεται από τη βλάβη ή την απομόνωση άλλων κυκλωμάτων. Ο αριθμός των κυκλωμάτων που απαιτούνται και ο αριθμός των συσκευών κατανάλωσης που θα τροφοδοτούνται από κάθε κύκλωμα πρέπει να είναι τέτοιοι ώστε να εξασφαλίζεται συμμόρφωση προς τις απαιτήσεις του HD 384 περί προστασίας έναντι υπερεντάσεων, περί απομόνωσης και διακοπής και περί του μέγιστου επιτρεπόμενου ρεύματος των αγωγών.

Όταν μια εγκατάσταση περιλαμβάνει περισσότερα από ένα κυκλώματα, κάθε κύκλωμα πρέπει να συνδέεται σε ξεχωριστή αναχώρηση σε πίνακα διανομής. Η τροφοδότηση των κυκλωμάτων από τον κεντρικό πίνακα διανομής ή από δευτερεύοντες πίνακες διανομής πρέπει να γίνεται με κριτήριο τη διευκόλυνση των χειρισμών, της απομόνωσης και της αποκατάστασης της τροφοδότησης μετά από ενδεχόμενη διακοπή εξαιτίας λειτουργίας των διατάξεων προστασίας. Οι ηλεκτρικές γραμμές κάθε κυκλώματος πρέπει να είναι ηλεκτρικά ανεξάρτητες από τις ηλεκτρικές γραμμές κάθε άλλου κυκλώματος, για να αποφεύγεται η έμμεση ενεργοποίηση οποιουδήποτε κυκλώματος που προορίζεται να είναι απομονωμένο.

Με βάση τα παραπάνω στο σχεδιασμό των εγκαταστάσεων ομαδοποιούνται οι καταναλώσεις εγκαταστάσεις συνήθως σε τέσσερις βασικές κατηγορίες και γίνεται ξεχωριστή όδευση για αυτές:

- Εγκαταστάσεις ισχύος – κίνησης
- Εγκαταστάσεις φωτισμού
- Εγκαταστάσεις αυτοματισμού και
- Εγκαταστάσεις ασθενών

Επίσης στις κτηριακές εγκαταστάσεις με εγκαταστάσεις μεγάλης ισχύος τόσο για φωτισμό όσο και για κίνηση, υπάρχουν ξεχωριστοί ηλεκτρολογικοί πίνακες για φωτισμό και κίνηση, ενώ στις μικρότερης ισχύος (π.χ. κατοικίες, καταστήματα), ανεξάρτητες γραμμές τροφοδοσίας. Επιπλέον των παραπάνω ισχύουν και τα ακόλουθα:

- Κατά τη σχεδίαση των εγκαταστάσεων υπάρχουν και μερικοί ακόμα όλα τα κυκλώματα σχεδιάζονται σε κατάσταση μη λειτουργίας.

- Το διακοπτικό υλικό συνδέεται μόνο στους αγωγούς φάσεων δηλαδή οι δύο λειτουργικές καταστάσεις του κυκλώματος (υπό τάση, εκτός τάσης) επιτυγχάνονται αντίστοιχα με τη ζεύξη και απόζευξη προς αγωγούς φάσης και όχι προς τον αγωγό ουδετέρου. Όπου απαιτείται και απόζευξη του ουδετέρου αυτή γίνεται με διακοπτικό υλικό το οποίο κάνει ζεύξη και απόζευξη ταυτόχρονα στους αγωγούς φάσης και ουδετέρου.
- Οι ακροδέκτες σύνδεσης του διακοπτικού υλικού με τους αγωγούς φάσης είναι εκείνοι των επαφών μέσω των οποίων γίνεται η ζεύξη – απόζευξη και όχι των επαφών που χρησιμεύουν ως θέση περιστροφής του κινητού μέρους.

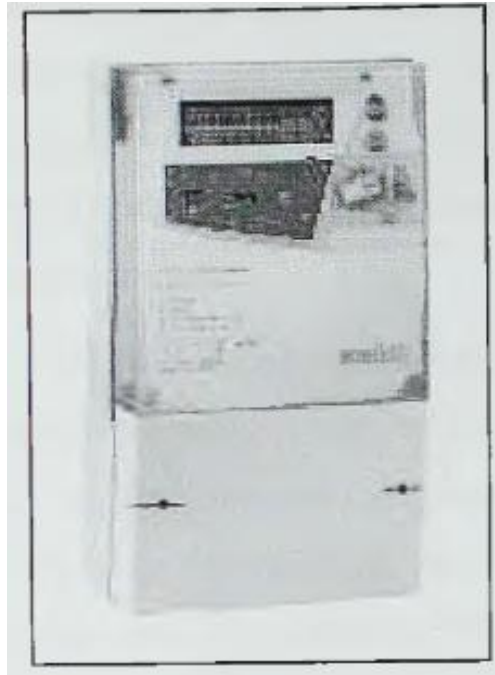
6.3 Μετρητές της ΔΕΗ

Οι μετρητές που εγκαθιστά η ΔΕΗ τροφοδοτούνται με υποβιβασμένη τάση από τους μετασχηματιστές μέτρησης. Συγκεκριμένα οι μετρητές τροφοδοτούνται από 3 μετασχηματιστές έντασης με ρεύμα δευτερεύοντος 5 A και 3 μετασχηματιστές τάσης με τάση δευτερεύοντος 100 V.

Σε κάποιες περιπτώσεις οι μετρητές τροφοδοτούνται από 2 μετασχηματιστές τάσης σε συνδεσμολογία V και 2 μετασχηματιστές έντασης κατά σύνδεση Αρον.

Παλαιότερα οι μετρητές στηρίζονταν στο φαινόμενο της επαγωγής. Η μέτρηση διαβάζονταν αναλογικά με ένα μετρητή που διεγείρόταν από τους δίσκους. Αυτοί οι δίσκοι περιστρέφονταν ανάλογα με το ρεύμα που περνούσε από τον μετρητή με την δύναμη ενός ηλεκτρομαγνήτη. Σήμερα κυκλοφορούν στην αγορά ηλεκτρονικοί μετρητές και η μέτρηση γίνεται ηλεκτρονικά χωρίς στρεφόμενα μέρη.

Σε αντίθεση με τους επαγωγικούς μετρητές, οι ηλεκτρονικού μετρητές είναι ανεξάρτητοι από τις διακυμάνσεις του φορτίου σε ολόκληρη την περιοχή μέτρησης. Σημαντικά μειωμένες είναι οι μεταβολές σφάλματος που προκαλούν τα μεγέθη επαρροής όπως είναι η θερμοκρασία, η τάση, η συχνότητα και η απόκλιση από την ημιτονοειδή μορφή των μετρούμενων μεγεθών, ενώ καμιά επιρροή δεν έχουν η θέση στήριξης του μετρητή, τα εξωτερικά μαγνητικά πεδία και η εναλλαγή των φάσεων.



Σχήμα 1.14: Ο μετρητής 81 7000



Σχήμα 1.15: Οθόνη Μετρητή 81 7000

Στην κανονική λειτουργία του μετρητή, αναβοσβήνουν ανά 15 sec οι ενδείξεις: ένδειξη kWh, ένδειξη kVar, ένδειξη μέγιστης κατανάλωσης για κανονικό τιμολόγιο σε kW, ημερομηνία τελευταίου μηδενισμού για το κανονικό τιμολόγιο, ώρα και λεπτά τελευταίου μηδενισμού του κανονικού τιμολογίου, ένδειξη μέγιστης ζήτησης για τις ώρες αιχμής σε kW, ημερομηνία τελευταίου μηδενισμού και ώρα και λεπτά τελευταίου μηδενισμού για τις ώρες αιχμής. Όλες οι ενδείξεις μπορούν να φανούν και χειροκίνητα πατώντας τα πλήκτρα του μετρητή. Επίσης υπάρχει ένα σύστημα με 4 βέλη, όπως φαίνεται και στο σχήμα 1.15, το οποίο ανά πάσα στιγμή προκαθορίζει τον τύπο του φορτίου. Δηλαδή αν υπάρχει εισερχόμενη ή εξερχόμενη ενέργεια με επαγωγικά φορτία και αν υπάρχει εισερχόμενη ή εξερχόμενη ενέργεια με χωρητικά φορτία.

6.4 Τηλεχειρισμός ακουστικών συχνοτήτων

Γενικά στοιχεία

Οι ανάγκες τηλεχειρισμού και αυτοματοποίησης στα δίκτυα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας έχουν οδηγήσει τους διαχειριστές των δικτύων σε ευρεία χρήση των εφαρμογών Τηλεχειρισμού Ακουστικών Συχνοτήτων (ΤΑΣ) ή αλλιώς audio-frequency Ripple Control, όπως συναντώνται στη διεθνή βιβλιογραφία.

Η παραπάνω μέθοδος εντάσσεται στην γενικότερη κατηγορία των συστημάτων Power Line Communication και μπορεί να υλοποιηθεί σε όλα τα επίπεδα τάσεων του ηλεκτρικού δικτύου. Αφορά στην έγχυση τηλεπικοινωνιακών σημάτων χαμηλής συχνότητας, τα οποία υπερτίθενται στη συχνότητα λειτουργίας (50Hz) του ηλεκτρικού δικτύου.

Με την τοποθέτηση των κατάλληλων συσκευών εκπομπής και λήψης των παραπάνω σημάτων στα επιθυμητά σημεία, μπορεί να χρησιμοποιηθεί αποδοτικότερα το ήδη εγκατεστημένο ηλεκτρικό δίκτυο ως κανάλι για την μεταφορά εντολών τηλεχειρισμού. Αποφεύγεται με αυτόν τον τρόπο η εγκατάσταση νέων δικτύων τηλεχειρισμού που θα προκαλούσε έργα μεγάλου κόστους και κλίμακας (τέλη διέλευσης, έργα Πολιτικού Μηχανικού) και σημαντικής όχλησης κατά την τοποθέτησή τους στον αστικό ιστό μιας πόλης.

Κύριες εφαρμογές

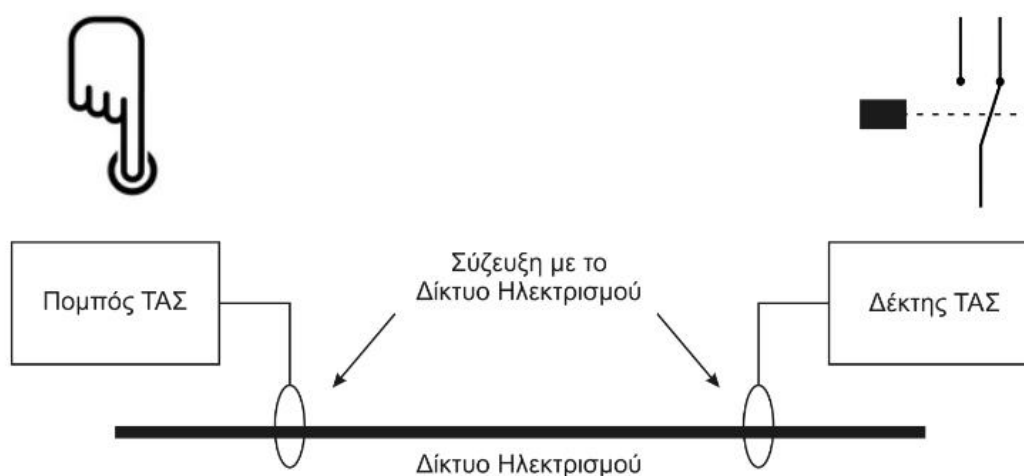
Συνηθέστερες χρήσεις της τεχνολογίας Τηλεχειρισμού Ακουστικών Συχνοτήτων, είναι η δυνατότητα επιβολής πολλαπλού τιμολογίου χρέωσης σε συμβεβλημένους καταναλωτές, καθώς επίσης και ο τηλεχειρισμός του τοπικού δημοτικού φωτισμού.

Η ενεργοποίηση της χαμηλής χρέωσης στους μετρητές των καταναλωτών, γνωστή και ως «νυκτερινό τιμολόγιο», έχει ως αποτέλεσμα την αυτόματη ενεργοποίηση της νυκτερινής θερμοσυσσώρευσης. Αυτή η πρακτική, δίνει στις εταιρίες παροχής ηλεκτρισμού την δυνατότητα εξομάλυνσης της ημερήσιας καμπύλης φορτίου από τις μεγάλες διακυμάνσεις μεταξύ μέγιστου και ελάχιστου, με πολύ θετικά αποτελέσματα στην αξιοπιστία, την ευστάθεια και την οικονομική λειτουργία του δικτύου ηλεκτρισμού.

Η λειτουργία του δημοτικού φωτισμού μέσω τηλεχειρισμού, προφανώς παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα και λειτουργεί αποδοτικότερα έναντι της λειτουργίας με χρονοδιακόπτη.

Λειτουργικό διάγραμμα του ΤΑΣ

Πολύ συνοπτικά το λειτουργικό διάγραμμα του ΤΑΣ θα μπορούσε να περιγραφεί όπως φαίνεται στο εξής σχεδιάγραμμα:



Σχήμα 1.16: Λειτουργικό διάγραμμα του ΤΑΣ

Επιλογή συχνότητας λειτουργίας

Ένα από τα βασικότερα και αρχικά στάδια του σχεδιασμού ενός συστήματος ΤΑΣ, είναι η επιλογή της συχνότητας λειτουργίας. Η επιλογή αυτή είναι κρίσιμη, διότι θα καθορίσει την συχνότητα συντονισμού των δεκτών.

Πιθανή αλλαγή αυτής της συχνότητας λειτουργίας, θα προκαλούσε ένα οικονομικά ασύμφορο κόστος αλλαγής όλων των δεκτών.

Η στοχαστική αναδιάταξη των συνδεδεμένων φορτίων ενός δικτύου, προκαλεί συνεχείς μεταβολές της τοπολογίας του, πράγμα που έχει άμεσες επιδράσεις στα χαρακτηριστικά διάδοσης των μεταδιδόμενων σημάτων ενός υπό μελέτη ΤΑΣ. Είναι αναμενόμενο λοιπόν να μην μπορεί να υπολογιστεί αναλυτικά κάποια βέλτιστη συχνότητα λειτουργίας του ΤΑΣ. Γι αυτόν το λόγο, πρέπει να επιλεγεί μια συχνότητα λειτουργίας που θα καλύπτει ικανοποιητικά τις απαιτήσεις λειτουργίας του ΤΑΣ σε

όλο το εύρος των καταστάσεων λειτουργίας του δικτύου, λαμβάνοντας επίσης υπόψη και τις προβλέψεις των μελλοντικών επεκτάσεών του.

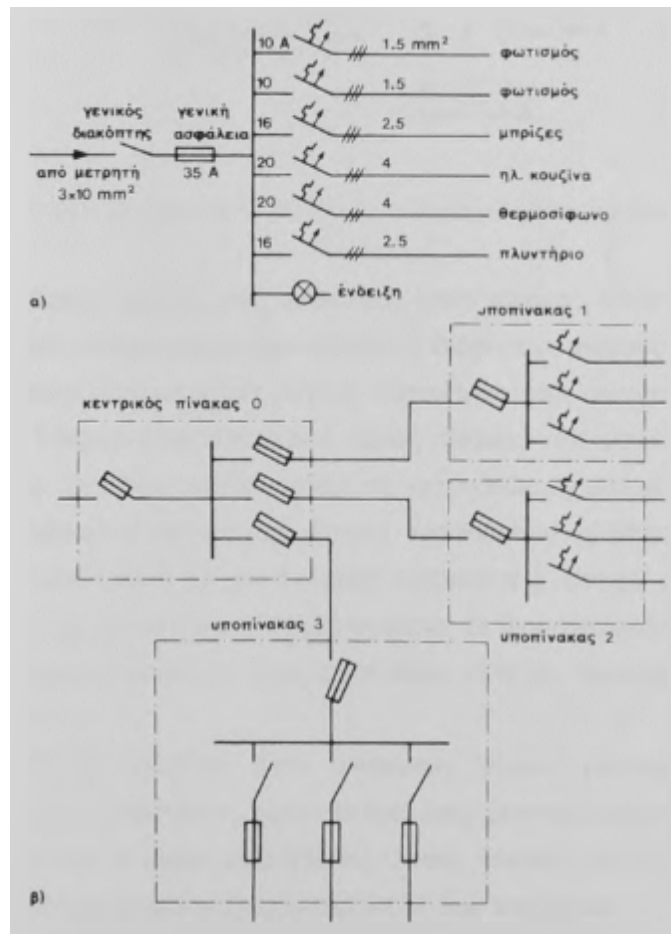
Ανακύπτουν λοιπόν κάποια όρια και περιορισμοί στην συχνότητα λειτουργίας. Το κάτω όριο λειτουργίας, καθορίζεται από την απόσταση που θα πρέπει να έχει το σήμα στο πεδίο της συχνότητας από την συχνότητα λειτουργίας του δικτύου (50 Hz) για την σωστή λειτουργία των φίλτρων του ΤΑΣ. Θα πρέπει, όπως θα δούμε παρακάτω στην ανάλυση των φίλτρων, να απομονώνεται επαρκώς το σήμα των 50 Hz στον κλάδο που βρίσκεται ο πομπός του ΤΑΣ, και για να γίνει αυτό εφικτό, θα πρέπει να υπάρχει μια ικανή φασματική απόσταση μεταξύ αυτών των δύο σημάτων. Συνήθως στην πράξη, το κάτω όριο συχνότητας λειτουργίας του ΤΑΣ είναι οι περιοχές συχνοτήτων λίγο πάνω από την 3^η αρμονική του δικτύου (> 150Hz). Αντίστοιχα, για τον καθορισμό του άνω ορίου, πρέπει να ληφθούν υπόψη οι χωρητικές απώλειες πάνω στις διανεμημένες χωρητικότητες των γραμμών και όπως αναφέρεται στο [24], οι συσκευές που παρουσιάζουν σημαντικά χαμηλή αντίδραση στη συχνότητα λειτουργίας του ΤΑΣ. Έχει διαπιστωθεί ότι είναι αδύνατο να χρησιμοποιηθούν συχνοτήτες πάνω από 1400 Hz ακόμα και σε δίκτυα διανομής μικρής έκτασης και εάν υπάρχουν συνδεδεμένοι πυκνωτές αντιστάθμισης, το παραπάνω άνω όριο περιορίζεται σε τιμές κάτω από τα 300 Hz. Επίσης, από την παραπάνω διαθέσιμη περιοχή συχνοτήτων (150 με 300 Hz), θα πρέπει να αφαιρεθούν οι περιττές αρμονικές του δικτύου, στις οποίες υπάρχει σημαντικό ενεργειακό περιεχόμενο.

Οι συνηθέστερες τιμές που επιλέγονται από τους διαχειριστές των δικτύων διανομής ηλεκτρικής ενέργειας για την λειτουργία του ΤΑΣ, είναι τα 175 και τα 188 Hz, οι οποίες όπως παρατηρούμε πληρούν τις παραπάνω προϋποθέσεις και βρίσκονται αρκετά κοντά στη συχνότητα για την οποία έχει σχεδιαστεί το δίκτυο των 50Hz.

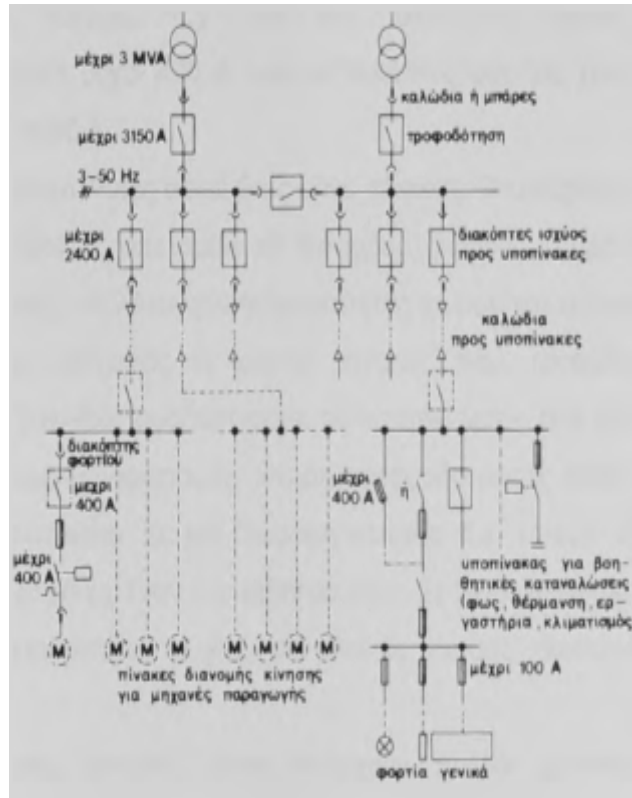
6.5 Είδη πινάκων

Οι πίνακες χρησιμοποιούνται για τη διανομή της ενέργειας σε διάφορα κυκλώματα και για χειρισμούς. Περιέχουν τις διατάξεις προστασίας, αυτομάτους, ασφάλειες, μέσα ελέγχου, χρονοδιακόπτες, ρελέ, όργανα μέτρησης, αμπερόμετρα, βολτόμετρα, σημάνσεις, π.χ ενδεικτικές λυχνίες και γενικότερα ότι είναι αναγκαίο για την προστασία, λειτουργία και έλεγχο των κυκλωμάτων που τροφοδοτούν. Το σχήμα 1.17

(α και β) παρουσιάζει πίνακες κατοικίας και το σχήμα 1.18 σύστημα διανομής σε βιομηχανία.



Σχήμα 1.17: Πίνακες διανομής Ηλεκτρικά διαγράμματα α) πίνακας κατοικίας , β) πολλαπλοί πίνακες



Σχήμα 1.18: Σύστημα διανομής σε βιομηχανία. Η κίνηση τροφοδοτείται από ιδιαίτερο Μ/Σ

Σε μικρούς καταναλωτές αρκεί ένας μόνο πίνακας. Όταν έχουμε όμως πολλά σημεία κατανάλωσης εκτεταμένα σε διάφορους χώρους μπορούμε να έχουμε πολλούς πίνακες για λόγους λειτουργικότητας χώρου και εύκολου χειρισμού. Υπάρχει ένας κεντρικός ή κύριος πίνακας που τροφοδοτεί πολλούς υποπίνακες. Συνήθως ομαδοποιούμε τις καταναλώσεις ανά χώρο ή και ανά είδος κατανάλωσης, (φωτισμός, κίνηση), τροφοδοτώντας κάθε τέτοια ομάδα από έναν υποπίνακα. Σε μια διάφορη κατοικία π.χ. μπορεί να έχουμε ένα πίνακα ανά όροφο και έναν στο λεβητοστάσιο. Σε βιομηχανικούς καταναλωτές η ομαδοποίηση μπορεί να γίνει σε πίνακες κίνησης, φωτισμού ή γενικών λειτουργιών.

Η γραμμή παροχής ενός πίνακα περνά από διακόπτη φορτίου και μετά ασφαρίζεται. Μπορούμε όμως να χρησιμοποιήσουμε ασφαλειοαποζεύκτες ή για μεγάλες ισχύεις, π.χ. 100 kW, διακόπτες ισχύος. Ασφάλειες χρησιμοποιούνται μέχρι 400 A ενώ οι διακόπτες φορτίου χρησιμοποιούνται από 80 μέχρι 4000 A.

Σε μικρούς καταναλωτές αρκεί ένας μόνο πίνακας. Όταν έχουμε όμως πολλά σημεία κατανάλωσης εκτεταμένα σε διάφορους χώρους μπορούμε να έχουμε πολλούς

πίνακες για λόγους λειτουργικότητας χώρου και εύκολου χειρισμού. Υπάρχει ένας κεντρικός ή κύριος πίνακας που τροφοδοτεί πολλούς υποπίνακες. Συνήθως ομαδοποιούμε τις καταναλώσεις ανά χώρο ή και ανά είδος κατανάλωσης, (φωτισμός, κίνηση), τροφοδοτώντας κάθε τέτοια ομάδα από έναν υποπίνακα. Σε μια διώροφη κατοικία π.χ. μπορεί να έχουμε ένα πίνακα ανά όροφο και έναν στο λεβητοστάσιο. Σε βιομηχανικούς καταναλωτές η ομαδοποίηση μπορεί να γίνει σε πίνακες κίνησης, φωτισμού ή γενικών λειτουργιών.

Οι πίνακες ΧΤ διακρίνονται στις ακόλουθες κατηγορίες :

- Γενικοί πίνακες διανομής
- Πίνακες κίνησης
- Πίνακες φωτισμού

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

Γενικοί πίνακες διανομής

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

- Σταθερού τύπου

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

- Συρόμενου τύπου.

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

Υπάρχουν τέσσερις θέσεις του συρταριού στον πίνακα :

- θέση λειτουργίας
- θέση δοκιμής
- θέση stand by
- θέση εκτός

Η σύνδεση της γραμμής εισόδου γίνεται απ' ευθείας στον διακόπτη μέσω μπαρών από τον Μ / Σ ή μέσω καλωδίου. Η σύνδεση των καλωδίων αναχωρήσεων γίνεται απ' ευθείας επί των συσκευών και μέσω κλεμμών με καλώδια μέχρι 300Α και για πάνω από 300Α με μπάρες κατάλληλης διανομής. Το ύψος των γενικών πινάκων διανομής κυμαίνεται από 2-2,2m και το πλάτος από 0,5 - 0,8 m. Στηρίζονται πάνω στο έδαφος ή σε ιδιαίτερη βάση .

Πίνακες κίνησης

Οι πίνακες κίνησης, όταν υπάρχουν πολλοί μετασχηματιστές σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις, έχουν το δικό τους μετασχηματιστή ώστε να μην παρενοχλούνται οι άλλοι καταναλωτές. Στους πίνακες αυτούς μπαίνουν σε διάφορα πεδία οι ασφάλειες και οι διακόπτες των κινητήρων.

Η γραμμή παροχής ενός πίνακα περνά από διακόπτη φορτίου και μετά ασφαρίζεται. Μπορούμε όμως να χρησιμοποιήσουμε ασφαλειοαποζεύκτες ή για μεγάλες ισχύεις, π.χ. 100 kW, διακόπτες ισχύος. Ασφάλειες χρησιμοποιούνται μέχρι 400 Α ενώ οι διακόπτες φορτίου χρησιμοποιούνται από 80 μέχρι 4000 Α.

Τα μέσα προστασίας που μπαίνουν στον πίνακα πρέπει να ελέγχονται για να διαπιστώνεται αν είναι συντονισμένα στην περιοχή των ρευμάτων βραχυκύκλωσης. Οι ρυθμιζόμενοι διακόπτες ισχύος έχουν το πλεονέκτημα του εύκολου χειρισμού, του εύκολου συντονισμού με άλλα μέσα προστασίας, δεν χρειάζονται αντικατάσταση μετά την πτώση τους και δεν χρειάζεται ο διακόπτης φορτίου.

Ο γενικός διακόπτης του φορτίου πρέπει να μπαίνει σε έναν πίνακα για λόγους συντήρησης, για να θέτουμε τον πίνακα εκτός. Αν έχουμε διακόπτη ισχύος στον πίνακα, τότε δεν χρειάζεται διακόπτης φορτίου. Η γενική ασφάλεια ή διακόπτης ισχύος προστατεύουν τον πίνακα και το καλώδιο παροχής από βραχυκυκλώματα και από υπερφορτίσεις. Μπορούν να παραλείπονται εφ' όσον το καλώδιο παροχής είναι κατάλληλα ασφαλισμένο στην αναχώρησή του. Συνήθως όμως δεν παραλείπονται, γιατί ο πίνακας ή ο μετρητής στον οποίο είναι ασφαλισμένο το καλώδιο παροχής δεν είναι προσπελάσιμο. Εκτός αυτού, μία επιπλέον γενική ασφάλεια αυξάνει την εφεδρεία σε περίπτωση βραχυκυκλώματος.

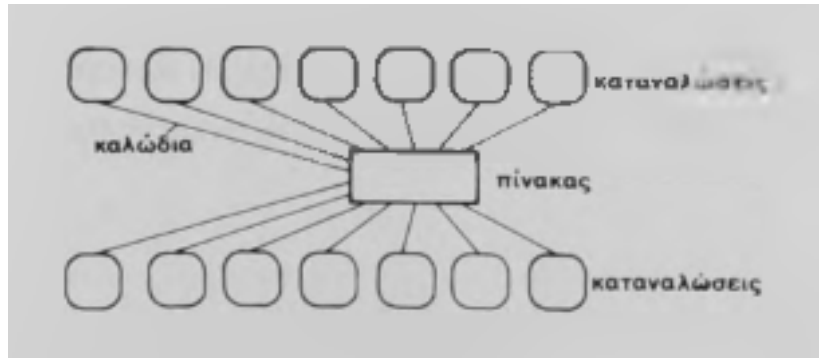
Στην είσοδο του γενικού πίνακα ακόμα και σε μικρούς πίνακες, π.χ. 63 A μπαίνουν ασφάλειες και όχι μικροαυτόματοι, γιατί το ρεύμα βραχυκύκλωσης που μπορούν να αποξεδύσουν οι μικροαυτόματοι είναι μόλις 6 kA. Το ρεύμα βραχυκύκλωσης στο δίκτυο διανομής κοντά σε μετασχηματιστή διανομής μπορεί να είναι μεγαλύτερο από 10 kA. Σε έναν πίνακα, η γενική ασφάλεια και ο διακόπτης φορτίου πρέπει να είναι τέτοια ώστε να αντιστοιχούν στη μέγιστη επιτρεπόμενη φόρτιση του καλωδίου παροχής.

Οι απερχόμενες γραμμές ενός πίνακα ασφαλιζονται με

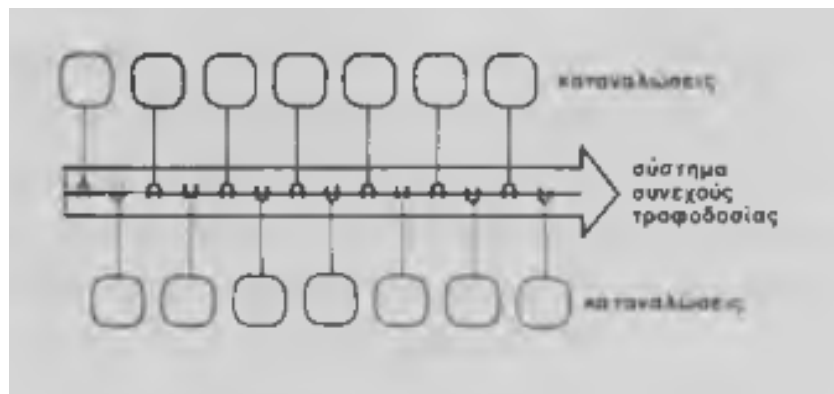
- μικροαυτόματους μέχρι 63 A,
- ασφαλειοαποξεύκτες ή ασφάλειες μέχρι 400 A,
- διακόπτες ισχύος μέχρι 4000 A.

Οι πίνακες πρέπει να βρίσκονται σε εύκολα προσιτά σημεία και σε ύψος 1,50 - 1,80 m περίπου από το δάπεδο.

Η τεχνική της διανομής με πίνακες λέγεται και σημειακή τεχνική, όπου από έναν πίνακα (σημείο) αναχωρούν ακτινικά τα καλώδια των παροχών όπως δείχνει το σχήμα 4.3. Στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις με πολλά μεταβαλλόμενα φορτία μπορεί να χρησιμοποιηθεί και το σύστημα συνεχούς ρευματοληψίας. Όπως φαίνεται στο σχήμα 4.4 οι ρευματοφόροι αγωγοί διασχίζουν το χώρο και τα φορτία ζεύονται με ειδικούς ρευματολήπτες.



Σχήμα 1.19: Σημειακός (ακτινικός) τρόπος διανομής. Ο πίνακας βρίσκεται στο κέντρο βάρους της κατανάλωσης



Σχήμα 1.20: Σύστημα συνεχούς τροφοδοσίας

Τα είδη των πινάκων κίνησης που χρησιμοποιούνται είναι :

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

Πίνακες φωτισμού

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

Τυποποιημένοι χαλύβδινοι πίνακες γενικών καταναλωτών

Σε οικιακούς και μικρούς καταναλωτές συνηθίζονται χαλυβδινοπίνακες με σύστημα ράγιας. Στις ράγιες προσαρμόζονται (κουμπώνουν) τα διάφορα υλικά, όπως διακόπτες, ρελέ χρονοδιακόπτες, ενδεικτικές λυχνίες, ηλεκτρονικά εξαρτήματα κ.λ.π.

Η ράγια έχει πλάτος, όπως και οι συσκευές, που αντιστοιχεί σε πολλαπλάσια μιας μονάδας σύγκρισης, συνήθως 18 mm. Οι αποστάσεις μεταξύ των παραλλήλων ράγιων είναι 125 mm, κατά DIN 43880. Υπάρχουν όμως στο εμπόριο και πίνακες με 100 mm απόσταση. Γενικά υπάρχουν:

" εντοιχιζόμενοι πίνακες για μέχρι 400 A (τριφασικοί)

“ πίνακες επιτοίχιοι μέχρι 400 A

“ πίνακες αυτοστηριζόμενοι με πόδια στο έδαφος μέχρι 1250 A.

Οι εντοιχιζόμενοι πίνακες 63 A έχουν βάθος 65-110 mm, έτσι ώστε οι μικροί απ' αυτούς μπορούν να εντοιχίζονται και σε δομικό τοίχο πάχους 100 mm. Τα πλάτη είναι 250 mm ή πολλαπλάσια αυτού, ενώ το ύψος είναι πολλαπλάσιο του 125 mm. Προσφέρονται επίσης πίνακες των 63 A διαστάσεων 250x125, 250x250 και 250x500 mm².

Οι συνηθισμένοι πίνακες προσφέρουν προστασία IP30, δηλαδή δεν χωράει αντικείμενο μεγαλύτερο από τα 2,5 mm. Μπορεί όμως να τρέξει ή να μπει μέσα νερό. Γι' αυτό υπάρχουν οι πίνακες με προστασία IP41, IP43 και IP54. Οι πίνακες προστασίας IP54 δεν επιτρέπουν την σκόνη να περάσει, αντέχουν σε ψεκασμό νερού και τα καλώδια εισέρχονται με στυπιοθλίπτες, που στεγανοποιούν την είσοδο του καλωδίου.

Οι χαλύβδινοι πίνακες είναι που εφαρμόζονται συνήθως. Είναι φθηνοί, μηχανικά ανθεκτικοί και παρουσιάζουν αντοχή στη φλόγα σε περίπτωση πυρκαγιάς. Δεν είναι κατάλληλοι για υψηλό βαθμό προστασίας IP65, δηλαδή δεν αντέχουν σε πολλή σκόνη ή δέσμη νερού και οξειδώνονται με το πέρασμα του χρόνου εφ' όσον είναι εκτεθειμένοι σε οξειδωτική ατμόσφαιρα.

Πίνακες κιβωτίων

Οι πίνακες κιβωτίων αποτελούνται από πολλά μικρά, τυποποιημένων διαστάσεων, κιβώτια που συνδέονται μεταξύ τους με ελαστικούς συνδέσμους. Τα καλώδια εισέρχονται στα κιβώτια με στυπιοθλίπτες. Τα κιβώτια έχουν διαστάσεις από 307x353,5 έως 614x614 mm² και ταιριάζουν πλευρικά το ένα με το άλλο. Οι πίνακες κιβωτίων έχουν στην πρόσοψή τους καπάκια που κλείνουν ερμητικά. Κάθε κιβώτιο έχει και μια συγκεκριμένη λειτουργικότητα, π.χ. διακόπτες-ασφαλειών ενός κυκλώματος και ασφαλειοαποξέυκτες έχουν διαφορετικά κιβώτια. Οι πίνακες κιβωτίων κατασκευάζονται από τα εξής υλικά:

- πλαστικά (π.χ. πολυεστερικά με διαφανή πόρτα)
- “ αλουμίνιο
- " χυτοσίδηρο

Οι πίνακες κιβωτίων έχουν ορισμένα πλεονεκτήματα τα οποία είναι:

- μπορούν να επεκταθούν εύκολα
- έχουν υψηλό βαθμό προστασίας IP55 ή και IP65
- αντέχουν σε μηχανική και χημική καταπόνηση, ιδιαίτερα σε χυτοσιδηρούς πίνακες.

Πίνακες κιβωτίων τοποθετούνται απαραίτητα σε βρεγμένους χώρους ή και σε χώρους πολύ σκονισμένους, ιδιαίτερα εκεί όπου υπάρχει αγωγήμη σκόνη, π.χ. εργοστάσια τσιμέντων, καλωδίων κ.λπ. Αν εκτός του υψηλού βαθμού προστασίας απαιτείται και μηχανική, διαβρωτική και γενική χημική αντοχή, τότε γίνεται χρήση χυτοσιδηρών κιβωτίων, π.χ. σε αντλιοστάσια ή ορυχεία. Ειδικοί πίνακες τύπου κιβωτίου χρησιμοποιούνται και για εγκαταστάσεις με εκρηκτική προστασία (EEχ).

Οι πίνακες κιβωτίου χρησιμοποιούνται πολλές δεκαετίες. Είναι ακριβότεροι από άλλους πίνακες αλλά και πιο ανθεκτικοί.

Πίνακες πεδίου

Σε μεγάλες παροχές άνω των 630 A, με πολλά κυκλώματα και όργανα χειρισμού προτιμούνται πίνακες πεδίων. Τέτοιοι πίνακες χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία, στις μεγάλες κτιριακές εγκαταστάσεις, στα πολυκαταστήματα και τους ουρανοξύστες. Κατασκευάζονται από χαλύβδινη λαμαρίνα 1,5 mm ή 2,0 mm που στηρίζεται σε χαλύβδινα προφίλ και συντίθενται από ντουλάπες τοποθετημένες η μία δίπλα στην άλλη. Οι διαστάσεις συνήθως είναι:

- ▶ ύψος: 2 - 2,20 m.
- ▶ πλάτος: 0,75 - 0,40 m
- ▶ βάθος: 0,30-0,80 m

Τα στοιχεία χειρισμού, όπως διακόπτες, ασφάλειες, όργανα, ενδεικτικές λυχνίες, τοποθετούνται στο εμπρόσθιο μέρος του πεδίου. Οι πίνακες πεδίου μπορεί να είναι με ανοιχτή τη πίσω πλευρά ή τα πλαϊνά, δηλαδή να είναι επισκέψιμοι από πίσω ή από εμπρός ή να έχουν δυνατότητα επέκτασης ή ένωσης με άλλο πεδίο.

Οι πίνακες που έχουν ανοιχτή την πίσω πλευρά πρέπει να προστατεύονται από εμπόδια (μπάρες), έτσι ώστε να μην επιτρέπουν την επαφή ανθρώπων με τα υπό τάση αντικείμενα. Τοποθετούνται συνήθως σε χώρους προσπελάσιμους μόνο από ειδικό προσωπικό. Για λόγους ασφαλείας πρέπει πίσω από τον πίνακα να υπάρχει ελεύθερος χώρος (διάδρομος) τουλάχιστον 80 cm.

Οι πίνακες που έχουμε πρόσβαση μόνο από το εμπρόσθιο μέρος είναι από παντού κλειστοί. Κάθε πεδίο έχει πόρτα που ανοίγει ή και αφαιρείται για να γίνει η εγκατάσταση ή η συντήρηση. Οι πόρτες μπορεί να έχουν μεγάλα τζάμια με πλαστικό διαφανές φύλλο, έτσι ώστε να μπορεί να γίνεται οπτικός έλεγχος των συσκευών. Στους κλειστούς πίνακες μπορεί να εγκατασταθούν συσκευές με συρόμενη (συρταρωτή) κατασκευή. Τέτοιες είναι οι διακόπτες ισχύος ή οι συσκευές ελέγχου κινητήρων. Οι συσκευές αυτές είναι σε τροχιές, με σύστημα ρευματοδότη ρευματολήπτη στο πίσω μέρος και συρταρώνονται στον πίνακα.

Στους πίνακες τύπου πεδίου οι ζυγοί κατασκευάζονται από χάλκινες μπάρες, π.χ. 25x3 ή 40x5 mm² με διάφορες διατομές.

Οι πίνακες πεδίου απαιτούν μεγάλο χώρο σε σχέση με άλλους πίνακες. Πλεονεκτούν όμως στην ασφάλεια λόγω των μεγάλων αποστάσεων, της εύκολης συντήρησης, της ανεξαρτησίας στη μελέτη και στο σχετικά χαμηλό κόστος.

Πίνακες σε διαμερίσματα ή κατοικίες

Οι πίνακες στις κατοικίες ή στα διαμερίσματα είναι εντοιχισμένοι ή επιτοίχιοι, χαλύβδινοι με το σύστημα ράγιας, 250x125-250x500 mm². Οι πίνακες πρέπει να τοποθετούνται σε εμφανές σημείο, με ύψος κέντρου 1,5-1,8 m. Η γραμμή μετρητή πίνακα είναι 10 mm² (3x10 ή 3x10+1,5 mm²) για μονοφασικούς καταναλωτές με ασφάλεια 35 A. Για τριφασικούς καταναλωτές κατασκευάζεται η παροχή Νο 2 ή αν χρειάζεται, μεγαλύτερη. Για την παροχή Νο 2 η γενική ασφάλεια κατά κανόνα, θα πρέπει να είναι 35 A.

Δεν απαγορεύεται όμως και η ασφάλεια των 25 A. Μετά το γενικό διακόπτη και τις ασφάλειες ακολουθεί αυτόματος διαρροής 30 mA. Σε εκτεταμένα διαμερίσματα ή πολυώροφες κατοικίες με πολλές λειτουργίες μπορούν να εγκατασταθούν και υποπίνακες, ένας για κάθε όροφο και ένας για το λεβητοστάσιο.

6.6 ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΣΦΑΛΕΙΕΣ ΤΟΥ ΚΕΝΤΡΙΚΟΥ ΠΙΝΑΚΑ

Όταν έχουμε πολλά σημεία κατανάλωσης μπορεί να έχουμε πολλούς πίνακες (υποπίνακες), οι οποίοι ελέγχονται από έναν κεντρικό πίνακα.

Οι γενικές ασφάλειες του κεντρικού πίνακα προστατεύουν τη γραμμή μετρητή-πίνακα κυρίως από υπερφορτίσεις. Μπορεί όμως να χρησιμεύουν και σαν εφεδρική ασφάλεια σε βραχυκυκλώματα των γραμμών διανομής που ξεκινούν από τον κεντρικό πίνακα.

Οι ασφάλειες του κεντρικού πίνακα είναι κατά κανόνα ένα μέγεθος μικρότερες από αυτές του μετρητή για να επιτύχουμε επιλεκτική προστασία πράγμα απαραίτητο γιατί δεν επιτρέπεται στον καταναλωτή η πρόσβαση στις ασφάλειες του μετρητή.

Σε μονοφασικούς καταναλωτές η ασφάλεια είναι 35 A ή 25 A όταν έχουμε στο μετρητή 40 A μικροαυτόματο ή 35 A ασφάλεια αντίστοιχα. Όταν έχουμε μικροαυτόματο των 25 A ή 16 A ασφάλεια στο μετρητή, τοποθετούνται ασφάλειες 25 A ή 16 A. Οι γενικές ασφάλειες σε εγκαταστάσεις κίνησης πρέπει να αντέχουν στο ρεύμα εκκίνησης του μεγαλύτερου κινητήρα ή των κινητήρων που ξεκινούν ταυτόχρονα. Αυτό είναι εξασφαλισμένο σε περιπτώσεις εκκινήσεων με χρόνους κάτω των 6 sec, όταν οι ασφάλειες είναι το επόμενο ή το μεθεπόμενο μέγεθος πάνω από το ονομαστικό ρεύμα του κινητήρα.

6.7 Εγκαταστάσεις παροχέτευσης XT

Κατά την Οριστική Μελέτη Παροχέτευσης καθορίζονται τα παρακάτω:

Το σημείο ρευματοληψίας του δικτύου XT (στύλος, κιβώτιο διακλαδώσεως κλπ.)· Η θέση των οργάνων μέτρησης και η τυποποιημένη κατασκευή διατάξεως. Η ακριβής διαδρομή του καλωδίου παροχέτευσης από το δίκτυο XT μέχρι του σημείου ρευματοληψίας και των οργάνων μέτρησης.

- Το είδος και η διατομή του καλωδίου παροχέτευσης, η ασφάλεια του μετρητή και η γενική ασφάλεια του καταναλωτή.
- Οι ποσότητες των απαιτούμενων για την κατασκευή της παροχέτευσης κύριων υλικών.

Όλα τα παραπάνω πρέπει να απεικονίζονται με σαφήνεια στις προβλεπόμενες θέσεις του Σ.Π.

Στο προς ηλεκτροδότηση κτίσμα σημειώνονται τα παρακάτω στοιχεία :

- Το είδος και η ακριβής θέση των υλικών στηρίξεως.
- Η ακριβής θέση των κιβωτίων των οργάνων μέτρησης.

Τα κριτήρια βάσει των οποίων θα πραγματοποιείται η εκλογή της θέσης των μετρητών είναι η ασφάλεια, η ευχέρεια προσπελάσεως και αναγνώσεως και η οικονομία της κατασκευής σε συνδυασμό με την διατήρηση της καλαισθησίας της ιδιοκτησίας των καταναλωτών.

6.8 Προστασία ηλεκτρικών εγκαταστάσεων ΧΤ σε υπερτάσεις

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

- Υπερτάσεις από κατευθείαν πλήξη του δικτύου ΧΤ
- Υπερτάσεις από μαγνητικές ζεύξεις και από το ότι οι φάσεις του δικτύου έχουν γείωση (ουδέτερος Μ/Σ) που είναι διαφορετική από τη γείωση προστασίας του δικτύου. Επειδή η γείωση προστασίας διαρρέεται από το ρεύμα του κεραυνού ο ισοδυναμικός ζυγός μπορεί να βρίσκεται υπό μεγάλη τάση ως προς τα άλλα γειωμένα αντικείμενα και τις φάσεις του δικτύου.
- Υπερτάσεις εξ επαγωγής ή λόγω γειτνίασης.

Η προστασία έναντι υπερτάσεων στη ΧΤ γίνεται:

- Στην είσοδο των κυκλωμάτων εγκαθίστανται απαγωγείς τάσεων .
- Στην είσοδο των κυκλωμάτων τοποθετούνται πυκνωτές, αυτεπαγωγές (συνήθως σε ηλεκτρονικά κυκλώματα).

Βασικά χαρακτηριστικά των απαγωγέων ΧΤ είναι:

- Η μέγιστη τάση λειτουργίας, δηλαδή η τάση για την οποία δεν πρέπει να άγουν.
- Η τάση αφής δηλαδή η συνεχής ή εναλλασσόμενη τάση την οποία αποκόπτουν.
- Ο χρόνος αντίδρασης, ο χρόνος που παρέρχεται από την εφαρμογή μιας τάσης έως να αρχίσουν να λειτουργούν οι μηχανισμοί αγωγιμότητας.
- Το ρεύμα που μπορεί να περάσει από τον απαγωγέα χωρίς αυτός να καταστραφεί.

6.8.1 Απαγωγείς τάσεων ΧΤ

Η προστασία κυκλωμάτων γίνεται με στοιχεία που μειώνουν την εισερχόμενη υψηλή τάση.

Αυτά τα στοιχεία είναι βαρύστορες, δίοδοι περιορισμού, δίοδοι αερίων

Συγκεκριμένα:

- **Βαρύστορες**

Αυτοί είναι ισχυρά μη γραμμικές αντιστάσεις από οξείδια του πυριτίου. Προστατεύουν κυκλώματα ονομαστικών τάσεων από 10V-10000V, δηλαδή αν εμφανιστεί μια υπέρταση την μειώνουν σε επιτρεπόμενες τιμές. Χαρακτηριστικά τους είναι:

- Ø Η μέγιστη επιτρεπόμενη τάση λειτουργίας στο κύκλωμα μεταξύ των σημείων που θα συνδεθεί.
- Ø Το ρεύμα που μπορεί να περάσει για ένα χρονικό διάστημα χωρίς να καταστραφεί. Οι χρόνοι απόκρισης είναι σχετικά μεγάλοι (μερικά μs) ώστε να αφήνουν ένα μέρος της υπέρτασης να διέλθει και να εφαρμοσθεί στο υπό προστασία κύκλωμα. Σε περιπτώσεις όπου η λοιπή υπέρταση είναι ανεπίτρεπτη, χρησιμοποιούνται πρόσθετα μέσα όπως δίοδοι zener. Τα επιτρεπόμενα ρεύματα απαγωγής είναι για τους βαρύστορες έως 80kA. Χρησιμοποιούνται κυρίως στην είσοδο εγκαταστάσεων XT δηλαδή στον πίνακα XT.

- Δίοδοι περιορισμού, δίοδοι zener.

Οι δίοδοι περιορισμού είναι εξελεγμένες δίοδοι zener. Οι δίοδοι zener έχουν ταχύτατη απόκριση αλλά δεν μπορούν να φέρουν μεγάλα κρουστικά ρεύματα.

- Δίοδοι αερίων

Αυτοί είναι σπινθηριστές που βραχυκυκλώνουν την υπέρταση. Ο χρόνος απόκρισής τους είναι μεγαλύτερος από αυτούς των διόδων zener. Οι δίοδοι αερίων έχουν ρεύματα απαγωγής 10..40 kA. Δεν είναι κατάλληλες για κυκλώματα 380V διότι προκαλούν βραχυκύκλωμα και έτσι το ρεύμα προκαλεί βραχυκύκλωμα στο δίκτυο. Έτσι η χρήση τους περιορίζεται μόνο σε κυκλώματα χαμηλής ισχύος (τηλέφωνα, ηλεκτρονικά).

7 ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

Γενικά

Οι σύγχρονες απαιτήσεις των Ε.Η.Ε σε προστασία, έλεγχο, ζεύξη-διακοπή και τηλεχειρισμό εξυπηρετούνται από μια σειρά προϊόντων που προσφέρονται για στερέωση σε τυποποιημένη ράγα.

Το υλικό αυτό:

- Παρέχει υψηλό συντελεστή ασφάλειας.
- Καλύπτει όλες τις σύγχρονες απαιτήσεις.
- Κατασκευάζεται σε τυποποιημένες διαστάσεις.
- Τοποθετείται, αντικαθίσταται και συντηρείται εύκολα.
- Προσφέρει ομοιομορφία εξαρτημάτων και βελτιωμένη αισθητική του πίνακα, στον οποίο αντικαθίσταται.

7.1 ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΑΠΟ ΥΠΕΡΕΝΤΑΣΕΙΣ, ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑΤΑ

Οι διατάξεις προστασίας, που είναι ευρέως γνωστές, από υπερεντάσεις και βραχυκυκλώματα είναι οι ασφάλειες και οι αυτόματοι διακόπτες ισχύος.

Σύμφωνα με το άρθρο 50 των Κ.Ε.Η.Ε, αυτές οι διατάξεις προστασίας πρέπει να διακόπτουν έγκαιρα την τροφοδοσία των γραμμών που προστατεύουν.

Η επιλογή των διατάξεων προστασίας γραμμών και συσκευών από υπερεντάσεις, (δηλαδή μικρές υπερβάσεις της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος που επιτρέπεται να περάσει από το κύκλωμα) και από βραχυκυκλώματα, (δηλαδή μεγάλες και με έντονο ρυθμό υπερβάσεις του ορίου της επιτρεπόμενης έντασης του ρεύματος), γίνεται με βάση:

- την επιτρεπόμενη ένταση λειτουργίας των γραμμών
- την ικανότητα διακοπής, δηλαδή το μέγιστο ρεύμα που μπορούν να διακόψουν χωρίς να υποστούν βλάβες οι ίδιες και τα προστατευόμενα εξαρτήματα (αγωγοί γραμμής, συσκευές κ.τ.λ.)
- τα χαρακτηριστικά της λειτουργίας

7.2 ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΑΠΟ ΔΙΑΦΥΓΗ ΕΝΤΑΣΗΣ

7.2.1 Διακόπτης διαφυγής έντασης

Ο διακόπτης διαφυγής έντασης, γνωστός και ως αντιηλεκτροπληξιακός διακόπτης τοποθετούμενος σε μια Ε.Η.Ε. μας παρέχει προστασία από άμεση επαφή με μέρη υπό τάση ή από επικίνδυνες τάσεις που θα μπορούσαν να εμφανιστούν στο μεταλλικό περίβλημα των συσκευών λόγω βλάβης π.χ. από καταστροφή της μόνωσης ή από λανθασμένη σύνδεση.

Οι διακόπτες διαφυγής ή διαρροής χρησιμοποιούνται σε όλα τα δίκτυα με γενική προστασία την «ουδετέρωση» ή σύστημα TN.

Στο σύστημα άμεσης γείωσης η αντίσταση γείωσης πολλές φορές είναι υψηλή. Αν θεωρήσουμε ότι χρησιμοποιούμε Δ.Δ.Ε με ευαισθησία αντίδρασης σε μέγιστο ρεύμα διαρροής 30 mA (είναι ακίνδυνο για τον υγιή άνθρωπο), η αντίσταση γείωσης R_y θα πρέπει να είναι το πολύ ίση: με τη μέγιστη επιτρεπόμενη τάση επαφής (50 V) προς το μέγιστο επιτρεπτό ρεύμα διαρροής (30 mA), δηλαδή θα είναι:

$$R_y = \frac{50}{0,03} = 1666\Omega = 1,66\text{K}\Omega$$

ώστε να προκληθεί το αναγκαίο για την αντίδραση του Δ.Δ.Ε. ρεύμα διαρροής. Παρατηρούμε ότι η αντίσταση αυτή είναι περίπου όσο η αντίσταση του ανθρώπινου σώματος.

Κατασκευή και λειτουργία του Δ.Δ.Ε.

Ένας διακόπτης διαφυγής έντασης αποτελείται από τρεις κύριες μονάδες:

- Έναν αθροιστικό τοροειδή μετασχηματιστή B για την ανίχνευση του ρεύματος διαρροής.
- Έναν αποζεύκτη S για τη μετατροπή του ηλεκτρικού μεγέθους ανίχνευσης, δηλαδή του ρεύματος διαρροής σε κίνηση μηχανικής απομανδάλωσης.
- Από ένα μηχανισμό όπλισης, ένα μπουτόν δοκιμής T και της επαφές διακοπής του κυκλώματος.

Ο αθροιστικός μετασχηματιστής περικλείει όλους τους απαιτούμενους, για τη ροή ρεύματος αγωγούς (φάσεις - ουδέτερος), οι οποίοι αποτελούν το πρωτεύον κύκλωμα. Αν δεν υπάρχουν σφάλματα στην εγκατάσταση, τα ρεύματα των αγωγών φάσεων και ουδέτερου έχουν ανυσματικό άθροισμα ίσο με το μηδέν και το συνιστάμενο μαγνητικό τους πεδίο είναι μηδενικό. Σε αυτήν την περίπτωση στο δευτερεύον πηνίο του μετασχηματιστή δεν επάγεται τάση και οι κύριες επαφές του Δ.Δ.Ε. παραμένουν κλειστές.

Αν όμως λόγω ενός σφάλματος της μόνωσης υπάρξει ένα ρεύμα διαρροής $I_{\delta} = 0,5 \text{ A}$, τότε διαταράσσεται η παραπάνω ισορροπία και το συνιστάμενο μαγνητικό πεδίο του πρωτεύοντος πηνίου είναι διάφορο του μηδενός. Εξαιτίας αυτού επάγεται στο δευτερεύον πηνίο του μετασχηματιστή μια τάση, η οποία μέσω του αποζεύκτη, ανοίγει το κύκλωμα.

Ο Δ.Δ.Ε. ανιχνεύει τη διαφορά έντασης των ρευματοφόρων αγωγών προσαγωγής - επιστροφής (φάσεις - ουδέτερος) στο κύκλωμα στο οποίο έχει τοποθετηθεί.

Σε κανονική λειτουργία, που ο Δ.Δ.Ε δεν αντιδρά έχουμε:

- ρεύμα φάσης - ρεύμα ουδέτερου: π.χ. $10 - 10 = 0 \text{ A}$
- ρεύμα διαρροής $I_{\delta} = 0$

Σε περίπτωση διαρροής που ο Δ.Δ.Ε. αντιδρά και ανοίγει το κύκλωμα έχουμε:

- ρεύμα φάσης - ρεύμα ουδέτερου: π.χ. $10,5 - 10 = 0,5 \text{ A}$
- ρεύμα διαρροής $I_{\delta} = 0,5 \text{ A}$.

Η λειτουργία του Δ.Δ.Ε. είναι ανεξάρτητη των διακυμάνσεων της τάσης του δικτύου και η προστασία παρέχεται κάτω από οποιοσδήποτε συνθήκες. Η απαιτούμενη

ελάχιστη τάση για τη λειτουργία του κυκλώματος ελέγχου του Δ.Δ.Ε. είναι τα 100 V, AC. Η καλή λειτουργία του, μπορεί να ελεγχθεί μέσω ενός μπουτόν δοκιμής (TEST), το οποίο είναι ενσωματωμένο σ' αυτόν. Με το πάτημα του μπουτόν δοκιμής δημιουργείται ένα τεχνητό ρεύμα διαρροής και ο Δ.Δ.Ε. πρέπει να κάνει την απόζευξη. Το δημιουργούμενο ρεύμα ελέγχου, λόγω του ότι η αντίσταση που παρεμβάλλεται στο κύκλωμα έχει κατάλληλη τιμή, είναι λίγο μεγαλύτερο του ονομαστικού ρεύματος διαρροής $I_{δν}$, δηλαδή του ελάχιστου εκείνου χαρακτηριστικού ρεύματος που προκαλεί την αντίδραση του Δ.Δ.Ε.

Τρόπος εγκατάστασης του Δ.Δ.Ε

Ο Δ.Δ.Ε πρέπει να εγκαθίσταται στην αρχή των κυκλωμάτων που θέλουμε να προστατεύσουμε. Προστατεύει μόνο το τμήμα της εγκατάστασης που βρίσκεται μέσα από αυτόν προς την πλευρά των καταναλώσεων. Συνήθως τοποθετείται στην είσοδο του πίνακα μεταξύ γενικού διακόπτη και γενικής ασφάλειας (ή μετά τη γενική ασφάλεια). Για τον τρόπο εγκατάστασης του Δ.Δ.Ε μπορούμε να κάνουμε τις εξής

παρατηρήσεις:

- Μετά τον Δ.Δ.Ε. δεν επιτρέπεται σε κανένα σημείο να υπάρχει σύνδεση του ουδέτερου με τη γείωση, γιατί τότε ο Δ.Δ.Ε. θα διακόπτει το κύκλωμα.
- Είναι προτιμότερο (ιδίως σε μεγάλα κτήρια) τα φορτία να κατανέμονται σε περισσότερους από έναν Δ.Δ.Ε. Με αυτόν τον τρόπο η τυχόν επέμβαση δεν διακόπτει όλα τα κυκλώματα και δεν παρατηρείται συχνά επέμβαση (επειδή το άθροισμα των πολύ μικρών φυσιολογικών διαρροών μιας εκτεταμένης εγκατάστασης, εύκολα φτάνει το όριο των 30 mA).
- Τρεις μονοφασικοί Δ.Δ.Ε. είναι προτιμότεροι και ασφαλέστεροι από έναν τριφασικό. Στην περίπτωση αυτή οι ουδέτεροι κάθε Δ.Δ.Ε πρέπει να είναι χωριστοί.

Οι τετραπολικόι Δ.Δ.Ε. λειτουργούν και σε τριπολικά δίκτυα (χωρίς ουδέτερο), αρκεί η σύνδεση των τριών φάσεων να γίνει στους κατάλληλους ακροδέκτες. Για να λειτουργεί και το μπουτόν δοκιμής πρέπει να συνδεθεί η φάση στον κατάλληλο ακροδέκτη (όπως δείχνει το δεύτερο σχέδιο).

Με κατάλληλη συνδεσμολογία 4-πολική Δ.Δ.Ε μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μονοφασικό δίκτυο π.χ. όταν προβλέπεται η μετατροπή του αργότερα σε τριφασικό. Η προστασία με Δ.Δ.Ε συνήθως με ονομαστική ένταση διαφυγής $I_{δν} = 30 \text{ mA}$, είναι αποτελεσματική, αλλά με βάση τους ισχύοντες Κ.Ε.Η.Ε. στη χώρα μας δεν είναι υποχρεωτική. Λόγω της αποτελεσματικότητας προστασίας και του χαμηλού κόστους που έχουν χρησιμοποιούνται ευρύτατα ως συμπληρωματική διάταξη προστασίας στις Ε.Η.Ε.

Βασικά χαρακτηριστικά μεγέθη Δ.Δ.Ε.

- ∅ Ευαισθησία και κλάση. Οι διαφορικές διατάξεις προστασίας (π.χ. οι Δ.Δ.Ε) χαρακτηρίζονται από το ονομαστικό ρεύμα διαρροής $I_{δν}$ και από το χρόνο διακοπής του κυκλώματος, το οποίο προστατεύουν. Θα μπορούσαμε δηλαδή να κατατάξουμε τους Δ.Δ.Ε σε δύο κατηγορίες:

Δ.Δ.Ε. άμεσης αντίδρασης

Δ.Δ.Ε. με καθυστέρηση, δηλαδή επιλεκτικού τύπου S

- ∅ Το ονομαστικό ρεύμα διαρροής $I_{δν}$, δηλαδή το ρεύμα για το οποίο διεγείρεται ο Δ.Δ.Ε και ανοίγει το κύκλωμα σε χρόνο μικρότερο των 0,2 sec. Το μέγεθος αυτό αναγράφεται πάνω σε κάθε Δ.Δ.Ε. Η διάταξη συνήθως αντιδρά, όταν το ρεύμα διαρροής βρίσκεται μεταξύ 50% και 100% του $I_{δν}$. Στην πράξη χρησιμοποιούνται Δ.Δ.Ε με $I_{δν} = 10 \text{ mA}, 30 \text{ mA}, 300 \text{ mA}, 0,5 \text{ A}$
- ∅ Η ονομαστική ένταση λειτουργίας I_n , δηλαδή το φορτίο σε A που μπορούν να διακόπτουν χωρίς πρόβλημα. Συνήθως συναντάμε Δ.Δ.Ε. με $I_n = 40 \text{ A}$ και 63 A.
- ∅ Ο μέσος όρος ζωής των Δ,Δ Ε. είναι συνήθως 20000 ζεύξεις - αποζεύξεις με πλήρες φορτίο.
- ∅ Ο αριθμός των πόλων. Διπολικοί (για μονοφασικά δίκτυα), τετραπολικοί (για τριφασικά δίκτυα 4 ή 3 αγωγών, δηλαδή με ουδέτερο ή χωρίς ουδέτερο).
- ∅ Αντιμεταβατική προστασία. Με τη χρήση ηλεκτρονικών εξαρτημάτων στις οικιακές συσκευές και στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις, υπάρχει το ενδεχόμενο μέσα από τον Δ.Δ.Ε. να περάσουν ρεύματα παλμικά (μη

ημιτονοειδή). Αυτά μπορεί και να οφείλονται σε φαινόμενα μεταβατικών υπερτάσεων (κεραυνοί, διαταραχές δικτύου κ.τ.λ).

Γενικά θα μπορούσαμε να πούμε ότι, η χρήση των Δ.Δ.Ε μας παρέχει:

- Προστασία από ηλεκτροπληξία τόσο στην περίπτωση βλάβης της μόνωσης μιας συσκευής όσο και στην περίπτωση της άμεσης επαφής με το ρεύμα. Οι συνήθεις διαφορικοί διακόπτες με ρεύμα διαρροής 30 mA, χρονικής διάρκειας 30 msec, είναι ακίνδυνο για τη ζωή ενός υγιούς ανθρώπου. Ο χρόνος διακοπής είναι συνάρτηση και του ρεύματος διαρροής.

- Προστασία από ενδεχόμενη πυρκαγιά την οποία μπορεί να δημιουργήσει η διαρροή ρεύματος.

- Προστασία ακόμη και όταν έχει διακοπή ο αγωγός γείωσης ή ο ουδέτερος.

- Προστασία ακόμη και αν ο μοχλός λειτουργίας κρατηθεί με τη βία στη θέση λειτουργίας (I).

- Προστασία από άσκοπη κατανάλωση ρεύματος που προκαλείται από διαρροές.

- Απομόνωση της εγκατάστασης σε περίπτωση πλημμύρας.

- Ιδανικό όριο επέμβασης. Η ευαισθησία των Δ.Δ.Ε. έχει επιλεγθεί κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να αποφεύγονται δυσλειτουργίες στην εγκατάσταση.

- Συνεχή έλεγχο της καλής λειτουργίας της εγκατάστασης.

Όταν ο διαφορικός διακόπτης ανοίγει χωρίς φανερό αίτια, είναι σήμα προειδοποίησης, που σημαίνει ότι η εγκατάσταση έχει πρόβλημα. Η παράκαμψη του διακόπτη διαρροής με γεφύρωση είναι πολύ επικίνδυνη.

Η χρήση όμως των Δ.Δ.Ε δεν μας προστατεύει:

- σε περιπτώσεις βραχυκυκλωμάτων ή υπερφορτίσεων (Γι'αυτό απαραίτητα υπάρχουν οι ασφάλειες, οι μικροαυτόματοι ή οι αυτόματοι ισχύος).

- σε περιπτώσεις επαφής με δύο αγωγούς συγχρόνως, π.χ. πιάνοντας φάση και ουδέτερο ή φάση με φάση (σε περιπτώσεις τριφασικού δικτύου).

7.3 ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΑ - ΠΕΡΙΟΡΙΣΤΕΣ ΥΠΕΡΤΑΣΕΩΝ

Γενικά

Το σύνολο των μέτρων που λαμβάνονται για την προστασία κατά της κεραυνοπληξίας λέγεται Σύστημα Αντικεραυνικής Προστασίας (ΣΑΠ).

Με τον όρο κεραυνός εννοούμε την εκκένωση φορτισμένων σύννεφων. Οι εκκενώσεις μπορεί να είναι μεταξύ δύο αντίθετα φορτισμένων σύννεφων «κεραυνοί σύννεφων» ή και μεταξύ σύννεφου και γης «κεραυνοί σύννεφου-γης». Οι εκκενώσεις που δημιουργούν μεγαλύτερο πρόβλημα στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις είναι αυτές που γίνονται μεταξύ σύννεφου και γης ενώ οι κεραυνοί σύννεφου ενοχλούν κυρίως τις τηλεπικοινωνίες.

Το κρουστικό ρεύμα που ρέει από το σύννεφο προς τη γη, μπορεί να είναι αρνητικό ή σπάνια και θετικό. Το ύψος της κορυφής είναι συνήθως μερικές δεκάδες kA, τυπικά 5 - 40 kA, και σπανίως, στο 1 % των περιπτώσεων, 150...400 kA. Η διάρκεια μετώπου είναι μερικά ps έως 20 μs, ενώ η ημιδιάρκεια της ουράς των ρευματικών παλμών είναι συνήθως τάξης μεγέθους 100 ps μπορεί να φθάσει όμως και τα 1000 ps σε θετικούς κεραυνούς.

Ενδιαφέρον είναι ότι η εκκένωση μπορεί να πλήξει εγκαταστάσεις ή κτίρια από οποιαδήποτε κατεύθυνση, δηλαδή όχι μόνο κατακόρυφα όπως θα περιμέναμε. Επίσης, η εκκένωση μπορεί να πλήξει όχι μόνο την κορυφή αλλά, σε υψηλά κτήρια και ενδιάμεσα σημεία.

Η δράση του κεραυνού σε μια εγκατάσταση ή συσκευή μπορεί να είναι άμεση, δηλαδή το ηλεκτρικό τόξο της εκκένωσης να πλήξει κατ' ευθείαν την συσκευή, ή έμμεση, δηλαδή να δημιουργηθούν υπερτάσεις σε παραπλήσια κυκλώματα που οδηγούν σε διάσπαση των μονωτικών. Στις έμμεσες δράσεις μπορεί να ενταχθεί και η βροντή που προέρχεται από την εκτόνωση του αέρα γύρω από το ηλεκτρικό τόξο.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Την πλήρη επίβλεψη και ευθύνη στον τομέα της ενέργειας κατέχει η δημόσια επιχείρηση (ΔΕΗ). Με την απελευθέρωση στον ενεργειακό χώρο, φτάσαμε τελικά στη δημιουργία του ΔΕΔΔΗΕ, ώστε να διευκολυνθεί ο ανταγωνισμός ανάμεσα στη ΔΕΗ και τις νεοσύστατες επιχειρήσεις. Μέχρι τη στιγμή της απελευθέρωσης, τον πλήρη έλεγχο στα δίκτυα διανομής είχε η ΔΕΗ. Δημιουργήθηκε, έτσι, μια ανεξάρτητη αρχή με την πλήρη ευθύνη της κατασκευής και συντήρησης, τα οποία μέχρι τότε ανήκαν στη δημόσια επιχείρηση. Ταυτόχρονα, παραχωρήθηκαν σε αυτή όλα τα πάγια κεφάλαια της ΔΕΗ, τα οποία σχετίζονταν με αυτά τα δίκτυα και ασφαλώς τα δίκτυα, αυτά καθαυτά.

Εύκολα καταλαβαίνουμε πως παραχωρώντας τα δίκτυα αυτά η ΔΕΗ, δεσμεύει τον ΔΕΔΔΗΕ να ακολουθήσει τους κανόνες που έχει θεσπίσει για την προστασία, κατασκευή και συντήρησή τους. Έτσι, ότι αναφέρεται σαν πρότυπο, σαν τυποποίηση, ή δέσμευση στο χώρο της κατασκευής και συντήρησης δικτύων διανομής είναι νόμος της ΔΕΗ. Η επιτήρηση αυτή και η μηδενική απόκλιση από τα πρότυπα είναι απόλυτη. Η μελέτη γίνεται μόνο από τον ΔΕΔΔΗΕ, σύμφωνα με τα πρότυπα της ΔΕΗ. Έπειτα, αυτή η μελέτη παραδίδεται στον αρμόδιο ανάδοχο έργου. Καθ' όλη την διάρκεια των έργων κατασκευής ή συντήρησης, ο διαχειριστής δικτύου, οφείλει να έχει την πλήρη επίβλεψη. Τα υλικά και οι ίδιες οι κατασκευές είναι τυποποιημένες και αναγράφονται σε δύο τόμους με χειρόγραφα σχέδια και προδιαγραφές.

Το ότι αναφερόμαστε σε ένα κύριο αγαθό, όπως αυτό της ηλεκτρικής ενέργειας, πρέπει να μας κάνει αρκετά προσεκτικούς στο θέμα της αξιοπιστίας και ασφάλειας των δικτύων. Η δουλειά του μελετητή είναι εξαιρετικά σοβαρή και δύσκολη. Πρέπει να τηρηθούν όλα τα όρια ασφαλείας, είτε πρόκειται για κατοικημένες περιοχές, είτε για απλές γεωργικές εκτάσεις. Πρέπει να εξασφαλίσει την αξιόπιστη λειτουργία του δικτύου διανομής, προβλέποντας πιθανές πτώσεις τάσης, υπερφορτώσεις δικτύου, ακραίες καιρικές συνθήκες κτλ.. Για όλα αυτά, έχουν καταγραφεί όλες οι παραπάνω

πολύ συγκεκριμένες τυποποιήσεις. Η δυσκολία της δουλειάς αυτής, εκτός από την γνώση και εξοικείωση η οποία χρειάζεται γύρω από το συγκεκριμένο τομέα, είναι πως όλα τα παραπάνω πρέπει να σχεδιαστούν σε συνάρτηση με το κόστος του κάθε

έργου. Υπάρχουν, όμως και προβλήματα όχι τόσο εύκολα προβλέψιμα. Π.χ. ο μελετητής δεν μπορεί να προβλέψει σε μία μελέτη της πιθανή καταστροφή μιας κατασκευής από έναν κεραυνό. Αυτό που πρέπει να γίνει στη συγκεκριμένη περίπτωση, είναι να κινηθούν όσο συντομότερα γίνονται οι διαδικασίες για την ανακατασκευή του δικτύου. Κάθε λεπτό θα είναι κρίσιμο, καθώς κάποια σπίτια θα μένουν χωρίς ρεύμα

Βέβαια, υπάρχουν πολλά περιθώρια βελτίωσης των ήδη υπαρχόντων υλικών και τεχνικών. Σίγουρα, μπορούν, και γίνονται μελέτες για την ανεύρεση νέων υλικών.

Καταλληλότερων, ελαφρύτερων και σίγουρα φθηνότερων. Νέες τεχνικές κατασκευής ανακαλύπτονται. Τα υπόγεια δίκτυα φαντάζουν ικανά να λύσουν αρκετά προβλήματα στο χώρο. Και όλα αυτά με στόχο την ποιοτικότερη διανομή του ηλεκτρικού ρεύματος και της μείωσης του κόστους επιβάρυνσης στον καταναλωτή.

Πάντως, πρέπει καταλήγοντας να επισημάνουμε το τεράστιο έργο που επιτελείται σε αυτό το χώρο. Συνεχείς εργασίες συντήρησης και κατασκευής νέων δικτύων, τήρηση αυστηρών κανόνων ασφαλείας, εντατικοί έλεγχοι και ικανοποιητική βαθμίδα αξιοπιστίας του δικτύου, με ελάχιστες, πλέον, πτώσεις τάσεις, ειδικότερα στα μεγάλα αστικά κέντρα.

Επειδή πάντα, όμως, υπάρχουν περιθώρια βελτίωσης, δεν πρέπει κανείς να επαναπαύεται. Αυτή είναι η φύση της επιστήμης και η αντικειμενική δουλειά ενός μηχανικού σε όποιον τομέα κι αν εργάζεται.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] <http://www.admie.gr/to-systima-metaforas/dedomena-stoicheia-systimatos/perigrafi-systimatos-metaforas/>
- [2] Οδηγία Διανομής ΔΕΗ Νο 32 - Κριτήρια για την εξέταση επάρκειας των δικτύων διανομής.
- [3] Παραγωγή - Μεταφορά και Διανομή Ηλεκτρικής Ενέργειας - Μανώλη Κάλφα.
- [4] Κ.Λαμπρόπουλος ΔΕΗ 2002, μελέτη ηλεκτρικών δικτύων διανομής
- [5] Κυραναστάσης Γ., 'Σημειώσεις Βιομηχανικών Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας' ΤΕΙ Καβάλας, Καβάλα 2001
- [6] Electrotechnik, Online magazine on Electrical Engineering, Διαδικτυακός τόπος
- [7] Guanlite, Online Electrical Website, Διαδικτυακός τόπος
- [8] ZMScable, ZMS power cable manufacturer, Διαδικτυακός τόπος
- [9] Προδιαγραφή Δ.Ε.Η. GR-49/101181, 'ΕΜΠΕΠΟΤΙΣΜΕΝΟΙ ΞΥΛΙΝΟΙ ΣΤΥΛΟΙ ΚΑΙ ΥΛΟΔΟΚΟΙ ΑΓΚΥΡΩΣΕΩΣ'
- [10] Ζήση Π. Βασιλείου, 'Σφάλματα στο δίκτυο Μέσης Τάσης Νήσου Κρήτης', Διπλωματική Εργασία, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα Φεβρουάριος 2012
- [11] Χρήστος Αθ. Χριστοδούλου, 'Ηλεκτρικές δοκιμές σε καλώδια μέσης τάσης – Διαδικασίες επαλήθευσης και υπολογισμού αβεβαιότητας', ΕΜΠ, Αθήνα 2008
- [12] George J. Anders 'Rating of Electric Power Cables, Ampacity Computations for Transmission, Distribution, and Industrial Applications', IEEE Press, McGraw-Hill, 1997
- [13] G.F.Moore, 'Electric Cables Handbook', 3rd Edition, Blackwell Science, 2006
- [14] George J. Anders 'Rating of Electric Power Cables, Ampacity Computations for Transmission, Distribution, and Industrial Applications', IEEE Press, McGraw-Hill, 1997
- [15] Ρυθμιστική αρχή Ενέργειας, 'Εκθεση απολογισμού δαπανών για το Δίκτυο Διανομής την περίοδο 2004-2009', www.rae.gr, 2011

- [16] Πέτρος Ντοκόπουλος, «Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις καταναλωτών Μέσης και Χαμηλής τάσης», Εκδόσεις ΖΗΤΗ, Θεσσαλονίκη
- [17] Βασίλειος Κ. Παπαδιάς, «Γραμμές Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας», Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα 1999
- [18] George J. Anders, «Rating of Electric Power Cables», IEEE Press Power Engineering Series
- [19] Πέτρος Ντοκόπουλος, «Εισαγωγή στα ΣΗΕ», Εκδόσεις Παρατηρητής, Θεσσαλονίκη 1986
- [20] “ IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding”, ANSI/IEEE Std 80 – 2000 (Revision of IEEE Std 80 – 1986), 2000.
- [21] Καρακίτσιος Ιωάννης, Επίδραση βελτιωτικών υλικών εδάφους στη χρονική μεταβολή της αντίστασης γείωσης κατακόρυφων ηλεκτροδίων, Διπλωματική εργασία, Ε.Μ.Π., Αθήνα 2011.
- [22] FULGOR Σελ.185/ΕΚΔΟΣΗ 1988 ή Σελ. 75/ΕΚΔΟΣΗ 2/1994
- [23] Ντοκόπουλος Π., 2005: Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις καταναλωτών.
- [24] Yang, S. Dennetière, 2008, “Modeling of the behavior of power electronic equipment to grid ripple control signal”, Electric Power Systems Research, Volume 79, Issue 3, March 2009

