

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: Μελέτη τριφασικής εγκατάστασης
μονοκατοικίας**

Εκπονήθηκε από Βαμβούνη Αντώνιο με Α.Μ 3091

Επιβλέπων Καθηγητής : Δρ. Κουριδάκης Στυλιανός

Χανιά Δεκέμβριος 2015

Περίληψη

Η πτυχιακή μας οδηγεί βήμα προς βήμα από τη θεωρία στη πράξη μίας τριφασικής εγκατάστασης σε μονοκατοικία .Περιγράφονται τα πρότυπα και ο προσδιορισμός των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων. Γίνεται αναφορά στην ποιότητα προσφερόμενης ηλεκτρικής ισχύος και στην ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα του εξοπλισμού .Αναφέρονται αναλυτικά τα χαρακτηριστικά των αγωγών και ο τρόπος εγκατάστασης των καλωδίων καθώς και οι ιδιότητες των μονωτικών υλικών. Περιγράφονται τα όργανα προστασίας μίας ηλεκτρικής εγκατάστασης καθώς και τα διάφορα είδη γείωσης. Τέλος περιγράφει αναλυτικά την διεκπεραίωση της μελέτης βασισμένη στους τύπους και στους πίνακες που ορίζουν τα πρότυπα και παρουσιάζει το μονογραμμικό σχέδιο της εγκατάστασης σε autocad.

Abstract

Thesis leads us step by step from theory to practice on a three-phase installation in house .Describes the standards and identifications on electrical installations. Reference is made to the quality of the offered electrical power and the electromagnetic compatibility of equipment . Contains the characteristics of the conductors and the mounting method of the cables and the properties of insulating materials. Describe the organs of protection of an electrical installation and the various types of ground installations . Finally detailing the completion of the study based on the types and tables defined by the standards and presents the monorail project deployment in autocad

Ευχαριστίες

Περιεχόμενα

1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	11
1.1	ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ	11
2	ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ, ΠΡΟΤΥΠΑ	13
2.1	Πρότυπα ηλεκτρικών εγκαταστάσεων	15
2.1.1	Πρότυπο ηλεκτρικών εγκαταστάσεων για κτίρια	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	19
3	ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΕΛΟΤ HD 384 ΜΕ ΤΟ ΠΑΛΙΟ ΚΕΝΕ	19
3.1	Πιστοποίηση, Μετρήσεις ή Έλεγχος Εξοπλισμού	19
3.2	Χαρακτηρισμός Εγκαταστάσεων	21
3.3	Προσδιορισμός της Εγκατάστασης	21
3.4	Προσδιορισμός της Εγκατάστασης	25
3.5	Ποιότητα προσφερόμενης ηλεκτρικής ισχύος (Πρότυπο EN50160)	26
3.6	Ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα εξοπλισμού	28
3.7	Αγωγοί καλωδίων	32
3.8	Μονωτικά καλωδίων	33
3.8.1	Ιδιότητες μονωτικών	34
3.8.2	Εγκατάσταση καλωδίων	35
3.8.3	Εναρμονισμένα Καλώδια (χαμηλής τάσης)	44
4	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΛΩΔΙΩΝ ΚΑΙ Η ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΟΥΣ	47
4.1	Προσδιορισμός Γραμμής από την Επιτρεπόμενη Πτώση Τάσης	52
4.1.1	Υπολογισμός πτώσης τάσης σε απλή γραμμή με ένα φορτίο και μία τροφοδότηση	53
4.1.2	Όργανα προστασίας σε υπέρ-ρεύματα, υπερφόρτιση και βραχυκυκλώματα στη χαμηλή τάση	54
4.1.2.1	Ασφάλειες τήξης	54
4.1.2.2	Αυτόματοι Διακόπτες προστασίας σε Υπερρεύματα	55
4.1.2.3	Αυτόματοι προστασίας γραμμών εγκαταστάσεων, μικροαυτόματοι	55
4.1.2.4	Διακόπτες ισχύος χαμηλής τάσης, αυτόματοι.....	57
4.1.2.5	Διακόπτες διαφορικού ρεύματος (δδρ).....	58

4.1.2.6 Επιλεκτική συνεργασία των μέσων προστασίας60

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 562

5 ΓΕΙΩΣΕΙΣ ΣΕ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΧΑΜΗΛΗΣ ΚΑΙ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ....62

5.1	Ραβδοειδής γειωτής κυκλικής διατομής	62
5.2	Ραβδοειδής γειωτής διατομής σταυρού	63
5.3	Γειωτής πλάκας	63
5.4	Γειωτής ταινίας	63
5.5	Γειωτής τύπου "Ε"	64
5.6	Συστήματα Γείωσης	64
5.6.1	Πολυγωνική διάταξη.....	64
5.6.2	Γείωση με πλάκες.....	64
5.6.3	Περιμετρική γείωση.....	65
5.6.4	Θεμελιακή γείωση.....	65

6 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΧΑΜΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ68

6.1	Κυκλώματα	71
6.2	Γραμμές, πορεία γραμμών, θέση διακοπών, ρευματοδοτών	72
6.3	Διαδικασία και τεχνικά στοιχεία	73

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 774

**7 ΜΕΛΕΤΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΩΝ- ΤΕΥΧΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ
74**

7.1	Παραδοχές & κανόνες υπολογισμών	74
7.2	Παρουσίαση αποτελεσμάτων	76
7.3	Τεχνική περιγραφή ηλεκτρολογικής εγκατάστασης	85
7.3.1	Γενικά.....	85
7.3.2	Τροφοδοσία Δ.Ε.Η. - Μετρητές.....	85
7.3.3	Καλωδιώσεις-Σωληνώσεις.....	85
7.3.4	Πίνακες διανομής.....	86
7.3.5	Προσωρινή παροχή.....	86
7.3.6	Παρατηρήσεις.....	87
7.3.7	Γειώσεις.....	87

7.3.7.1	Θεμελιακή Γείωση	87
7.3.7.2	Κύριες και Συμπληρωματικές Ισοδυναμικές Συνδέσεις (ΚΙΣ, ΣΙΣ)	88
7.3.7.3	Πρόσθετα στοιχεία προστασίας.....	90
7.3.8	Δοκιμές εγκατάστασης.....	90
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....		92

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 3.1. Δίκτυο ουδετερογειωμένο 4 αγωγών L1, L2, L3, N τύπου TN-S με χωριστό αγωγό γείωσης και ουδέτερο, δίκτυο ουδετερογειωμένο με αγωγό προστασίας PE.	22
Σχήμα 3.2. Δίκτυο TN-S τριών αγωγών L1, L2, L3 τύπου TN-S με αγωγό φάσης που παίζει το ρόλο του ουδέτερου (διφασικό σύστημα), δίκτυο ουδετερογειωμένο με αγωγό προστασίας PE. 23	
Σχήμα 3.3. Δίκτυο συνδυασμένου αγωγού που παίζει το ρόλο του ουδέτερου και του αγωγού προστασίας, τύπου TN-C, δίκτυο ουδετερογειωμένο με συνδυασμό αγωγό προστασίας.....	23
Σχήμα 3.4. Δίκτυο εν μέρει συνδυασμού αγωγού, εν μέρει ξεχωριστού αγωγού προστασίας τύπου TNC-S.	23
Σχήμα 3.5. Δίκτυο 4 αγωγών τύπου L1, L2, L3, N, τύπου TT (άμεση γείωση).....	24
Σχήμα 3.6. Δίκτυο 3 αγωγών L1, L2, L3, τύπου TT (άμεση γείωση).	24
Σχήμα 3.7. Δίκτυο μονωμένου ουδέτερου τύπου IT, με ουδέτερο.	24
Σχήμα 3.8. Δίκτυο μονωμένου ουδέτερου τύπου IT, χωρίς ουδέτερο.....	25
Σχήμα 3.9. Επιτρεπόμενες αρμονικές τάσης σε ένα δίκτυο X.T. κατά EN 50160.	28
Σχήμα 3.10. Ημιτονοειδής τάση και μη ημιτονοειδές ρεύμα σε λαμπτήρα 40W χαμηλής κατανάλωσης, μετρηθέντα στο Εργαστήριο Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας Α.Π.Θ. το 1999.	28
Σχήμα 3.11. Ανάλυση του ρεύματος του καμπτήρα χαμηλής κατανάλωσης σε αρμονικές.	29
Σχήμα 3.12. Τρόποι εγκατάστασης καλωδίων.....	35
Σχήμα 3.13. Καλώδια ενταφιασμένα στο χώμα.....	36
Σχήμα 4.1. Επιγραφή σε μικροαυτόματους προστασίας γραμμών κατά VDE0641.....	56
Σχήμα 4.2. Διακόπτης Διαφορικού Ρεύματος (ΔΔΡ).....	60
Σχήμα 6.1. Ζώνες εγκατάστασης, α) για δωμάτια κατοικιών (όχι κουζίνες) και β) για κουζίνες, κατά DIN 18015.....	72

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 3.1: Σήματα ποιότητας σε συσκευές [1].	20
Πίνακας 3.2: Όρια έγχυσης αρμονικών ρεύματος συσκευών χαμηλής τάσης, $I < 16A$ ανά φάση, κατά EN 61003-2.	31
Πίνακας 3.3: Αγωγοί και καλώδια μόνιμων εσωτερικών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων χαμηλής τάσης από πολυβινυλοχλωρίδιο, PVC, ΕΛΟΤ 563, IEC 227, HD21, VDE 250.	37
Πίνακας 3.4: Εύκαμπτα καλώδια για συνδέσεις μετακινούμενων ή κινητών συσκευών (ψυγεία, ηλεκτρικές συσκευές).	38
Πίνακας 3.5: Καλώδια εσωτερικών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων για υψηλές θερμοκρασίες, από λάστιχο οξικού βινυλαιθυλενίου EVA (4G) ή λάστιχο σιλικόνης (2G).	40
Πίνακας 3.6: Εύκαμπτα καλώδια για ανυψωτικά μηχανήματα, ανελκυστήρες, εύκαμπτες συνδέσεις ισχύος. Κατασκευή από αιθυλαινιούχο προπυλαινιούχο ελαστικό (EPR).	41
Πίνακας 3.7: Καλώδια ισχύος βαρεως τύπου XT και MT για μόνιμες συνδέσεις. Όλα τα καλώδια μπορούν να ενταφιαστούν και αντέχουν σε συνθήκες εξωτερικού χώρου, όχι όμως γενικά στις μηχανικές καταπονήσεις, εκτός αν υπάρχει μηχανική ενίσχυση, IEC 502, ΕΛΟΤ 843, VDE 0271.	42
Πίνακας 3.8: Καλώδια Μέσης Τάσης.	43
Πίνακας 3.9: Ελάχιστη επιτρεπόμενη διάμετρος σωλήνων για πολλούς μονόκλωνους αγωγούς H05V ή H07V (NYA) των εσωτερικών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων.	44
Πίνακας 3.10: Κώδικας ονομασίας καλωδίων και μονωμένων αγωγών ελαφριού τύπου κατά VDE 0250.	45
Πίνακας 4.1: Ελάχιστες διατομές αγωγών.	48
Πίνακας 4.2: Όριο φόρτισης καλωδίων και μονωμένων αγωγών χαμηλής τάσης από χαλκό και PVC για 30°C και μονοφασικά ή τριφασικά συστήματα μέσα ή πάνω σε τοίχους.	49
Πίνακας 4.3: Όριο φόρτισης καλωδίων και αγωγών χαμηλής τάσης από χαλκό και PVC για 30°C και μονοφασικά ή τριφασικά συστήματα μέσα ή επάνω σε τοίχους.	50
Πίνακας 4.4: Συντελεστές διόρθωσης f_{θ} για θερμοκρασία περιβάλλοντος διαφορετική των 30°C.	51
Πίνακας 4.5: Συντελεστές διόρθωσης f_n για την ομαδοποίηση περισσότερων από ένα κυκλωμάτων ή περισσότερων από ένα πολυπολικών καλωδίων σε επαφή ή σε μικρή απόσταση μεταξύ τους.	51
Πίνακας 4.6: Συντελεστές διόρθωσης f_n για την ομαδοποίηση περισσότερων από ενός πολυπολικών καλωδίων.	52
Πίνακας 4.7: Χαρακτηριστικά μικροαυτόματων προστασίας γραμμών κατά VDE 0641.	56

Πίνακας 6.1. Τυποποιημένες παροχές χαμηλής τάσης της ΔΕΗ [7,4].	69
Πίνακας 7.1. Στοιχεία Δικτύου.	78
Πίνακας 7.2. Δίκτυο Ηλεκτρικής Εγκατάστασης.	78
Πίνακας 7.3. Υπολογισμοί Ηλεκτρικής Εγκατάστασης.	81
Πίνακας 7.4. Ανάλυση Φορτίου Πίνακα.....	83
Πίνακας 7.5. Μεγέθη σωλήνων και καλωδίων που χρησιμοποιήθηκαν.	86
Πίνακας 7.6. Στοιχεία κυκλώματος με βάση την ονομαστική τάση.	90

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην παρούσα πτυχιακή θα ασχοληθούμε με την ηλεκτρολογική εγκατάσταση χαμηλής τάσης μιας μονοκατοικίας σύμφωνα με τα πρότυπα ΕΛΟΤ HD 384 τα οποία ισχύουν. Το προς μελέτη κτίσμα, εμβαδού 86.70 m² αποτελείται από δύο υπνοδωμάτια, έναν ενιαίο χώρο κουζίνας - τραπεζαρίας - καθιστικού, ένα κυρίως μπάνιο και ένα wc. Αποτελεί ένα τυπικό σπίτι με τυπικές καταναλώσεις ως προς τις απαιτήσεις των χρηστών. Η μελέτη θα περιλαμβάνει αρκετά στοιχεία ώστε:

- i. να μπορεί εύκολα ο εγκαταστάτης να πάρει την πληροφορία που χρειάζεται για την υλοποίησή της
- ii. ο καταναλωτής να μπορεί να δει τι έχει προβλεφθεί για την εγκατάσταση και τι θα του κοστίζει

Η ηλεκτρολογική μελέτη αποτελεί αναπόσπαστο στοιχείο μιας νέας ή και υφιστάμενης οικοδομής. Σύμφωνα με τον ΝΟΚ (Νέος Οικοδομικός Κανονισμός 2012) είναι υποχρεωτική η σύνταξη ηλεκτρολογικής μελέτης ισχυρών και ασθενών ρευμάτων σε όλες τις νέες οικοδομικές άδειες κτιρίων άνω των 50m², όπου και έχει ισχύ ο ΚΕΝΑΚ (Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων). Με βάση την μελέτη γίνεται η κατασκευή, η επίβλεψη και τελικά ολοκληρώνεται το έργο με την επιτυχή παραλαβή του, η οποία και θα περιλαμβάνει:

- i. Τεχνική περιγραφή της εγκατάστασης στηριγμένη στους κανονισμούς ή πρότυπα και όπου αυτό απαιτείται σε υπολογισμούς.
- ii. Σχέδια των διαφόρων κυκλωμάτων και συσκευών (ηλεκτρολογικά και μηχανολογικά) με την χωροθέτησή τους.
- iii. Καταλόγους των υλικών και προδιαγραφές τους.
- iv. Πρότυπα προδιαγραφής (ΕΛΟΤ, ΕΝ κλπ) που εφαρμόζονται για τον εξοπλισμό, τα υλικά και την εγκατάσταση.
- v. Κόστος κατασκευής

1.1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ

Ο σχεδιασμός της εγκατάστασης θα ακολουθήσει κάποιες αρχές σχεδιασμού και λειτουργίας με βάση κριτήρια και απαιτήσεις όπως:

- Ασφάλεια ατόμων
- Ασφάλεια συσκευών
- Καλή λειτουργικότητα
- Αξιοπιστία
- Συντήρηση
- Εύκολη επεκτασιμότητα
- Ικανοποιητική εφεδρεία, ανοχή σε σφάλματα (Fault Tolerance)
- Οικονομική λειτουργία

Ταυτόχρονα θα πρέπει να υιοθετήσουμε και ορισμένες παραδοχές όπως τις συνθήκες περιβάλλοντος και λειτουργίας, την θερμοκρασία των χώρων της εγκατάστασης, την υγρασία των καλωδιώσεων και συσκευών, την έκθεση σε ηλιακή ακτινοβολία αυτών, τις διάφορες πιθανές μηχανικές καταπονήσεις που μπορεί να εμφανιστούν, κα.

Οι εγκαταστάσεις διακρίνονται και σχεδιάζονται ανάλογα με τις απαιτήσεις των χώρων του σπιτιού αλλά και των χρηστών. Υπάρχουν ξηροί χώροι, υγροί χώροι, βρεγμένοι χώροι κλπ. Προτεραιότητα για έναν μελετητή, είναι να προσδιορίσει τι απαιτείται για την καλή λειτουργία της εγκατάστασης και σε ποιο περιβάλλον λειτουργεί αυτή.

Η εφαρμογή μέτρων προστασίας στις συνθήκες περιβάλλοντος επιβαρύνει το κόστος, συνεπώς πρέπει ο μελετητής να προσδιορίσει επακριβώς χωρίς υπερβολές την ταυτότητα και τα χαρακτηριστικά της εγκατάστασης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2 ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ, ΠΡΟΤΥΠΑ

Τα ηλεκτρολογικά υλικά, οι συσκευές καθώς και ο τρόπος εγκατάστασής τους προσδιορίζονται από διάφορα πρότυπα. Υπάρχουν πάρα πολλά 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 IEC 364-4-41 ή το αντίστοιχο ελληνικό ΕΛΟΤ HD 384. Τα πρότυπα είναι κείμενα κοινής αποδοχής εγκεκριμένα από διάφορους φορείς τυποποίησης π.χ. IEC, ΕΛΟΤ κλπ. Ένα πρότυπο μπορεί να περιέχει και οδηγίες, τεχνικούς κανόνες ή χαρακτηριστικά λειτουργίας που απαιτούνται για να επιτευχθούν βέλτιστα αποτελέσματα.

Ορισμένα πρότυπα μπορεί να είναι υποχρεωτικά όπως π.χ. τα πρότυπα ηλεκτρικών εγκαταστάσεων κτιρίων, επειδή αυτά αφορούν στην ασφάλεια ατόμων και περιουσιακών στοιχείων.

Στην περίπτωση ηλεκτρικών εγκαταστάσεων, εγκυμονούν εκτός των άλλων οι εξής δύο σημαντικοί κίνδυνοι:

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

Γι' αυτούς τους λόγους, πέραν των προτύπων, εθνικοί φορείς εκδίδουν κανονισμούς οι οποίοι έχουν το περίβλημα της θεσμοθέτησης, δηλαδή είναι Νόμοι ή Υπουργικές Αποφάσεις. Από τον Φεβρουάριο του 2004 ισχύει για τις εγκαταστάσεις υποχρεωτικά στην ελληνική επικράτεια το πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384 «Απαιτήσεις για ηλεκτρικές εγκαταστάσεις».

Οι φορείς της Ηλεκτροτεχνικής Τυποποίησης, ηλεκτρικών εγκαταστάσεων και εξοπλισμών, που μας ενδιαφέρουν άμεσα στην μελέτη είναι:

- IEC: International Electrotechnical Commission
- CENELEC: Commite Europeen de Normalisation Electrotechnique
- ΕΛΟΤ: Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης

Εθνικοί φορείς τυποποίησης ηλεκτρικών εγκαταστάσεων υπάρχουν σε όλα τα κράτη της Ε.Ε. μερικοί από τους οποίους είναι:

- VDE: Verband Deutscher Electrotechniker

Εκδίδει τα πρότυπα VDE 100 Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις
Χαμηλής Τάσης

- BSI: British Standards Institution

Εκδίδει το BS 7671, Απαιτήσεις για ηλεκτρικές εγκαταστάσεις,
ίδιο με το πρότυπο IEE Wiring Regulations

- UTE: Union Technique de l' Electricite

Εκδίδει τα πρότυπα C-15-100

- ANSI: American National Standard Institution

Εκδίδει το πρότυπο National Electrical Safety Code (ANSI C2)

Η ταυτότητα και ο ρόλος των παραπάνω φορέων IEC, CENELEC, ΕΛΟΤ στην τυποποίηση ηλεκτρικών εγκαταστάσεων είναι συνοπτικά ο εξής:

∇ Η IEC ιδρύθηκε το 1904, έχει διεθνή χαρακτήρα και εκδίδει πρότυπα διεθνούς αποδοχής. Η εφαρμογή των IEC προτύπων στα κράτη μέλη είναι εθελοντική σύμφωνα με το καταστατικό της IEC, στην ουσία όμως υιοθετούνται στην πλειονότητά τους από τα κράτη μέλη. Η IEC έχει σήμερα 104 τεχνικές επιτροπές Technical Committees (TC) και 2 κοινές TC, μία με τον διεθνή οργανισμό τυποποίησης ISO και μία με τον οργανισμό για ραδιοπαρεμβολές CISPR. Από αυτές τις επιτροπές η TC 64 ασχολείται με το αντικείμενο των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων για κτίρια, Electrical Installations for Buildings, που στην ουσία είναι οι Εγκαταστάσεις Χαμηλής Τάσης για κτίρια. Η IEC εκδίδει πρότυπα ονομαζόμενα δημοσιεύσεις. Οι δημοσιεύσεις (Publications) εκδίδονται από τις Τεχνικές Επιτροπές, π.χ. οι δημοσιεύσεις των εγκαταστάσεων κτιρίων εκδίδονται από την Τεχνική Επιτροπή 64, TC64. Η έκδοση και η τελική έγκριση ενός προτύπου υπόκεινται σε διαδικασίες που διαρκούν συνήθως πολλά έτη π.χ. 3-5 έτη.

∇ Η CENELLEC ιδρύθηκε την 1/1/1973 και εκδίδει πρότυπα που έχουν δύο μορφές:

- Τα ευρωπαϊκά πρότυπα, EUROPEAN NORMS (EN)
- ή τα έγγραφα εναρμόνισης HARMONIZATION DOCUMENTS (HD)

Ένα μεγάλο μέρος (80% περίπου) των προτύπων της CENELLEC, παίρνει τα πρότυπα της IEC σαν βάση και τα εναρμονίζει μεταξύ των κρατών της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Αποτέλεσμα της εναρμόνισης είναι τα έγγραφα εναρμόνισης Harmonization

Documents HD. Ένα έγγραφο εναρμόνισης αποτελείται από το κείμενο της IEC, που είναι και ο βασικός κορμός και ενδεχόμενα προσθήσεις ή αφαιρέσεις κειμένων που αφορούν διάφορα κράτη της Ένωσης. Υπάρχουν συχνά κοινές αλλαγές για όλα τα ευρωπαϊκά κράτη. Συχνά όμως υπάρχουν και αλλαγές που ισχύουν για ένα συγκεκριμένο κράτος. Η εναρμόνιση γίνεται αφού γίνουν εθνικές προτάσεις και αφού γίνει ψηφοφορία, όπου τουλάχιστον 71% των “ειδικά σταθμισμένων ψήφων” πρέπει να είναι υπέρ της εναρμόνισης (η ψήφος έχει διαφορετικό βάρος για κάθε μέλος). Σε περιπτώσεις όπου η CENELLEC δεν έχει IEC πρότυπο να στηριχθεί, εκδίδει και ευρωπαϊκά πρότυπα European Norms, EN, όπως το πρότυπο για εγκαταστάσεις υψηλών τάσεων EN 60 179, το οποίο και βρίσκεται υπό επεξεργασία.

- ∇ Ο ΕΛΟΤ ή οι άλλοι εθνικοί φορείς συμμετέχουν ουσιαστικά και δια ψήφου στην εναρμόνιση ή τα Ευρωπαϊκά πρότυπα και επιπλέον αναλαμβάνουν την μετάφραση, «την τεχνικά ισοδύναμη απόδοση» στη γλώσσα της χώρας τους.

2.1 Πρότυπα ηλεκτρικών εγκαταστάσεων

Οι ηλεκτρικές εγκαταστάσεις μπορεί να διακριθούν σε διάφορες ομάδες όσον αφορά την τυποποίησή τους κατά IEC ή CENELLEC. Η κάθε ομάδα έχει ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, όπως αυτά αναφέρονται παρακάτω και διάφορες περιοχές εφαρμογών:

- **Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις Κτιρίων**

Πρότυπα:	IEC 60364...	HD 384...
Τεχνική Επιτροπή:	IEC TC64	ΕΛΟΤ TE82

Τα πρότυπα αυτά εφαρμόζονται σε εγκαταστάσεις χαμηλής τάσης για κτίρια και παρόμοιες εφαρμογές, για ονομαστικές τιμές εναλλασσόμενης τάσης μικρότερης των 1000V (ενεργός τιμή) ή συνεχούς τάσης μικρότερης των 1400 V. Τα πρότυπα αυτά αποτελούν τη βάση για τον Κανονισμό Εγκαταστάσεων Κτιρίων που έχει εκδοθεί σαν αντικατάσταση του παλαιού ΚΕΗΕ.

- **Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις για τάσεις άνω του 1 κV**

Πρότυπα:	IEC 61936 (σχέδιο)	pr EN 50179 (σχέδιο)
Τεχνική Επιτροπή:	IEC-TC49	ΕΛΟΤ TE82

Εδώ υπάρχει ένα σχέδιο προτύπου IEC και ένα σχέδιο ευρωπαϊκού προτύπου, στην ουσία είναι κείμενο ισοδύναμο σε πολλά του σημεία με το γερμανικό πρότυπο VDE EN 101. Η περιοχή εφαρμογής τους είναι εγκαταστάσεις υψηλής τάσης (πάνω από 1 kV εναλλασσόμενη τάση και πάνω από 1,4 kV συνεχούς τάσης). Στην περιοχή εφαρμογής αυτών των προτύπων ανήκουν π.χ. και οι υποσταθμοί μέσης και υψηλής τάσης.

- **Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις Εξωτερικών Χώρων με σοβαρή επιβάρυνση από το περιβάλλον**

Πρότυπα: IEC 60621...

Τεχνική Επιτροπή: TC71

Τα πρότυπα αφορούν εγκαταστάσεις υπαίθριων χώρων π.χ. εξόρυξη πετρωμάτων, ανοιχτά ορυχεία, σπαστήρες πέτρας κλπ.

- **Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις και Υλικά για Εκρηκτικά Περιβάλλοντα**

Πρότυπα: IEC 60079...

Επιτροπή: IEC-TC 31

Τα πρότυπα αφορούν εκρηκτικά περιβάλλοντα π.χ. εγκαταστάσεις σε καύσιμα (βενζίνη, πετρέλαιο), εγκαταστάσεις σε χημικές βιομηχανίες με εκρηκτική ατμόσφαιρα κλπ. Δεν αφορούν εγκαταστάσεις σε υπόγειες στοές ορυχείων. Εκεί τα πρότυπα εκδίδονται συνήθως από τα κράτη ή τους φορείς ορυχείων.

- **Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις Πλοίων**

Πρότυπα: IEC 60092...

Τεχνική Επιτροπή: IEC-TC 18

Τα πρότυπα περιγράφουν υλικά και εγκαταστάσεις πλοίων. Εδώ περιλαμβάνονται εγκαταστάσεις χαμηλής και μέσης τάσης μέχρι 11 kV, που ευρίσκονται σε πλοία. Τα πρότυπα περιγράφουν και τα καλώδια για εγκαταστάσεις πλοίων. Βεβαίως οι ασφαλιστικές εταιρείες (Lloyd) επιβάλλουν αυτά τα πρότυπα ή ακόμα και αυστηρότερα.

- **Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις Αεροδρομίων**

Πρότυπα: IEC 61820...

Τεχνική Επιτροπή: IEC-TC 97

Τα πρότυπα προσδιορίζουν τις εγκαταστάσεις φωτισμού και σηματοδότησης των αεροδρομίων.

- **Κανάλια και σχάρες για Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις Καλωδίων**

Πρότυπα: IEC 60614... IEC 61055...

2.1.1 Πρότυπο ηλεκτρικών εγκαταστάσεων για κτίρια

Όπως προαναφέρθηκε, το πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384 «Απαιτήσεις για ηλεκτρικές εγκαταστάσεις», αντιστοιχεί στο αντικείμενο των μέχρι τον Φεβρουάριο του 2004 υφισταμένων ΚΕΗΕ. Αυτά είναι τα πρότυπα της σειράς IEC 60364... με τις αλλαγές που αναφέρονται στα αντίστοιχα έγγραφα εναρμόνισης HD 384... . Υπάρχουν δηλαδή πρότυπα όπου οι αλλαγές είναι από ανύπαρκτες έως και σημαντικές σε σχέση με τα IEC.

Η περιοχή εφαρμογής τους είναι οι μόνιμες εγκαταστάσεις κτιρίων για εναλλασσόμενες τάσεις κάτω των 1000V ή συνεχείς τάσεις 1400V και δεν περιλαμβάνουν εγκαταστάσεις αντικεραυνικής προστασίας, εγκαταστάσεις κίνησης και εγκαταστάσεις που περιλαμβάνουν άλλες σειρές προτύπων.

Η συντακτική δομή των προτύπων ΗΕΚ περιλαμβάνει επτά μέρη, κάθε μέρος δε έχει πολλά τμήματα. Τα επτά μέρη έχουν ως εξής:

- Μέρος 1: Σκοπός, Αντικείμενο, Βασικές Αρχές. Εδώ οριοθετούνται και τα πεδία εφαρμογής.
- Μέρος 2: Ορισμοί.
- Μέρος 3: Εκτίμηση των γενικών χαρακτηριστικών, εξωτερικές συνθήκες, συμβατότητα, συντήρηση, χαρακτηριστικά εγκαταστάσεως, μορφές δικτύων TN, TN-C, TN-C-S, IT Δίκτυα. Τρόποι γείωσης.
- Μέρος 4: Προστασία για ασφάλεια. Προστασία σε ηλεκτροπληξία. Προστασία σε υπερθέρμανση. Προστασία σε υπορρέυματα. Προστασία σε υπόταση. Μόνωση και διακοπτικές ενέργειες. Εφαρμογές μεθόδων προστασίας κατά της ηλεκτροπληξίας. Προστασία σε υπερτάσεις γενικά και ειδικά σε υπερτάσεις που προκαλούνται από εξωτερικούς παράγοντες. Προστασία σε πυρκαγιά.

- Μέρος 5: Επιλογή και εγκατάσταση ηλεκτρολογικού υλικού. Τύποι Εγκαταστάσεων, Επιλογή του διακοπτικού υλικού και του ελέγχου. Επιλογή ηλεκτροπαραγωγών ζευγών χαμηλής τάσης.
- Μέρος 6: Επιθεώρηση και Δοκιμές Εγκαταστάσεων
- Μέρος 7: Απαιτήσεις Ειδικών Εγκαταστάσεων. Λουτρά, κολυμβητήρια, σάουνες, εργοτάξια, αγωγίμοι χώροι, γειώσεις εγκαταστάσεων πληροφορικής, τροχόσπιτα και κατασκηνώσεις, λιμένες πλοιαρίων και πλοιάρια αναψυχής, έπιπλα, εξωτερικός φωτισμός.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΕΛΟΤ HD 384 ΜΕ ΤΟ ΠΑΛΙΟ ΚΕΗΕ

Η σύγκριση του νέου προτύπου με τον παλιό ΚΕΗΕ (Κανονισμό Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων) οδηγεί στο συμπέρασμα ότι εκτός της συντακτικής δομής υπάρχουν ουσιαστικές ποιοτικές και ποσοτικές διαφορές. Μερικές από αυτές είναι οι εξής [1]:

- Το πρότυπο ΗΕΚ προδιαγράφει δίκτυα καταναλωτών αγείωτα ΙΤ. Αυτά παρ' όλο ότι εφαρμόζονταν σε ορισμένες εγκαταστάσεις στην χώρα μας π.χ. στην επιχείρηση «Χημικές Βιομηχανίες Βορείου Ελλάδος», Νοσοκομεία κλπ., δεν περιλαμβάνονταν στον ΚΕΗΕ.
- Ο χειρισμός του ουδέτερου και του αγωγού προστασίας είναι διαφορετικός. Επιτρέπεται π.χ. υπό ορισμένες συνθήκες ο κοινός συνδυασμένος αγωγός, PEN, Αγωγός Γείωσης - Προστασίας - Ουδέτερος.
- Ο τρόπος υπολογισμού των επιτρεπομένων θερμικών φορτίσεων καλωδίων και αγωγών, διαφέρει ριζικά, χωρίς όμως ιδιαίτερα μεγάλες αποκλίσεις.
- Το νέο πρότυπο προσδιορίζει τις εξωτερικές συνθήκες και επιδράσεις με μεγαλύτερη σαφήνεια.
- Οι τρόποι προστασίας από ηλεκτροπληξία που αναφέρονται στο νέο πρότυπο είναι διαφοροποιημένοι ποιοτικά και ποσοτικά από αυτούς στον ΚΕΗΕ. Παράδειγμα, οι επιτρεπόμενοι χρόνοι απόζευξης σε βραχυκύκλωμα είναι διαφορετικοί.
- Ειδικές εγκαταστάσεις, όπως λουτρά, κολυμβητήρια, δεξαμενές, σάουνες, εξωτερικός φωτισμός, εργοτάξια, μαρίνες, προσδιορίζονται διαφορετικά στα δύο πρότυπα.





















3.1 Πιστοποίηση, Μετρήσεις ή Έλεγχος Εξοπλισμού

Ο εξοπλισμός που πρόκειται να διατεθεί στο εμπόριο από ένα απλό καλώδιο μέχρι ένα πολύπλοκο μηχάνημα, πρέπει να διαπιστωθεί αν πληροί τα τεχνικά πρότυπα. Η πιστοποίηση γίνεται από φορείς που διαθέτουν τα κατάλληλα όργανα, υλικοτεχνική υποδομή και επιστημονική αρμοδιότητα. Οι φορείς αυτοί, εργαστήρια συνήθως, διαπιστευόταν παλιά σύμφωνα με τα Ευρωπαϊκά Πρότυπα EN 45011, EN45001. Από το 2000 αυτά αντικαταστάθηκαν από το πρότυπο EN ISO/IEC 17025. Η πιστοποίηση γίνεται από φορείς τυποποίησης ΕΛΟΤ, VDE, TUV, Lloyds και αφορά στην καταλληλότητα της οργάνωσης και των πόρων του εργαστηρίου για να κάνει τις μετρήσεις, π.χ. επιστημονική επάρκεια του προσωπικού. Τα όργανα που χρησιμοποιούνται για τις μετρήσεις πρέπει να είναι διακριβωμένα, δηλαδή να ξέρει κανείς

την ακρίβειά τους. Έτσι σύμφωνα με τα παραπάνω πρότυπα, τα όργανα μέτρησης πρέπει να συνοδεύονται από πιστοποιητικά διακρίβωσης, τα οποία τα εκδίδουν αναγνωρισμένα εργαστήρια πρότυπων μετρήσεων διαπιστευμένα κατά EN ISO/IEC 17025, π.χ. PTB, KEMA κλπ. Αυτά τα πιστοποιητικά περιέχουνε μεταξύ άλλων και τη χρονική ισχύ τους.

Οι φορείς που διαθέτουν εργαστήρια που είναι διαπιστευμένα μπορούν να εξουσιοδοτηθούν, να δίνουν σήματα ποιότητας CE, VDE κλπ. Τα σήματα αυτά αναγράφονται πάνω στην συσκευή.

Πίνακας 3.1: Σήματα ποιότητας σε συσκευές [1].

	Ελλάς	ΕΛΟΤ
	Αυστρία	Österreichischer Elektrotechnischer Verein
	Γερμανία	Verband Deutscher Elektrotechniker
	Δανία	DEMKO: Danmarks Elektriske Materielkontrol
	Ελβετία	SEV: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein
	ΗΠΑ	UL: Underwriter's Laboratories
	Καναδάς	CSA: Canadian Standards Association
	Ολλανδία	CEMA N.V.: tot keuring van Elektrotechnische Materialen
	Νορβηγία	NEMKO: Norges Elektriske Materielkontrol
	Σουηδία	SEMKO: Svenska Elektriska Materiel - Kontroll - Anstalten
	Φινλανδία	Elektrical Inspectorate
	Ευρωπαϊκή Ένωση	Ευρωπαϊκή Επιτροπή
	Γερμανία	Technischer Überwachungs Verein
	Γαλλία	Norm Francaise
	Αγγλία	Brittish Standards
	Ουγγαρία	-
	Λουξεμβούργο	-
	Ιρλανδία	-
	Πορτογαλία	-
	Ισπανία	-

3.2 Χαρακτηρισμός Εγκαταστάσεων

Πρώτο μέλημα κατά την μελέτη μιας εγκατάστασης είναι να προσδιοριστούν οι απαιτήσεις για τη λειτουργία της εγκατάστασης καθώς και το περιβάλλον λειτουργίας αυτής. Εκτός από το περιβάλλον σημαντικό ρόλο για την μελέτη και το κόστος εγκατάστασης παίζουν και η ποιότητα ισχύος του δικτύου καθώς και η ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα των συσκευών, δηλαδή πώς οι συσκευές παρενοχλούν το δίκτυο και αν οι συσκευές είναι ανεκτικές στις παρενοχλήσεις που προέρχονται από το δίκτυο.

Τα πρότυπα που ισχύουν εδώ είναι το IEC 60364.3 και η αντίστοιχη εναρμόνιση του HD 384.3 που αναφέρονται στον χαρακτηρισμό των εγκαταστάσεων χαμηλής τάσης. Τα βασικά στοιχεία που προσδιορίζουν μια εγκατάσταση είναι:

- i. η ονομαστική τάση π.χ. 230/400 V
- ii. η συχνότητα π.χ. 50 Hz, και
- iii. η ισχύς

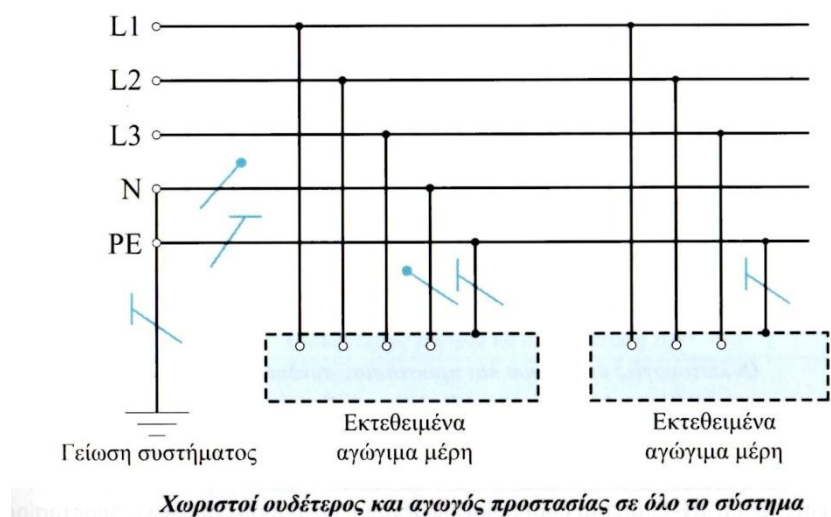
Ωστόσο οι εγκαταστάσεις μελετούνται για να ικανοποιήσουν συγκεκριμένες ανάγκες όχι μόνο σε τροφοδοσία αλλά και σε προστασία κλπ κάτω από περιοριστικούς όρους όπως είναι το δίκτυο τροφοδοσίας, το φυσικό περιβάλλον, οι γνώσεις που διαθέτουν οι χρήστες για τον ηλεκτρισμό κλπ. Έτσι για να προσδιοριστεί πλήρως μια εγκατάσταση απαιτούνται τα εξής στοιχεία [1]:

- i. Το ρεύμα, η τάση, η συχνότητα
- ii. Οι συνθήκες περιβάλλοντος
- iii. Η επικινδυνότητα του περιβάλλοντος
- iv. Το είδος του χρήστη
- v. Το είδος του δικτύου διανομής
- vi. Συμβατότητα με το περιβάλλον λειτουργίας, υπερτάσεις, ρεύματα εκκίνησης, αρμονικές κλπ
- vii. Εφεδρεία (αν απαιτείται)
- viii. Συντήρηση

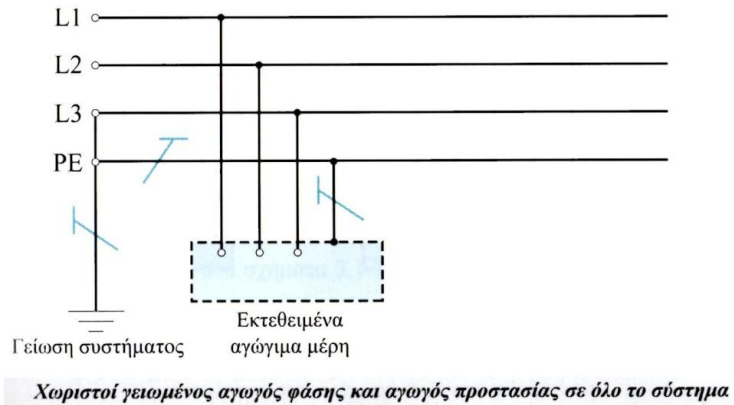
3.3 Προσδιορισμός της Εγκατάστασης

Προσδιορίζονται οι επιμέρους ζητήσεις ισχύος, τα μέγιστα τους καθώς και οι ομαδοποιημένες ή συνολικές ζητήσεις λαμβάνοντας υπόψη ένα συντελεστή ετεροχρονισμού, π.χ. 0,2 0,7 κλπ. Προσδιορίζονται οι μορφές του δικτύου διανομής, αν αυτό είναι δίκτυο 2,3,4 ή 5 αγωγών, καθώς και το σύστημα γειώσεων του δικτύου που θα χρησιμοποιηθεί. Υπάρχουν συνήθως τα εξής δίκτυα:

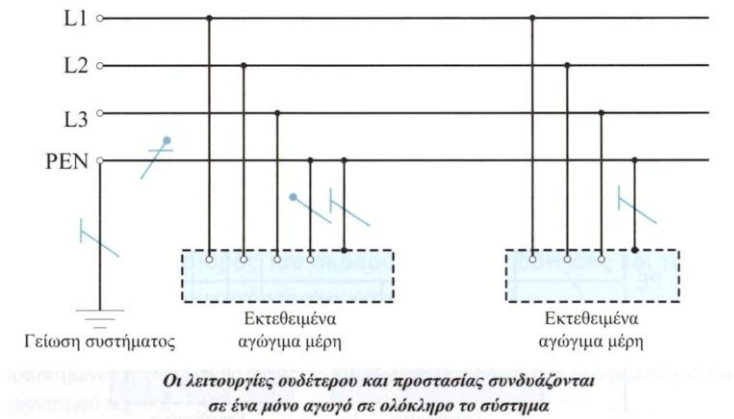
- Δίκτυο TN-S: Δίκτυο με γείωση ουδέτερου και αγωγό προστασίας. Αυτό είναι η πιο συνηθής μορφή σε οικιακούς καταναλωτές (ουδετερογειωμένο δίκτυο).
- Δίκτυο TN-C: Δίκτυο με γειωμένο ουδέτερο όπου ο ουδέτερος αγωγός ταυτίζεται με τον αγωγό προστασίας. Συνίσταται σε εγκαταστάσεις υψηλής ισχύος με διανομές ουδέτερου άνω των 10mm².
- Δίκτυο TN-C-S: Δίκτυο όπου ο ουδέτερος εν μέρει είναι συνδυασμένος με τον αγωγό προστασίας, αλλά υπάρχουν τμήματα όπου ο αγωγός προστασίας και ο ουδέτερος δεν ταυτίζονται. Συναντάται κυρίως σε βιομηχανίες και σε μεγάλα κτίρια.
- Δίκτυα T T: Δίκτυο όπου ο μετασχηματιστής και τα μεταλλικά μέρη των συσκευών είναι γειωμένα με μη συνδεδεμένες, ανεξάρτητες, γειώσεις. Στην περιοχή της Αττικής υπήρχαν τέτοια δίκτυα. Υπάρχουν και δίκτυα με τρεις φάσεις χωρίς ουδέτερο.
- Δίκτυα I T: Δίκτυο όπου ο μετασχηματιστής δε γειώνεται. Τα μεταλλικά μέρη των συσκευών είναι γειωμένα. Συναντάται εκεί όπου η προστασία σε ηλεκτροπληξία πρέπει να είναι ιδιαίτερα αυξημένη, π.χ. χειρουργεία, σφαγεία, χημικές βιομηχανίες κλπ.



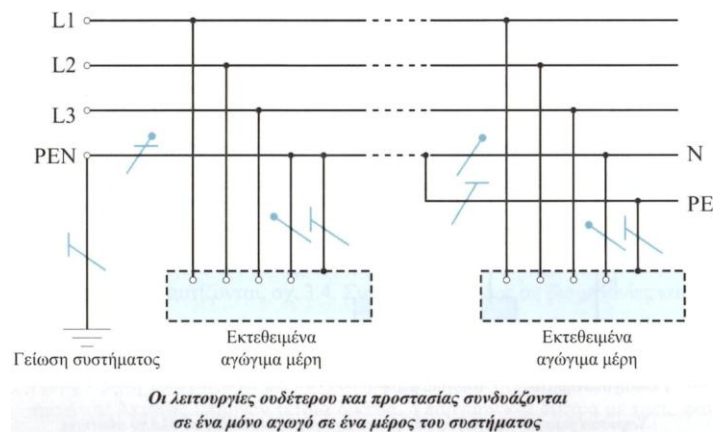
Σχήμα 3.1. Δίκτυο ουδετερογειωμένο 4 αγωγών L1, L2, L3, N τύπου TN-S με χωριστό αγωγό γείωσης και ουδέτερο, δίκτυο ουδετερογειωμένο με αγωγό προστασίας PE.



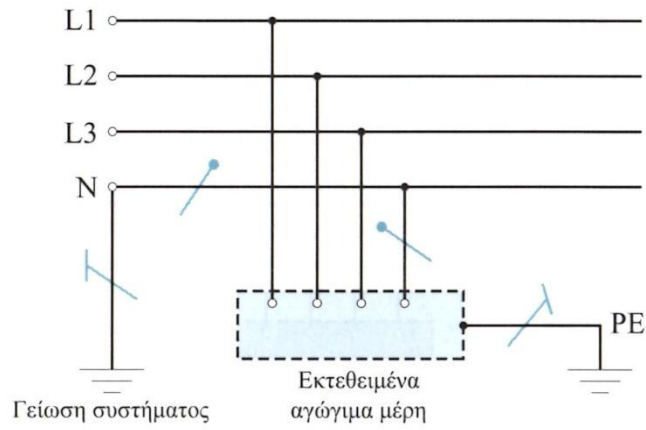
Σχήμα 3.2. Δίκτυο TN-S τριών αγωγών L1, L2, L3 τύπου TN-S με αγωγό φάσης που παίζει το ρόλο του ουδέτερου (διφασικό σύστημα), δίκτυο ουδετερογειωμένο με αγωγό προστασίας PE.



Σχήμα 3.3. Δίκτυο συνδυασμένου αγωγού που παίζει το ρόλο του ουδέτερου και του αγωγού προστασίας, τύπου TN-C, δίκτυο ουδετερογειωμένο με συνδυασμό αγωγό προστασίας.

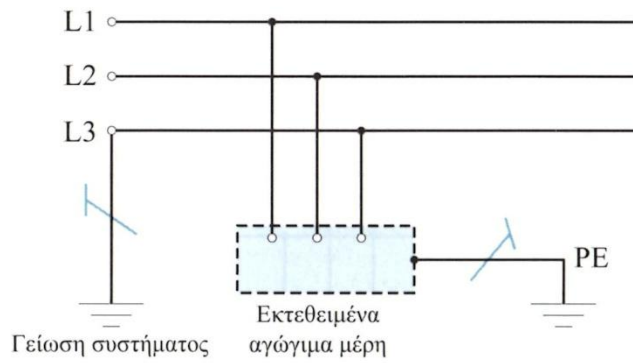


Σχήμα 3.4. Δίκτυο εν μέρει συνδυασμού αγωγού, εν μέρει ξεχωριστού αγωγού προστασίας τύπου TNC-S.



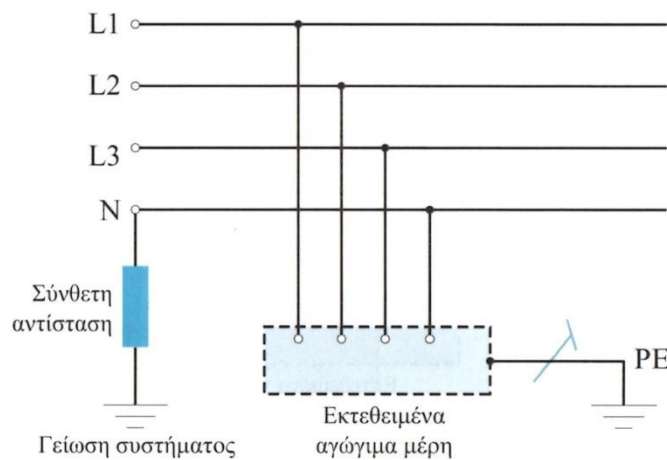
Ο ουδέτερος μπορεί να διανέμεται ή όχι

Σχήμα 3.5. Δίκτυο 4 αγωγών τύπου L1, L2, L3, N, τύπου TT (άμεση γείωση).



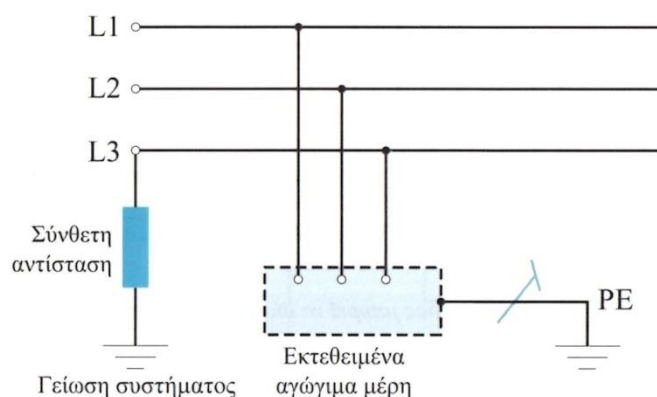
Ο ουδέτερος μπορεί να διανέμεται ή όχι

Σχήμα 3.6. Δίκτυο 3 αγωγών L1, L2, L3, τύπου TT (άμεση γείωση).



Ο ουδέτερος μπορεί να διανέμεται ή όχι

Σχήμα 3.7. Δίκτυο μονωμένου ουδέτερου τύπου IT, με ουδέτερο.



Σχήμα 3.8. Δίκτυο μονωμένου ουδέτερου τύπου IT, χωρίς ουδέτερο.

Σημείωση: Συμβολισμοί στα σχήματα 3.1-3.8

	Αγωγός προστασίας (PE)
	Ουδέτερος αγωγός (N)
	Αγωγός προστασίας και Ουδέτερος μαζί (PEN)

Τα σύμβολα T, N, C, S, I προέρχονται από την σύντμηση των Γαλλικών όρων.

T = terre (γη),

N = neutral (ουδέτερος),

S = securite (ασφάλεια),

C = combine (συνδυασμός),

I = isolee (μονωμένος).

3.4 Προσδιορισμός της Εγκατάστασης

Οι επιδράσεις του περιβάλλοντος είναι αντικείμενο των προτύπων IEC 60721, IEC 60364-3 και του εγγράφου εναρμόνισης HD 384-3 S2. Το πρότυπο IEC 60721 έχει εκτεταμένη ανάλυση ωστόσο το πρότυπο HD 384-3 S2 είναι το ισχύον στην επικράτεια της Ε.Ε.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν μια εγκατάσταση έχουν ομαδοποιηθεί σε τρεις κύριες ομάδες με αντίστοιχους κωδικούς ως εξής:

- Το περιβάλλον, κωδικός A
 - Θερμοκρασία
 - Υγρασία
 - Υψόμετρο

- Νερό
- Σκόνη
- Διάβρωση
- Μηχανικές κρούσεις
- Ταλαντώσεις
- Διάφορες μηχανικές καταπονήσεις
- Μούχλα, μύκητες
- Ακτινοβολία
- Ηλιακή ακτινοβολία
- Σεισμός
- Κεραυνός
- Αέρας
- Ο χρήστης με τις ικανότητές του, κωδικός B
 - Ικανότητα
 - Αντίσταση του σώματος
 - Επαφή με γη
 - Δυνατότητα εξόδου
 - Υλικά (εκρηκτικά, εύφλεκτα, κλπ)
- Το κτίριο όπου στεγάζεται η εγκατάσταση, κωδικός C
 - Υλικό
 - Χαρακτηριστικά της κατασκευής

3.5 Ποιότητα προσφερόμενης ηλεκτρικής ισχύος (Πρότυπο EN50160)

Το δίκτυο από το οποίο θα τροφοδοτηθεί η εγκατάσταση είναι συνήθως δημόσιο και ανήκει παλιά σε επιχείρηση κοινής ωφέλειας (ΔΕΗ) ή τώρα στη ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε. Η τάση και η συχνότητα του δικτύου έχουν ονομαστικές τιμές και πρέπει να περιορίζονται γύρω από αυτές. Η ποιότητα τάσης (ισχύος) είναι τόσο καλύτερη όσο μικρότερη είναι η μεταβολή των παραπάνω τιμών. Προφανώς στην ποιότητα ισχύος πρέπει να συμπεριληφθούν και οι απρόβλεπτες διακοπές.

Η πρακτική σημασία της ποιότητας της τροφοδοσίας είναι τεράστια. Μερικές επιπτώσεις αναφέρονται παρακάτω:

- Απρόβλεπτες διακοπές τροφοδοσίας. Αυτές εκτός του ότι είναι οικονομικά επιζήμιες στην βιομηχανία, μπορούν να οδηγήσουν σε επικίνδυνες καταστάσεις.
- Αρμονικές τάσης. Αυτές μπορούν να οδηγήσουν σε καταστροφή πυκνωτών (αντιστάθμισης) γιατί το ρεύμα είναι ανάλογο της αρμονικής τάσης και της τάξης της

αρμονικής. Επίσης αναμένονται παρεμβολές στις τηλεφωνικές επικοινωνίες στους Η/Υ. Υπάρχουν αυξημένες απώλειες δινορευμάτων σε μηχανές και μετασχηματιστές.

- Ταχεία μεταβλητότητα τάσης. Αυτή οδηγεί συχνά στο φαινόμενο τρεμοσβήσματος του φωτός. Αυτή η παρεμβολή είναι ενοχλητική στο ανθρώπινο μάτι.
- Υπερτάσεις, υποτάσεις. Υπόταση οδηγεί σε ανωμαλία λειτουργίας συσκευών κινητήρων. Υπερτάσεις μπορούν να καταστρέψουν συσκευές, ιδιαίτερα κινητήρες.
- Μεταβολές στη συχνότητα μπορεί να οδηγήσουν σε ανωμαλία ή καταστροφή κινητήρων, μετασχηματιστών.

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση οι ονομαστικές τιμές για τάση και συχνότητα είναι για τη χαμηλή τάση διανομής:

$$U_n = 230 / 400 \text{ V}, f_n = 50 \text{ Hz}$$

Το πρότυπο EN 50160 προσδιορίζει εκτός άλλων τη μεταβλητότητα της συχνότητας και της τάσης. Αν εξαιρέσει κανείς το επιτρεπόμενο περιεχόμενο σε αρμονικές το πρότυπο EN 50160 δίνει όχι ικανοποιητικά όρια για τον καταναλωτή, τόσο για την ανοχή σε μεταβλητότητα της τάσης όσο και σε αναμενόμενες διακοπές. Η πρακτική έχει δείξει ότι τα όρια του κανονισμού ποτέ δεν υπερβαίνονται. Αντιθέτως η τάση π.χ. αντί του ορίου $\pm 10\%$ είναι συνήθως εντός του ορίου $\pm 5\%$.

Η τάση του δικτύου παρουσιάζει κάποια χαρακτηριστικά που έχουν παρατηρηθεί. Κατά το 95% της διάρκειας της εβδομάδας ο μέσος όρος της τάσης σε 10min θα ευρίσκεται εντός των ορίων $U_n \pm 10\%$ δηλαδή για σύστημα 230 V επιτρέπεται η μέση τιμή της τάσης να είναι 197 έως 253 V. Στην πράξη έχουμε συνήθως 200...240 V.

Κατά τις γρήγορες μεταβολές σε διακοπτικά φαινόμενα οι μεταβολές δε θα υπερβαίνουν το $\pm 5\%$ της U_n . Για μερικές μόνο μεταβολές την ημέρα η μεταβολή μπορεί να ανέλθει στο $\pm 10\%$.

Η ασυμμετρία των φάσεων θα βρίσκεται μεταξύ 0-2% στην περίοδο του 95% μιας εβδομάδας. Η ασυμμετρία ορίζεται ως το πηλίκο της αντίστροφης προς την ορθή συνιστώσα της τάσης.

Οι μέσες τιμές για 10min των αρμονικών των τάσεων πρέπει να περιορίζονται σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα. Αυτός ο περιορισμός ισχύει για το 95% του χρόνου μέσα σε μια εβδομάδα. Η συνολική αρμονική διαταραχή (Total Harmonic Distortion, THD) στην ίδια περίοδο πρέπει να είναι μικρότερη του 8%.

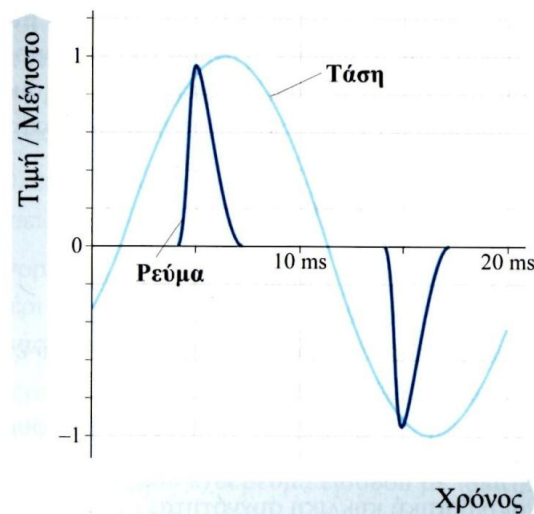
$$THD = \sqrt{U_2^2 + U_3^2 + \dots + U_{40}^2} / U_n$$

Περιττές αρμονικές				Άρτιες αρμονικές	
Μη πολλαπλάσια του 3		Πολλαπλάσια του 3		Τάξη n	Σχετική Τάση
Τάξη n	Σχετική Τάση	Τάξη n	Σχετική Τάση		
5	6%	3	5%	2	2%
7	5%	9	1,5%	4	1%
11	3,5%	15	0,5%	6...24	0,5%
13	3%	21	0,5%		
17	2%				
19	1,5%				
23	1,5%				
25	1,5%				

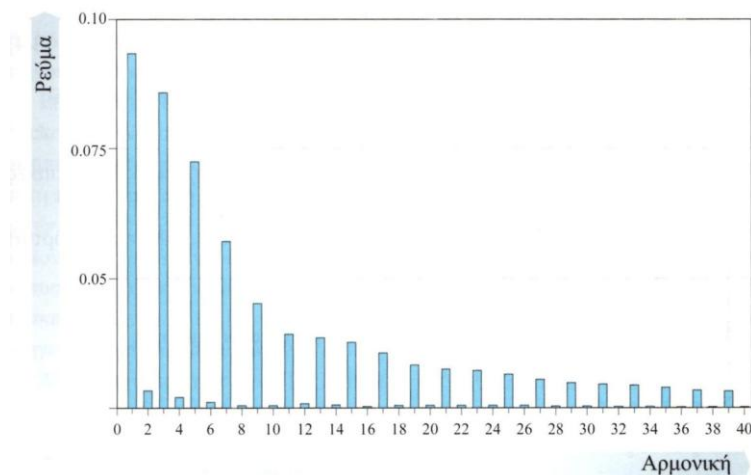
Σχήμα 3.9. Επιτρεπόμενες αρμονικές τάσης σε ένα δίκτυο Χ.Τ. κατά EN 50160.

3.6 Ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα εξοπλισμού

Το δίκτυο όπως είναι γνωστό, επηρεάζεται από τα φορτία του. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται το ρεύμα και η εφαρμοζόμενη τάση σε έναν ιδιαίτερα ρυπογόνο καταναλωτή, τον λαμπτήρα χαμηλής κατανάλωσης.



Σχήμα 3.10. Ημιτονοειδής τάση και μη ημιτονοειδές ρεύμα σε λαμπτήρα 40W χαμηλής κατανάλωσης, μετρηθέντα στο Εργαστήριο Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας Α.Π.Θ. το 1999.



Σχήμα 3.11. Ανάλυση του ρεύματος του καμπτήρα χαμηλής κατανάλωσης σε αρμονικές.

Οι υποχρεώσεις των χρηστών, πελατών, της χαμηλής και μέσης τάσης εστιάζονται στον να μην ρυπαίνουν απαράδεκτα το δίκτυο με αρμονικές ρευμάτων ή γενικά με ρεύματα που προκαλούν μεταβολές στην τάση του δικτύου. Οι μεταβολές στην τάση του δικτύου είναι προκειμένου για μια συγκεκριμένη αρμονική, τη n-στή:

$$\Delta U_n = Z_n * I_n$$

$$Z_n = L * n * \omega = L * n * 2\pi f$$

,όπου: Z_n η εσωτερική σύνθετη αντίσταση του δικτύου έτσι όπως την μετράει κανείς στη θέση του φορτίου,

I_n η αρμονική του ρεύματος που απορροφά το φορτίο,

n είναι η τάξη της αρμονικής και

$\omega=2\pi f$ είναι η βασική κυκλική συχνότητα

Αυτή η τάση ΔU_n παραμορφώνει την τάση του δικτύου.

Αν η αντίδραση του δικτύου είναι καθαρά επαγωγική με τιμή L για τη βασική αρμονική, τότε ισχύει το εξής:

$$\Delta U_n = L * n * \omega * I_n$$

Συνεπώς οι αρμονικές υψηλής τάξης του ρεύματος είναι ιδιαίτερα επιζήμιες. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στα εξής φορτία:

1. Συσκευές με ανορθωτές: τηλεοράσεις, υπολογιστές, ενισχυτές κλπ οικιακές συσκευές και μηχανήματα γραφείου
2. Λαμπτήρες φθορισμού, χαμηλής κατανάλωσης, εκκινήτες και balast λαμπτήρων
3. Ηλεκτρικά εργαλεία με κινητήρες συλλέκτη (universal motors)
4. Κινητήρια συστήματα (drivers)
5. Συγκολλήσεις
6. Χαλυβουργεία

Τα πρότυπα της σειράς IEC 61000...και αντίστοιχα τα ευρωπαϊκά πρότυπα EN 61000...αναφέρουν γενικά τι πρέπει να πληρούν οι συσκευές για να μη ρυπαίνουν το περιβάλλον με ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές.

Η επιτρεπόμενη ρύπανση του δικτύου με αρμονικές ρευμάτων προσδιορίζεται από τα πρότυπα IEC 61000-3-1 έως IEC 61000-3-1-11 ή τα ισοδύναμά τους EN 61000-3-1 έως EN 61000-3-1-11. Όσον αφορά τις επιτρεπόμενες αρμονικές, οι συσκευές ομαδοποιούνται σε τέσσερις κατηγορίες ως εξής:

Κατηγορία Α: Όλες οι συσκευές εκτός από εκείνες που αναφέρονται στις άλλες τρεις κατηγορίες

Κατηγορία Β: Φορητά ηλεκτρικά εργαλεία, τα οποία χρησιμοποιούνται με το χέρι στην κανονική τους λειτουργία και για σύντομο χρονικό διάστημα

Κατηγορία C: Εξοπλισμός φωτισμού, συμπεριλαμβανομένων των συσκευών ρύθμισης της έντασης φωτισμού

Κατηγορία D: Εξοπλισμός που έχει ρεύμα εισόδου με ιδιαίτερη κυματομορφή και ισχύ εισόδου μικρότερη ή ίση από 600W

Ο τρόπος που μετρούνται οι συσκευές αναφέρεται στα πρότυπα της σειράς IEC 61000-4-1 έως IEC 61000-4-29. Οι συσκευές μετρούνται στο κατά πόσο ρυπαίνουν το δίκτυο.

Η ηλεκτρομαγνητική ρύπανση με αρμονικές ή flicker από έναν καταναλωτή χαμηλής, μέσης ή υψηλής τάσης μπορεί να οδηγήσει σε απαράδεκτες καταστάσεις στο δίκτυο όσον αφορά την ποιότητα της τάσης. Σ' αυτήν την περίπτωση ο διαχειριστής του δικτύου πρέπει να παρέμβει και να υποχρεώσει τον υπαίτιο να διορθώσει την εγκατάστασή του όσον αφορά την έγχυση αρμονικών ρευμάτων ή flicker στο δίκτυο. Αυτό μπορεί να συμβεί ακόμα και αν οι συσκευές είναι πιστοποιημένες, αλλά ο συνδυασμός τους είναι τέτοιος ώστε ο συντονισμός ή η σύμπτωση

φάσεων των αρμονικών οδηγεί σε ενίσχυση αρμονικών. Στον παρακάτω πίνακα προσδιορίζονται οι επιτρεπόμενες αρμονικές ρεύματος που μπορούν να εγχύονται στο δίκτυο από συσκευές χαμηλής τάσης.

Πίνακας 3.2: Όρια έγχυσης αρμονικών ρεύματος συσκευών χαμηλής τάσης, I<16A ανά φάση, κατά EN 61003-2.

Όρια για συσκευή κατηγορίας Α και Β		
Τάξη αρμονικής	Μέγιστο επιτρεπτό ποσοστό (%) αρμονικής ρεύματος με βάση το ρεύμα της πρώτης αρμονικής (Α)	
n		
Περιττές αρμονικές		
	Κατηγορία Α	Κατηγορία Β
3	2,30	2,25
5	1,14	1,65
7	0,77	1,15
9	0,40	0,6
11	0,33	0,49
13	0,21	0,31
15 ≤ n ≤ 39	0,15/n	0,225/n
Άρτιες αρμονικές		
2	1,08	
4	0,43	
6	0,30	
8 ≤ n ≤ 40	0,238/n	
Όρια για συσκευή κατηγορίας Γ		
Τάξη αρμονικής	Μέγιστο επιτρεπτό ποσοστό αρμονικής ρεύματος (%)	
n		
2	2	
3	30 · λ*	
5	10	
7	7	
9	5	
11 ≤ n ≤ 39 (περιττές αρμονικές μόνο)	3	
* λ είναι ο συντελεστής ισχύος του κυκλώματος		
Όρια για συσκευή κατηγορίας Δ		
Τάξη αρμονικής	Μέγιστη επιτρεπτή αρμονική ρεύματος ανά βατ (mA/W)	Μέγιστη επιτρεπτή αρμονική ρεύματος (Α)
n		
3	3,4	2,30
5	1,9	1,14
7	1,0	0,77
9	0,5	0,40
11	0,35	0,33
13 ≤ n ≤ 39 (περιττές αρμονικές μόνο)	3,85/n	0,15/n

3.7 Αγωγοί καλωδίων

Οι αγωγοί κατασκευάζονται συνήθως από χαλκό και σπάνια από αλουμίνιο. Γίνεται χρήση του αλουμινίου ως αγωγό, σε καλώδια διατομών συνήθως άνω των 35mm². Πλεονέκτημα του αλουμινίου σε σχέση με το χαλκό είναι η χαμηλή τιμή του καλωδίου και το μικρότερο βάρος. Μειονεκτήματα του αλουμινίου είναι ότι δεν συγκολλάται με μαλακή κόλληση χαμηλού σημείου τήξης, π.χ. κασσιτεροκόλληση, και ότι διαβρώνεται ευκολότερα λόγω ηλεκτροχημικών δράσεων. Ωστόσο, επειδή οι ακροδέκτες καλωδίων συνήθως συμπιέζονται, ή πρέπει να συμπιέζονται, πάνω στους αγωγούς, η ικανότητα συγκόλλησης δεν παίζει σημαντικό ρόλο.

Η διατομή των αγωγών είναι στρόγγυλη. Για πολυποδικά καλώδια μεγάλων διατομών (>35mm²) χρησιμοποιούνται και διατομές κυκλικού τομέα (τριγωνικές, χαρακτηρίζονται με S). Όσον αφορά την ευκαμψία, έχουμε αγωγούς, οι οποίοι χαρακτηρίζονται κατά IEC 60 228 ως εξής:

- μονόκλωνους (U)
- πολύκλωνους (R)
- υψηλής ευκαμψίας πολύκλωνους (K)
- υπερυψηλής ευκαμψίας (F)

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

Καλώδια κατά VDE χρησιμοποιήθηκαν κατά κανόνα στο παρελθόν, πριν το 1980, τώρα χρησιμοποιούνται ακόμα σε περιπτώσεις που δεν καλύπτονται από τα πρότυπα των καλωδίων κατά ΕΛΟΤ κλπ. Καλώδια ισχύος που εφαρμόζονται κυρίως στην ΧΤ είναι τα εξής:

- **J1VV-U(R,S)** κατά CENELC HD 603/IEC 60502-1 ή ΕΛΟΤ 843, τα οποία αντιστοιχούν στα καλώδια **NYY** κατά VDE 0271
- **H05V-U(R, K)** και **H07V-U(R,K)** κατά CENELEC HD 21/IEC 60227-3, ΕΛΟΤ 563. Μονόκλινα καλώδια μονίμων συνδέσεων, αντιστοιχούν στα καλώδια **NYA** κατά VDE
- **H05VV-U(R)** κατά CENELEC HD 21/IEC 60227-7, **A05VV-U(R)** κατά ΕΛΟΤ 563 πολυποδικά καλώδια μονίμων συνδέσεων, αντιστοιχούν στα **NYM** κατά VDE 250
- **H03VV-F, H05VV-F** κατά CENELEC HD 21/IEC 60227-7 **A05VV-** κατά ΕΛΟΤ 563 εύκαμπτα καλώδια συνδέσεων, **NYLHY** και **NYMHY** κατά VDE 250

- **H05RN-F, H07RN-F** κατά CENELC HD 22/IEC 60245-4 A05RN-F, A07RN-F κατά ΕΛΟΤ 623 καλώδια από ελαστικό με μανδύα νεοπρενίου, εύκαμπτα.

3.8 Μονωτικά καλωδίων

Το μονωτικό και το πάχος του προσδιορίζει την ηλεκτρική αντοχή του καλωδίου σε τάση, αλλά και την επιτρεπόμενη ένταση του ρεύματος φόρτισης του αγωγού. Το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα είναι συνάρτηση της θερμοκρασίας στην οποία αντέχει το μονωτικό. Σε ειδικές συνθήκες περιβάλλοντος, π.χ. σε φούρνους και σε φωτιστικά, γίνεται χρήση ειδικών μονωτικών όπως ελαστικού σιλικόνης ή οξικού βινυλαιθυλίου (EVA), που αντέχουν συνεχώς σε υψηλές θερμοκρασίες (>90°C).

Με μικρές εξαιρέσεις, σε εγκαταστάσεις γίνεται χρήση καλωδίων με τα εξής μονωτικά:

- Πολυβινυλοχλωρίδιο PVC, V
- Ελαστικό σιλικόνης, S
- Ελαστικό μείγμα, R
- Ελαστικό οξικού βινυλαιθυλίου EVA, E
- Ελαστικό αιθυλενίου-προπυλενίου EPR, B2
- Δικτυωμένο πολυαιθυλένιο, XLPE

Το χρώμα της μόνωσης των αγωγών είναι:

- Αγωγοί φάσεων: οποιοδήποτε χρώμα εκτός από κίτρινο-πράσινο και ανοιχτό μπλε. Συνήθως χρησιμοποιούνται καφέ-μαύρο, ή μαύρο με αριθμούς
- Ουδέτερος αγωγός: ανοιχτό μπλε (ή παλιά γκριζο)
- Αγωγός γείωσης: κίτρινο-πράσινο
 - Απαγορεύεται η χρήση κίτρινοπράσινου αγωγού σε φάσεις.
 - Το μπλε μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για φάση εφόσον δεν υπάρχει ουδέτερος.

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

- Καλώδια ισχύος τύπου από PVC (ΕΛΟΤ 843, IEC 60502, VDE 271) για μόνιμες εγκαταστάσεις με αγωγούς προστασίας
 - 2-πολικά : μαύρο/ανοιχτό-μπλε
 - 3-πολικά : πράσινο-κίτρινο/μαύρο/ανοιχτό-μπλέ

- 4-πολικά : πράσινο-κίτρινο/μαύρο ανοιχτό-μπλε/καφέ
- 5-πολικά : πράσινο-κίτρινο/μαύρο/ανοιχτό-μπλε/καφέ/μαύρο
- 6-πολικά : πράσινο-κίτρινο, λοιποί πόλοι μαύροι αριθμημένοι 1, 2, 3, ...
- Καλώδια εύκαμπτα για μη μόνιμες συνδέσεις (ΕΛΟΤ 563, HD 21) για μόνιμες εγκαταστάσεις με αγωγούς προστασίας
 - 2-πολικά : καφέ/ανοιχτό-μπλε
 - 3-πολικά : κίτρινο-πράσινο/καφέ/ή ανοιχτό-μπλε
 - 4-πολικά : κίτρινο-πράσινο/μαύρο/ανοιχτό-μπλε/καφέ
 - 5-πολικά : κίτρινο-πράσινο/μαύρο/ανοιχτό-μπλε/καφέ/μαύρο
 - 6-πολικά : κίτρινο-πράσινο, λοιποί πόλοι μαύροι αριθμημένοι 1, 2, 3, ...

Υπάρχουν και καλώδια ισχύος χωρίς γείωση, στα οποία ο πράσινο-κίτρινος αγωγός λείπει. Εκεί τα χρώματα είναι όπως προαναφέραμε με τη διαφορά ότι, το πρασινοκίτρινο αντικαθίσταται από το μαύρο. Η χρήση των χρωμάτων στις διάφορες φάσεις (L1, L2, L3) είναι ελεύθερη.

3.8.1 Ιδιότητες μονωτικών

Το PVC χρησιμοποιείται εφόσον αυτό επιτρέπεται από τεχνικούς λόγους, γιατί είναι φθηνό και ανθεκτικό από μηχανική και χημική άποψη. Τα όριά του είναι από άποψη τάσης 6 kV / 10 kV (φασική/ πολική τάση). Λόγω των υψηλών διηλεκτρικών απωλειών δεν χρησιμοποιείται σε υψηλότερες τάσεις. Δεν είναι ανθεκτικό σε πολύ χαμηλές (<-30°C) ή πολύ υψηλές θερμοκρασίες (>70°C). Σε διαρκή καταπόνηση άνω των 70°C γίνεται εύθραυστο και σχηματίζει ρωγμές. Επιτρέπεται η διαρκής καταπόνησή του μέχρι 70°C.

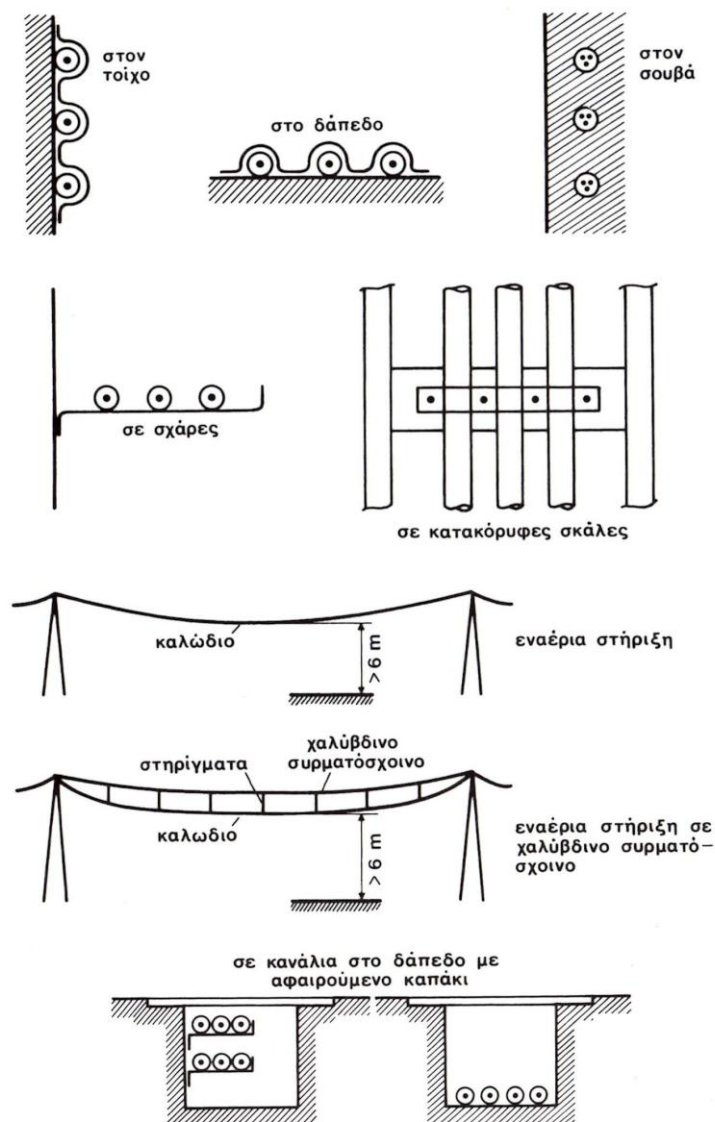
Διάφορα συνθετικά ελαστικά όπως βουτύλιο, οξικό βυνυλαιθύλιο (EVA) και αιθυλενιούχο προπυλένιο (EPR) χρησιμοποιούνται για λόγους ευκαμψίας ή και αντοχής σε θερμοκρασία. Το αιθυλενιούχο-προπυλενιούχο ελαστικό EPR χρησιμοποιείται και σε εύκαμπτα καλώδια μέσης τάσης.

Για διαρκείς υψηλές θερμοκρασίες, όπως σε φούρνους, γίνεται χρήση καλωδίων με ελαστικό σιλικόνης. Η μόνωση ελαστικού σιλικόνης αντέχουν διαρκώς σε 180°C χωρίς να αποικοδομείται. Σε χαμηλότερες θερμοκρασίες (EVA) ή και χρήση του μονωτικού ελαστικού αιθυλενιούχο-προπυλένιο (EPR) που αντέχει συνεχώς σε 90°C.

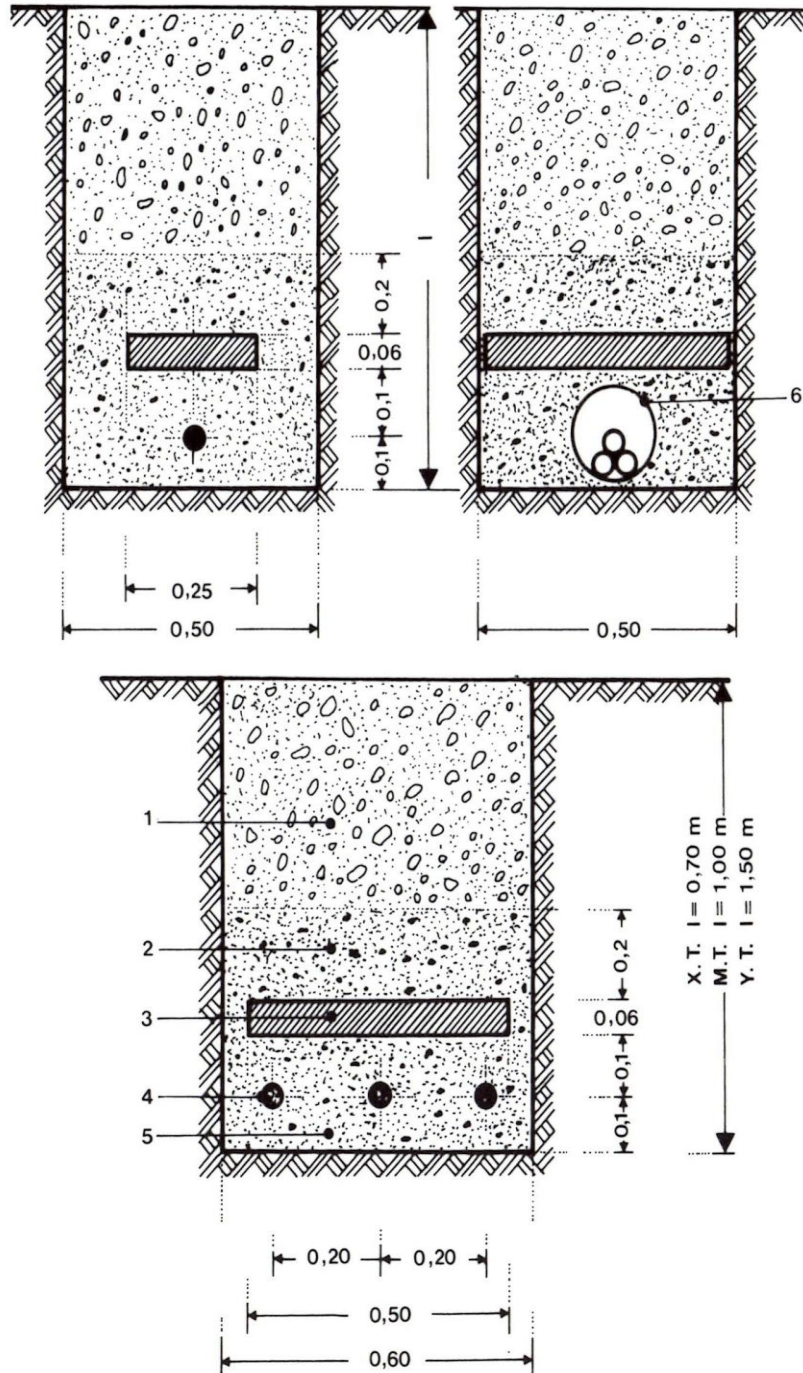
Το πολυαιθυλένιο χρησιμοποιείται στην μέση τάση γιατί έχει χαμηλές διηλεκτρικές απώλειες και είναι μηχανικά και χημικά ανθεκτικό. Η θερμοκρασιακή του συμπεριφορά είναι όμοια με αυτή του PVC. Επιτρέπονται θερμοκρασίες μέχρι 70°C συνεχώς. Το δικτυωμένο πολυαιθυλένιο έχει καλύτερη συμπεριφορά στη διαρκή θερμοκρασιακή καταπόνηση. Αντέχει μέχρι 90°C συνεχώς. Είναι ακριβότερο σαν μονωτικό από το PVC. Το πολυαιθυλένιο αποικοδομείται σταδιακά από την ηλιακή ακτινοβολία, γι' αυτό και δε χρησιμοποιείται κατά κανόνα σαν εξωτερικός μανδύας καλωδίων εξωτερικού χώρου. Σήμερα χρησιμοποιείται στην μέση τάση κατ' εξοχήν χημικά δικτυωμένο και όχι απλό πολυαιθυλένιο.

3.8.2 Εγκατάσταση καλωδίων

Η εγκατάσταση των καλωδίων ή γραμμών γίνεται όπως φαίνεται στα παρακάτω σχήματα: (όπως αναφέρονται και σε μεγαλύτερη πληρότητα στο πρότυπο CENELEC HD 384.5.52).

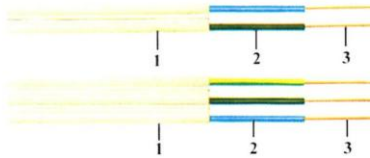

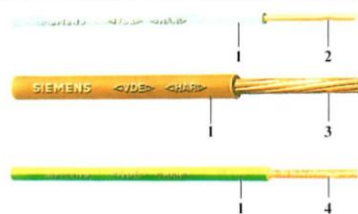


Σχήμα 3.12. Τρόποι εγκατάστασης καλωδίων.



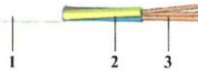
Σχήμα 3.13. Καλώδια ενταφιασμένα στο χώμα.

Πίνακας 3.3: Αγωγοί και καλώδια μόνιμων εσωτερικών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων χαμηλής τάσης από πολυβινυλοχλωρίδιο, PVC, ΕΛΟΤ 563, IEC 227, HD21, VDE 250.

1) Πλατύ καλώδιο XT (PVC) τύπος NYIF (VDE 250)	
	
	<p>1. ελαστικό περιβλήμα 2. μόνωση PVC 3. μονόκλωνος αγωγός χαλκού</p>
Τάσεις	: $U_0/U = 220/380$ V, $U_{\delta\sigma\kappa} = 2$ kV (5 min) E.P., 5 kV Σ.Ρ.
Θερμοκρασίες	: $\theta_{\delta} = 70^{\circ}\text{C}$, $\theta_{\beta\beta} = 170^{\circ}\text{C}$
Αγωγοί	: συνήθως 2 ή 3 αγωγοί, σπάνια 4 ή 5 με διατομές 1,5... 2,5 mm ² μονόκλωνοι.
Επιτρέπεται	: πάνω ή μέσα σε σουβά. Χρησιμοποιείται σε κυκλώματα φωτισμού και πριζών (ρευματοδοτών)
Δεν επιτρέπεται	: μέσα στο νερό, πάνω σε ξύλο, σε εύφλεκτα υλικά, μέσα στο χώμα, εκτεθειμένο στην ύπαιθρο.
2) Στρόγγυλο καλώδιο XT (PVC) H 05VV-U ή -R, A05VV-U ή -R (ΕΛΟΤ 563.4), NYM (VDE 250)	
	
	<p>1. μόνωση PVC 2. συμπληρωματικό υλικό 3. PVC 4. μονόκλωνος ή πολύκλωνος αγωγός χαλκού</p>
Τάσεις	: $U_0/U = 300/500$ V, μόνωση PVC, $U_{\delta\sigma\kappa} = 2$ kV (5 min) E.P., 5 kV Σ.Ρ.
Θερμοκρασίες	: $\theta_{\delta} = 70^{\circ}\text{C}$, $\theta_{\beta\beta} = 170^{\circ}\text{C}$.
Αγωγοί	: 1...5 αγωγοί, διατομές 1,5 mm ² ... 35 mm ² , μονόκλωνοι ή πολύκλωνοι.
Επιτρέπεται	: πάνω ή μέσα στο σουβά, σε υγρό ή ξηρό περιβάλλον, κοντά σε εύφλεκτα υλικά, σε υπαίθριες εγκαταστάσεις
Δεν επιτρέπεται	: στο χώμα ή στο νερό, πάνω σε ξύλο, μέσα σε εύφλεκτα υλικά, εκτεθειμένο στην ύπαιθρο.
3) Μονόκλωνο καλώδιο, H07V-U ή H07V-R ή H07V-K (ΕΛΟΤ 563.3) πριν NYA (VDE 250)	
	
	<p>1. μόνωση PVC 2, 3, 4. μονόκλωνος, πολύκλωνος ή λεπτοπολύκλωνος αγωγός χαλκού</p>
Τάσεις	: $U_0/U = 450/750$ V, $U_{\delta\sigma\kappa} = 2,5$ kV (5 min) E.P. 5 kV Σ.Ρ.
Θερμοκρασίες	: $\theta_{\delta} = 70^{\circ}\text{C}$, $\theta_{\beta\beta} = 170^{\circ}\text{C}$.
Αγωγοί	: 1 αγωγός με διατομή 1,5 mm ² έως 400 mm ² . Μέχρι 16 mm ² μονόκλωνοι (U), μέχρι 400 mm ² πολύκλωνοι (R) και μέχρι 240 mm ² πολύκλωνοι υψηλής ευκαμψίας (K)
Επιτρέπεται	: μέσα σε σωλήνες στο σουβά ή στηριγμένος σε μονωτικά πάνω στο σουβά, μέσα σε συσκευές ή σταθερές εγκαταστάσεις μέχρι 1000 V τάσης.
Δεν επιτρέπεται	: απ' ευθείας πάνω στο σουβά ή στο έδαφος ή στο νερό.
	<i>Παρατήρηση: Υπάρχει και το καλώδιο H05V-U (R,K) για τάση 300/500 V.</i>

Πίνακας 3.4: Εύκαμπτα καλώδια για συνδέσεις μετακινούμενων ή κινητών συσκευών (ψυγεία, ηλεκτρικές συσκευές).

1) H 05VV-F (H 03VV-F), ΕΛΟΤ 563.5 πριν ΝΥΜΗΥ, ΝΥΛΗΥ κατά VDE 250



1. μανδύας PVC, 2. μόνωση PVC 3. λεπτοπολύκλωνος αγωγός Cu

Τάσεις : $U_0/U = 300/500 \text{ V}$ (300/300 V)

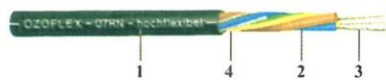
$U_{\delta\text{ok}} = 2000 \text{ V}$ E.P., 5000 V Σ.P (5 min)

Θερμοκρασίες : $\theta_{\delta} = 70^{\circ}\text{C}$, $\theta_{\beta\beta} = 170^{\circ}\text{C}$.

Αγωγοί : 2... 5 αγωγοί, διατομές 0,75... 2,5 mm², πολύκλωνοι, πολύ εύκαμπτοι.

Χρήση : Καλώδια σύνδεσης ψυγείων, πλυντηρίων οικιακών συσκευών.
Όχι για υψηλές μηχανικές καταπονήσεις, π.χ. όχι για χειροδράπανα.

2) H07RN-F, CENELEC HD22 (συνθετικό λάστιχο) ή A07RN-F, ΕΛΟΤ 623.3



1. εξωτερικός μανδύας από λάστιχο χλωροπρενίου 3. λεπτοπολύκλωνος αγωγός Cu
2. μόνωση από λάστιχο 4. συμπληρωματικό υλικό,

Τάσεις : $U_0/U = 450/750 \text{ V}$, $U_{\delta\text{ok}} = 2,5 \text{ kV}$.

Θερμοκρασίες : $\theta_{\delta} = 60^{\circ}\text{C}$, $\theta_{\beta\beta} = 160^{\circ}\text{C}$.

Αγωγοί : 1... 5 αγωγοί, διατομές 1,5... 35 mm², πολύκλωνοι, λεπτοί, επικασσιτερωμένοι.

Χρήση : Εργαλεία χειρός, με υψηλή μηχανική καταπόνηση, π.χ. δράπανα, δισκοπρίονα, φορητοί κινητήρες, βιομηχανικά εργαλεία, πάνω στο σουβά, μέσα σε σωλήνες. Είναι ανθεκτικά σε λάδι και άκαυστα.

3) NSLFFÖU (συνθετικό λάστιχο) (VDE 0250)



1. μανδύας από λάστιχο χλωροπρενίου 3. λεπτοπολύκλωνος αγωγός
2. διαχωριστικό στρώμα 4. εξαιρετικά λεπτοπολύκλωνος αγωγός

Τάσεις : $U_0 = 200 \text{ V}$, $U_{\delta\text{ok}} = 1000 \text{ V}$

Θερμοκρασίες : $\theta_{\delta} = 80^{\circ}\text{C}$, $\theta_{\beta\beta} = 180^{\circ}\text{C}$.

Αγωγοί : ένας αγωγός, διατομή 16... 120 mm², πολύκλωνος, λεπτός.

Χρήση : καλώδια ηλεκτροσυγκόλλησης.

Η τοποθέτηση αγωγών εγκαταστάσεων κτιρίων σε σωλήνες ορατούς ή χωνευτούς προϋποθέτει μία ελάχιστη διάμετρο σωλήνα που δίνεται στον πίνακα 9. Εάν υπάρχει κίνδυνος να

χτυπηθούν τα καλώδια όπως σε εργοστάσια, λεβητοστάσια, τότε αυτά μπαίνουν σε χαλυβδοσωλήνες. Έτσι σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις μηχανημάτων, στο δάπεδο ή στους τοίχους μέχρι ενός ύψους 2-3 m μπαίνουν τα καλώδια μέσα σε χαλυβδοσωλήνες. Ο ενταφιασμός των καλωδίων γίνεται όπως στο σχήμα 13. Τοποθέτηση των καλωδίων μέσα σε σωλήνα παρέχει πρόσθετη μηχανική προστασία. Είναι επίσης δυνατόν να αλλαχθεί το καλώδιο αργότερα. Αν όμως γίνει προσεκτικά ο ενταφιασμός, δε χρειάζεται σωλήνας.

Πίνακας 3.5: Καλώδια εσωτερικών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων για υψηλές θερμοκρασίες, από λάστιχο οξικού βινυλαιθυλενίου EVA (4G) ή λάστιχο σιλικόνης (2G).

1) N4GA ή N4GAF (οξικό βινυλαιθύλιο) (VDE 250)



- 1. λάστιχο EVA, (μόνωση), οξικό βινυλαιθύλιο
 - 2, 3. κασσιτερωμένος αγωγός χαλκού (Cu), πολύκλωνος ή λεπτοπολύκλωνος
- Τάσεις : $U_0/U = 450/750$ V, $U_\delta = 2,5$ kV (5 min) E.P. 5 kV Σ.Ρ.
- Θερμοκρασίες : $\theta_\delta = 120^\circ\text{C}$, $\theta_{\beta\rho} = 250^\circ\text{C}$
- Αγωγοί : ένας αγωγός μονόκλωνος ή πολύκλωνος, 0,5... 95 mm² διατομή.
- Επιτρέπεται : Σε φωτιστικά, σώματα, συσκευές μέχρι 750 V, θερμοσυσσωρευτές.
- Δεν επιτρέπεται : μέσα στο σουβά, στο χώμα ή πάνω στο σουβά.

2) 4GMH4G (οξικό βινυλαιθύλιο)



- 1. μανδύας από λάστιχο EVA
 - 2. μόνωση από λάστιχο EVA
 - 3. επικασσιτερωμένος αγωγός χαλκού.
- Τάσεις : $U_0/U = 300/500$ V, $U_\delta = 2,5$ kV (1 min)
- Θερμοκρασίες : $\theta_\delta = 120^\circ\text{C}$, $\theta_{\beta\rho} = 250^\circ\text{C}$
- Αγωγοί : 3... 7 αγωγοί, 0,5 έως 2,5 mm² διατομή, πολύκλωνοι, εύκαμπτοι.
- Χρήση : Σε φωτιστικά, συσκευές θέρμανσης και σε σωλήνες

3) H05SJ-K (σιλικόνη), ΕΛΟΤ 623.3



- 1. υαλοφασμα
 - 2. μόνωση από λάστιχο σιλικόνης
 - 3. λεπτοπολύκλωνος αγωγός χαλκού.
- Τάσεις : $U_0/U = 300/500$ V, $U_\delta = 2$ kV (1 min).
- Θερμοκρασίες : $\theta_\delta = 180^\circ\text{C}$, $\theta_{\beta\rho} > 400^\circ\text{C}$
- Αγωγοί : Ένας αγωγός, 0,75 mm²... 16 συνήθως και σπάνια μέχρι 120 mm² διατομή, πολύκλωνος, εύκαμπτος.
- Χρήση : Σε συσκευές υψηλής θερμοκρασίας, φούρνους, θερμοσυσσωρευση, φωτιστικά σώματα.

4) N2GMH2G (σιλικόνη), VDE 250



- 1. μανδύας από λάστιχο σιλικόνης
 - 2. μόνωση από λάστιχο σιλικόνης,
 - 3. λεπτοπολύκλωνος αγωγός χαλκού.
- Τάσεις : $U_0/U = 300/500$ V, $U_\delta = 2$ kV (1 min).
- Θερμοκρασίες : $\theta_\delta = 180^\circ\text{C}$, $\theta_{\beta\rho} = 400^\circ\text{C}$
- Αγωγοί : 2... 4 αγωγοί, 0,75 ... 4 mm² διατομή, πολύκλωνοι.
- Χρήση : Σε συσκευές υψηλής θερμοκρασίας (>100°C)

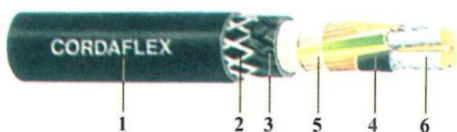
Πίνακας 3.6: Εύκαμπτα καλώδια για ανυψωτικά μηχανήματα, ανελκυστήρες, εύκαμπτες συνδέσεις ισχύος. Κατασκευή από αιθυλαινιούχο προπυλαινιούχο ελαστικό (EPR).

1) Καλώδιο τηλεχειρισμού NSHTÖUK, VDE 250



1. εξωτερικός μανδύας χλωροπρενίου
2. πλέγμα
3. εσωτερικός μανδύας χλωροπρενίου
4. μόνωση EPR,
5. πλαστικό φύλλο
6. λεπτοπολύκλωνος αγωγός Cu (χαλκού).

2) Καλώδιο ενέργειας NSHTÖUK (SM), VDE 250



1. εξωτερικός μανδύας χλωροπρενίου
2. πλέγμα,
3. εσωτερικός μανδύας χλωροπρενίου
4. αριθμημένοι αγωγοί μονωμένοι με EPR
5. πλαστικό φύλλο
6. λεπτοπολύκλωνος αγωγός χαλκού (Cu)

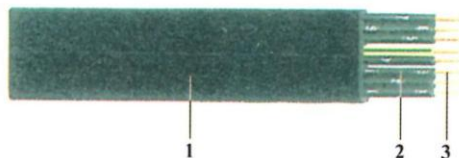
Τάσεις : $U_0/U = 0,6 / 1 \text{ kV}$, $U_{\delta\sigma\kappa} = 3 \text{ kV}$.

Θερμοκρασίες : $\theta_{\delta} = 80^{\circ}\text{C}$, $\theta_{\beta\beta} = 250^{\circ}\text{C}$.

Αγωγοί : $4 \times 10 \text{ mm}^2 \dots 4 \times 50 \text{ mm}^2$ ή $45 \times 1 \text{ mm}^2 \dots 12 \times 1,5 \text{ mm}^2, 12 \times 2,5 \text{ mm}^2$
πολύκλωνοι, πολύ λεπτοί. Αγωγοί για συνδέσεις ισχύος 4. Αγωγοί για συνδέσεις τηλεχειρισμού 12...45

Χρήση : ανυψωτικά μηχανήματα με ισχυρή μηχανική καταπόνηση, για συνδέσεις ισχύος ή τηλεχειρισμού. Σε ψύχος διατηρεί ελαστικότητα μέχρι και -35°C .

3) H05VVH2 -F H07VVH2 -F, CENELEC HD 21.1 S2 ή ΕΛΟΤ 563.5



1. μανδύας από PVC
2. μόνωση PVC
3. λεπτόκλωνος αγωγός χαλκού (Cu)

Τάσεις : $U_0/U = 300/500 \text{ V}, 450/700 \text{ V}$, $U_{\delta\sigma\kappa} = 3 \text{ kV}, 5 \text{ kV}$

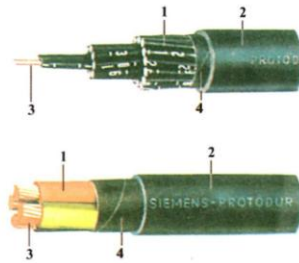
Θερμοκρασίες : $\theta_{\delta} = 90^{\circ}\text{C}$, $\theta_{\beta\beta} = 250^{\circ}\text{C}$

Αγωγοί : $4 \times 1,5 \dots 4 \times 95 \text{ mm}^2$ έως $24 \times 1,5 \dots 24 \times 2,5 \text{ mm}^2$.

Χρήση : ανυψωτικά μηχανήματα σαν συνδέσεις ισχύος ή τηλεχειρισμού, όχι για εξωτερικούς χώρους.

Πίνακας 3.7: Καλώδια ισχύος βαρέως τύπου XT και MT για μόνιμες συνδέσεις. Όλα τα καλώδια μπορούν να ενταφιαστούν και αντέχουν σε συνθήκες εξωτερικού χώρου, όχι όμως γενικά στις μηχανικές καταπονήσεις, εκτός αν υπάρχει μηχανική ενίσχυση, IEC 502, ΕΛΟΤ 843, VDE 0271.

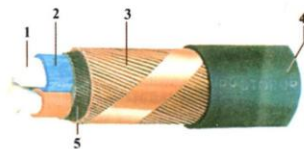
1) NYU-0,6/1 kV κατά VDE 0271, J1VV κατά IEC 502 ΚΑΙ ΕΛΟΤ 843, (PVC)



- 1. μόνωση PVC
- 2. εξωτερικός μανδύας PVC
- 3. αγωγός
- 4. φύλλο PVC

χρήση και ιδιότητες κατ' αναλογία όπως στο καλώδιο NYCY.

2) NYCY VDE 0271 (PVC)



- 1. αγωγός
- 2. μόνωση PVC
- 3. συγκεντρικό πλέγμα (ουδέτερος),
- 4. μανδύας PVC
- 5. υλικό πλήρωσης.

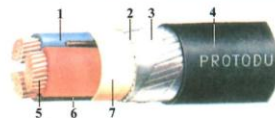
Τάσεις : $U_0/U = 0,6/1$ kV, $U_{δοκ} = 4$ kV.

Θερμοκρασίες : $\theta_{\delta} = 70^{\circ}\text{C}$, $\theta_{pp} = 170^{\circ}\text{C}$.

Αγωγοί : 3... 45, 1,5... 400 mm² Cu ή 4x35... 400 mm² Al.
Καλώδια τηλεχειρισμού έχουν μέχρι 45x1 mm².

Χρήση : Εγκαθίστανται μέσα στο έδαφος, εφ' όσον δεν καταπονούνται μηχανικά, στον ελεύθερο αέρα, σε εσωτερικούς χώρους.
Υπάρχουν καλώδια ενέργειας και τηλεχειρισμού ή παροχών NYCY.

3) NYFGY, VDE 0271, J1VZ4V-S, ΕΛΟΤ 843, IEC 502 (PVC με μηχανική ενίσχυση)



- 1. μόνωση PVC
- 2. ενίσχυση με χαλύβδινα πλατιά σύρματα
- 3. χαλύβδινη ταινία
- 4. εξωτερικός μανδύας PVC
- 5. αγωγός χαλκού (Cu)
- 6. κορδόνι PVC,
- 7. υλικό πλήρωσης PVC.

Χρήση και ιδιότητες: Όπως το καλώδιο NYU, αλλά εδώ δεν έχουμε επιπροσθέτως υψηλή μηχανική αντοχή λόγω της ενίσχυσης. Είναι κατάλληλο για αντίξοες συνθήκες και μπορεί να ποτισθεί στο νερό.

4) NKBA, NAKBA (χαρτί, με μηχανική ενίσχυση) VDE 0255



- 1. αγωγός
- 2. μολύβδινο μανδύας
- 3. χαλύβδινες ταινίες
- 4. μανδύας από γιούτα με άσφαλτο
- 5. εμποτισμένη μόνωση χαρτιού
- 6. συμπληρωματικό υλικό
- 7. μονωτικός εσωτερικός μανδύας περιζώμα
- 8. εσωτερικό προστατευτικό στρώμα.

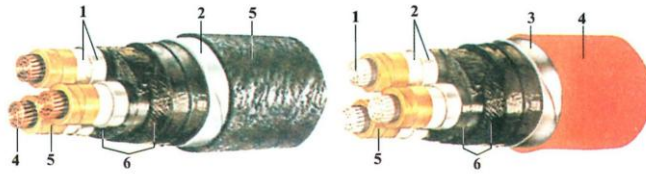
Τάσεις : $U_0/U = 0,6/1$ kV... 6/10 kV, $U_{δοκ} = 2,5 \times U$ (15 min).

Θερμοκρασία : $\theta_{\delta} = 80^{\circ}\text{C}$ για 0,6/1kV, 65°C για 6/10 kV,
 $\theta_{pp} = 180^{\circ}\text{C}$ για 0,6/1 kV, 165°C για 6/10kV

Χρήση : Για εγκαταστάσεις σε εσωτερικούς ή εξωτερικούς χώρους στο έδαφος ή νερό. Δεν αντέχει σε πολύ μεγάλες καταπονήσεις εφελκυσμού, π.χ. σε πόντιση μεγάλου βάθους.

Πίνακας 3.8: Καλώδια Μέσης Τάσης.

1) NEKEBA - 12/20 kV (χαρτί), VDE 0255



- | | |
|-----------------------|--------------------------|
| 1. μολύβδινος μανδύας | 4. αγωγός |
| 2. μηχανική ενίσχυση | 5. εμπότισμένη μόνωση |
| 3. γιούτα-άσφαλτος | 6. συμπληρωματικά υλικά. |

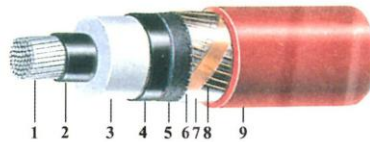
Τάσεις : $U_0/U = 6/10, 12/20, 18/30$ kV, $U_{\delta} = 2,5 U$ (15 min).

Θερμοκρασίες : $\theta_{\delta} = 70, 65, 60^{\circ}\text{C}$, $\theta_{\beta\eta} = 170, 155, 140^{\circ}\text{C}$.

Χρήση : Καλώδια διανομής και βιομηχανικών εγκαταστάσεων. Επιτρέπεται ο ενταφιασμός τους.

Παρατήρηση : Η διαφορά των NEKEBA από τα NKBA είναι ότι στα πρώτα έχουμε τρεις ξεχωριστές θωρακίσεις.

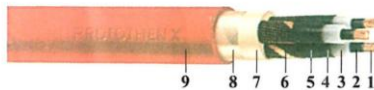
2) N(A)2XSY 6/10 kV, 18/30 kV, VDE 273, IEC 502, ΕΛΟΤ 1029



- | | |
|----------------------------|------------------------------------|
| 1. αγωγός αλουμινίου | 6. θωράκιση από χάλκινα σύρματα |
| 2. εσωτερικό αγωγό στρώμα | 7. εγκάρσια ένωση από αγωγό χαλκού |
| 3. πολυαιθυλένιο, XLPE | 8. πλαστικό φύλλο |
| 4. εξωτερικό αγωγό στρώμα, | 9. μανδύας PVC. |
| 5. αγωγό χαρτί | |

Χαρακτηριστικά και ιδιότητες όπως στο επόμενο καλώδιο N2XSEY

3) N2XSEY 3/6 και 6/10 kV, VDE 0273, IEC 502, ΕΛΟΤ 1029 (Τριπολικό Καλώδιο MT)



- | | |
|---------------------|-------------------|
| 1. αγωγός | 6. θωράκιση |
| 2. αγωγό στρώμα | 7. υλικό πλήρωσης |
| 3. XLPE | 8. μονωτικό φύλλο |
| 4. αγωγό στρώμα | 9. μανδύας PVC. |
| 5. αγωγίσιμη ταινία | |

Τάσεις : $U_0/U = 3/6, 6/10$, $U_{\delta\text{ok}} = 2,5 U$ (15 min)

Θερμοκρασίες : $\theta_{\delta} = 90^{\circ}\text{C}$, $\theta_{\beta\eta} = 250^{\circ}\text{C}$ για δικτ. πολυαιθυλένιο 2X.

Χρήση : Καλώδιο διανομής, βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Επιτρέπεται ο ενταφιασμός τους. Είναι τα περισσότερο διαδεδομένα τριπολικά καλώδια μέσης τάσης με πλαστική μόνωση. Το N2XSEY χρησιμοποιείται σε κινητήρες 6 kV.

Πίνακας 3.9: Ελάχιστη επιτρεπόμενη διάμετρος σωλήνων για πολλούς μονόκλωνους αγωγούς H05V ή H07V (NYA) των εσωτερικών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων.

Πλήθος × διατομή αγωγών σε mm ²	Ελάχιστη επιτρεπόμενη εσωτερική διάμετρος σωλήνων σε mm	
	ορατοί σωλήνες	χωνευτοί σωλήνες
1×1	9	11
1×1,5	9	11
1×2,5	9	11
1×4	11	11
1×6	11	11
1×10	11	11
1×16	13,5	13,5
2×1	9	11
2×1,5	11	13,5
2×2,5	13,5	16
2×4	13,5	16
2×6	16	16
2×10	23	23
2×16	23	23
3×1	11	11
3×1,5	13,5	16
3×2,5	13,5	16
3×4	16	23
3×6	16	23
3×10	23	23
3×16	29	29
4×1	13,5	13,5
4×1,5	13,5	16
4×2,5	16	16
4×4	16	23
4×6	23	23
4×10	29	29
4×16	29	29
5×1	13,5	13,5
6 μέχρι 7×1	16	16
8 μέχρι 12×1	23	23
5 μέχρι 7×1,5	16	16
8 μέχρι 12×1,5	23	23

3.8.3 Εναρμονισμένα Καλώδια (χαμηλής τάσης)

Η ηλεκτροτεχνική επιτροπή της Ευρωπαϊκής Κοινότητας (CENELEC έχει εναρμονίσει τους διάφορους κανονισμούς και έχει βγάλει τυποποιήσεις που αναγνωρίζονται σε όλα τα κράτη μέλη της κοινότητας. Στη χώρα μας κυκλοφορούν στο εμπόριο τέτοια καλώδια και διαθέτουν το

χαρακτηριστικό ΕΛΟΤ <|HAR|>, το οποίο σημαίνει εναρμονισθείσα γραμμή ή καλώδιο κατά CENELC και ότι η κατασκευή τους ελέγχεται συνεχώς.

Ο κώδικας της σήμανσης των καλωδίων αυτών είναι κατά CENELC HD 361 S 2 και δίνεται παρακάτω:

Πίνακας 3.10: Κώδικας ονομασίας καλωδίων και μονωμένων αγωγών ελαφριού τύπου κατά VDE 0250.

		1	2	3			
Χαρακτηρισμός του κανονισμού:							
Κανονισμός που εναρμονίστηκε	H						
Αναγνωρισμένος εθνικός τύπος	A						
Καλώδιο κατά IEC	J						
Ονομαστική τάση U_0/U:							
300/300 V	03						
300/500 V	05						
450/750 V	07						
600/1000 V	1						
Μόνωση							
PVC	V						
Φυσικό λάστιχο ή/και στυρολοβουνοδιένιο	R						
Λάστιχο σιλικόνης	S						
Ενίσχυση							
Χαλύβδινες ταινίες	ZA						
Μανδύας							
PVC	V						
Φυσικό λάστιχο ή/και στυρολο-βουταδιένιο	R						
Πολυγλωροπρένιο (νεοπρένιο)	N						
Υφασμα υαλοϊνές	J						
Υφασμα	T						
Υφασμα με αντιπυρικό υλικό	T2						
Ιδιομορφίες κατασκευής							
Πλατειά, χωριζόμενη γραμμή	H						
Πλατειά μη χωριζόμενη γραμμή	H2						
Κορδόνια για συμπλήρωση των κενών	D5						
Αγωγός							
μονόκλωνος	U						
πολύκλωνος	R						
λεπτοπολύκλωνος, γραμμές μόνιμων εγκαταστάσεων	K						
λεπτοπολύκλωνος πολύ εύκαμπτος	F						
πολύ λεπτοπολύκλωνος, υπερυψηλής ευκαμψίας	H						
πολύ λεπτοπολύκλωνος γυμνός αγωγός	Y						
τομείς	S						
Αριθμός αγωγών							
συνολικά	...						
χωρίς αγωγό προστασίας	X						
με αγωγό προστασίας	G						
Ονομαστική διατομή αγωγού							
Χρώμα	...						

Για παράδειγμα το καλώδιο H05V - U1,5 αντιστοιχεί σε:

- H = εναρμονισθείσα γραμμή,
- 05 = μέχρι 500 V τάση συστήματος,
- V = PVC, κύρια μόνωση,
- U = ένας αγωγός,
- 1,5 = 1,5mm²

Η παλιά αντιστοιχία ήταν NYA 1,5mm². Ένα άλλο παράδειγμα αποτελεί το κοινό παροχικό καλώδιο J1VV-R4G 16:

J	=	καλώδιο κατά IEC
1	=	πολική τάση 1kV, μέγιστη ονομαστική τάση συστήματος
V	=	μόνωση PVC,
V	=	μόνωση PVC,
R	=	πολύκλωνος αγωγός,
4	=	4 αγωγοί συνολικά,
G	=	αγωγός προστασίας
16	=	διατομή αγωγών 16mm ²

Η παλιά αντιστοιχία ήταν NYA 16mm².

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΛΩΔΙΩΝ ΚΑΙ Η ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΟΥΣ

Τα καλώδια επιλέγονται με βάση τις ομαλές συνθήκες λειτουργίας, κυρίως το ρεύμα, αλλά και άλλα κριτήρια, καθώς και τις συνθήκες που διαμορφώνονται στα σφάλματα. Θα αναφερθούν κατ' αρχήν επιγραμματικά τα κριτήρια επιλογής. Ακολούθως θα αναλυθούν αυτά που αφορούν το επιτρεπόμενο ρεύμα στην κανονική λειτουργία και τα σφάλματα. Νερό, υγρασία, χόμα, ηλιακή ακτινοβολία, μύκητες (μούχλα), μπορούν να καταπονήσουν το καλώδιο υπέρμετρα. Συνήθως οι επιλογές καλωδίων σε σχέση με τις απαιτήσεις περιβάλλοντος είναι οι εξής για τάση 400/230 V [2,3]:

- Καλώδια J1VV-12 κατά IEC 60502 ή ΕΛΟΤ 843 ή NYVY κατά VDE 0271 είναι κατάλληλα για εγκατάσταση σε περιβάλλοντα υψηλών απαιτήσεων, όπως χόμα, νερό.
- Καλώδια H05VV-R ή A05VV-R κατά CENELEC ή NYM κατά VDE 0250 είναι κατάλληλα για εγκατάσταση στον αέρα, μέσα ή πάνω στο σουβά. Εάν είναι μονόκλωνοι μονωμένοι αγωγοί με απλή μόνωση τύπου H05VV-U1 ή NYA τότε πρέπει για λόγους προστασίας να μπουν σε προστατευτικό σωλήνα. Αυτό επειδή απλή μόνωση δε θεωρείται ασφαλής μόνωση για αποφυγή ηλεκτροπληξίας. Πεπλατυσμένα καλώδια επιτρέπονται μόνο μέσα σε σουβά ή σε κοιλάτες του τοίχου, όχι όμως πίσω από γυψοσανίδες. Τα πεπλατυσμένα καλώδια δεν επιτρέπεται να εγκαθίστανται σε δέσμες όλα μαζί, δηλαδή όχι το ένα πάνω από το άλλο.
- Καλώδια H05VV-F ή H05RN-F ή H-7RN-F είναι κατάλληλα για εύκαμπτες συνδέσεις, μπαλαντέζες κλπ.

Η διατομή των καλωδίων επιλέγεται έτσι ώστε η θερμοκρασία της μόνωσης να μην υπερβεί ένα όριο και υπερθερμανθεί και σε περίπτωση βραχυκυκλωμάτων. Η πτώση τάσης πρέπει συνήθως να περιορίζεται στο 4%. Ανάλογα με το είδος της εγκατάστασης, μπορεί να επιβάλλεται ακόμα μικρότερη πτώση τάσης πχ 3% σε κινητήρες ή 0,5 σε φωτισμό με λαμπτήρες πυράκτωσης.

Ο κανονισμός HD 384 για την ασφάλεια κατά της ηλεκτροπληξίας προβλέπει τη διακοπή της τροφοδοσίας σε χρόνους 0,2sec έως 0,4sec. Οι χρόνοι αυτοί επιτυγχάνονται εφόσον το ρεύμα του βραχυκυκλώματος είναι αρκετά μεγάλο. Συνεπώς το καλώδιο δεν πρέπει να προβάλλει μεγάλη αντίσταση, δηλαδή η διατομή του πρέπει να ελεγχθεί ώστε να είναι αρκετά μεγάλη. Για

λόγους μηχανικής αντοχής και λειτουργικούς οι διάφοροι κανονισμοί αναφέρονται σε ελάχιστες επιτρεπόμενες διατομές πχ 1,5mm² για μόνιμες εγκαταστάσεις. Οι ελάχιστες διατομές καλωδίων και αγωγών προσδιορίζονται από το πρότυπο της CENELC HD 384.5.324.1 [2]:

Πίνακας 4.1: Ελάχιστες διατομές αγωγών.

Είδος ηλεκτρικής γραμμής		Χρήση του κυκλώματος	Αγωγοί	
			Υλικό	Διατομή mm ²
Μόνιμες εγκαταστάσεις	Μονωμένοι αγωγοί ή καλώδια	Κυκλώματα ισχύος και κυκλώματα φωτισμού	Χαλκός Αλουμίνιο	1,5 16 ⁽¹⁾
		Κυκλώματα ισχύος και σηματοδότησης	Χαλκός	0,50 ⁽²⁾
	Γυμνοί αγωγοί	Γυμνοί αγωγοί	Χαλκός Αλουμίνιο	10 16
		Κυκλώματα ισχύος και σηματοδότησης	Χαλκός	4
Εύκαμπτες συνδέσεις	Μονωμένοι αγωγοί ή καλώδια	Τροφοδότηση συγκεκριμένης συσκευής	Χαλκός	Σύμφωνα με το αντίστοιχο Πρότυπο
		Οποιαδήποτε άλλη χρήση		0,75 ⁽³⁾
		Κυκλώματα πολύ χαμηλής τάσης για ειδικές εφαρμογές		0,75

Σημειώσεις: 1) Οι συνδετήρες που χρησιμοποιούνται για τους αγωγούς αλουμινίου πρέπει να έχουν δοκιμασθεί και να είναι εγκεκριμένοι για αυτή τη χρήση.
2) Για κυκλώματα ελέγχου και σηματοδότησης που προορίζονται για ηλεκτρονικό εξοπλισμό επιτρέπονται αγωγοί διατομής 0,1 mm².
3) Σε πολυπολικά καλώδια με 7 ή περισσότερους από 7 αγωγούς, εφαρμόζεται η σημείωση 2.

Ο υπολογισμός για καλώδια τάσεων μέχρι και 1000 V ΕΡ ή 1400 V ΣΡ γίνεται σύμφωνα με το πρότυπο CENELEC HD384.5.523 που είναι και κανονισμός την Ελλάδα και στα μέλη της Ε.Ε. Το νέο αυτό πρότυπο έχει πιο λεπτομερή αναφορά στις διάφορες περιπτώσεις και επιτρέπει υψηλότερες γενικά φορτίσεις απ' ότι οι παλιοί κανονισμοί, χωρίς βέβαια να βρισκόμαστε σε ανασφαλή περιοχή. Επίσης εξετάζει την περίπτωση καλωδίων εγκατεστημένων σε τοίχους με θερμομόνωση καθώς και καλωδίων στο έδαφος που δεν αναφέρονταν στο παλιότερο ΚΕΗΕ. Βάση για τον νέο κανονισμό είναι η μέγιστη επιτρεπόμενη θερμοκρασία στον αγωγό η οποία εξαρτάται από το μονωτικό. Το πρότυπο HD 384.5.523 και οι πίνακες που θα παραθέσουμε στην συνέχεια, αναφέρεται σε εγκαταστάσεις χαμηλής τάσης (<1000V ενεργός τιμή) και ημιτονοειδή ρεύματα των 50 Hz. Για μη γραμμικά φορτία οι τιμές μειώνονται. Ιδιαίτερη προσοχή δίδεται στον ουδέτερο ο οποίος μπορεί να φέρει ρεύμα 170% του ρεύματος φάσεων.

Το ρεύμα υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψη ένα ρεύμα αναφοράς I_0 και πολλαπλασιάζοντάς το με δύο συντελεστές:

$$I = I_0 * f_{\theta} * f_n \quad , \text{όπου:}$$

I_0 δίδεται στους παρακάτω πίνακες και ισχύει για θερμοκρασία 30⁰C και PVC μονωτικό

f_{θ} συντελεστής θερμοκρασίας περιβάλλοντος

f_n συντελεστής πλήθους κυκλωμάτων

Η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι η θερμοκρασία στο όριο του καλωδίου όταν αυτό δε φορτίζεται. Η θερμοκρασία του αέρα σε κατοικημένο χώρο μπορεί να ληφθεί ίση με 40°C το μέγιστο. Το πλήθος των φορτιζόμενων αγωγών είναι ίσο προς τους αγωγούς που φέρουν ρεύμα, δηλαδή ο αγωγός προστασίας PE δεν προσμετράται. Ο κανονισμός προβλέπει και επιβάλλει **ισοκατανομή ρεύματος** όταν χρησιμοποιούμε πολλούς παράλληλους αγωγούς ανά φάση, πχ 4 παράλληλα καλώδια ανά φάση.

Πίνακας 4.2: Όριο φόρτισης καλωδίων και μονωμένων αγωγών χαμηλής τάσης από χαλκό και PVC για 30°C και μονοφασικά ή τριφασικά συστήματα μέσα ή πάνω σε τοίχους.

τριπολικό καλώδιο σε σωλήνα σε μονωμένο τοίχο		σύστημα 3 μονωμένων αγωγών σε σωλήνα ή τριπολικό καλώδιο σε μονωμένο τοίχο	2 μονωμένοι αγωγοί σε σωλήνα σε μονωμένο τοίχο
mm ²	A	A	A
1,5	13	13,5	14,5
2,5	17,5	18	19,5
4	23	24	26
6	29	31	34
10	39	42	46
16	52	56	61
25	68	73	80
35	83	89	99
50	99	108	118
70	125	136	149
95	150	164	179
120	172	188	206
150	196	216	240
185	223	245	273
240	261	286	321
300	298	328	367

Πίνακας 4.3: Όριο φόρτισης καλωδίων και αγωγών χαμηλής τάσης από χαλκό και PVC για 30°C και μονοφασικά ή τριφασικά συστήματα μέσα ή επάνω σε τοίχους.

mm ²	A	A	A
1,5	15,5	17	19
2,5	21	23	26
4	28	31	35
6	36	40	44
10	50	54	60
16	68	73	80
25	89	95	105
35	109	117	128
50	130	141	154
70	164	179	194
95	197	216	233
120	227	249	268
150	259	285	318
185	295	324	362
240	346	380	424
300	396	435	486

Πίνακας 4.4: Συντελεστές διόρθωσης f_{θ} για θερμοκρασία περιβάλλοντος διαφορετική των 30°C.

Θερμοκρασία Περιβάλλοντος °C	Μόνωση	
	PVC	EPR ή XLPE
10	1,22	1,15
15	1,17	1,12
20	1,12	1,08
25	1,06	1,04
35	0,94	0,96
40	0,87	0,91
45	0,79	0,87
50	0,71	0,82
55	0,61	0,76
60	0,50	0,71
65	–	0,65
70	–	0,58
75	–	0,50
80	–	0,41

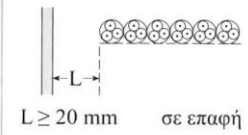
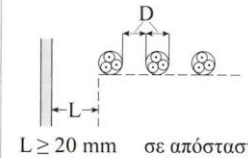
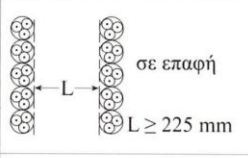
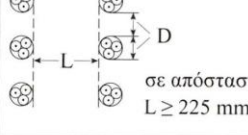
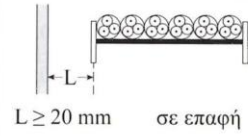
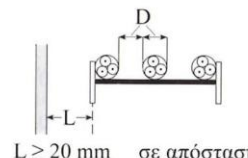
Πίνακας 4.5: Συντελεστές διόρθωσης f_n για την ομαδοποίηση περισσότερων από ένα κυκλωμάτων ή περισσότερων από ένα πολυπολικών καλωδίων σε επαφή ή σε μικρή απόσταση μεταξύ τους.

α/α	Τρόπος τοποθέτησης μονωμένων αγωγών ή καλωδίων	Πλήθος κυκλωμάτων ή πολυπολικών καλωδίων											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20
1	– Ελεύθερα στον αέρα ή – πάνω στην επιφάνεια δομικού υλικού ή – επιτοίχια γυμνά ή σε σωλήνα ή – εντοιχισμένα γυμνά ή σε σωλήνα	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38
2	Σε απλή στρώση, σε επαφή με τοίχο ή με δάπεδο ή πάνω σε συμπαγή φορέα καλωδίων	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,71	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
3	Σε απλή στρώση, στερεωμένη απευθείας κάτω από οροφή	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61	0,61	0,61	0,61

Σημειώσεις

1. Αυτοί οι συντελεστές εφαρμόζονται σε ομοιόμορφες ομάδες ισοφορτισμένων καλωδίων.
2. Όταν η οριζόντια απόσταση γειτονικών καλωδίων υπερβαίνει το διπλάσιο της διαμέτρου τους δεν απαιτείται καμία διόρθωση.
3. Οι ίδιοι συντελεστές χρησιμοποιούνται για:
 - ομάδες δύο ή τριών μονοπολικών καλωδίων και
 - πολυπολικά καλώδια.
4. Αν ένα σύστημα περιλαμβάνει διπολικά και τριπολικά καλώδια, το συνολικό πλήθος των καλωδίων λαμβάνεται ως πλήθος κυκλωμάτων και ο αντίστοιχος συντελεστής πολλαπλασιάζεται επί τις τιμές του μέγιστου επιτρεπόμενου ρεύματος που δίνονται από τους Πίνακες για διπολικά και για τριπολικά καλώδια αντιστοίχως.
5. Αν μια ομάδα αποτελείται από n μονοπολικά καλώδια μπορεί να θεωρηθεί είτε ως $\sqrt{2}$ κυκλώματα δύο φορτιζόμενων αγωγών είτε ως $\sqrt{3}$ κυκλώματα τριών φορτιζόμενων αγωγών.

Πίνακας 4.6: Συντελεστές διόρθωσης f_n για την ομαδοποίηση περισσότερων από ενός πολυπολικών καλωδίων.

Τρόπος εγκατάστασης	Πλήθος φορέων	Πλήθος καλωδίων						
		1	2	3	4	6	9	
Οριζόντιοι διάτρητοι φορείς καλωδίων (βλ. σημείωση 2)	 $L \geq 20 \text{ mm}$ σε επαφή	1	1,00	0,88	0,82	0,79	0,76	0,73
		2	1,00	0,87	0,80	0,77	0,73	0,68
		3	1,00	0,86	0,79	0,76	0,71	0,66
	 $L \geq 20 \text{ mm}$ σε απόσταση	1	1,00	1,00	0,98	0,95	0,91	—
		2	1,00	0,99	0,96	0,92	0,87	—
		3	1,00	0,98	0,95	0,91	0,85	—
Κατακόρυφοι διάτρητοι φορείς καλωδίων (βλ. σημείωση 3)	 $L \geq 225 \text{ mm}$ σε επαφή	1	1,00	0,88	0,82	0,78	0,73	0,72
		2	1,00	0,88	0,81	0,76	0,71	0,70
	 $L \geq 225 \text{ mm}$ σε απόσταση	1	1,00	0,91	0,89	0,88	0,87	—
		2	1,00	0,91	0,88	0,87	0,85	—
		3	1,00	0,91	0,88	0,87	0,85	—
		3	1,00	0,91	0,88	0,87	0,85	—
Σχάρες καλωδίων, συρμάτινα πλέγματα, βραχιόνες, κ.λπ. (βλ. σημείωση 2)	 $L \geq 20 \text{ mm}$ σε επαφή	1	1,00	0,87	0,82	0,80	0,79	0,78
		2	1,00	0,86	0,80	0,78	0,76	0,73
		3	1,00	0,85	0,79	0,76	0,73	0,70
	 $L \geq 20 \text{ mm}$ σε απόσταση	1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	—
		2	1,00	0,99	0,98	0,97	0,96	—
		3	1,00	0,98	0,97	0,96	0,93	—

Σημειώσεις

1. Οι συντελεστές ισχύουν για απλές σειρές (στρώσεις) καλωδίων όπως φαίνεται στα παραπάνω σχέδια. Δεν ισχύουν για καλώδια τοποθετημένα σε περισσότερες στρώσεις σε επαφή μεταξύ τους. Σε αυτή την περίπτωση οι συντελεστές πρέπει να είναι σημαντικά χαμηλότεροι και πρέπει να προσδιορίζονται με μια κατάλληλη μέθοδο.
2. Οι συντελεστές δίνονται για κατακόρυφη απόσταση μεταξύ φορέων τουλάχιστον 300 mm και μεταξύ φορέων και τοίχου τουλάχιστον 20 mm. Για μικρότερες αποστάσεις οι συντελεστές πρέπει να μειώνονται.
3. Οι συντελεστές δίνονται για οριζόντια απόσταση μεταξύ φορέων 225 mm με τους φορείς τοποθετημένους όπως φαίνεται στα παραπάνω σχέδια. Για μικρότερες αποστάσεις οι συντελεστές πρέπει να μειώνονται.

4.1 Προσδιορισμός Γραμμής από την Επιτρεπόμενη Πτώση Τάσης

Μια γραμμή πρέπει να μην προκαλεί ανεπίτρεπτη πτώση τάσης για λόγους λειτουργικούς και ενεργειακής κατανάλωσης. Η πτώση τάσης είναι η διαφορά των ενεργών τιμών των τάσεων από τον μετρητή μέχρι το σημείο του φορτίου στην στάσιμη κατάσταση. Η πτώση τάσης

σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384.525.1 συνιστάται να μην υπερβαίνει το 4% της ονομαστικής τάσης, εκτός αν ορίζεται αλλιώς άλλη τιμή, δηλαδή 9,2V για 230V και 16V για 400V. Ωστόσο οι κανονισμοί DIN 180515 δίνουν τιμή 3% και παλιότερα μέχρι το 1984, προτεινόταν και 1% για τα κυκλώματα φωτιστικών, ενώ τώρα δεν υφίσταται. Όσον αφορά την ενεργειακή κατανάλωση, πρέπει να επισημανθεί ότι οι απώλειες στις γραμμές είναι ανάλογες της πτώσης τάσης [3].

4.1.1 Υπολογισμός πτώσης τάσης σε απλή γραμμή με ένα φορτίο και μία τροφοδότηση

Η πτώση τάσης ΔU υπολογίζεται συνήθως ανοιγμένη στην ονομαστική τάση με βάση την αντίσταση R' και την αντίδραση X' ανά μονάδα μήκους, την ισχύ P και τον συντελεστή ισχύος $\cos\varphi$.

$$\text{Για μονοφασικό κύκλωμα είναι: } \frac{\Delta U}{U} = \frac{2l\Psi'P}{U^2} = 2l\Psi'I \frac{\cos\varphi}{U} \quad (U=\text{φασική τάση})$$

$$\text{Για τριφασικό κύκλωμα είναι: } \frac{\Delta U}{U} = \frac{l\Psi'P}{U^2} = \sqrt{3}l\Psi'I \frac{\cos\varphi}{U} \quad (U=\text{πολική τάση})$$

,όπου:

l = μήκος (m)

P = ισχύς (W)

U = τάση (V)

I = ρεύμα (A)

$\cos\varphi$ = συντελεστής ισχύος

R', X' = αντίσταση, αντίδραση ανά μονάδα μήκους (Ω/m)

κ = αγωγιμότητα ($\Omega^{-1}\text{m mm}^{-2}$), στη θερμοκρασία λειτουργίας

A = διατομή (mm^2)

Ψ' = ισοδύναμη αντίσταση ανά μονάδα μήκους, που είναι

συνάρτηση της γραμμής και της γωνίας φ του συντελεστή

ισχύος:

$$\Psi' = R' + X' \tan\varphi$$

$$R' = 1/\kappa A \quad (\omega\text{μική αντίσταση})$$

Για χαμηλή τάση και για διατομές $A \leq 16\text{mm}^2$ ισχύει $\Psi' \approx R'$.

Οπότε τελικά έχουμε:

Μονοφασικό: $\Delta U = \frac{2 I I \cos \Phi}{\kappa Q}$

Τριφασικό: $\Delta U = \frac{\sqrt{3} I I \cos \Phi}{\kappa Q}$, όπου Q = διάμετρος αγωγού σε mm²

4.1.2 Όργανα προστασίας σε υπέρ-ρεύματα, υπερφόρτιση και βραχυκυκλώματα στη χαμηλή τάση

Τα όργανα προστασίας ΧΤ ανοίγουν ένα κύκλωμα, όταν το ρεύμα υπερβεί μία τιμή σε ένα καθορισμένο χρόνο και μάλιστα αυτόματα. Έχουμε τα εξής μέτρα προστασίας:

- ασφάλειες τήξης και
- αυτόματους διακόπτες (μικροαυτόματους γραμμών, αυτόματους προστασίας συσκευών, διακόπτες ισχύος, αυτόματους κινητήρων).

4.1.2.1 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, DIN/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. Για χαμηλά ρεύματα (<20A) μπορεί να χρησιμοποιούνται χάλκινα σύρματα. Για υψηλότερα ρεύματα έχουμε και τηκτά από άργυρο.

Οι ασφάλειες τήξης εκλέγονται σύμφωνα με τα εξής στοιχεία:

- ονομαστική τάση
- ρεύμα διακοπής ή ονομαστική ισχύς διακοπής
- χαρακτηριστικές χρόνου ρεύματος ή μικρό και μεγάλο ρεύμα

Τύποι ασφαλειών για οικιακές εφαρμογές είναι οι εξής:

- D ή Diazed ασφάλειες (μεγάλες βιδωτές)
- DO ή Neozed (μικρές βιδωτές)

Στις ασφάλειες τύπου D , Diazed, ο αγωγός προς τήξη είναι σύρμα ή ταινία με σταθερή συνήθως διατομή. Οι ασφάλειες κατασκευάζονται από 2-125^A συνήθως, σε διαφορετικά χρώματα και διαμέτρους για τις διάφορες περιοχές ρευμάτων.

Οι ασφάλειες D μπορούν να διακόψουν ρεύματα μέχρι 50 kA. Το μέγιστο ρεύμα βραχυκύκλωσης είναι 10-15 φορές το ονομαστικό ρεύμα του μετασχηματιστή. Οι χαρακτηριστικές ρευμάτων-χρόνου διαφέρουν από κατασκευαστή σε κατασκευαστή, αλλά πάντα εντός των κανονισμών κατά VDE 0636.

Οι ασφάλειες DO, Neozed, δε διαφέρουν ουσιαστικά από τις τύπου D. Οι διάμετροι και το μήκος των DO ασφαλειών είναι μικρότερες από τις αντίστοιχες διαστάσεις των D. Το ρεύμα απόξευξης των ασφαλειών DO είναι μικρότερο από αυτό των ασφαλειών D. Υπάρχει και ο τύπος NEOZED VBG-4 που εξασφαλίζει μεγαλύτερη προστασία στην περίπτωση έκρηξης της ασφάλειας.

4.1.2.2 *Αυτόματοι Διακόπτες προστασίας σε Υπερρεύματα*

Οι διακόπτες προστασίας είναι διακόπτες ισχύος που ανοίγουν αυτόματα σε ένα καθορισμένο χρόνο, εφόσον το ρεύμα υπερβεί μία τιμή. Σκοπό έχουν να προστατεύσουν τον εξοπλισμό από υπερβολική θερμοκρασία σε υπερφορτίσεις και από υπερβολική μηχανική και θερμική καταπόνηση σε βραχυκυκλώματα. Αποτελούνται κυρίως από δύο ή τρία μέρη:

1. το μέρος του διακόπτη ισχύος, δηλαδή τις επαφές με θάλαμο σβέσης.
2. το θερμικό στοιχείο ή τον ηλεκτρονόμο που δίνει εντολή στο διακόπτη ισχύος να ανοίξει και το οποίο προστατεύει μία γραμμή ή συσκευή από παρατεταμένη υπερφόρτιση. Οι χρόνοι διέγερσης ποικίλλουν από δευτερόλεπτα έως και λεπτά, ανάλογα με το ρεύμα.
3. το στιγμιαίο στοιχείο. Το ηλεκτρομαγνητικό στοιχείο που δίνει εντολή να ανοίξει ο διακόπτης ισχύος σχεδόν ακαριαία αν το ρεύμα υπερβεί μία τιμή.

4.1.2.3 *Αυτόματοι προστασίας γραμμών εγκαταστάσεων, μικροαυτόματοι*

Οι μικροαυτόματοι χρησιμοποιούνται στην αναχώρηση γραμμών για την προστασία τους σε παρατεταμένη υπερένταση και βραχυκύκλωμα. Έχουν τυποποιηθεί στους κανονισμούς VDE 0641, EN 60898, ΙΕΨ 0947, IEC 0898. Τα τυποποιημένα ρεύματά τους είναι από 4 έως 63Α. Κατασκευάζονται σε μονοπολική ή τριφασική μορφή για 230/400V και διακόπτουν τα ίδια περίπου ρεύματα για τάσεις 60-110V DC. Ο χειρισμός τους είναι στο κλείσιμο χειροκίνητος ενώ το άνοιγμα γίνεται αυτόματα μέσω εντολής από το θερμικό ή το ηλεκτρομαγνητικό στοιχείο.

Χαρακτηριστικά στοιχεία τους είναι:

- Η τάση
- Το ονομαστικό ρεύμα
- Το μικρό και μεγάλο ρεύμα δοκιμής
- Την ικανότητα διακοπής, σε σφάλμα. Διαθέσιμες κατηγορίες I, II, III με ικανότητα διακοπής 3kA, 6kA, 10kA
- Η κλάση περιορισμού ροής ρεύματος (κλάση 1, 2, 3)

- Οι χαρακτηριστικές ρεύματος-χρόνου. Χρησιμοποιείται η χαρακτηριστική τύπου B που χαρακτηρίζεται κυρίως από το γεγονός, ότι το ηλεκτρομαγνητικό στοιχείο αποζεύγει σε μικρούς χρόνους, όταν το ρεύμα φτάσει περίπου στο τετραπλάσιο έως πενταπλάσιο του ονομαστικού.

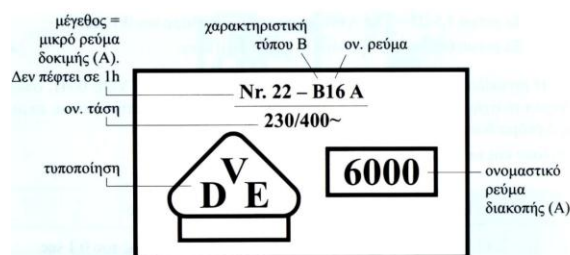
Πίνακας 4.7: Χαρακτηριστικά μικροαυτόματων προστασίας γραμμών κατά VDE 0641

Συνηθισμένοι αυτόματοι του εμπορίου με χαρακτηριστική B,
 $I_1 = \text{μικρό ρεύμα δοκιμής, } \approx 1,13 I_N$
 $I_2 = \text{μεγάλο ρεύμα δοκιμής, } \approx 1,44 I_N.$

Ονομαστικό ρεύμα I_N σε A	Μέγεθος (\approx μικρό ρεύμα)	Ρεύμα δοκιμής για μία ώρα		Δu_{\max} για $0,9 \cdot I_1$ σε V	Ισχύς απωλειών	
		μικρό (δεν λιώνει) I_1 σε A	μεγάλο (λιώνει) I_2 σε A		P_V για $0,9 I_1$ σε W	P_V για I_N σε W
4	6	6,0	8,4	0,8	4,3	2,4
6	9	9,0	11,4	0,8	6,5	3,6
8	12	12,0	15,2	0,65	7,0	3,8
10	15	15,0	19,0	0,65	8,3	4,8
12	17	16,8	21,0	0,55	8,8	5,2
16	22	22,4	28,0	0,53	11,1	7,0
20	28	28,0	35,0	0,52	13,1	8,3
25	35	35,0	43,7	0,50	15,8	9,9
32	42	41,5	51,2	0,49	18,3	13,4
35	46	45,5	56,0	0,48	19,7	14,4
40	52	52,0	64,0	0,47	22,0	16,1
50	65	65,0	80,0	0,45	26,3	19,2
63	82	82,0	100,8	0,44	32,5	23,7

Η ικανότητα διακοπής σε μικροαυτόματους είναι συνήθως 6000A και η κλάση περιορισμού ρεύματος πρέπει να είναι 3 για διακόπτες μέχρι 25^A.

Το ηλεκτρομαγνητικό στοιχείο στους μικροαυτόματους γραμμών είναι ρυθμισμένο να δίνει πτώση σε ρεύματα μεταξύ 3,5 - 5 του ονομαστικού, σε χρόνους μικρότερους από 100 ms. Η πινακίδα του μικροαυτόματου είναι τυποποιημένη κατά VDE 0641 και περιέχει τον κατασκευαστή, το ονομαστικό ρεύμα, το μικρό ρεύμα δοκιμής και την ικανότητα απόσβεσης.



Σχήμα 4.1. Επιγραφή σε μικροαυτόματους προστασίας γραμμών κατά VDE0641.

Οι μικροαυτόματοι έχουν περιορισμένη ικανότητα διακοπής που είναι 3-10kA, συνήθως όμως 6kA. Αν το ρεύμα βραχυκύκλωσης υπερβαίνει αυτήν την τιμή, πρέπει να προταχθεί μία ασφάλεια. Σε αυτές τις περιπτώσεις η ασφάλεια μπορεί να είναι και δύο έως τέσσερις βαθμίδες μεγαλύτερη, πχ για 16^A επιλέγουμε ασφάλεια μέχρι και 63A. Συνίσταται να υπάρχουν **πάντα** προτεταμένες ασφάλειες για εφεδρεία. Μία ασφάλεια μπορεί να προστατεύει περισσότερα του ενός παράλληλα κυκλώματα σε βραχυκύκλωμα. Ασφάλεια 63A προστατεύει σε βραχυκύκλωμα διατομές μέχρι 1,5 mm² ή γραμμές με αυτόματους των 10A.

Η σχέση ρεύματος πτώσης σκανδαλισμού και χρόνου ονομάζεται **χαρακτηριστική**. Η χαρακτηριστική ενός διακόπτη κυμαίνεται σε ορισμένα όρια ανοχής. Δηλαδή δύο διακόπτες, ακόμα και του ίδιου κατασκευαστή, δεν έχουν τις ίδιες χαρακτηριστικές. Προσδιορίζονται από το πρότυπο EN 60898 και επίσης από το DIN 0641 και κατηγοριοποιούνται σε A, B, C, D και διαφέρουν στο ηλεκτρομαγνητικό τους στοιχείο:

A-Χαρακτηριστική

Η χαρακτηριστική A έχει προβλεφθεί για γραμμές που τροφοδοτούν ημιαγωγούς όπου το ρεύμα που προκαλεί την πτώση είναι τριπλάσιο.

B-Χαρακτηριστική

Μία γενική χαρακτηριστική για κυκλώματα κατοικιών, γραφείων, όπου δεν τροφοδοτούνται κινητήρες, πχ κλιματιστικά.

C-Χαρακτηριστική

Έχει προβλεφθεί για κυκλώματα συσκευών με υψηλά ρεύματα εκκίνησης όπως κινητήρες, φωτιστικά ισχύος.

D-Χαρακτηριστική

Έχει προβλεφθεί για κυκλώματα συσκευών με πολύ υψηλά κρουστικά ρεύματα όπως μετασχηματιστές ισχύος, πηνία, πυκνωτές.

4.1.2.4 Διακόπτες ισχύος χαμηλής τάσης, αυτόματοι

Οι διακόπτες ισχύος, ονομάζονται και *αυτόματοι*, χρησιμοποιούνται για την προστασία σε υπερρεύματα ή και ταυτόχρονα σαν γενικό μέσο ζεύξης (όχι όμως για ζεύξεις και αποζεύξεις φορτίου). Είναι σε θέση να διακόψουν ή να ζεύξουν ένα κύκλωμα σε συνθήκες ομαλής ή ανώμαλης λειτουργίας, δηλαδή και σε βραχυκύκλωμα. Κατασκευάζονται από 20A έως και 5000A. Οι επαφές ισχύος απομακρύνονται με τη βοήθεια ελατηρίου που πρέπει να οπλιστεί μετά την πτώση του διακόπτη, ο οποίος και γίνεται χειροκίνητα με κουμπί, μοχλό ή με κινητήρα, οπότε ο οπλισμός μπορεί να γίνει εξ αποστάσεως μέσω τηλεχειρισμού.

Τα χαρακτηριστικά των διακοπών ισχύος είναι:

- Η τάση,
- Το ονομαστικό συνεχώς επιτρεπόμενο ρεύμα,
- Το θερμικό ρεύμα του 1 δευτερολέπτου (δίνεται συνήθως σε μεγάλους διακόπτες άνω των 800A),
- Το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα απόξευξης. Το ρεύμα συνοδεύεται με την κλάση βραχυκύκλωσης P_1 ή P_2 ,
- Περιοχή ρύθμισης θερμικού ή ηλεκτρονικού στοιχείου (αν υπάρχει),
- Περιοχή ρύθμισης στιγμιαίου (ηλεκτρομαγνητικού) στοιχείου (αν υπάρχει),
- Ρελαί έλλειψης τάσης και ρύθμισή του (αν υπάρχει),
- Ρελαί υπέρτασης και ρύθμισής του (αν υπάρχει),
- Μηχανισμός οπλισμού με κινητήρα (αν υπάρχει) ή χειροκίνητα. Τάση λειτουργίας του κινητήρα,
- Βοηθητικές επαφές για σήμανση, μανδάλωση κλπ.,
- Σύστημα ψύξης επαφών με ανεμιστήρα σε μεγάλους διακόπτες.

Οι μικροί διακόπτες ισχύος και οι μικροαυτόματοι έχουν όρια στο ρεύμα βραχυκύκλωσης. Αν το ρεύμα βραχυκύκλωσης υπερβαίνει αυτό το όριο, τότε προτάσσονται ασφάλειες μέχρι και τρεις βαθμίδες παραπάνω.

Διακόπτες ισχύος προτιμώνται των ασφαλειών, όταν δεν μπορεί να γίνει επιλεκτική η συνεργασία με άλλα μέσα προστασίας. Συνήθως αυτό εμφανίζεται σε ρεύματα πάνω από 400A.

Σύγχρονοι διακόπτες ισχύος διαθέτουν ηλεκτρονόμους που επιτρέπουν επακριβή ρύθμιση τόσο του ρεύματος ρύθμισης όσο και της μορφής της καμπύλης των θερμικών και ηλεκτρομαγνητικών στοιχείων.

4.1.2.5 Διακόπτες διαφορικού ρεύματος (δδρ)

Οι διακόπτες αυτοί χρησιμοποιούνται για την προστασία έναντι ηλεκτροπληξίας ή και κατά της πυρκαγιάς κατά HD 384.4. Έχουν την ονομασία, κατά το πρότυπο IEC 61008, Residual Current Breaker (RCB), η Residual Current Device (RCD). Στα ελληνικά φέρουν ακόμα και την ονομασία διακόπτες διαφυγής έντασης ή ρεύματος ΔΔΕ, ΔΔΡ. Κατασκευάζονται σύμφωνα με τα πρότυπα IEC 61008 για ΔΔΡ χωρίς στοιχείο προστασίας υπερρεύματος και IEC 61009 για ΔΔΡ με επιπλέον στοιχείο προστασίας υπερρεύματος. Δηλαδή, υπάρχουν ΔΔΡ συνδυασμένοι με μικροαυτόματο διακόπτη ισχύος.

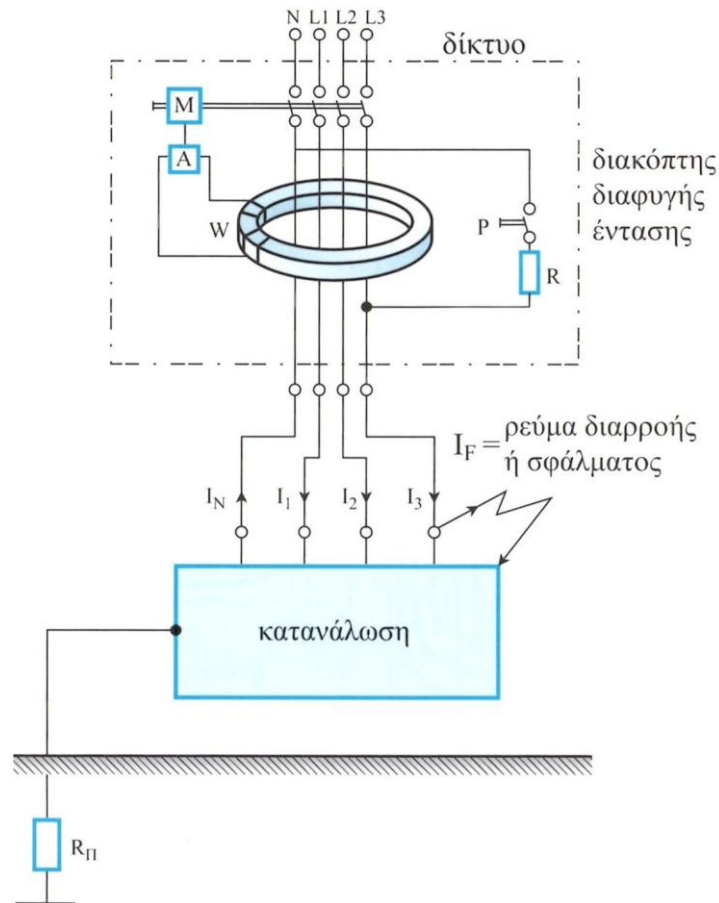
Ο ΔΔΡ παρακολουθεί το ρεύμα διαρροής ως προς τη γη. Αν αυτό υπερβεί μία τιμή, συνήθως 30 mA, τότε αποξεύγει το κύκλωμα σε όλους τους πόλους, δηλαδή στις φάσεις και στον ουδέτερο, σε 0,2 sec περίπου. Έχει σαν βασικό στοιχείο έναν «αθροιστικό» μετασχηματιστή ρεύματος τύπου δακτυλίου. Στο πρωτεύον περνούν τα ρεύματα των φάσεων I_1 , I_2 , I_3 και του ουδετέρου I_N . Στο δευτερεύον περνά ένα ρεύμα ανάλογο του αλγεβρικού αθροίσματος των τεσσάρων ρευμάτων, εφόσον έχουμε σύστημα εναλλασσόμενου ρεύματος. Αν δεν υπάρχει διαρροή, τότε το άθροισμα των ρευμάτων είναι μηδέν, γιατί το ρεύμα των τριών φάσεων επιστρέφει μέσω του ουδετέρου. Το δευτερεύον του ΜΣ έντασης δεν έχει ρεύμα. Αν υπάρχει σφάλμα ως προς τη γη, το άθροισμα των ρευμάτων των φάσεων και του ουδετέρου είναι ίσο προς το ρεύμα σφάλματος I_F .

Η υλοποίηση 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 ακυρώνεται η ροή του μόνιμου μαγνήτη. Προφανώς γήρανση του μόνιμου μαγνήτη θα σήμαινε ότι το διαφορικό ρεύμα που ακυρώνει τη ροή θα ήταν μικρότερο του ονομαστικού ($\Delta I = 30 \text{ mA}$). Δηλαδή βρισκόμαστε στην πιο ασφαλή πλευρά με την πάροδο πολλών ετών.

Ο ΔΔΡ επιτρέπεται να εφαρμόζεται σε δίκτυο TT (άμεσης γείωσης) σαν κύριο μέσο προστασίας διότι έτσι επιτυγχάνεται η προστασία ακόμα και σε μεγάλες αντιστάσεις γείωσης. Εφαρμόζεται και στα δίκτυα TNS (ουδετερογειωμένα) ή στον κεντρικό πίνακα ή και στους επιμέρους πίνακες. Αν έχουμε ένα ΔΔΡ, τότε αυτός συνδέεται μετά τον γενικό διακόπτη του κεντρικού πίνακα διανομής. Προστατεύει δηλαδή όλη την εγκατάσταση. Οι ΔΔΡ που προσφέρονται στο εμπόριο είναι ρυθμισμένοι για απόξευξη ρευμάτων σφάλματος.

Τα χαρακτηριστικά τους είναι τρία:

- Το ονομαστικό διαφορικό ρεύμα
- Το ονομαστικό ρεύμα I_N είναι το ρεύμα φάσεων στο οποίο αντέχουν συνεχώς
- Το διαφορικό ρεύμα στο οποίο αντιδρούν



Σχήμα 4.2. Διακόπτης Διαφορικού Ρεύματος (ΔΔΡ).

Υπάρχουν ΔΔΡ για τριφασικά και μονοφασικά κυκλώματα. Διακόπτες διαφυγής με $I_{\Delta N} = 30\text{mA}$ προσφέρουν προστασία επίσης στην περίπτωση που γίνεται άμεση επαφή ανθρώπου με γυμνό αγωγό. Δεν προσφέρουν όμως πάντα προστασία στην περίπτωση που ο άνθρωπος θα βραχυκυκλώσει με τα χέρια του φάση και ουδέτερο, γιατί το κύριο μέρος του ρεύματος σφάλματος περνά παό το σώμα και όχι από τον ΔΔΡ. Συνίστανται πάντα σε καταναλωτές με ουδετέρωση και ιδιαίτερα εκεί που υπάρχει αυξημένος κίνδυνος ηλεκτροπληξίας. Μειονεκτήματα του ΔΔΡ μπορεί να είναι η περιορισμένη ετοιμότητά του. Όταν αυτός δεν συντηρείται, θεωρείται μειωμένη η αξιοπιστία του και πρέπει να δοκιμάζεται τακτικά, κάθε έξι μήνες.

4.1.2.6 Επιλεκτική συνεργασία των μέσων προστασίας

Σε εγκαταστάσεις ΧΤ είναι επιθυμητό να υπάρχει μία επιλεκτικότητα των μέσων προστασίας. Συνεργασία έχουμε όταν οι χαρακτηριστικές των μέσων προστασίας δεν τέμνονται στις περιοχές ρευμάτων σφάλματος που μας ενδιαφέρουν. Πρέπει να υπάρχει σημαντική χρονική

διαφορά (0,2 sec) μεταξύ των καμπυλών. Αν οι χαρακτηριστικές είναι του ίδιου τύπου πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι υπάρχει μία διασπορά στις τιμές των χαρακτηριστικών. Αν δεν υπάρχει δυνατότητα σύγκρισης χαρακτηριστικών δύο μέσων προστασίας, τότε οι διαφορές των ονομαστικών ρευμάτων πρέπει να είναι ως εξής:

- ασφάλεια-ασφάλεια σχέση ρευμάτων $\frac{1}{1,7}$ (πχ 16Α με 35Α)
- ασφάλεια-μικροαυτόματος σχέση ρευμάτων $\frac{1}{1,9}$ (πχ 16Α με 32Α)
- μικροαυτόματος-μικροαυτόματος σχέση ρευμάτων $\frac{1}{3}$ (πχ 16Α με 50Α)

Εάν υπάρχει δυνατότητα εγκατάστασης ίδιων υλικών προστασίας από έναν κατασκευαστή τότε αρκεί για την επιλεκτικότητα να υπάρχει μια διαφορά μιας βαθμίδας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

5 ΓΕΙΩΣΕΙΣ ΣΕ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΧΑΜΗΛΗΣ ΚΑΙ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

Γείωση είναι η αγώγιμος σύνδεση ενός σημείου κάποιου κυκλώματος ή ενός μεταλλικού αντικειμένου με το έδαφος, προκειμένου να αποκτήσουν το ίδιο δυναμικό με τη γη, που ως γνωστό κατά σύμβαση, το δυναμικό της γης θεωρείται μηδέν.

Γειωτής είναι αγωγός ή αγωγοί κάποιου γεωμετρικού σχήματος, ο οποίος ή οι οποίοι τοποθετούνται μέσα στο έδαφος, προκειμένου να εξασφαλίσουν την καλύτερη δυνατή επαφή με την γη και κατά συνέπεια την αποτελεσματικότερη διάχυση του ρεύματος σφάλματος στη γη.

Οι πλέον ευρέως χρησιμοποιούμενοι τύποι γειωτών είναι : Ραβδοειδής, Πλάκας, Ταινίας (ή κυκλικός αγωγός), τύπου "Ε".

Ραβδοειδής

Ράβδος κυκλικής διατομής ή διατομής σταυρού, διαφόρων μηκών. Καρφώνονται κατακόρυφα στο έδαφος. Το άνω μέρος της ράβδου (περίπου 25cm), μπαίνει συνήθως σε φρεάτιο έτσι ώστε το σημείο σύνδεσής της με τον αγωγό γείωσης να είναι επισκέψιμο. Η τιμή της αντίστασης της γείωσης μειώνεται όσο μεγαλώνει το μήκος της ράβδου, ενώ η διάμετρος της επιδρά ελάχιστα [4].

5.1 Ραβδοειδής γειωτής κυκλικής διατομής

Κατασκευάζεται από χάλυβα ηλεκτρολυτικά επιχάλκωμένο, με πάχος επιχάλκωσης τουλάχιστον 250μm έτσι ώστε να εμπίνυται και στα πιο σκληρά εδάφη χωρίς να απογυμνώνεται η χαλύβδινη ψυχή, που θα έχει σαν αποτέλεσμα την γρήγορη διάβρωσή της. Ράβδοι με μικρότερο πάχος ηλεκτρολυτικής επιχάλκωσης ή επιχάλκωμένες μηχανικά με μανδύα χαλκού πρέπει να αποφεύγονται, οι μεν πρώτες για τον παραπάνω αναφερόμενο λόγο, οι δεύτερες διότι κατά την έμπηξη, ο χάλκινος μανδύας αποκολλάται και συγκεντρώνεται προς το άνω μέρος της ράβδου με αποτέλεσμα την αποκάλυψη της χαλύβδινης ψυχής και την γρήγορη διάβρωσή της. Οι συνήθεις διαστάσεις των ραβδοειδών γειωτών κυκλικής διατομής κυμαίνονται από 12mm έως 23 mm σε διάμετρο και 1,2m έως 3 m σε μήκος. Οι ράβδοι κυκλικής διατομής συνήθως φέρουν σπείρωμα στο άνω και κάτω άκρο το οποίο πρέπει να δημιουργείται με διαμόρφωση και όχι με κοπή, αποφεύγοντας έτσι τον κίνδυνο αποκάλυψης της χαλύβδινης ψυχής της ράβδου με αποτέλεσμα την διάβρωσή της. Με το τρόπο αυτό, εφ' όσον οι συνθήκες το επιτρέπουν οι ράβδοι μπορούν να επιμηκυνθούν στο διπλάσιο, τριπλάσιο, κ.ο.κ του

μήκους των, με την χρήση ορειχάλκινων συνδέσμων επιμήκυνσης (μούφες). Οι σύνδεσμοι αυτοί δεν επιτρέπεται να κατασκευάζονται από άλλο υλικό όπως Αλουμίνιο ή Χάλυβα, προκειμένου να έχουν την κατάλληλη μηχανική αντοχή στη διάβρωση και πολύ μικρή αντίσταση διαβάσεως του ρεύματος σφάλματος αντίστοιχα [5].

5.2 Ραβδοειδής γειωτής διατομής σταυρού

Κατασκευάζεται από χάλυβα θερμά επιψευδαργυρωμένο, με πάχος επιψευδαργύρωσης τουλάχιστον 50μm. Όσο πιο μεγάλο είναι το πάχος της επιψευδαργύρωσης του γειωτή, τόσο μεγαλύτερη είναι η αντοχή του στην διάβρωση. Οι διαστάσεις του γειωτή είναι 5 cm διάμετρος και μήκη 1,5m , 2m και 2,5m. Το πάχος των ελασμάτων που δημιουργούν την σταυροειδή διατομή είναι 3mm. Ο γειωτής πρέπει να φέρει στο άνω σημείο του, συγκολλημένο διάτρητο έλασμα για την προσαρμογή του αγωγού γείωσης [5].

5.3 Γειωτής πλάκας

Πλάκα διαφόρων διαστάσεων (ελάχιστο 500x500 x 2mm) από καθαρό ηλεκτρολυτικό χαλκό ή χάλυβα θερμά επιψευδαργυρωμένο ή μόλυβδο, με ελάχιστο πάχος 2mm. Τοποθετείται κατακόρυφα εντός του εδάφους, σε βάθος τουλάχιστον 50cm. Η τιμή της αντίστασης της γείωσης μειώνεται όσο μεγαλώνουν οι διαστάσεις της πλάκας και όσο βαθύτερα τοποθετείται στο έδαφος [5].

5.4 Γειωτής ταινίας

Ταινία διαφόρων διαστάσεων από χαλκό ή θερμά επιψευδαργυρωμένο χάλυβα. Τοποθετείται κάθετα σε μικρό βάθος μέσα στο έδαφος, περίπου 50 έως 70cm. Η τιμή της αντίστασης της γείωσης μειώνεται όσο μεγαλώνει το μήκος της ταινίας που βρίσκεται εντός του εδάφους. Εναλλακτικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί αγωγός κυκλικής διατομής, αλλά συνήθως λόγω της μικρότερης επιφάνειας επαφής του με το έδαφος, η μετρούμενη τιμή αντίστασης γείωσης κυμαίνεται σε υψηλότερα επίπεδα από την αντίστοιχη ταινία ισοδύναμου διατομής.

Τέλος δεν συνιστάται η χρήση του συρματόσχοινου ως αντικατάσταση της ταινίας, αν και το επιτρέπουν οι κανονισμοί ΚΕΗΕ, γιατί διαβρώνεται εύκολα. Για αυτό το λόγο δεν το συνιστούν οι κανονισμοί VDE 100. Ταινία χαλκού. Κατασκευάζεται από καθαρό ηλεκτρολυτικό χαλκό οι δε διαστάσεις της είναι συνήθως 30 x 2 mm, 30 x 3 mm και 40 x 3 mm. Ταινία χαλύβδινη θερμά επιψευδαργυρωμένη. Οι συνήθεις διαστάσεις της είναι 30 x 3,5mm και 40 x 4 mm με επιψευδαργύρωση 500 ή 300gr/m² [5].

5.5 Γειωτής τύπου "Ε"

Ο γειωτής "Ε" αποτελείται ουσιαστικά από δύο στοιχεία. Κάθε ένα από αυτά τα στοιχεία αποτελούνται από πλάκες όπου αφού συναρμολογηθούν κατάλληλα μεταξύ τους, το πρώτο παίρνει την μορφή "Π" και το δεύτερο την μορφή "Γ". Τα δύο στοιχεία συναρμολογούνται με μεταλλικές γωνίες, κοχλίες και περικόχλια M8 ανοξείδωτα τύπου A2.

Ύστερα από μετρήσεις και δοκιμές διαπιστώνεται ότι τα χαρακτηριστικά αντίστασης γείωσης είναι ανάλογα με αυτά 5 πλακών ίδιων διαστάσεων αλλά σε απόσταση τουλάχιστον 3m η μία από την άλλη, ή 6 ράβδων μήκους 1,5m σε απόσταση 4m η μία από την άλλη.

Κατασκευάζεται από καθαρό ηλεκτρολυτικό χαλκό ή χάλυβα θερμά επιψευδαργυρωμένο (πάχος επιψευδαργύρωσης 50 μm). Ο γειωτής τύπου "Ε" μπορεί να επεκταθεί με περισσότερα στοιχεία "Γ" μειώνοντας κατά αυτό τον τρόπο την επιτυγχανόμενη τιμή της αντίστασης γείωσης [5].

5.6 Συστήματα Γείωσης

5.6.1 Πολυγωνική διάταξη

Κατασκευάζεται από ραβδοειδής γειωτές οι οποίοι τοποθετούνται στις κορυφές ισόπλευρου πολυγώνου συνήθως δε τριγώνου (τριγωνική γείωση). Οι ράβδοι συνδέονται μεταξύ τους με αγωγό γείωσης αναλόγου διατομής με τις απαιτήσεις της εγκατάστασης (συνήθως 50 mm² Cu). Η απόσταση μεταξύ των ράβδων πρέπει να είναι τουλάχιστον 1,5 φορά του βάθους έμπηξης.

Πολλές φορές για λόγους έλλειψης χώρου ή ευκολίας, αντί της πολυγωνικής διάταξης οι ράβδοι μπορούν να τοποθετηθούν σε ευθεία διάταξη, σε "Τ" διάταξη, σε κυκλική διάταξη κ.λ.π. πάντα όμως θα πρέπει η απόσταση μεταξύ των να είναι τουλάχιστον 1,5 φορά του βάθους έμπηξης των [5].

5.6.2 Γείωση με πλάκες

Κατασκευάζεται από πλάκες οι οποίες τοποθετούνται σε τυχαία διάταξη αρκεί η απόσταση μεταξύ των να είναι τουλάχιστον 3 m. Οι πλάκες συνδέονται μεταξύ τους με αγωγό γείωσης αναλόγου διατομής με τις απαιτήσεις της εγκατάστασης (συνήθως 50 mm² Cu) [6].

5.6.3 Περιμετρική γείωση

Κατασκευάζεται από γειωτή ταινίας ο οποίος τοποθετείται σε όρυγμα βάθους 50cm έως 70cm συνήθως για να υπάρχει υγρό έδαφος περιμετρικά του κτιρίου, και σε απόσταση από το κτίριο περίπου 2m διότι τα χώματα κοντά στο κτίριο συνήθως δεν είναι αγωγίμα (μπαζα).

5.6.4 Θεμελιακή γείωση

Κατασκευάζεται από γειωτή ταινίας και σπανιότερα αγωγού κυκλικής διατομής, που τοποθετείται εντός των συνδετήριων δοκαριών των πεδίων ή στα περιμετρικά τοιχεία των θεμελίων του κτιρίου, σε μορφή κλειστού δακτυλίου. Για κτίρια μεγάλης περιμέτρου συνιστάται η τοποθέτηση εγκαρσίων ή διαμηκών τμημάτων ταινίας (πάντα εντός σκυροδέματος θεμελίων), έτσι ώστε κανένα σημείο του υπογείου να μην απέχει περισσότερο από 10 m από το γειωτή.

Η τιμή της αντίστασης της γείωσης μειώνεται όσο μεγαλώνει το μήκος της ταινίας, όπως ακριβώς συμβαίνει και στην περίπτωση της περιμετρικής γείωσης με ταινία. Σύμφωνα με το άρθρο 27 των ΚΕΗΕ η διατομή της ταινίας πρέπει να είναι τουλάχιστον 100mm² με ελάχιστο πάχος 3mm. Συνιστάται η τοποθέτηση χαλύβδινης θερμά επιψευδαργυρωμένης ταινίας και όχι χάλκινης, για την αποφυγή ηλεκτροχημικών διαβρώσεων με τον υπάρχοντα οπλισμό. Η Θεμελιακή γείωση έναντι των συμβατικών τύπων γείωσης παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα [6]:

- Χαμηλή τιμή αντίστασης γείωσης
- Αντοχή στο χρόνο - Μηχανική προστασία
- Εξάλειψη βηματικών τάσεων
- Αναμονές γείωσης σε οποιοδήποτε σημείο του εσωτερικού χώρου του κτιρίου προκειμένου να συνδεθούν άμεσα τα μεταλλικά μέρη μηχανημάτων, σωληνώσεων κλπ.
- Η εγκατάσταση της θεμελιακής γείωσης γίνεται σε ήδη υπάρχουσα εκσκαφή με αποτέλεσμα την ευκολία τοποθέτησής της, δίχως να απαιτείται ειδικός χώρος πράγμα που χρειάζεται για την τοποθέτηση συμβατικών τύπων γειωτών (ράβδοι, περιμετρική ταινία κλπ).

Για τους παραπάνω λόγους, η εγκατάσταση θεμελιακής γείωσης επιβάλλεται από τους κανονισμούς DIN 18015 Teil 1 και προτείνεται από τον ΕΛΟΤ HD 384 για κάθε νεοαναγειρόμενο κτίριο. Υπουργικές αποφάσεις που επιβάλλουν την θεμελιακή γείωση ως βασική: Η Υπουργική Απόφαση με αριθ. Φ.7.5/1816/88 της 27/02/2004 Δημοσιεύθηκε στο ΦΕΚ 470 της 05/03/2004 και έβαλε σε πλήρη ισχύ από 05/03/2006 το πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384.

Στο άρθρο 2 ορίζει για βασική γείωση την θεμελιακή. z 2. Η Κοινή Υπουργική Απόφαση με αριθ. ΦΑ' 50/12081/642 της 26/07/2006 Η απόφαση αυτή δημοσιεύθηκε στο ΦΕΚ 1222 της 05.09.2006 και τέθηκε σε άμεση ισχύ. Στο άρθρο 2 ορίζει σαν υποχρεωτική γείωση την θεμελιακή και ορίζει προθεσμία για ενημέρωση του κτιριοδομικού κανονισμού. Η Απόφαση του Υπουργού Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων έρχεται σε συνέχεια της προηγούμενης ΚΥΑ, η οποία θέτει την θεμελιακή γείωση υποχρεωτική όπως επίσης και τις διατάξεις διαφορικού ρεύματος. Με αυτήν τροποποιείται ο Κτιριοδομικός Κανονισμός (ΓΟΚ) - οπότε ακολουθείται και στον Νέο Οικοδομικό Κανονισμό (ΝΟΚ) - και συγκεκριμένα αντικαθίσταται η παράγραφος 1.2 του άρθρου 30 της απόφασης 3046/304/3.2.1989 του ΦΕΚ 59 'Δ /1989. Με την αντικατάσταση αυτή καθιερώνεται η θεμελιακή γείωση σαν υποχρεωτική [5].

Πολλές φορές κατά την κατασκευή ενός συστήματος γείωσης είναι απαραίτητη η χρήση βελτιωτικού υλικού. Οι λόγοι που οδηγούν στην απόφαση αυτή είναι οι παρακάτω :

- Μεγάλη ειδική αντίσταση του εδάφους
- Περιορισμένος χώρος εγκατάστασης
- Ιδιαίτερα διαβρωτικό έδαφος
- Ασταθείς καιρικές συνθήκες και αυξομειώσεις της ειδικής αντίστασης του εδάφους κατά την διάρκεια του έτους
- Μείωση του κόστους
- Συνδυασμός των παραπάνω

Εμπειρικά χρησιμοποιούνται διάφορα υλικά που ενώ βελτιώνουν την τιμή της αντίστασης γείωσης πρόσκαιρα, με την πάροδο του χρόνου προκαλούν τελείως αντίθετα από τα επιθυμητά αποτελέσματα. Η χρήση NaCl (χονδρό αλάτι) προς συγκράτηση, διαβρώνει το ηλεκτρόδιο μεγαλώνοντας την αντίσταση διάχυσης, δηλαδή την δυσκολία με την οποία διαχέεται το ρεύμα σφάλματος προς τη γη. Το βρόχινο νερό που θα διαπεράσει το έδαφος θα παρασύρει το αλάτι με αποτέλεσμα μετά από κάποια χρονική στιγμή να μην υφίσταται πια. Για τον τελευταίο λόγο δεν προτείνεται και η λύση γαιάνθρακα. Η χρήση δε ρινισμάτων σιδήρου λόγω οξειδωσής των, προκαλεί με την πάροδο του χρόνου επίσης αρνητικά αποτελέσματα. Η χρήση του μπετονίτη είναι ακατάλληλη για περιόδους ξηρασίας διότι τότε συρρικνώνεται και αποκολλάται από το ηλεκτρόδιο.

Ένα βελτιωτικό γειώσεων το οποίο πετυχαίνει βελτίωση της αγωγιμότητας του εδάφους εκεί όπου η ειδική αντίστασή του είναι πολύ μεγάλη και οι απαιτήσεις για χαμηλή αντίσταση διαχύσεως είναι πολύ υψηλές, είναι το TERRAFILLTM. Το TERRAFILLTM το οποίο αποτελείται από μια ουδέτερη ουσία αναμεμειγμένη με νερό, λόγω της πολύ χαμηλής ειδικής αντίστασής του, που οφείλεται κυρίως στην ηλεκτρολυτική διεργασία του νερού και των

ορυκτών αλάτων που περιέχει, τα οποία ιονιζόμενα σχηματίζουν έναν ισχυρό ηλεκτρολύτη με PH 8 έως 10, δηλαδή συμπεριφέρεται ουδέτερα και όχι όξινα ώστε να υπάρχει ο κίνδυνος της διάβρωσης του ηλεκτροδίου, ο ηλεκτρολύτης αυτός δεν απορροφάται μια και γίνεται μέρος του περιβάλλοντος εδάφους ενώ παράλληλα είναι φιλικός με το περιβάλλον. Ο ηλεκτρολύτης αυτός προσκολλάται σε οποιαδήποτε επιφάνεια εδάφους που το περιβάλλει πετυχαίνοντας έτσι τέλεια ηλεκτρική επαφή του γειωτή με αυτό. Εάν εκτεθεί άμεσα στην ακτινοβολία του ηλίου, τείνει να αυτοπροστατευθεί, εμποδίζοντας την εξάτμιση του περιεχόμενου νερού να προχωρήσει πέρα από την επιφάνειά του, σχηματίζοντας μία αδιαπέραστη μεμβράνη μερικών χιλιοστών του μέτρου, στην εκτεθειμένη στον ήλιο επιφάνειά του. Σειρά εκτεταμένων μετρήσεων και πειραμάτων σχετικά με την συμπεριφορά του TERRAFILL™, τεκμηριώνουν ότι η περιεκτικότητά του σε νερό μετά μακρά περίοδο ξηρασίας, φθάνει μέχρι και 600% του όγκου του, ενώ παράλληλα μειώνει τη τιμή της αντίστασης της γείωσης μέχρι και 14 φορές [4].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

6 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΧΑΜΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ

Οι εγκαταστάσεις ΧΤ πρέπει να κατασκευάζονται έτσι ώστε να παρέχουν σε λογικά πλαίσια ασφάλεια, αξιοπιστία, καλή λειτουργικότητα, χαμηλό κόστος και καλαισθησία. Τα υλικά και ο τρόπος της εγκατάστασης προσδιορίζονται και από τη φύση του χώρου, η οποία και εναπόκειται στην εκτίμηση του μηχανικού ή του εγκαταστάτη. Κατά κανόνα χρησιμοποιούμε ένα ιδιαίτερο κύκλωμα (ασφαλισμένη αναχώρηση) για κάθε μόνιμα εγκατεστημένη συσκευή ή έλεγχο, έτσι ώστε να μην παρενοχλεί η μία συσκευή την άλλη, για αποφυγή υπερφόρτισης των γραμμών και για λόγους απλότητας στην συντήρηση. Έτσι, έχουν κατά κανόνα, δικό τους κύκλωμα [7]:

- κινητήρες
- έλεγχος κινητήρων ή άλλων συσκευών
- μόνιμα εγκατεστημένες συσκευές κατανάλωσης, όπως ηλεκτρικές σόμπες, ηλεκτρικές κουζίνες, πλυντήρια ρούχων, πλυντήρια πιάτων, στεγνωτήρια, θερμοσυσσωρευτές.

Πολλοί ρευματοδότες (πρίζες) μαζί μπορούν να έχουν ένα κοινό κύκλωμα. Οι μονοφασικοί ρευματοδότες είναι τύπου σούκο και έχουν κύκλωμα των $2,5\text{mm}^2$ ασφαλισμένο με μικροαυτόματο 16Α. Πολλά σημεία φωτισμού μαζί μπορούν να έχουν κοινό κύκλωμα των $1,5\text{mm}^2$ τουλάχιστον, ασφαλισμένο με 10Α, ή αν δεν επαρκεί η ισχύς, θα εκλεγεί και κύκλωμα μεγαλύτερης ισχύος.

Σε κατοικίες μπορεί να γίνει χρήση κοινών κυκλωμάτων φωτισμού και ρευματοληπτών, πχ ένα κύκλωμα 2 ρευματοληπτών και δύο φωτιστικών σημείων μαζί. Τα κυκλώματα αυτά πρέπει να έχουν καλώδια $2,5\text{mm}^2$.

Οι αγωγοί δύο κυκλωμάτων ισχύος δεν συνυπάρχουν συνήθως στον ίδιο σωλήνα ή στο ίδιο καλώδιο. Κυκλώματα διαφορετικών τάσεων δεν τοποθετούνται στον ίδιο σωλήνα ή στο ίδιο καλώδιο. Επίσης διαχωρίζονται κυκλώματα ελέγχου από κυκλώματα ισχύος.

Η εγκατάσταση γραμμών και καλωδίων γίνεται:

- στον σουβά ή πάνω στον σουβά αν πρόκειται για γραμμές πλακέ (NYIF) ή NYM ή H05VV ή A05VV,
- μέσα σε σωλήνες πλαστικούς ή χαλύβδινους, γραμμές H05V-U,
- μέσα σε πλαστικά κανάλια πάνω στον τοίχο, στο δάπεδο ή στην οροφή, όπου μπορεί να γίνει και συνεχής ρευματοληψία,
- στην ψευδοροφή ή στην επένδυση των τοίχων,

- σε κανάλια στο δάπεδο, αυτό είναι σύνηθες σε χώρους μεγάλων διαστάσεων,
- μέσα σε μεταλλικούς σωλήνες, αν καταπονούνται μηχανικά (H05VV, NYM, J1VV, NYY),
- μέσα σε πλαστικούς σωλήνες στο έδαφος,
- μέσα στο έδαφος κατευθείαν (NYY ή καλώδια με μεταλλικό μανδύα NKBA, J1VV).

Η εγκατάσταση παροχέτευσης μπορεί να συνδέεται με το υπόγειο δίκτυο ή με το εναέριο δίκτυο. Στο υπόγειο δίκτυο γίνεται διακλάδωση στο καλώδιο που βρίσκεται σε φρεάτιο. Στις εναέριες παροχές το συγκεντρικό καλώδιο, τύπου Butyl-Neopren, του ΔΕΔΔΗΕ απολήγει σε έναν στυλίσκο από γαλβανισμένο σωλήνα 2'' ή αγκυρώνεται στο κτίριο σε ύψος, από τον δρόμο, μεγαλύτερο από 6,5m περίπου για να επιτρέπει τη διέλευση των οχημάτων [7].

Οι μετρητές κάθε κτιρίου εγκαθίστανται με κριτήριο την ασφάλεια και την προσπέλαση στο ισόγειο ή το υπόγειο, εφόσον δεν υπάρχει κίνδυνος πλημμύρας. Αυτοί γειώνονται από κοινού σε μία μόνο ράβδο γείωσης διαμέτρου >1'' και βάθους 2,5mm ή εναλλακτικά στο δίκτυο ύδρευσης εφόσον το επιτρέπει η ΔΕΗ [4]. Η γείωση του ουδετέρου γίνεται με χάλκινο αγωγό τουλάχιστον 16mm² και στα σημεία της σύνδεσης ο γειωτής επαλείφεται με πίσσα 30cm μέσα και έξω από το έδαφος. Οι ασφάλειες του μετρητή προστατεύουν κυρίως σε βραχυκυκλώματα και όχι σε υπερφορτίσεις. Οι μονοφασικοί καταναλωτές έχουν στον μετρητή τους ασφάλεια 35A ή μικροαυτόματος 40A ή 63A. Σε ασθενή δίκτυα η ΔΕΗ μπορεί να τοποθετήσει μικροαυτόματο 25A ή 16A. Οι τριφασικοί καταναλωτές ασφαλιζονται με 25A έως 400A, ανάλογα με το νούμερο της παροχής τους. Προσωρινές παροχές μικρών εργοταξίων μπορεί να ασφαλιζονται και με μικροαυτόματο 25A [7].

Πίνακας 6.1. Τυποποιημένες παροχές χαμηλής τάσης της ΔΕΗ [7,4].

1. Μονοφασικές παροχές							
Όνομασία Παροχής	Ισχύς Παροχής [kVA]	Εναλλακτική προστασία		Καλώδιο παροχής μετρητή - πίνακα [mm ²]	Γραμμή [mm ²]	Μετρητής [A]	
		Ασφάλεια [A]	Μικροαυτόματος [A]				
No 01	-	25	25	2x6	3x10	2x10/40	
No 02	-	30	32	2x6	3x10	2x10/40	
No 03	8	35	40	2x6	3x10	2x10/40	
No 04	10	50	50	2x16	3x16	2x15/60	
No 05	12	63	63	2x16	3x16	2x15/60	
2. Τριφασικές -παροχές							
Όνομασία παροχής	Ισχύς παροχής [kVA]	Συμφωνημένη ισχύς (ή συμμετοχής)	Εναλλακτική προστασία		Καλώδιο παροχής μετρητή [mm ²]	Γραμμή πίνακα [mm ²]	Μετρητής
			Ασφάλεια	Μικροαυτόματος			

		[kVA]	[A]	[A]			
No1	15	10	3x25	3x25	4x6	5x10	3x10/40 Τριφασικός
No1 α	18	14	3x30	3x32	4x6	5x10	3x10/40 Τριφασικός
No 2	25	21	3x35	3x40	4x6	5x10	3x10/40 Τριφασικός
No 2 α	29	24	3x50	3x50	4x16	5x16	3x20/60 Τριφασικός
No 3	35	30	3x63	3x63	4x16	5x16	3x20/60 Τριφασικός
No 4	55	45	3x100	-	4x25	5 χ 25 ή 35	3x50/100
No 5	85	70	3x160	-	3 x 95 AL + 35 Cu X-LPE	3 χ 50 + 25 + 25 ή 3 χ 70 + 35 - 35	3 χ 1,5 /6 μέσω Μ/Σ έντασης 200
No 6	135	110	3x250	-	3x150AL+35Cu X- LPE	3 χ 95 + 50 + 50	3 χ 1,5/6 μέσω Μ/Σ έντασης 200
No 7	250	170	3x400	-	2x(3x150AL+50Cu) X-LPE	3x185 + 120+ 120	3 χ 1,5/6 μέσω Μ/Σ έντασης 400

Για την εκλογή γραμμής μετρητή-γενικού πίνακα, σε μονοφασικούς καταναλωτές εγκαθίσταται καλώδιο διατομής 3x6 mm² για ασφάλειες μετρητή 25A και 3x10 mm² για αυτόματους 40A. Η γραμμή ασφαρίζεται για να έχουμε αντοχή σε βραχυκυκλώματα. Σε τριφασικούς καταναλωτές τοποθετείται καλώδιο διατομής ανάλογα με την παροχή, αλλά με ελάχιστο το καλώδιο που μπορεί να προστατεύσει η ασφάλεια του μετρητή σε βραχυκύκλωμα, το οποίο και είναι 6 mm² στην παροχή No 1 και 95 mm² στην παροχή No 7. Η γραμμή μετρητή-πίνακα πρέπει να περιέχει έναν αγωγό 1,5mm² τηλεχειρισμού, σε περιπτώσεις όπου χρειάζεται να συνδέονται νυχτερινές καταναλώσεις με το σύστημα τηλεχειρισμού ακουστικής συχνότητας ΤΑΣ [6].

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 κατώτερες από αυτές του μετρητή λόγω επιλεκτικής προστασίας, γεγονός απαραίτητο καθώς δεν επιτρέπεται στον καταναλωτή η πρόσβαση στις ασφάλειες του μετρητή [7].

Σε μονοφασικούς καταναλωτές η ασφάλεια είναι 50A, 35A, 25A όταν έχουμε στον μετρητή 63A ή 40A μικροαυτόματο, ή 35A ασφάλεια αντίστοιχα. Ασφάλειες 25A ή 16A τοποθετούνται στον πίνακα όταν έχουμε μικροαυτόματο των 25A ή ασφάλεια 16A στον μετρητή.

Οι πίνακες χρησιμοποιούνται για τη διανομή της ενέργειας σε διάφορα κυκλώματα και για χειρισμούς. Αυτοί περιέχουν τα μέσα προστασίας, αυτόματους ή ασφάλειες, μέσα ελέγχου, χρονοδιακόπτες, ρελαί, όργανα μέτρησης, αμπερόμετρα, βολτόμετρα, σημάνσεις (πχ ενδεικτικές λυχνίες) και γενικότερα ότι είναι αναγκαίο για την προστασία, λειτουργία και έλεγχο των

κυκλωμάτων που τροφοδοτούν. Σε οικίες αρκεί ένας μόνο πίνακας. Υπάρχει ένας κεντρικός ή κύριος πίνακας που τροφοδοτεί πολλούς υποπίνακες. Συνήθως ομαδοποιούμε τις καταναλώσεις ανά χώρο ή και ανά είδος κατανάλωσης (φωτισμό, κίνηση) και εξυπηρετούμε κάθε τέτοια ομάδα από έναν υποπίνακα. Τα μέσα προστασίας που μπαίνουν στον πίνακα πρέπει να ελεγχθούν αν είναι συντονισμένα (επιλεκτική συνεργασία) στην περιοχή των ρευμάτων βραχυκύκλωσης. Οι ρυθμιζόμενοι διακόπτες ισχύος έχουν το πλεονέκτημα του εύκολου χειρισμού, του εύκολου συντονισμού με άλλα μέσα προστασίας και του ότι δε χρειάζονται αντικατάσταση μετά την πτώση τους. Επίσης, δε χρειάζεται ο διακόπτης φορτίου. Ο γενικός διακόπτης φορτίου πρέπει να μπαίνει σε έναν πίνακα για λόγους συντήρησης, για να θέτουμε τον πίνακα εκτός. Αν μπει διακόπτης ισχύος στον πίνακα, τότε δε χρειάζεται διακόπτης φορτίου [7].

Η γενική ασφάλεια ή διακόπτης ισχύος προστατεύουν τον πίνακα και το καλώδιο παροχής από βραχυκυκλώματα στον πίνακα και την υπερφόρτιση. Επίσης μία πρόσθετη γενική ασφάλεια αυξάνει την εφεδρεία σε περίπτωση βραχυκυκλώματος. Ακόμα και σε μικρούς πίνακες, πχ των 63Α μπαίνουν ασφάλειες και όχι μικροαυτόματοι στην είσοδο του γενικού πίνακα, γιατί το ρεύμα βραχυκύκλωσης που μπορούν να αποξεύξουν οι μικροαυτόματοι είναι μόλις 6 kA. Το ρεύμα βραχυκύκλωσης στο δίκτυο διανομής κοντά σε ΜΣ διανομής μπορεί να είναι μεγαλύτερο από 10kA. Η γενική ασφάλεια και διακόπτης φορτίου ενός πίνακα πρέπει να είναι τέτοια ώστε να αντιστοιχούν στην μέγιστη επιτρεπόμενη φόρτιση του καλωδίου παροχής. Οι απερχόμενες γραμμές ενός πίνακα ασφαλιζονται με:

- μικροαυτόματους μέχρι 63Α
- ασφαλειοποζεύκτες ή ασφάλειες μέχρι 400Α
- διακόπτες ισχύος μέχρι 4000Α

Οι πίνακες βρίσκονται σε εύκολα προσιτά μέρη και σε ύψος 1,50-1,80m 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. Σε βιομηχανίες με πολλά μεγάλα μεταβαλλόμενα φορτία μπορεί να χρησιμοποιηθεί και το σύστημα συνεχούς ρευματοληψίας. Εκεί οι ρευματοφόροι αγωγοί διασχίζουν το χώρο και τα φορτία ζεύγονται με ειδικούς ρευματολήπτες.

6.1 Κυκλώματα

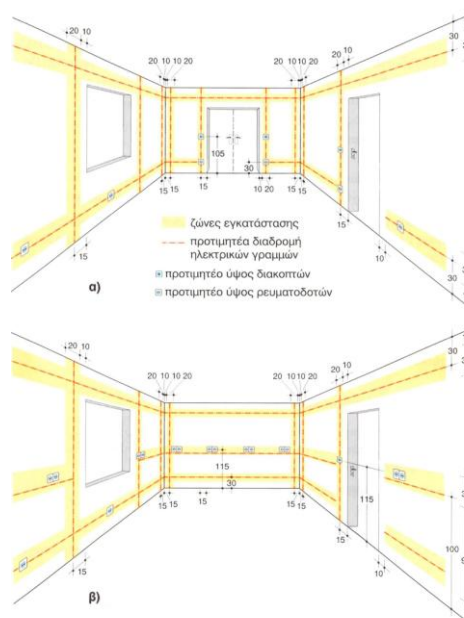
Συσκευές σε μόνιμη θέση, όπως πλυντήρια ρούχων και πιάτων, ηλεκτρική κουζίνα, θερμοσίφωνο, σιδερωτήριο, στεγνωτήριο ρούχων έχουν δικό τους κύκλωμα 2,5mm² (16Α) μέχρι 3kW, 4mm² (20Α) μέχρι 4,4kW ή και 6mm² (28Α) μέχρι 6kW. Για φωτισμό και ρευματοδότες

(πρίζες) μπορεί να έχουμε ενιαία κυκλώματα των $2,5\text{mm}^2$ ή ξεχωριστά κυκλώματα $2,5\text{mm}^2$ για πρίζες και $1,5\text{mm}^2$ για φωτισμό.

Εκτός των ρευματοδοτών που είναι μόνιμα κατειλημμένοι, πρέπει να υπάρχουν ρευματοδοτικά σημεία γενικής χρήσης, ένα σημείο ανά 2m^2 . Για κάθε σημείο ρευματοληψίας μπορούν να εγκατασταθούν διπλοί ή τριπλοί ρευματολήπτες. Τα φωτιστικά σημεία αποτελούν θέμα αρχιτεκτονικής. Για γενικό φωτισμό δωματίων αρκούν κατά DIN 18075 ένα σημείο των 100W ανά 10m^2 [7].

6.2 Γραμμές, πορεία γραμμών, θέση διακοπών, ρευματοδοτών

Γίνεται χρήση πλατιών καλωδίων (πλακέ) NYIF ή και στρογγυλών A05VV-H05VV-, (NYM) κάτω από σουβά. Συνηθίζονται επίσης γραμμές H05V-U (NYA) σε πλαστικούς σωλήνες μέσα στο σουβά. Διακλαδώσεις γίνονται σε κουτιά διακλαδώσεων ή μέσα στις πρίζες. Οι γραμμές οδεύουν οριζόντια ή κατακόρυφα, όχι λοξά και μάλιστα 30cm από το δάπεδο ή την οροφή και 15cm από τις κατακόρυφες γωνίες τοίχων. Οι ρευματοδότες εγκαθίστανται 30cm από το δάπεδο για να μην ενοχλούν στο καθάρισμα και για λόγους καλαισθησίας. Οι διακόπτες για το γενικό φωτισμό τοποθετούνται δίπλα στις πόρτες, $1,05\text{m}$ από το δάπεδο, στο ύψος περίπου της κλειδαριάς της πόρτας, για να είναι προσιτοί και στα παιδιά [7].



Σχήμα 6.1. Ζώνες εγκατάστασης, α) για δωμάτια κατοικιών (όχι κουζίνες) και β) για κουζίνες, κατά DIN 18015.

6.3 Διαδικασία και τεχνικά στοιχεία

Οι εγκαταστάσεις κατασκευάζονται με την αποκλειστική ευθύνη των κατασκευαστών αδειούχων ηλεκτρολόγων εγκαταστατών, οι οποίοι είναι υποχρεωμένοι να τηρούν τους σχετικούς Κανονισμούς και Νόμους. Η ηλεκτροδότηση των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων γίνεται αφού υποβληθεί στη ΔΕΗ Υπεύθυνη Δήλωση Εγκαταστάτη (ΥΔΕ). Μαζί κατατίθενται:

- Πολεοδομική Άδεια
- Άδεια λειτουργίας ανελκυστήρα (αν υπάρχει)
- Κατόψεις οι οποίες περιλαμβάνουν:
 - Θέση και ισχύς των συσκευών κατανάλωσης
 - Διαδρομή των γραμμών (γραμμένη στο υπόμνημα του σχεδίου), τη διατομή τους όταν αυτή είναι μεγαλύτερη από $1,5\text{mm}^2$
 - Θέσεις των διακοπών, πριζών και πινάκων σε σχέση με το ακίνητο.
 - Αναλυτικά διαγράμματα των πινάκων (μονογραμμικά)

Κατά τον υπολογισμό της εγκατεστημένης ισχύος θα λαμβάνονται υπόψη τα εξής:

- 100W για κάθε απλό φωτιστικό σημείο
- 200W για κάθε πολλαπλό φωτιστικό σημείο
- 200W για τις πρώτες πρίζες από τις τρεις κάθε κυκλώματος 10A.
- 100W για κάθε πρίζα πέρα από τις τρεις κάθε κυκλώματος 10A.
- η πραγματική ισχύς για κάθε φωτιστικό άνω των 500W

Στο Κεφάλαιο 7 θέτουμε σε εφαρμογή τα προαναφερθέντα θεωρητικά στοιχεία στην δοθείσα μονοκατοικία, όπως φαίνεται στην κάτοψη που συνοδεύει την εργασία. Ακολουθεί μελέτη και τεχνική περιγραφή της εγκατάστασης αυτής, όπως αυτή παραδίδεται στις Υπηρεσίες Δόμησης (Πολεοδομίες) και κατατίθεται στην ΔΕΗ, καθώς επιβάλλεται από την ισχύουσα νομοθεσία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

7 ΜΕΛΕΤΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΩΝ- ΤΕΥΧΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Η παρούσα μελέτη έγινε σύμφωνα με το Ελληνικό Πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384 "Απαιτήσεις για ηλεκτρικές εγκαταστάσεις", χρησιμοποιώντας και τα ακόλουθα βοηθήματα:

α) *Electrical Installations handbook, Vol 1 & 2, SIEMENS*

β) *Κανονισμοί Ηλεκτρικών Εσωτερικών Εγκαταστάσεων*

γ) *Κανονισμοί ΔΕΗ*

δ) *Ειδικά Κεφάλαια Ηλεκ/κών εγκαταστάσεων και Δικτύων, Δ. Τσανάκα*

ε) *Τεχνικό Εγχειρίδιο FULGOR*

στ) *Εσωτερικές Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις, Μ. Μόσχοβιτς*

7.1 Παραδοχές & κανόνες υπολογισμών

(α) Βασικές σχέσεις:

$$U = I \times R \quad (\text{νόμος του Ohm})$$

$$W = I^2 \times R \times t \quad (\text{θερμότητα ρεύματος})$$

$$R = \frac{2 l}{K \times A} \quad (\text{Αντίσταση Κυκλώματος})$$

$$P = U \times I \quad (\text{ισχύς στο συνεχές ρεύμα})$$

$$P = U \times I \times \cos\phi \quad (\text{ισχύς στο εναλλασσόμενο μονοφασικό})$$

$$P = 1.73 \times U \times I \times \cos\phi \quad (\text{ισχύς στο τριφασικό})$$

(β) Πτώση τάσης και διατομή καλωδίων

(β1) Πτώση τάσης u (V)

- Μονοφασικό

$$u = 2 \times \left(\frac{\cos\phi}{K \times A} + \omega \times L \times \sin\phi \right) \times I \times l$$

- Τριφασικό

$$u = 1.73 \times \left(\frac{\cos\phi}{K \times A} + \omega \times L \times \sin\phi \right) \times I \times l$$

όπου:

- U: Τάση δικτύου σε V σε σύστημα 2 αγωγών μεταξύ των αγωγών, σε σύστημα συνεχούς 3 αγωγών μεταξύ των 2 κυρίων αγωγών, σε τριφασικά συστήματα μεταξύ δύο κυρίως αγωγών
- u: Πτώση τάσης σε V από την αρχή μέχρι το τέλος του κυκλώματος
- I: Ενταση ρεύματος σε A
- R: Αντίσταση σε Ωμ
- W: Ενέργεια σε W x s
- P: Ισχύς σε W
- K: Αγωγιμότητα
- cosφ: συντελεστής Ισχύος
- A: Διατομή καλωδίου σε mm²
- l: Μήκος της γραμμής σε m
- t: χρονική διάρκεια σε s
- L: Επαγωγική αντίσταση του καλωδίου σε H/m ($\omega=2\pi f$, $f=50$ Hz)

(β2) Διατομή A (mm²)

Επιλέγεται καλώδιο τέτοιο, ώστε το ρεύμα που περνάει από τη γραμμή να είναι μικρότερο από το επιτρεπόμενο ρεύμα του καλωδίου και ταυτόχρονα η προκύπτουσα πτώση τάσης να είναι μικρότερη από την επιθυμητή (προκύπτει από τις σχέσεις της παραγράφου β1).

Για την εύρεση του επιτρεπόμενου ρεύματος λαμβάνονται υπόψη το είδος του καλωδίου, το μέσο όδευσης, η θερμοκρασία περιβάλλοντος, η μέγιστη επιτρεπόμενη θερμοκρασία καλωδίου, και ο τρόπος διάταξης και λειτουργίας.

(β3) Όργανα προστασίας

Ο υπολογισμός γίνεται σε κάθε γραμμή με έναν από τους δύο παρακάτω τρόπους:

- Επιλέγεται όργανο προστασίας ώστε το επιτρεπόμενο ρεύμα να είναι μεγαλύτερο από το ρεύμα της γραμμής.
- Επιλέγεται όργανο προστασίας ώστε το επιτρεπόμενο ρεύμα να είναι μεγαλύτερο από το ρεύμα της γραμμής, και το μέγεθός του να είναι το αμέσως μικρότερο της επιτρεπόμενης έντασης του καλωδίου.

(β4) Ρεύμα Βραχυκυκλώσεως

το επιτρεπόμενο ρεύμα βραχυκυκλώσεως υπολογίζεται από την σχέση:

$$I = \frac{0.115 A}{\sqrt{t}}$$

όπου I σε kA, A διατομή καλωδίου και t διάρκεια βραχυκυκλώματος

Το ρεύμα βραχυκυκλώσεως στους πίνακες υπολογίζεται με την σχέση:

$$I = \frac{V}{z}$$

όπου z η συνολική αντίσταση σε όλη την διαδρομή του καλωδίου.

Η παραπάνω σχέση υπερκαλύπτει και την σχέση $I = (\sqrt{3} V)/2z$ που ισχύει για την περίπτωση τριφασικού βραχυκυκλώματος.

7.2 Παρουσίαση αποτελεσμάτων

Τα αποτελέσματα των γραμμών του δικτύου παρουσιάζονται πινακοποιημένα με τις ακόλουθες στήλες:

- Τμήμα Γραμμής
- Μήκος Γραμμής (m)
- Φορτίο (kw)
- Είδος Φορτίου
- Cosφ
- Φάση
- Πτώση Τάσης (V)
- Διατομή Καλ. (mm²)
- Ασφάλεια (A)

Επίσης, για κάθε πίνακα της εγκατάστασης πραγματοποιείται αναλυτικός υπολογισμός, με αποτελέσματα που εμφανίζονται όπως ακολούθως:

Στο επάνω μέρος εμφανίζεται πινακάκι με τις ακόλουθες στήλες:

- Είδος Φορτίου
- Εγκατ. Πραγμ. Ισχύς (kw)
- Cosφ (KVxA)
- Εγκατ. Φαιν. Ισχύς (KVxA)
- Ετεροχρονισμός
- Μέγιστη πιθανή ζήτηση

Τα στοιχεία αυτά αναγράφονται ανά είδος φορτίου (συγκεντρωτικά) και στο κάτω μέρος αναγράφεται το σύνολο της μέγιστης πιθανής ζήτησης. Με βάση τα αποτελέσματα αυτά αναγράφονται πιο κάτω τα εξής:

- Κατανομή φάσεων R S T
- Μέγιστη Εμφανιζόμενη Ένταση (A)
- Συνολικός Συντελεστής Ζήτησης
- Ένταση για Ισοκατανομή Φάσεων (A)
- Πιθανή Μέγιστη Εμφανιζόμενη Ένταση (A)
- Προσαυξήσεις
- Λόγω Εφεδρείας (%)
- Λόγω Κινητήρων (A)
- Λόγω έναυσης Λαμπτήρων (A)
- Τελικό ρεύμα (A)
- τύπος καλωδίου
- επιτρεπόμενο ρεύμα καλωδίου σε Κ.Σ. (A)

- συντελεστής διόρθωσης
- επιτρεπόμενο ρεύμα καλωδίου (A)
- Γενικός Διακόπτης (A)
- Ασφάλεια ή Αυτ. Διακόπτης (A)
- Τροφοδοτικό Καλώδιο (mm²)
- Βαθμός Προστασίας πίνακα

Πίνακας 7.1. Στοιχεία Δικτύου.

Φασική Τάση Δικτύου (V)	230
Τύπος Καλωδίων	Χαλκός
Συντελεστής Αγωγιμότητας (S m/mm ² Ω)	56

Πίνακας 7.2. Δίκτυο Ηλεκτρικής Εγκατάστασης.

Τμήμα Δικτύου	Μήκος Γραμμής (m)	Φορτίο Γραμμής (kW)	Είδος Φορτίου	CosΦ	Φάση	Πτώση Τάσης (V)	Είδος Γραμμής	Επιθ. Διατομή (mm ²)	Υπολ. Διατομή (mm ²)	Μέγιστη Ασφάλεια (A)
A.Π		19.12	Πίνακας	0.987	123		3		10	35
A.1	5	4	Θερμοσίφωνας	1	1	0.776	1		4	20
A.2	12	0.9	Split - units παιδικό	0.84	2	0.671	1		2.5	16
A.3	11	1.38	Ρευματοδότες σαλονιού Νο1	1	3	0.943	1		2.5	16
A.4	13	1.265	Ρευματοδότες κρεβατοκάμαρας	1	2	1.021	1		2.5	16
A.5	17	0.5	Φωτισμός σαλονιού	1	3	0.880	1		1.5	10

A.6	18	0.2	Φωτισμός παιδικού	1	3	0.373	1	1.5	10
A.7	5	10	Κουζίνα τριφασική	1	123	0.374	3	6	25
A.8	6	0.9	Split - units κρεβατοκάμαρα	0.84	3	0.335	1	2.5	16
A.9	10	1.4	Split - units σαλόνι	0.84	2	0.870	1	2.5	16
A.10	9	1.15	Ρευματοδότες σαλονιού No2	1	3	0.643	1	2.5	16
A.11	9	0.46	Ρευματοδότες Βεράντας	1	1	0.257	1	2.5	16
A.12	10	1.15	Ρευματοδότες διαδρόμου - WC	1	2	0.714	1	2.5	16
A.13	4	0.575	Ρευματοδότες κουζίνας No1	1	3	0.143	1	2.5	16
A.14	20	0.6	Φωτισμός Βεράντας	1	1	1.242	1	1.5	10
A.15	4	3.5	Πλυντήριο ρούχων	0.87	3	0.543	1	4	20
A.16	9	3	Πλυντήριο πιάτων	0.88	1	1.677	1	2.5	16
A.17	9	1.3	Φωτισμός - Απορροφητήρας-Ψυγείο	1	2	0.727	1	2.5	16

A.18	20	1.15	Ρευματοδότες παιδικού	1	2	1.429	1	2.5	16
A.19	6	0.575	Ρευματοδότες κουζίνας No2	1	2	0.214	1	2.5	16
A.20	6	0.07	Φωτισμός WC- διαδρόμου	1	2	0.043	1	1.5	10
A.21	8	0.2	Φωτισμός κρεβατοκάμαρας	1	2	0.166	1	1.5	10

Πίνακας 7.3. Υπολογισμοί Ηλεκτρικής Εγκατάστασης.

Τμήμα Δικτύου	Μήκος Γραμμής (m)	Φορτίο Γραμμής (KW)	Είδος Φορτίου	CosΦ	Είδος Καλωδίου	Αριθ. Παράλ. Καλ.	Υπολ. Διατομή (mm ²)	Επιθ. Διατομή (mm ²)	Επιτρ. Ρεύμα Κ.Σ.	Συντ. Διορθ.	Επιτρ. Ρεύμα (A)	Μέγιστη Ασφάλεια (A)	Ρεύμα Γραμμής (A)
A.Π		19.12	Πίνακας	0.987	J1VV-R		10		39.00	0.964	37.60	35	28.67
A.1	5	4	Θερμοσίφωνας	1	H07V-U		4		26.00	0.964	25.06	20	17.39
A.2	12	0.9	Split - units παιδικό	0.84	H07V-U		2.5		19.50	0.964	18.80	16	4.658
A.3	11	1.38	Ρευματοδότες σαλονιού Νο1	1	H07V-U		2.5		19.50	0.964	18.80	16	6.000
A.4	13	1.265	Ρευματοδότες κρεβατοκάμαρα 5	1	H07V-U		2.5		19.50	0.964	18.80	16	5.500
A.5	17	0.5	Φωτισμός σαλονιού	1	H07V-U		1.5		14.50	0.964	13.98	10	2.174
A.6	18	0.2	Φωτισμός παιδικού	1	H07V-U		1.5		14.50	0.964	13.98	10	0.870
A.7	5	10	Κουζίνα τριφασική	1	H07V-U		6		31.00	0.964	29.88	25	14.49
A.8	6	0.9	Split - units κρεβατοκάμαρα	0.84	H07V-U		2.5		19.50	0.964	18.80	16	4.658
A.9	10	1.4	Split - units σαλόνι	0.84	H07V-U		2.5		19.50	0.964	18.80	16	7.246
A.10	9	1.15	Ρευματοδότες σαλονιού Νο2	1	H07V-U		2.5		19.50	0.964	18.80	16	5.000

A.11	9	0.46	Ρευματοδότης Βεράντας	1	H07V-U	2.5	19.50	0.964	18.80	16	2.000
A.12	10	1.15	Ρευματοδότης διαβρόμου - WC	1	H07V-U	2.5	19.50	0.964	18.80	16	5.000
A.13	4	0.575	Ρευματοδότης κουζίνας Νο1	1	H07V-U	2.5	19.50	0.964	18.80	16	2.500
A.14	20	0.6	Φωτισμός Βεράντας	1	H07V-U	1.5	14.50	0.964	13.98	10	2.609
A.15	4	3.5	Πλυντήριο ρούχων	0.87	H07V-U	4	26.00	0.964	25.06	20	17.49
A.16	9	3	Πλυντήριο πιάτων	0.88	H07V-U	2.5	19.50	0.964	18.80	16	14.82
A.17	9	1.3	Φωτισμός - Απορροφητήρα 5-Ψυγείο	1	H07V-U	2.5	19.50	0.964	18.80	16	5.652
A.18	20	1.15	Ρευματοδότης παιδικού	1	H07V-U	2.5	19.50	0.964	18.80	16	5.000
A.19	6	0.575	Ρευματοδότης κουζίνας Νο2	1	H07V-U	2.5	19.50	0.964	18.80	16	2.500
A.20	6	0.07	Φωτισμός WC- διαβρόμου	1	H07V-U	1.5	14.50	0.964	13.98	10	0.304
A.21	8	0.2	Φωτισμός κρεβατοκάμαρα 5	1	H07V-U	1.5	14.50	0.964	13.98	10	0.870

Πίνακας 7.4. Ανάλυση Φορτίου Πίνακα.

Είδος Φορτίου	Εγκατεστημένη Ισχύς (kW)	CosΦ	Φαινόμενη Ισχύς (kVA)	Ετεροχρονισμός	Μέγιστη Ζήτηση (kVA)
Θερμοσίφωνας	4	1	4	0.6	2.4
Split - units	3.2	0.84	3.809524	0.6	2.285714
Ρευματοδότες	9.005	1	9.005	0.4	3.602
Φωτισμός	1.57	1	1.57	0.8	1.256
Κουζίνα	10	1	10	0.6	6
τριφασική Πλυντήριο ρούχων	3.5	0.87	4.022989	0.6	2.413793
Πλυντήριο πιάτων	3	0.88	3.409091	0.6	2.045455
ΣΥΝΟΛΑ	34.28	0.99	34.74		19.38

Κατανομή Φάσεων

L1 (KVA)	: 11.51
L2 (KVA)	: 11.44
L3 (KVA)	: 11.82
Μέγιστη Εμφανιζόμενη Ένταση (A)	: 51.39
Συνολικός Συντελεστής Ζήτησης	: 0.56
Ένταση για Ισοκατανομή Φάσεων (A)	: 28.09
Πιθανή Μέγιστη Εμφανιζόμενη Ένταση (A)	: 28.67
Τελικό Ρεύμα (A)	: 28.67
Τύπος Καλωδίου	: J1VV-R
Επιτρεπόμενο Ρεύμα Καλωδίου σε Κ.Σ (A)	: 39.00
Τρόπος τοποθέτησης : Εντοιχισμένο σε σωλήνα	
Θερμοκρασία περιβάλλοντος	: 33
Συντελεστής διόρθωσης θερμοκρασίας	: 0.964
Όδευση : Σε επιφάνεια δομικού υλικού, επίτοιχα γυμνά ή σε σωλήνα, εντοιχισμένα γυμνά ή σε σωλήνα	
Πλήθος κυκλωμάτων - πολυπολικών καλωδίων	: 1
Συντελεστής ομαδοποίησης	: 1.000
Συντελεστής Διόρθωσης	: 0.964

Επιτρεπόμενο Ρεύμα Καλωδίου (A) : 37.60

Επιλέγεται

Γενικός Διακόπτης (A) : 40

Ασφάλεια ή Αυτόματος Διακόπτης (A) : 35

Τροφοδοτικό Καλώδιο (mm²) : 10.00

Βαθμός Προστασίας Πίνακα : IP

Ενσωματωμένος σε άλλο Πίνακα : Όχι

Πτώση Τάσης στις Γραμμές του Δικτύου

Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->A.1:	0.776	V	(0.337%)
Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->A.2:	0.671	V	(0.292%)
Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->A.3:	0.943	V	(0.410%)
Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->A.4:	1.021	V	(0.444%)
Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->A.5:	0.880	V	(0.383%)
Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->A.6:	0.373	V	(0.162%)
Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->A.7:	0.374	V	(0.094%)
Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->A.8:	0.335	V	(0.146%)
Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->A.9:	0.870	V	(0.378%)
Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->A.10:	0.643	V	(0.280%)
Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->A.11:	0.257	V	(0.112%)
Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->A.12:	0.714	V	(0.310%)
Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->A.13:	0.143	V	(0.062%)
Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->A.14:	1.242	V	(0.540%)
Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->A.15:	0.543	V	(0.236%)
Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->A.16:	1.677	V	(0.729%)
Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->A.17:	0.727	V	(0.316%)
Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->A.18:	1.429	V	(0.621%)
Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->A.19:	0.214	V	(0.093%)

Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->A.20:	0.043 V (0.019%)
Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->A.21:	0.166 V (0.072%)
Δυσμενέστερη γραμμή	A-->A.16:	1.677 V (0.729%)

7.3 Τεχνική περιγραφή ηλεκτρολογικής εγκατάστασης

7.3.1 Γενικά

Η εγκατάσταση περιλαμβάνει την ηλεκτρική εγκατάσταση ισχυρών ρευμάτων και πρόκειται να κατασκευασθεί σύμφωνα με το Ελληνικό Πρότυπο **ΕΛΟΤ HD 384 "Απαιτήσεις για ηλεκτρικές εγκαταστάσεις"** και τις απαιτήσεις της Δ.Ε.Η.

7.3.2 Τροφοδοσία Δ.Ε.Η. - Μετρητές

Η τροφοδοσία θα γίνει από το δίκτυο της Δ.Ε.Η. 230/400 V-50Hz. Στον χώρο που φαίνεται στα σχέδια θα τοποθετηθούν τα μπαροκιβώτια και οι μετρητές. Προβλέπεται ένας μετρητής για κάθε ιδιοκτησία και ένας επιπλέον μετρητής για τους κοινόχρηστους χώρους. Οι μετρητές θα έχουν άμεση γείωση η οποία θα συνδεθεί μέσω αγωγού γείωσης με την θεμελιακή γείωση του κτιρίου. Η είσοδος του καλωδίου της Δ.Ε.Η. και ο τρόπος μηχανικής προστασίας του θα υποδειχθούν από την Δ.Ε.Η.

7.3.3 Καλωδιώσεις-Σωληνώσεις.

α. Οι παροχές των πινάκων θα γίνουν με καλώδια J1VV-R ή J1VV-U ή A05VV-R ή A05VV-U και όπου η εγκατάσταση είναι χωνευτή θα χρησιμοποιούνται χαλυβδοσωλήνες.

β. Όπου η εγκατάσταση είναι χωνευτή και όχι στεγανή θα χρησιμοποιηθούν καλώδια H07V-U ή H07V-R μέσα σε πλαστικούς σωλήνες. Αντίστοιχα, όπου η εγκατάσταση είναι στεγανή (χωνευτή η ορατή) θα χρησιμοποιηθούν καλώδια A05VV-R ή A05VV-U ή H07V-U ή H07V-R και χαλυβδοσωλήνες. Σε περίπτωση χρήσης καλωδίων H07V-U ή H07V-R οι χαλυβδοσωλήνες θα έχουν εσωτερική μόνωση. Σαν στεγανοί χώροι θεωρούνται μεταξύ των άλλων χώροι υγιεινής, λεβητοστάσιο, κλπ.

γ. Ειδικά όταν η εγκατάσταση είναι ενσωματωμένη στο μπετόν, θα χρησιμοποιηθούν πλαστικοί σωλήνες τύπου HELIFLEX.

δ. Τα μεγέθη των σωλήνων, ανάλογα με την διατομή του καλωδίου, δίνονται στον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 7.5. Μεγέθη σωλήνων και καλωδίων που χρησιμοποιήθηκαν.

Καλώδιο	Σωλήνας
3x1.5 mm	Φ 13.5mm
3x2.5 mm, 5x1.5 mm	Φ 16 mm
3x4 mm, 5x2.5 mm	Φ 21 η Φ 23mm
3x6 mm, 5x4 mm	Φ 21 η Φ 23mm
3x10 mm, 5x6 mm	Φ 29mm
3x16 mm, 5x10 mm	Φ 36mm

Για μεγαλύτερες διατομές καλωδίων θα χρησιμοποιηθούν γαλβανισμένοι σιδηροσωλήνες ή και υδραυλικοί πλαστικοί σωλήνες για διαδρομές στο έδαφος.

ε. Όλες οι γραμμές θα φέρουν αγωγό γείωσης.

στ. Οι οριζόντιες διαδρομές σωληνώσεων θα βρίσκονται κατά το δυνατόν σε ύψος μεγαλύτερο από 2.5 m.

ζ. Για τις γραμμές φωτισμού τα καλώδια θα έχουν διατομή 1.5 mm, ενώ για τις αντίστοιχες ρευματοδοτών, διατομή 2.5 mm.

7.3.4 Πίνακες διανομής

Οι πίνακες διανομής θα είναι μεταλλικοί προστασίας IP54 ή εναλλακτικά μονοφασικοί (η τριφασικοί) τυποποιημένοι πίνακες από θερμοπλαστικό υλικό. Κάθε πίνακας θα φέρει ξεχωριστές μπάρες φάσεων, ουδέτερου και γείωσης. Μεταξύ των άλλων, ο πίνακας θα περιλαμβάνει:

- Γενικές συντηκτικές ασφάλειες.
- Γενικό διακόπτη.
- Ηλεκτρονόμο διαφυγής 30mA.
- Αναχωρήσεις σύμφωνα με το σχέδιο πινάκων.

7.3.5 Προσωρινή παροχή

Η προσωρινή παροχή θα γίνει σύμφωνα με τα άρθρα 75,76,77 του 1073/81 Π.Δ/τος μερίμνη του ιδιοκτήτη και με ευθύνη του ηλεκτρολόγου εγκαταστάτη. Τα άρθρα αυτά προβλέπουν η προσωρινή παροχή να είναι τοποθετημένη σε στεγανό μεταλλικό κουτί καλά

γειωμένο το οποίο να φέρει κλειδαριά, ώστε να ασφαρίζεται κατά τις μη εργάσιμες ώρες, με μέριμνα του ιδιοκτήτη.

Επίσης προβλέπεται και θα τοποθετηθεί οπωσδήποτε αυτόματος προστατευτικός διακόπτης διαφυγής (διαφορικής προστασίας-αντιηλεκτροπληξιακός αυτόματος). Προτού η παροχή αυτή χρησιμοποιηθεί, θα κληθεί για έλεγχο ο επιβλέπων μηχανικός, άλλως ουδεμία ευθύνη θα φέρει σε περίπτωση ατυχήματος. Οι μπαλαντέζες που θα χρησιμοποιηθούν να φέρουν αγωγό γείωσης, έστω και αν τροφοδοτούν εργαλεία που δεν απαιτούν γείωση. Ο τρόπος που θα απλώνονται να είναι τέτοιος ώστε να αποκλείεται φθορά και συνεπώς κίνδυνος ατυχήματος (μακράν από συνήθεις διακινήσεις προσωπικού, οχημάτων-μηχανημάτων κ.α.) [3].

7.3.6 Παρατηρήσεις

- α.** Οι ρευματοδότες θα φέρουν αγωγό γείωσης και θα τοποθετούνται σε ύψος 50 cm από το δάπεδο.
- β.** Οι διακόπτες θα τοποθετηθούν σε ύψος 80 cm από το δάπεδο.
- γ.** Οι θέσεις φωτιστικών σημείων δείχνονται στα σχέδια. Τύποι φωτιστικών που έχουν προκαθορισθεί στο στάδιο της μελέτης, δείχνονται επίσης στα σχέδια.
- δ.** Όταν σε κάποιο χώρο η εγκατάσταση είναι στεγανή, αντίστοιχα στεγανοί θα είναι οι ρευματοδότες, οι διακόπτες και τα φωτιστικά σώματα.

7.3.7 Γειώσεις

7.3.7.1 Θεμελιακή Γείωση

Το σύστημα γείωσης θα είναι θεμελιακή γείωση. Το ηλεκτρόδιο γείωσης θα είναι χάλκινος αγωγός ορθογωνικής διατομής (ταινία) από χαλκό ελάχιστων διαστάσεων 30x3.5mm. Κατά την τοποθέτησή του στην θεμελίωση θα πρέπει να περιβάλλεται σε όλο το μήκος του με συμπαγές σκυρόδεμα πάχους τουλάχιστον 50mm.

Για τη σύνδεσή – στήριξη του θεμελιακού γειωτή - ταινίας στο οπλισμό θα χρησιμοποιηθούν σφιγκτήρες θερμά επιψευδαργυρωμένοι ανά δύο (2) m ταινίας. Πρέπει να εξασφαλίζεται η σωστή και ασφαλής ηλεκτρική σύνδεση του ηλεκτροδίου γείωσης (ταινίας) με τον οπλισμό, ώστε να μην είναι δυνατή η ανάπτυξη σπινθήρων μεταξύ ηλεκτροδίου και οπλισμού.

Η θεμελιακή γείωση θα φέρει αναμονές για την ενίσχυσή της με γειωτές ώστε να επιτευχθεί αντίσταση γείωσης μικρότερη των 2,70Ω. Οι αναμονές θα είναι του ίδιου υλικού με τον γειωτή (ταινία) στη στάθμη του φυσικού εδάφους εντός φρεατίου. Η προέκταση της

θεμελιακής γείωσης μπορεί να γίνει με την προσθήκη ακτινικών ηλεκτροδίων ή με ηλεκτρόδια γείωσης τύπου ράβδων ή με ηλεκτρόδιο γείωσης αποτελούμενο από πλάκες γείωσης (π.χ. γειωτής τύπου «E»). Όλα τα παραπάνω υλικά θα πρέπει να είναι ικανοποιούν τις απαιτήσεις του προτύπου ΕΛΟΤ EN 50164-2.

Γενικώς η διατομή του αγωγού γείωσης θα είναι η ίδια με τους αγωγούς κυκλώματος για διατομές από 1,5 mm μέχρι 35 mm. Για αγωγούς κυκλώματος 50 mm και άνω ο αγωγός γείωσης θα έχει διατομή τουλάχιστον ίση προς το μισό της διατομής των αγωγών του κυκλώματος.

Οι γειώσεις των πινάκων κάθε διαμερίσματος και της κοινόχρηστης παροχής θα καταλήγουν σε χάλκινη μπάρα γείωσης τοποθετημένη κοντά στη διάταξη της ΔΕΗ και συνδεδεμένη με τη θεμελιακή γείωση με ταινία χάλκινη 30x3.5τ.χ ακολουθώντας τη συντομότερη διαδρομή. Στο ζυγό γείωσης θα συνδεθεί και η γείωση της ΔΕΗ. Σε περίπτωση που η σύνδεση της εγκατάστασης του κτιρίου με τη ΔΕΗ δεν εφάπτεται στο κτίσμα αλλά γίνεται στο όριο του οικοπέδου, θα πρέπει να λαμβάνονται μέτρα μηχανικής προστασίας του αγωγού PE και σήμανσής του κατά την υπόγεια όδυσή του από τη θεμελίωση προς τον μετρητή.

Ο αγωγός γείωσης για λόγους μηχανικής προστασίας και προστασίας από τη διάβρωση θα εγκιβωτίζεται καθ' όλο το μήκος του στο σκυρόδεμα ακολουθώντας πορεία μέσω των πεδιλοδοκών και των υποστρωμάτων του κτίσματος, στηριζόμενος και συνδεδεμένος ηλεκτρικά με τον οπλισμό ανά 2.00m με κατάλληλους σφιγκτήρες. Επίσης, η διαδρομή του αγωγού γείωσης από τη θεμελιακή γείωση έως τον ακροδέκτη γείωσης θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μικρότερου μήκους. Ο κύριος ακροδέκτης γείωσης (το μέσο σύνδεσης του αγωγού γείωσης με τον κύριο αγωγό προστασίας PE) πρέπει να έχει την ικανότητα να άγει το ηλεκτρικό ρεύμα σφάλματος της εγκατάστασης χωρίς να υπερθερμαίνεται. Η σύνδεση – αποσύνδεση των αγωγών πρέπει να είναι δυνατή μόνο με εργαλείο έτσι ώστε να αποφεύγεται η τυχαία αποσύνδεσή τους.

7.3.7.2 Κύριες και Συμπληρωματικές Ισοδυναμικές Συνδέσεις (ΚΙΣ, ΣΙΣ)

Η ΚΙΣ είναι η αγωγή ή μέσω σπινθηριστών σύνδεση σε ακροδέκτη ή ζυγό γείωσης των:

- κύριου αγωγού προστασίας PE (αγωγή σύνδεση) που αναφερθήκαμε παραπάνω
- των εισερχόμενων στο κτίριο μεταλλικών δικτύων όπως:
- χαλύβδινος σωλήνας ύδρευσης (μέσω σπινθηριστή) εάν δεν είναι πλαστικός
- χαλύβδινος σωλήνας φυσικού αερίου (μέσω σπινθηριστή)
- μεταλλικοί μανδύες καλωδίων ηλεκτρικής παροχής, εάν υπάρχουν (αγωγή σύνδεση)

- μεταλλικοί μανδύες καλωδίων τηλεφωνικής σύνδεσης, εάν υπάρχουν (μέσω σπινθηριστών)
- των ξένων στοιχείων εσωτερικά του κτιρίου όπως:
- το δίκτυο πυρόσβεσης (αγώγιμη σύνδεση) εάν υπάρχει
- οι μεταλλικοί σωλήνες θέρμανσης (αγώγιμη σύνδεση)
- οι μεταλλικοί αεραγωγοί κλιματισμού (αγώγιμη σύνδεση) εάν υπάρχουν
- ο μεταλλικός οπλισμός του κτιρίου
- οι οδηγοί του ανελκυστήρα (εάν υπάρχει)

Εάν το πλήθος των εισερχομένων δικτύων είναι μεγαλύτερο και τα σημεία εισόδου τους βρίσκονται σε μικρή απόσταση, προτιμότερο είναι να προβλέπεται ένας ζυγός που να διαθέτει ανάλογες υποδοχές σύνδεσης (εξισωτής δυναμικού). Ο ζυγός θα συνδέεται με τη θεμελιακή γείωση με κατάλληλη όδευση ώστε να προβλεφθούν ακροδέκτες και ζυγοί γείωσης στις θέσεις του κτιρίου που απαιτούνται ΚΙΣ.

Η ΣΙΣ εφαρμόζεται τοπικά σε ειδικούς χώρους ή εγκαταστάσεις όπου δεν μπορούν να εφαρμοστούν μέτρα προστασίας αυτόματης διακοπής όταν εμφανιστούν επικίνδυνες τάσεις επαφής μεγαλύτερες των 50V εναλλασσομένου ρεύματος ή 120V συνεχούς ρεύματος ή όταν πρέπει να ληφθούν αυστηρότερα μέτρα προστασίας για τιμές τάσης επαφής χαμηλότερες των παραπάνω, όπως λουτρά και ειδικοί χώροι.

Η ΣΙΣ πρέπει να περιλαμβάνει όλα τα ταυτόχρονα προσιτά αγώγιμα μέρη, δηλαδή τα εκτεθειμένα αγώγιμα μέρη των σταθερών συσκευών και του υπόλοιπου ηλεκτρολογικού υλικού και τα ξένα αγώγιμα στοιχεία, στα οποία περιλαμβάνεται ο μεταλλικός οπλισμός του σκυροδέματος του κτιρίου. Προς αυτό το ισοδυναμικό σύστημα πρέπει να συνδέονται και οι ακροδέκτες γείωσης των ρευματοδοτών. Γενικά όλα τα μεταλλικά μέρη των εγκαταστάσεων θα συνδεθούν με το σύστημα γείωσης σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ HD-384.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, στην περίπτωση μας, εκτός της γείωσης της διάταξης ΔΕΗ και των ηλεκτρικών πινάκων (κοινοχρήστων και διαμερισμάτων) θα εκτελεστούν μέσω ισοδυναμικών ζυγών οι παρακάτω συνδέσεις:

- 1ος Ισοδυναμικός Ζυγός (χώρος λεβητοστασίου):
- Τα μεταλλικά μέρη του ηλεκτρικού πίνακα λεβητοστασίου
- Οι σωλήνες θέρμανσης
- Δομικό πλέγμα στο χώρο του λεβητοστασίου και της δεξαμενής πετρελαίου
- Η δεξαμενή πετρελαίου εάν είναι μεταλλική
- 2ος Ισοδυναμικός Ζυγός (χώρος μηχανοστασίου ανελκυστήρα):
- Τα μεταλλικά μέρη του πίνακα ανελκυστήρα
- Δομικό πλέγμα στο χώρο του μηχανοστασίου

- Μεταλλικά μέρη κινητήρα - αντλίας ανελκυστήρα
- Οδηγοί ανελκυστήρα
- 3ος Ισοδυναμικός Ζυγός (χώρος κύριας εισόδου):
- Οι μεταλλικοί σωλήνες φυσικού αερίου.

Όλες οι παραπάνω ισοδυναμικές συνδέσεις θα γίνουν μέσω επικασσιτερωμένου εύκαμπτου χάλκινου αγωγού Φ16τ.χ. Οι συνδέσεις των ισοδυναμικών ζυγών με τη θεμελιακή γείωση θα γίνονται με χάλκινη ταινία 30x3.5 mm. Εάν η κατασκευή του δικτύου ύδρευσης και αποχέτευσης γίνει με πλαστικούς σωλήνες και οι λουτήρες είναι μη μεταλλικοί δεν απαιτείται ιδιαίτερη γείωση.

7.3.7.3 Πρόσθετα στοιχεία προστασίας

Γεφύρωση των ειδών υγιεινής και σύνδεση των μεταλλικών παροχών ύδρευσης με την μπάρα γείωσης των μπαροκιβωτίων.

7.3.8 Δοκιμές εγκατάστασης

Η αντίσταση μόνωσης πρέπει να μετρηθεί μεταξύ κάθε ενεργού αγωγού και της γης

Σημειώσεις:

1. Στο σύστημα σύνδεσης των γειώσεων TN-C, ο αγωγός PEN θεωρείται ότι αποτελεί μέρος της γης.
2. Κατά τη διάρκεια αυτής της μέτρησης οι αγωγοί φάσεων και ο ουδέτερος μπορούν να συνδέονται μεταξύ τους.

Η αντίσταση μόνωσης, μετρούμενη με την τάση δοκιμής που δίνεται στον πίνακα, είναι ικανοποιητική αν κάθε κύκλωμα, με αποσυνδεδεμένες τις συσκευές, έχει αντίσταση μόνωσης τουλάχιστον ίση με την τιμή του πίνακα.

Πίνακας 7.6. Στοιχεία κυκλώματος με βάση την ονομαστική τάση.

Ονομαστική τάση κυκλώματος	Τάση δοκιμής συνεχούς	Ελάχιστη αντίσταση μόνωσης (ΜΩ)
----------------------------	-----------------------	---------------------------------

(V)	ρεύματος (V)	
SELV και PELV	250	0.25
Μέχρι 500V, με εξαίρεση τις προηγούμενες περιπτώσεις	500	0.5
Πάνω από 500V	1000	1.0

Οι δοκιμές πρέπει να γίνουν με συνεχές ρεύμα. Η συσκευή δοκιμής πρέπει να είναι ικανή να παρέχει την τάση δοκιμής που ορίζεται στον πίνακα, όταν φορτίζεται με ρεύμα 1mA. Όταν το κύκλωμα περιλαμβάνει ηλεκτρονικές διατάξεις οι αγωγοί φάσεων και ο ουδέτερος πρέπει να συνδέονται μεταξύ τους κατά τη μέτρηση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Ντοκόπουλος Π (2005) Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις καταναλωτών σύμφωνα με το νέο κανονισμό ΕΛΟΤ HD 384. Ζήτη, Αθήνα.
2. IEC 60721-1...-9: Classification of environmental conditions.
3. EN 50160: Voltage characteristics of electricity supplied by public distribution systems.
4. . <http://www.elemko.gr/documents/earthings.asp>.
5. Κάπος Μ (2006) Θεμελιακές γειώσεις-Κατασκευαστικές λεπτομέρειες και μέτρα ασφαλείας τους. Ζήτη, Αθήνα.
6. IEC 60529/2001/3, EN 60529: Degree of protection (IP code).
7. Κουτρούλης Χ (2009) Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις χαμηλής τάσης. Παπασωτηρίου, Αθήνα.