Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις

ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

Εξάμηνο: 7ο

Ώρες: 4 / εβδομάδα (συνδιδασκαλία με Μηχανολογικές Εγκαταστάσεις)

Εξέταση: Γραπτή (60%) – Εργασία (40%)

Όνομα διδάσκοντος: Πομποδάκης Ευάγγελος

Email επικοινωνίας: bobodakis@hotmail.com & pompoda@hmu.gr

Δομή μαθήματος

- Κεφ. 1ο – Κίνδυνος Ηλεκτροπληξίας (1 ώρα)
- Κεφ. 2ο – Συστήματα σύνδεσης γειώσεων (1 ώρα)
- Κεφ. 3ο – Προστασία κατά της ηλεκτροπληξίας (1 ώρα)
- Κεφ. 4ο – Είδη γειώσεων και ηλεκτροδίων (1 ώρα)
- Κεφ. 5ο – Θεμελιακή γείωση (2 ώρες)
- Κεφ. 6ο – Αντικεραυνική προστασία (2 ώρες)
- Κεφ. 7ο – Καλωδίωση (1 ώρες)
- Κεφ. 8ο – Ασφάλειες (1 ώρες)
- Κεφ. 9ο – Αντιστάθμιση (1 ώρα)
- Κεφ. 10ο – Εκπόνηση Μελέτης κατοικίας (3 ώρες)
- Κεφ. 11ο – Εκπόνηση Μελέτης βιομηχανίας (3 ώρες)
- Κεφ. 12ο – Σύντομα προβλήματα (1 ώρες)

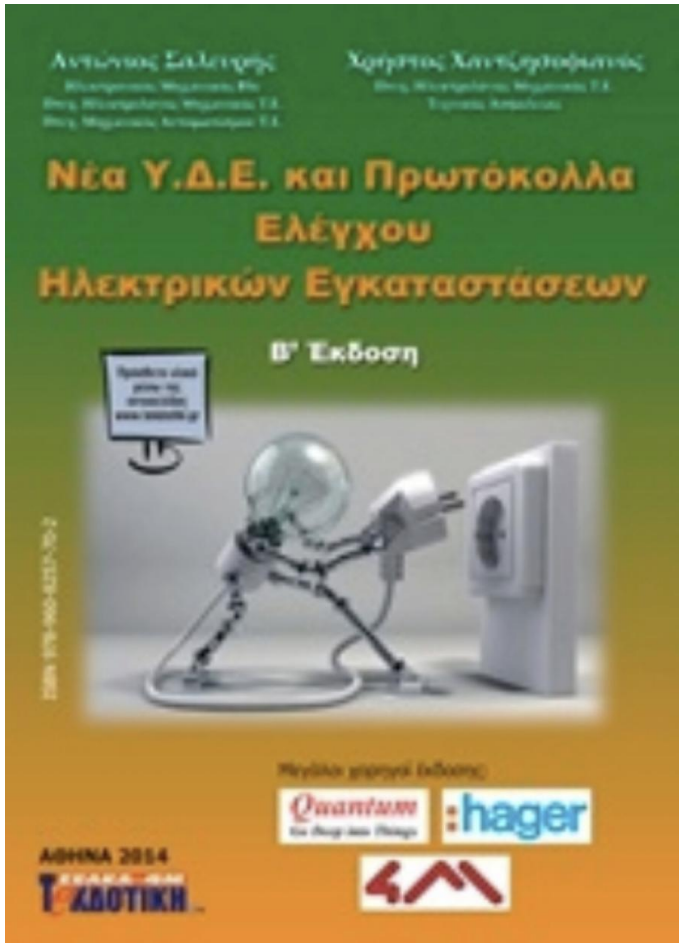
ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

Προτεινόμενη βιβλιογραφία

Πέτρος Ντοκόπουλος



Σαλευρής - Χατζησοφιανός



Κεφάλαιο 1

Κίνδυνος Ηλεκτροπληξίας

Ατυχήματα από ηλεκτροπληξία

Η επίδραση του ρεύματος στον άνθρωπο διαμορφώνεται από τους πιο κάτω παράγοντες:

- ένταση του ρεύματος δια του σώματος,
- χρονική διάρκεια ροής του ρεύματος,
- δρόμος του ρεύματος δια του σώματος,
- συχνότητα ή μορφή του ρεύματος, δηλαδή εναλλασσόμενο, συνεχές, κρουστικό ρεύμα.

Υποκειμενικοί παράγοντες συμπροσδιορίζουν το αποτέλεσμα μιας ηλεκτροπληξίας. Υπάρχουν, δηλαδή, λιγότερο και περισσότερο ανθεκτικά άτομα. Επίσης, η φυσική και ψυχική κατάσταση παίζουν ρόλο. Έτσι, τα αποτελέσματα όλων των ερευνών υπόκεινται σε μεγάλες στατιστικές διακυμάνσεις. Ο πίνακας 2.1 δίνει γενικά για διάφορα ρεύματα τα αναμενόμενα αποτελέσματα.

Η πιο επικίνδυνη ζημία για τη ζωή είναι η κοιλιακή μαρμαρυγή (Ventricular Fibrillation, Herzkammer-Flimmern). Οι καρδιακοί παλμοί γίνονται από περιοδικοί γρήγοροι και άρρυθμοι. Η πιθανότητα θανάτου είναι μεγάλη, εφ' όσον η κυκλοφορία δυσχεραίνεται. Οι συνέπειες είναι, μεταξύ άλλων, μειωμένη οξυγόνωση του εγκεφάλου. Αυτή μπορεί να οδηγήσει σε μερικά λεπτά σε θάνατο ή σε μόνιμη αδυναμία μέρους του εγκεφάλου. Έχουν, δηλαδή, επιζήσει άτομα από την ηλεκτροπληξία αλλά με συμπτώματα μερικής παράλυσης, λόγω βλάβης του εγκεφάλου. Το σχήμα 2.1 δείχνει ένα ηλεκτροκαρδιογράφημα. Εκεί διακρίνει κανείς διάφορες χρονικές περιόδους, φάσεις (P, Q, R, S, T). Υπάρχουν οι περίοδοι της διέγερσης και της χαλάρωσης. Το ρεύμα που περνά μέσα από την περιοχή της καρδιάς έχει ιδιαίτερα επιβλαβή δράση κατά την περίοδο της χαλάρωσης.

Πίνακας 2.1. Επίδραση του ρεύματος στον οργανισμό όπως αυτή συμπεραίνεται από τη δημοσίευση IEC 60479-1. Η καταπόνηση εκτείνεται σε χρόνους τάξης μεγέθους του 1 sec.

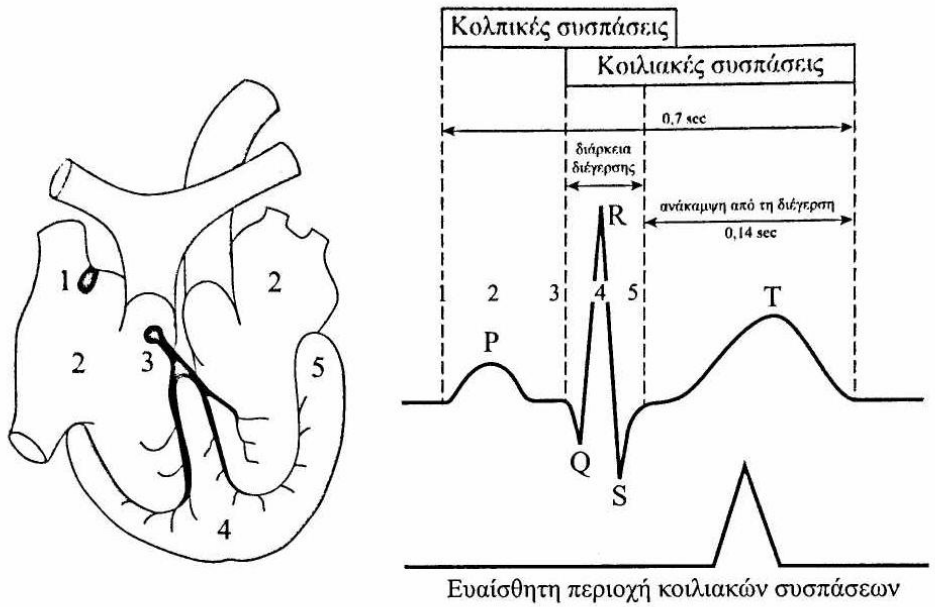
Ρεύμα 50 Hz (ενεργός τιμή σε mA)	0.5	10	0.5 έως 25	25 έως 80	80 έως 3000	>3000
Τάση επαφής (V) που προκαλεί το ρεύμα			εώς 50	50 έως 100	100 έως 3000	>3000
Όριο αίσθησης						
Όριο αδυναμίας να ελευθερωθεί το χέρι. Ασφυξία						
Σύσπαση Μυών						
Πόνος						
Μαρμαρυγή, με περιόδους κανονικής λειτουργίας						
Θανατηφόρα, Επικίνδυνη Μαρμαρυγή						
Θανατηφόρα, Επικίνδυνα Εγκαύματα						

Αυτή η σκιαγράφηση σημαίνει ότι η αντίδραση μπορεί να επέλθει σε πολύ δυσμενείς συνθήκες.

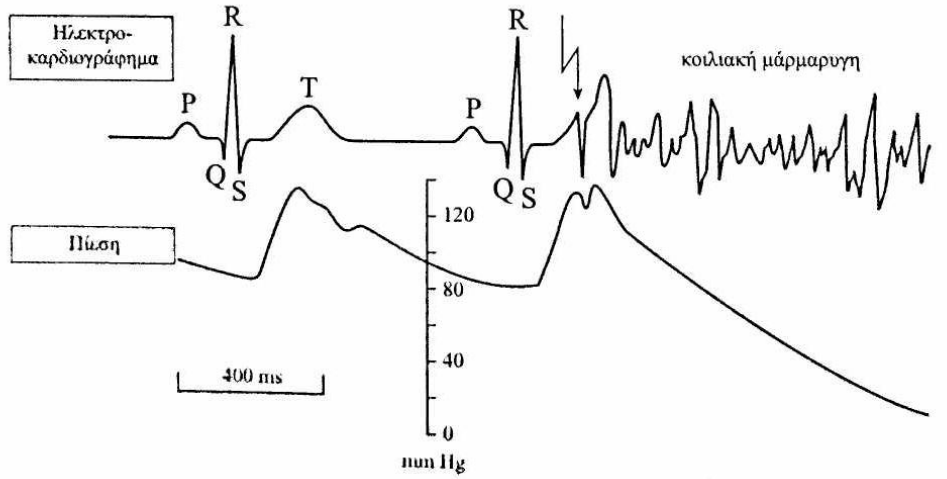
Αυτή η σκιαγράφηση σημαίνει αντίδραση σε συνηθισμένες συνθήκες.

Πηγή: Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις καταναλωτών, Ντοκόπουλος, Εκδόσεις ΖΗΤΗ

Ατυχήματα από ηλεκτροπληξία



Σχ. 2.1. Ευαίσθητη περίοδος Τ κατά τη διάρκεια ενός καρδιακού κύκλου. Οι αριθμοί 1... 5 δείχνουν την ακολουθία της εξάπλωσης της ηλεκτρικής διέγερσης από την γεννήτρια του παλμού έως και την κοιλιακή σύσπαση.



Σχ. 2.2. Διέγερση κοιλιακής μαρμαρυγής με διέλευση ρεύματος σε ηλεκτροπληξία κατά τη φάση Τ.

Κολπική Μαρμαρυγή

Όταν λειτουργεί σωστά η καρδιά, χτυπάει με έναν σταθερό ρυθμό. Όταν χάνει τον ρυθμό της, λέμε ότι έχει αρρυθμίες και καταπονείται. Η κολπική μαρμαρυγή είναι η συχνότερη αιτία που οδηγεί σε αρρυθμίες. Σε αυτήν την περίπτωση, το πάνω μέρος της καρδιάς δε συντονίζεται με το κάτω μέρος. Χτυπούν σε διαφορετικό ρυθμό κάτι που δεν της επιτρέπει να σπρώξει όλο το αίμα έξω και να το οδηγήσει στις αρτηρίες. Έτσι, το αίμα μαζεύεται σε αυτή, αρχίζει να πήζει, με αποτέλεσμα να δημιουργεί ένα τείχος που φράζει την αρτηρία, δηλαδή δημιουργείται ένας θρόμβος.

Η ιδιότητα του αίματος να πήζει, να δημιουργεί δηλαδή ένα τείχος, μας προστατεύει όταν χτυπάμε και κάνουμε πληγή. Είναι αυτό που σταματά την αιμορραγία. Όταν, όμως, δημιουργείται στο εσωτερικό του οργανισμού μας και μπλοκάρει κάποια αρτηρία, τότε ολόκληρες περιοχές του σώματός μας μένουν χωρίς αίμα, κάτι που είναι επικίνδυνο!

Πηγή: Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις καταναλωτών, Ντοκόπουλος, Εκδόσεις ΖΗΤΗ

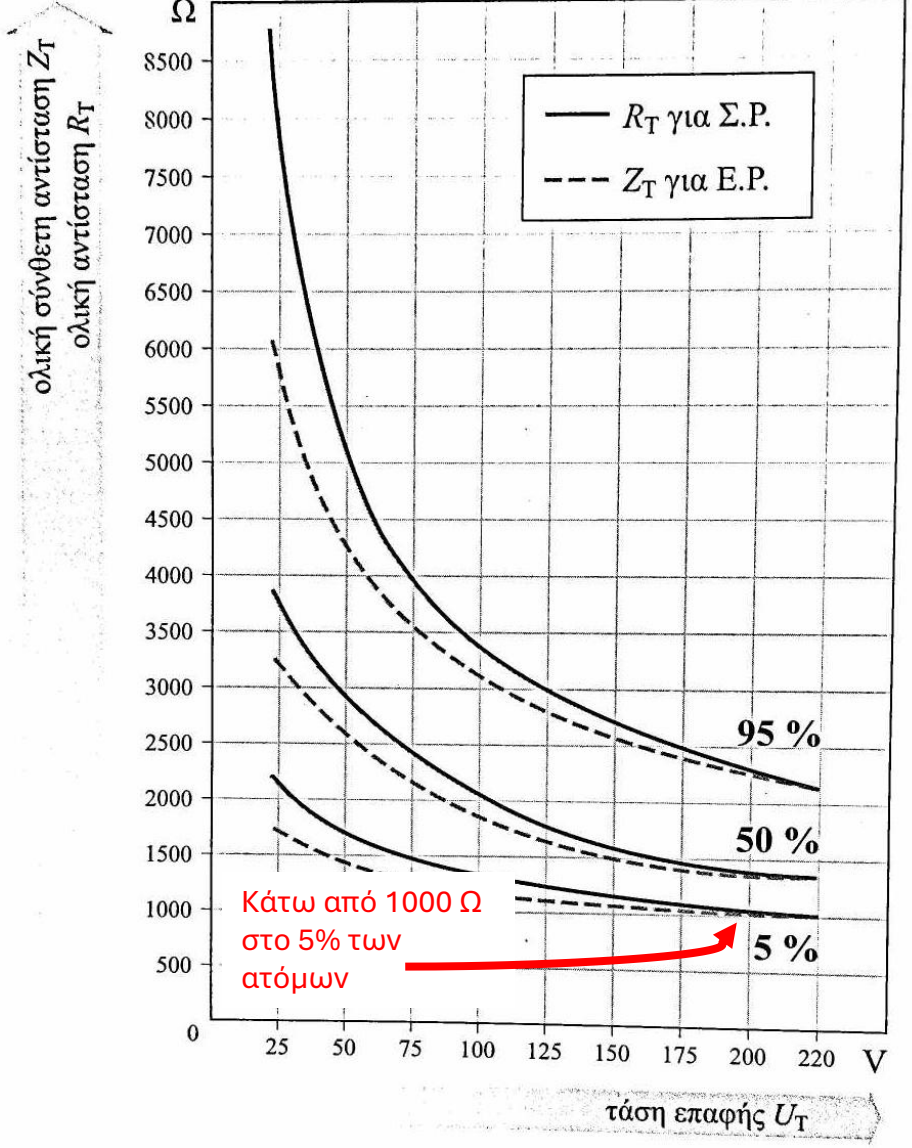
Αντίσταση ανθρώπινου σώματος

- Η σύνθετη αντίσταση του ανθρώπινου σώματος είναι κυρίως ωμική με ελάχιστη χωρητικότητα

- Η τιμής της εξαρτάται από:
  - Την επιφάνεια επαφής σώματος-αγωγού
  - Τον δρόμο του ρεύματος εντός του σώματος
  - Την τάση επαφής (βλ. σχήμα 2.3)
  - Την σωματική διάπλαση
  - Την κατάσταση της επιδερμίδας π.χ. πάχος, υγρασία κτλ.
  - Την ψυχική κατάσταση

- Το σχήμα 2.3 απεικονίζει (ποσοστιαία) την αντίσταση του ανθρώπινου σώματος, για την περίπτωση διέλευσης χέρι→δύο πόδια. Η αντίσταση αυτή διορθώνεται με βάση την παρακάτω σχέση, για διάφορους δρόμους διέλευσης εντός του σώματος.

$$\mathrm{R} = \mathrm{F}_1 \cdot R_{ref}$$



Σχ. 2.3. Στατιστικές τιμές της σύνθετης αντίστασης του ανθρώπινου σώματος, R_{ref}, σαν συνάρτηση της τάσης κατά IEC 60479-1 (το δέρμα είναι στεγνό).
Σχεδιάστηκαν ανά τρεις καμπύλες για ΣΡ και ΕΡ που αντιστοιχούν σε διαφορετικά ποσοστά 5%, 50%, 95% του πλήθους των ανθρώπων που έγιναν οι μετρήσεις. Η αντίσταση είναι η R_{ref} από το ένα χέρι στα δύο πόδια ή από χέρι σε χέρι.

Πηγή: Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις καταναλωτών, Ντοκόπουλος, Εκδόσεις ΖΗΤΗ

Αντίσταση ανθρώπινου σώματος

Ερώτηση: Υπολογίστε την μέση αντίσταση (50% των ανθρώπων) στην τάση των 220V, για την περίπτωση επαφής ένα χέρι→πλάτη.



Πίνακας 2.2. Συντελεστής αντίστασης του ανθρώπινου σώματος για διάφορους δρόμους του ρεύματος ηλεκτροπληξίας. Η αντίσταση ενός δρόμου ισούται με την αντίσταση χέρι-δύο πόδια, R_{ref}, επί τη σχετική αντίσταση F_1. Ο πίνακας προέκυψε και είναι σύμφωνος με τη δημοσίευση IEC 60479-1.

Δρόμος	Σχετική αντίσταση F_1	Δρόμος	Σχετική αντίσταση F_1
Ένα χέρι-δύο πόδια = R_{ref}	1	Δύο χέρια-οπίσθια	0,4
Δύο χέρια - δύο πόδια	0,67	Ένα χέρι-πλάτη	0,67
Αριστερό (δεξιό) χέρι-αριστερό (δεξιό) πόδι	1,33	Δύο χέρια-πλάτη	0,33
		Ένα χέρι-στήθος	0,60
Δύο χέρια-ένα πόδι	1,0	Δύο χέρια-στήθος	0,31
Αριστερό ή δεξιό χέρι-οπίσθια	0,4	Χέρι-χέρι	1,33

Πηγή: Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις καταναλωτών, Ντοκόπουλος, Εκδόσεις ΖΗΤΗ

Συντελεστής ρεύματος -καρδιάς

Η επίδραση του ρεύματος στο σώμα εξαρτάται όχι από το συνολικό ρεύμα αλλά από το ρεύμα που διαρρέει την καρδιά. Μία ιδιαίτερα επικίνδυνη περίπτωση είναι όταν το ρεύμα περνά από το αριστερό χέρι στα δύο πόδια. Αυτό λέγεται ρεύμα αναφοράς I_{ref}. Μπορεί κατά IEC 60479 να υποθέσει κανείς ότι ένα ρεύμα I με έναν άλλο δρόμο θα προκαλέσει το ίδιο αποτέλεσμα με ένα ρεύμα αναφοράς που περνά από το αριστερό χέρι στα δυο πόδια:

$$I_{ref} = F_2 \cdot I \qquad (2.2)$$

όπου F_2 είναι ένας παράγοντας 0,4 … 1,5 και δίνεται στον πίνακα 2.3.

Πίνακας 2.3. Συντελεστής ρεύματος καρδιάς F_2. Για ένα ρεύμα I το ισοδύναμο ρεύμα I_{ref} που δρα είναι: $I_{ref} = F_2 \cdot I$ κατά IEC 60479-1.

Δρόμος	Συντελεστής F_2	Δρόμος	Συντελεστής F_2
Αριστερό χέρι-ένα ή δύο πόδια και δύο χέρια-δύο πόδια	1,0	Αριστερό χέρι - πλάτη	0,7
Χέρι - χέρι	0,4	Δεξί χέρι - στήθος	1,3
Δεξί χέρι - ένα οποιοδήποτε ή και τα δύο πόδια	0,8	Αριστερό χέρι - στήθος	1,5
Δεξί χέρι-πλάτη	0,3	Οπίσθια - δύο χέρια ή ένα χέρι δεξί ή αριστερό	0,7

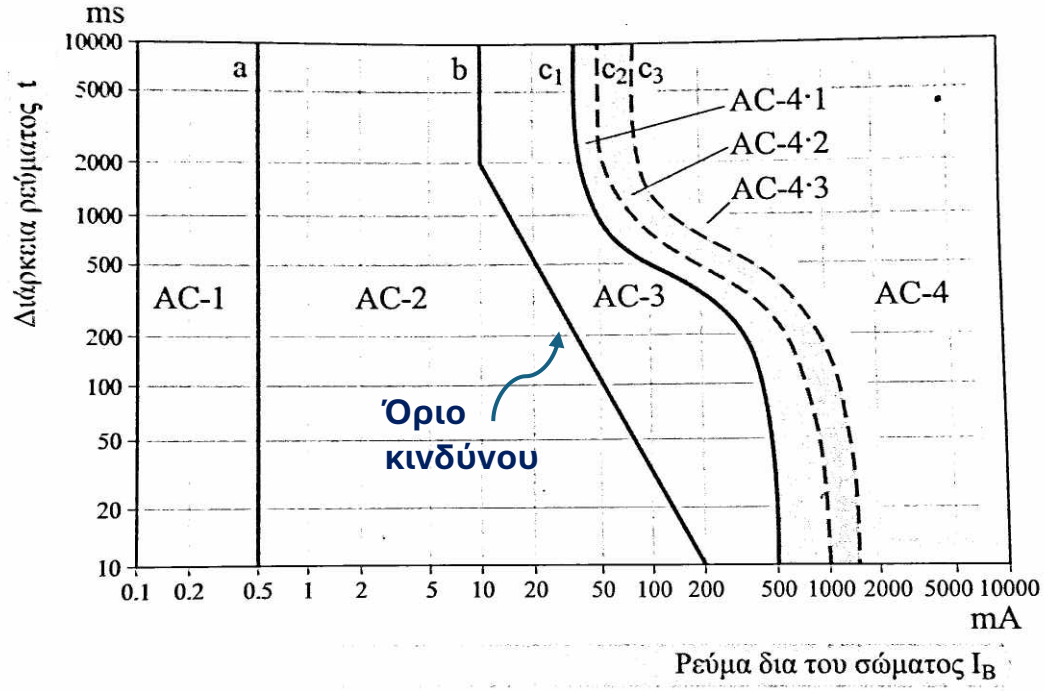
Βλέπουμε ότι, η χειρότερη περίπτωση είναι όταν το ρεύμα περνά από το αριστερό χέρι στο στήθος, αντίθετα, τα ρεύματα από το δεξί χέρι προς την πλάτη είναι τα πιο ακίνδυνα.

Ερώτηση: Υπολογίστε το ισοδύναμο ρεύμα ηλεκτροπληξίας, σε περίπτωση επαφής δεξί χέρι→πλάτη, σε τάση 220V, για το 50% των ανθρώπων.



Πηγή: Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις καταναλωτών, Ντοκόπουλος, Εκδόσεις ΖΗΤΗ

Όρια ηλεκτροπληξίας του AC ρεύματος



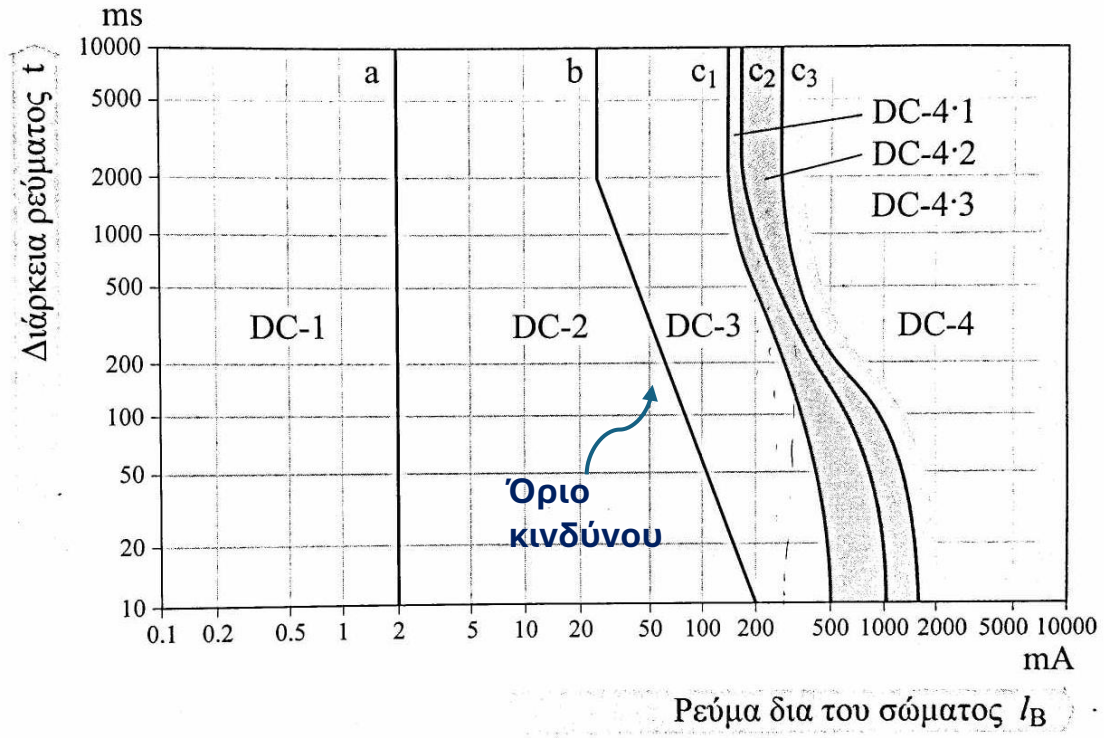
Σχ. 2.5. Επίδραση του εναλλασσόμενου ρεύματος 15-100 Hz σε ανθρώπους, ανεξαρτήτως ηλικίας και βάρους, IEC 60479-1. Ο δρόμος ρεύματος είναι από το αριστερό χέρι προς τα δύο πόδια. Το ρεύμα που αντιστοιχεί σ' αυτό το δρόμο λέγεται ρεύμα αναφοράς, I_{ref}.

Πίνακας 2.4. Επιδράσεις στις διάφορες περιοχές ρεύματος – χρόνου του σχήματος 2.5.

Ζώνη	Όρια	Φυσιολογικές Δράσεις
AC-1	μέχρι 0,5 mA γραμμή α	Καμιά αντίδραση.
AC-2	0,5 mA έως τη γραμμή b	Συνήθως καμιά επιζήμια φυσιοπαθολογική δράση.
AC-3	γραμμή b έως καμπύλη c_1	Συνήθως δεν αναμένεται οργανική βλάβη. Υπάρχει πιθανότητα μουδιάσματος και δυσκολία αναπνοής για διάρκειες ρευμάτων άνω των 2 sec. Πιθανολογούνται αναστρέψιμες διαταραχές στην παλμοδοσία της καρδιάς, κολπική μαρμαρυγή και παροδική στάση της καρδιάς χωρίς όμως κοιλιακή μαρμαρυγή, η πιθανότητα αυξάνεται με το ρεύμα και τη διάρκεια.
AC-4	Πάνω από την καμπύλη c_1	Αυξανομένου του ρεύματος και της διάρκειάς του μπορεί να συμβούν επικίνδυνες φυσιοπαθολογικές ενέργειες όπως ανακοπή καρδιάς, ασφυξία, σοβαρά εγκαύματα κ.λπ. επιπλέον αυτών που μπορούν να συμβούν στη ζώνη AC-3.
AC-4.1.	c_1-c_2	Πιθανότητα κοιλιακής μαρμαρυγής έως 5%.
AC-4.2.	c_2-c_3	Πιθανότητα κοιλιακής μαρμαρυγής έως περίπου 50%.
AC-4.3.	Πέραν της c_3	Πιθανότητα κοιλιακής μαρμαρυγής πάνω από 50%.

Πηγή: Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις καταναλωτών, Ντοκόπουλος, Εκδόσεις ΖΗΤΗ

Όρια ηλεκτροπληξίας του DC ρεύματος



Σχ. 2.6. Επίδραση του συνεχούς ρεύματος σε ανθρώπους ανεξαρτήτως ηλικίας και βάρους. Ο δρόμος του ρεύματος είναι από το αριστερό χέρι στα δύο πόδια, IEC60474-1, επεξηγήσεις στον πίνακα 2.5.

Πίνακας 2.5. Επιδράσεις στις διάφορες περιοχές ρεύματος-χρόνου του σχήματος 2.6 που ισχύει για συνεχές ρεύμα.

Ζώνη	Όρια	Φυσιολογικές Δράσεις
DC-1	μέχρι 2 mA έως τη γραμμή α	Μέχρι και 2 mA γραμμή α. Συνήθως καμιά αντίδραση, πιθανό ελαφρύ κτύπημα κατά το ανοιγοκλείσιμο του ρεύματος.
DC-2	2 mA έως τη γραμμή b	Από 2 mA μέχρι τη γραμμή b. Συνήθως καμιά βλαβερή φυσιοπαθολογική δράση.
DC-3	γραμμή b έως καμπύλη C_1	Από γραμμή b μέχρι καμπύλη c. Συνήθως δεν αναμένονται οργανικές βλάβες. Αυξανομένου του ρεύματος και του χρόνου μπορεί να συμβούν αναστρέψιμες διαταραχές στην οδήγηση των καρδιακών διεγέρσεων (παλμών).
DC-4	Πάνω από την καμπύλη c_1	Αυξανομένου του ρεύματος και χρόνου, αναμένονται επικίνδυνες φυσιοπαθολογικές δράσεις, π.χ. σοβαρά εγκαύματα επιπροσθέτως των δράσεων της ζώνης.
DC-4.1	c_1-c_2	Η πιθανότητα κοιλιακής μαρμαρυγής αυξάνεται έως 5%.
DC-4.2	c_2-c_3	Η πιθανότητα κοιλιακής μαρμαρυγής αυξάνεται έως περίπου 50%.
DC-4.3	Πέραν της c_3	Η πιθανότητα κοιλιακής μαρμαρυγής είναι πάνω από 50%.

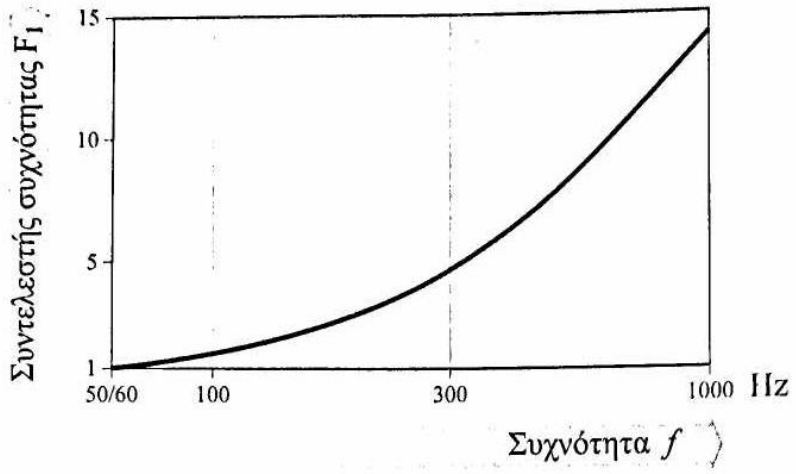
Πηγή: Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις καταναλωτών, Ντοκόπουλος, Εκδόσεις ΖΗΤΗ

Επίδραση της συχνότητας του ρεύματος

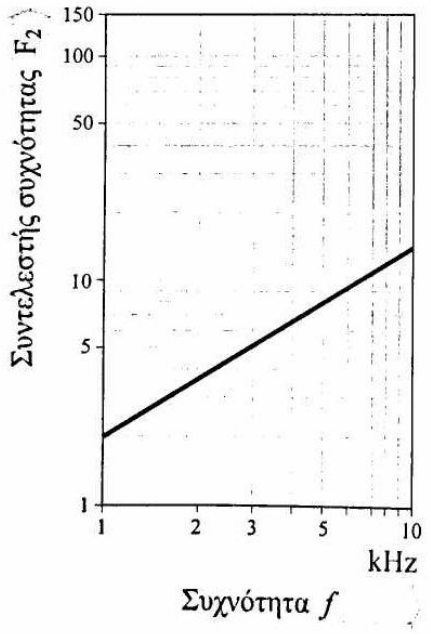
Η επίδραση του ρεύματος στον άνθρωπο γίνεται πιο ακίνδυνη καθώς αυξάνεται η συχνότητα από 50 Hz σε υψηλότερες συχνότητες. Φαίνεται από τη δημοσίευση IEC 60479-1 ότι η περιοχή γύρω από τα 50 Hz είναι η πιο επικίνδυνη. Δηλαδή στο συνεχές και σε υψηλότερες συχνότητες από 50 Hz η δράση του ρεύματος είναι πιο ακίνδυνη. Για να βρούμε την τιμή ενός υψίσυχνου ρεύματος, I_{eq}, που προκαλεί το ίδιο αποτέλεσμα όπως το ρεύμα των 50 Hz, πρέπει να πολλαπλασιάσουμε το ρεύμα I των 50 Hz (σχ. 2.3.) με συντελεστές που δίνονται στα σχήματα 2.7, 2.8, 2.9.

$$I_{eq} = I \cdot F_1 \quad \text{ή} \quad I_{eq} = I \cdot F_2 \quad \text{ή} \quad I_{eq} = I \cdot F_3 \qquad (2.4)$$

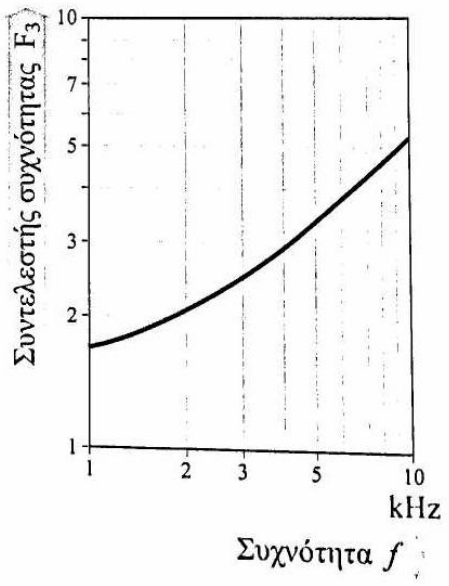
Ο F_1 ισχύει για την περίπτωση της κοιλιακής μαρμαρυγής, ο F_2 για το όριο ευαισθησίας γραμμή b, ο F_3 για την περιοχή AC-3 στο σχήμα 2.4. Για 1000 Hz, π.χ. δεν υπάρχει καμιά αντίδραση (καμπύλη a) για $0,5 \times 2,1 = 1,02$ mA. Το όριο κοιλιακής μαρμαρυγής (καμπύλη c_1) είναι για 1000 Hz και για καταπόνηση 5 δευτερολέπτων $40 \times 14 = 560$ mA.



Σχ. 2.7. Συντελεστής συχνότητας F_1 που αφορά το όριο εμφάνισης κοιλιακής μαρμαρυγής. Το ισοδύναμο ρεύμα για συχνότητα f είναι το ρεύμα των 50 Hz επί του συντελεστή F_1.



Σχ. 2.8.: Συντελεστής συχνότητας F_2 του κατωφλίου ευαισθησίας.



Σχ. 2.9.: Συντελεστής συχνότητας F_3 για το ρεύμα κατωφλίου περιοχής AC_3 όπου οριακά μπορεί κανείς να απαγκιστρωθεί από τον ρευματοφόρο αγωγό, όριο ελέγχου μυών.

Ερώτηση: Ποιο το όριο κοιλιακής μαρμαρυγής, για έκθεση σε τάση συχνότητας 300Hz και χρόνο έκθεσης 0.5 sec.

Πηγή: Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις καταναλωτών, Ντοκόπουλος, Εκδόσεις ΖΗΤΗ



Θα μπορούσε κανείς από τη δημοσίευση IEC 60479 να ορίσει, κάτω από παραδοχές για την αντίσταση του ανθρώπινου σώματος, επικίνδυνες τάσεις επαφής. Στην προστασία με ουδετερογείωση, HD 384.4.41, ορίζονται σαν επικίνδυνες τάσεις αυτές που είναι πάνω από ορισμένα όρια και διαρκούν αρκετά για να προκαλέσουν επικίνδυνες καταστάσεις.

Αυτά τα όρια είναι:

- **ΕΡ ενεργός τιμή U ≥ 50 V.**
- **ΣΡ με κυμάτωση μικρότερη των 10%, U ≥ 120 V.**

Συγκεκριμένα για ΕΡ και τάση 50 V θεωρούν τα πρότυπα HD 384.4.41 ένα χρόνο επίδρασης 5 sec ακίνδυνο ενώ για υψηλότερες τάσεις οι ακίνδυνοι χρόνοι είναι μικρότεροι, π.χ. U = 230 V, t = 0,4 sec. Άλλα ζεύγη τιμών U, t ευρίσκονται στο κεφάλαιο περί προστασίας σε ουδετερογειωμένα δίκτυα.

Γενικό Συμπέρασμα- Επικίνδυνες τάσεις επαφής

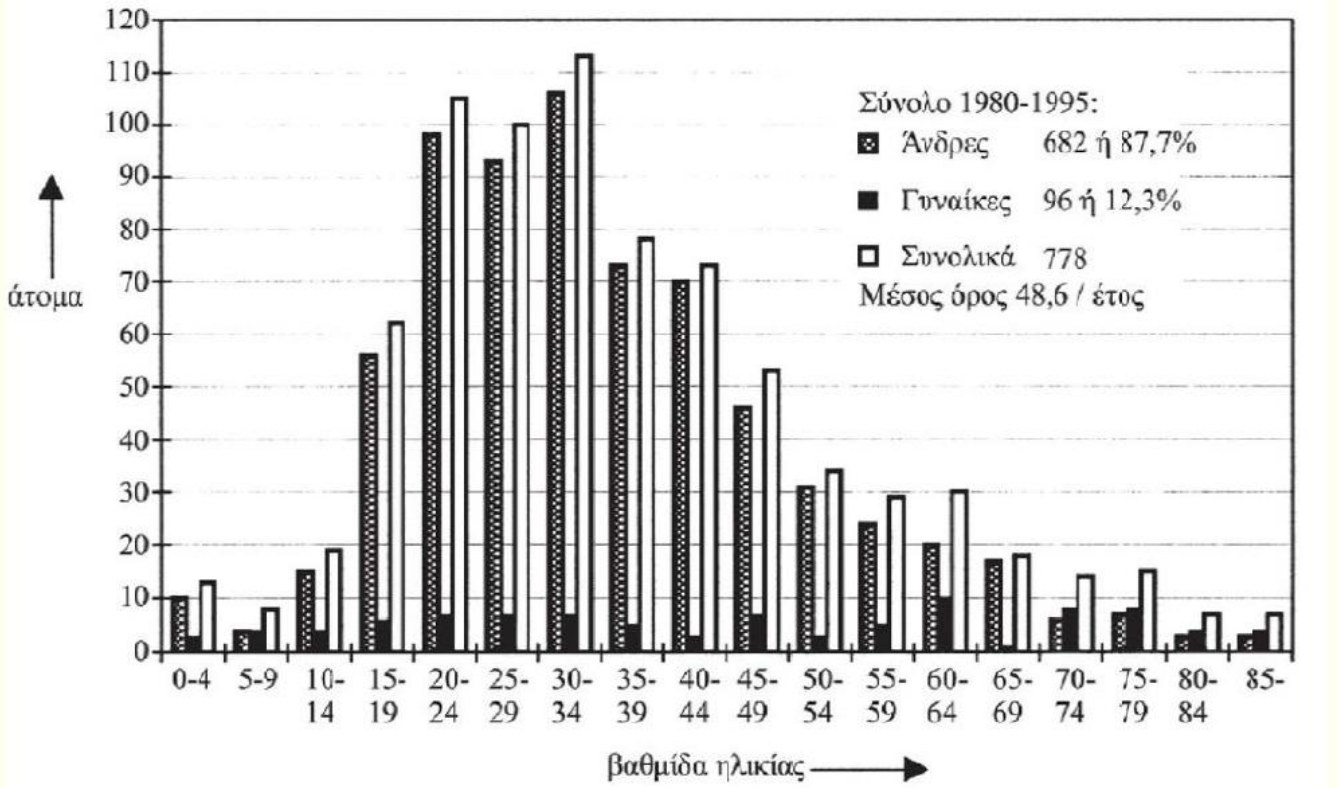
Μέγιστη επιτρεπόμενη διάρκεια για δεδομένη τάση επαφής

Μέγιστη επιτρεπόμενη διάρκεια (s)	Τάση επαφής U_B	
	Εναλλασσόμενο ρεύμα Ενδεικνυμένη τιμή (V)	Συνεχές ρεύμα V
∞	≤50	≤120
5	50	120
1	75	140
0,5	90	160
0,2	110	175
0,1	150	200
0,05	220	250
0,03	280	310

Πηγή: Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις καταναλωτών, Ντοκόπουλος, Εκδόσεις ΖΗΤΗ

Στατιστικά στοιχεία

ΚΙΝΔΥΝΟΙ από το ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΡΕΥΜΑ



Θανατηφόρα ατυχήματα από ηλεκτροπληξία στην Ελλάδα κατά την περίοδο 1980-1995 ανά βαθμίδα ηλικίας
Πηγή πρωτογενών στοιχείων: Εθνική Στατιστική Υπηρεσία της Ελλάδας

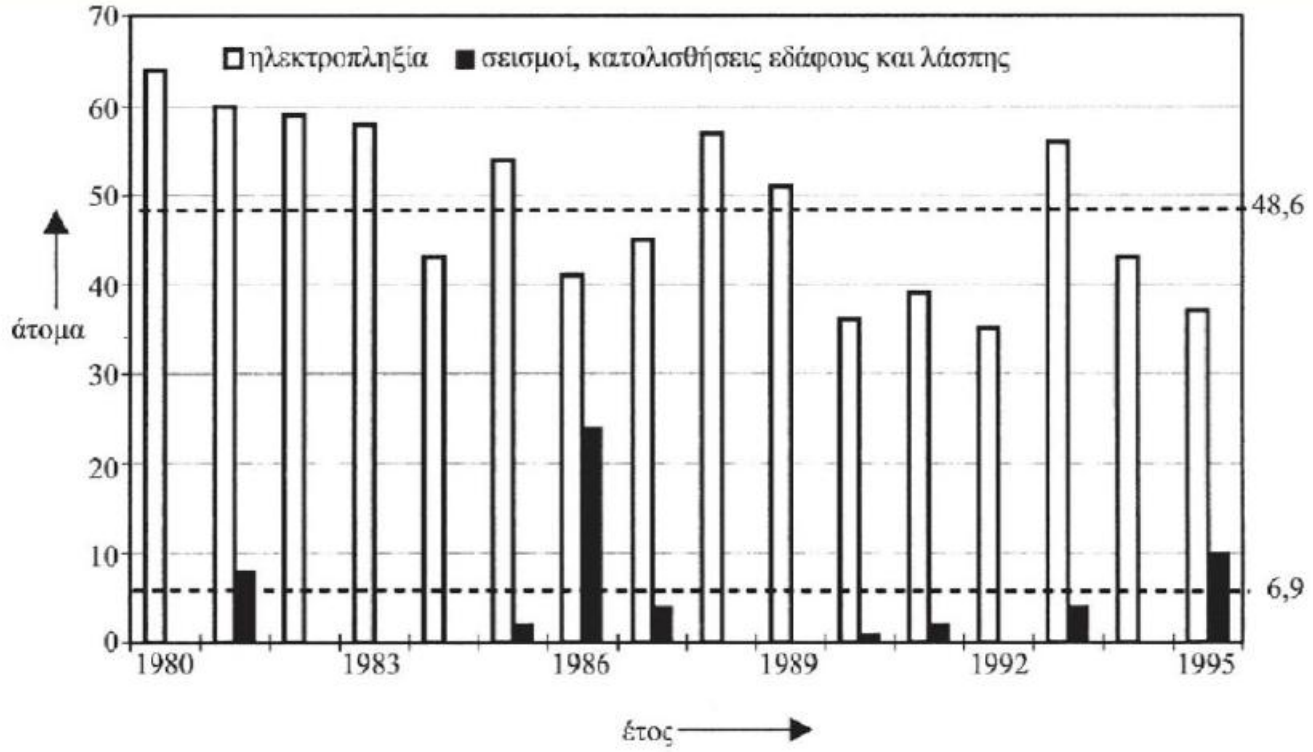
Δ. Κ. Τσανάκας, Η ασφάλεια στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις, Ημερίδα ΤΕΕ, Αθήνα 15.11.05

Στατιστικά στοιχεία



Στατιστικά στοιχεία

ΚΙΝΔΥΝΟΙ από το ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΡΕΥΜΑ



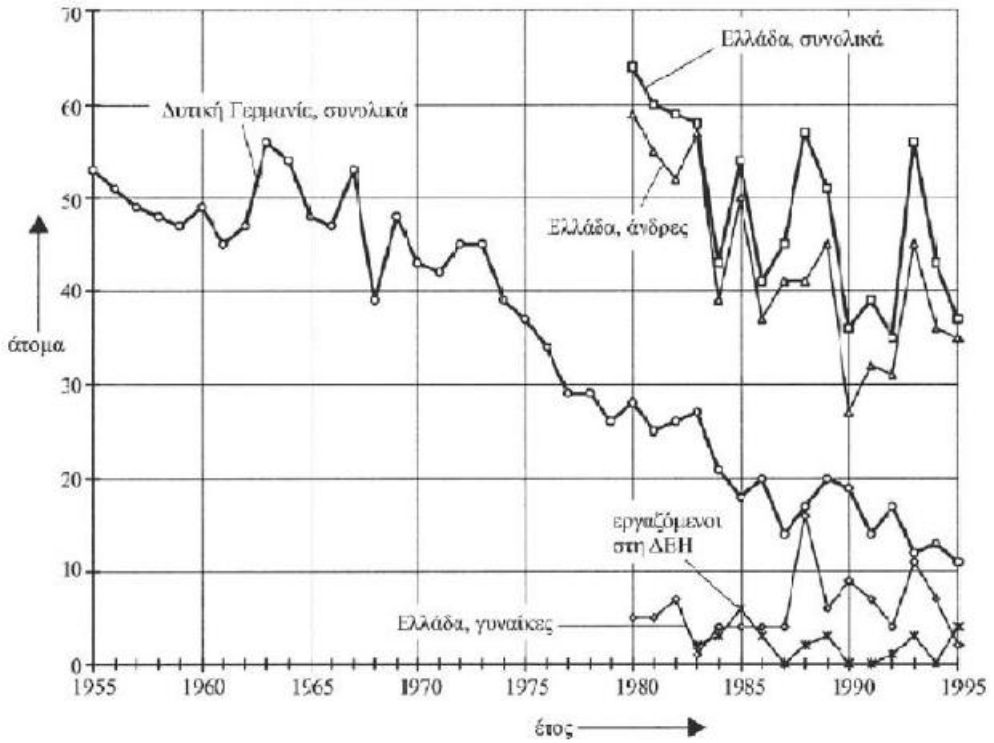
Θανατηφόρα ατυχήματα από ηλεκτροπληξία στην Ελλάδα, ανά έτος κατά την περίοδο 1980-1995 και σύγκριση με τα θανατηφόρα ατυχήματα από σεισμούς, κατολισθήσεις και χιονοστιβάδες.

Πηγή πρωτογενών στοιχείων: Εθνική Στατιστική Υπηρεσία της Ελλάδας

Δ. Κ. Τσανάκας, Η ασφάλεια στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις, Ημερίδα ΤΕΕ, Αθήνα 15.11.05

Στατιστικά στοιχεία

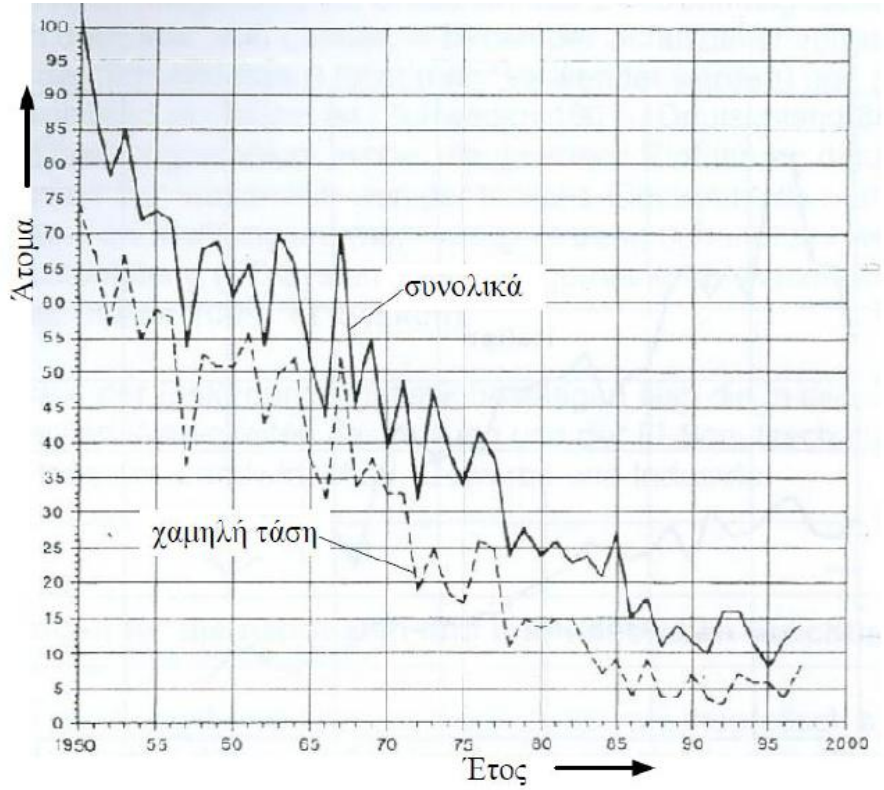
ΚΙΝΔΥΝΟΙ από το ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΡΕΥΜΑ



Θανατηφόρα ατυχήματα από ηλεκτροπληξία στην Δυτική Γερμανία και στην Ελλάδα ανά 10 εκατ. κατοίκους και έτος.
Πηγές: VDE (Ένωση Γερμανών Ηλεκτρολόγων), BAU (Ομοσπονδιακή υπηρεσία διερεύνησης ατυχημάτων), Γερμανική Ομοσπονδιακή Στατιστική Υπηρεσία, Εθνική Στατιστική Υπηρεσία της Ελλάδας

Δ. Κ. Τσανάκας, Η ασφάλεια στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις, Ημερίδα ΤΕΕ, Αθήνα 15.11.05

Στατιστικά στοιχεία



Αριθμός θανατηφόρων ατυχημάτων από ηλεκτροπληξία στην Αυστρία
(8 εκατομμύρια κάτοικοι, 50% TT, 50%TN)
Πηγή: Biegelmeier, G., Groiß, J., Hirtler, R., ESF-Bericht Nr. 1, Wien, 1999

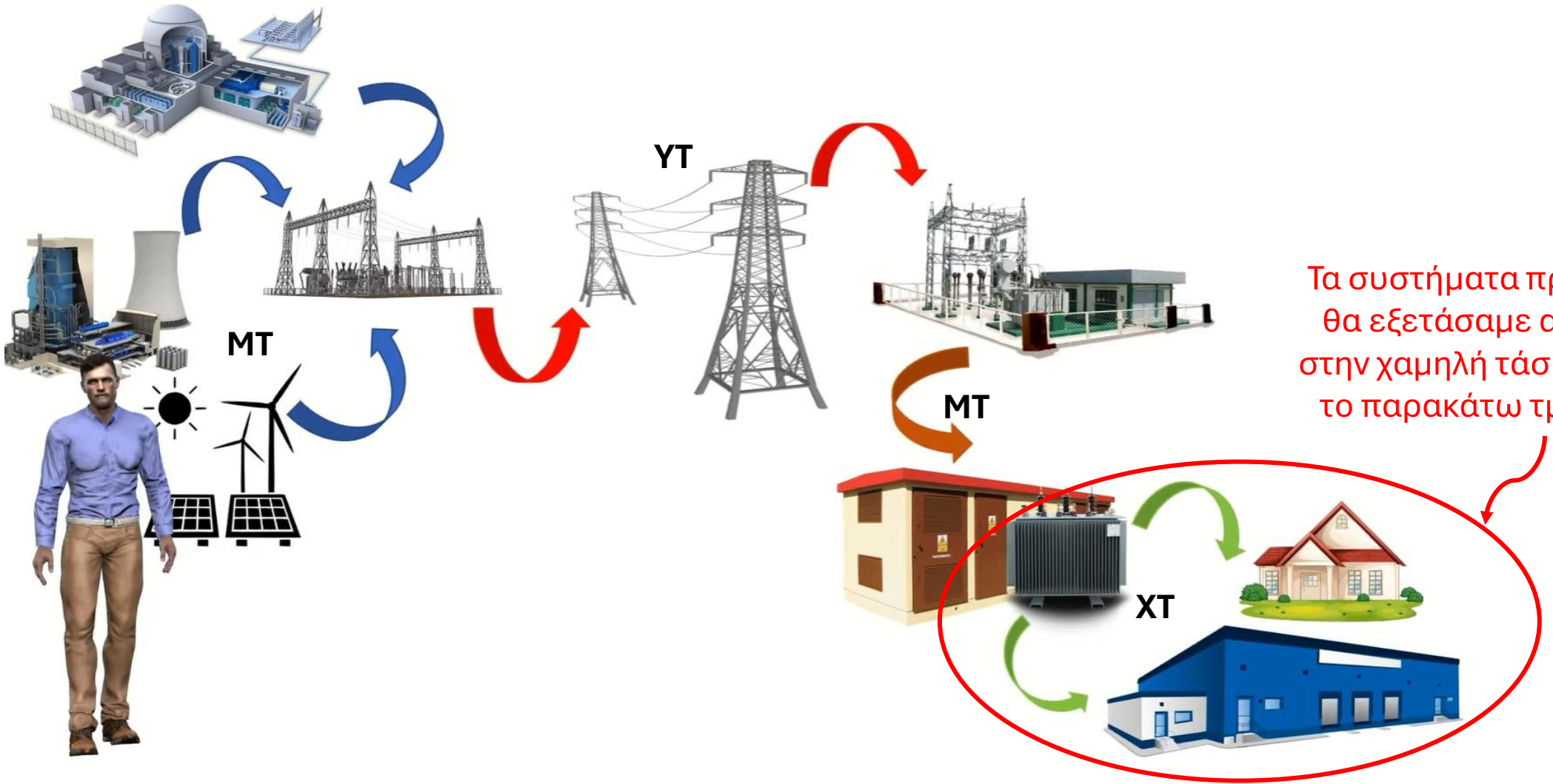
Δ. Κ. Τσανάκας, Η ασφάλεια στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις, Ημερίδα ΤΕΕ, Αθήνα 15.11.05

Κεφάλαιο 2

Συστήματα σύνδεσης γειώσεων

Δομή δικτύου

Πηγή: https://www.youtube.com/watch?v=tZp1e43QvUs

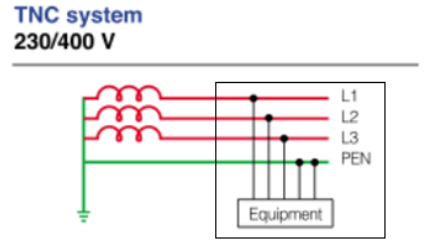


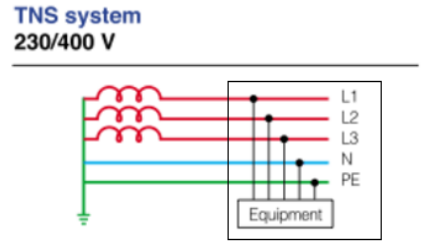
Τα συστήματα προστασίας που θα εξετάσαμε αφορούν μόνο στην χαμηλή τάση, δηλαδή μόνο το παρακάτω τμήμα δικτύου.

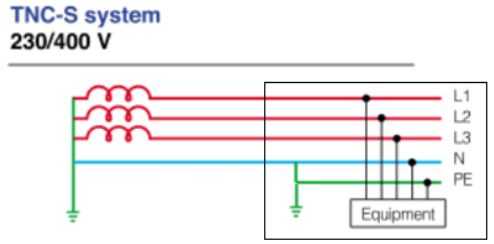
Συστήματα σύνδεσης γείωσης

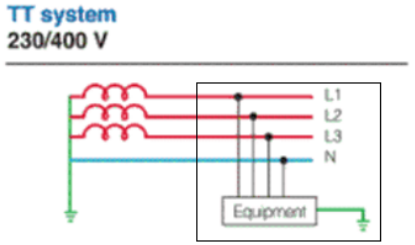
Ο ουδέτερος συνδέεται στη γη

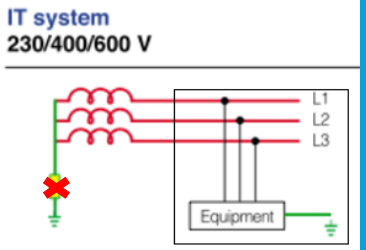
- **TN-C** → Οι γειώσεις N και PE συνδέονται σε κάποιο σημείο της γραμμής ή των καταναλωτών
  - → Κοινός (Common) N και PE
- **TN-S** → Ξεχωριστός (Separate) N και PE
- **TN-C-S**
- **TT** → Οι γειώσεις ουδετέρου και καταναλωτών ΔΕΝ συνδέονται
- **IT**
  - → Ο ουδέτερος δεν συνδέεται στη γη



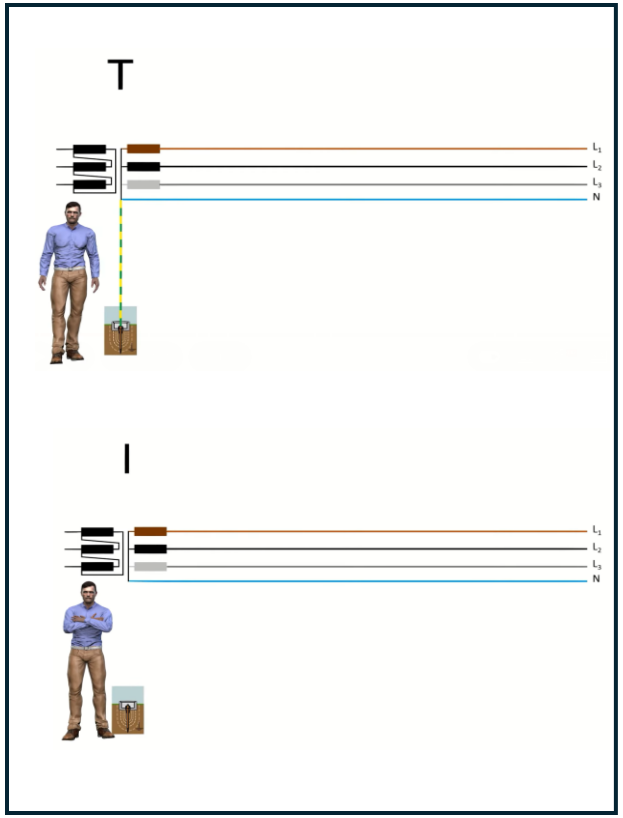


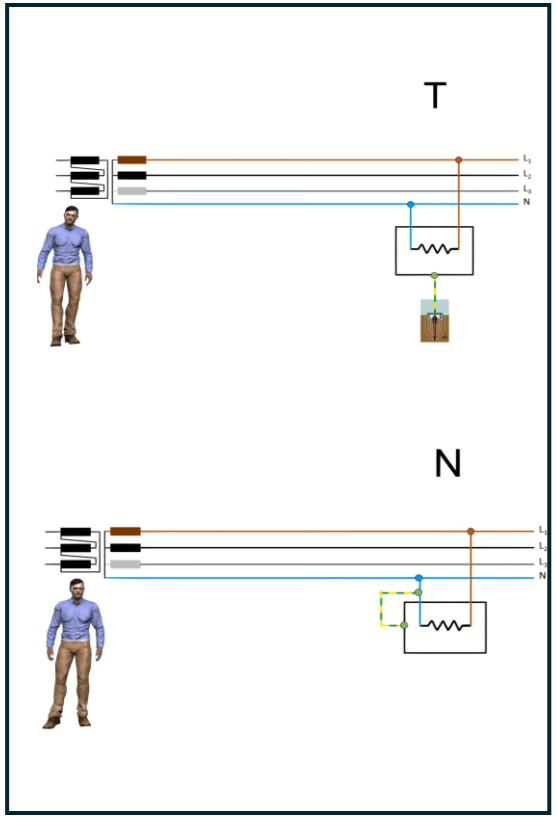


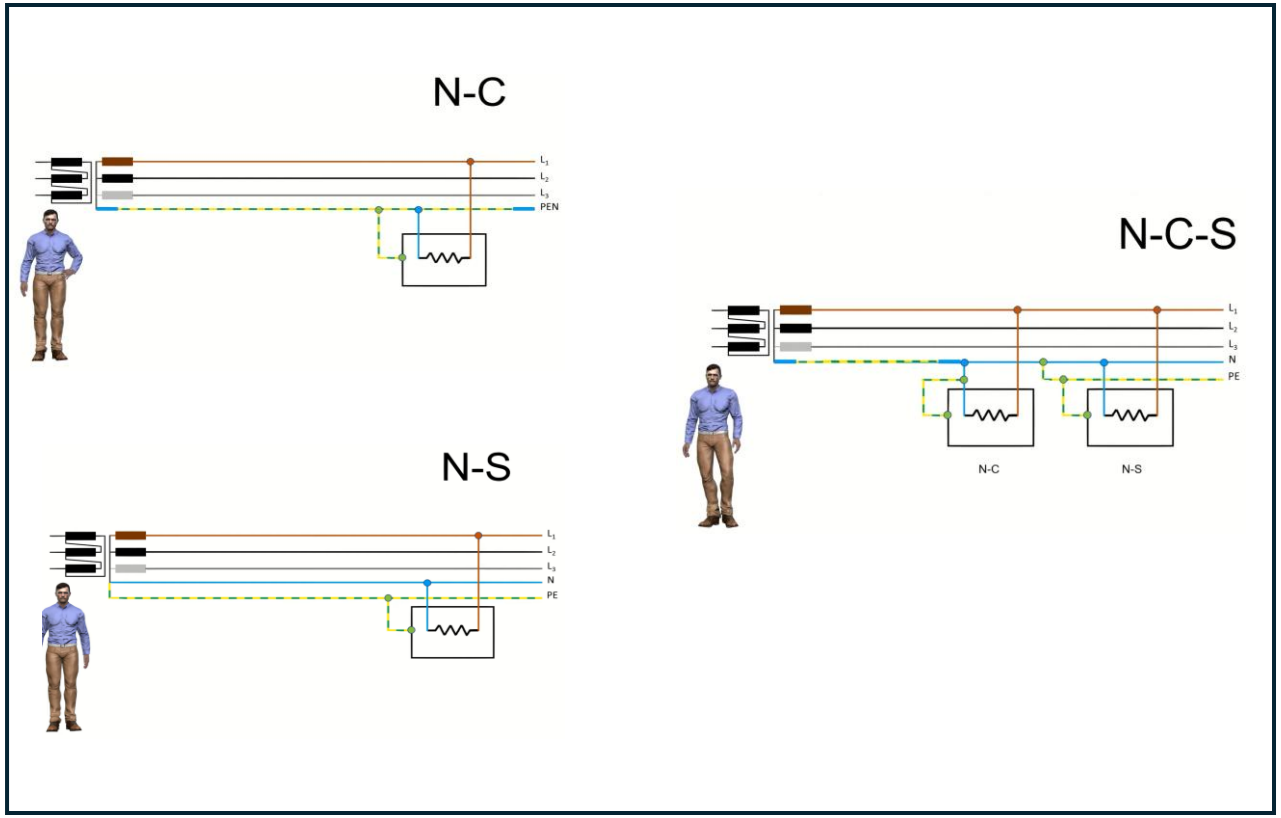




Επεξήγηση γραμμάτων



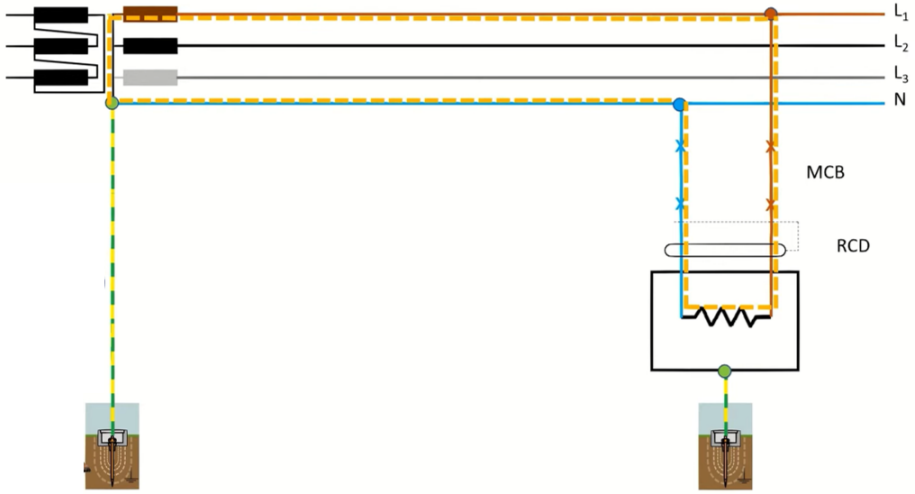




Πηγή: https://www.youtube.com/watch?v=tZp1e43QvUs

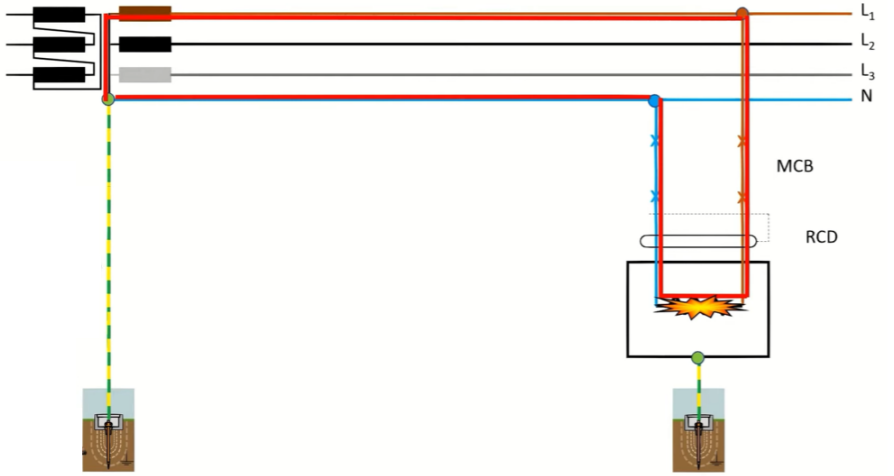
Ρεύμα στο ΤΤ

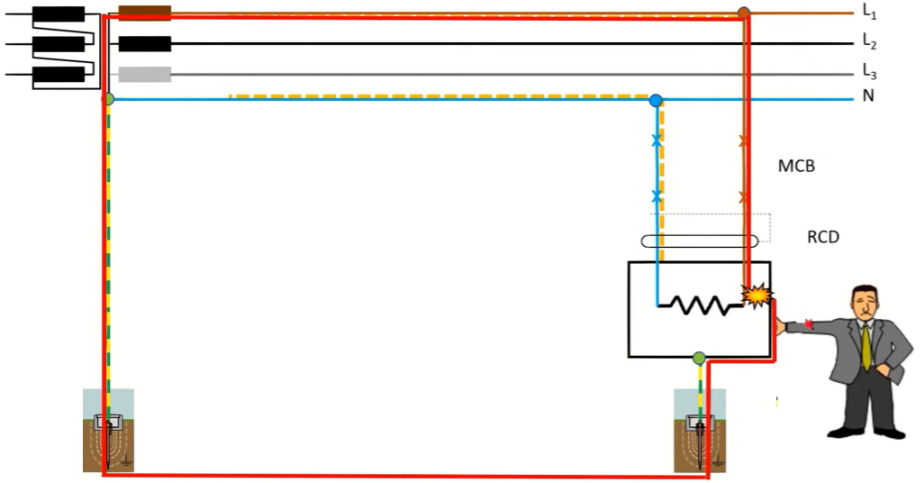
Κανονική λειτουργία



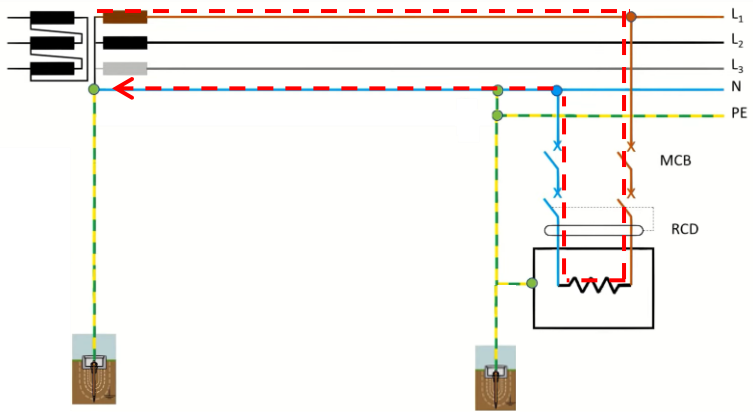
Σφάλμα L-L, L-N

Σφάλμα L-PE



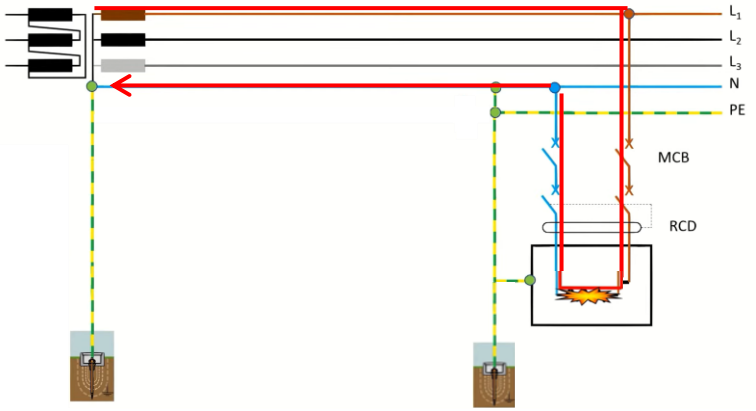


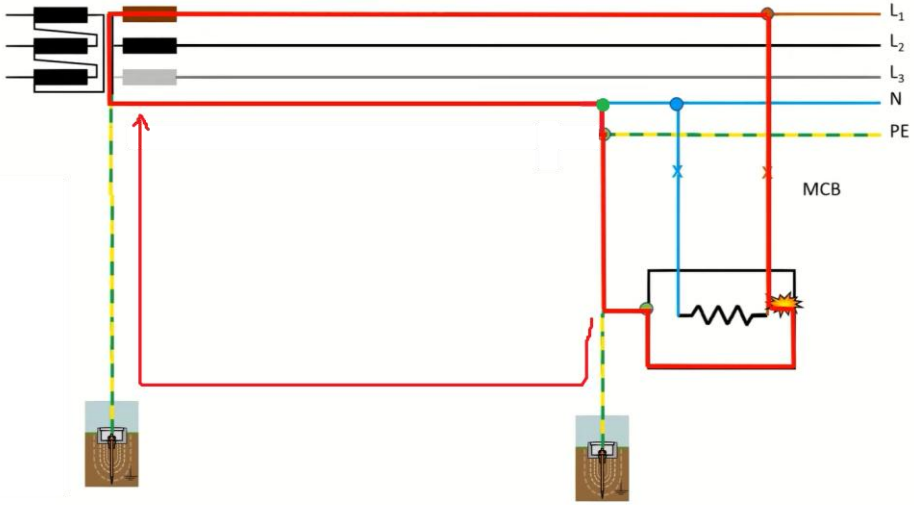
Ρεύμα στο TN-C-S



Σφάλμα L-L, L-N

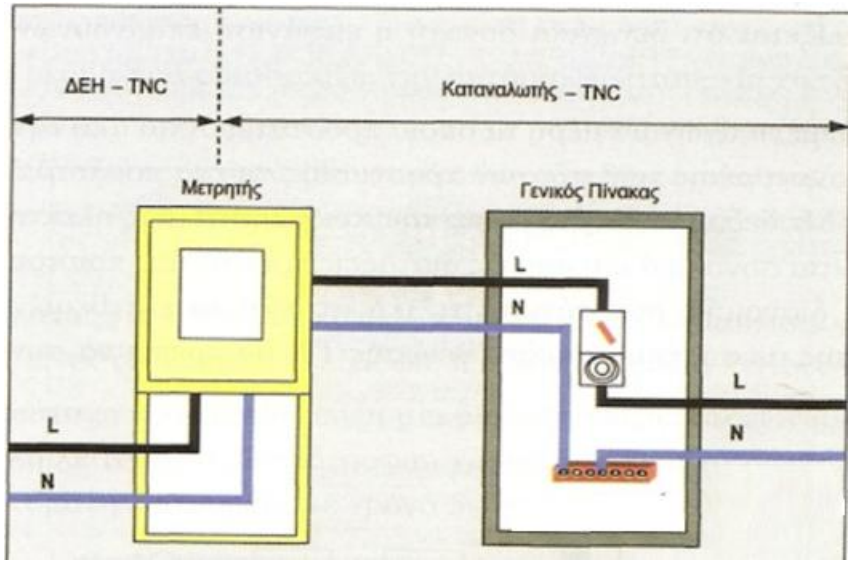
Σφάλμα L-PE

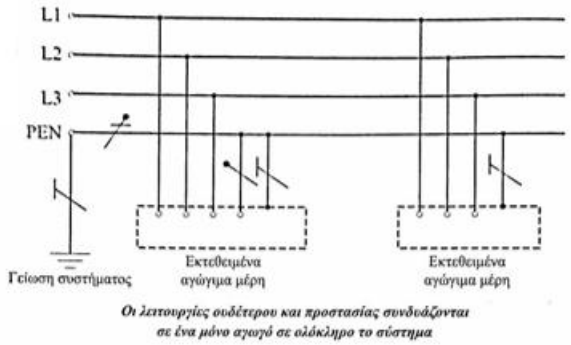




Σύστημα σύνδεσης γείωσης TN-C

- **Ο ουδέτερος αγωγός (N) ταυτίζεται με τον αγωγό προστασίας (PE). Ο αγωγός ονομάζεται (PEN)**
- **Ο αγωγός PEN γειώνεται στην γείωση του μετασχηματιστή ΜΤ/ΧΤ**
- Πλεονέκτημα:
  - Οικονομικό σύστημα
- Μειονεκτήματα:
  - Δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ρελέ-διαρροής
  - Μειωμένη ασφάλεια
  - Αύξηση τάσης αγωγού PE-N, σε καταστάσεις σφάλματος, προκαλώντας τάσεις επαφής σε προσβάσιμες γειωμένες μεταλλικές συσκευές





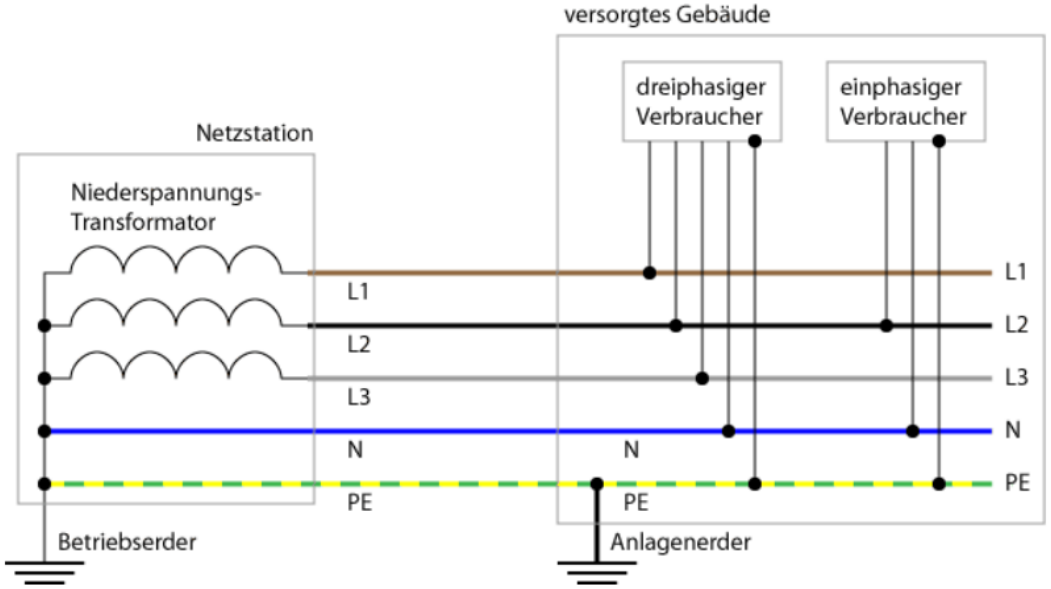
Σύστημα σύνδεσης γείωσης TN-S

- **Συν-υπάρχουν ουδέτερος αγωγός (N) και αγωγός προστασίας (PE) σε όλο το μήκος του δικτύου ΧΤ.**

- Ν και PE αγωγοί γειώνονται στον μετασχηματιστή ΜΤ/ΧΤ και ενδεχομένως στην γείωση του καταναλωτή

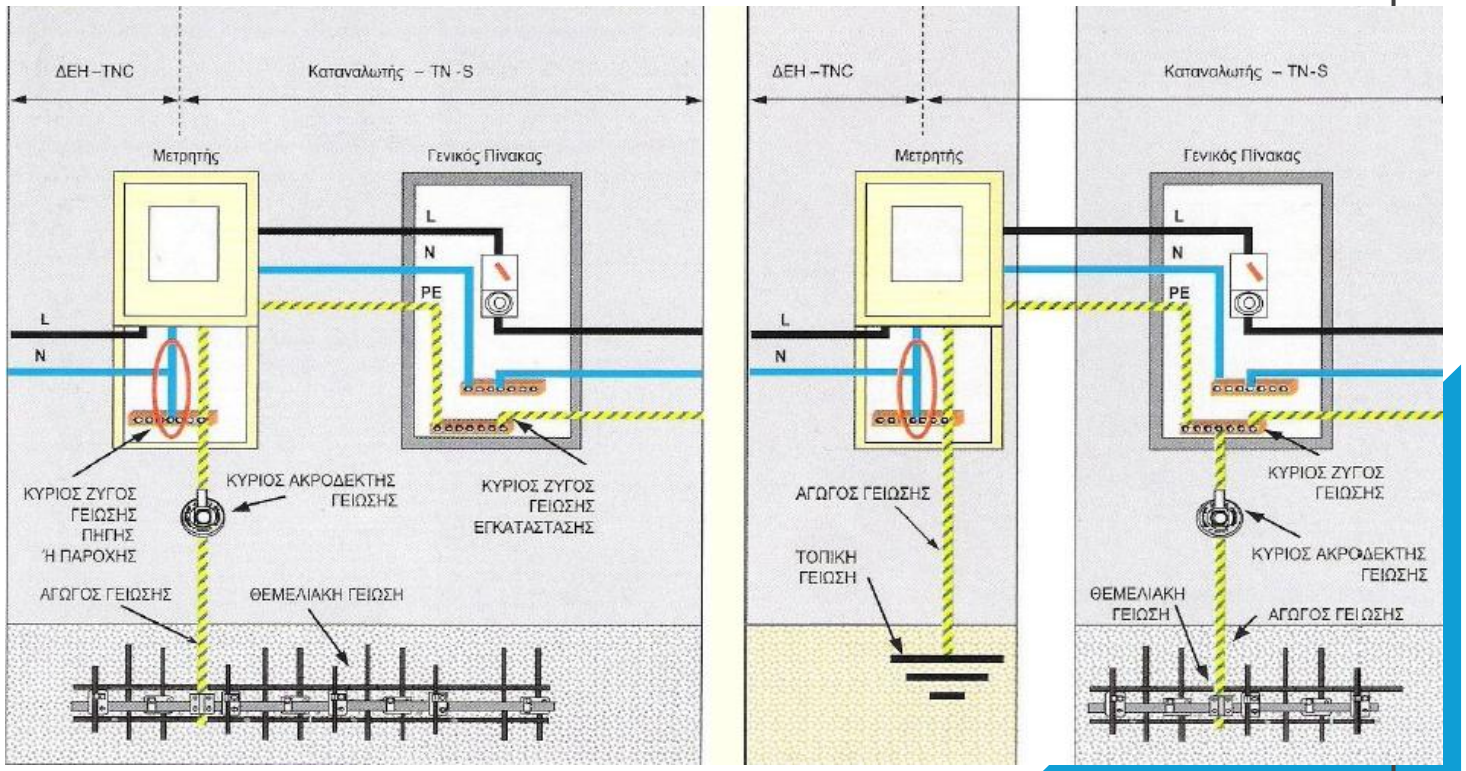
- Πλεονέκτημα:
  - Χαμηλές παρεμβολές στον ουδέτερο αγωγό
  - Αξιόπιστο σύστημα προστασίας
  - Εξαιρετική λειτουργία του ρελέ διαρροής, μικροαυτόματων, ασφαλειών

- Μειονεκτήματα:
  - Υψηλό κόστος λόγω μεγάλου μήκους PE αγωγού
  - Αύξηση τάσης αγωγού PE, σε καταστάσεις σφάλματος, προκαλώντας τάσεις επαφής σε προσβάσιμες γειωμένες μεταλλικές συσκευές

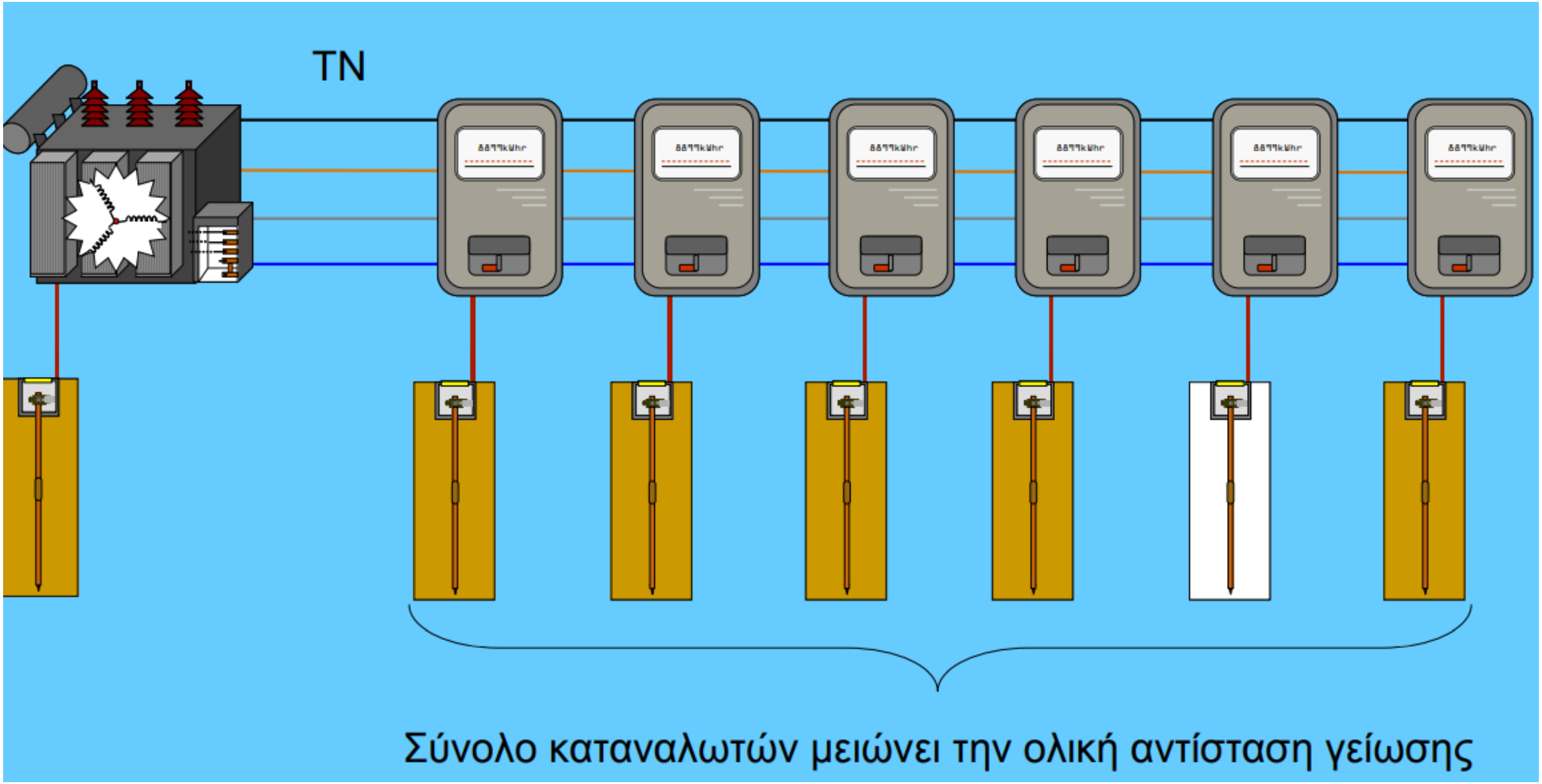


Σύστημα σύνδεσης γείωσης TN-C-S

- Εφαρμόζεται σχεδόν **σε όλη την Ελλάδα**.
- **Ο ουδέτερος αγωγός (N) γειώνεται στην γείωση του μετασχηματιστή ΜΤ/ΧΤ και στην τοπική γείωση καταναλωτών.**
- Ο αγωγός προστασίας (PE) ξεκινάει στον μετρητή του καταναλωτή
- Πλεονέκτημα:
  - Εύκολη ανίχνευση ρεύματος βραχυκύκλωσης από τις ασφάλειες, μικροαυτόματους, ρελέ διαρροής.
- Μειονεκτήματα:
  - Παρεμβολές στον ουδέτερο, λόγω ρευμάτων βραχυκύκλωσης
  - Αύξηση τάσης ουδετέρου, σε καταστάσεις σφάλματος, προκαλώντας τάσεις επαφής σε προσβάσιμες γειωμένες μεταλλικές συσκευές

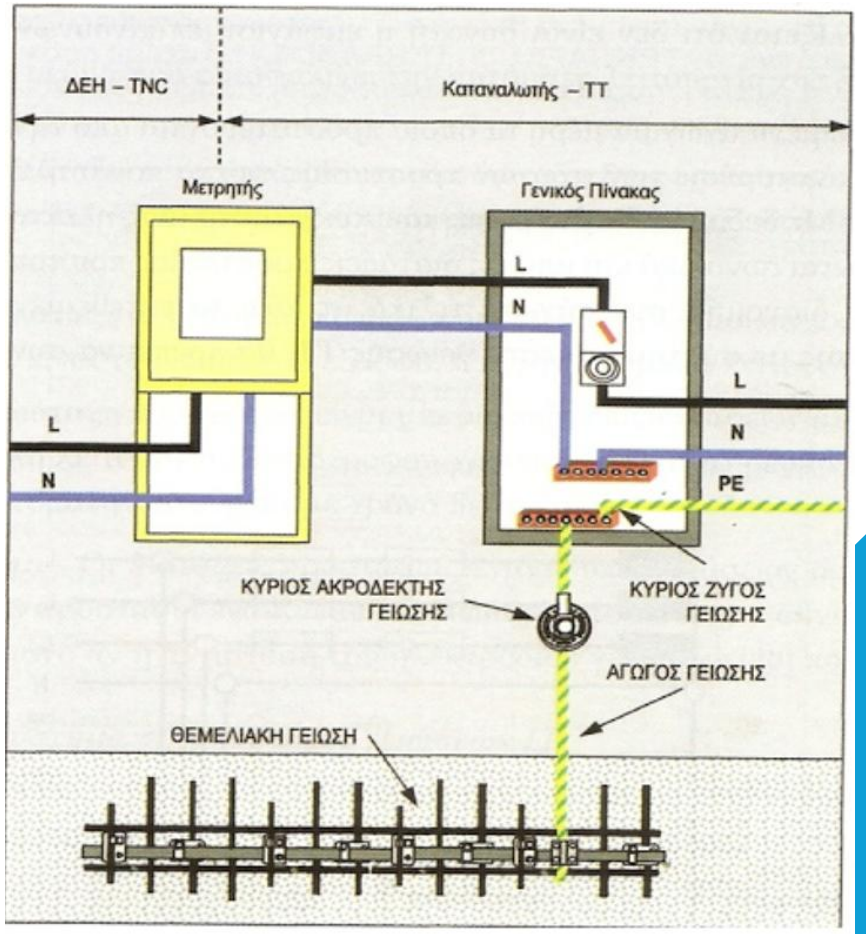


Σύστημα σύνδεσης γείωσης TN-C-S



Σύστημα σύνδεσης γείωσης ΤΤ

- Εφαρμόζεται σε κάποιες περιοχές της Αττικής
- Ο ουδέτερος αγωγός (N) γειώνεται στην γείωση του μετασχηματιστή ΜΤ/ΧΤ.
- **Ο ουδέτερος αγωγός (N) δεν γειώνεται στην τοπική γείωση καταναλωτών**.
- Ο αγωγός προστασίας (PE) γειώνεται ξεχωριστά στην τοπική γείωση καταναλωτών
- Πλεονέκτημα:
  - Ελάχιστες παρεμβολές στον ουδέτερο
- Μειονέκτημα
  - Απαιτείται τέλεια γείωση για να δουλέψει το ρελέ διαρροής, μικροαυτόματοι, ασφάλειες.
  - Τάσεις επαφής σε προσβάσιμες γειωμένες μεταλλικές συσκευές

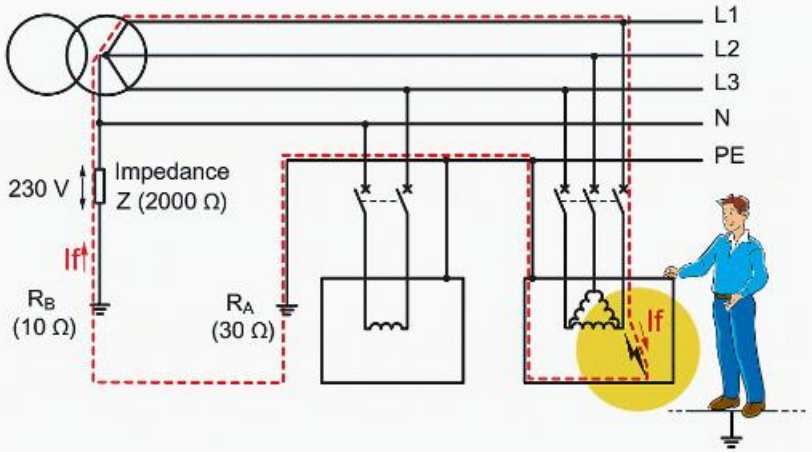


Σύστημα σύνδεσης γείωσης IT

Keeping the 1st fault current at a very low value limits the voltage rise of the exposed conductive parts, and there is thus no need for disconnection. However, 2nd fault is a different story.

Let's see what happens with the 1st fault in this neutral earthing system.

1st fault – No danger for people



IT system: 1st fault

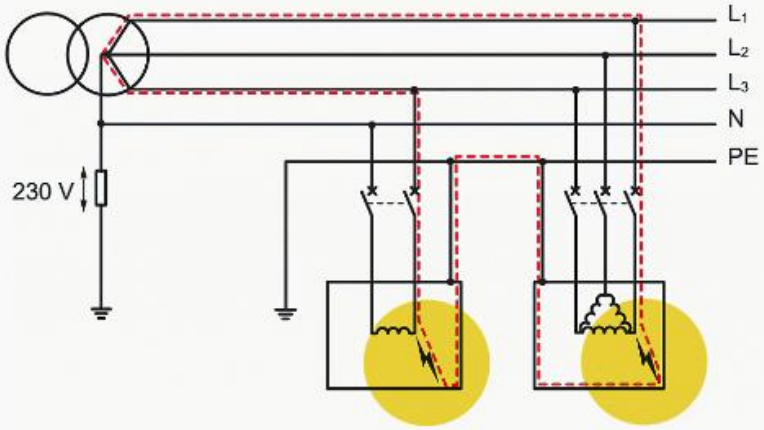
The current of the 1st fault (I_f) is limited by the sum of the resistances of the earth connections of the power supply (R_B), the exposed conductive parts (R_A) and the impedance (Z).

$I_f = U_0 / (R_A+R_B+Z) = 230 / (30+10+2000) =$ **0,112 A**

The non-breaking condition must be checked, ensuring that the current will not increase the exposed conductive parts to a voltage higher than the voltage limit UL. The following is therefore required: $R_A \times I_f < 50$ V, i.e. in the example: **30 × 0.112 = 3.36 V**.

The exposed conductive parts will not reach a dangerous voltage and non-breaking is permitted.

2nd fault – Short circuit



IT system: 2nd fault

$$I_f = \frac{230}{0,1} = 2300A$$

Έναυση διακοπτών υπερέντασης

In the event of a 2nd fault affecting another phase, on the same or another exposed conductive part, a loop is created by the exposed conductive parts of the faulty receivers, the protective conductors and the power supply conductors.

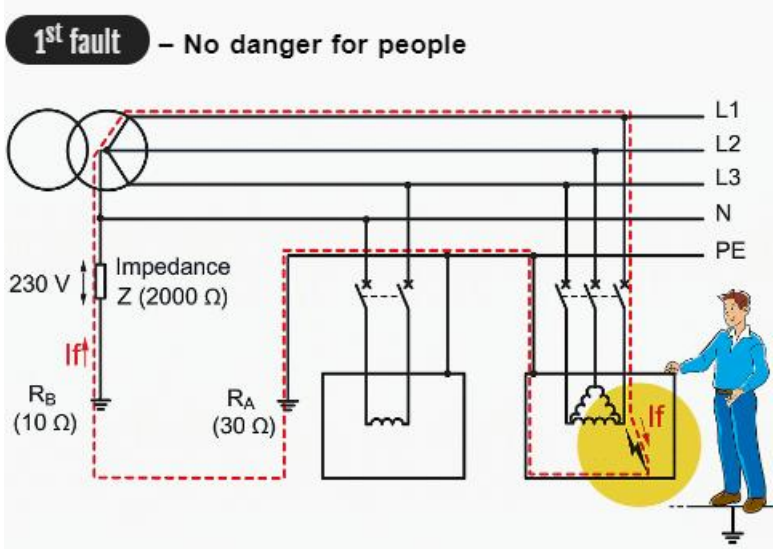
Σύστημα σύνδεσης γείωσης IT

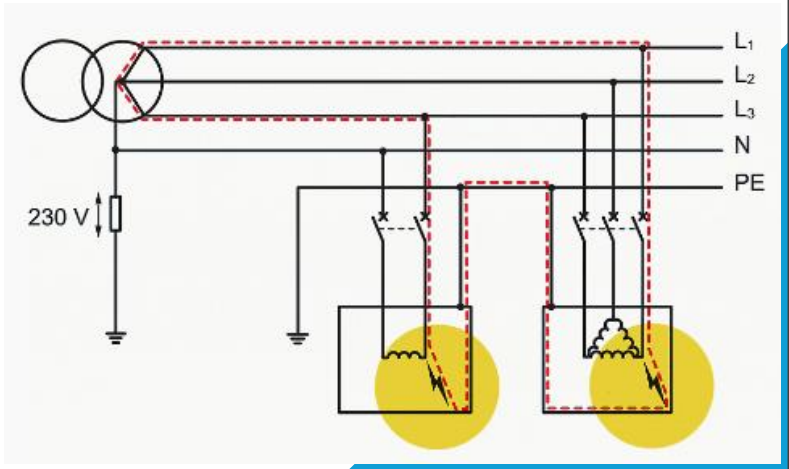
- Ο ουδέτερος αγωγός (N) γειώνεται στην γείωση του μετασχηματιστή ΜΤ/ΧΤ δεν γειώνεται καθόλου, ή έστω μέσω πολύ υψηλής αντίστασης (R_B)

- Ο αγωγός προστασίας (PE) γειώνεται ξεχωριστά στην τοπική γείωση καταναλωτών

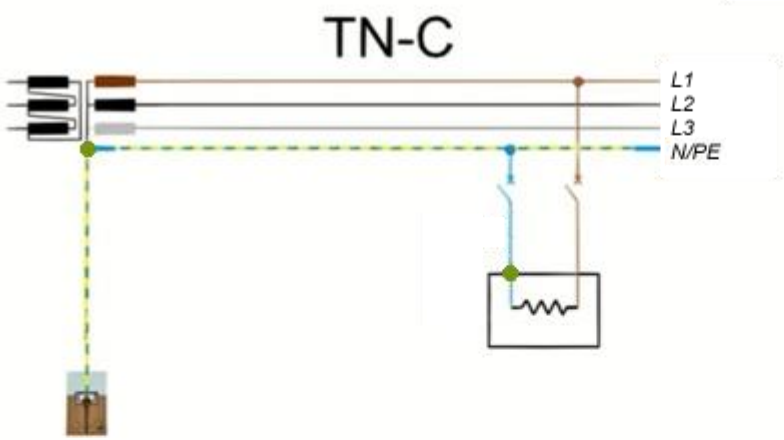
- Πλεονέκτημα:
  - Συνέχεια λειτουργίας μετά το 1ο σφάλμα. Διακοπή μόνο στο 2ο σφάλμα.

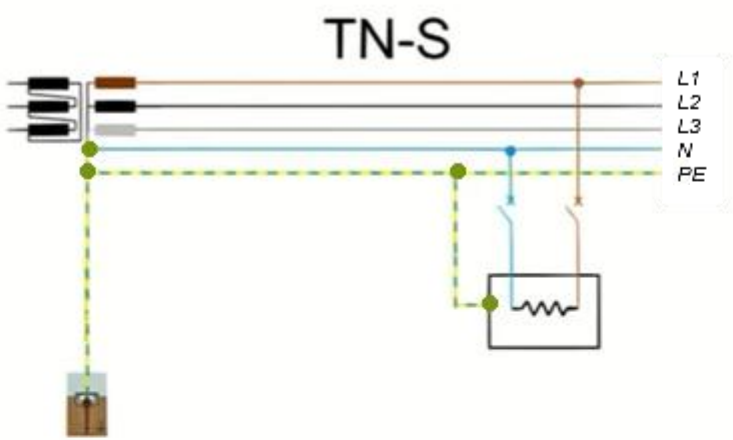
- Μειονέκτημα
  - Ενδέχεται να μην ενεργοποιηθεί το ρελέ διαρροής ακόμα και στο 2ο σφάλμα
  - Αύξηση της τάσης ουδετέρου μετά το 1ο σφάλμα, με συνέπεια την καταπόνηση των μονώσεων των ηλεκτρικών συσκευών

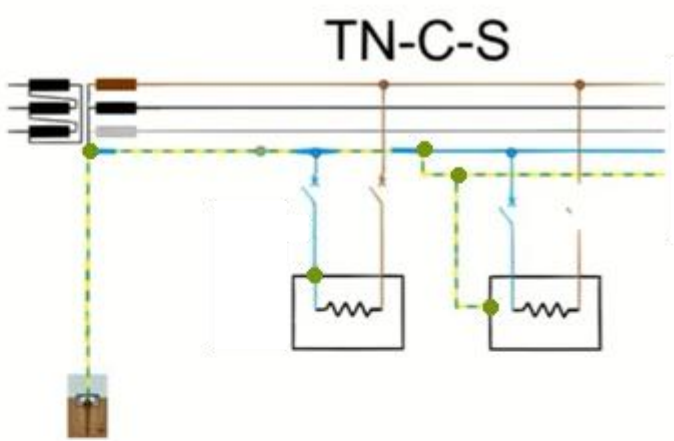


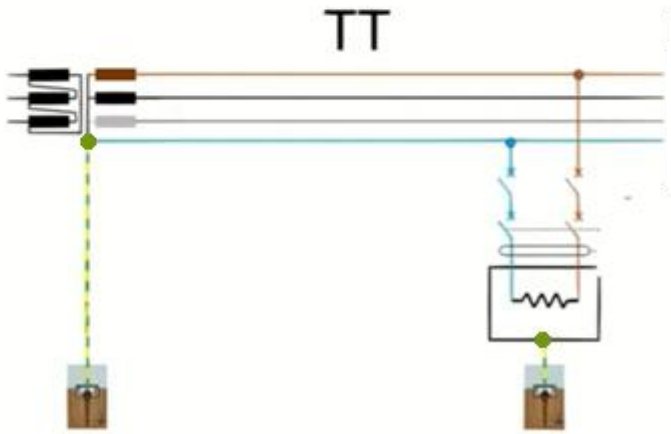


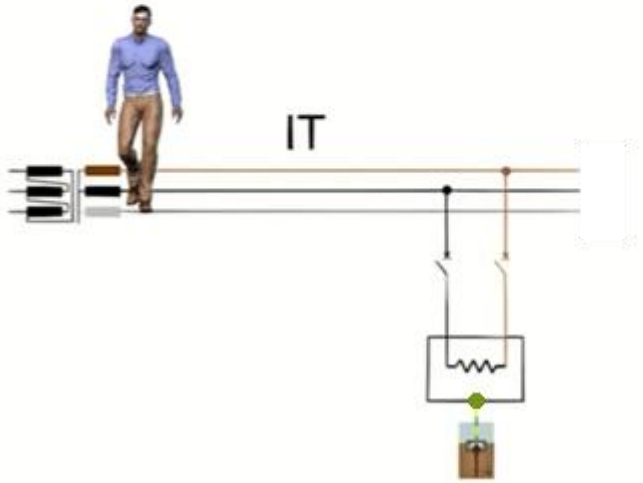
Σύνοψη συστημάτων σύνδεσης γείωσης



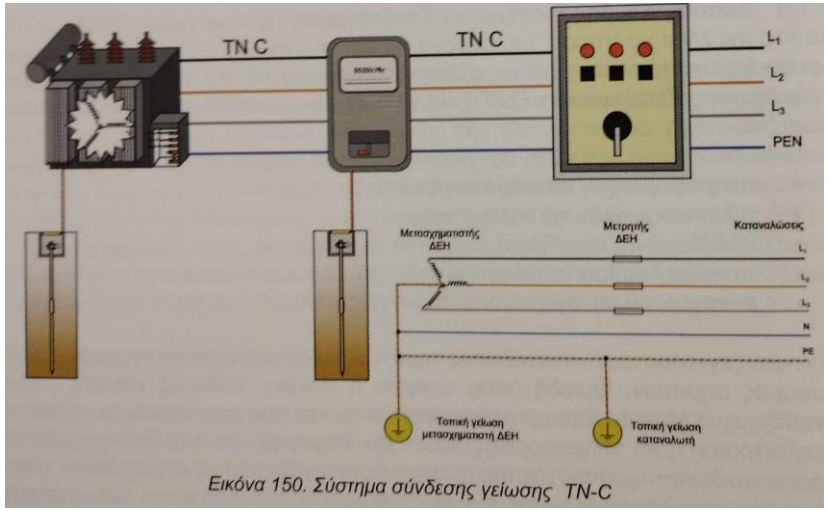




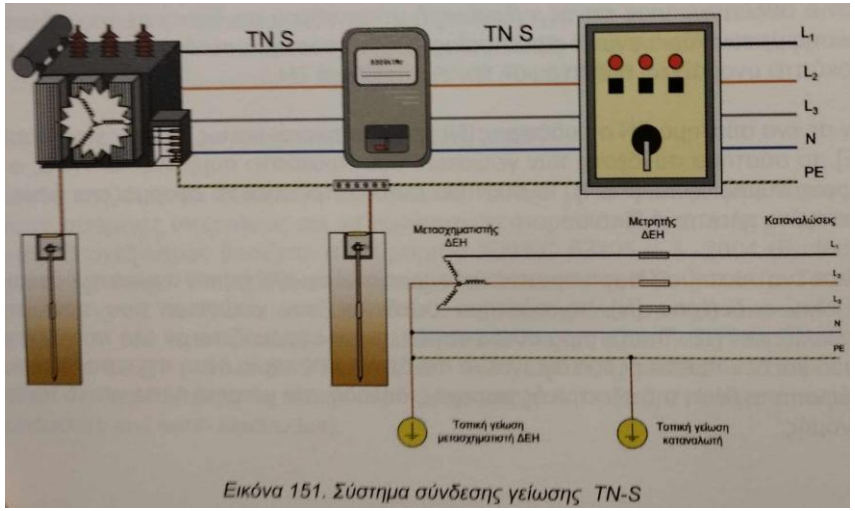




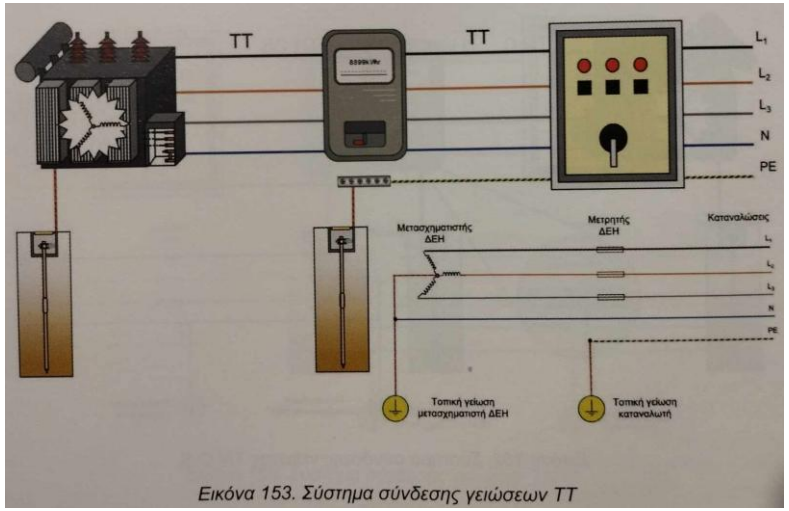
Σύνοψη συστημάτων σύνδεσης γείωσης



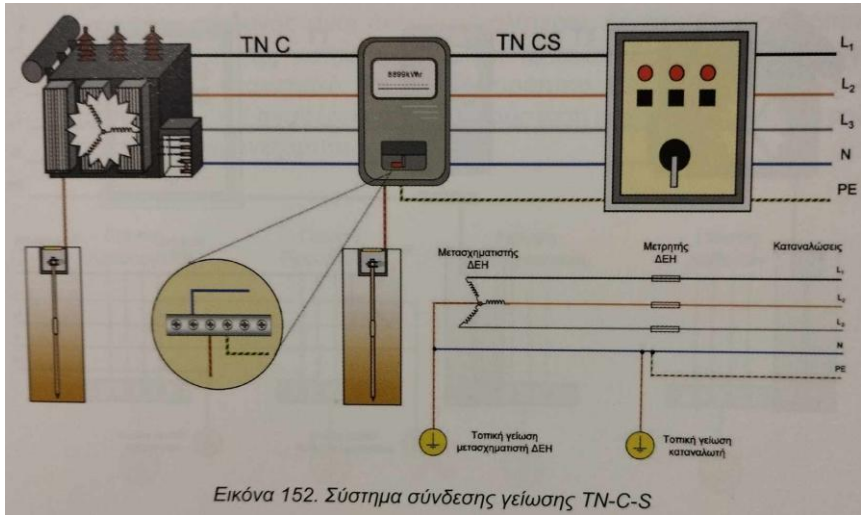
Εικόνα 150. Σύστημα σύνδεσης γείωσης TN-C



Εικόνα 151. Σύστημα σύνδεσης γείωσης TN-S

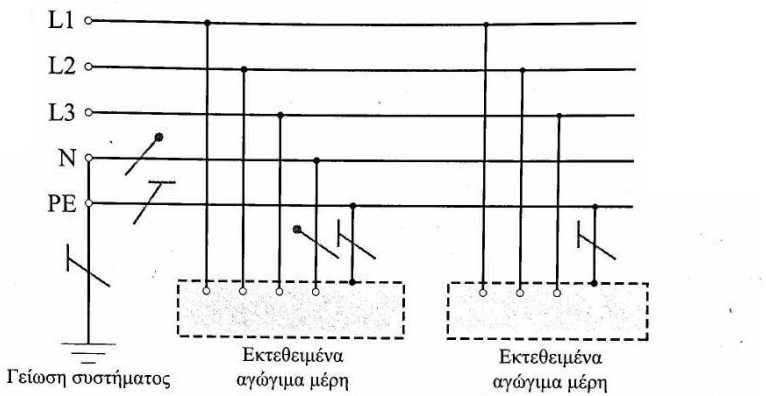


Εικόνα 153. Σύστημα σύνδεσης γειώσεων TT



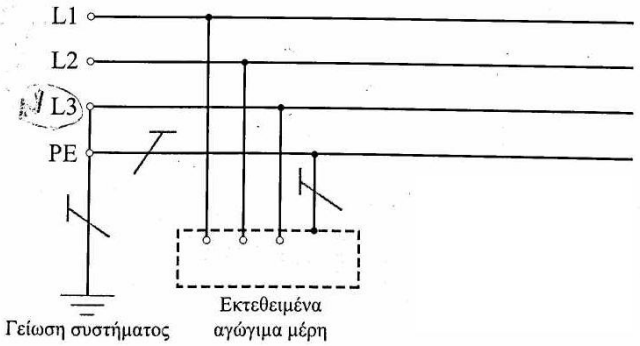
Εικόνα 152. Σύστημα σύνδεσης γείωσης TN-C-S

Σύνοψη συστημάτων σύνδεσης γείωσης



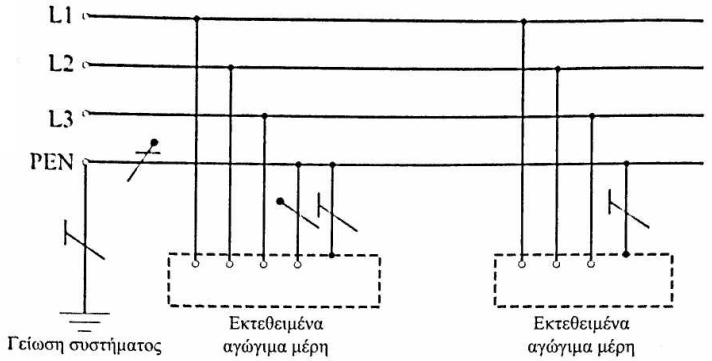
Χωριστοί ουδέτερος και αγωγός προστασίας σε όλο το σύστημα

Σχ. 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.



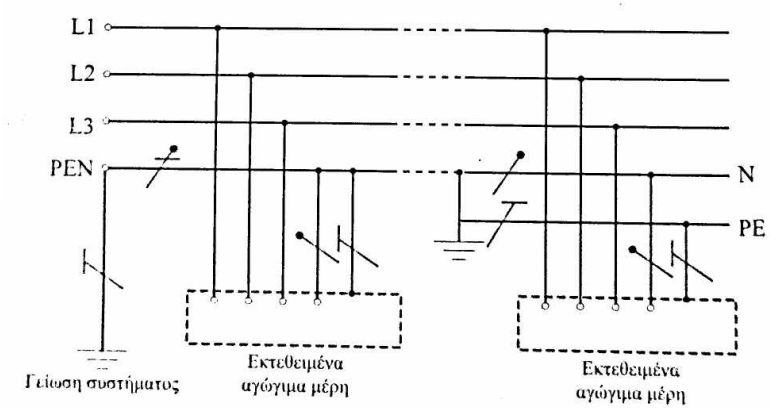
Χωριστοί γειωμένος αγωγός φάσης και αγωγός προστασίας σε όλο το σύστημα

Σχ. 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.



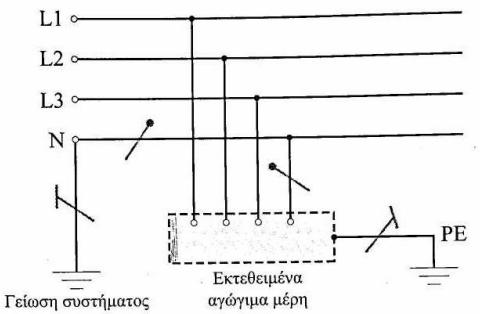
Οι λειτουργίες ουδέτερου και προστασίας συνδυάζονται σε ένα μόνο αγωγό σε ολόκληρο το σύστημα

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



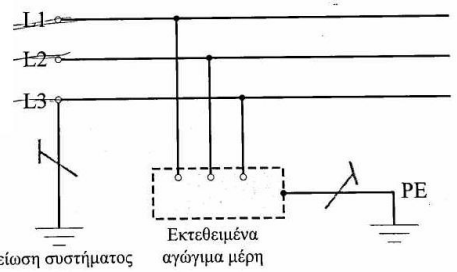
Οι λειτουργίες ουδέτερου και προστασίας συνδυάζονται σε ένα μόνο αγωγό σε ένα μέρος του συστήματος

Σχ. 3.4. Δίκτυο εν μέρει συνδυασμένου αγωγού, εν μέρει ξεχωριστού αγωγού προστασίας τύπου TNC-S.



Ο ουδέτερος μπορεί να διανέμεται ή όχι

Σχ. 3.5. Δίκτυο 4 αγωγών τύπου L1, L2, L3, N, τύπου ΤΤ (άμεση γείωση).



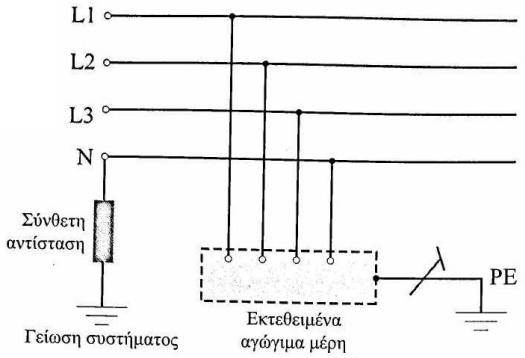
Ο ουδέτερος μπορεί να διανέμεται ή όχι

Σχ. 3.6. Δίκτυο 3 αγωγών L1, L2, L3, τύπου ΤΤ (άμεση γείωση).

Σημείωση: Συμβολισμοί στα σχήματα 3.1-3.8

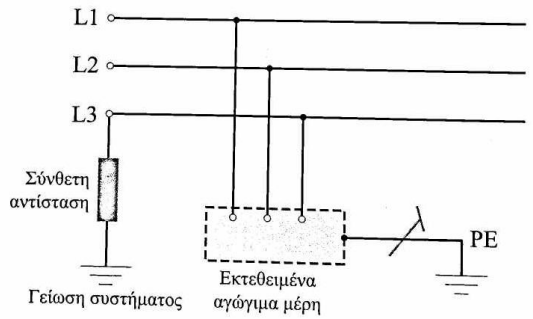
	Αγωγός προστασίας (PE)
	Ουδέτερος αγωγός (N)
	Αγωγός προστασίας και Ουδέτερος μαζί (PEN)

Σύνοψη συστημάτων σύνδεσης γείωσης



Ο ουδέτερος μπορεί να διανέμεται ή όχι

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

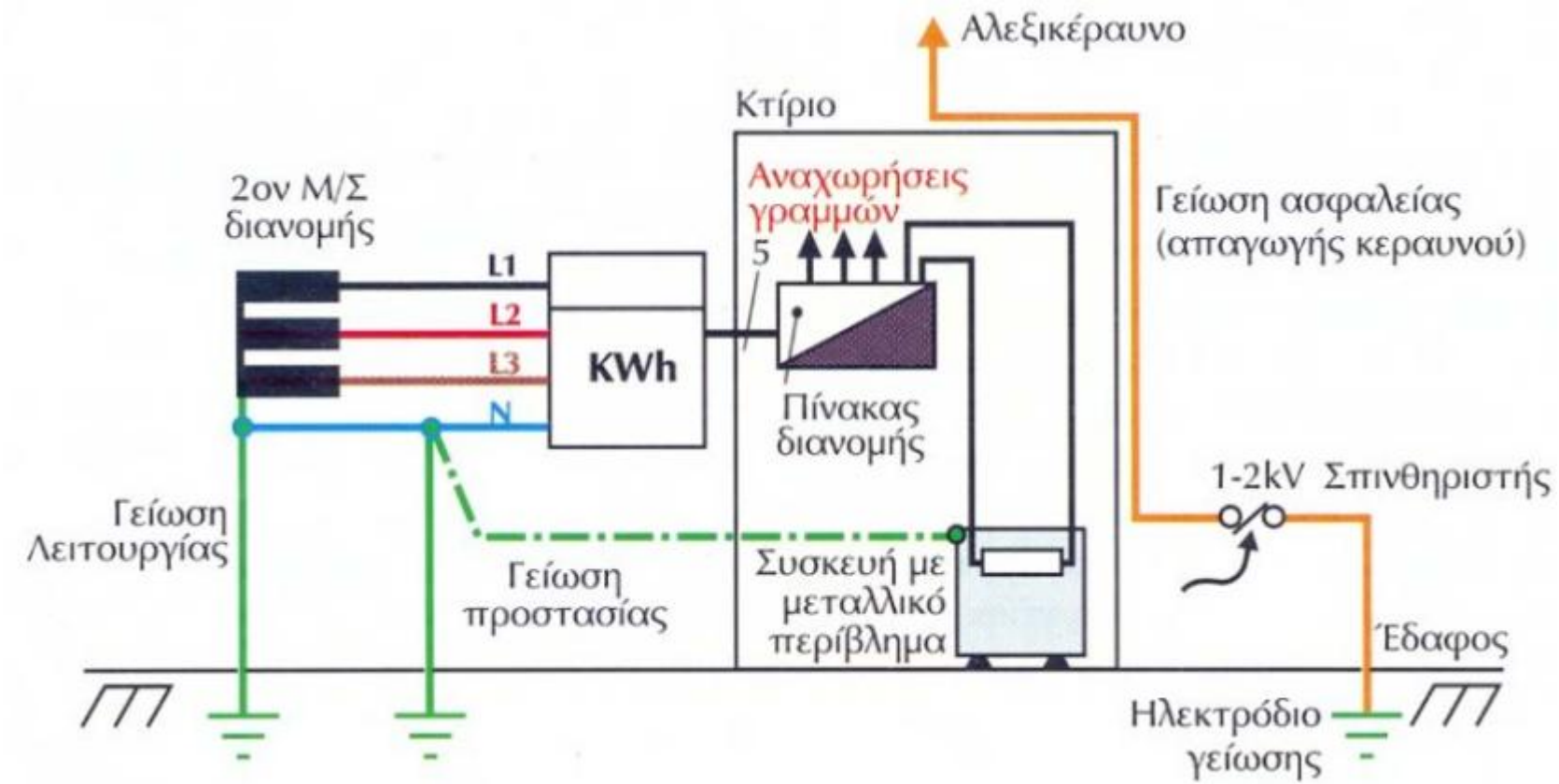


Σχ. 3.8. Δίκτυο μονωμένου ουδέτερου τύπου IT, χωρίς ουδέτερο.

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

T = terre (γη),
S = securite (ασφάλεια),
I = isolee (μονωμένος).
N = neutral (ουδέτερος),
C = combine (συνδυασμός),

Σύνδεση οικιακού μετρητή- πίνακα





Πως θα χαρακτηρίζατε το σύστημα αυτό ;

Άσκηση

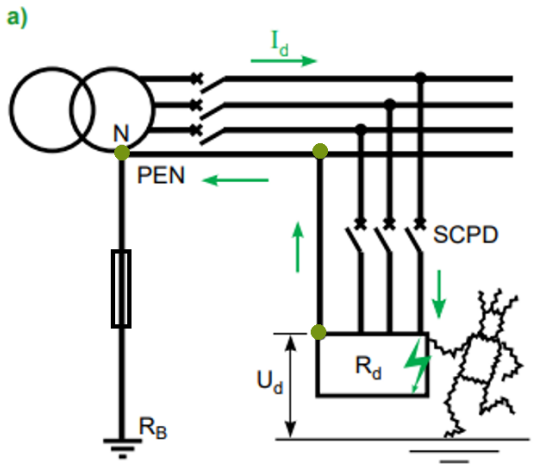
Έστω οι αντιστάσεις των γραμμών του δικτύου είναι 1Ω και η γείωση του Μ/Τ είναι R_B=1 Ω.

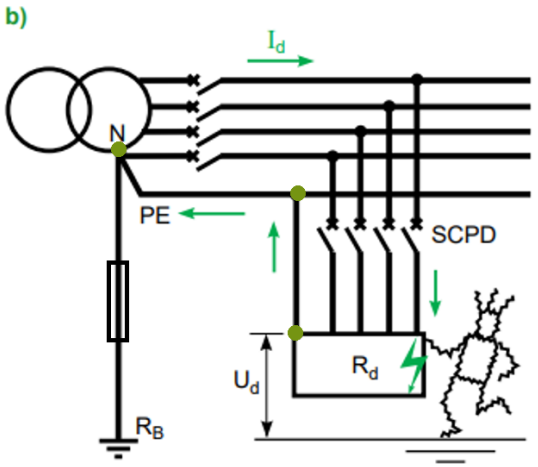
1) Επισημάνετε τον τύπο γείωσης του συστήματος (π.χ. ΤΤ, TNC κτλ.) για το κάθε σχήμα.

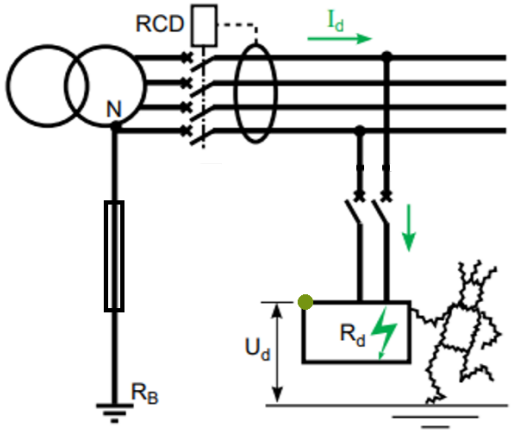
2) Σχεδιάστε στο σχήμα τις γειώσεις των καταναλωτών.

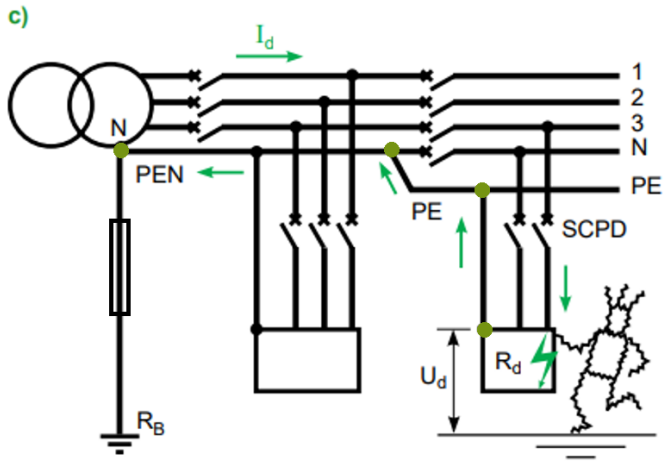
3) Τι μέσα προστασίας θα επιλέγατε για το κάθε σύστημα.

4) Ποια η τάση επαφής στο σημείο σφάλματος του κάθε σχήματος;

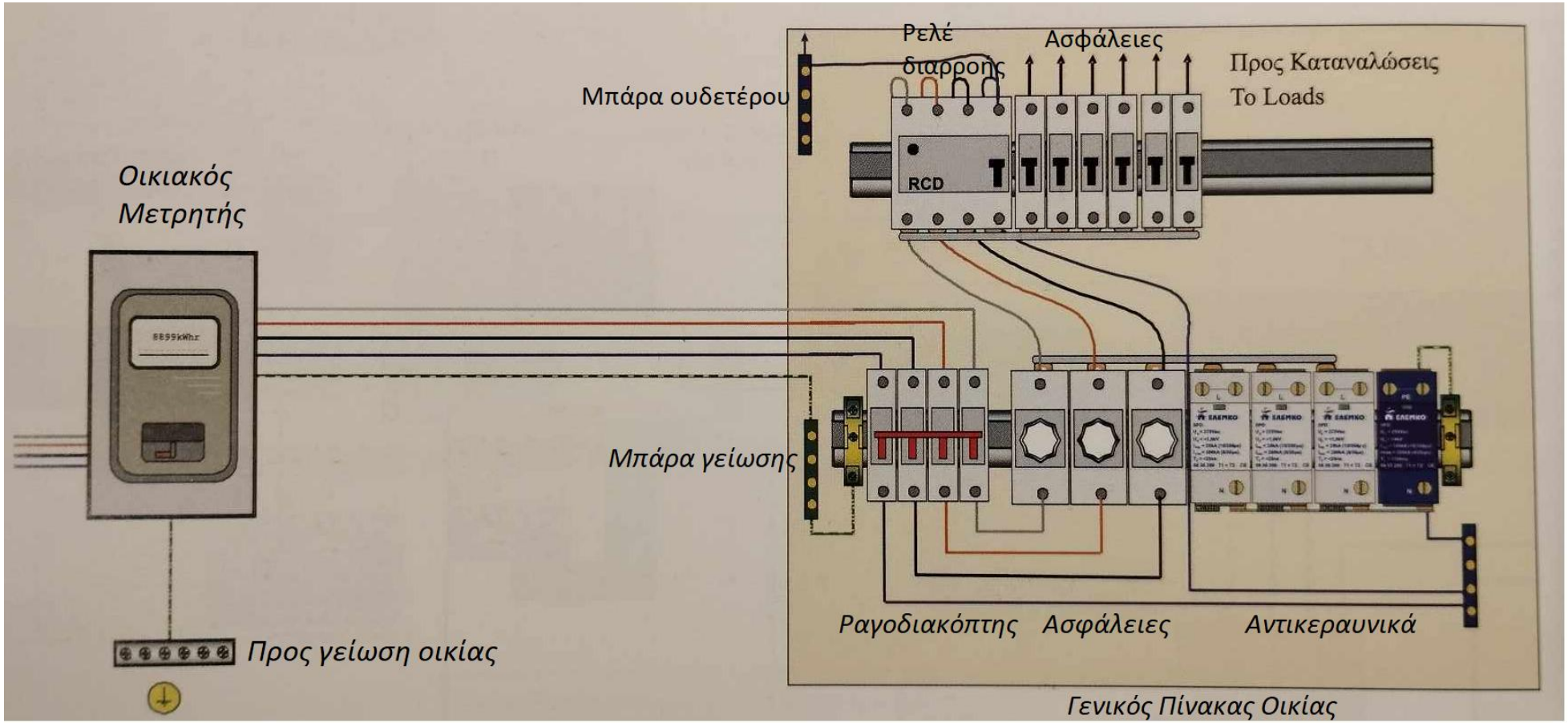








Σύνδεση οικιακού μετρητή- πίνακα





Πως θα συνδέατε γείωση και ουδέτερο ώστε να έχετε σύστημα α) TN-C-S, και β) TT ;

Κεφάλαιο 3

Προστασία κατά της ηλεκτροπληξίας

Μέτρα προστασίας

- Γειώσεις λειτουργίας, προστασίας, ΣΑΠ
- Ισοδυναμικές συνδέσεις
- Ρελέ διαρροής
- Μικροαυτόματοι ή Ασφάλειες τήξης



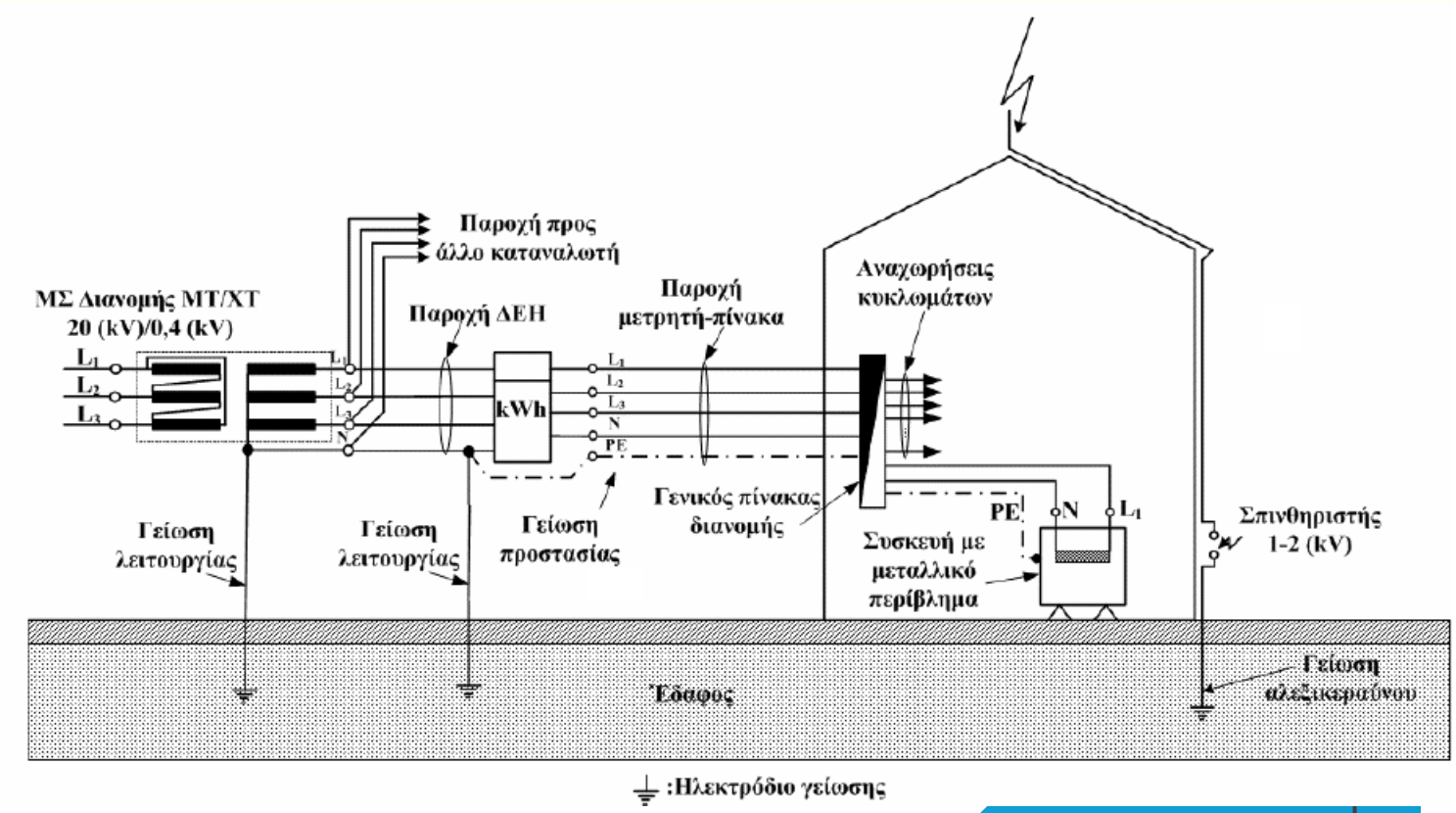
Γειώσεις λειτουργίας, προστασίας, ΣΑΠ

- **Γείωση λειτουργίας:** Είναι η γείωση ενός σημείου ενός ενεργού κυκλώματος, π.χ. η γείωση του ουδετέρου ενός Μ/Σ και η γείωση του ουδετέρου αγωγού.

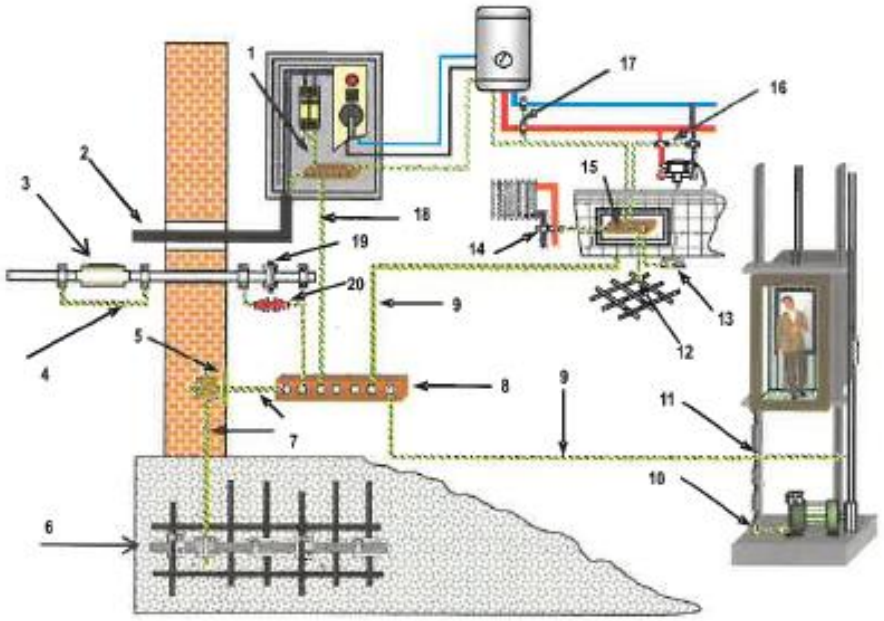
- **Γείωση προστασίας:** Είναι η αγώγιμη σύνδεση με τη γη των μεταλλικών τμημάτων μιας εγκατάστασης που κανονικά δεν ανήκουν στο κύκλωμα λειτουργίας. Αυτή η γείωση εφαρμόζεται υποχρεωτικά για την προστασία των ανθρώπων που μπορεί να έρθουν σε επαφή με τα μεταλλικά τμήματα συσκευών όπου εμφανίστηκε επικίνδυνη τάση.

- **Γείωση αντικεραυνικής προστασίας:** Είναι η ανοιχτή ή η συνεχής γείωση των προστατευτικών διατάξεων κατά των κεραυνών. Αυτές οι γειώσεις διοχετεύουν το ρεύμα των κεραυνών προς την γη.

Τυπικό σύστημα δικτύου TNC-S χαμηλής τάσης

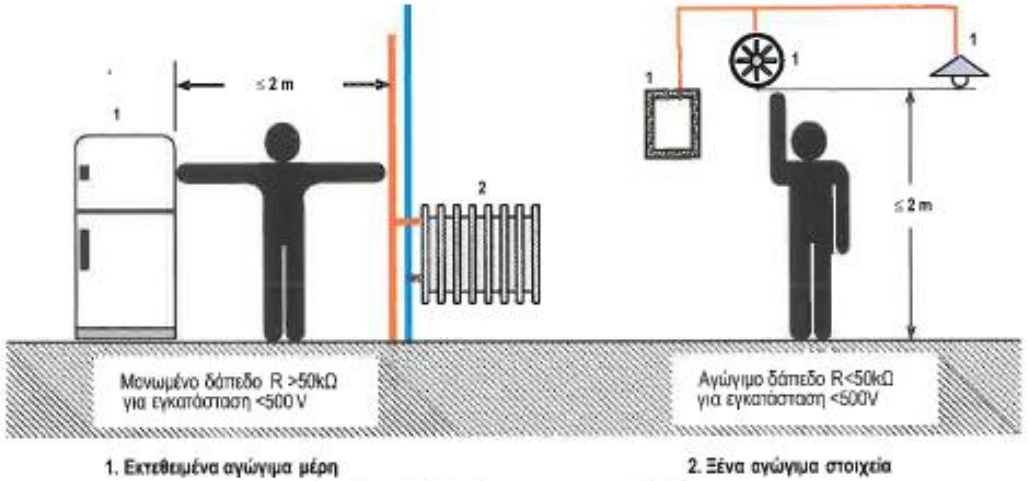


Ισοδυναμικές συνδέσεις



1. Αγωγός γείωσης απαγωγών κρουστικών υπερτάσεων
2. Καλώδιο ηλεκτρικής παροχής
3. Υδρομετρητής
4. Ισοδυναμική σύνδεση άκρων υδρομετρητή
5. Κύριος ακροδέκτης γείωσης
6. Θεμελιακή γείωση με ηλεκτρόδιο ταινίας χάλκινης ή χαλύβδινης
7. Αγωγός γείωσης
8. Κύριος ζυγός γείωσης
9. Αγωγοί Κύριας Ισοδυναμικής Σύνδεσης (ΚΙΣ)
10. Συμπληρωματική Ισοδυναμική Σύνδεση (ΣΙΣ) ταυτόχρονα προσιτών μερών
11. Ισοδυναμική σύνδεση ξένων αγώγιμων στοιχείων
12. Συμπληρωματική - τοπική ισοδυναμική σύνδεση οπλισμού δαπέδου λουτρού
13. Συμπληρωματική - τοπική ισοδυναμική σύνδεση λουτήρα
14. Συμπληρωματική - τοπική ισοδυναμική σύνδεση δικτύου θέρμανσης λουτρού.
15. Συμπληρωματικός - τοπικός ισοδυναμικός ζυγός εντοιχισμένος
16. Συμπληρωματική - τοπική ισοδυναμική σύνδεση σωλήνων νερού λουτρού
17. Συμπληρωματική - τοπική ισοδυναμική σύνδεση σωλήνων νερού και θερμοσίφωνα
18. Αγωγός προστασίας PE
19. Μονωτική φλάντζα για την προστασία των σωλήνων νερού από διάβρωση
20. Σπινθηριστής απομόνωσης για προστασία διάβρωσης σωλήνων νερού

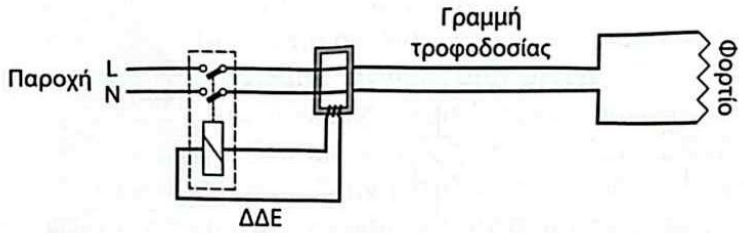
- **Οι ισοδυναμικές συνδέσεις** διατηρούν στο ίδιο δυναμικό όλα τα αγώγιμα μέρη της εγκατάστασης.
- Ελαχιστοποίηση τάσεων επαφής



Εικόνα 1. Ταυτόχρονα προσιτά μέρη

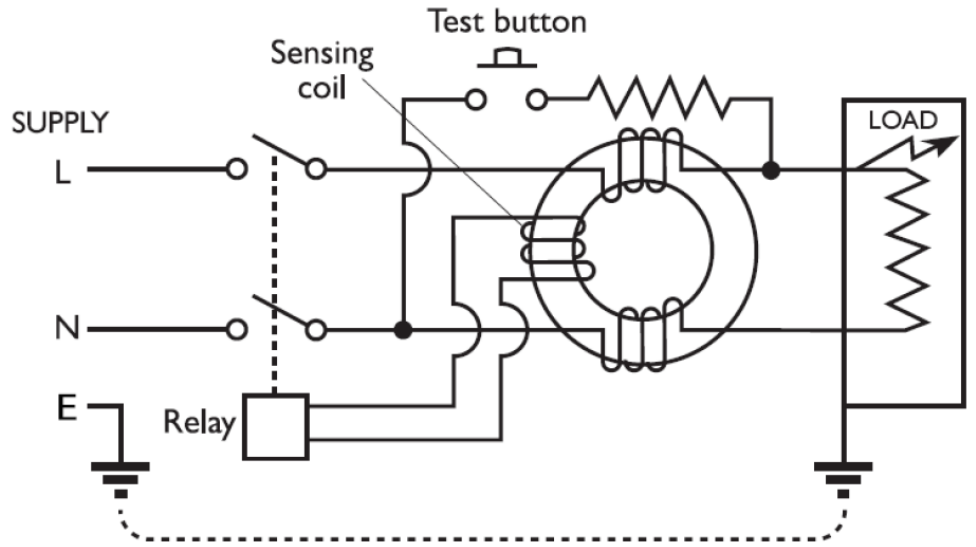
Ρελέ διαρροής

Αν ο μικροαυτόματος διακόπτης είναι η βασική συσκευή προστασίας της εγκατάστασης και των συσκευών της, ο Διακόπτης Διαφυγής Έντασης (ΔΔΕ) είναι η βασική συσκευή προστασίας των χρηστών της εγκατάστασης. Στην Εικ. 11-42 παρουσιάζεται σχηματικά η αρχή λειτουργίας του. Διαθέτει έναν ηλεκτρονόμο (εξ ου και η επικράτηση του όρου «ρελέ» μεταξύ των εγκαταστατών) από το πηνίο του οποίου διέρχονται ο αγωγός της φάσης (ή των τριών φάσεων) και ο αγωγός του ουδετέρου. Όσο δεν υπάρχει διαρροή ρεύματος προς τη γη, π.χ. μέσω ανθρώπινου σώματος που έρχεται σε επαφή με κάποια φάση, το ρεύμα που τροφοδοτείται από τη φάση είναι ίσο με αυτό που επιστρέφει από τον ουδέτερο. Το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο των δύο αγωγών είναι ίσο και αντίθετο, οπότε στο πηνίο δεν επάγεται τάση. Σε διαφορετική περίπτωση, στο πηνίο αναπτύσσεται τάση και δίνεται άμεσα εντολή στη μονάδα ισχύος του ηλεκτρονόμου να διακόψει το κύκλωμα.



Εικ. 11-42. Αρχή λειτουργίας διακόπτη διαφυγής έντασης.

Στην Εικ. 11-43 παρουσιάζονται τα σύμβολα του ΔΔΕ για μονογραμμικά και πολυγραμμικά διαγράμματα και μία φωτογραφία του αντίστοιχου ραγοϋλικού. Παρατηρούμε στο κέλυφος της συσκευής ότι ο ΔΔΕ ενεργοποιείται για διαρροή μεγαλύτερη των 30mA (ΙΔn 30mA), επίπεδο που ξεκινάει να γίνεται επικίνδυνο για τον άνθρωπο, αλλά όχι αρκετά μικρό για να ενεργοποιείται από μικροδιαρροές που υπάρχουν ή αναπτύσσονται έτσι κι αλλιώς με τη πάροδο του χρόνου στην εγκατάσταση. Ακόμα, ο ΔΔΕ διαθέτει μπουτόν «TEST» (ή «Τ») με το οποίο ο χρήστης μπορεί να δοκιμάζει την καλή λειτουργία του. Ουσιαστικά το πάτημα του οδηγεί το ρεύμα της φάσης εξωτερικά του πηνίου με αποτέλεσμα την άμεση ενεργοποίηση του ΔΔΕ. Οι ΔΔΕ οικιακών πινάκων διανομής παράγονται για ονομαστικά ρεύματα 16 Α, 25 Α, 40 Α, 63 Α, 80 Α και 100 Α.



The RCD Handbook – BEAMA - 2010

Μικροαυτόματοι

Οι μικροαυτόματοι διακόπτες είναι μονάδες προστασίας που χρησιμοποιούνται καθημερινά σε όλες τις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις παγκοσμίως, αφού είναι το πιο διαδεδομένο μέσο προστασίας των καλωδίων ισχύος από υπερφορτίσεις και βραχυκυκλώματα. Ανακαλύφθηκαν το 1923 από τον Hugo Stotz και από τότε έχουν εξελιχθεί αρκετά για να συμπεριλάβουν χαρακτηριστικά, όπως διαφορετικές χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας, που να μπορούν να προσφέρουν προστασία σε διαφορετικούς τύπους ηλεκτρικών φορτίων και εφαρμογών.

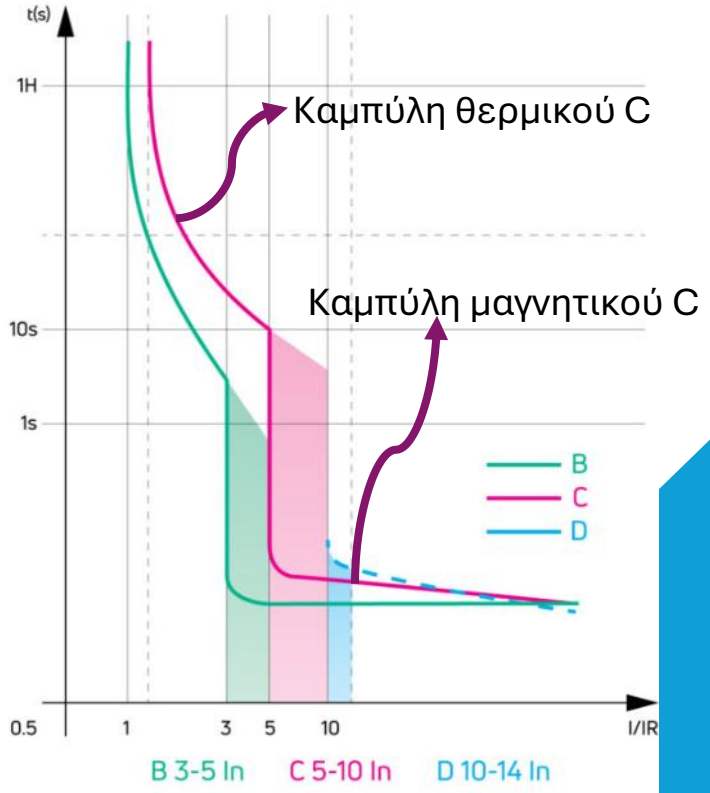
Οι μικροαυτόματοι διακόπτες παρότι εκ πρώτης όψεως μπορεί να φαίνονται σαν ένα απλό και σχετικά συνηθισμένο εξάρτημα στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις, στην πραγματικότητα πρόκειται για ένα μικρό θαύμα της μηχανικής αφού αποτελείται από περισσότερα από 60 εξαρτήματα, τέλεια συνδυασμένα μεταξύ τους, για να προσφέρουν ένα πολύ έξυπνο μηχανισμό προστασίας, πολύ γρήγορο στην ενεργοποίηση, κατάλληλο για διαφορετικά είδη σφαλμάτων και με ένα εξαιρετικά αξιόπιστο τρόπο λειτουργίας.

Πιο συγκεκριμένα οι μικροαυτόματοι διακόπτες χρησιμοποιούνται για:

- Προστασία από υπερφορτίσεις (θερμικό στοιχείο)
- Προστασία από βραχυκυκλώματα (μαγνητικό στοιχείο)

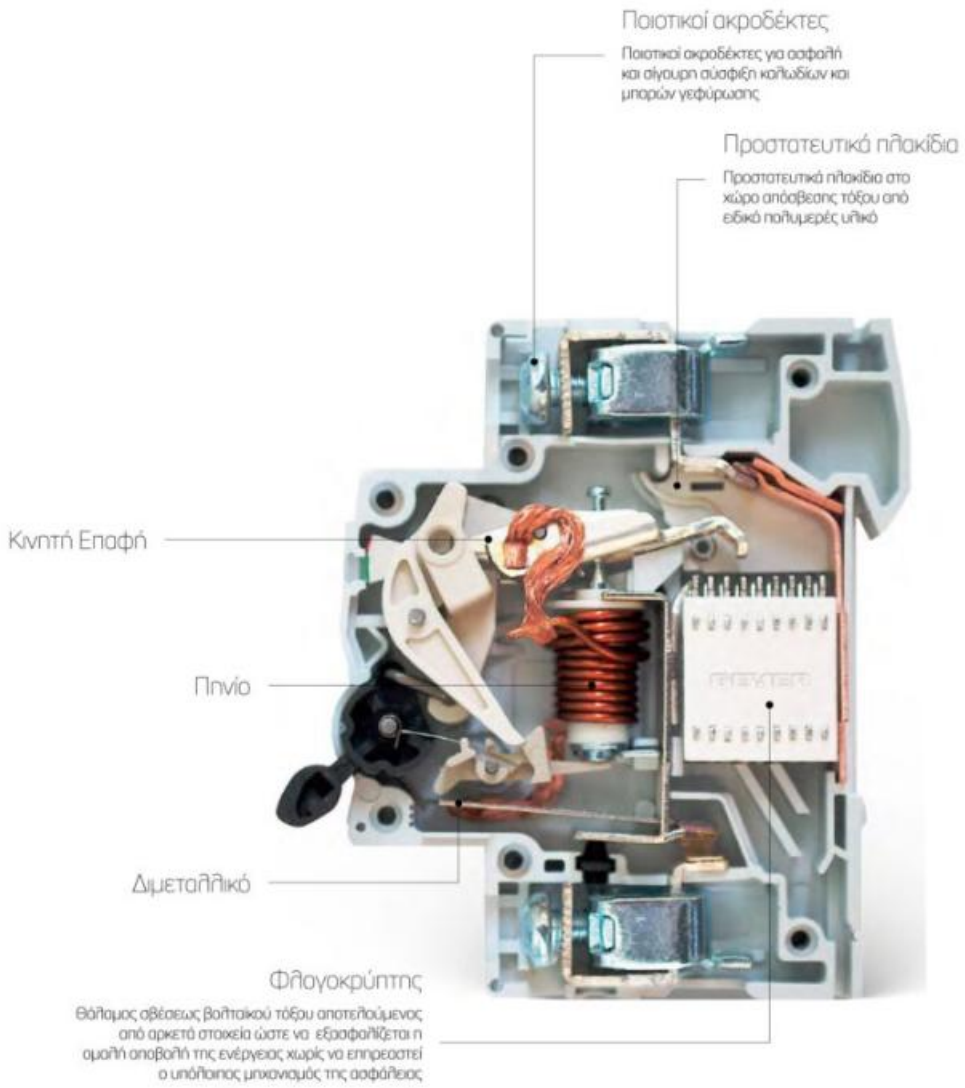
Η ενεργοποίηση των μικροαυτομάτων και η διακοπή της τροφοδοσίας στο κύκλωμα που παρουσιάζει το σφάλμα, γίνεται από δύο διαφορετικά στοιχεία προστασίας που διαθέτουν οι μικροαυτόματοι στο εσωτερικό τους. Το μαγνητικό στοιχείο προστασίας που ενεργοποιείται στιγμιαία σε συνθήκες βραχυκυκλώματος και εξαρτάται μόνο από την τιμή του ρεύματος βραχυκυκλώματος που το διαρρέει και το θερμικό στοιχείο προστασίας που χρησιμοποιείται για προστασία από υπερφορτίσεις και εξαρτάται από την ανύψωση της θερμοκρασίας δηλαδή από το ρεύμα και το χρόνο ταυτόχρονα.

Το μαγνητικό στοιχείο προστασίας των μικροαυτομάτων είναι ένας ηλεκτρομαγνήτης (πηνίο) που είναι συνδεδεμένος σε σειρά με το κύκλωμα ισχύος (επαφές εισόδου-εξόδου του μικροαυτομάτου) και που στο εσωτερικό του είναι συνδεδεμένος με τον μηχανισμό απόζευξης του μικροαυτομάτου έτσι ώστε σε συνθήκες βραχυκυκλώματος να ''τραβήξει'' το κινούμενο μέρος του μηχανισμού και να διακόψει την τροφοδοσία. Το θερμικό στοιχείο προστασίας αντίστοιχα, είναι ένα διμεταλλικό στοιχείο το οποίο κάμπτεται και παρασύρει και αυτό το μηχανισμό απόζευξης του μικροαυτομάτου όταν μέσα από το σώμα του διέρχεται μεγαλύτερη ένταση ρεύματος από την ονομαστική και μεγάλη χρονικό διάστημα από το επιτρεπτό.



Πηγή: https://new.abb.com/low-voltage/el/news/article-gettting-to-know-mcbs

Μικροαυτόματοι

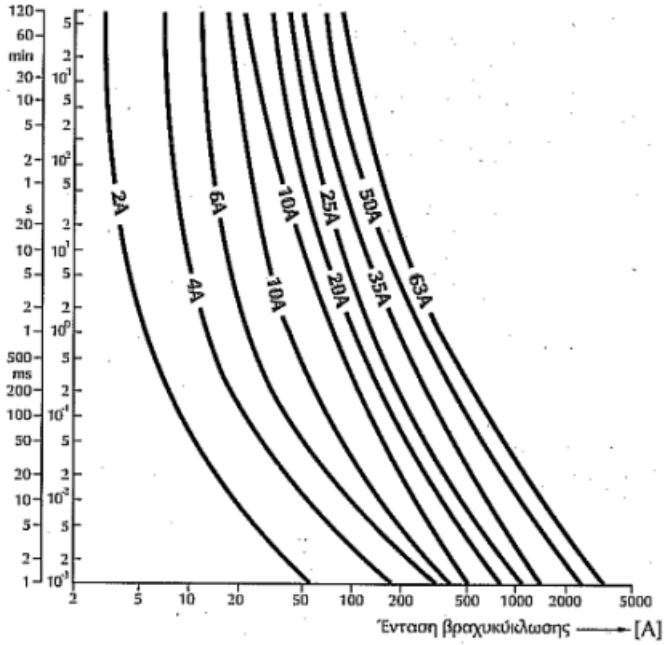




Ασφάλειες τήξης



Χαρακτηριστική ρεύματος/χρόνου
Ανοχή ±5% του ρεύματος
DIAZED - Φυσίγγια ασφαλειών
Μέγεθος D11, 660V~/600V–



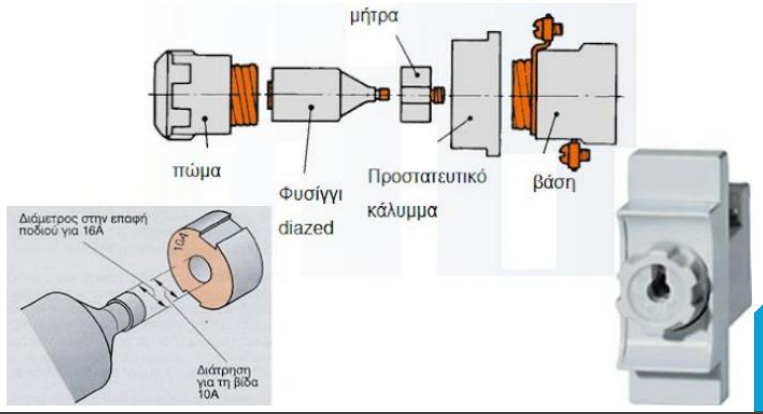
Κατασκευαστικά οι ασφάλειες τήξης αποτελούνται από τέσσερα μέρη:

- Πώμα: Βιδώνεται στην ασφαλειοθήκη και έτσι συγκρατεί το φυσίγγι στη θέση του.
- Φυσίγγι: Περιέχει το νήμα και ένα δείκτη. Ο δείκτης μένει στη θέση του όσο το νήμα δεν έχει καεί και έχει συγκεκριμένο χαρακτηριστικό χρώμα, ανάλογα με το ονομαστικό ρεύμα της ασφάλειας. Το φυσίγγι κατασκευάζεται από πορσελάνη και στο εσωτερικό φέρει άμμο χαλαζία
- Μήτρα: Τοποθετείται ανάμεσα στο φυσίγγι και την ασφαλειοθήκη και έχει συγκεκριμένη εσωτερική διάμετρο, αντίστοιχη για κάθε φυσίγγιο.
- Ασφαλειοθήκη ή βάση: Στερεώνεται πάνω στον πίνακα και στο εσωτερικό της εφαρμόζεται το φυσίγγιο.

Το ενεργό μέρος της ασφάλειας τήξης είναι ένα αγώγιμο εύτηκτο σύρμα ή ταινία που ονομάζεται «τηκτό» ή «νήμα». Αυτό έχει υπολογιστεί ώστε να αντέχει το ονομαστικό ρεύμα για το οποίο έχει κατασκευαστεί. Αν περάσει ρεύμα μεγαλύτερο τότε ύστερα από κάποιο χρονικό διάστημα, που προσδιορίζεται από τις καμπύλες χρόνου ενεργοποίησης-ρεύματος βραχυκύκλωσης ή υπερφόρτισης, λιώνει το νήμα και διακόπτεται το κύκλωμα τροφοδοσίας.

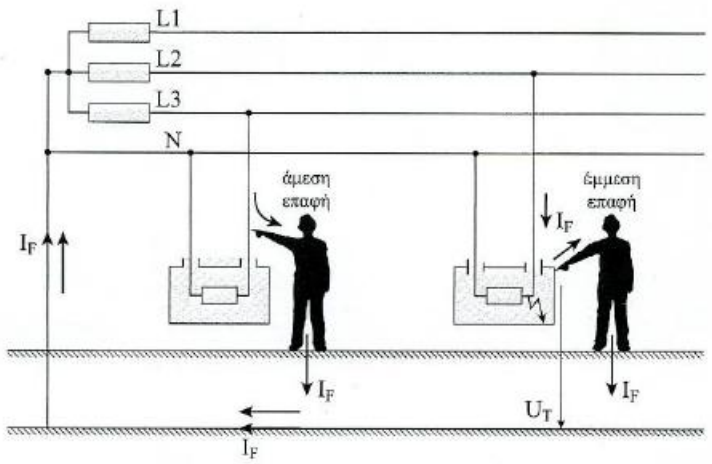
Όταν καεί μια ασφάλεια τήξης και εφόσον φτάσουμε γρήγορα και το πώμα είναι ακόμα ζεστό, τότε καταλαβαίνουμε ότι το κάψιμο προήλθε από υπερφόρτιση, αν όχι τότε έχει καεί από βραχυκύκλωμα.

- Στο βραχυκήκλωμα το νήμα λιώνει πολύ γρήγορα και δεν προλαβαίνει να ζεσταθεί.
- Αντίθετα στην υπερφόρτιση έχουμε ροή ρεύματος για μεγάλο χρονικό διάστημα έτσι ζεσταίνεται.

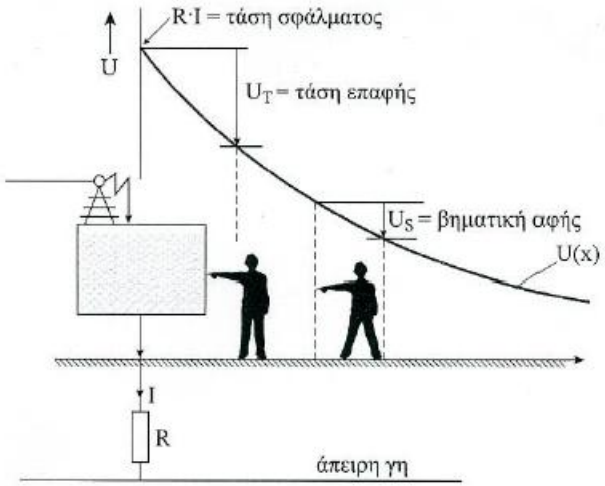


Πηγή: https://new.abb.com/low-voltage/el/news/article-gettting-to-know-mcbs

Πιθανές περιπτώσεις ηλεκτροπληξίας



Σχ. 4.1α. Ηλεκτροπληξία με άμεση και έμμεση επαφή.
U_T = τάση επαφής, I_F = ρεύμα σφάλματος.

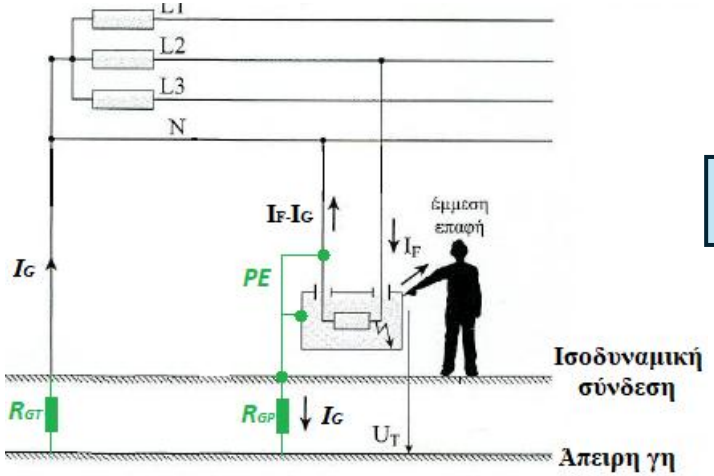


Σχ. 4.1β. Κατανομή του δυναμικού μετά από υπερπήδηση ΥΤ σε γειωμένο ΜΣ. Δημιουργούνται τάσεις επαφής U_B και βηματικές τάσεις U_S.

- **Άμεση επαφή** με τον αγωγό φάσης
- **Έμμεση επαφή** μετά από καταστροφή της μόνωσης, όταν προσβάσιμα μεταλλικά κελύφη ηλεκτρικών συσκευών ή σωληνώσεων τίθενται υπό τάση

- **Βηματικές τάσεις** όταν μετά από σφάλμα σε εγκατάσταση ή κεραυνικό πλήγμα, τα ρεύματα που ρέουν στη γη επάγουν τάση στο έδαφος.

Έμμεση επαφή σε σύστημα TN-C-S

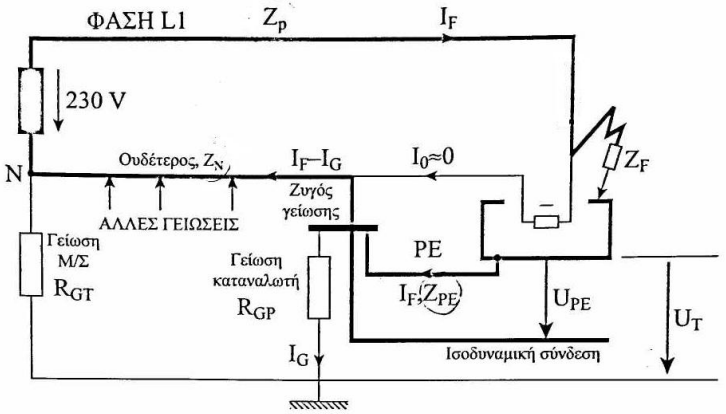




Τι μέσα προστασίας θα πέρνατε έναντι της έμμεσης επαφής σε TN-C-S δίκτυα.

Τι τάσεις επαφής θα επαχθούν αν η αντίσταση γείωσης (R_{GP}) είναι πολύ υψηλή.

Σε ποιες περιπτώσεις δεν θα δουλέψει το ρελέ διαρροής και ο μικροαυτόματος



Σχ. 4.4. Το κύκλωμα σφάλματος σε δίκτυο TN.

Αν υποθέσουμε βραχυκύκλωμα με μηδενική αντίσταση Z_F τότε το ρεύμα σφάλματος οδηγεί με τις αντιστάσεις των αγωγών PE, N, και της φάσης L1 σε ένα καταμερισμό τάσεων στο κύκλωμα του σφάλματος που δεν επηρεάζεται σημαντικά από τις αντιστάσεις γείωσης παρά μόνο από τις αντιστάσεις των αγωγών. Ισχύει για τον καταμερισμό των τάσεων

$$U_P = Z_P \cdot I_F \qquad U_N + U_{PE} = (Z_N + Z_{PE}) \cdot I_F$$

$$U_N = Z_N \cdot I_F \qquad U_0 = U_P + U_N + U_{PE}$$

$$U_{PE} = Z_{PE} \cdot I_F,$$

όπου οι τάσεις επαφής U_P, U_N, U_{PE} είναι οι τάσεις κατά μήκος των αγωγών φάσης, ουδετέρου και γείωσης προστασίας αντίστοιχα, U_0 είναι η τάση του δικτύου.

Για τις τάσεις επαφής ισχύουν τα εξής:

- Τάση επαφής, έστω U_{TI}, για κάποιον που στέκεται σε ισοδυναμικά συνδεδεμένο δάπεδο
$$U_{TI} = U_{PE}$$
- Τάση επαφής ως προς γη, έστω U_{T2}
$$U_{T2} = U_{T1} + U_N \cdot \frac{R_{GP}}{R_{GP} + R_{GT}}$$

Αυτές οι τάσεις θα ισχύουν μέχρις ότου το όργανο προστασίας αποζεύξει την τάση.

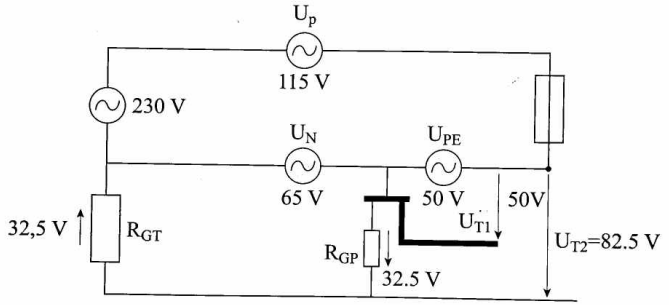
Το σχήμα 4.5 δείχνει τον καταμερισμό των τάσεων σε ένα παράδειγμα όπου οι αγωγοί φάσης, ουδέτερου και PE έχουν στην κοινή διαδρομή τους ίσες διατομές, συνεπώς δεχθήκαμε ότι,

$$Z_{PE} + Z_N = Z_P$$

Επίσης έγινε η παραδοχή ότι

$$Z_P \cdot I_F = 50 \text{ V}$$

και ότι ο ουδέτερος είναι γειωμένος στο μετασχηματιστή και στον καταναλωτή με ίσες αντιστάσεις.



Σχ. 4.5. Τάσεις επαφής που εμφανίζονται σε σφάλμα πριν την απόζευξη.

Παρατηρούμε ότι πριν την απόζευξη ισχύουν τάσεις επαφής που μειώνονται με μείωση της αντίστασης του αγωγού προστασίας και του ουδέτερου αλλά και με μείωση της αντίστασης γείωσης στον καταναλωτή.

Η παραπάνω ανάλυση σφάλματος αφορούσε υπερπήδηση τάσης σε μεταλλικά περιβλήματα. Θα έπρεπε εδώ να αναφερθούν και τα παρακάτω σφάλματα που δεν αντιμετώπισε η παραπάνω ανάλυση:

- Διακοπή του ουδέτερου σε σύστημα TN προκαλεί ανύψωση του δυναμικού του αγωγού PE, Σχήμα 4.6.
- Φθαρμένη μόνωση σε οικιακές συσκευές.
- Διακοπή γείωσης προστασίας.
- Λάθος σύνδεση, εναλλαγή αγωγών γείωσης με φάση.

Έμμεση επαφή σε σύστημα ΤΤ

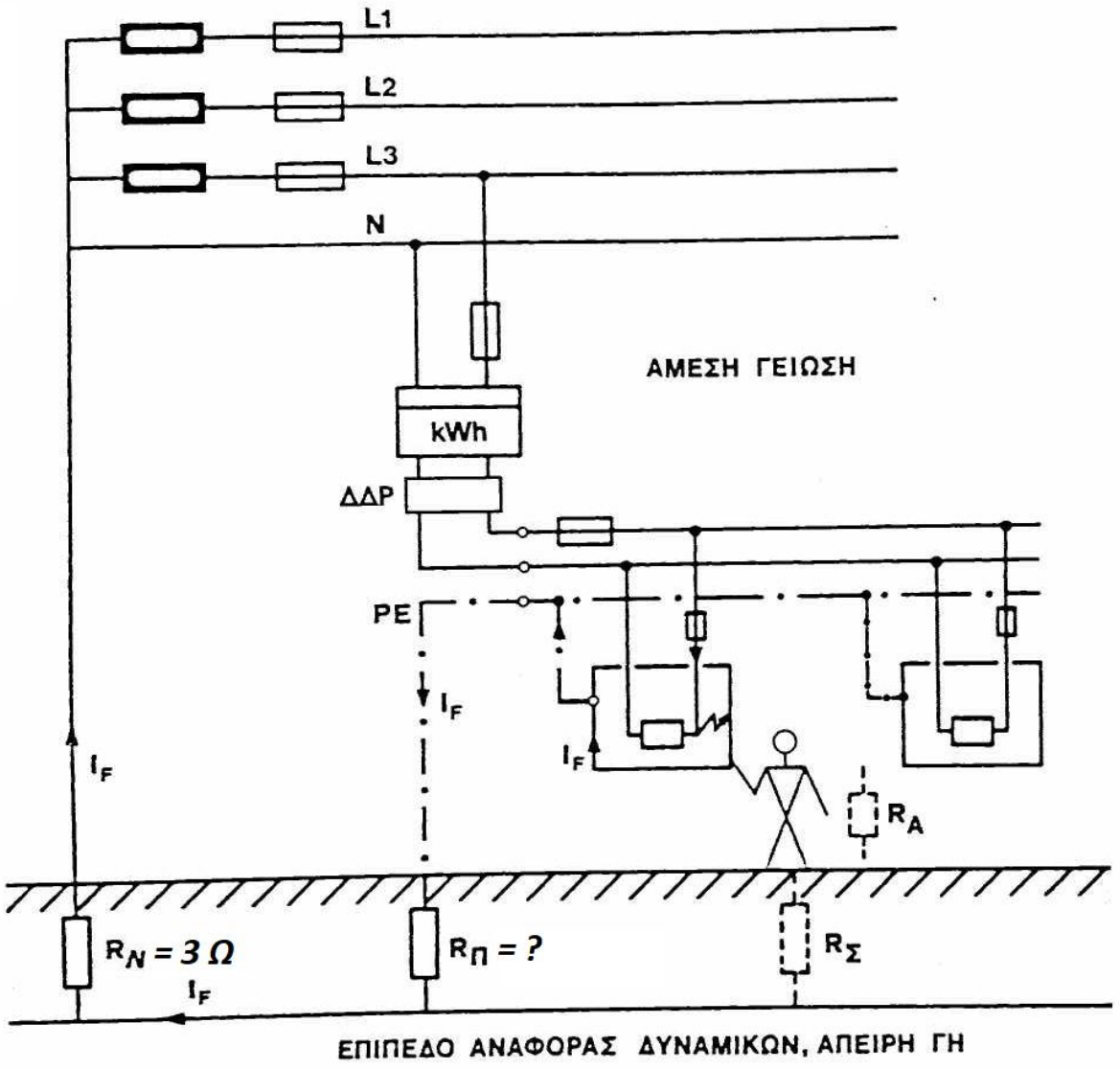


Τι μέσα προστασίας θα πέρνατε έναντι της έμμεσης επαφής σε ΤΤ δίκτυα;

Αν R_N=3 Ω, πόση είναι η ελάχιστη αντίσταση γείωσης ($R_Π$) σε σύστημα ΤΤ ώστε να δουλέψει το ρελέ διαρροής;

Αν R_N=3 Ω, πόση είναι η ελάχιστη αντίσταση γείωσης σε σύστημα ΤΤ ώστε η τάση έμμεσης επαφής να είναι ασφαλής (<50V);

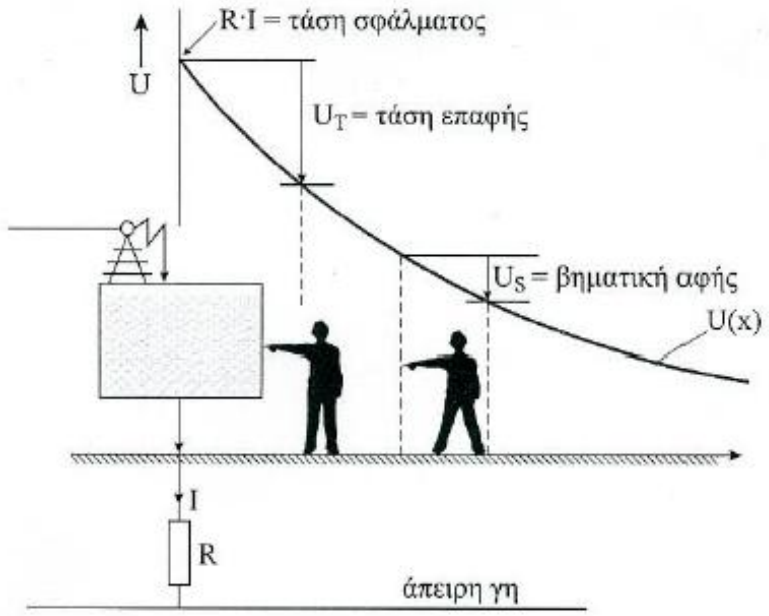
Σε ποιες περιπτώσεις θα προτείνατε εγκατάσταση μικροαυτόματων/ασφαλειών υπερέντασης?



Βηματικές τάσεις



Η βηματική τάση είναι μεγαλύτερη κοντά η μακριά από το σημείο διαρροής.
Πως επηρεάζεται από την αντίσταση γείωσης



Σχ. 4.1β. Κατανομή του δυναμικού μετά από υπερπήδηση ΥΤ σε γειωμένο ΜΣ. Δημιουργούνται τάσεις επαφής U_B και βηματικές τάσεις U_S.

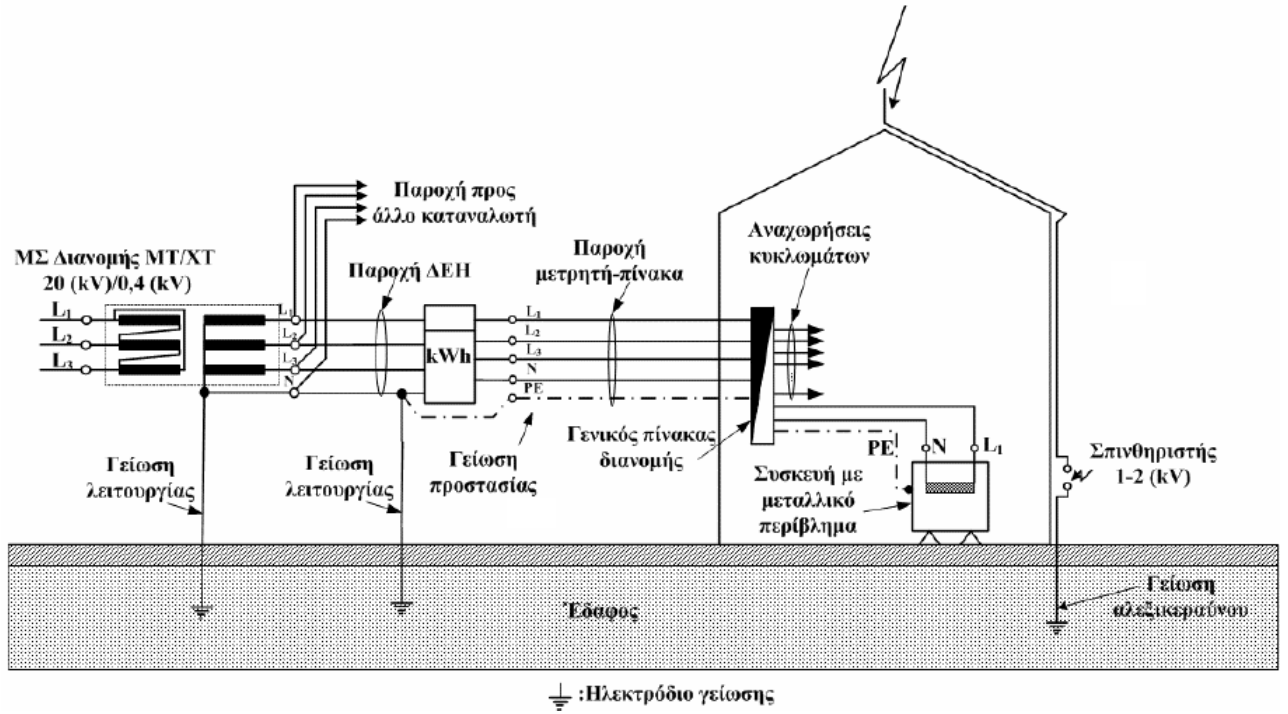


Κεφάλαιο 4

Είδη γειώσεων και ηλεκτροδίων

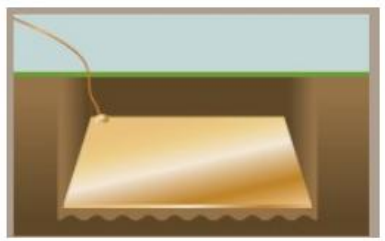
Είδη γειώσεων

- **Γείωση Λειτουργίας** είναι η γείωση ενός ενεργού τμήματος του κυκλώματος π.χ. ουδέτερος.
- **Γείωση Προστασίας** είναι η γείωση ενός μεταλλικού μέρους που δεν είναι ενεργό στοιχείου του κυκλώματος π.χ. μεταλλικό κέλυφος ψυγείου
- **Γείωση ΣΑΠ** για την διοχέτευση του κεραυνικού ρεύματος



Είδη ηλεκτροδίων

- Τα ηλεκτρόδια γείωσης έχουν τις μορφές που παρουσιάζονται δίπλα
- Το υλικό κατασκευής είναι **χαλκός, γαλβανισμένος χάλυβας**.
- Σημαντικό ρόλο στην συνολική αντίσταση γείωσης παίζει:
  - το σχήμα,
  - το βάθος έμπηξης
  - η επιφάνεια επαφής με το έδαφος
  - η ειδική αντίσταση του εδάφους



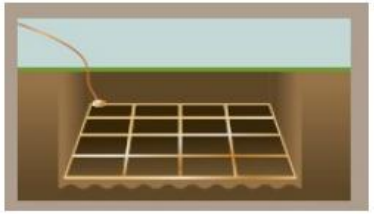
Γειωτής πλάκας



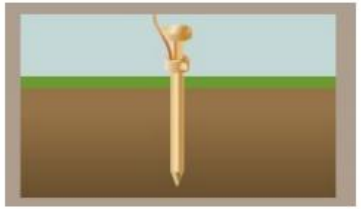
Θεμελιακή γείωση



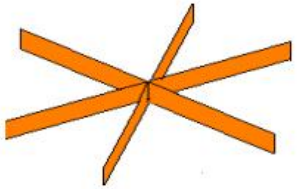
Οριζόντια καλώδια και ταινίες γείωσης



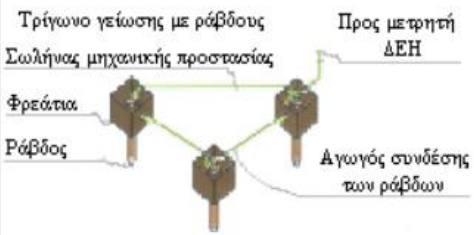
Γειωτής πλέγματος



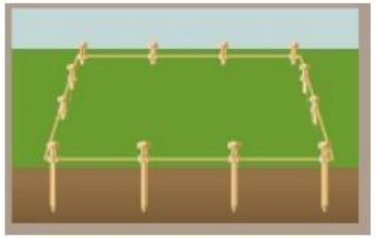
Γειωτής ράβδου



Γειωτής αστέρα



Γειωτής τριγώνου

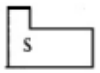
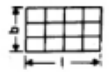
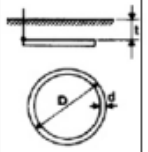


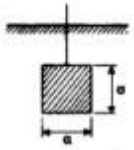
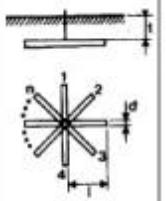
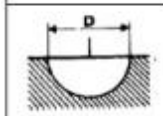
Τετράγωνο πασσάλων



Γειωτής τύπου «Ε»

Αντιστάσεις ηλεκτροδίων

	Γειωτής	Τύπος	Προσεγγιστικός τύπος
	Πάσσαλος (πλάγια όψη)	$R_{A1} = \frac{\rho}{2\cdot\pi\cdot l_{eff}}\cdot\ln(\frac{4\cdot l_{eff}}{d})$ $l_{eff} \approx l - 0.5\ m$ *	$R_A \cong \frac{\rho}{l_{eff}}$
	Πολύγωνο Πασάλων $\alpha \geq 1$ (κάτοψη)	$R_A \approx k\cdot\frac{1}{n}\cdot R_{A1}$ $\frac{a}{l} = 3 : n = 5 : k \approx 1.2$ R_{A1} =αντίσταση ενός πασάλου	K=(1…1.5) για $n = 10 : k \approx 1.25$
	Ταινία γείωσης ή επιφανειακός γειωτής, βάθος h=0,5…1,0 m (πλάγια όψη)	$R_A = \frac{\rho}{\pi\cdot l}\cdot\ln\left(\frac{2\cdot l}{d}\right)$	$R_A \approx \frac{2\cdot\rho}{l}$
	Θεμελιακή γείωση $D = \sqrt{\frac{4}{\pi}\cdot S}$		$R_A = \frac{2}{\pi}\cdot\frac{\rho}{D}$
	Πλέγμα σε βάθος 0,5 -1,0 m $D = \sqrt{\frac{4\cdot b\cdot l}{\pi}}$ (κάτοψη)	$R_A \approx \frac{\rho}{2\cdot d} + \frac{\rho}{l\cdot g}$ $l\cdot g$ =συνολικό μήκος αγωγού	$R_A \approx \frac{\rho}{2\cdot D}$
	Κυκλικός γειωτής (κάτοψη)	$R = \frac{\rho}{2\cdot\pi^2\cdot D}\cdot\ln\frac{8\cdot D}{d}\cdot\left(1+\frac{\ln\frac{2\cdot D}{t}}{\ln\frac{8\cdot D}{d}}\right)$	$R = \frac{2\cdot\rho}{\pi\cdot D}$ **

	Γειωτής πλάκας, πλάγια όψη S [m^2]		$R = \frac{\rho}{4.5\cdot\alpha}$ ***
	n=2 n=3 n=4 n=5	$R = \frac{\rho}{2\cdot\pi\cdot l}\cdot\ln\left(\frac{l^2}{0.27\cdot t\cdot d}\right)$ $R = \frac{\rho}{2\cdot\pi\cdot l}\cdot\ln\left(\frac{l^2}{0.25\cdot t\cdot d}\right)$ $R = \frac{\rho}{2\cdot\pi\cdot l}\cdot\ln\left(\frac{l^2}{0.22\cdot t\cdot d}\right)$ $R = \frac{\rho}{2\cdot\pi\cdot l}\cdot\ln\left(\frac{l^2}{0.09\cdot t\cdot d}\right)$	
	Ημισφαιρικός γειωτής	$R = \frac{\rho}{\pi\cdot D}$ ****	

* Όπου εμφανίζεται το πάχος του αγωγού d, αυτό είναι το ισοδύναμο πάχος

$d = \sqrt{4\cdot\frac{A}{\pi}}$, όπου A η διατομή του αγωγού.

** Για ακανόνιστους βρόχους μπορεί να χρησιμοποιηθεί η ισοδύναμη διάμετρος

$D = 0{,}33\cdot U$, U το μήκος αγωγού.

*** Για πλάκες που δεν είναι τετράγωνες θέτουμε: $\alpha = \sqrt{S}$, όπου S η επιφάνεια.

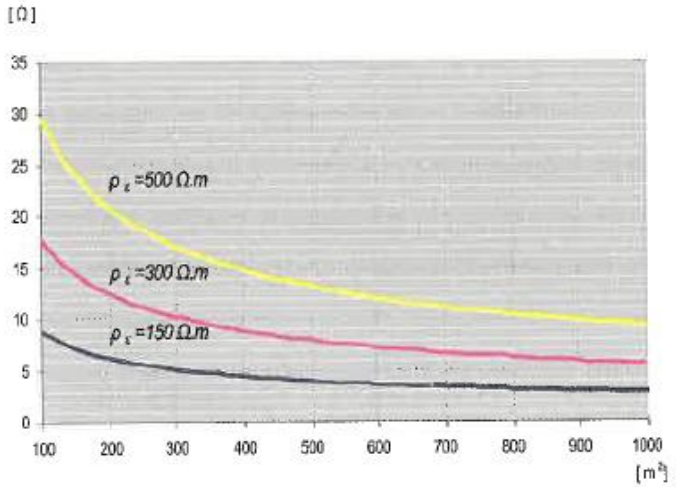
**** Για ένα γειωτή όγκου V ακανόνιστου σχήματος, εφαρμόζεται ο τύπος του σφαιρικού γειωτή με $D = 1{,}57\cdot\sqrt[3]{V}$.

Αντιστάσεις γειωτών

Ειδική αντίσταση εδάφους

Τύπος εδάφους	Ειδική αντίσταση ρ (Ωm)
Ελώδες έδαφος	5-40
Αργιλώδες, πηλώδες ή αγρού	20-200
Αμμώδες	200-2500
Πετρώδες και ξηρά χαλίκια	2000-3000
Αποσαθρωμένος βράχος	Κάτω από 1000
Αμμόλιθος	2000-3000
Λιθώνας	Πάνω από 30000
Γρανίτης	Πάνω από 50000

Πίνακας 3.1 Ειδικές αντιστάσεις εδαφών, ενδεικτικές μέσες τιμές κατά το άρθρο 27 των Κ.Ε.Η.Ε.



Διάγραμμα 2. Μεταβολή R_A σε σχέση με την επιφάνεια που περικλείει το περιμετρικό ηλεκτρόδιο γείωσης και την $\rho_ε$ του σκυροδέματος (Τύπος 3)



Πετρώδες έδαφος (πάνω)
Ελώδες έδαφος (κάτω)



Παράδειγμα

Έστω κτίριο, όπως στο σχήμα 5.6 το οποίο έχει ένα μήκος περιμέτρου στα θεμέλια του l=80 m και επιφάνεια κάτοψης S= 400 m². Κατά μήκος της περιμέτρου έχει τοποθετηθεί θεμελιακός γειωτής με διαστάσεις 50×4 mm². Το περιβάλλον έδαφος έχει ειδική αντίσταση ρ= 100 Ω. m.

Εφαρμογή του τύπου της θεμελιακής γείωσης

Ισοδύναμη διάμετρος: $D = \sqrt{\frac{4}{\pi} S} = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot 400} = 22{,}57 \text{ m}$

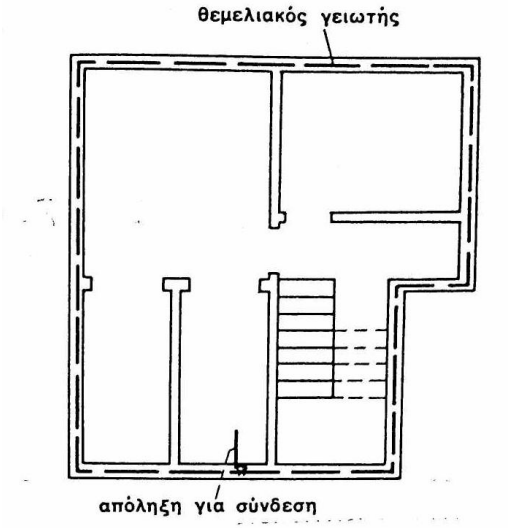
Αντίσταση: $R_A = \frac{2}{\pi} \frac{\rho}{D} = 2{,}82\ \Omega$

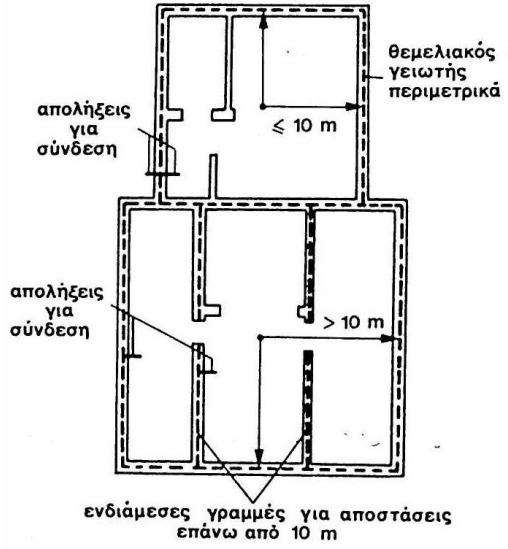
$$R_A = \frac{2\rho}{l} = \frac{2.100}{80} = 2{,}5\ \Omega$$

Προς σύγκριση: ένας πάσαλος 100^{Φ} mm σε βάθος 3,5 m στο ίδιο έδαφος έχει αντίσταση:

$$R\pi = \frac{100}{2\pi \cdot (3{,}5 - 0{,}5)} \ln \frac{4(3{,}5 - 0{,}5)}{0{,}10} = 25{,}4\ \Omega$$

Συνεπώς, θα χρειαζόταν 9 πάσαλοι για να πετύχουμε την ίδια περίπου αντίσταση. Ωστόσο επειδή η αγωγιμότητα του εδάφους στα θεμέλια είναι πολύ μεγαλύτερη απ' ότι στα επιφανειακά στρώματα και ο αριθμός των πασάλων θα ήταν μεγαλύτερος του 9 (η απόσταση μεταξύ τους έπρεπε να είναι μεγαλύτερη των 20 m).



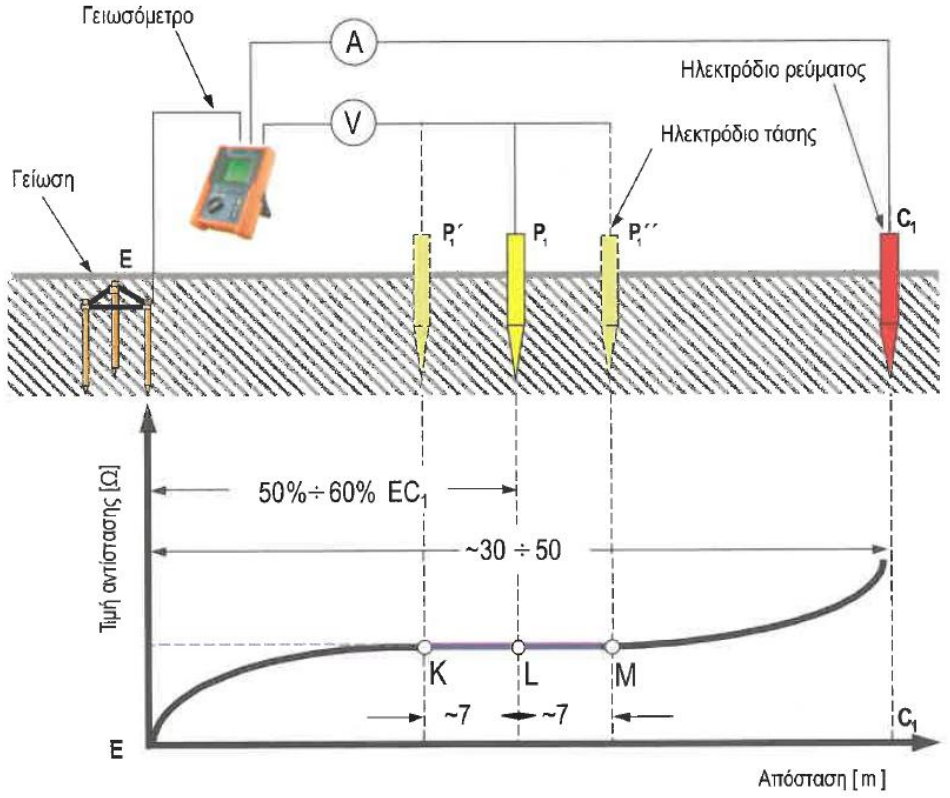


Μέτρηση Σημειακής Γείωσης (μέθοδος πτώσης δυναμικού)

Η συνηθέστερη μέθοδος μέτρησης μίας γείωσης είναι με τη χρήση δύο βοηθητικών ηλεκτροδίων ενός ρεύματος C_1, ενός τάσης P_1 και μίας πηγής ρεύματος, η οποία συνήθως βρίσκεται ενσωματωμένη στο όργανο μέτρησης. Ειδικότερα το όργανο υπολογίζει την αντίσταση της γείωσης Ε, μετρώντας την πτώση τάσης μεταξύ του ηλεκτροδίου P_1 και της γείωσης Ε και διαιρεί την τιμή αυτή με το ρεύμα που ρέει μεταξύ του βοηθητικού ηλεκτροδίου C_1 και της Ε.

Για τη μέτρηση μίας σημειακής γείωσης, όπως για παράδειγμα μίας ράβδου, ενός τριγώνου, μίας πλάκας, τοποθετείται το ηλεκτρόδιο C_1 σε απόσταση 30m έως 50m από τη γείωση που πρόκειται να μετρηθεί και επί της ίδιας ευθείας στο 50-60% της απόστασης Ε C_1 μπήγεται το ηλεκτρόδιο P_1 και λαμβάνεται η πρώτη μέτρηση L, (βλ. Εικόνα 100). Άλλες δύο μετρήσεις λαμβάνονται μετακινώντας πάντα στην ίδια ευθεία Ε C_1, το ηλεκτρόδιο P_1, κατά περίπου 7m από την αρχική του θέση, μία προς τη θέση της γείωσης Ε (μέτρηση K) και μία προς τη θέση του βοηθητικού ηλεκτροδίου C_1 (μέτρηση M). Εάν οι τιμές των τριών μετρήσεων κυμαίνονται 5% η μία από την άλλη, τότε μπορεί να ληφθεί ως τιμή της γείωσης Ε, ο μέσος όρος των τριών μετρήσεων K, L, M.

Εάν το αποτέλεσμα των τριών μετρήσεων δεν βρίσκεται στο εύρος του 5%, απαραίτητο είναι οι μετρήσεις να επαναληφθούν, τοποθετώντας το ηλεκτρόδιο C_1 σε μεγαλύτερες αποστάσεις μέχρις ότου οι τρεις μετρήσεις να κυμανθούν στο εύρος αυτό.



Πηγή: Θεμελιακή Γείωση, Δ. Κόκκινος, ΕΛΕΜΚΟ.

Μέτρηση Γείωσης (Μέθοδος αμπεροτσιμπίδας)

Πηγή: Οικονόμου κα. «Υψηλές τάσεις»

Μέτρηση με χρήση μιας αμπεροτσιμπίδας

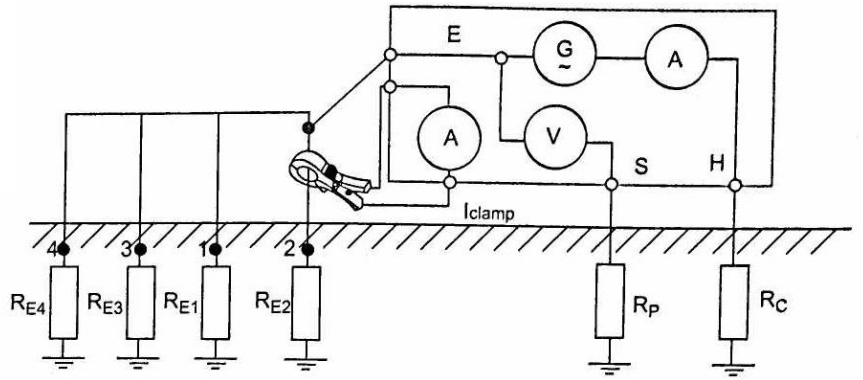
Για τη μέτρηση της αντίστασης γείωσης ανεξαρτήτων ράβδων γείωσης δεν απαιτείται η αποσύνδεση των ράβδων. Χρησιμοποιούνται δύο βοηθητικά ηλεκτρόδια R_p και R_c, καθώς και μία αμπεροτσιμπίδα. Στο σχήμα 11.21 παρουσιάζεται η συνδεσμολογία προκειμένου να μετρηθεί η αντίσταση R_{E2}.

Ισχύει ότι:

$$R_{EH} = \frac{U_V}{I_{clamp} N} = \frac{U_V}{I_{RE2}} \qquad (11.33)$$

όπου:

I_{clamp} είναι το ρεύμα που μετρά η αμπεροτσιμπίδα ίσο με $\frac{(R_{E1} // R_{E2} // R_{E3} // R_{E4} // ...)}{R_{E2}} I_{gen}$,



Σχήμα 11.21: Μέτρηση της αντίστασης γείωσης της R_{E2} με τη χρήση μίας αμπεροτσιμπίδας και δύο βοηθητικών ηλεκτροδίων [19].

Ν είναι ο λόγος μετασχηματισμού της αμπεροτσιμπίδας και
I_{gen} είναι το ρεύμα δοκιμής της γεννήτριας του μετρητικού οργάνου.

Να σημειωθεί ότι:

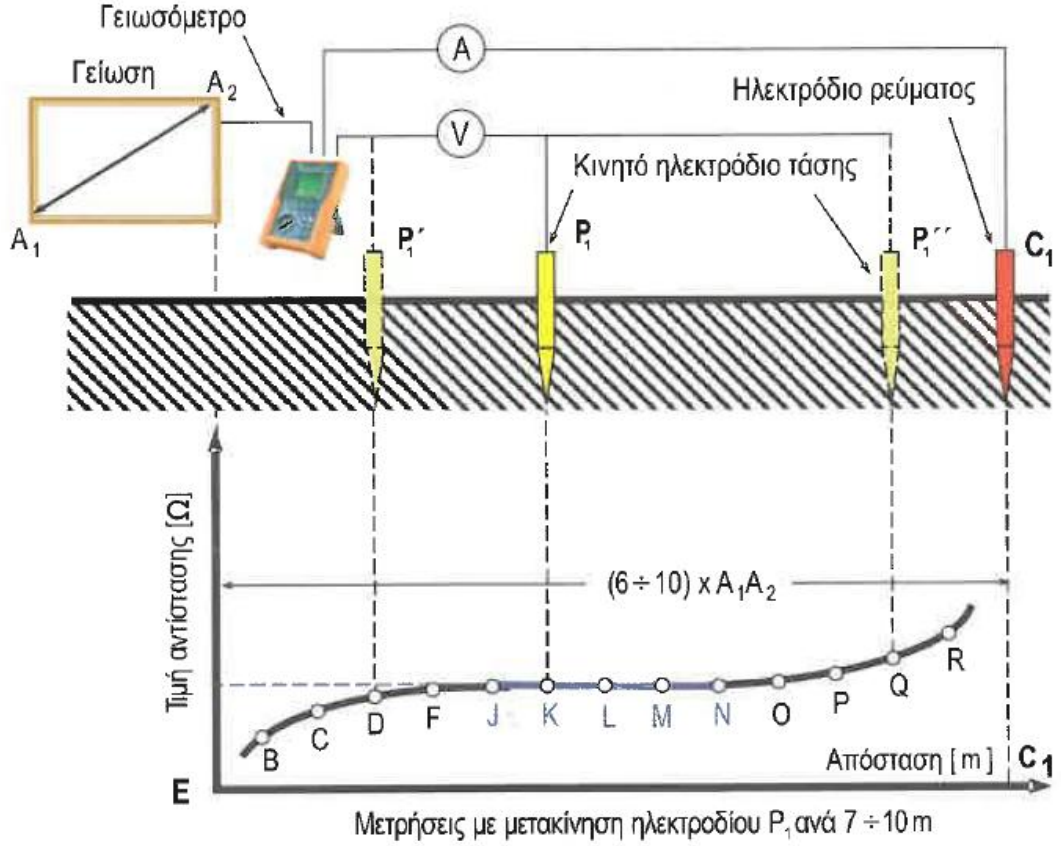
- Η δοκιμή αυτή δεν είναι κατάλληλη για εκτεταμένα συστήματα γείωσης γιατί τα βοηθητικά ηλεκτρόδια θα πρέπει να τοποθετηθούν σε μεγάλες αποστάσεις από το μετρούμενο σύστημα γείωσης.
- Σε εκτεταμένα συστήματα γείωσης το μετρούμενο ρεύμα από την αμπεροτσιμπίδα είναι μόλις ένα μικρό μέρος του ρεύματος δοκιμής I_{gen}. Συνεπώς θα πρέπει να ληφθεί υπόψη η ακρίβεια μέτρησης μικρών ρευμάτων και η ατρωσία του εξοπλισμού έναντι θορύβου και παρεμβολών.
- Η δοκιμή αυτή δεν προτείνεται για συστήματα γείωσης που αποτελούνται από παραπάνω από 10 ράβδους γείωσης.
- Η μέθοδος δεν έχει πλεονεκτήματα συγκρινόμενη με τη δοκιμή με χρήση δύο αμπεροτσιμπίδων.

Μέτρηση Θεμελιακής Γείωσης

Η συνηθέστερη μέθοδος μέτρησης μίας εκτεταμένης γείωσης είναι η ίδια με εκείνη που περιγράφεται για τη μέτρηση μίας σημειακής γείωσης, με κάποιες διαφορές ως προς τη διάταξη των βοηθητικών ηλεκτροδίων και του πλήθους των μετρήσεων.

Ειδικότερα το ηλεκτρόδιο ρεύματος C_1, μπήγεται σε απόσταση από τη γείωση που πρόκειται να μετρηθεί, 6 έως 10 φορές της μεγαλύτερης διαγωνίου του κλειστού γεωμετρικού σχήματος που σχηματίζουν οι κορυφές των ράβδων γείωσης ή που σχηματίζει το οριζόντιο ηλεκτρόδιο γείωσης. Στη συνέχεια λαμβάνονται μετρήσεις μετακινώντας σε διαστήματα 1/25 του μήκους EC_1, το ηλεκτρόδιο τάσης P_1 επί της ευθείας EC_1, ξεκινώντας τις μετρήσεις από τη θέση C_1 μέχρι τη θέση E, ή και αντίστροφα.

Από την καμπύλη που σχηματίζεται από τις τιμές αντίστασης που λαμβάνονται κατά τη μετακίνηση του ηλεκτροδίου P_1 στις διάφορες θέσεις, λαμβάνεται ως τιμή αντίστασης της γείωσης E, η μέση τιμή που προκύπτει από τις τιμές που βρίσκονται στο σχηματιζόμενο ευθύγραμμο τμήμα (σχεδόν οριζόντιο) της καμπύλης, με απόκλιση 5% η μία από την άλλη, δηλαδή οι τιμές J, K, L, M, N όπως, φαίνεται στην Εικόνα 101.

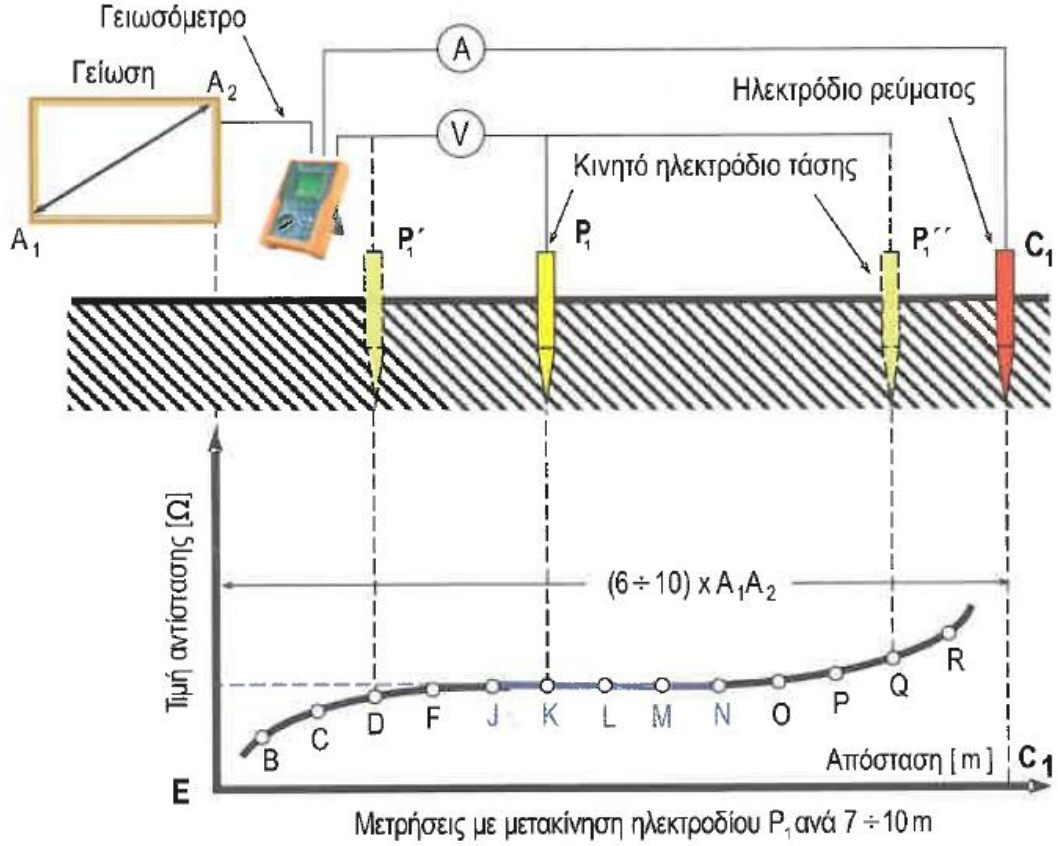


Εικόνα 101. Διάταξη μέτρησης εκτεταμένης γείωσης

Μέτρηση Γείωσης

Η μέτρηση της γείωσης μπορεί να επηρεαστεί από πλήθος παραγόντων:

- Η υγρασία του εδάφους
- Η ύπαρξη υπόγειων μεταλλικών εγκαταστάσεων
- Από κακή ποιότητα του οργάνου μέτρησης



Εικόνα 101. Διάταξη μέτρησης εκτεταμένης γείωσης

Υπεύθυνη δήλωση ηλεκτρολόγου (ΥΔΕ) - Παραδείγματα θετικής και αρνητικής ΥΔΕ

Πρωτόκολλο Ελέγχου Ηλεκτρικής Εγκατάστασης κατά ΚΕΗΕ Σελίδα 1 από ...1...

Πρωτόκολλο ελέγχου No ...2..
με βάση τον Κανονισμό ΕΗΕ/1955 & την Κ.Υ.Α. Φ Α' 0/12081/642/26.07.2006

Ιδιοκτήτης ☑ **Χρήστης** ☑
.....ΡΟΥΣΣΟΥ ΦΕΒΡΩΝΙΑ.....

Αρ. παροχής: ... 02222222 .....
Διεύθυνση: ΑΠΟΥ ΦΡΑΓΚΙΣΚΟΥ ΤΗΣ ΑΣΙΖΗΣ 32, ΑΖΟΛΙΜΝΟΣ, ΣΥΡΟΣ, 84100

Επανέλεγχος ☑ (Λόγω Διαχωρισμού)

Αδειούχος ηλεκτρολόγος εγκαταστάτης
..... ΛΑΜΠΡΙΝΗ ΦΩΤΙΟΥ .....

Αριθ. άδειας: Α' Τάξης XXX
Κατηγορία: Πτυχ. Μηχανικός Τ.Ε.
Ειδικότητα: Ηλεκτρολόγος

Κατηγορία Εγκατάστασης
.... Χώρος Συνάθροισης Κοινού ...

Αιτία ελέγχου: Επανέλεγχος ☒ Αλλαγή κατηγορίας εγκατ/σης ☐

Ονομαστική τάση: .....230.... (V)

Δίκτυο τροφοδοσίας: ΤΤ -Σύστημα ☐ ΤΝ-Σύστημα ☒ ΙΤ-Σύστημα ☐

1. Οπτικός έλεγχος:

	καλά	όχι
1.1. Μέτρα προστασίας από ηλεκτροπληξία (άρθρα 7, 8, 9 & 10)	☑	☐
1.2. Μέτρα προστασίας από πυρκαγιά (άρθρο 11)	☑	☐
1.3. Φωτιστικός ασφαλείας, οδηγίες & προσδιοριστικές πινακίδες (άρθρα12, 13	☑	☐
1.4. Γειώσεις προστασίας (άρθρα 16 έως & 39)	☑	☐
1.5. Επιλογή διατομών αγωγών (άρθρα 21, 22, 125 έως & 134)	☑	☐
1.6. Αναγνώριση αγωγών ουδετέρου & γείωσης (άρθρα 21 & 22)	☑	☐
1.7. Εγκατ/σεις. Ζώνες, πίνακες διανομής, διακόπτες (άρθρα 29 έως & 37 και 43 έως &	☑	☐
1.8. Επιλογή & ρύθμιση των διατάξεων προστασίας (άρθρα 30 έως & 81)	☑	☐
1.9. Μηχανές & εξαρτήματα (άρθρα 104 έως & 113)	☑	☐
1.10. Γραμμές εντός οικοδομών (άρθρα 175 έως & 178)	☑	☐
1.11. Ειδικές διατάξεις για χώρους ορισμένης κατηγορίας (άρθρα 179 έως & 274)	☑	☐
1.12. Πινακίδα δοκιμής RCD (ΚΥΑ Φ Α' 50/12081/642 της 26/07/2006)	☑	☐

Παρατηρήσεις: .....

2. Δοκιμές:

	καλά	όχι
2.1. Έλεγχοι, δοκιμές διακοπής φάσεων /ουδετέρου	☑	☐
2.2. Δοκιμές λειτουργίας διατάξεων διαφορικού ρεύματος (RCD)	☑	☐
2.3. Δοκιμές λειτουργίας γραμμών	☑	☐

Παρατηρήσεις: .....

3. Μετρήσεις:

	καλά	όχι
3.1 Συνέχεια αγωγών γείωσης (άρθρο 19 20 21)	☑	☐

Παρατηρήσεις: .....

3.5 Αντίσταση γείωσης ...1,08..Ω (άρθρο 19 & ΚΥΑ Φ Α' 50/12081/642 της 26/07/2006)
Είδος γείωσης: θεμελιακή ☐ ράβδος ηλεκτρόδιο ☐ (άλλο)..... Τριγωνο πλάκας ..... ☑

Παρατηρήσεις: Η αρχική μέτρηση μας έδειξε τιμή εκτός ορίων, εγκαταστάθηκε νέο τρίγωνο γείωσης με πλάκες (50x50). Η μέτρηση της αντίστασης γείωσης έγινε με την μέθοδο Β3 του προτύπου ΕΛΟΤ HD 60364-6 «Μέτρηση της αντίστασης του βρόχου γείωσης με σφιγκτήρες ρεύματος».

Αρ. Ηλεκτρικού Κυκλώματος	Χώρος /Τμήμα εγκατάστασης, Χρήση	Γραμμή τροφοδοσίας/ καλώδιο: Τύπος καλωδίου	Αριθ. Αγωγών	Διατομή αγωγού mm²	3.2 Αντίσταση μόνωσης R_{iso} (MΩ) (άρθρο 30 έως & 81): Με καταναλώτες	Χωρίς καταναλώτες	Διάταξη προστασίας από υπερένταση (άρθρο 30 έως & 81): Είδος/ Χαρακτηριστική	I_n (A)	3.3 Διάταξη διαφορικού ρεύματος (RCD) (ΚΥΑ Φ Α' 50/12081/642 της 26/07/2006): Ονομαστικό ρεύμα I_n (A) & τύπος	$I_{\Delta N}$ (mA)	$I_{\Delta max}$ (mA)	U_{Lmax} (V)	3.4 Βρόχος σφάλματος Z_s (Ω) ή I_k (A)	Απόκλιση
0	Παροχή	NYY	3	10	-----	-----	C	32	-------	----	----	----	643	
1	Γρ. Μαγειρικής Εστίας	NYA	3	2,5	432		U	16	2X40 AC	30	22,5	0,0	638	
2	Γρ. Ρ/Φ Υπν/ου, Λοτρού, Χολ	NYA	3	1,5	389		L	10	2X40 AC	30	22,5	0,0	640	
3	Γρ. Ρ/Φ Καθιστικού	NYA	3	1,5	422		L	10	2X40 AC	30	22	0,0	652	
4	Γρ. Ρ/Φ Κουζίνας	NYA	3	1,5	178		L	10	2X40 AC	30	22,5	0,1	640	
5	Γρ. Θερμοσίφωνα	NYA	3	2,5	231		U	16	2X40 AC	30	22,5	0,0	638	

Χρησιμοποιηθέντα όργανα μετρήσεων: Όργανο ..... HT-ITALIA ... Τύπος MACROTEST 5035 Σειριακός αριθμός ..... XXXXXXX ..... | Όργανο ..... Metrisis ..... Τύπος GAIA-8000 A Σειριακός αριθμός .....XXXXXXX.....

Αποτελέσματα:
Δεν διαπιστώθηκαν ελλείψεις /σφάλματα ☑
Διαπιστώθηκαν ελλείψεις/ σφάλματα ☐

Ημερομηνία επικόλλησης ετικέτας ελέγχου στον κεντρικό πίνακα διανομής .....09/10/2013.....

Επόμενος επανέλεγχος έως .....09/10/2014.....

Η ηλεκτρική εγκατάσταση αυτή ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις του ΚΕΗΕ και της Κ.Υ.Α. Φ Α' 50/12081/642/26.07.2006 κατά τον χρόνο ελέγχου ναι ☒ όχι ☐

Ο ελεγκτής ΛΑΜΠΡΙΝΗ ΦΩΤΙΟΥ
ΠΤΥΧΙΟΥΧΟΣ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ Τ.Ε.
ΑΡ. ΑΔΕΙΑΣ: xxx Α.Μ. ΕΕΤΕΜ : xxxxx
Οδός - Αριθμός - Πόλη Τ.Κ.
Τηλ.: xxxxxxxxx - Κιν.: xxxxxxxxx
Α.Φ.Μ.: xxxxxxxx Δ.Ο.Υ.: xxxxxxxxx

Ο παραλαμβάνων το πρωτόκολλο ελέγχου ιδιοκτήτης ή χρήστης
(Ονομ. Υπογραφή)
Φεβρωνία Ρούσσου

Τόπος.....Αζόλιμνος..... Ημερ/νία.....09/10/2013.....

Σκαναρισμένο με CamScanner

Πρωτόκολλο Ελέγχου Ηλεκτρικής Εγκατάστασης κατά ΕΛΟΤ HD 384 Σελίδα 1 από ...1...

Πρωτόκολλο ελέγχου No ...2..
με βάση το πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384 & την Κ.Υ.Α. Φ Α' 50/12081/642/26.07.2006

Ιδιοκτήτης ☒ **Χρήστης** ☒
..... Κυριτσόπουλος Κωνσταντίνος ...

Αρ. παροχής:.... 04444444 .....
Διεύθυνση: Ανδρέα Μιαούλη 13, Λέχαιο, Κορινθία, Τ.Κ. 20011

Αρχικός έλεγχος ☐
Επανέλεγχος ☒

Αδειούχος ηλεκτρολόγος εγκαταστάτης
..... Λαμπρινή Φωτίου .....

Αριθ. άδειας: Α' Τάξης XXX
Κατηγορία: Πτυχ. Μηχανικός Τ.Ε.
Ειδικότητα: Ηλεκτρολόγος

Κατηγορία Εγκατάστασης
.. Κατοικία και ανάλογοι χώροι .....

Αιτία ελέγχου: Τροποποίηση ☐ Επέκταση ☐ Αλλαγή κατηγορίας ☐

Ονομαστική τάση: ... 230 .... (V)

Δίκτυο τροφοδοσίας: ΤΤ-Σύστημα ☐ ΤΝ-Σύστημα ☐ ΙΤ-Σύστημα ☒

1. Οπτικός έλεγχος:

	καλά	όχι
1.1. Μέτρα προστασίας από ηλεκτροπληξία	☐	☒
1.2. Μέτρα προστασίας από πυρκαγιά	☐	☒
1.3. Επιλογή διατομών αγωγών	☐	☒
1.4. Επιλογή & ρύθμιση των διατάξεων προστασίας	☐	☒
1.5. Όργανα διακοπής & ασφαλίσεως	☒	☐
1.6. Επιλογή ωλεού βάσει εξωτερικών επιδράσεων	☐	☒
1.7. Αναγνώριση αγωγών N & PE	☒	☐
1.8. Δυνατότητα αναγνώρισης κυκλωμάτων	☐	☒
1.9. Κύρια & συμπλήρ. κοσμογραφικές συνδέσεις	☒	☐
1.10.1Σχέδια, διαγράμματα, πινακίδα δοκιμής RCD	☐	☒
1.11. Ενάρκεια συνδέσεων αγωγών	☒	☐
1.12. Δυνατότητα πρόσβασης & χειρισμών	☒	☐

Παρατηρήσεις: α) Δεν υπάρχει εγκατεστημένος ΔΔΡ και δεν πληρούνται οι κατηγορίες 1.1, 1.2, 1.4. β) Η γραμμή ρευματοδοσίας/ φωτισμού Κουζίνας – Λουτρού έχει διατομή 1,5mm² και ασφαλίζεται με MCB L16A,επομένως δεν πληρείται η κατηγορία 1.3, 1.4. ❶

2. Δοκιμές:

	καλά	όχι
2.1. Έλεγχοι, δοκιμές πολικότητας	☒	☐
2.2. Δοκιμές λειτουργίας διατάξεων διαφορικού ρεύματος	☐	☒
2.3.Κατεύθυνση φοράς των 3φ ενητήρων	☐	☐
2.4. Κατεύθυνση πεδίου φοράς 3φ πρεζών	☐	☐
2.5. Δοκιμές λειτουργίας	☒	☐
2.6. Δοκιμές διακοπής & στοιχείωσης	☒	☐

Παρατηρήσεις: Η έλλειψη ΔΔΡ δεν επιτρέπει τον έλεγχο της δοκιμής 2.2. Οι κατηγορίες 2.3 και 2.4 δεν έχουν εφαρμογή στην προς επανέλεγχο εγκατάσταση.

3. Μετρήσεις:

	καλά	όχι
3.1. Συνέχεια αγωγών προστασίας & συνδέσεις κύριας και συμπλήρ. κοσμογραφικές αγνή.	☐	☒

Παρατηρήσεις: Η γραμμή του Θερμοσίφωνα παρουσιάζει έλλειψη συνέχειας αγωγού προστασίας. Η μέτρηση έδωσε τιμή >9999Ω. Πρέπει να γίνει περαιτέρω έλεγχος και διόρθωση του σφάλματος.

3.5. Αντίσταση γείωσης ...38.. Ω
Είδος γείωσης: θεμελιακή ☐ ράβδος ηλεκτρόδιο ☐ (άλλο) ..... Δεν εντοπίστηκε ..... ☒

Παρατηρήσεις: Στον μετρητή του Δ.Ε.Δ.Δ.Η.Ε. καταλήγει αγωγός χαλκού 16mm² αλλά δεν μπορεί να προσδιοριστεί το είδος γείωσης. Η μέτρηση της αντίστασης γείωσης έγινε με την μέθοδο Β3 του προτύπου ΕΛΟΤ HD 60364-6 «Μέτρηση της αντίστασης του βρόχου γείωσης με σφιγκτήρες ρεύματος» και θεωρώ ότι η τιμή που προέκυψε χρήζει βελτίωσης με οποιαδήποτε των μεθόδων που ορίζει το πρότυπο ΕΛΟΤ HD384 (§542.2.1).

Αρ. Ηλεκτρικού Κυκλώματος	Χώρος /Τμήμα εγκατάστασης, Χρήση	Γραμμή τροφοδοσίας/ καλώδιο: Τύπος καλωδίου	Αριθ. Αγωγών	Διατομή αγωγού mm²	3.2 Αντίσταση μόνωσης R_{iso}(MΩ): Με καταναλώτες	Χωρίς καταναλώτες	Διάταξη προστασίας από υπερένταση: Είδος/ Χαρακτηριστική	I_n (A)	3.3 Διάταξη διαφορικού ρεύματος (RCD): Ονομαστικό ρεύμα I_n (A) & τύπος	$I_{\Delta N}$ (mA)	$I_{\Delta max}$ (mA)	U_{Lmax} (V)	3.4 Βρόχος σφάλμ. Z_s (Ω) ή I_k (A)	Απόκλιση
1	ΠΑΡΟΧΗ	E1VV-R	3	10	-----	-----	gG/gL	35	----------	------	------	----	1	
2	Γρ. Θερμοσίφωνα	H07V-U	3	4	0,00		U	20					8	Riso, Zs
3	Γρ. Μαγαζείου	H07V-R	3	6	157		U	25					1	
4	Γρ. Ρευμ/Φωτ. Χολ - Σαλονιού	H07V-U	3	1,5	0,04		L	10					1	Riso
5	Γρ. Ρευμ/Φωτ. Υπνοδωματίου 1	H07V-U	3	1,5	37,3		L	10					1	
6	Γρ. Ρευμ/Φωτ. Υπνοδωματίου 2	H07V-U	3	1,5	11,7		L	10					1	
7	Γρ. Ρευμ/Φωτ. Κουζίνας-Λουτρ.	H07V-U	3	1,5		>1000	L	16					1	S.In
8	Γρ. Ρευμ. Πλυντ. Ρούχων	H07V-U	2+1	2,5+1,5		>1000	U	16					1	Sys

ΔΕΝ ΥΠΑΡΧΕΙ ΔΔΡ

❶ γ) Ο αγωγός προστασίας (PE.) της γραμμής πλυντηρίου ρούχων έχει διατομή 1,5mm² ενώ οι αγωγοί L και N έχουν διατομή 2,5mm². Επομένως δεν πληρείται η κατηγορία 1.3. δ) Πρέπει να γίνει αναγνώριση κυκλωμάτων(1.8). ε) Με την τοποθέτηση του ΔΔΡ πρέπει να τοποθετηθεί πινακίδα δοκιμής (1.10) και να πραγματοποιηθούν οι μετρήσεις της κατηγορίας 3.3.

Χρησιμοποιηθέντα όργανα μετρήσεων: Όργανο ..... HT-ITALIA ... Τύπος MACROTEST 5035 Σειριακός αριθμός ..... XXXXXXX ..... | Όργανο ..... Metrisis ..... Τύπος GAIA-8000 A Σειριακός αριθμός .....XXXXXXX.....

Αποτελέσματα:
Δεν διαπιστώθηκαν ελλείψεις /σφάλματα ☐
Διαπιστώθηκαν ελλείψεις/ σφάλματα ☒

Ημερομηνία επανάληψης επιτέτας ελέγχου στον κεντρικό πίνακα διανομής .....

Επόμενος επανέλεγχος έως .....

Η ηλεκτρική εγκατάσταση αυτή ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις του προτύπου ΕΛΟΤ HD 384 & της Κ.Υ.Α. Φ Α' 50/12081/642/26.07.2006 κατά τον χρόνο ελέγχου ναι ☐ όχι ☒

Ο ελεγκτής ΛΑΜΠΡΙΝΗ ΦΩΤΙΟΥ
ΠΤΥΧΙΟΥΧΟΣ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ Τ.Ε.
ΑΡ. ΑΔΕΙΑΣ: xxx Α.Μ. ΕΕΤΕΜ : xxxxx
Οδός - Αριθμός - Πόλη Τ.Κ.
Τηλ.: xxxxxxxxx - Κιν.: xxxxxxxxx
Α.Φ.Μ.: xxxxxxxx - Δ.Ο.Υ.: XXXXXXXXX

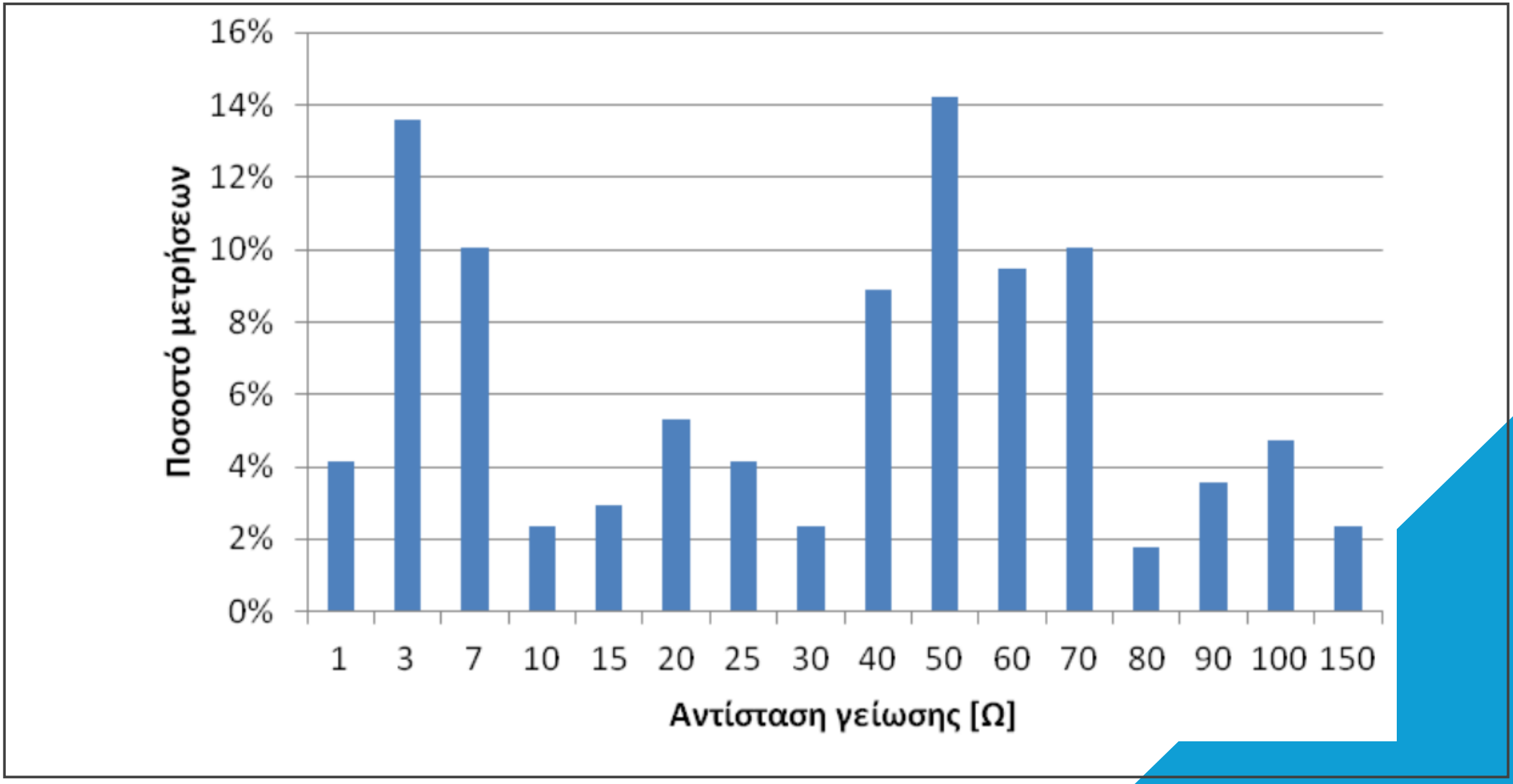
Ο παραλαμβάνων το πρωτόκολλο ελέγχου ιδιοκτήτης ή χρήστης
(Ονομ. Υπογραφή)
ΚΥΡΙΤΣΟΠΟΥΛΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

Τόπος ..... Λέχαιο Κορινθίας.... Ημερ/νία .....03/09/2013.....

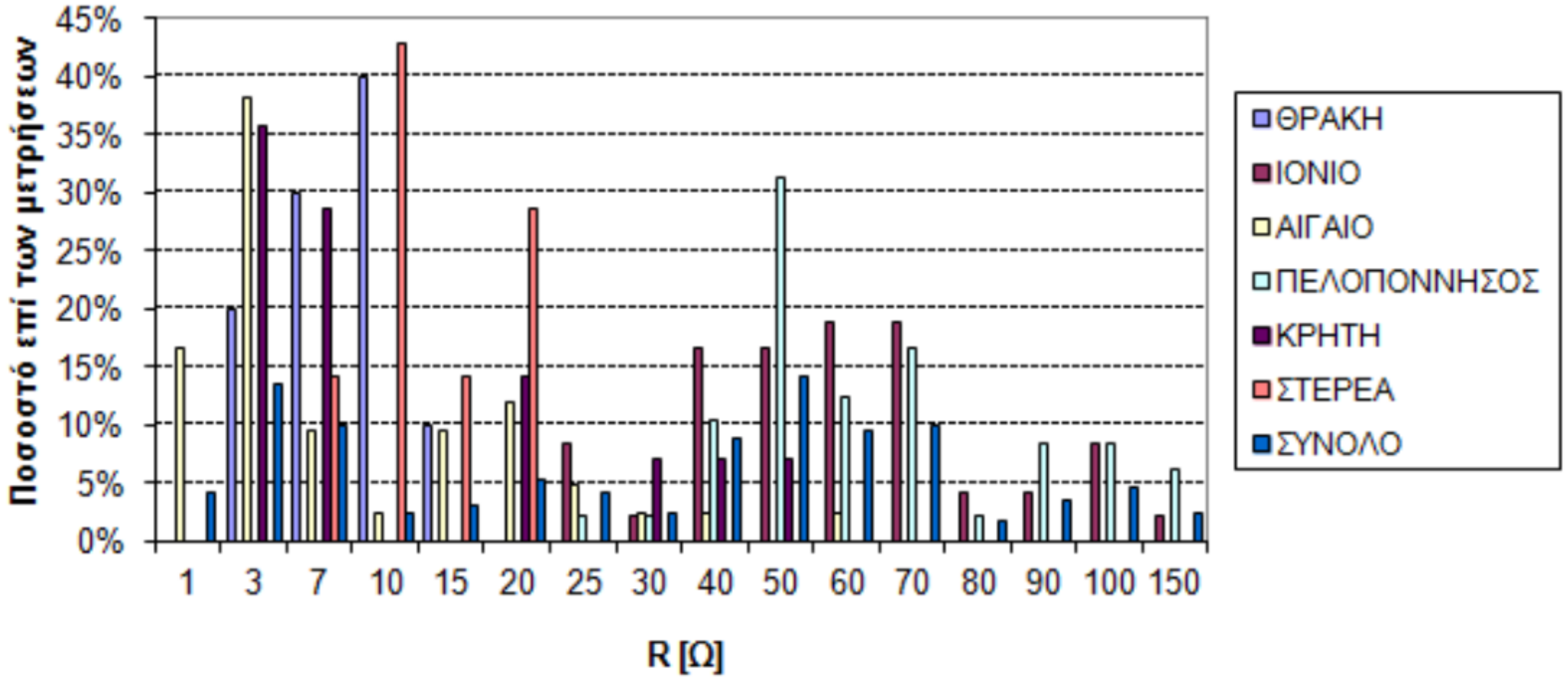
Σκαναρισμένο με CamScanner

Σχήμα 5.12. «Αρνητικό» Πρωτόκολλο ελέγχου κατά ΚΕΗΕ.

Μετρήσεις αντίστασης γείωσης στην Ελλάδα (2002-2011)

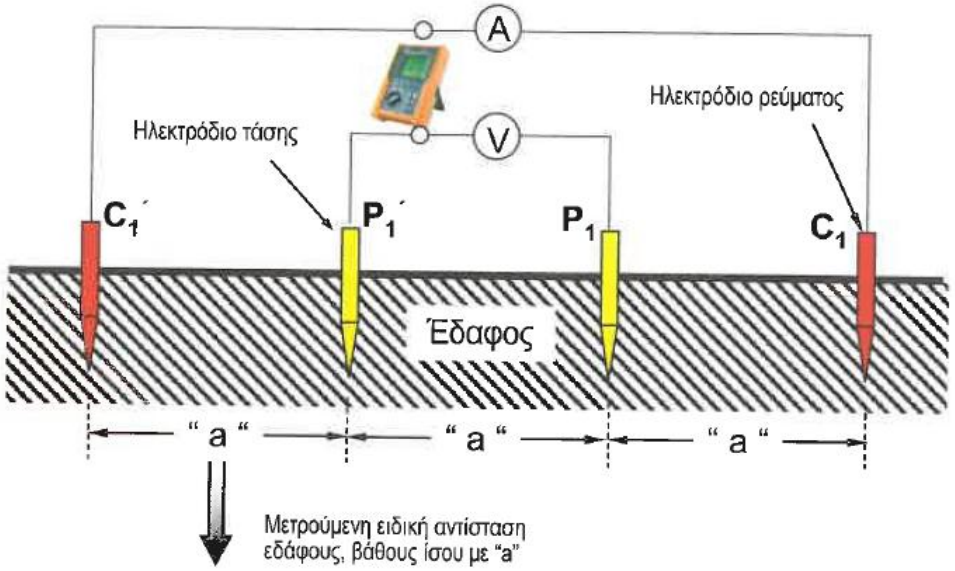


Μετρήσεις αντίστασης γείωσης στην Ελλάδα (2002-2011)



Μέτρηση ειδικής αντίστασης

Η διαδικασία μέτρησης της ειδικής αντίστασης του εδάφους που ακολουθεί έχει προσαρμοστεί για τις περιπτώσεις που υπάρχει η ανάγκη βελτίωσης της αντίστασης της θεμελιακής γείωσης με πρόσθετα ηλεκτρόδια, τα οποία θα εγκατασταθούν εκτός της θεμελίωσης. Επίσης έχει ληφθεί υπ' όψη ότι η διαθέσιμη επιφάνεια για την εγκατάσταση των ηλεκτροδίων είναι περιορισμένη και ενδέχεται να υπάρξει ανάγκη εγκατάστασης των πρόσθετων ηλεκτροδίων σε διάφορες θέσεις, περιμετρικά του κτιρίου.



Μέθοδος WENNER

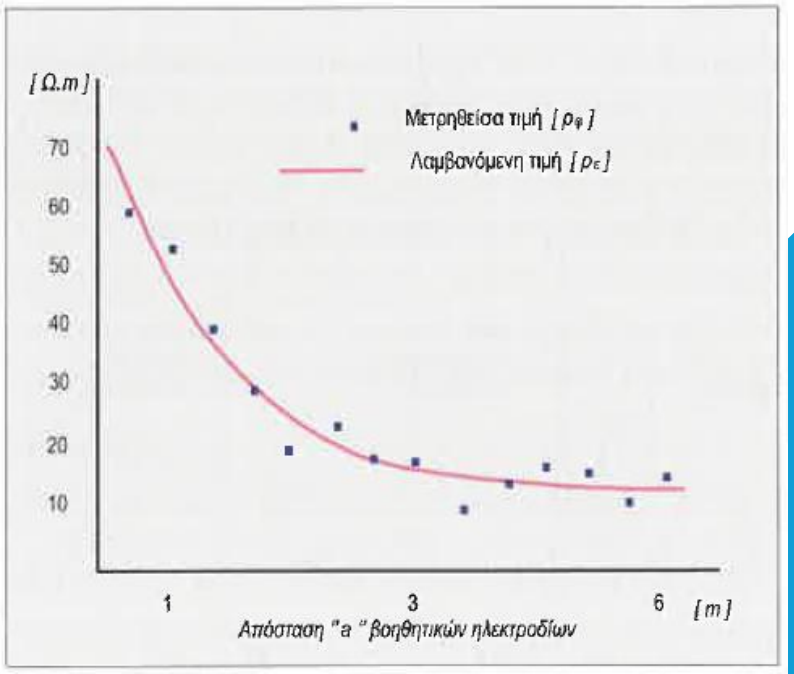
Είναι η συνηθέστερη μέθοδος που εφαρμόζεται και γίνεται με τέσσερα βοηθητικά ηλεκτρόδια, δύο ρεύματος C_1, C_1', και δύο τάσης P_1 και P_1'. Τα ηλεκτρόδια P_1 και P_1' περικλείονται από τα C_1, C_1' και τα σημεία έμπηξης τους στο έδαφος συμπίπτουν σε ευθεία και απέχουν μεταξύ τους ίση απόσταση "a". Το βάθος έμπηξής τους στο έδαφος δεν πρέπει να είναι μικρότερο του 1/20 της απόστασης "a" και δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 30cm. Τα ηλεκτρόδια C_1, C_1' συνδέονται στους ακροδέκτες ρεύματος του οργάνου και τα P_1 και P_1' στους ακροδέκτες τάσης.

Ιδιαίτερη προσοχή απαραίτητα λαμβάνεται ώστε έμπηξη των βοηθητικών ηλεκτροδίων να μη συμπέσει στην ίδια ευθεία με υπόγειους μεταλλικούς σωλήνες ή καλώδια, καθώς οι εγκαταστάσεις αυτές θα επηρεάσουν τη μέτρηση και θα δώσουν λάθος αποτέλεσμα.

Η "φαινόμενη ειδική αντίσταση" $[\rho_\varphi]$ προκύπτει από τη σχέση:

$$\rho_\varphi = 2 \times \pi \times R \times a$$

όπου $[R]$ η μετρούμενη από το όργανο τιμή αντίστασης.



Πηγή: Θεμελιακή Γείωση, Δ. Κόκκινος, ΕΛΕΜΚΟ.

Κεφάλαιο 5

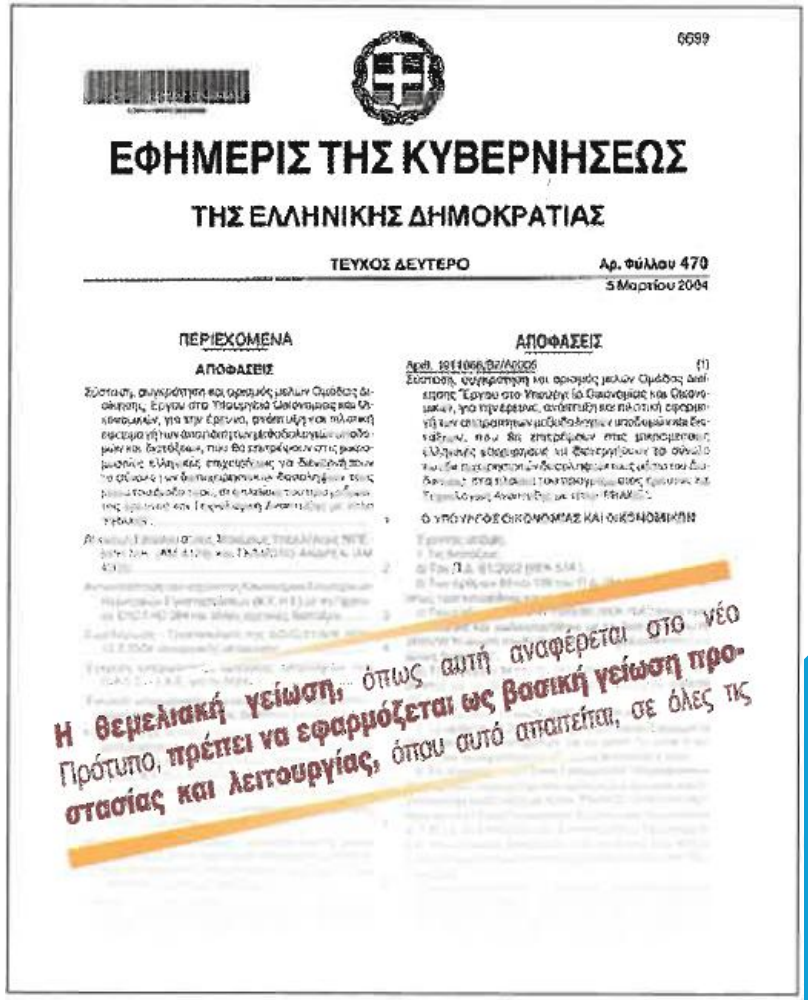
Θεμελιακή γείωση

Υποχρεωτικότητα Θεμελιακής Γείωσης

Με βάση την Υπουργική απόφαση που δημοσιεύτηκε στο δεύτερο τεύχος της Εφημερίδας της Κυβέρνησης, αριθμός φύλλου 470, της 5ης Μαρτίου 2004 και τίθεται σε πλήρη ισχύ από το Μάρτιο του 2006 το Πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384, προβλέπεται η θεμελιακή γείωση ως βασική γείωση προστασίας και λειτουργίας σε όλες τις νέες ανεγειρόμενες οικοδομές.

Η θεμελιακή γείωση, όπως το λέει και η ονομασία της, κατασκευάζεται στα θεμέλια του κτιρίου και κυρίως στις περιμετρικές πεδιλοδοκούς. Για το λόγο αυτό ο σχεδιασμός της πρέπει να γίνεται στη φάση μελέτης του και πριν αρχίσουν οι οικοδομικές εργασίες, ενώ κατασκευάζεται παράλληλα με αυτές.

Συνηθέστερα το ηλεκτρόδιο της θεμελιακής γείωσης είναι αγωγός ορθογωνικής διατομής (ταινία) χαλύβδινος, θερμά επιψευδαργυρωμένος ή χαλκός, ελάχιστων διαστάσεων 30x3mm και 30x2mm, αντίστοιχα.



6699

ΕΦΗΜΕΡΙΣ ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ

ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ

ΤΕΥΧΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ — Αρ. Φύλλου 470 — 5 Μαρτίου 2004

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΑΠΟΦΑΣΕΙΣ

ΑΠΟΦΑΣΕΙΣ

Η θεμελιακή γείωση, όπως αυτή αναφέρεται στο νέο Πρότυπο, πρέπει να εφαρμόζεται ως βασική γείωση προστασίας και λειτουργίας, όπου αυτό απαιτείται, σε όλες τις

Υπουργική απόφαση υποχρεωτικής εφαρμογής θεμελιακής γείωσης

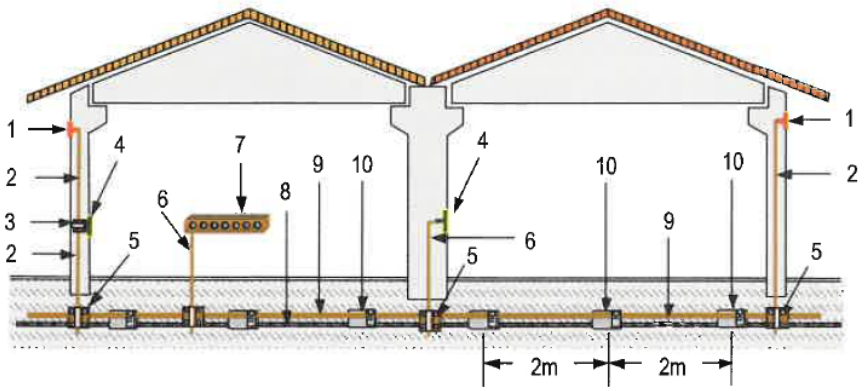
Πηγή: Θεμελιακή Γείωση, Δ. Κόκκινος, ΕΛΕΜΚΟ.

Ιδιότητες Θεμελιακής Γείωσης

Παρά τις αρχικές επιφυλάξεις ως προς τη νέα μορφή γείωσης, η θεμελιακή γείωση έχει όλες τις ιδιότητες μίας ιδανικής γείωσης καθώς συνδέεται ηλεκτρικά με τον οπλισμό του κτιρίου, αποκτώντας τιμή αντίστασης σχεδόν πάντοτε μικρότερη από την τιμή οποιουδήποτε άλλου τύπου γείωσης.

Η ύπαρξη και η συνεχής λειτουργία της θεμελιακής γείωσης είναι εγγυημένη όσο και η ύπαρξη του κτιρίου, παρουσιάζοντας παράλληλα τα εξής πλεονεκτήματα:

- Έχει σχεδόν πάντοτε ***χαμηλή τιμή αντίστασης,*** μικρότερη έναντι οποιουδήποτε άλλου τύπου γείωσης, γιατί, καθώς συνδέεται ηλεκτρικά με τον οπλισμό του κτιρίου, προστίθεται στο όλο μήκος της το συνολικό μήκος του οπλισμού και διότι εγκαθίσταται σε σχετικά μεγάλο βάθος, όπου η συγκέντρωση υγρασίας στο υπέδαφος είναι μεγαλύτερη αποκτώντας έτσι όλες τις ιδιότητες μίας ιδανικής γείωσης.
- Παρουσιάζει ***σταθερή τιμή αντίστασης*** καθ' όλη τη διάρκεια του έτους διότι λόγω του βάθους που εγκαθίσταται, η συγκέντρωση υγρασίας του υπεδάφους στις διάφορες εποχές του έτους είναι σχεδόν σταθερή.
- Ο εγκιβωτισμός της μέσα στο παχύ σκυρόδεμα της θεμελίωσης της παρέχει ***πλήρη μηχανική προστασία*** από εκσκαφές συνεργείων ΟΤΕ, ΔΕΗ, ΔΕΠΑ, κηπουρικές εργασίες κλπ. και λόγω της αλκαλικής υφής του σκυροδέματος, μακροχρόνια ***αντοχή σε διάβρωση*** όσο και εκείνη του οπλισμού του κτιρίου.
- Λόγω της μικρής αντίστασης που έχει και λόγω του βάθους που βρίσκεται, οι τυχόν ***βηματικές τάσεις*** που αναπτύσσονται εκτός του κτιρίου είναι συνήθως σε τιμές μικρότερες από τις μέγιστες αποδεκτές, χωρίς την ανάγκη λήψης πρόσθετων μέτρων που απαιτούν οι άλλες μορφές γειώσεων, ενώ στο εσωτερικό η εξάλειψή τους είναι πλήρης, λόγω της διασύνδεσής της με τον οπλισμό.



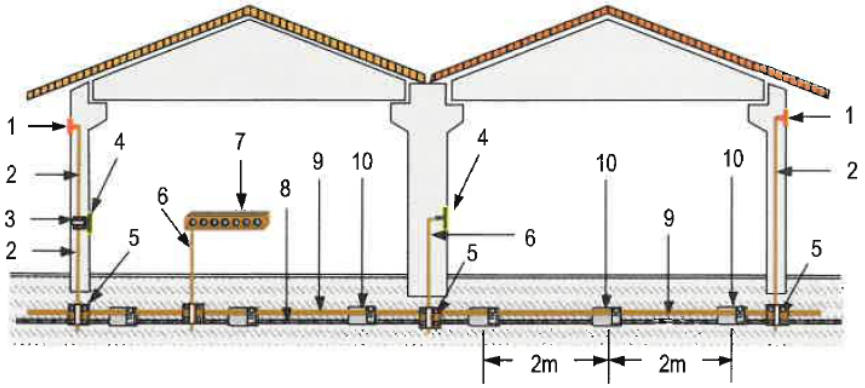
Α/Α	Περιγραφή
1	Ακροδέκτης καθόδου για μελλοντική κατασκευή συλλεκτήριου ΣΑΠ
2	Κάθοδος ΣΑΠ
3	Σφιγκτήρας χάλκινος ή χαλύβδινος
4	Ακροδέκτης γείωσης για πρόβλεψη ΚΙΣ ή ΣΙΣ
5	Σφιγκτήρας σύνδεσης θεμελιακής γείωσης και αγωγού γείωσης
6	Αγωγός γείωσης χάλκινος ή χαλύβδινος
7	Ζυγός γείωσης
8	Οπλισμός θεμελίωσης
9	Ηλεκτρόδιο γείωσης χάλκινο ή χαλύβδινο με μορφή ταινίας
10	Σφιγκτήρας στερέωσης και ηλεκτρικής σύνδεσης ηλεκτροδίου - οπλισμού

Σχηματική απεικόνιση θεμελιακής γείωσης ηλεκτρικής εγκατάστασης με πρόβλεψη για ισοδυναμικές συνδέσεις και αντικεραυνική προστασία.

Πηγή: Θεμελιακή Γείωση, Δ. Κόκκινος, ΕΛΕΜΚΟ.

Ιδιότητες Θεμελιακής Γείωσης

- Η έκτασή της στη θεμελίωση του κτιρίου περιμετρικά και εγκάρσια, καθιστούν την ***προστασία από τάσεις επαφής*** εύκολη υπόθεση καθώς οι δημιουργούμενες ισοδυναμικές επιφάνειες δεν επιτρέπουν την ανάπτυξη επικίνδυνων τάσεων σε μηχανήματα και μεταλλικές εγκαταστάσεις που βρίσκονται στους χώρους αυτούς.
- Είναι εύκολη η πρόβλεψη αναμονών για την πραγματοποίηση των ***ισοδυναμικών συνδέσεων*** των μεταλλικών μερών και στοιχείων του κτιρίου σε οποιαδήποτε θέση και αν βρίσκονται όπως π.χ. είσοδοι κοινωφελών δικτύων, μηχανοστασίων, οδηγών ανελκυστήρων, λουτρών, κέντρων ΣΕΠ, ειδικών νοσοκομειακών χώρων κλπ. (βλ. Εικόνα 7).
- Παρουσιάζει ***ευελιξία*** έναντι άλλων τύπων γειώσεων καθώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί παράλληλα και για γείωση Συστήματος Αντικεραυνικής Προστασίας (ΣΑΠ) μειώνοντας σημαντικά το κόστος της σε μελλοντική εγκατάστασή της. Έχοντας μόνο προβλέψει την εγκατάσταση του συστήματος καθόδων μέσα στα υποστυλώματα είναι δυνατή η μελλοντική ολοκλήρωσή του με την εγκατάσταση μόνο του συλλεκτήριου συστήματος (βλ. Εικόνα 7).
- Το ***κόστος*** της είναι χαμηλότερο από εκείνο άλλων τύπων γειώσεων που παρέχουν το ίδιο με τη θεμελιακή γείωση αποτέλεσμα, χωρίς να ληφθεί υπ' όψη η παράμετρος της διαχρονικότητάς της. Για την εγκατάστασή της δεν απαιτείται ιδιαίτερος χώρος ούτε επί πλέον χωματουργικές εργασίες, όπως οι άλλοι τύποι γειώσεων.
- Με πρόβλεψη αναμονών στη στάθμη του περιβάλλοντος χώρου είναι δυνατή η σύνδεσή της με πρόσθετα ηλεκτρόδια γείωσης εφ' όσον καταστεί αναγκαία η βελτίωσή της.



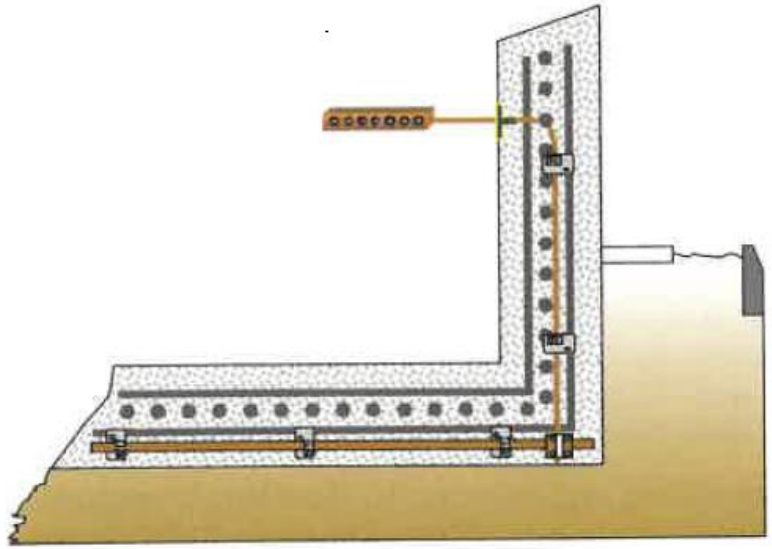
Α/Α	Περιγραφή
1	Ακροδέκτης καθόδου για μελλοντική κατασκευή συλλεκτήριου ΣΑΠ
2	Κάθοδος ΣΑΠ
3	Σφιγκτήρας χάλκινος ή χαλύβδινος
4	Ακροδέκτης γείωσης για πρόβλεψη ΚΙΣ ή ΣΙΣ
5	Σφιγκτήρας σύνδεσης θεμελιακής γείωσης και αγωγού γείωσης
6	Αγωγός γείωσης χάλκινος ή χαλύβδινος
7	Ζυγός γείωσης
8	Οπλισμός θεμελίωσης
9	Ηλεκτρόδιο γείωσης χάλκινο ή χαλύβδινο με μορφή ταινίας
10	Σφιγκτήρας στερέωσης και ηλεκτρικής σύνδεσης ηλεκτροδίου - οπλισμού

Σχηματική απεικόνιση θεμελιακής γείωσης ηλεκτρικής εγκατάστασης με πρόβλεψη για ισοδυναμικές συνδέσεις και αντικεραυνική προστασία.

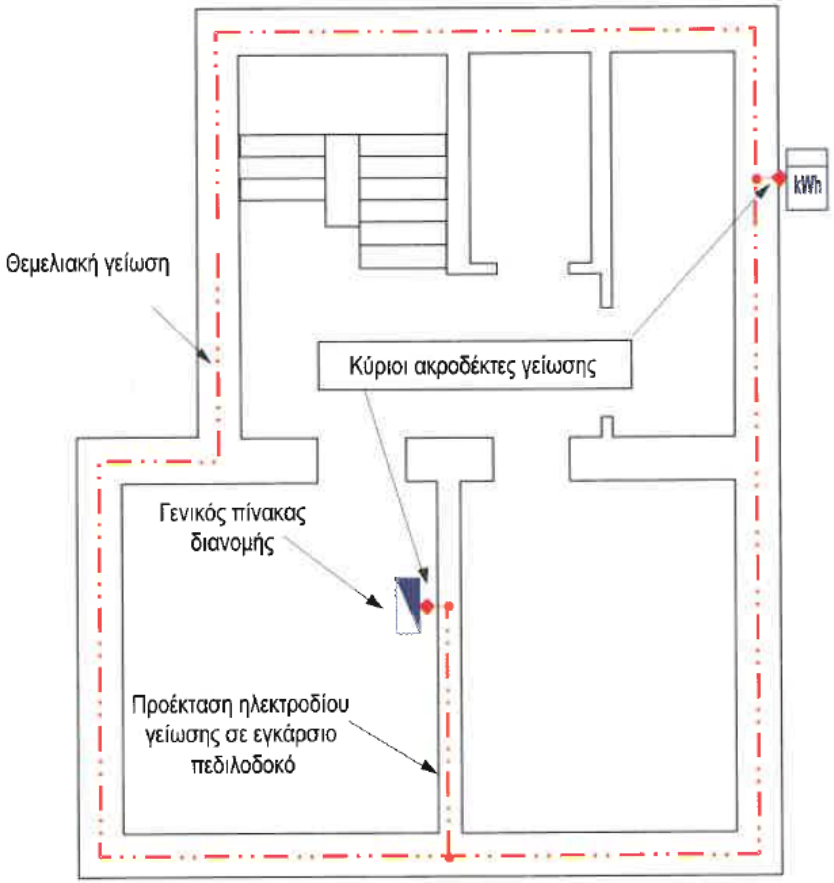
Πηγή: Θεμελιακή Γείωση, Δ. Κόκκινος, ΕΛΕΜΚΟ.

Σχεδιασμός θεμελιακής γείωσης

Η θέση και η γεωμετρία που σχηματίζουν οι περιμετρικοί πεδιλοδοκοί του κτίσματος αποτελούν καθοριστικό στοιχείο της όδευσης και εγκιβωτισμού του ηλεκτροδίου, καθώς δίνουν τη δυνατότητα σχηματισμού κλειστού δακτυλίου που απαιτείται για την κατασκευή της. Οι περιμετρικές πεδιλοδοκοί θα πρέπει μετά τη διαμόρφωση του περιβάλλοντος χώρου να είναι θαμμένες πλήρως μέσα στο έδαφος αποκτώντας έτσι άμεση επαφή με τη γη (βλ. Εικόνα 8).



Εικόνα 8. Θεμελιακή γείωση σε άμεση επαφή με το έδαφος

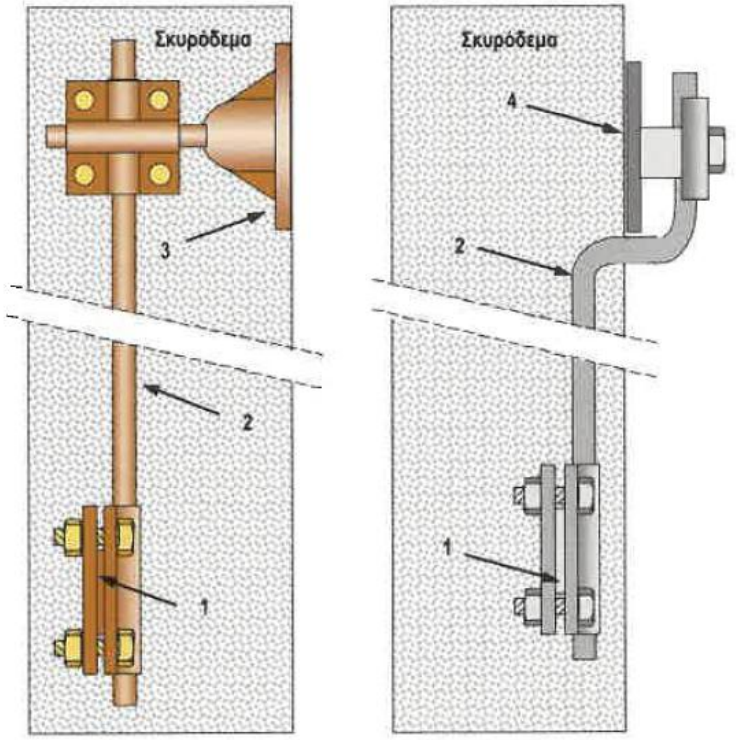


Εικόνα 9. Προέκταση ηλεκτροδίου γείωσης σε εγκάρσια πεδιλοδοκό

Πηγή: Θεμελιακή Γείωση, Δ. Κόκκινος, ΕΛΕΜΚΟ.

Σχεδιασμός θεμελιακής γείωσης

- Ακροδέκτες γείωσης ή ζυγοί γείωσης τοποθετούνται κοντά στον μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας και τον γενικό πίνακα διανομής
- Η σύνδεση των παραπάνω με τη θεμελιακή γίνεται μέσω του αγωγού γείωσης
- Οι ακροδέκτες γείωσης είναι ανθεκτικοί κατά το στάδιο της κατασκευής
- Ο μηχανικός που θα εκπονήσει τη μελέτη ΗΜ να έχει ορίσει τις παραπάνω θέσεις κατά τη φάση της θεμελίωσης

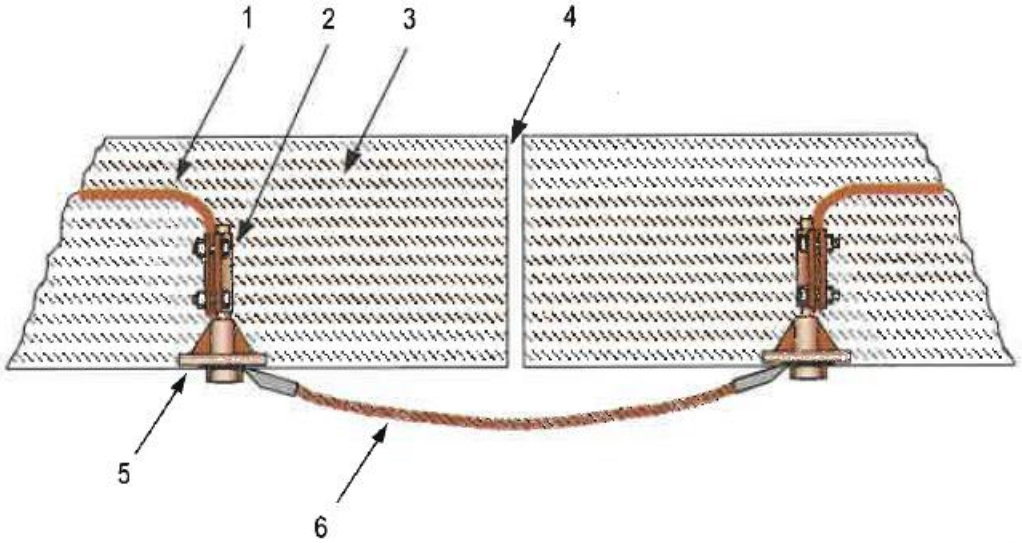


Α/Α	Περιγραφή	Α/Α	Περιγραφή
1	Ηλεκτρόδιο γείωσης	3	Ακροδέκτης γείωσης
2	Αγωγός γείωσης	4	Ζυγός γείωσης

Πηγή: Θεμελιακή Γείωση, Δ. Κόκκινος, ΕΛΕΜΚΟ.

Αρμοί διαστολής

Στις θέσεις της θεμελίωσης που υπάρχουν αρμοί διαστολής, η συνέχεια του ηλεκτροδίου γείωσης θα πρέπει να διακόπτεται και να αποκαθίσταται εκτός του σκυροδέματος στο εσωτερικού του κτιρίου σε ορατή και επισκέψιμη θέση, με εύκαμπτο αγωγό ισοδύναμης διατομής του ηλεκτροδίου που θα συνδέεται στους δύο ακροδέκτες γείωσης εκατέρωθεν του αρμού, όπου θα έχουν προβλεφτεί, όπως φαίνεται στην Εικόνα 11.



Α/Α	Περιγραφή	Α/Α	Περιγραφή
1	Ηλεκτρόδιο γείωσης	4	Αρμός διαστολής
2	Σφιγκτήρας	5	Ακροδέκτης γείωσης
3	Σκυρόδεμα	6	Εύκαμπτος αγωγός

Εικόνα 11. Αποκατάσταση συνέχειας ηλεκτροδίου θεμελιακής γείωσης σε αρμό διαστολής

Πηγή: Θεμελιακή Γείωση, Δ. Κόκκινος, ΕΛΕΜΚΟ.

Συνδυασμός Θεμελιακής με άλλες Γειώσεις

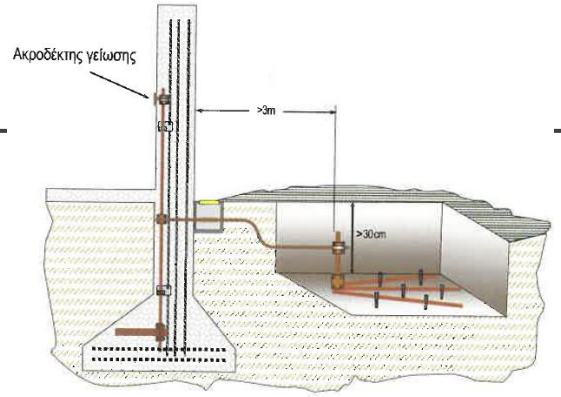
Παρά το γεγονός ότι η θεμελιακή γείωση έχει όλες τις προϋποθέσεις για την επίτευξη χαμηλής τιμής, αυτό δεν είναι πάντοτε δυνατό και ειδικά στις περιπτώσεις που το μέγεθος του κτιρίου στο οποίο θα κατασκευαστεί είναι περιορισμένων διαστάσεων και το υπέδαφος έχει μεγάλη ειδική αντίσταση, όπως ο ασβεστόλιθος, δηλαδή το μάρμαρο, που στη χώρα μας είναι το πλέον σύνηθες υπέδαφος[7].

Για το λόγο αυτό κατά το σχεδιασμό της όδευσης του ηλεκτροδίου γείωσης θα πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψη η απαιτούμενη τιμή αντίστασης γείωσης, ώστε εάν είναι ανάγκη να προβλεφθούν αναμονές για να γίνει δυνατή η σύνδεσή της με πρόσθετα ηλεκτρόδια που θα εγκατασταθούν στο φυσικό έδαφος.

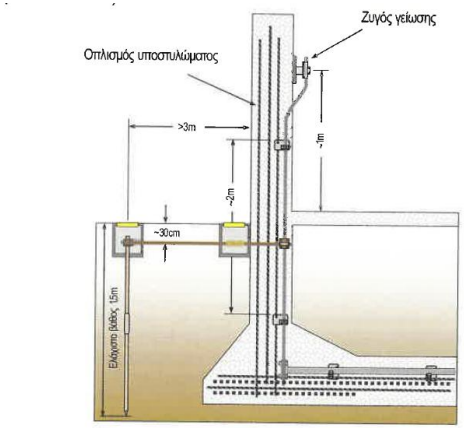
Εάν η εγκατάσταση των πρόσθετων ηλεκτροδίων αφορά την ικανοποίηση απαιτήσεων μόνο της γείωσης της ηλεκτρικής εγκατάστασης, συνιστάται τα ηλεκτρόδια να εγκατασταθούν πλησίον του γενικού πίνακα διανομής.

Τα πρόσθετα ηλεκτρόδια μπορούν να είναι οποιασδήποτε μορφής όπως ακτινικών οριζόντιων αγωγών (Εικόνα 15), ράβδων (Εικόνα 16), γειωτή "E"™ (Εικόνα 17) κλπ. Συνιστάται η τοποθέτηση των πρόσθετων ηλεκτροδίων να γίνεται σε απόσταση τουλάχιστον 3m από την περίμετρο του κτιρίου, ώστε να μην υπάρχει αλληλοεπικάλυψη των περιοχών επιρροής θεμελιακής γείωσης και πρόσθετου ηλεκτροδίου γείωσης.

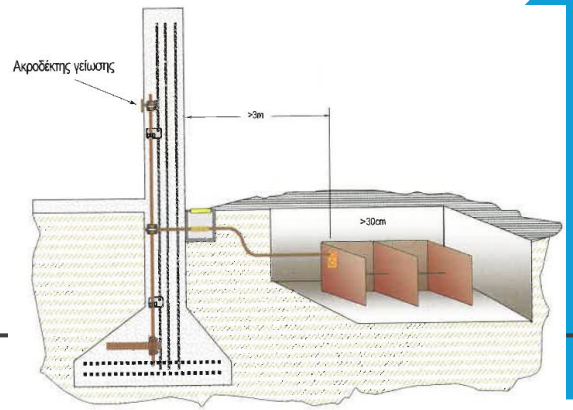
[7] *Ακόμη και σε αυτή την περίπτωση με τη θεμελιακή θα έχουμε καλύτερα αποτελέσματα από οποιονδήποτε άλλο τύπο γείωσης.*



Εικόνα 15. Ακτινικό Ηλεκτρόδιο



Εικόνα 16. Σύνδεση κατακόρυφου ηλεκτροδίου με θεμελιακή γείωση



Εικόνα 17. Γειωτής "E"™

Πηγή: Θεμελιακή Γείωση, Δ. Κόκκινος, ΕΛΕΜΚΟ.

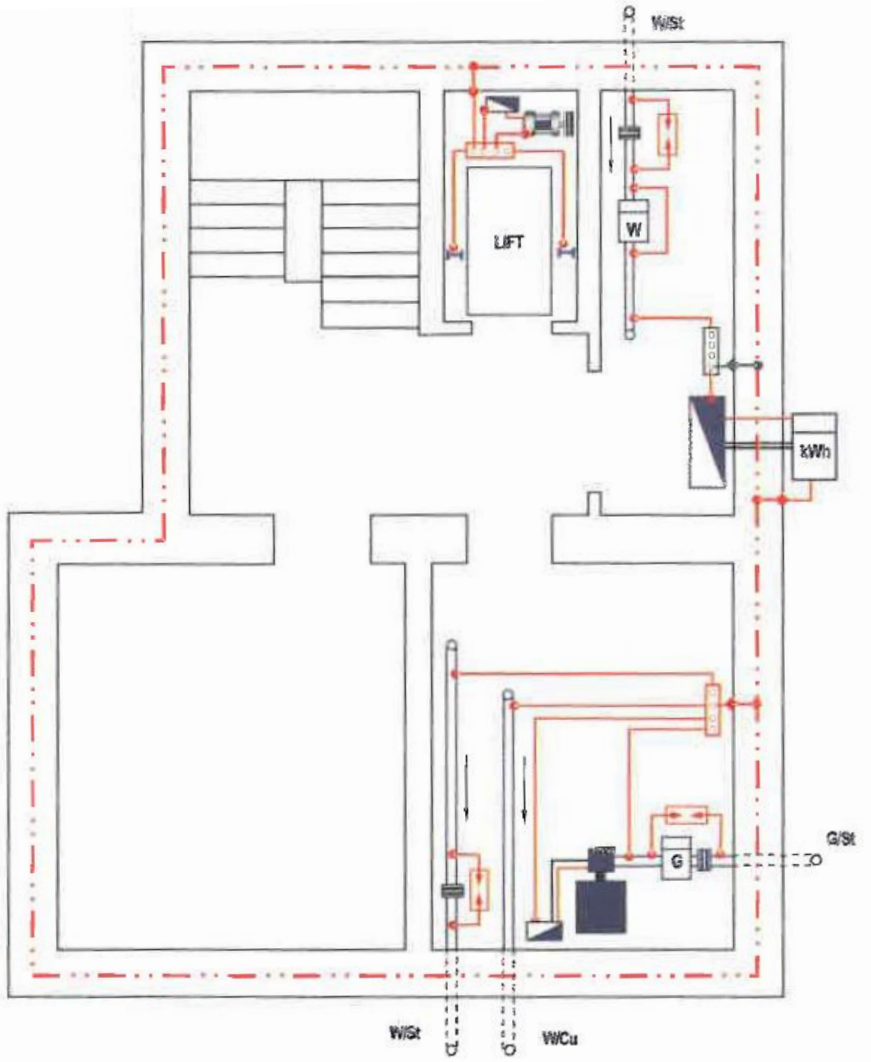
Κύρια Ισοδυναμική σύνδεση

- **Ακροδέκτες γείωσης** κατασκευάζονται σε επιλεγμένα σημεία (κοντά σε μεταλλικούς αγωγούς, πίνακα, μετρητή) επί της περιμέτρου του κτηρίου, και συνδέονται με την θεμελιακή γείωση

- Επίσης, οι ακροδέκτες συνδέονται με **ζυγούς γείωσης**, οι οποίοι συνδέουν όλα τα αγώγιμα μέρη του κτηρίου

- Συγκεκριμένα συνδέουν:
  - Σωλήνες ύδρευσης/άδρευσης
  - Σωλήνες φυσικού αερίου
  - Λεβητοστάσιο
  - Μηχανοστάσια
  - Αντλιοστάσια κ.α.

Σύμβολο	Περιγραφή
	Θεμελιακή γείωση
	Κύριος ζυγός γείωσης
	Κύριος ακροδέκτης γείωσης
	Ηλεκτρικός πίνακας
	Σπινθηριστής
	Ισοδυναμική σύνδεση
	Ηλεκτρική παροχή
	Μονωτική φλάντζα
	Ορατός σωλήνας
	Θαμμένος σωλήνας
	Ζυγός γείωσης
	Ακροδέκτης γείωσης
	Οδηγός ανελκυστήρα
	Μετρητής



ΚΙΣ εισερχομένων δικτύων κοινής ωφέλειας και ξένων αγώγιμων στοιχείων σε διαφορετικές θέσεις σε κτίριο με θεμελιακή γείωση

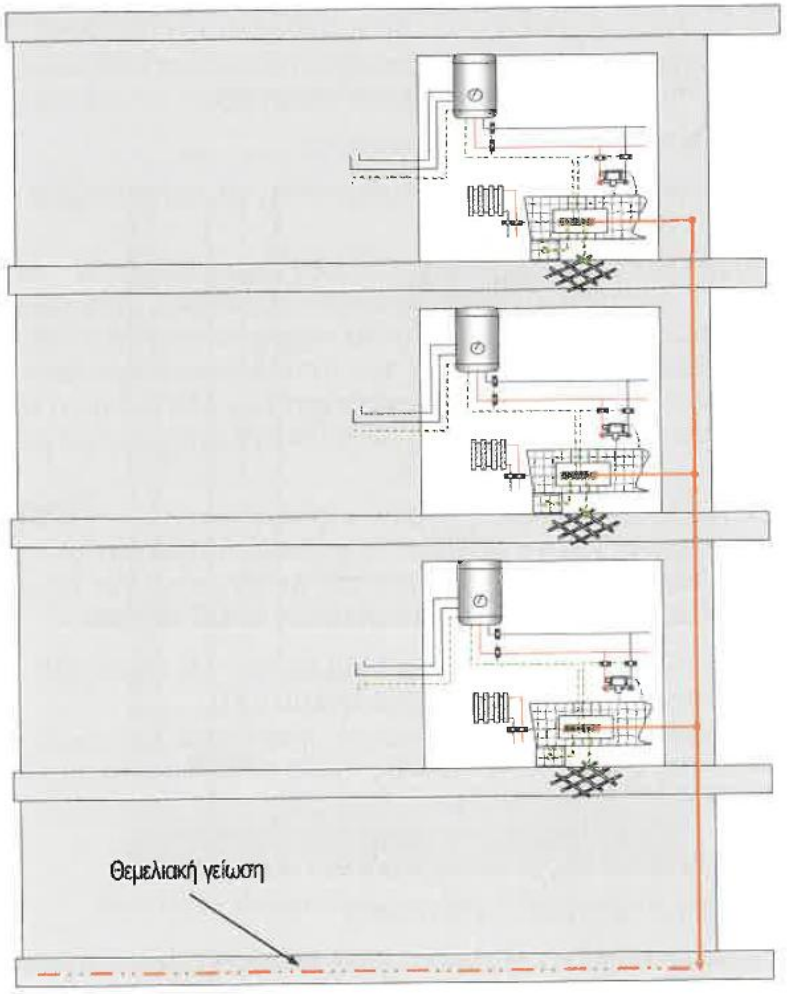
Πηγή: Θεμελιακή Γείωση, Δ. Κόκκινος, ΕΛΕΜΚΟ.

Συμπληρωματική Ισοδυναμική σύνδεση

- **Συμπληρωματική Ισοδυναμική** σύνδεση εφαρμόζεται σε ειδικούς χώρους όπως λουτρά, πισίνες κτλ.

- **Συμπληρωματικοί ισοδυναμικοί ζυγοί** συνδέονται με τον **οπλισμό του δαπέδου** και τη **θεμελιακή γείωση** κατά το στάδιο της κατασκευής.

- Οι συμπληρωματικοί ισοδυναμικοί ζυγοί συνδέουν όλα τα αγώγιμα μέρη των ειδικών χώρων π.χ. θερμοσίφωνας, λουτήρας, δίκτυο θέρμανσης, μπανιέρα κ.α.



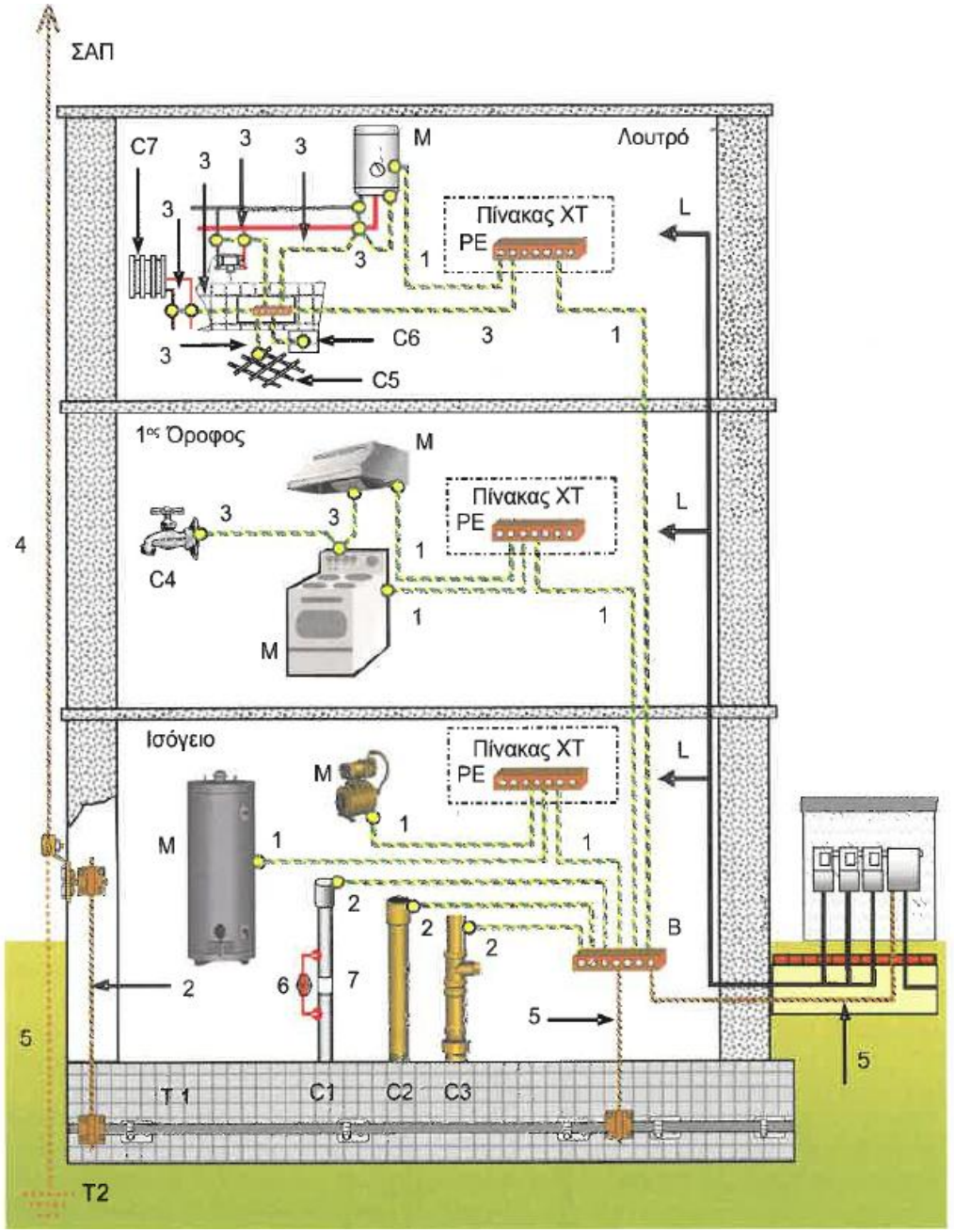
ΣΙΣ λουτρών πολυώροφου κτιρίου

Πηγή: Θεμελιακή Γείωση, Δ. Κόκκινος, ΕΛΕΜΚΟ.

Εξαρτήματα θεμελιακής γείωσης

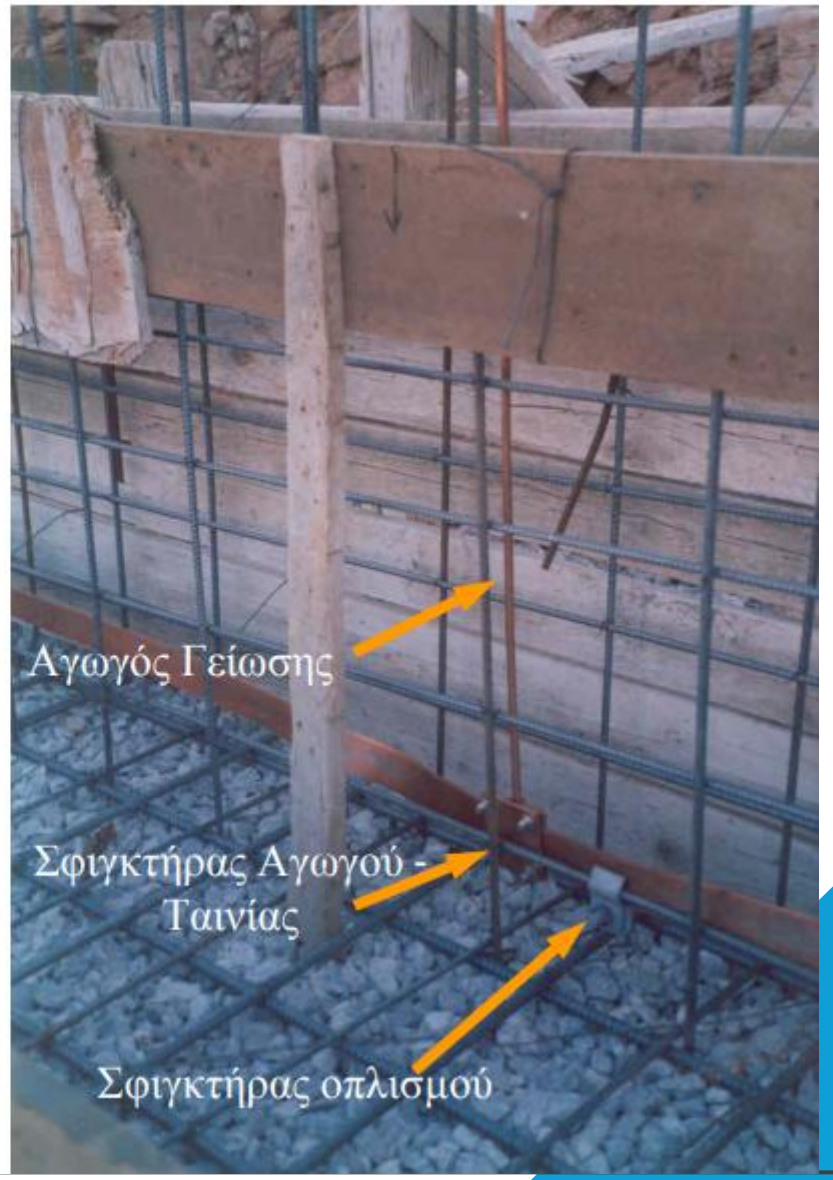
Πηγή: Θεμελιακή Γείωση, Δ. Κόκκινος, ΕΛΕΜΚΟ.

Α/Α.	Περιγραφή	Α/Α	Περιγραφή
M	Εκτεθειμένα αγώγιμα μέρη (Αγώγιμα μέρη ηλεκτρικών συσκευών τα οποία υπό κανονικές συνθήκες δεν είναι ενεργά, αλλά μπορεί να γίνουν ενεργά όταν η μόνωσή τους αστοχήσει)	C	Ξένα αγώγιμα στοιχεία (Αγώγιμα μέρη που δεν αποτελούν μέρος ηλεκτρικής εγκατάστασης, αλλά μπορούν να μεταφέρουν ένα δυναμικό, συνήθως της γης, βλ. C1 έως C7)
C1	Παροχή φυσικού αερίου	ΣΑΠ	Σύστημα Αντικεραυνικής Προστασίας
C2	Παροχή νερού	PE	Ζυγός πίνακα σύνδεσης αγωγών προστασίας [PE]
C3	Μεταλλική αποχέτευση		
C4	Εσωτερικό δίκτυο ύδρευσης	1	Αγωγός προστασίας [PE]
C5	Οπλισμός δαπέδου λουτρού	2	Αγωγός κύριων ισοδυναμικών συνδέσεων
C6	Μεταλλικός λουτήρας	3	Αγωγός συμπληρωματικών ισοδυναμικών συνδέσεων
C7	Σώμα θέρμανσης	4	Αγωγός καθόδου ΣΑΠ
B	Κύριος ζυγός γείωσης	5	Αγωγός γείωσης
T1	Θεμελιακή γείωση	6	Σπινθηριστής, βλ. ΕΛΕΜΚΟ 6601101
T2	Γείωση ΣΑΠ. Πρόσθετο μήκος ηλεκτροδίου αν απαιτείται	7	Μονωτική φλάντζα



Εξαρτήματα θεμελιακής γείωσης - Ηλεκτρόδια





Πηγή: Θεμελιακή Γείωση, Δ. Κόκκινος, ΕΛΕΜΚΟ.

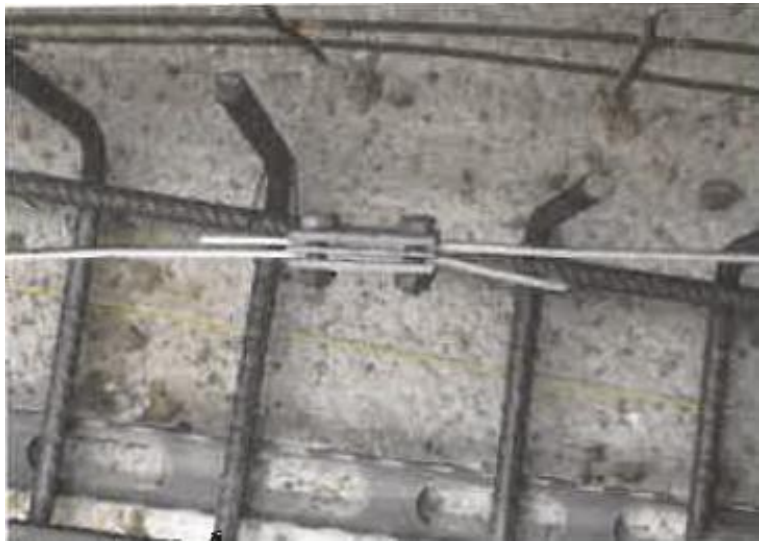
Πηγή: Θεμελιακή Γείωση, Δ. Κόκκινος, ΕΛΕΜΚΟ.

Εξαρτήματα θεμελιακής γείωσης - Ηλεκτρόδια

Το ηλεκτρόδιο της θεμελιακής γείωσης αποτελείται από γυμνούς αγωγούς οι οποίοι πρέπει να είναι ικανοί να άγουν το ηλεκτρικό ρεύμα σφάλματος της εγκατάστασης. Ακόμη να είναι κατασκευασμένο από κατάλληλο υλικό αντοχής σε διάβρωση καθώς επίσης να έχει ικανές μηχανικές ιδιότητες.

Το ηλεκτρόδιο θα πρέπει να έχει όσο το δυνατό λιγότερες ενώσεις και γι' αυτό είναι ανάγκη να αποτελείται από όσο το δυνατό μεγαλύτερα ενιαία μήκη, συνήθως 40m έως 50m. Όπου δε απαιτείται η επιμήκυνσή του, η ένωση των δύο διαδοχικών τμημάτων του πρέπει να γίνεται με κατάλληλους σφιγκτήρες - συνδέσμους του ιδίου υλικού με το ηλεκτρόδιο (και όχι με συγκόλληση), ώστε να μην αλλοιώνουν τις ιδιότητες του ηλεκτροδίου. Για παράδειγμα η σύνδεση δύο τμημάτων με άνοιγμα οπών και η χρησιμοποίηση βιδών μειώνουν τη διατομή του ηλεκτροδίου, αυξάνουν τον κίνδυνο διάβρωσής του, ενώ η ποιότητα της ηλεκτρικής σύνδεσης είναι τελείως τυχαία.

Όπως αναφέρει και ο Πίνακας 2, το ηλεκτρόδιο μπορεί να είναι και στρογγυλός αγωγός αλλά δεν συνηθίζεται διότι "δουλεύεται" δυσκολότερα από την ταινία και συγκριτικά έχει μικρότερη επιφάνεια επαφής με το σκυρόδεμα. Έτσι, κάτω από ορισμένες συνθήκες, μπορεί να επηρεάσει αρνητικά το τελικό αποτέλεσμα.





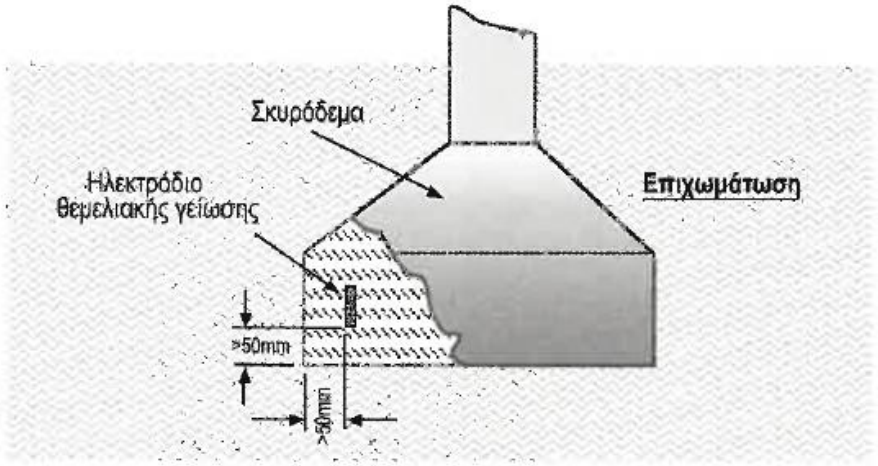
Πίνακας 2. Ελάχιστες διαστάσεις ηλεκτροδίου θεμελιακής γείωσης εγκιβωτισμένου σε σκυρόδεμα, για εγκαταστάσεις χαμηλής τάσης κατά το ΕΛΟΤ HD 60364-5-54 και αντικεραυνικής προστασίας, κατά το ΕΛΟΤ ΕΝ 62305-3

Υλικό	Μορφή	Διατομή	Σημειώσεις	Πρότυπο
Χαλκός	Ταινία	50mm²	2mm πάχους	ΕΛΟΤ ΕΝ 50164-2
	Στρογγυλός	50mm² (5)	8mm διαμέτρου	
Χαλκός επικασσιτερωμένος	Ταινία	50mm²	2mm πάχους	
	Στρογγυλός	50mm² (5)	8mm διαμέτρου	
Χάλυβας (1) (2)	Ταινία	90mm²	3mm πάχους	ΕΛΟΤ ΕΝ 50164-2
	Στρογγυλός	78mm²	10mm διαμέτρου	
Χάλυβας επιχαλκωμένος(3)	Στρογγυλός	Ø8mm		
Ανοξείδωτος χάλυβας	Ταινία	100mm²	3mm πάχους	ΕΛΟΤ ΕΝ 50164-2
	Ταινία	100mm²	3mm πάχους	
	Στρογγυλός	78mm²	10mm διαμέτρου	

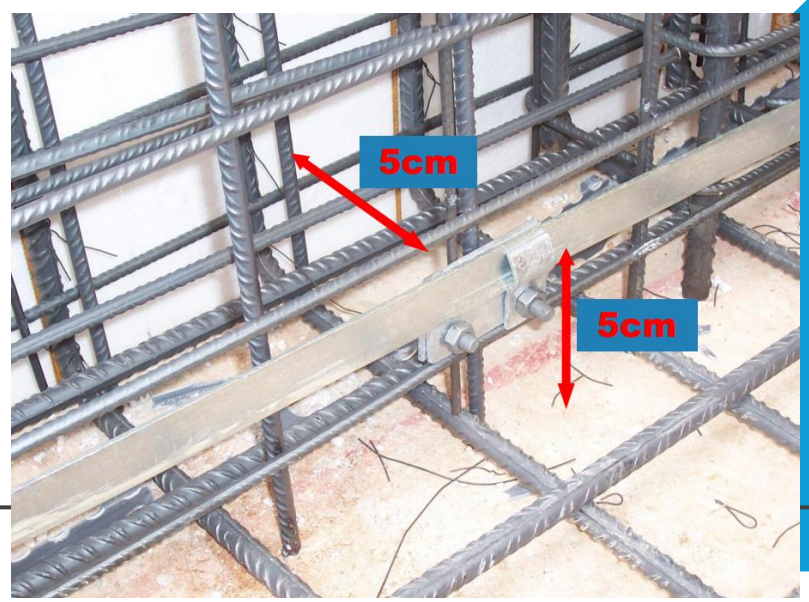
Εξαρτήματα θεμελιακής γείωσης - Ηλεκτρόδια

Ειδική προσοχή και επιμέλεια απαιτείται να επιδεικνύεται κατά την τοποθέτηση χαλύβδινου ηλεκτροδίου στη θεμελίωση του κτιρίου διότι ο χάλυβας, γαλβανισμένος ή μαύρος (πχ. οπλισμός), εντός του σκυροδέματος , αποκτά το ίδιο ηλεκτροχημικό δυναμικό με το χαλκό, είτε είναι εγκιβωτισμένος στο σκυρόδεμα ή θαμμένος στο έδαφος.

Για το λόγο αυτό απαραίτητο είναι σε όλο του το μήκος να περιβάλλεται με συμπαγές σκυρόδεμα, πάχους τουλάχιστον 50mm (Εικόνα 11 και Εικόνα 12), ειδάλλως τα τμήματά του, που θα βρίσκονται σε επαφή με το φυσικό έδαφος, θα διαβρωθούν σε ελάχιστο χρόνο και θα διακοπεί η ηλεκτρική του συνέχεια. Το ίδιο αποτέλεσμα θα υπάρξει εάν το πάχος του σκυροδέματος που θα περιβάλλει το ηλεκτρόδιο δεν είναι συμπαγές. Για να μην υπάρξει ο κίνδυνος αυτός θα πρέπει να αυξηθεί το πάχος του σκυροδέματος που το περιβάλλει.



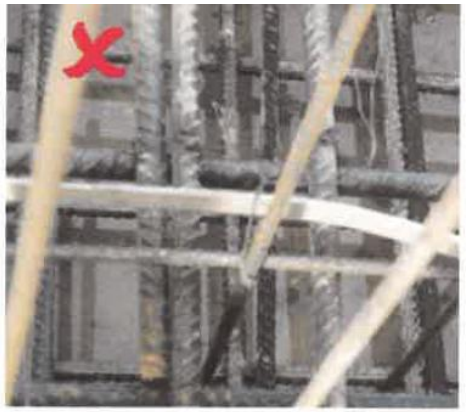
Εικόνα 11. Θέση ηλεκτροδίου θεμελιακής γείωσης στο σκυρόδεμα



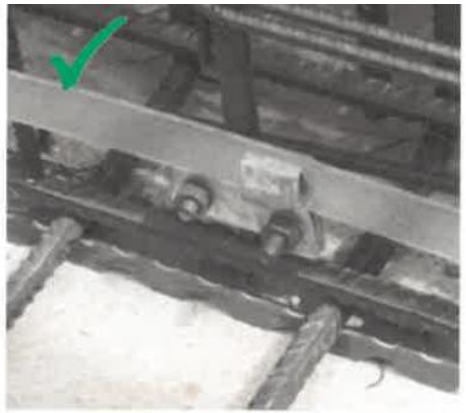
Πηγή: Θεμελιακή Γείωση, Δ. Κόκκινος, ΕΛΕΜΚΟ.

Εξαρτήματα θεμελιακής γείωσης - Ηλεκτρόδια

Πηγή: Θεμελιακή Γείωση, Δ. Κόκκινος, ΕΛΕΜΚΟ.



Εικόνα 13. Επικίνδυνη ηλεκτρική σύνδεση ηλεκτροδίου και οπλισμού



Εικόνα 14. Ασφαλής ηλεκτρική σύνδεση ηλεκτροδίου και οπλισμού

Για τη βέλτιστη απόδοση του ηλεκτροδίου ταινίας της θεμελιακής γείωσης, θα πρέπει κατά τον εγκιβωτισμό της στο σκυρόδεμα να διατηρήσει την κατακορυφότητά της. Επίσης επειδή στη θεμελιακή γείωση, ως ηλεκτρόδιο γείωσης δεν λειτουργεί μόνο το ηλεκτρόδιο αλλά ολόκληρος ο οπλισμός της θεμελίωσης, θα πρέπει να έχει σωστή ηλεκτρική σύνδεση με αυτόν.

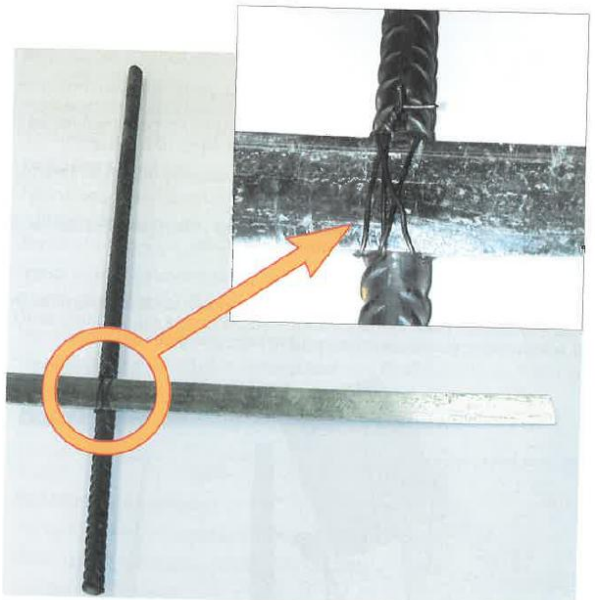
Ο λόγος αυτός επιβάλλει η σύνδεση ηλεκτροδίου γείωσης - οπλισμού να γίνεται με σωστά αποδεκτή ηλεκτρική σύνδεση (βλ. Εικόνα 13 και Εικόνα 14), ώστε το όλο σύστημα, οπλισμός και ηλεκτρόδιο, να λειτουργεί ως ενιαίο σύστημα γείωσης. Κατ' αυτό τον τρόπο δε θα προκληθούν σπινθήρες ή υπερθερμάνσεις στα τυχαία σημεία σύνδεσης - προσέγγισής τους, αλλά ούτε και κίνδυνος για ρήγματα στο σκυρόδεμα[3] (βλ. Εικόνα 15).



Εικόνα 15. Σπάσιμο σκυροδέματος βάσης μονοκατοικίας που προκάλεσε το κεραυνικό ρεύμα λόγω χαλαρής σύνδεσης ηλεκτροδίου γείωσης και οπλισμού

Εξαρτήματα θεμελιακής γείωσης - Ηλεκτρόδια

Πηγή: Θεμελιακή Γείωση, Δ. Κόκκινος, ΕΛΕΜΚΟ.

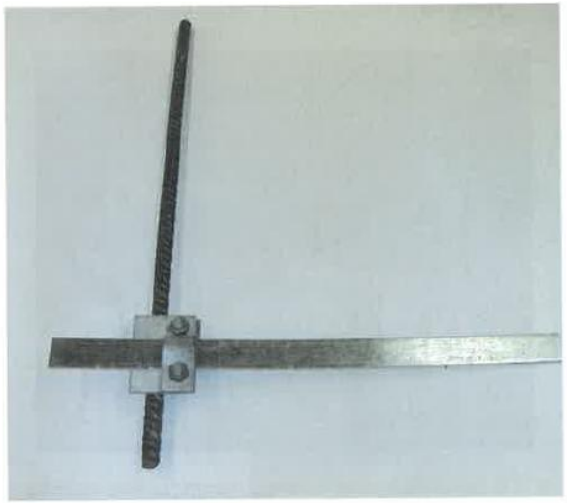


Εικόνα 109. Επιμελημένη σύνδεση δοκιμίου ηλεκτροδίου ταινίας - οπλισμού με σύρμα, (1η φάση)

Κρουστική τάση 30kA, 10/350μs



Εικόνα 113. Μορφή δοκιμίου μετά τη δοκιμή του κεραυνικού ρεύματος, (5η φάση)



Εικόνα 114. Σύνδεση δοκιμίου ηλεκτροδίου ταινίας οπλισμού με σφιγκτήρα

Κρουστική τάση 100kA, 10/350μs



Εξαρτήματα θεμελιακής γείωσης - Ηλεκτρόδια

Πηγή: Θεμελιακή Γείωση, Δ. Κόκκινος, ΕΛΕΜΚΟ.



Εικόνα 167: Ακατάλληλο "ηλεκτρόδιο" και "σφιγκτήρας" γείωσης



Εικόνα 168: Ακατάλληλος "σύνδεσμος" επιμήκυνσης αγωγού γείωσης

Εξαρτήματα θεμελιακής γείωσης - Ηλεκτρόδια



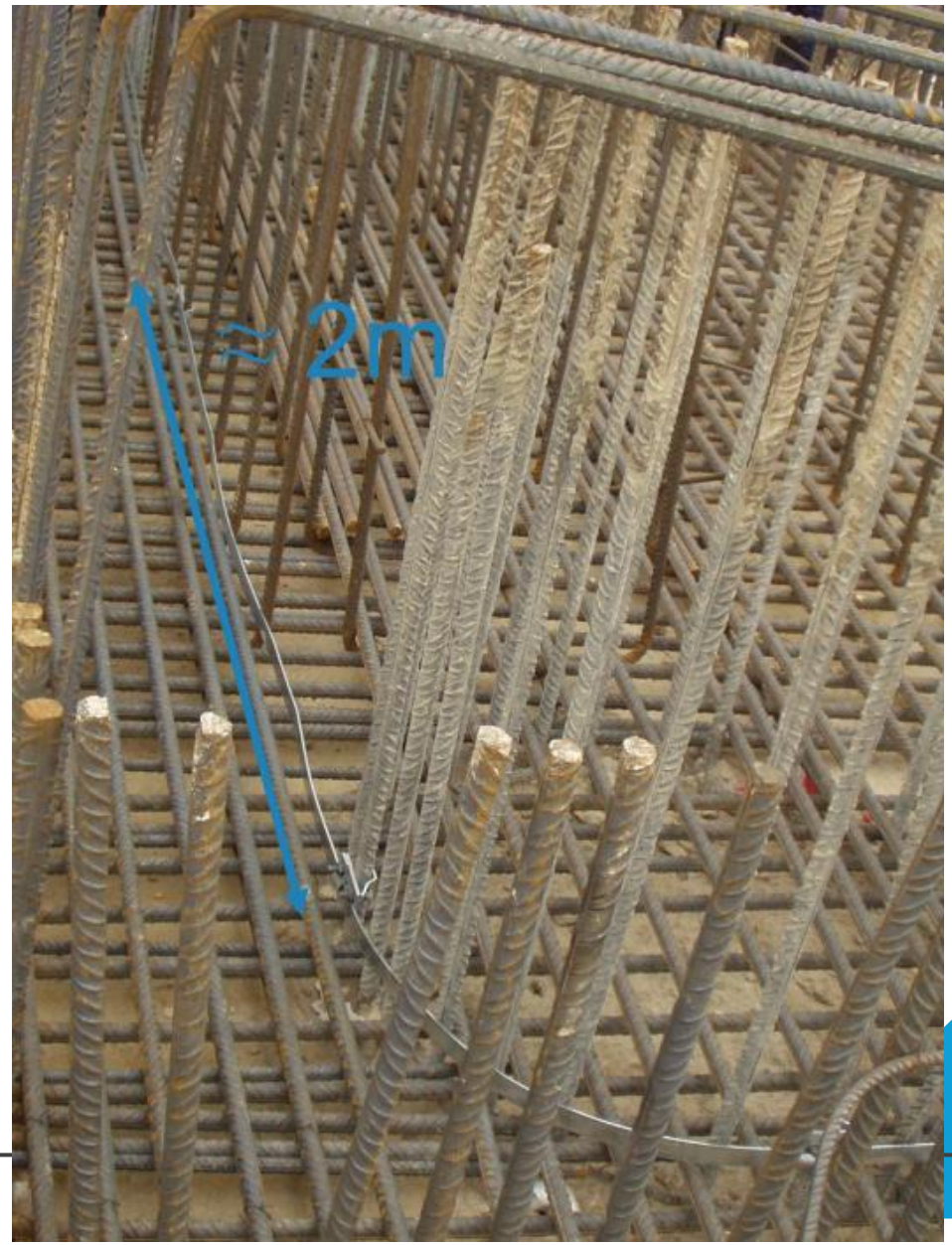
Σύνδεση της ταινίας γείωσης με τον οπλισμό μέσω σφιγκτήρα οπλισμού

Πηγή: Θεμελιακή Γείωση, Δ. Κόκκινος, ΕΛΕΜΚΟ.

Εξαρτήματα θεμελιακής γείωσης - Ηλεκτρόδια

Σύνδεση ταινίας-οπλισμού ανά 2 μέτρα

Σαν γειωτές, λειτουργεί τόσο η ταινία, όσο και ο ίδιος ο οπλισμός



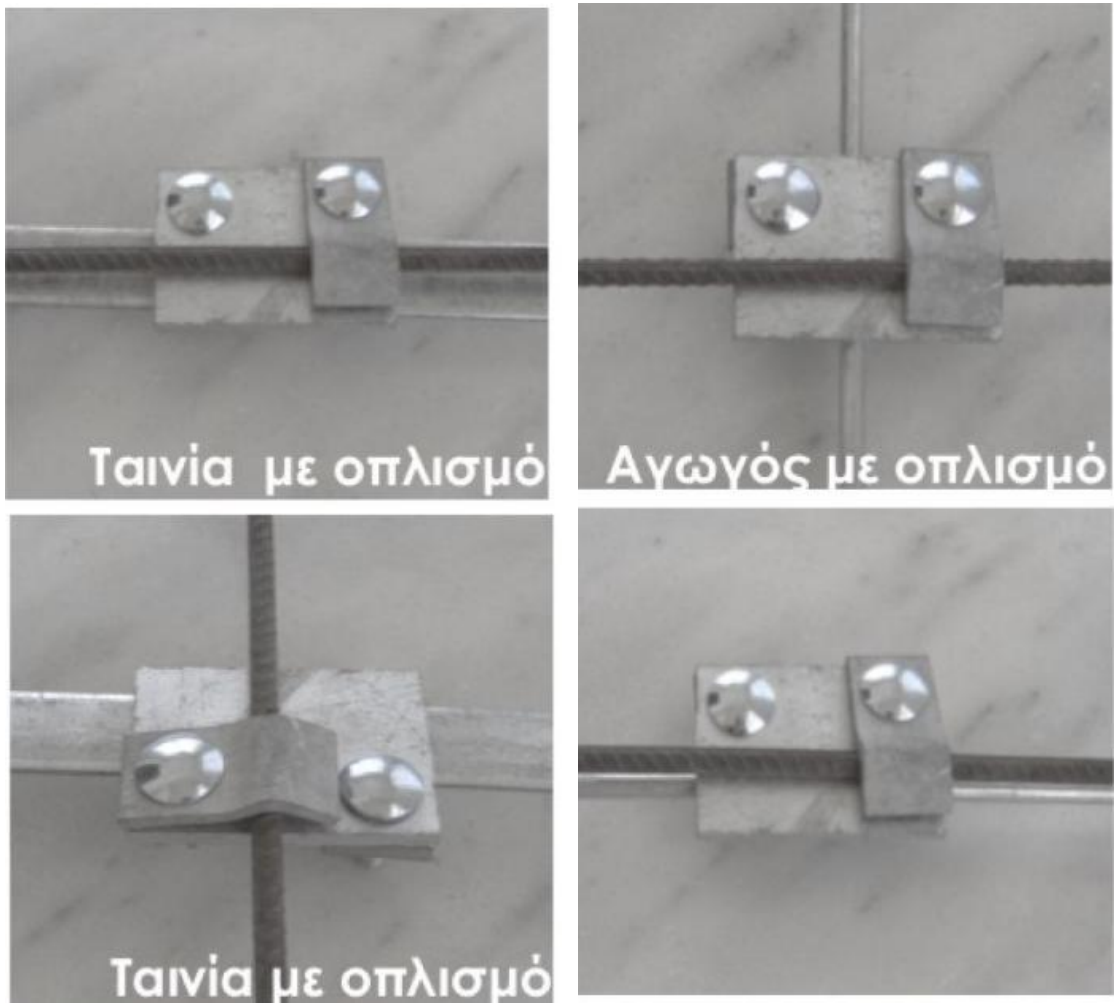
Εξαρτήματα θεμελιακής γείωσης - Ηλεκτρόδια

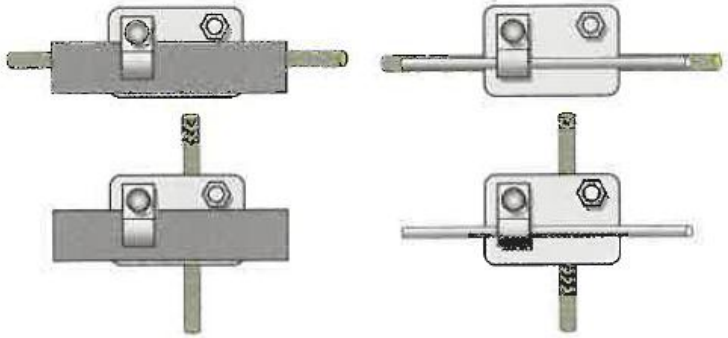


Στήριξη - σύνδεση ηλεκτροδίου ταινίας θεμελιακής γείωσης σε οπλισμό με σφιγκτήρα

Πηγή: Θεμελιακή Γείωση, Δ. Κόκκινος, ΕΛΕΜΚΟ.

Εξαρτήματα θεμελιακής γείωσης - Ηλεκτρόδια



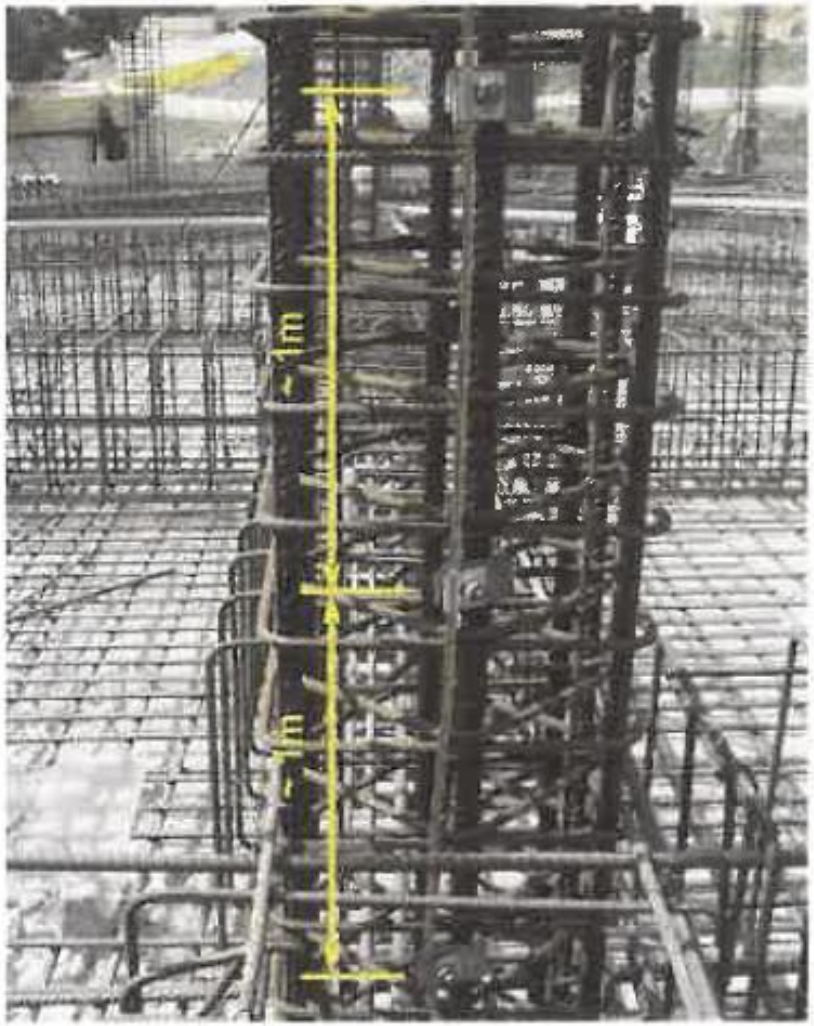


Εικόνα 19. Σφιγκτήρας οπλισμού πολλαπλών διευθύνσεων

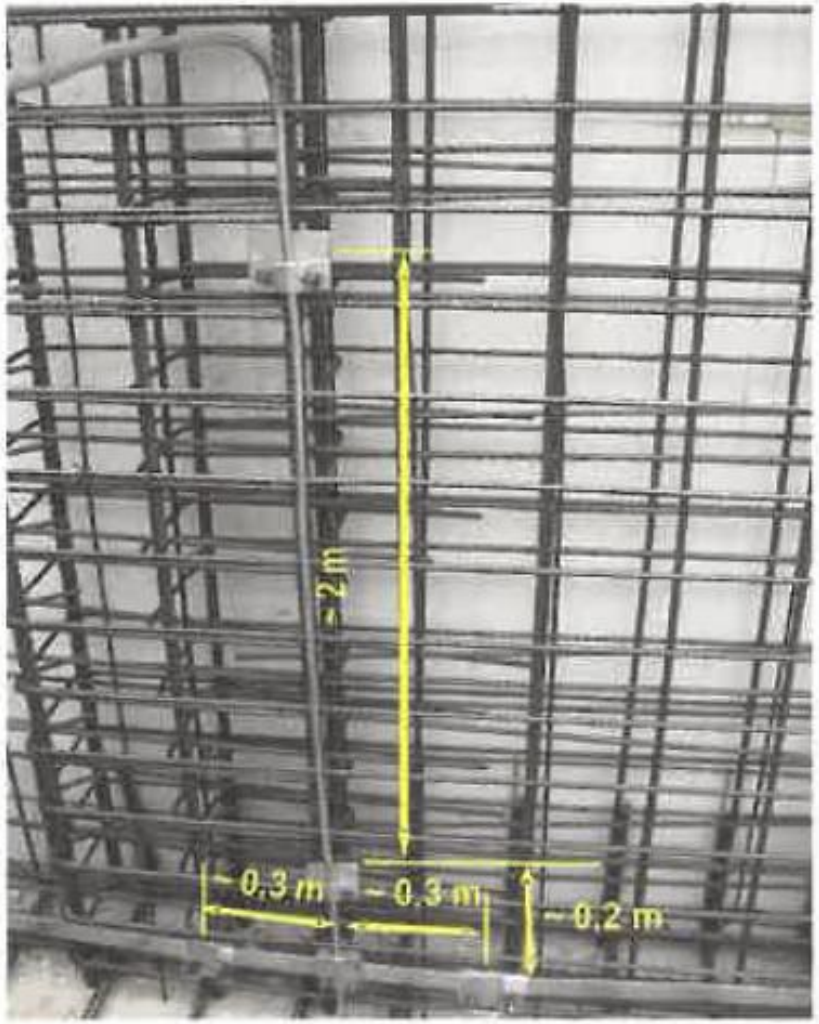
Σύμβολο	Περιγραφή
	Ηλεκτρόδιο ταινίας St/tZn ή Cu ή SS
	Ηλεκτρόδιο St/tZn ή Cu ή SS
	Οπλισμός

Πηγή: Θεμελιακή Γείωση, Δ. Κόκκινος, ΕΛΕΜΚΟ.

Εξαρτήματα θεμελιακής γείωσης - Ηλεκτρόδια



Εικόνα 24. Στήριξη πολύκλωνου αγωγού γείωσης σε οπλισμό



Εικόνα 25. Στήριξη μονόκλωνου αγωγού γείωση σε οπλισμό

Πηγή: Θεμελιακή Γείωση, Δ. Κόκκινος, ΕΛΕΜΚΟ.

Πηγή: Θεμελιακή Γείωση, Δ. Κόκκινος, ΕΛΕΜΚΟ.

Εξαρτήματα θεμελιακής γείωσης - Ηλεκτρόδια

Πίνακας 2. Ελάχιστες διαστάσεις ηλεκτροδίου θεμελιακής γείωσης εγκιβωτισμένου σε σκυρόδεμα, για εγκαταστάσεις χαμηλής τάσης κατά το ΕΛΟΤ HD 60364-5-54 και αντικεραυνικής προστασίας, κατά το ΕΛΟΤ EN 62305-3

Υλικό	Μορφή	Διατομή	Σημειώσεις	Κωδικός ΕΛΕΜΚΟ	Πρότυπο
Χαλκός	Ταινία	50mm²	2mm πάχους	6420252	ΕΛΟΤ EN 50164-2
	Στρογγυλός	50mm² [5]	8mm διαμέτρου	6420008	
Χαλκός επικασσιτερωμένος	Ταινία	50mm²	2mm πάχους	6422252	
	Στρογγυλός	50mm² [5]	8mm διαμέτρου	6422008	
Χάλυβας [1] [2]	Ταινία	90mm²	3mm πάχους	6401330	ΕΛΟΤ EN 50164-2
	Στρογγυλός	78mm²	10mm διαμέτρου	6400010	
Χάλυβας επιχαλκωμένος[3]	Στρογγυλός	Ø8mm		6420018	
Ανοξείδωτος χάλυβας	Ταινία	100mm²	3mm πάχους	6461335[6]	ΕΛΟΤ EN 50164-2
	Ταινία	100mm²	3mm πάχους	6461130[4]	
	Στρογγυλός	78mm²	10mm διαμέτρου	6460010	

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ:

1. Θερμά γαλβανισμένος. Η επιφάνεια γαλβανίσματος πρέπει να είναι λεία και συνεχής με μέσο όρο πάχους επικάλυψης ψευδαργύρου 50μm ή 300gr/m² ,για κυκλικούς αγωγούς και 70μm ή 500gr/m² για ταινίες.
2. Μαύρος επιτρέπεται μόνο όταν είναι πλήρως εγκιβωτισμένος στο σκυρόδεμα (βλ. ΕΛΟΤ HD 60364-5-54, Annex ZB και ΕΛΟΤ EN 62305-3, Πίνακας 7).
3. Επικάλυψη μόνο ηλεκτρολυτικά και με ελάχιστο πάχος επιχάλκωσης 250μm.
4. Ανοξείδωτος χάλυβας με περιεκτικότητα Χρωμίου ≥16%, Νικελίου ≥5%, Μολυβδαινίου ≥2%, Άνθρακα ≤0,07%. Κατάλληλος για ηλεκτρόδιο γείωσης ΣΑΠ. Ικανοποιεί τις απαιτήσεις του προτύπου ΕΛΟΤ EN 62305-3 και ΕΛΟΤ EN 50164-2.
5. Απαίτηση κατά ΕΛΟΤ EN 62305-3, Πίνακας 7.
6. Ανοξείδωτος χάλυβας με περιεκτικότητα Χρωμίου ≥16%, Νικελίου ≥5%, Άνθρακα ≤0,07%. Κατάλληλος για ηλεκτρόδιο γείωσης ηλεκτρικών εγκαταστάσεων. Ικανοποιεί τις απαιτήσεις του προτύπου ΕΛΟΤ HD 60364-5-54.

- Ο χάλυβας στην θεμελιακή γείωση γαλβανισμένος ή μαύρος, δεν πρέπει να εκτείνεται εκτός του σκυροδέματος στο έδαφος, διότι το τμήμα εντός του εδάφους διαβρώνεται έντονα και πρέπει να περιβάλλεται με ελάχιστο πάχος σκυροδέματος 50mm.
- Χαλκός και χάλυβας μαύρος ή γαλβανισμένος σε επαφή τον οπλισμό εντός του σκυροδέματος έχουν άριστη αντοχή σε διάβρωση.

Υλικό	Συνιστώμενη χρήση		Αντοχή σε διάβρωση		
	Στο έδαφος	**Στο σκυρόδεμα**	**Άριστη**	**Μειωμένη**	**Καμία**
Χαλκός	Συμπαγής Πολύκλωνος[1] Ως επικάλυψη[2]	Συμπαγής Πολύκλωνος[1] Ως επικάλυψη[2]	Σκυρόδεμα, υγρά εδάφη, περιβάλλον με χλωριούχα άλατα	Θειούχο περιβάλλον, όξινα και οργανικά εδάφη	
Χάλυβας θερμά επιψευδαργυρωμένος[3]	Συμπαγής	Συμπαγής	Σκυρόδεμα, σε ξηρά ουδέτερα εδάφη	Περιβάλλον με χλωριούχα άλατα	Σε επαφή με χαλκό
Χάλυβας επιχαλκωμένος[2]	Συμπαγής	Συμπαγής	Σκυρόδεμα, υγρά εδάφη, περιβάλλον με χλωριούχα άλατα	Θειούχο περιβάλλον, όξινα και οργανικά εδάφη	
Ανοξείδωτος χάλυβας	Συμπαγής Πολύκλωνος	Συμπαγής Πολύκλωνος	Σε κάθε περιβάλλον πλην ολίγων εξαιρέσεων	Περιβάλλον με χλωριούχα άλατα	
Αλουμίνιο	Ακατάλληλη	Ακατάλληλη	Περιβάλλον με μικρή συγκέντρωση διοξειδίου του θείου	Σε αλκαλικό περιβάλλον	Σε επαφή με χαλκό

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ

1.Οι πολύκλωνοι αγωγοί είναι ευπαθέστεροι σε διάβρωση από τους συμπαγείς
2.Επικάλυψη μόνο ηλεκτρολυτικά με ελάχιστο πάχος επιχάλκωσης 250μm
3.Ο επιψευδαργυρωμένος χάλυβας διαβρώνεται σε υγρά εδάφη

Συνιστώμενη χρήση υλικού ηλεκτροδίου γείωσης ως προς την αντοχή του σε διάβρωση σύμφωνα με το ευρωπαϊκό πρότυπο ΕΛΟΤ EN 62305-3:2011

Πότε γαλβανισμένος (επιψευδαργυρωμένος) χάλυβας εκτός σκυροδέματος

Εξαρτήματα θεμελιακής γείωσης - Επέκταση γείωσης

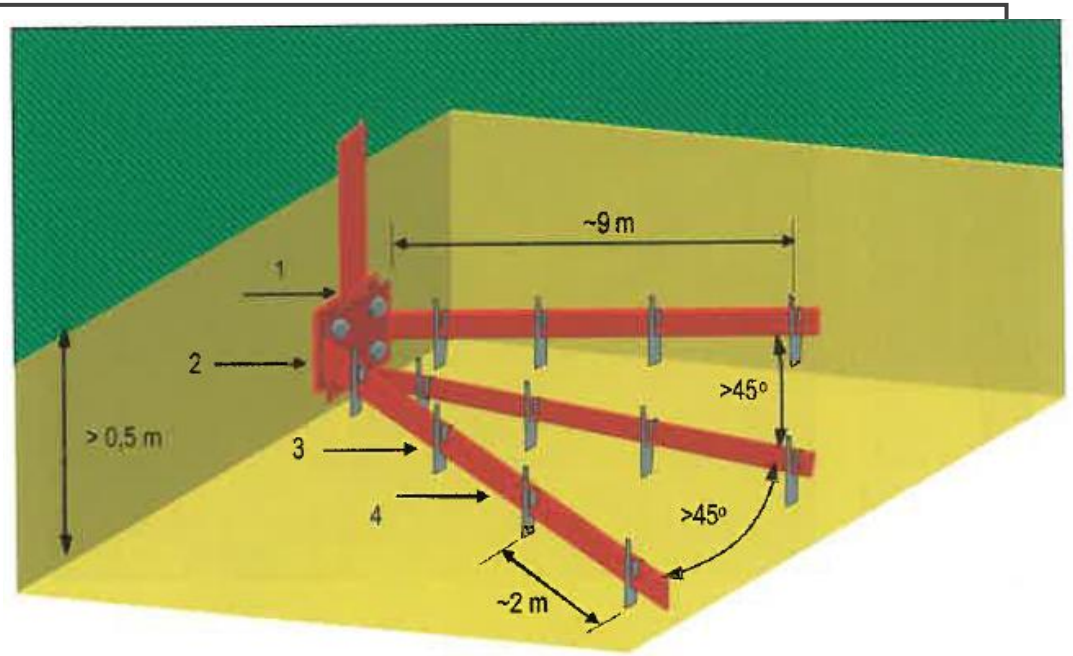
Όταν ειδικοί λόγοι απαιτούν τη βελτίωση της τιμής αντίστασης θα πρέπει να προβλεφθεί προσθήκη επί πλέον ηλεκτροδίου γείωσης εκτός της θεμελιακής γείωσης. Για το λόγο αυτό, κατά την εγκατάσταση του ηλεκτροδίου στα θεμέλια του κτίσματος, απαιτείται να προβλεφθούν αναμονές μόνο με χάλκινες ταινίες ή χάλκινους αγωγούς. Η προέκταση της θεμελιακής γείωσης μπορεί να γίνει με την προσθήκη ακτινικών ηλεκτροδίων (Εικόνα 55) ή με ηλεκτρόδια γείωσης τύπου ράβδου (Εικόνα 58), ή με ηλεκτρόδιο γείωσης τύπου "E"™, (Εικόνα 59).

Η προέκταση της θεμελιακής γείωσης με ακτινικά ηλεκτρόδια (Εικόνα 55), είναι δυνατή όταν υπάρχει ικανός χώρος διαθέσιμος στις θέσεις που προβλέπεται η κατασκευή τους, η οποία γίνεται με τρία μήκη 9m χάλκινου ηλεκτροδίου ταινίας που σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία τουλάχιστον 45°,

Για τη βέλτιστη απόδοση της πρόσθετης γείωσης η ταινία απαιτείται, κατά την επίχωσή της να διατηρήσει την κατακορυφότητά της. Για το λόγο αυτό η στήριξή της γίνεται κάθε 2m περίπου με ειδικούς ορθοστάτες στηρίγματα,







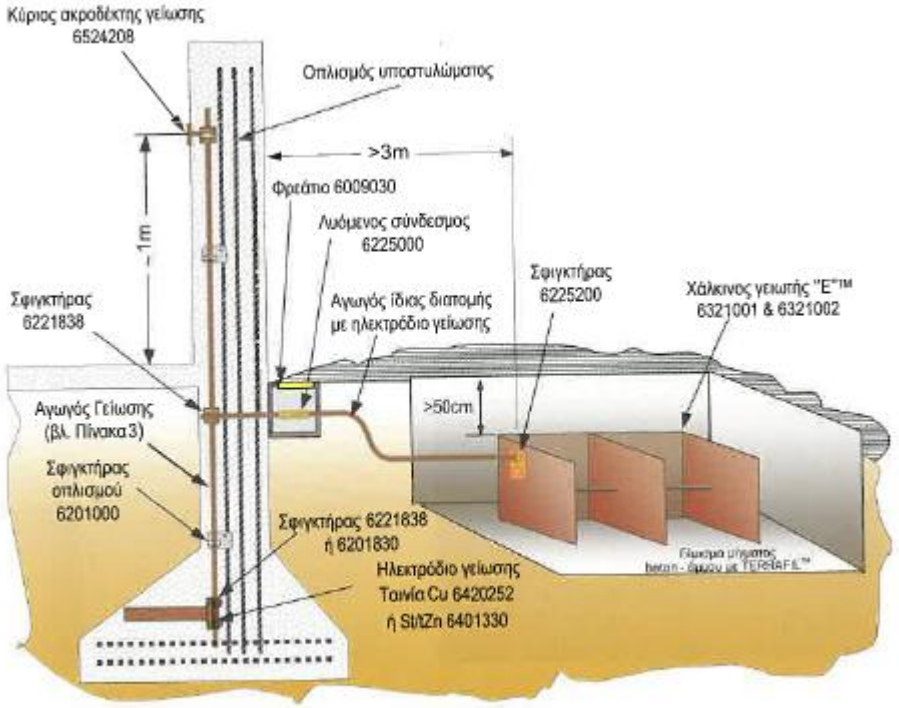
Α/Α	Κωδικός Εξαρτήματος	Α/Α	Κωδικός Εξαρτήματος
1	Ταινία χάλκινη 25x2mm 6420252	3	Ορθοστάτης 6103040 ή 6103025
2	Σφιγκτήρας χάλκινος 6224025	4	Ταινία χάλκινη 25x2mm 6420252

Εικόνα 55. Υλικά και διαστάσεις ακτινικού ηλεκτροδίου γείωσης σε προέκταση θεμελιακής γείωσης

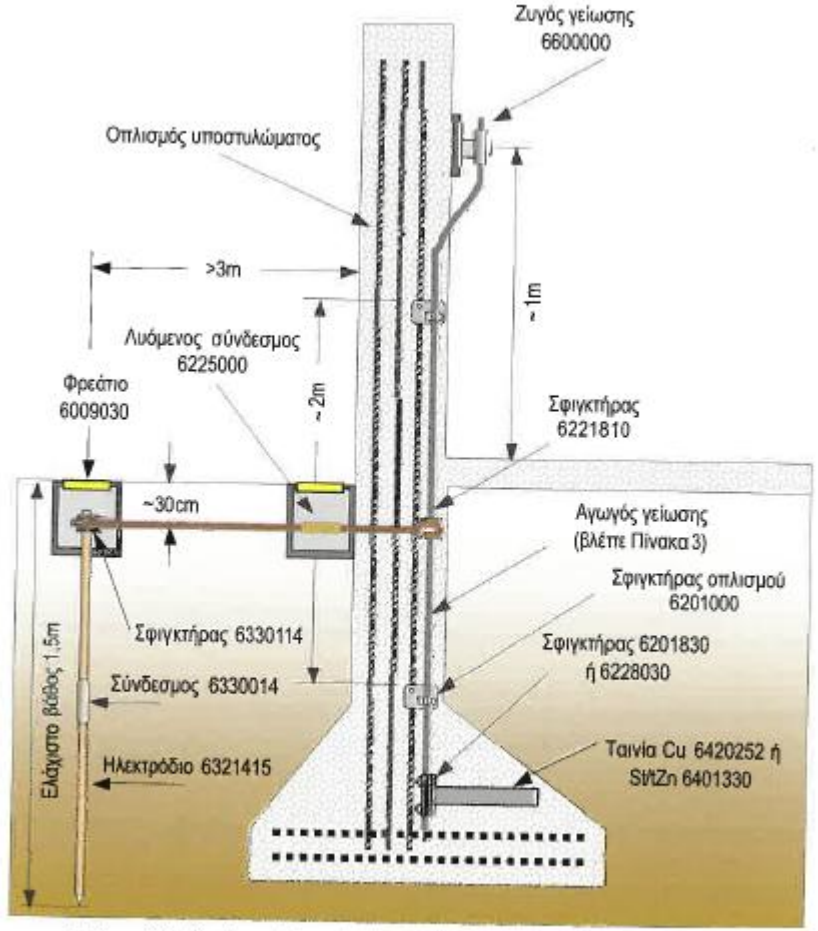
Εξαρτήματα θεμελιακής γείωσης - Επέκταση γείωσης

Εάν ο διαθέσιμος χώρος για την κατασκευή της πρόσθετης γείωσης δεν είναι επαρκής, η λύση δίνεται με την κατασκευή γείωσης με ηλεκτρόδια τύπου ράβδων ή γειωτή "E"™.

Στην περίπτωση αυτή η θέση των πρόσθετων ηλεκτροδίων επιβάλλεται να βρίσκεται σε απόσταση τουλάχιστον 3m από την περίμετρο του κτιρίου, προκειμένου να μην υπάρχει αλληλοεπικάλυψη των περιοχών επιρροής της θεμελιακής γείωσης και της πρόσθετης γείωσης.



Εικόνα 59. Υλικά και διαστάσεις ηλεκτροδίου γείωσης τύπου "E"™σε προέκταση θεμελιακής γείωσης



Εικόνα 58. Υλικά και διαστάσεις ηλεκτροδίου γείωσης τύπου ράβδου

Εξαρτήματα θεμελιακής γείωσης - Επέκταση γείωσης

Η απαίτηση για χαμηλή αντίσταση γείωσης δεν είναι πάντοτε εφικτή, αφού κάποιες φορές ο χώρος της εγκατάστασης δεν επαρκεί ώστε να επιτευχθούν τα επιθυμητά επίπεδα γείωσης, ενώ ακόμη και αν είναι διαθέσιμος ο απαραίτητος χώρος μπορεί το κόστος για τη κατασκευή του συγκεκριμένου συστήματος να είναι απαγορευτικά υψηλό. Ιδιαίτερο ρόλο διαδραματίζει και ο τύπος του εδάφους στο οποίο θα εγκατασταθεί το σύστημα γείωσης, αφού μπορεί να παρουσιάζει είτε πολύ μεγάλη ειδική αντίσταση, είτε να είναι ιδιαίτερα διαβρωτικό. Επίσης σημαντικό ρόλο παίζει και η τοποθεσία εγκατάστασης, αφού οι πιθανές ασταθείς καιρικές συνθήκες που επικρατούν στην τοποθεσία αυτή μπορεί να είναι ικανές να αυξομειώνουν την ειδική αντίσταση του εδάφους κατά τη διάρκεια του έτους.

Μία ιδιαίτερα αποτελεσματική και ταυτόχρονα οικονομική λύση στο πρόβλημα της βελτίωσης της αντίστασης γείωσης είναι αυτή της διαμόρφωσης του εδάφους γύρω από τα ηλεκτρόδια γείωσης με βελτιωτικά υλικά. Η χρήση βελτιωτικών ειδικής αντίστασης του εδάφους συνιστάται ειδικά σε βραχώδεις περιοχές, που αποτελούν κύριο χαρακτηριστικό της ελληνικής επικράτειας.



Τοποθέτηση μίγματος καρβουνόσκονης και αλάτων για βελτίωση της αντίστασης εδάφους



Χάλκινα ηλεκτρόδια γείωσης

Εξαρτήματα θεμελιακής γείωσης - Επέκταση γείωσης

Ο χάλυβας εντός του σκυροδέματος αποκτά το ίδιο ηλεκτροχημικό δυναμικό με το χαλκό. Πρόβλημα λοιπόν παρουσιάζεται όταν το ηλεκτρόδιο της θεμελιακής γείωσης, ανεξαρτήτως υλικού (χάλυβα θερμά επιψευδαργυρωμένου ή χαλκού), συνδέεται αγώγιμα με χαλύβδινο, θερμά επιψευδαργυρωμένο ηλεκτρόδιο γείωσης θαμμένο στο έδαφος. Η γαλβανική τάση που αναπτύσσεται φτάνει μέχρι και το 1V με αποτέλεσμα το ηλεκτρόδιο που βρίσκεται θαμμένο στο έδαφος να διαβρώνεται μέσα σε μόνο λίγους μήνες από την εγκατάστασή του.

Για το λόγο αυτό σε όλες τις περιπτώσεις προέκτασης της θεμελιακής γείωσης, εκτός των θεμελίων, όλοι οι εξερχόμενοι αγωγοί από τη γείωση, καθώς και τα πρόσθετα ηλεκτρόδια και τα εξαρτήματα που θα εγκατασταθούν σε φυσικό έδαφος, πρέπει να είναι αποκλειστικά μόνο χάλκινα ή από ανοξείδωτο χάλυβα, ανεξάρτητα από το υλικό που είναι κατασκευασμένο το ηλεκτρόδιο της θεμελιακής γείωσης.

Συμπέρασμα:
Εκτός σκυροδέματος, χρησιμοποιούμε μόνο **χαλκό** ή **ανοξείδωτο χάλυβα**



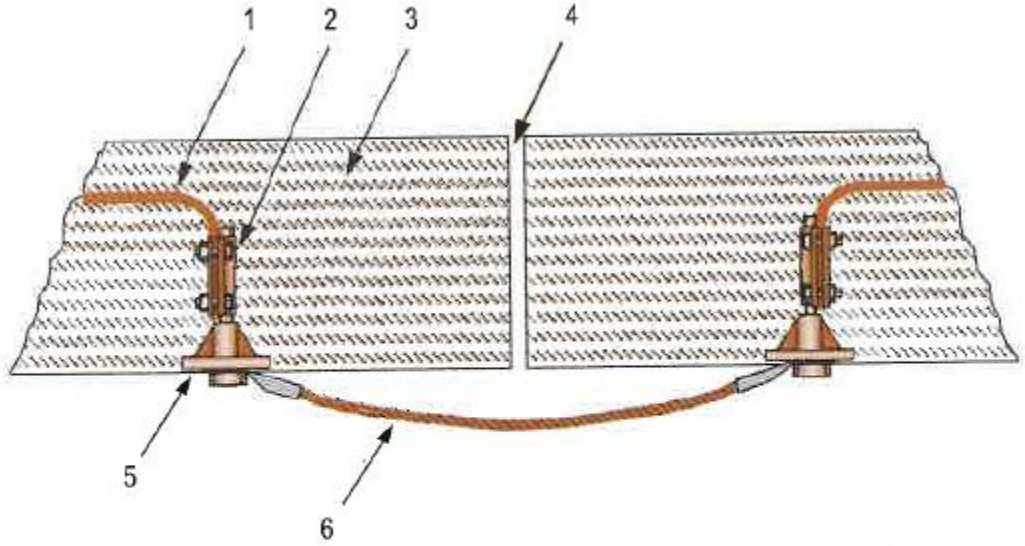
Εικόνα 60. Διαβρωμένη αναμονή θεμελιακής γείωσης σχολικού κτιρίου από ταινία χαλύβδινη, θερμά επιψευδαργυρωμένη, 4 μήνες μετά την εγκατάστασή της.



Εικόνα 61. Διαβρωμένη ράβδος γείωσης 3 χρόνια μετά την σύνδεσή της με τη θεμελιακή γείωση αριστερά .Δεξιά μη χρησιμοποιημένη όμοια της διαβρωμένης χαλύβδινης ράβδου, θερμά επιψευδαργυρωμένη Φ20mm[16].

Εξαρτήματα θεμελιακής γείωσης - Αρμοί διαστολής

Προκειμένου να εξασφαλιστεί η συνέχεια του ηλεκτροδίου γείωσης στις θέσεις όπου υπάρχουν αρμοί διαστολής, στη θεμελίωση εκατέρωθεν του αρμού και σε απόσταση περίπου 15cm από αυτόν, διακόπτεται το ηλεκτρόδιο γείωσης του οποίου τα δύο άκρα συνδέονται σε ακροδέκτες γείωσης, οι οποίοι εγκαθίστανται σε επισκέψιμη και ορατή θέση, κατά προτίμηση σε εσωτερικό χώρο του κτιρίου. Η συνέχεια του ηλεκτροδίου επιτυγχάνεται με τη γεφύρωση των δύο ακροδεκτών, μέσω εύκαμπτου αγωγού ισοδύναμης διατομής, ο οποίος έχει τη δυνατότητα απορρόφησης των διαστολών συστολών που υπόκειται η θεμελίωση του κτιρίου, όπως φαίνεται στην Εικόνα 62.



Α/Α	Περιγραφή	Α/Α	Περιγραφή
1	Ηλεκτρόδιο γείωσης 6420252	4	Αρμός διαστολής
2	Σφιγκτήρας 6221830	5	Ακροδέκτης γείωσης 6524208
3	Σκυρόδεμα	6	Εύκαμπτος αγωγός 6429011

Εικόνα 62. Γεφύρωση θεμελιακής γείωσης σε αρμό διαστολής

Εξαρτήματα θεμελιακής γείωσης - Αγωγός γείωσης

Σύμφωνα με τον ορισμό του προτύπου ΕΛΟΤ HD 384, §202.04.07 και του ΕΛΟΤ HD 60364-5-54, §541.3.6, ο "αγωγός γείωσης" είναι ο αγωγός που συνδέει το ηλεκτρόδιο γείωσης με τον κύριο ακροδέκτη ή τον κύριο ζυγό γείωσης (βλ. Εικόνα 1, Εικόνα 2, Εικόνα 3 και Εικόνα 4). Γενικά ο αγωγός γείωσης είναι ο αγωγός που συνδέει αγώγιμα ένα σημείο ενός συστήματος ή μίας εγκατάστασης με το ηλεκτρόδιο γείωσης.

Ο αγωγός γείωσης μπορεί να είναι θαμμένος στο έδαφος, εγκιβωτισμένος σε σκυρόδεμα, ή και ορατός, στηριζόμενος σε τοίχο.

Η διατομή του αγωγού γείωσης διαφέρει ανάλογα:

- του υλικού που είναι κατασκευασμένος,
- του αναμενόμενου ρεύματος σφάλματος προς γη,
- του συστήματος σύνδεσης της γείωσης, δηλαδή εάν είναι TN ή TT,
- εάν προστατεύεται από διάβρωση και
- εάν προστατεύεται από μηχανικές καταπονήσεις.

Για το λόγο αυτό η επιλογή της διατομής του πρέπει να είναι ανάλογη με τον αγωγό προστασίας [PE] της παροχής, όπως ορίζεται από το πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384. Ο Πίνακας 4 αναφέρει τις ελάχιστες διατομές του "αγωγού γείωσης" με βάση τη διατομή του αγωγού φάσης της παροχής, κατασκευασμένου από χαλκό,

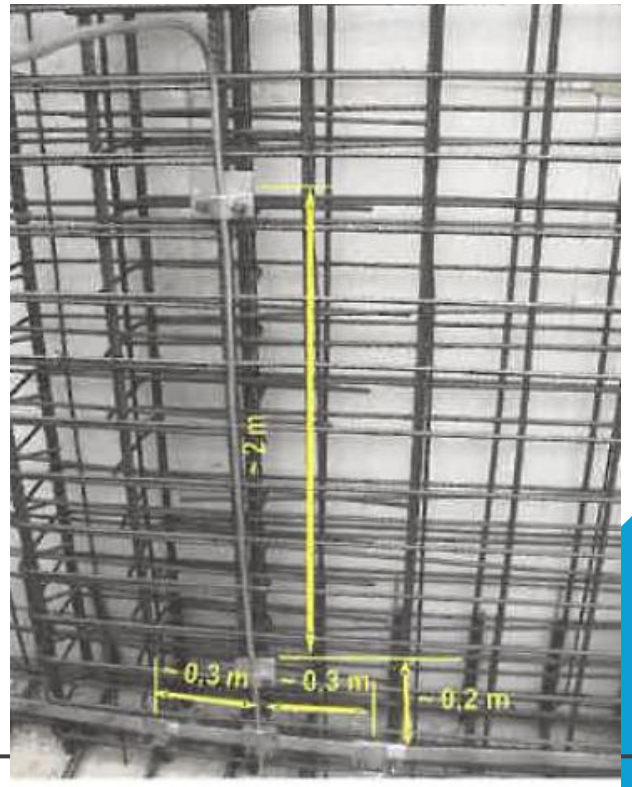
Τα υλικά κατασκευής του αγωγού γείωσης που αναφέρονται στους πίνακες των προτύπων ΕΛΟΤ HD 384 και ΕΛΟΤ HD 60364-5-54, είναι χαλκός και θερμά γαλβανισμένος χάλυβας ενώ αγωγός αλουμινίου, μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο όταν είναι ορατός ή έχει προστασία από διάβρωση. Στην περίπτωση που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί αγωγός από αλουμίνιο[5], είναι απαραίτητο η διατομή του να είναι ισοδύναμη με τη διατομή του χάλκινου αγωγού.

Τα πρότυπα δεν περιλαμβάνουν στους πίνακές τους τις ισοδύναμες διατομές του αγωγού γείωσης από ανοξείδωτο χάλυβα στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις και για το λόγο αυτό είναι απαραίτητο να υπολογίζονται με βάση την ισοδύναμη διατομή του χάλκινου αγωγού.

Πηγή: Θεμελιακή Γείωση, Δ. Κόκκινος, ΕΛΕΜΚΟ.



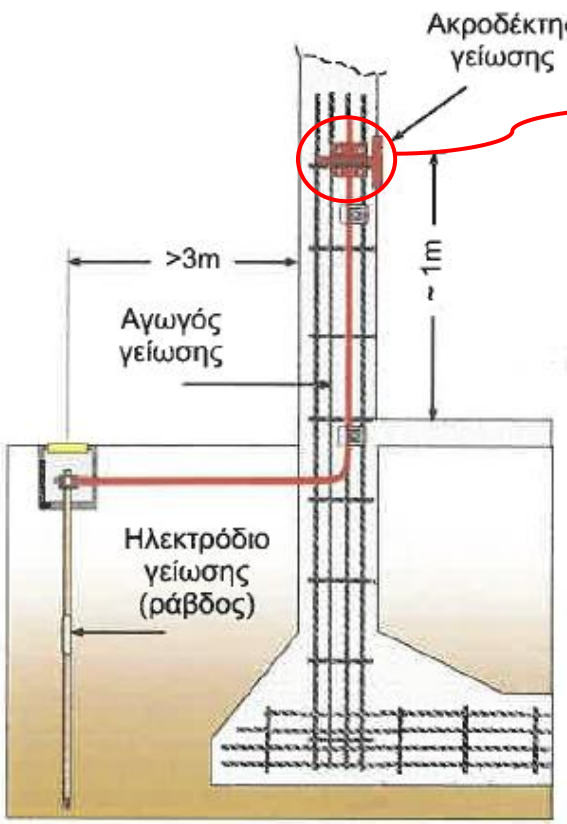
Πολύκλωνος Αγωγός γείωσης



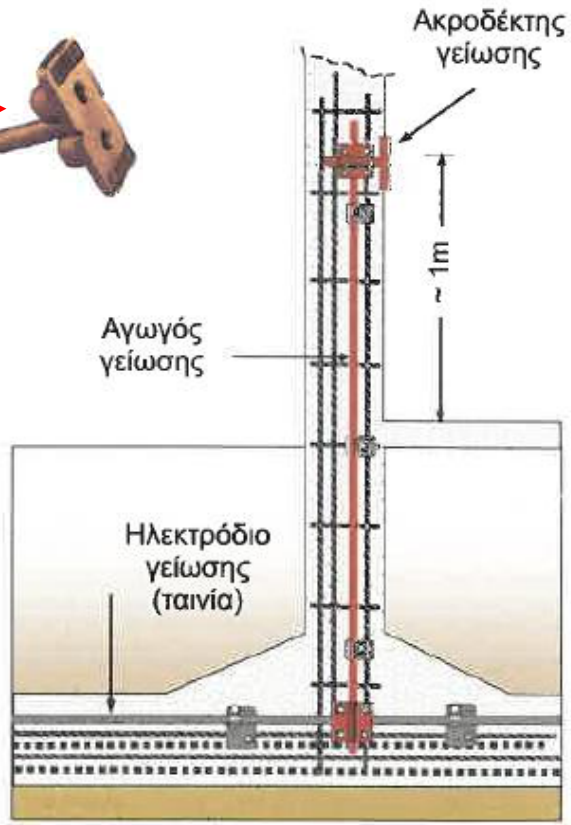
Μονόκλωνος Αγωγός γείωσης

Εικόνα 25. Στήριξη μονόκλωνου αγωγού γείωση σε οπλισμό

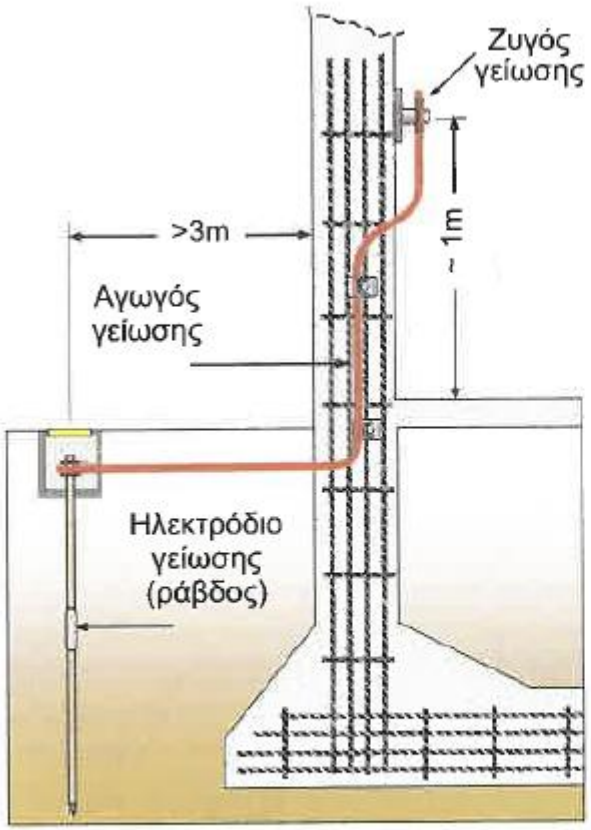
Εξαρτήματα θεμελιακής γείωσης - Αγωγός γείωσης



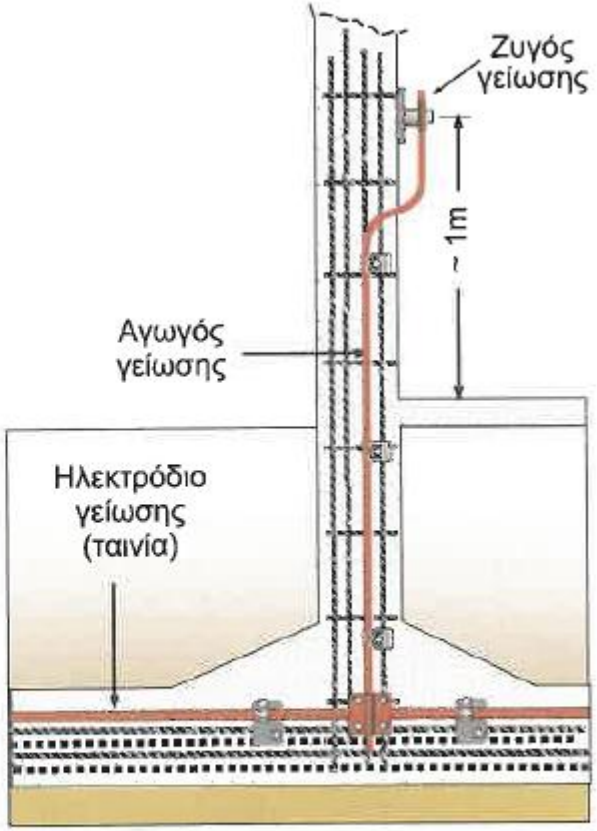
Εικόνα 1. Διάταξη γείωσης με κατακόρυφο ηλεκτρόδιο ράβδου εντός του εδάφους και ακροδέκτη γείωσης



Εικόνα 2. Διάταξη γείωσης με το ηλεκτρόδιο εγκιβωτισμένο στο θεμέλιο και ακροδέκτη γείωσης



Εικόνα 3. Διάταξη γείωσης με κατακόρυφο ηλεκτρόδιο ράβδου εντός του εδάφους και ζυγό γείωσης



Εικόνα 4. Διάταξη γείωσης με το ηλεκτρόδιο εγκιβωτισμένο στο θεμέλιο και ζυγό γείωσης

Πηγή: Θεμελιακή Γείωση, Δ. Κόκκινος, ΕΛΕΜΚΟ.

Εξαρτήματα θεμελιακής γείωσης - Αγωγός γείωσης

Πηγή: Θεμελιακή Γείωση, Δ. Κόκκινος, ΕΛΕΜΚΟ.

Πίνακας 4. Ελάχιστη διατομή αγωγού γείωσης

Διατομή αγωγών φάσεων παροχής - S - [mm²]	Ελάχιστη διατομή αγωγού γείωσης - S_e - [mm²] (Βάσει των αγωγών φάσεων της παροχής) [1]			
	Με προστασία από διάβρωση (πχ με μανδύα PVC ή στο σκυρόδεμα)		Χωρίς προστασία διάβρωσης (πχ θαμμένος στο έδαφος)	
	Cu [2]	St/tZn [3]	Cu [2]	St/tZn [3]
S ≤ 16	16	16	25	[5]
16 < S ≤ 35	16	[4]	25	[5]
S > 35	½ x S	[4]	½ x S	[5]

1. Εάν η θεμελιακή γείωση εξυπηρετεί περισσότερες παροχές η διατομή του αγωγού γείωσης επιλέγεται βάσει του αγωγού φάσης της μεγαλύτερης παροχής.
2. Αγωγός χάλκινος
3. Αγωγός χαλύβδινος, θερμά επιψευδαργυρωμένος
4. Διατομή ισοδύναμης αγωγιμότητας Cu
5. Δεν πρέπει να χρησιμοποιείται στην περίπτωση σύνδεσης με τη θεμελιακή γείωση.

Πίνακας 5. Αγωγός ανοξείδωτου χάλυβα ισοδύναμης διατομής χάλκινου αγωγού προστασίας ή γείωσης, βάσει ΕΛΟΤ HD 60364-5-54, § 543.1.2

Διατομή χάλκινου αγωγού [mm²]	Ισοδύναμη διατομή αγωγού ανοξείδωτου χάλυβα [mm²]
16	100
25	150
35	220
50	310

Εξαρτήματα θεμελιακής γείωσης - Αγωγός γείωσης

Πηγή: Θεμελιακή Γείωση, Δ. Κόκκινος, ΕΛΕΜΚΟ.

Ειδικότερα ο ανοξείδωτος χάλυβας έχει 5,5 φορές μεγαλύτερη ειδική αντίσταση από τον κοινό γαλβανισμένο χάλυβα και 54 φορές μεγαλύτερη από το χαλκό. Για το λόγο αυτό, είναι λάθος και επικίνδυνο να λαμβάνεται ως διατομή ανοξείδωτου χάλυβα η ίδια με εκείνη του γαλβανισμένου χάλυβα όπως συνηθίζεται πολλές φορές αλλά να υπολογίζεται βάσει το προτύπου ΕΛΟΤ HD 60364-5-54, § 543.1.2. Ο Πίνακας 5, περιέχει τις ισοδύναμες διατομές χάλκινου και χαλύβδινου ανοξείδωτου αγωγού γείωσης και προστασίας που έχουν υπολογιστεί με βάση το ΕΛΟΤ HD 60364-5-54, § 543.1.2.

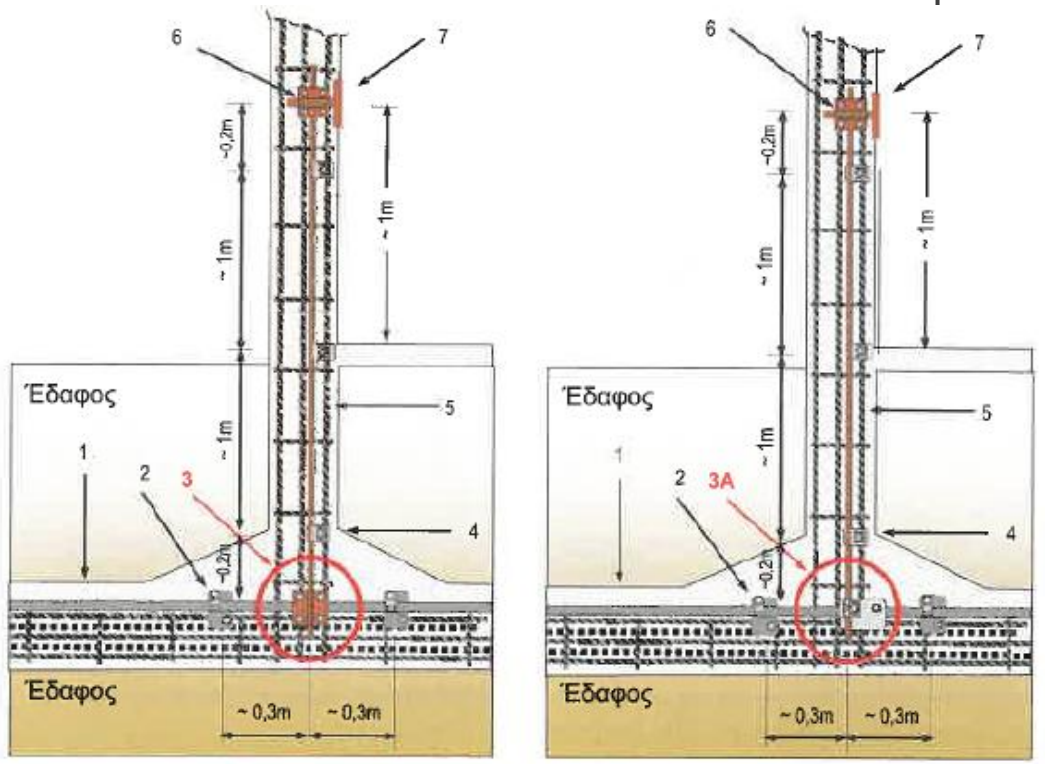
Συνιστάται για λόγους μηχανικής προστασίας καθώς και προστασίας από διάβρωση, ο αγωγός γείωσης να εγκιβωτίζεται καθ' όλο το μήκος του, από το ηλεκτρόδιο της θεμελιακής γείωσης μέχρι τη σύνδεσή του με τον ακροδέκτη ή το ζυγό γείωσης, μέσα στο σκυρόδεμα, ακολουθώντας πορεία μέσα από τις πεδιλοδοκούς και τα υποστυλώματα του κτιρίου,

Ο αγωγός γείωσης κατά προτίμηση είναι ενιαίου μήκους, χωρίς ενώσεις. Αν αυτό δεν είναι δυνατό πρέπει οι ενώσεις να είναι όσο το δυνατό λιγότερες και οι χρησιμοποιούμενοι σφιγκτήρες για την επιμήκυνσή του να είναι του ιδίου υλικού, να έχουν την ικανότητα να άγουν το ρεύμα σφάλματος της ηλεκτρικής εγκατάστασης, χωρίς να αλλοιώνονται οι λειτουργικές ιδιότητές του.

Στις περιπτώσεις που ο αγωγός είναι πολύκλωνος, συνιστάται καθ' όλο το μήκος της πορείας του να στηρίζεται και να συνδέεται ηλεκτρικά με τον οπλισμό, ανά 1m.

Εάν ο αγωγός γείωσης αποτελείται από μονόκλωνο αγωγό, η στήριξή του και η σύνδεσή του με τον οπλισμό γίνεται ανά 2m.

Παρά το γεγονός ότι ο αγωγός γείωσης, εγκιβωτισμένος στο σκυρόδεμα, προστατεύεται ικανοποιητικά από μηχανικές καταπονήσεις, είναι ανάγκη πάντοτε να λαμβάνεται μέριμνα σήμανσης της πορείας του, ειδικά όταν πορεύεται μέσα από υποστυλώματα ή τοιχία που πρόκειται να εγκατασταθούν δίκτυα ύδρευσης, ή θέρμανσης του κτιρίου. Αν και απαγορεύεται η διάτρηση του φέροντα οργανισμού κτιρίου, πολλές φορές κατά τις εργασίες εγκατάστασης σωλήνων ύδρευσης, θέρμανσης κλπ, γίνονται κάποια ξετρυπήματα για τη στερέωση και τη διέλευση των δικτύων αυτών, που ενδεχομένως να τραυματίσουν ή να κόψουν τον αγωγό γείωσης.



Α/Α	Περιγραφή
1	Ηλεκτρόδιο ταινίας χαλύβδινο 6401330 ή 6401130
2	Σφιγκτήρας οπλισμού 6201000
3	Σφιγκτήρες 6221835 ή 6221830 ανάλογοι του αγωγού γείωσης - ποιοτικά προτιμότεροι
3Α	Σφιγκτήρας 6201003
4	Σφιγκτήρας οπλισμού στήριξης - σύνδεσης αγωγού γείωσης 6201004
5	Αγωγός γείωσης (για υλικό και διατομές, Πίνακας 4)
6	Σφιγκτήρας 6221837 ή 6221810 ανάλογος της διατομής του αγωγού γείωσης
7	Ακροδέκτης γείωσης 6524408 ή 6524208

Εξαρτήματα θεμελιακής γείωσης –Ακροδέκτης & ζυγός γείωσης

Σύμφωνα με τα πρότυπα ΕΛΟΤ HD 384 και ΕΛΟΤ HD 60364-5-54, σε κάθε ηλεκτρική εγκατάσταση είναι απαραίτητο να υπάρχει ένας "κύριος ακροδέκτης γείωσης" ή ένας "κύριος ζυγός γείωσης" πάνω στον οποίο συνδέονται:

- ο αγωγός γείωσης προστασίας [PE] που καταλήγει στο γενικό πίνακα διανομής,
- ο αγωγός γείωσης,
- οι αγωγοί των Κύριων Ισοδυναμικών Συνδέσεων (ΚΙΣ), όπως αυτοί περιγράφονται στο Παράρτημα 1, εάν το μήκος των ισοδυναμικών αγωγών είναι σχετικά μικρό.

Για τους παραπάνω λόγους ο ηλεκτρολόγος - εγκαταστάτης είναι αναγκαίο να προβλέψει την εγκατάσταση τουλάχιστον ενός ακροδέκτη ή ενός ζυγού γείωσης στη θέση που πρόκειται να εγκατασταθεί ο γενικός πίνακας διανομής.

Στον ίδιο κύριο ακροδέκτη ή ζυγό μπορούν να πραγματοποιηθούν και οι ΚΙΣ, δηλαδή οι ισοδυναμικές συνδέσεις των εισερχομένων στο κτίριο μεταλλικών δικτύων και των μεταλλικών εγκαταστάσεων στο εσωτερικό του κτιρίου, εάν βρίσκεται σε κοντινή απόσταση

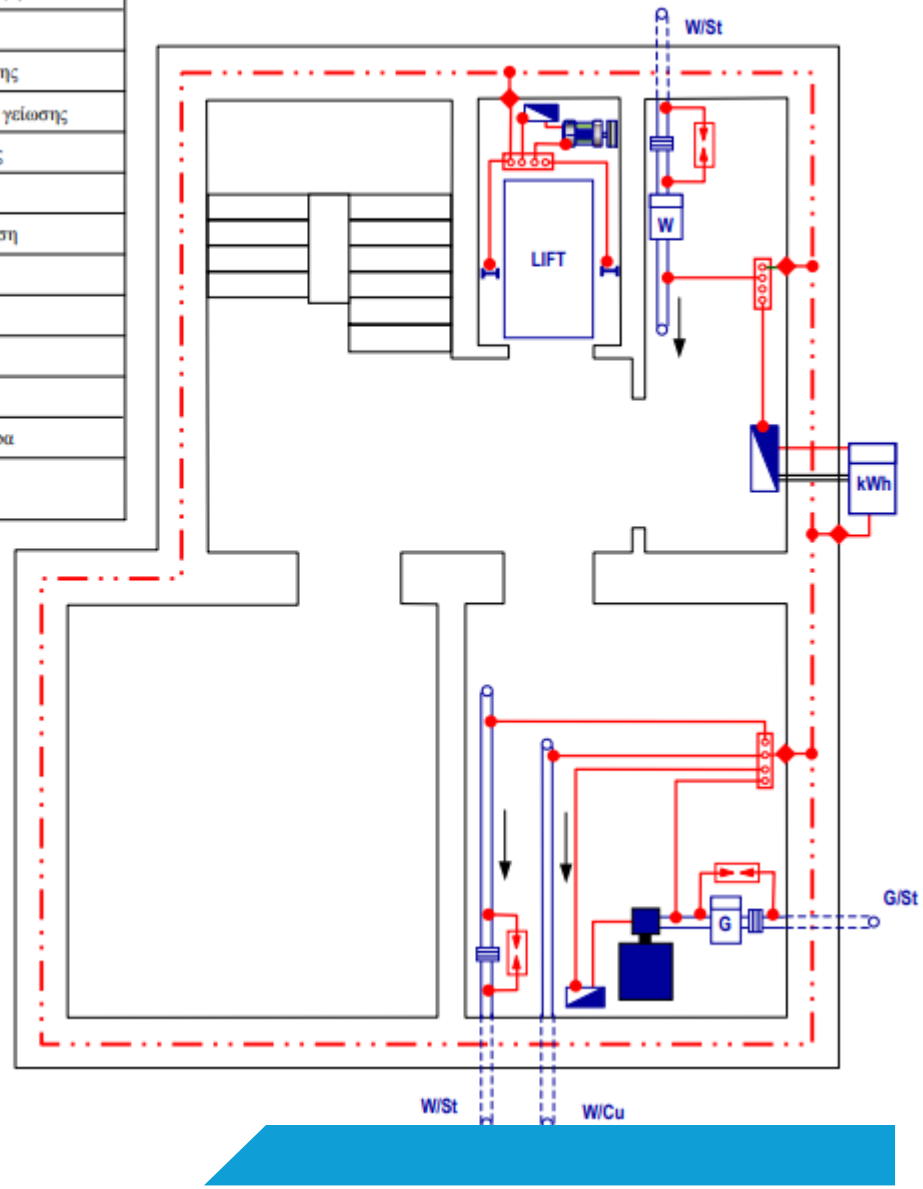
Εάν οι ΚΙΣ λόγω απόστασης (συνήθως μεγαλύτερης των 20m) δεν είναι δυνατό να πραγματοποιηθούν στον "κύριο ακροδέκτη γείωσης", είναι προτιμότερο να προβλεφθούν και άλλοι ακροδέκτες ή ζυγοί σε θέσεις κοντινές, ώστε οι αγωγοί που θα πραγματοποιούν τις ισοδυναμικές συνδέσεις να είναι όσο το δυνατό μικρότερου μήκους

Στις περιπτώσεις που υπάρχουν περισσότεροι του ενός ακροδέκτες ή ζυγοί, ως "κύριος" ακροδέκτης γείωσης ή "κύριος" ζυγός γείωσης χαρακτηρίζεται εκείνος στον οποίο συνδέεται ο κύριος αγωγός προστασίας [PE] του γενικού πίνακα διανομής.

Η επιλογή χρησιμοποίησης ζυγού ή ακροδέκτη εξαρτάται από το πλήθος των αγωγών που πρόκειται να συνδεθούν σε αυτούς. Σε έναν ακροδέκτη γείωσης μπορούν να γίνουν μία έως δύο συνδέσεις αγωγών, ενώ ο ζυγός διαθέτει έως και εννέα ή και περισσότερες θέσεις.

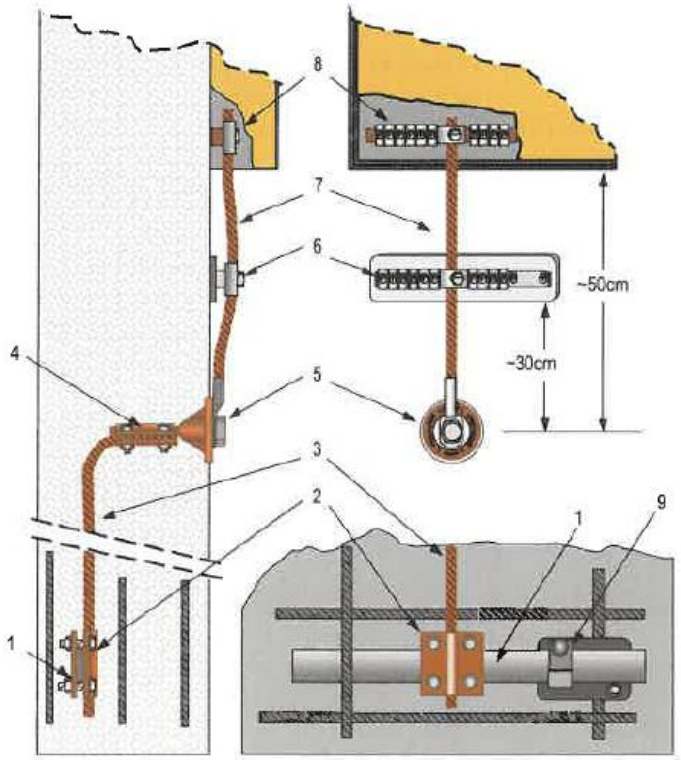
Η πλέον ασφαλής λύση είναι να προβλέπεται πάντοτε σε κάθε προκαθορισμένη θέση, ακροδέκτης γείωσης, ο οποίος, λόγω της στιβαρής κατασκευής του και λόγω του ότι δεν προεξέχει από την επιφάνεια του σκυροδέματος, δεν είναι εύκολη η καταστροφή του.

Σύμβολο	Περιγραφή
	Θεμελιακή γείωση
	Κύριος ζυγός γείωσης
	Κύριος ακροδέκτης γείωσης
	Ηλεκτρικός πίνακας
	Σπινθηριστής
	Ισοδυναμική σύνδεση
	Ηλεκτρική παροχή
	Μονωτική φλάντζα
	Ορατός σωλήνας
	Θαμμένος σωλήνας
	Οδηγός ανελκυστήρα
	Μετρητής



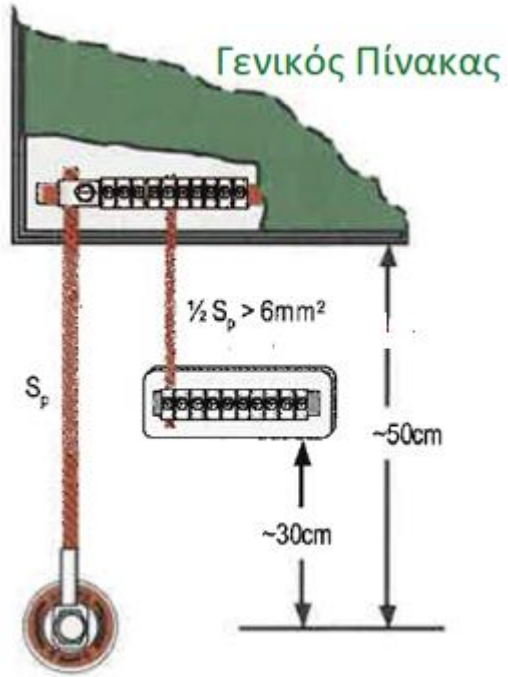
Πηγή: Θεμελιακή Γείωση, Δ. Κόκκινος, ΕΛΕΜΚΟ.

Εξαρτήματα θεμελιακής γείωσης –Ακροδέκτης & ζυγός γείωσης



Α/Α	Περιγραφή
1	Ηλεκτρόδιο ταινίας χάλκινο ή χαλύβδινο 6420252 ή 6401330
2	Σφιγκτήρας χάλκινος 6221830 ή ανάλογος της διατομής του αγωγού γείωσης
3	Αγωγός γείωσης χάλκινος (Πίνακας 4, για διατομές)
4	Σφιγκτήρας χάλκινος 6221820 ή ανάλογος της διατομής του αγωγού γείωσης
5	Ακροδέκτης γείωσης 6524208
6	Ζυγός γείωσης 6600000 ή αντίστοιχος
7	Αγωγός [PE] χάλκινος (Πίνακας 5, για διατομές)
8	Ζυγός [PE] γενικού πίνακα διανομής
9	Σφιγκτήρας οπλισμού 6201000

Γείωση πίνακα μέσω του ζυγού



Απευθείας γείωση πίνακα

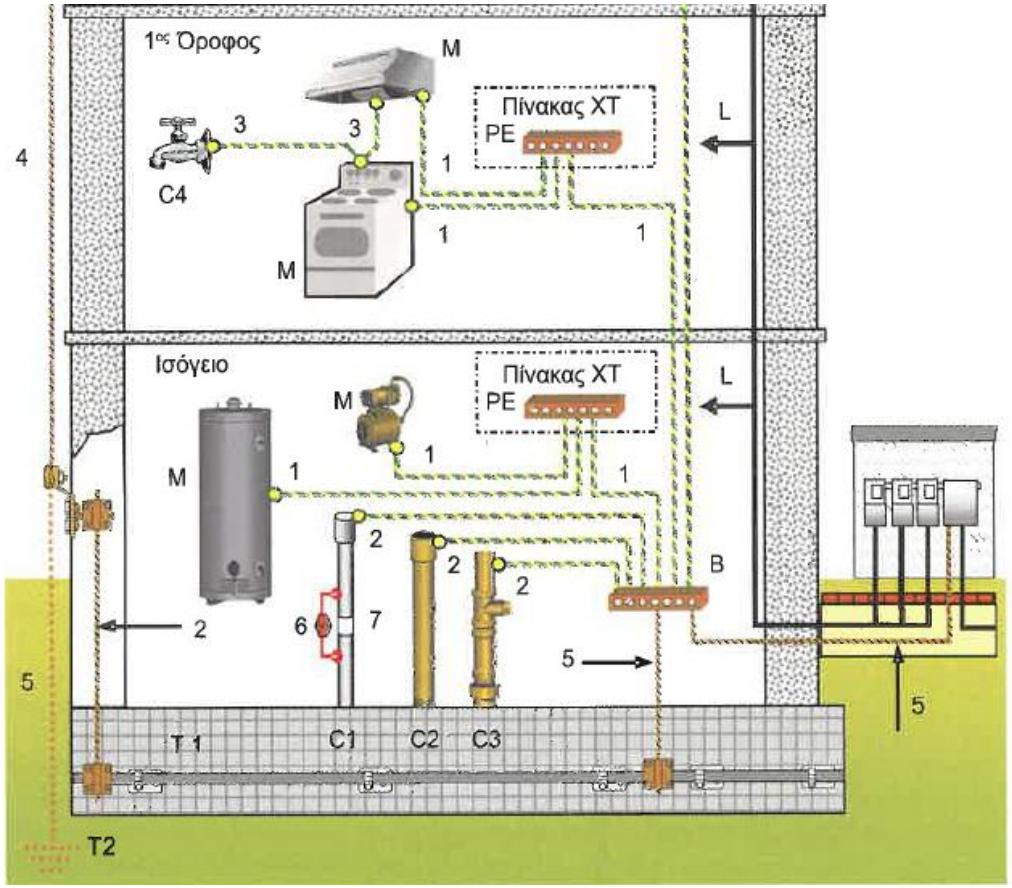
Πίνακας 5. Ελάχιστη διατομή κύριου αγωγού προστασίας PE

Διατομή αγωγών φάσεων παροχής - S - [mm²]	Ελάχιστη διατομή κύριου αγωγού [PE] - S_p - [mm²] (Βάσει των αγωγών φάσεων της παροχής) (1)
S ≤ 16	S(2)
16 < S ≤ 35	16
S > 35	½ x S

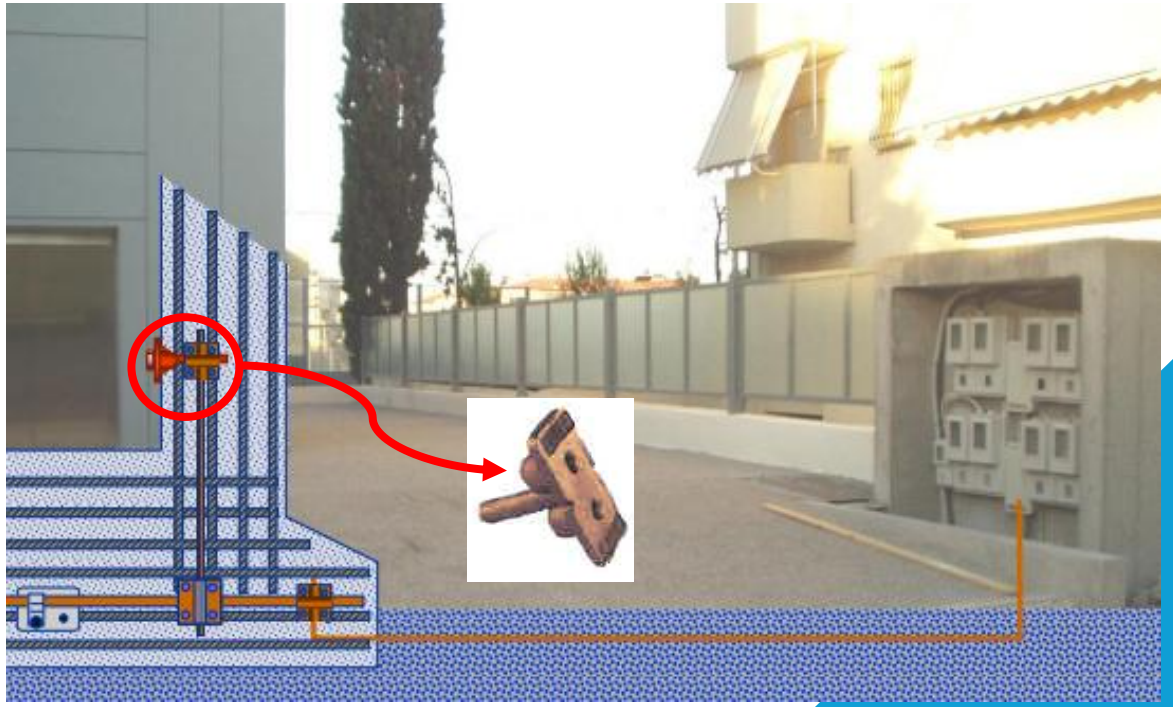
(1) Εάν η θεμελιακή γείωση και ο αντίστοιχος αγωγός γείωσης εξυπηρετεί περισσότερες παροχές, η διατομή του αγωγού επιλέγεται βάσει του αγωγού φάσης της μεγαλύτερης παροχής.

(2) Ελάχιστη διατομή βάσει απαίτησης ΔΕΗ.

Εξαρτήματα θεμελιακής γείωσης –Ακροδέκτης & ζυγός γείωσης



Γείωση μετρητών μέσω του ζυγού

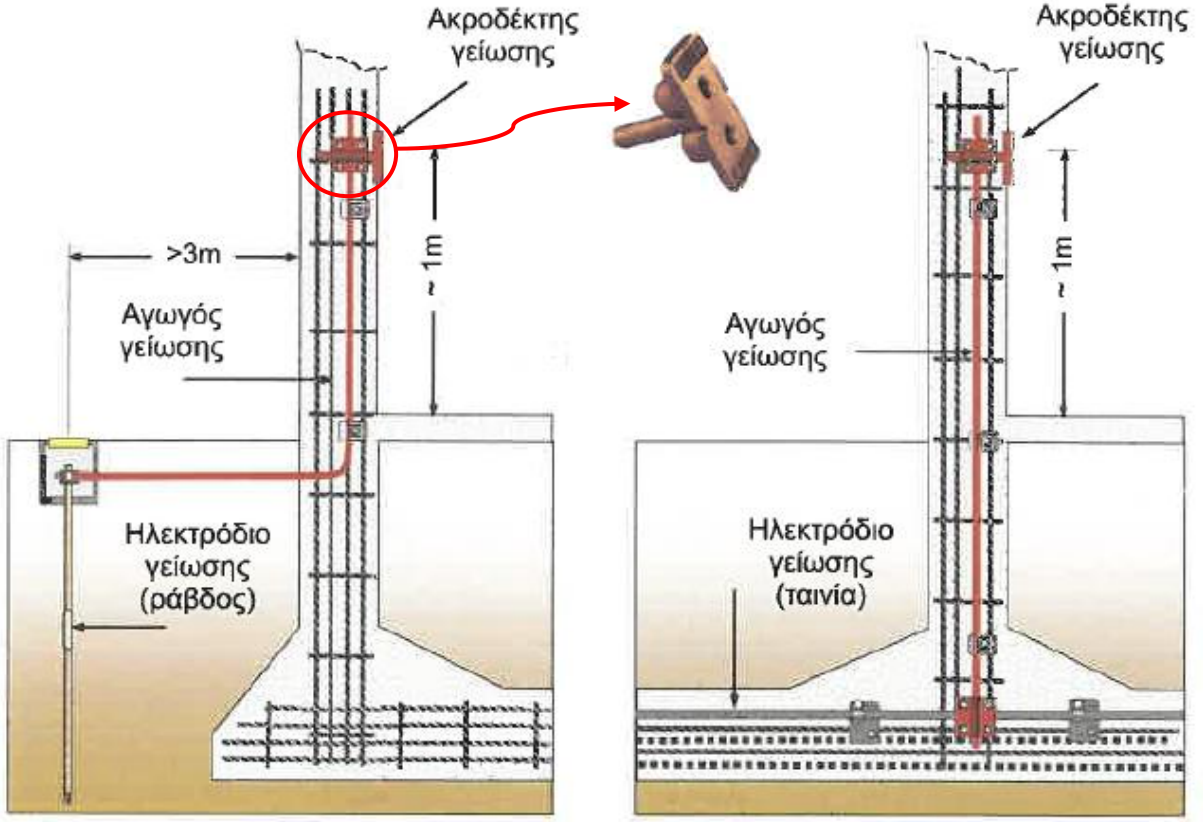


Απευθείας γείωση μετρητών στη θεμελιακή

Πηγή: Θεμελιακή Γείωση, Δ. Κόκκινος, ΕΛΕΜΚΟ.

Εξαρτήματα θεμελιακής γείωσης –Ακροδέκτης & ζυγός γείωσης





Εικόνα 1. Διάταξη γείωσης με κατακόρυφο ηλεκτρόδιο ράβδου εντός του εδάφους και ακροδέκτη γείωσης

Εικόνα 2. Διάταξη γείωσης με το ηλεκτρόδιο εγκιβωτισμένο στο θεμέλιο και ακροδέκτη γείωσης

Πηγή: Θεμελιακή Γείωση, Δ. Κόκκινος, ΕΛΕΜΚΟ.

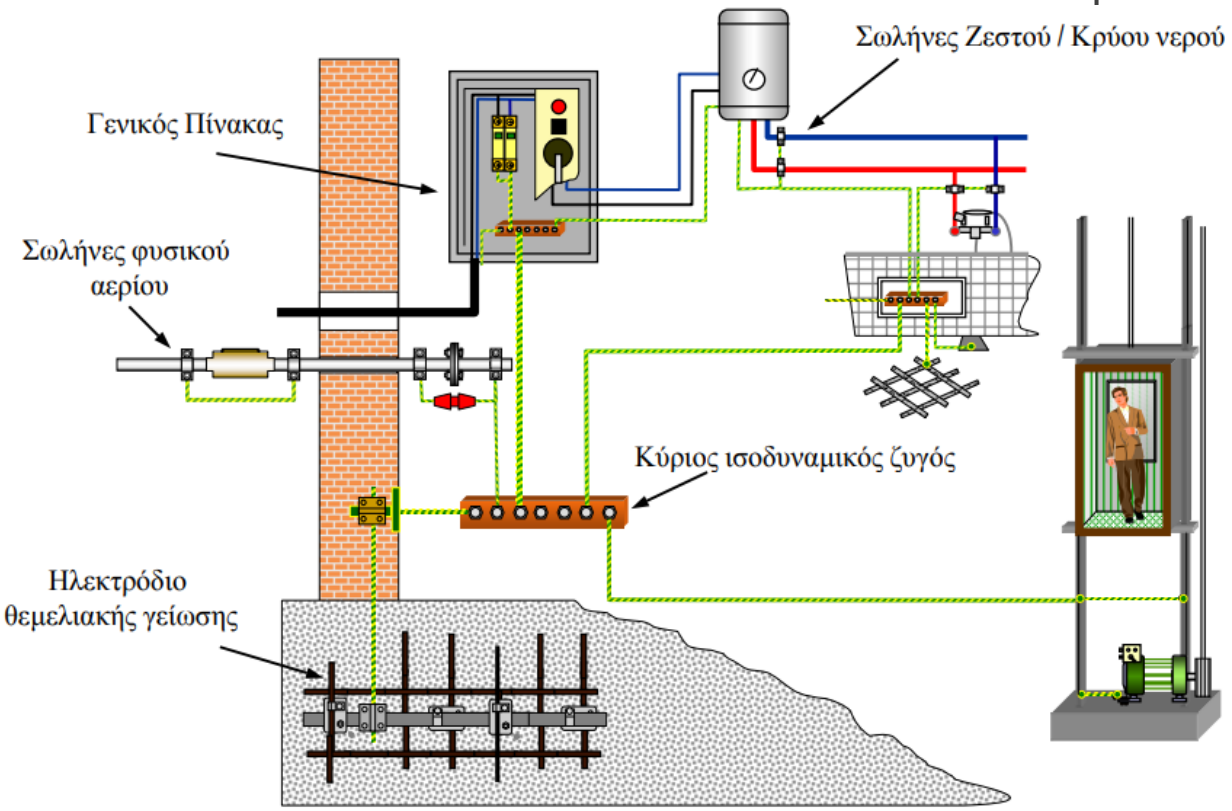
Εξαρτήματα θεμελιακής γείωσης –Αγωγοί ισοδυναμικών συνδέσεων

Οι αγωγοί των ΚΙΣ είναι μονωμένοι ή γυμνοί αγωγοί που συνδέουν, μέσω ενός ακροδέκτη ή ζυγού γείωσης, άμεσα στη θεμελιακή γείωση, όλα τα εισερχόμενα μεταλλικά δίκτυα κοινής ωφέλειας, καθώς επίσης και τα ξένα στοιχεία που βρίσκονται εσωτερικά του κτιρίου

Σε χώρους που προβλέπονται ΣΙΣ, όπως π.χ. λουτρά, κουζίνες κλπ, για ευκολία, τόσο στην πραγματοποίησή τους, όσο και τον μετέπειτα έλεγχό τους είναι καλύτερα να τοποθετείται τοπικά ζυγός γείωσης στον οποίο θα συνδέονται όλα τα εκτεθειμένα αγώγιμα μέρη και τα ξένα στοιχεία. Για λόγους ασφαλείας αλλά και αισθητικούς, οι αγωγοί των ισοδυναμικών συνδέσεων μπορεί να είναι χωνευτοί στον τοίχο και να οδεύουν από τον τοπικό ζυγό, μέσω ηλεκτρολογικών σωλήνων, στα αγώγιμα εκτεθειμένα μέρη και ξένα στοιχεία .

Οι ισοδυναμικοί αγωγοί, ΚΙΣ και ΣΙΣ, συνιστάται να είναι ενιαίου μήκους, χωρίς ενώσεις. Αν αυτό δεν είναι δυνατό οι ενώσεις τους να είναι όσο το δυνατό λιγότερες, οι δε χρησιμοποιούμενοι σύνδεσμοι - σφιγκτήρες για την επιμήκυνσή τους δεν πρέπει να τραυματίζουν τους αγωγούς κατά τη σύνδεσή τους και να είναι κατάλληλου υλικού ώστε να μη προκαλούν διάβρωση στους αγωγούς και στα προς σύνδεση αγώγιμα μέρη και στοιχεία. Η όδευση των αγωγών θα επιλέγεται έτσι ώστε να προστατεύονται από τυχαίες μηχανικές καταπονήσεις.

Η διατομή [S_m] των αγωγών των ΚΙΣ καθώς και των αγωγών των ΣΙΣ προκύπτουν από τον Πίνακα 5 και ικανοποιούν τις απαιτήσεις του κεφαλαίου 547.1.1 και του 547.1.2, του Προτύπου ΕΛΟΤ HD 384.



ΚΙΣ: Κύριες ισοδυναμικές συνδέσεις
ΣΙΣ: Συμπληρωματικές ισοδυναμικές συνδέσεις

Πηγή: Θεμελιακή Γείωση, Δ. Κόκκινος, ΕΛΕΜΚΟ.

Εξαρτήματα θεμελιακής γείωσης –Αγωγοί ισοδυναμικών συνδέσεων

Διατομές αγωγών ΚΙΣ και ΣΙΣ

	Διατομή αγωγού ΚΙΣ - S_m - [mm^2]	Διατομή αγωγού ΣΙΣ - S_a - [mm^2]	
Κανονική	½ x S_p	Μεταξύ δύο εκτεθειμένων μερών	Ίση με τη μικρότερη διατομή PE
		Μεταξύ ενός εκτεθειμένου μέρους και ενός ξένου στοιχείου	Ίση με το ½ της διατομής PE
Ελάχιστη	6 mm^2 για αγωγό Cu (1)	Με μηχανική προστασία	2,5 mm^2 για αγωγό Cu (1)
		Χωρίς μηχανική προστασία	4 mm^2 για αγωγό Cu (1)
Μέγιστη	25 mm^2 για αγωγό Cu (1)	-	-

(1) Ή ισοδύναμης αγωγιμότητας χάλκινου αγωγού

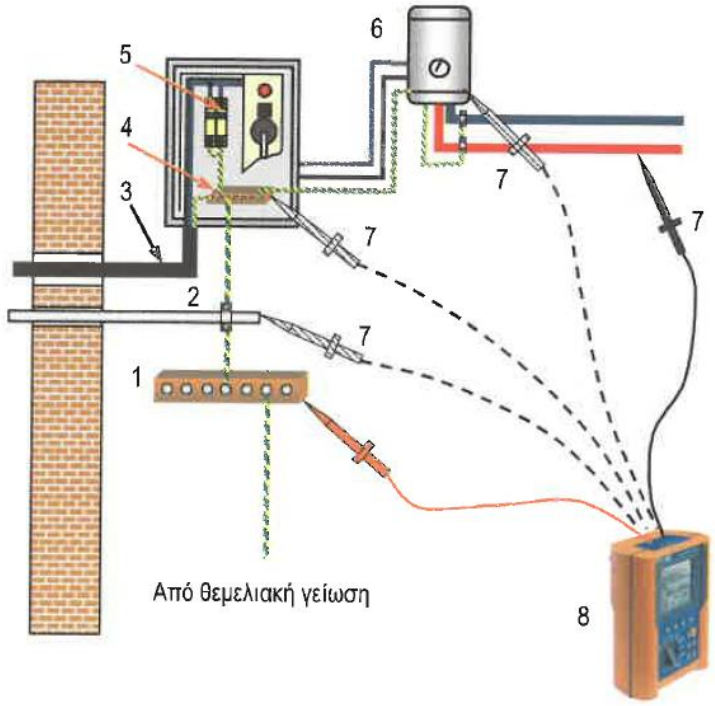




Πηγή: Θεμελιακή Γείωση, Δ. Κόκκινος, ΕΛΕΜΚΟ.

Εξαρτήματα θεμελιακής γείωσης –Αγωγοί ισοδυναμικών συνδέσεων

Ο έλεγχος συνέχειας των αγωγών προστασίας [PE], καθώς και των αγωγών κύριας (ΚΙΣ) και συμπληρωματικής (ΣΙΣ) ισοδυναμικής προστασίας πρέπει να γίνεται τουλάχιστον μετά την ολοκλήρωση των εργασιών της ηλεκτρικής εγκατάστασης, μετά από γενικές επισκευές και μετά την εγκατάσταση πρόσθετων ηλεκτρικών συσκευών που έχουν μόνιμη σύνδεση στην ηλεκτρική εγκατάσταση.



Οι βασικότεροι έλεγχοι συνέχειας των αγωγών προστασίας [PE] πραγματοποιούνται μεταξύ:

- του κύριου ακροδέκτη ή ζυγού γείωσης και του κύριου ζυγού [PE] του γενικού πίνακα,
- του ακροδέκτη [PE] των ρευματοδοτών και του ζυγού [PE] των πινάκων απ' όπου τροφοδοτούνται,
- των εκτεθειμένων αγώγιμων μερών (θερμοσίφωνες, ηλεκτρικά μαγειρεία κλπ.), συσκευών συνδεδεμένων μόνιμα στην εγκατάσταση και του ζυγού [PE] των πινάκων απ' όπου τροφοδοτούνται.

Για τον έλεγχο της συνέχειας των αγωγών ΚΙΣ και ΣΙΣ η μέτρηση γίνεται με το ίδιο όργανο μεταξύ του κύριου ζυγού γείωσης ή του τοπικού ζυγού γείωσης και των:

- μεταλλικών σωληνώσεων παροχών (π.χ. νερού, αερίου),
- μεταλλικών σωληνώσεων κεντρικής θέρμανσης και κλιματισμού,
- μεταλλικών στοιχείων της κατασκευής του κτιρίου,
- του μεταλλικού οπλισμού σκυροδέματος του κτιρίου,
- μανδύα των καλωδίων τηλεπικοινωνίας, (εάν υπάρχει).

Επίδραση Γείωσης στις τάσεις επαφής

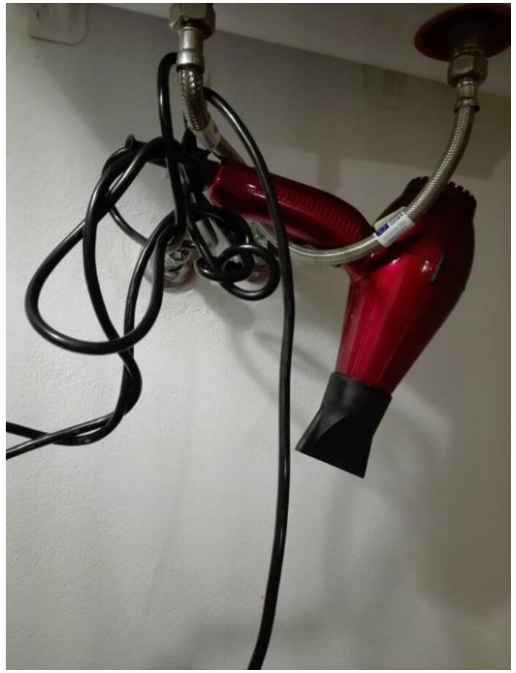
Σημασία ισοδυναμικών συνδέσεων στην ασφάλεια της εγκατάστασης

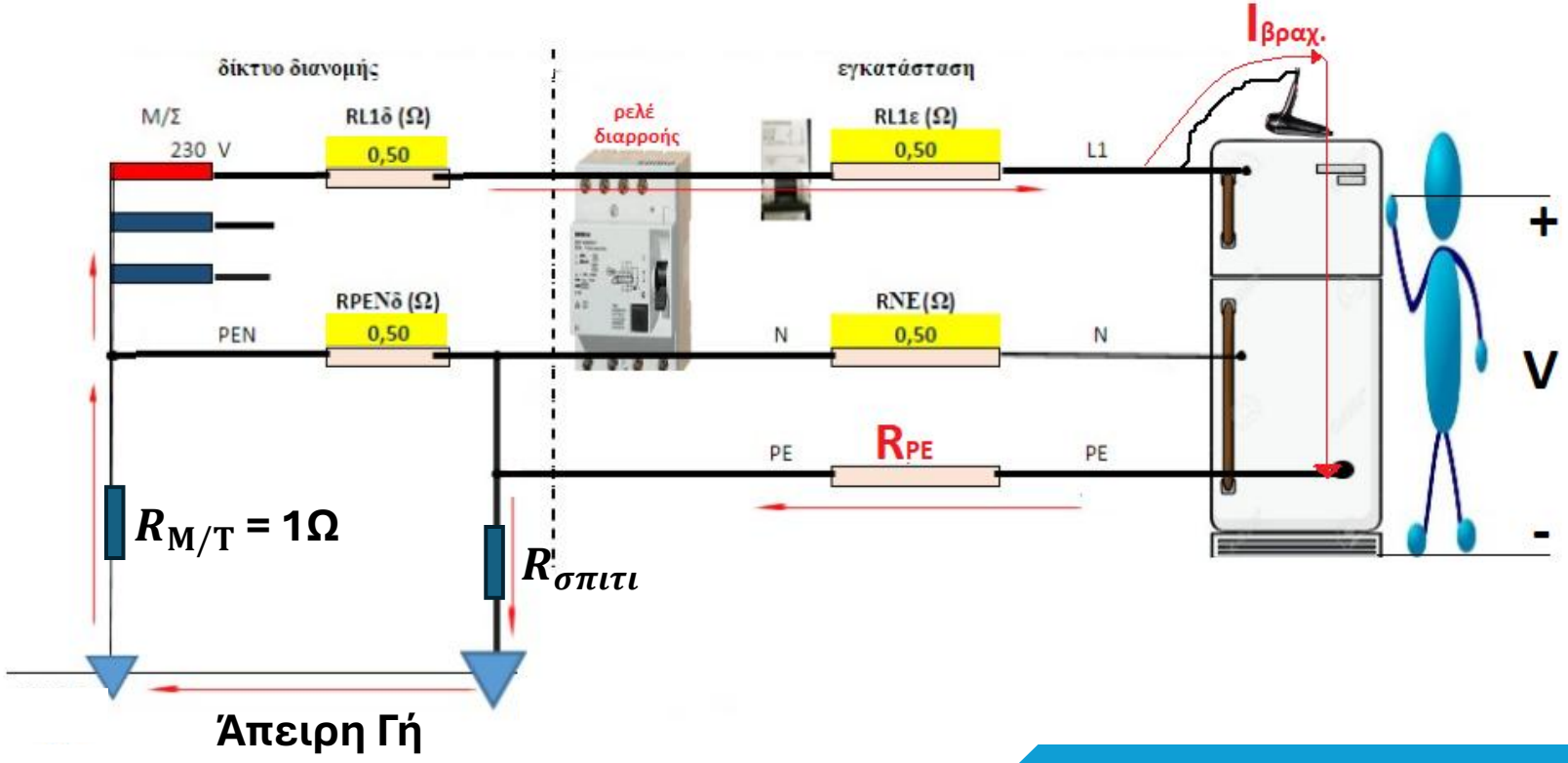
Έστω ότι ακουμπάμε ένα σεσουάρ επάνω σε μία μεταλλική επιφάνεια (π.χ. σωλήνας νερού, καλοριφέρ κτλ.). Σε περίπτωση που το καλώδιό του είναι φθαρμένο, η μεταλλική επιφάνεια θα βρεθεί υπό τάση.

A. Υπολογίστε την τάση επαφής του ανθρώπου (ως προς άπειρη γη) για τις παρακάτω περιπτώσεις

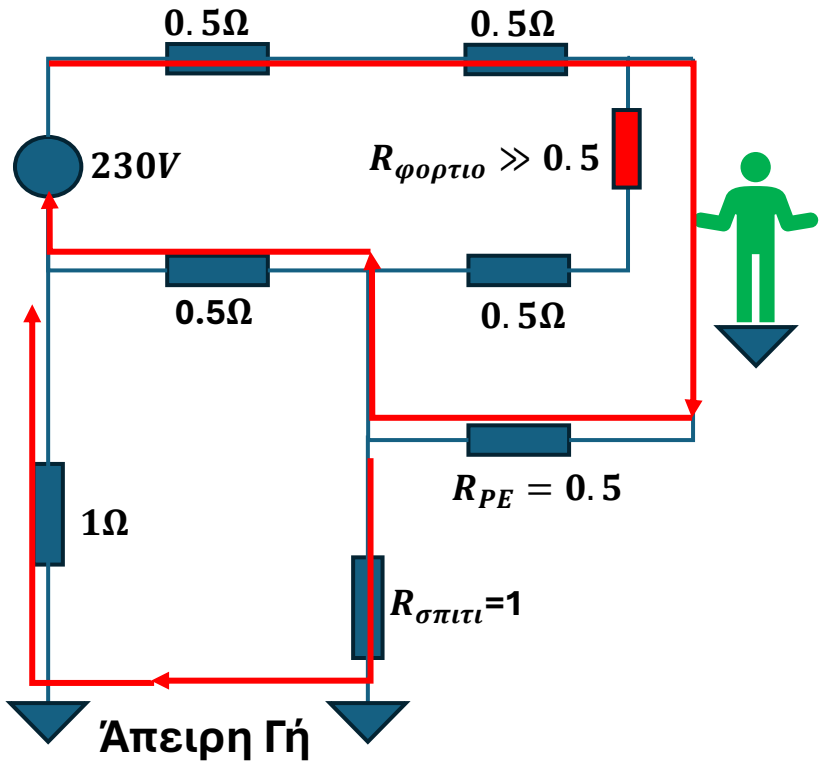
A) R_{PE}=0.5Ω και $R_{σπιτι}$=1 Ω , B) R_{PE}=0.5Ω και $R_{σπιτι}$=10Ω , C) R_{PE}=1Ω και $R_{σπιτι}$=1Ω

B. Ποια η μέγιστη R_{PE} ώστε να είναι ασφαλής η εγκατάσταση, εάν αυτή προστατεύεται με i) ρελέ διαρροής 30mA, ή β) τηκτή ασφάλεια 20 A, με τήξη 40A/5s;

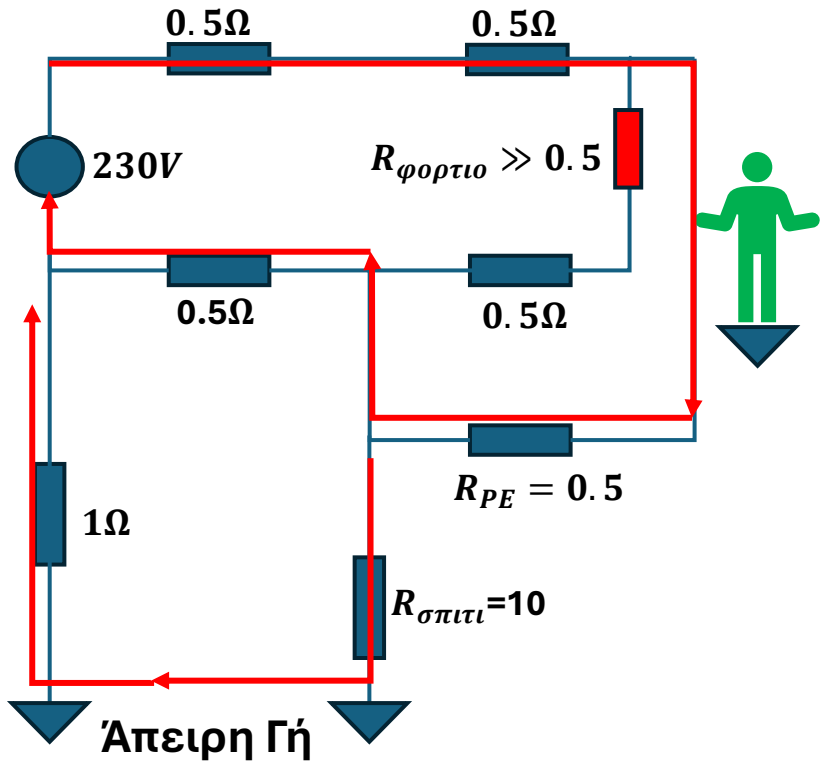




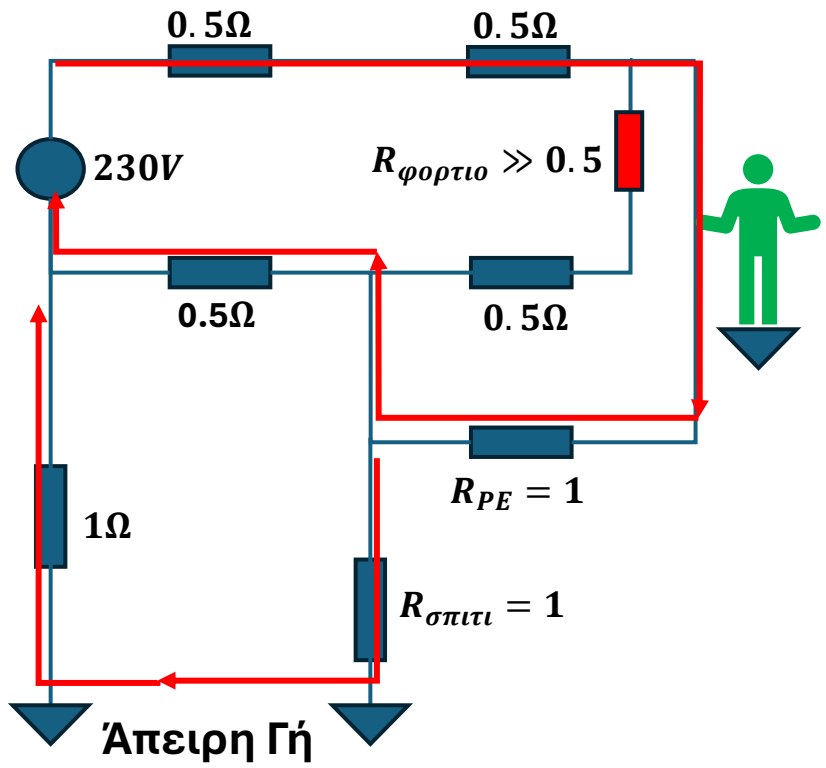
Σημασία γείωσης στην ασφάλεια της εγκατάστασης



Ισοδύναμο κύκλωμα
(περίπτωση Α)



Ισοδύναμο κύκλωμα
(περίπτωση Β)



Ισοδύναμο κύκλωμα
(περίπτωση C)

Εξαρτήματα θεμελιακής γείωσης –Περιμετρικός ζυγός γείωσης ισοδυναμικών συνδέσεων







Σε κτήρια που διαθέτουν πολλά εισερχόμενα δίκτυα με μεταλλικές επιφάνειες, προβλέπονται είτε πρόσθετοι ακροδέκτες και ζυγοί γείωσης, είτε ένας ορατός **περιμετρικός ζυγός γείωσης** υπό μορφή κλειστού δακτυλίου, εσωτερικά του κτηρίου (βλ. σχήματα), που συνδέει ισοδυναμικά όλα τα προσβάσιμα μεταλλικά μέρη των δικτύων, συσκευών κτλ.

Πηγή: Θεμελιακή Γείωση, Δ. Κόκκινος, ΕΛΕΜΚΟ.

Εξαρτήματα θεμελιακής γείωσης –Περιμετρικός ζυγός γείωσης ισοδυναμικών συνδέσεων



Πηγή: Θεμελιακή Γείωση, Δ. Κόκκινος, ΕΛΕΜΚΟ.

Πηγή: Η τεχνική της Θεμελιακής Γείωσης, ΕΛΕΜΚΟ.

Οδηγίες εγκατάστασης ηλεκτροδίου θεμελιακής γείωσης



Βήμα 1. Τοποθετούμε την κουλούρα της γαλβανισμένης ή της χάλκινης ταινίας κατακόρυφα.



Βήμα 2. Κόβουμε τα τσέρκια που συγκρατούν τυλιγμένη την κουλούρα, κρατώντας με δύναμη την κουλούρα γιατί υπάρχει κίνδυνος να ξετυλιχτεί σαν ελατήριο.

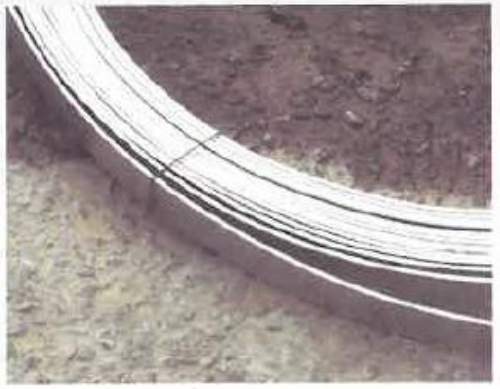




Βήμα 3. Στερεώνουμε σταθερά το ένα άκρο της ταινίας και ξετυλίγουμε όσο μήκος χρειάζεται για την εγκατάσταση, κρατώντας με δύναμη την κουλούρα γιατί υπάρχει κίνδυνος να ξετυλιχτεί σαν ελατήριο.

ΓΕΝΙΚΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ

Η ταινία μπορεί να είναι και χάλκινη. Τα πρότυπα ΕΛΟΤ ΕΝ 62305-3:2006, §Ε.5.4.3.2, ΕΛΟΤ HD 60364-5-54, Table 54.1 και IEC 62305-3, §Ε.5.4.3.2, προβλέπουν τη χρήση και την άμεση σύνδεση χαλκού και οπλισμού εντός του σκυροδέματος της θεμελίωσης, διότι εντός του σκυροδέματος έχουν το ίδιο ηλεκτροχημικό δυναμικό.



Βήμα 4. Δένουμε με ένα σύρμα την κουλούρα που δεν έχουμε ξετυλίξει.



Βήμα 5. Κόβουμε το κομμάτι της ταινίας που έχουμε ξετυλίξει.



Βήμα 6. Ισιώνουμε την ταινία όπου χρειάζεται (κυρίως στις άκρες) με τον ισιωτήρα κωδικού ΕΛΕΜΚΟ 6900100.



Βήμα 7. Απαιτούμενα εργαλεία τοποθέτησης της ταινίας θεμελιακής γείωσης:
1, 2, 3 : Γερμανοπολύγωνα, 10, 13, 17,
4 : Καστάνια,
5, 6 : Καρυδάκια 10, 13, 17.

Πηγή: Η τεχνική της Θεμελιακής Γείωσης, ΕΛΕΜΚΟ.

Οδηγίες εγκατάστασης ηλεκτροδίου θεμελιακής γείωσης



Βήμα 8. Περνάμε την ταινία μέσα από τον οπλισμό των περιμετρικών δοκαριών, προσέχοντας να απέχει τουλάχιστον 50mm από τον πυθμένα της θεμελίωσης και τουλάχιστον 50mm από το ξυλότυπο.



Βήμα 9. Στερεώνουμε αρχικά τον σφιγκτήρα κωδικού ΕΛΕΜΚΟ 6201000, σε ένα σίδερο του οπλισμού, χρησιμοποιώντας τη μία σιαγώνα.





Βήμα 10. Μετά τη στερέωση του σφιγκτήρα περνάμε την ταινία στην άλλη σιαγόνα, προσέχοντας ώστε να έχει κατακόρυφη θέση και να τηρούνται οι αποστάσεις που αναφέρονται στο Βήμα 8. Στη συνέχεια τη βιδώνουμε.



Βήμα 11. Λεπτομέρεια στήριξης - σύνδεσης σφιγκτήρα κωδικού ΕΛΕΜΚΟ 6201000, επί του οπλισμού, την οποία επαναλαμβάνουμε σε κάθε 2m μήκος της ταινίας.

ΓΕΝΙΚΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ

Η εγκατάσταση όλων των σφιγκτήρων στη θεμελιακή γείωση γίνεται με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε τα περικόχλια (παξιμάδια) των βιδών να "βλέπουν" προς την πλευρά που δουλεύουμε έτσι ώστε να είναι εύκολη η σύσφιξή τους με τα κλειδιά ή την καστάνια.



Βήμα 12. Λεπτομέρεια στήριξης - σύνδεσης ταινίας θεμελιακής γείωσης σε οπλισμό με σφιγκτήρα κωδικού ΕΛΕΜΚΟ 6201000.



Βήμα 13.Αποφεύγουμε τα γωνιάσματα της ταινίας και σχηματίζουμε ανοιχτές καμπύλες. Στις θέσεις αυτές στηρίζουμε τον υπόλοιπο οπλισμό με δύο σφιγκτήρες, έναν πριν και ένα μετά την καμπύλη.



Βήμα 14. Την επιμήκυνση ή διακλάδωση των ταινιών την πραγματοποιούμε με σφιγκτήρες κωδικού ΕΛΕΜΚΟ 6201833.



Βήμα 15. Αναμονές (δηλ. αγωγοί γείωσης[1]) από τη θεμελιακή γείωση προς το εσωτερικό του κτιρίου για ισοδυναμικές συνδέσεις. Μπορούμε να τις εκτελούμε με γαλβανισμένο αγωγό Ø8mm ή Ø10mm, που τον οποίο τον ισιώνουμε πριν τον τοποθετήσουμε με ισιωτήρα, κωδικού ΕΛΕΜΚΟ 6900100.

[1] *Σύμφωνα με τα πρότυπα οι αναμονές από τη θεμελιακή γείωση προς τους ακροδέκτες ή τους ζυγούς γείωσης ονομάζονται "αγωγοί γείωσης", (βλ. ΕΛΟΤ HD 384 §202.04.07).*

Πηγή: Η τεχνική της Θεμελιακής Γείωσης, ΕΛΕΜΚΟ.

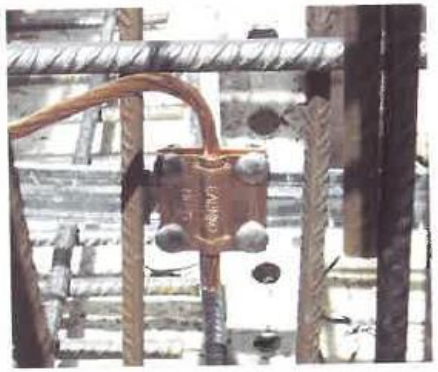
Οδηγίες εγκατάστασης ηλεκτροδίου θεμελιακής γείωσης



Βήμα 16. Συνδέουμε των "αγωγό γείωσης" (δηλ. την αναμονή) με την ταινία η οποία έχει σφιγκτήρα κωδικού ΕΛΕΜΚΟ 6201830.



Βήμα 17. Τους γαλβανισμένους "αγωγούς γείωσης", πρέπει να τους στηρίζουμε και να τους συνδέουμε με τον οπλισμό, με σφιγκτήρες κωδικού ΕΛΕΜΚΟ 6201000,σε κάθε 2m μήκος του αγωγού, μέχρι τη σύνδεσή τους με τον ακροδέκτη γείωσης.



Βήμα 18. "Αγωγοί γείωσης" που καταλήγουν στον Γενικό Πίνακα διανομής προτιμότερο να είναι χάλκινοι. Τη σύνδεσή τους με την ταινία την εκτελούμε με σφιγκτήρα κωδικού ΕΛΕΜΚΟ 6221835, για αγωγούς γείωσης 16 ÷35mm^2 και 6221830 για αγωγούς 50 ÷70mm^2.



Βήμα 19. Τους χάλκινους "αγωγούς γείωσης", τους στηρίζουμε και τους συνδέουμε με τον οπλισμό, με σφιγκτήρες κωδικού ΕΛΕΜΚΟ 6201004, σε κάθε 1m μήκος του αγωγού, μέχρι τη σύνδεσή τους με τον ακροδέκτη γείωσης.



Βήμα 20. Πριν τη σύνδεση του "αγωγού γείωσης" με τον ακροδέκτη, τον καρφώνουμε με δύο καρφιά που τα περνάμε από τις τρύπες που έχει ο ακροδέκτης σε εσωτερική επιφάνεια ξυλότυπου κολώνας ή τοιχίου. Για το λόγο αυτό η στήριξή του πρέπει να γίνει πριν κλείσει ο ξυλότυπος.



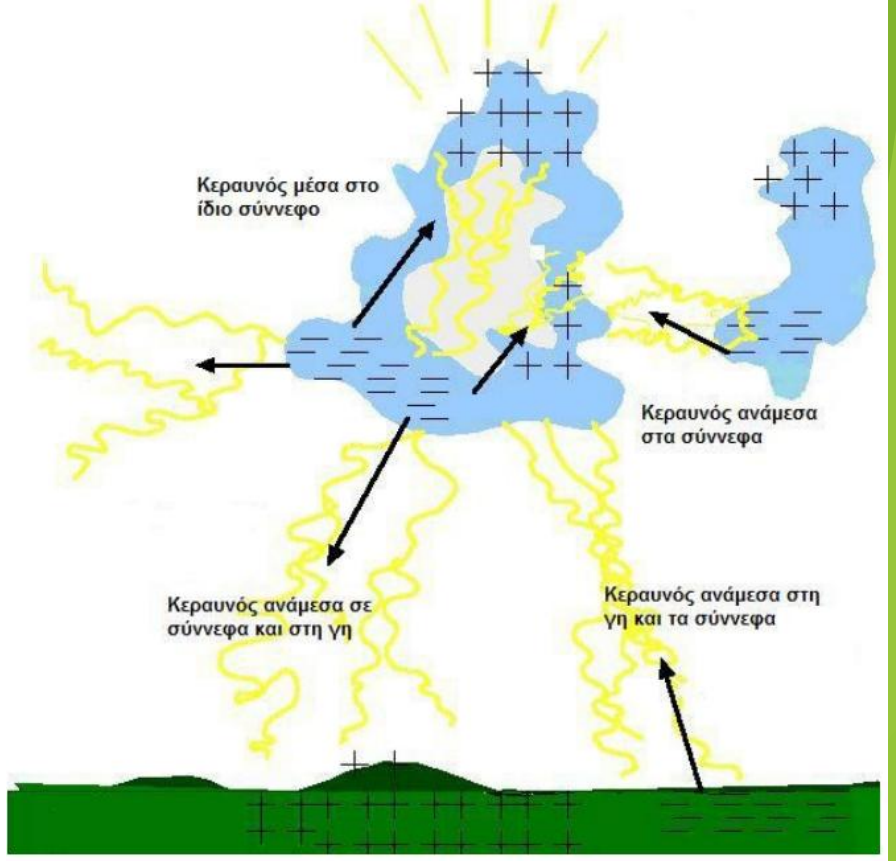
Βήμα 21. Συνδέουμε τον αγωγό γείωσης με τον ακροδέκτη με σφιγκτήρα κωδικού ΕΛΕΜΚΟ 6221835, για αγωγούς γείωσης 16÷35mm^2 και 6221830, για αγωγούς 50÷70mm^2 και ∅8mm ή ∅10mm .

Κεφάλαιο 6

Αντικεραυνική προστασία

Φαινόμενο κεραυνού

Η εμφάνιση ηλεκτρικών εκκενώσεων στην ατμόσφαιρα, μεταξύ νεφών ή νεφών και εδάφους, είναι ένα φυσικό φαινόμενο, αρκετά έντονο και εντυπωσιακό. Γενεσιουργός αιτία είναι ο σχηματισμός κατανομών ηλεκτρικού φορτίου στα νέφη, ως αποτέλεσμα μηχανισμών διαχωρισμού φορτίου, που επιδρούν σε σταγόνες νερού ή σε κρυστάλλους πάγου. Αποτέλεσμα η ανάπτυξη ηλεκτρικού πεδίου, του οποίου η ένταση, όταν υπερβεί τα 100kV/m, μπορεί να υποστηρίξει την εμφάνιση ηλεκτρικών εκκενώσεων. Τέτοιες εκκενώσεις αφορούν την εξουδετέρωση φορτίου και εμφανίζονται είτε εντός των νεφών, οπότε μπορούν να επιδράσουν επίγειες κατασκευές μέσω ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών (Electro Magnetic Pulse, EMP), είτε μεταξύ των νεφών και του εδάφους, οπότε παρατηρούνται άμεσα πλήγματα στο έδαφος και άρα και σε κατασκευές, λόγω της μετακίνησης του ηλεκτρικού φορτίου.



Πηγή: Σιδεράκης Κ., Αντικεραυνική προστασία και γειώσεις σε φωτοβολταϊκά







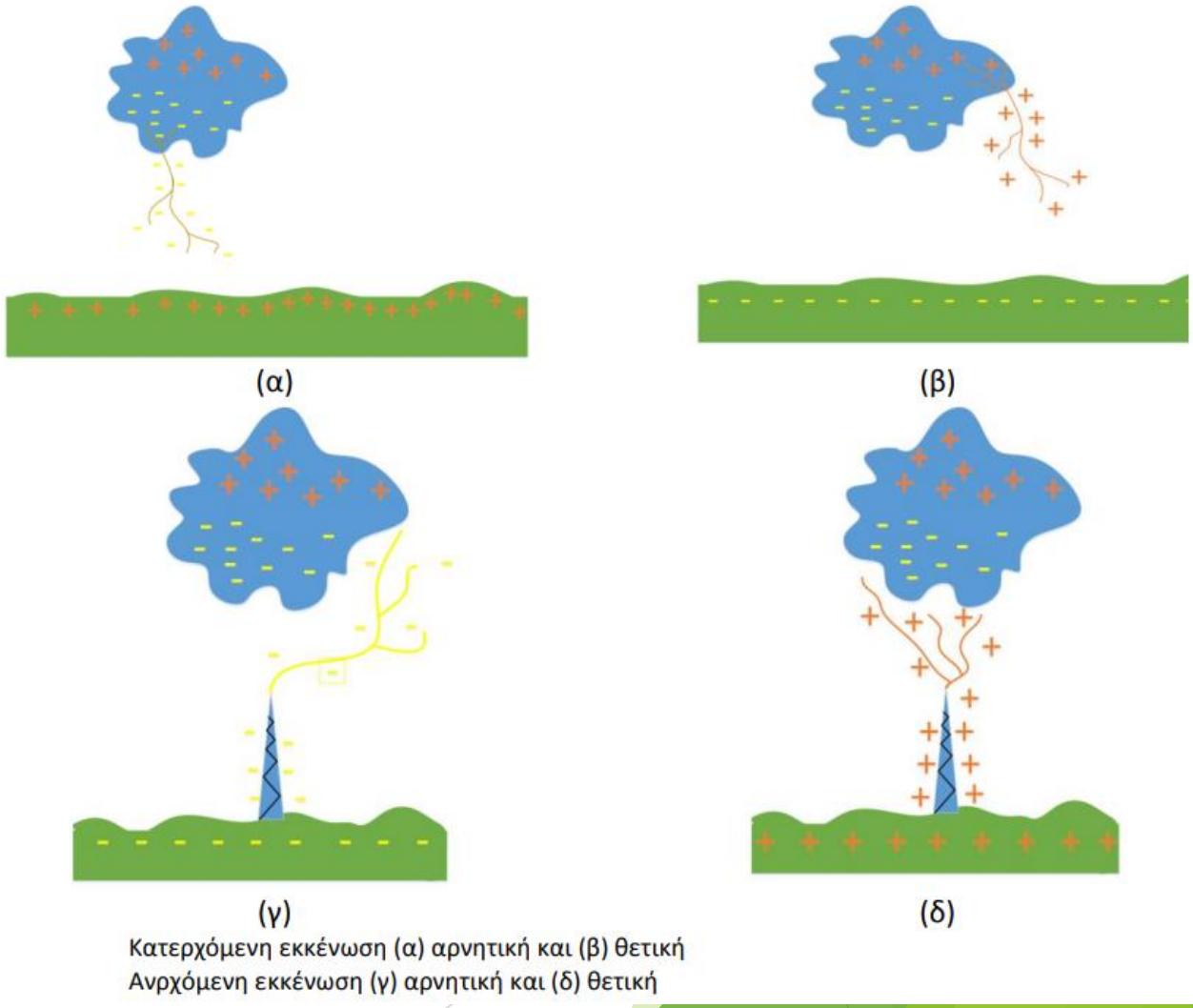
Είδη κεραυνών μεταξύ σύννεφου-γης

Οι κεραυνικές εκκενώσεις περιγράφονται με τις παρακάτω παραμέτρους

- **Η πολικότητα**
  Καθορίζεται από το πρόσημο του φορτίου που μεταφέρεται και εξαρτάται από την γεωγραφική θέση. Στην πλειοψηφία τους (90%) οι κεραυνού φέρουν αρνητικό φορτίο.

- **Η κατεύθυνση**
  Καθορίζεται από το σημείο εκκίνησης του κεραυνού, διακρίνονται σε ανερχόμενους και κατερχόμενους. Σημειώνεται ότι σε κάθε κεραυνό μπορεί να παρατηρηθεί κατερχόμενη και ανερχόμενη εκκένωση, λαμβάνεται υπόψη η πρώτη χρονικά, η οποία έχει και μεγαλύτερη έκταση. Η διαφορά φαίνεται και στην διασπορά της εκκένωσης.

- **Το ρεύμα**
  Το ρεύμα ενός κεραυνικού πλήγματος συνήθως αποτελείται από μια ακολουθία κρουστικών και παλμικών ρευμάτων,



Κατερχόμενη εκκένωση (α) αρνητική και (β) θετική
Ανρχόμενη εκκένωση (γ) αρνητική και (δ) θετική

Πηγή: Σιδεράκης Κ., Αντικεραυνική προστασία και γειώσεις σε φωτοβολταϊκά

Αντικεραυνική προστασία



Υπάρχει ο γνωστός μύθος ότι η εκκλησία του χωριού, μπορεί να προστατέψει όλο το χωριό. Δυστυχώς δεν ισχύει και το παράδειγμα από άμεσο κεραυνό στο καμπαναριό τον Ι.Ν. Αγίου Νεκταρίου στην Καμάριζα Αττικής, το αποδεικνύει. Εάν το αλεξικέραυνο που ήταν τοποθετημένο στον τρούλο της εκκλησίας δεν κατάφερε να προστατέψει το καμπαναριό που απέχει μόνο 20 μέτρα απόσταση, πως άραγε θα μπορούσε να προστατέψει όλο το χωρίο?

Πηγή: Ν. Κόκκινος, ΕΛΕΜΚΟ

Προβλήματα από κεραυνούς

Πηγή: Ν. Κόκκινος, Προστασία ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συστημάτων από υπερτάσεις, ΕΛΕΜΚΟ

Δυστυχώς ο κεραυνός παρότι είναι ένα ηλεκτρικό φαινόμενο δεν μπορεί να αντιμετωπιστεί με τους βασικούς κανόνες της ηλεκτροτεχνίας. Το ρεύμα του κεραυνού δεν έχει μια είσοδο, όπως έχει για παράδειγμα η παροχή των 230/400V_{AC}, 50Hz. Είναι εξίσου πιθανό η είσοδος του σε μια ηλεκτρολογική εγκατάσταση να είναι είτε από τους ενεργούς αγωγούς, είτε από τα καλώδια τηλεφωνίας, ή από το δίκτυο των υπολογιστών ή των καλωδίων κεραίας τηλεόρασης, είτε ακόμα και από τους αγωγούς προστασίας (γείωσης).

Υπερτάσεις μεγαλύτερες από την αντοχή, που μπορούν να δεχθούν ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές, είναι δυνατόν να προκαλέσουν ακαριαία ή βαθμιαία φθορά σε αυτές. Τα χαρακτηριστικά των υπερτάσεων εξαρτώνται από την πηγή που τις δημιούργησε. Μια από τις πιο επικίνδυνες και πολύπλοκες πηγές υπερτάσεων είναι και ο κεραυνός.

Η πτώση ενός κεραυνού σε ένα εναέριο ενεργειακό δίκτυο μπορεί να προκαλέσει καταστροφές τόσο στα στοιχεία διανομής του δικτύου, όπως μετασχηματιστές (βλ. Εικόνα 1), όσο και στα στοιχεία που ανήκουν στη μεριά του καταναλωτή.



Εικόνα 1: Καταστροφή μονωτικών μετασχηματιστή από πτώση κεραυνού στο ενεργειακό δίκτυο

Προβλήματα από κεραυνούς

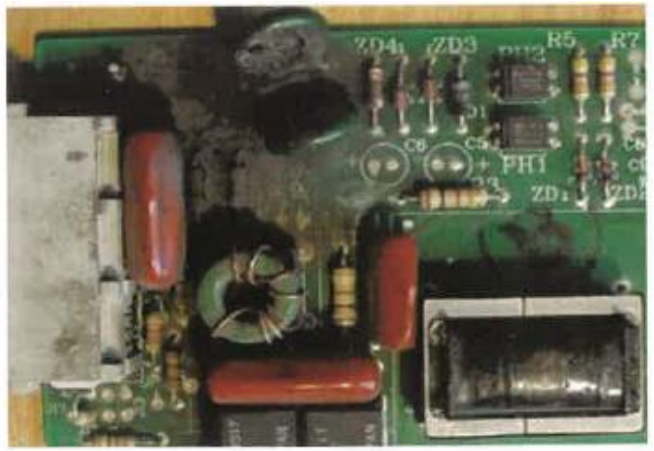
Πηγή: Ν. Κόκκινος, Προστασία ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συστημάτων από υπερτάσεις, ΕΛΕΜΚΟ



Εικόνα 5: Εκδήλωση πυρκαγιάς από πολλαπλά βραχυκυκλώματα οφειλόμενα σε καταστροφή μονώσεων καλωδίων από κρουστικές υπερτάσεις



Εικόνα 6: Εκδήλωση πυρκαγιάς από πολλαπλά βραχυκυκλώματα οφειλόμενα σε καταστροφή μονώσεων καλωδίων από κρουστικές υπερτάσεις



Εικόνα 7: Καταστροφή σε ηλεκτρονικά κυκλώματα οφειλόμενη σε κρουστικές υπερτάσεις



Εικόνα 8: Καταστροφή ηλεκτρονικής πλακέτας επικοινωνίας από κρουστικές υπερτάσεις



Εικόνα 9: Καταστροφή ηλεκτρικής διάταξης αυτοματισμού από κρουστικές υπερτάσεις

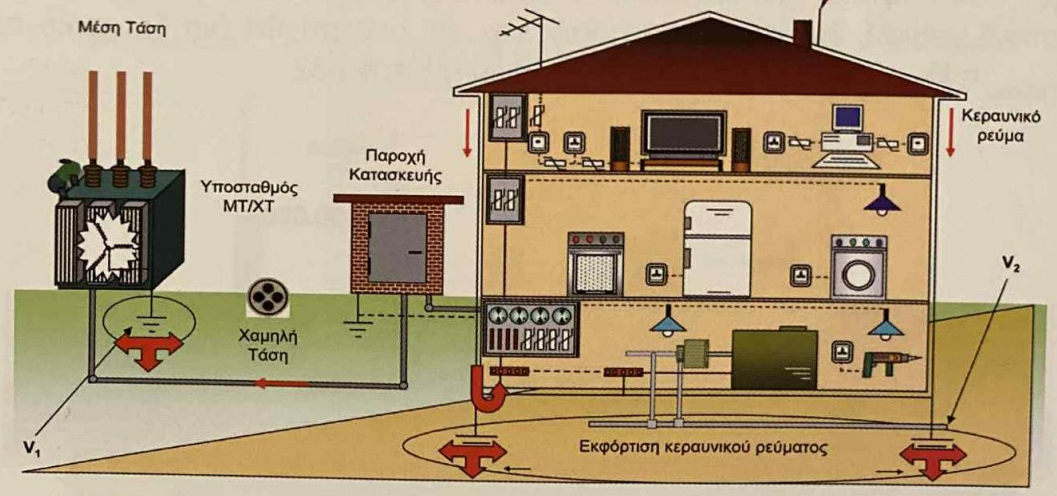
Προβλήματα από κεραυνούς



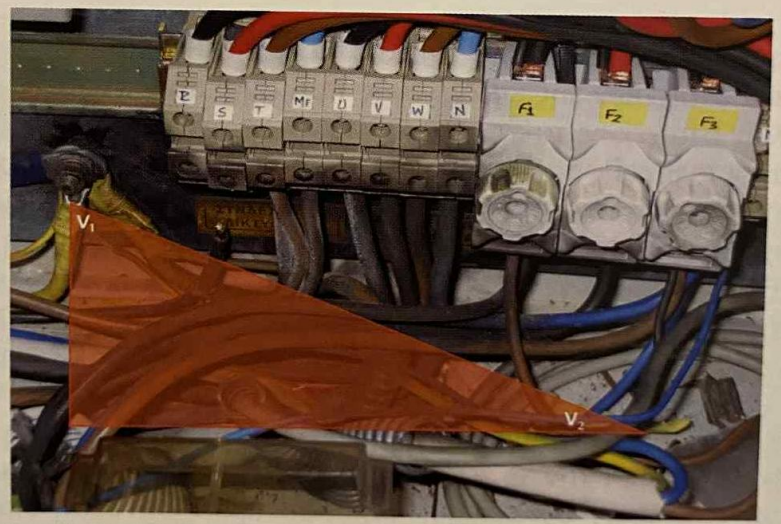
Εικόνα 11: Στατιστικά κεραυνικής δραστηριότητας, πηγή Εθνικό Αστεροσκοπείο & εφημερίδα ΕΘΝΟΣ

Πηγή: Ν. Κόκκινος, Προστασία ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συστημάτων από υπερτάσεις, ΕΛΕΜΚΟ

Προβλήματα από κεραυνούς

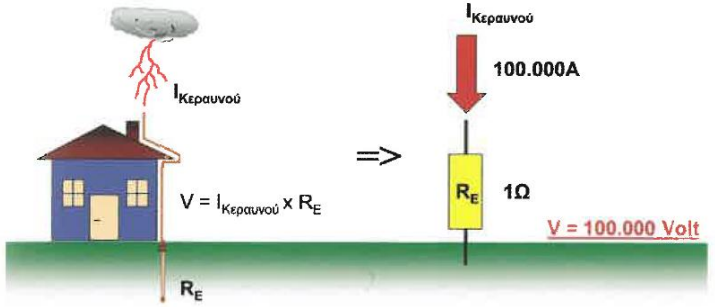


Εικόνα 33: Αποτέλεσμα άμεσης κεραυνοπληξίας σε κτίριο που διαθέτει σύστημα εξωτερικής αντικεραυνικής προστασίας – ΣΑΠ.



v_1= Δυναμικό στην τοπική γείωση της κατασκευής v_2= Δυναμικό στην τοπική γείωση του υποσταθμού

Παράδειγμα : $V_1 = V_{φάσης} = 230V_{AC}$ και θεωρώντας ότι $V_2 = R_{γείωσης} \times I_{κεραυνού}$, και έστω ότι $R_{γείωσης} = 1Ω$ και $I_{κεραυνού} =$ 100kA τότε $V^2 = 100kV$, που σημαίνει ότι μεταξύ των κλεμών των φάσεων και του ακροδέκτη γείωσης θα δημιουργηθεί μια διαφορά δυναμικού 100kV, η οποία μπορεί να προκαλέσει ηλεκτρικό τόξο και ανεξέλεγκτη ροή του κεραυνικού ρεύματος στο εσωτερικό των καλωδιώσεων της ηλεκτρικής εγκατάστασης.

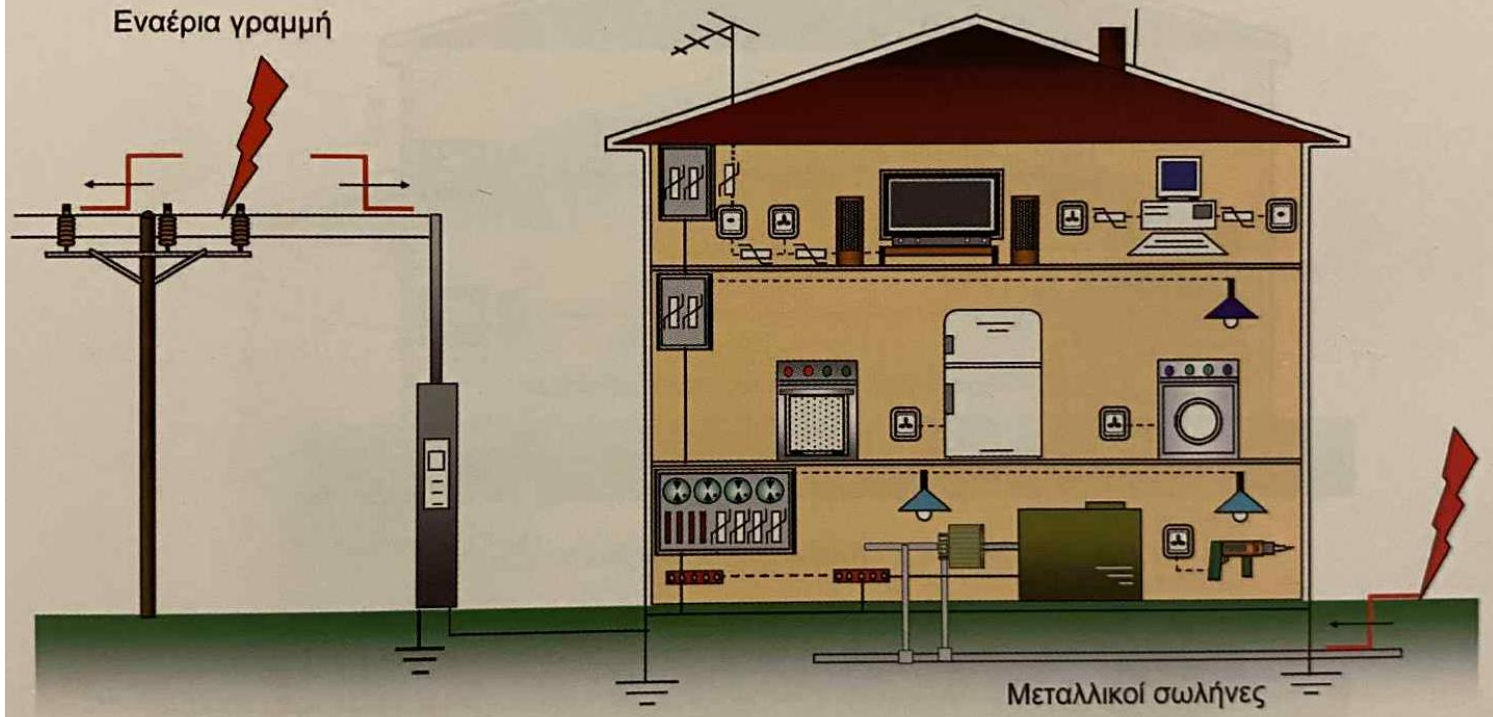


Εικόνα 32: Ανάπτυξη δυναμικού τοπικής γείωσης λόγω διέλευσης κεραυνικού ρεύματος

Πηγή: Ν. Κόκκινος, Προστασία ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συστημάτων από υπερτάσεις, ΕΛΕΜΚΟ

Είσοδοι κεραυνικού ρεύματος σε εγκατάσταση μέσω αγώγιμων δικτύων

Η μετάδοση κεραυνικών ρευμάτων (10/350μs) εκτός από άμεσο κεραυνικό πλήγμα στο ΣΑΠ της κατασκευής μπορεί να γίνει και με άμεσο κεραυνικό πλήγμα σε μια εναέρια αγώγιμη - ενσύρματη παροχή (π.χ. ενεργειακή ή τηλεπικοινωνιακή) πλησίον του σημείου που τροφοδοτείται η κατασκευή. Παράλληλα κεραυνικά ρεύματα (10/350μs) μπορούν να μεταδοθούν μέσω μεταλλικών σωληνώσεων, έστω και υπόγειων, σε περίπτωση που ένας κεραυνός πέσει σε γειτνιάζουσα περιοχή με τους μεταλλικούς σωλήνες. Τότε, καθότι ο μεταλλικός σωλήνας είναι πιο αγώγιμος από το έδαφος, ένα μεγάλο μέρος του κεραυνού θα διέλθει από το σώμα του σωλήνα, προκαλώντας ζημιές σε εγκαταστάσεις που είναι συνδεδεμένος.



Εικόνα 35: Παράδειγμα δημιουργίας κεραυνικών ρευμάτων (10/350μs) στο εσωτερικό μιας κατασκευής από άμεσο κεραυνικό πλήγμα σε εισερχόμενα αγώγιμα δίκτυα - ωμική ζεύξη -

Πηγή: Ν. Κόκκινος, Προστασία ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συστημάτων από υπερτάσεις, ΕΛΕΜΚΟ

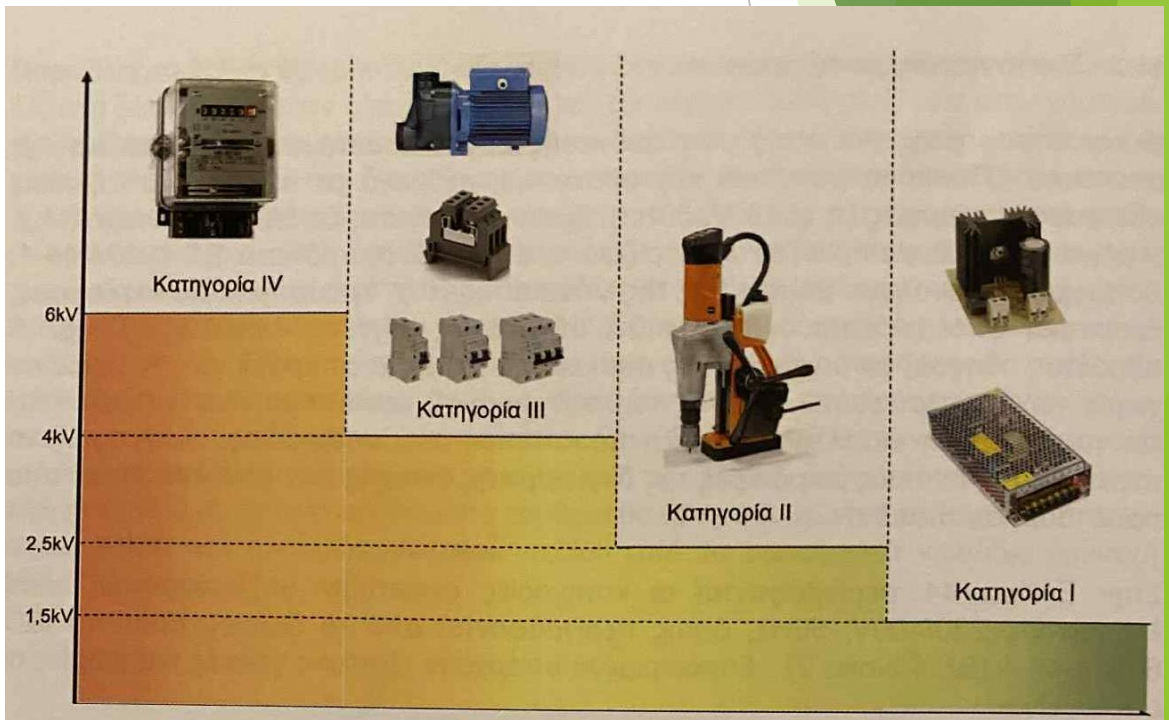
Κατηγορίες ηλεκτρικών συσκευών βάσει της μόνωσης τους

Πηγή: Ν. Κόκκινος, Προστασία ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συστημάτων από υπερτάσεις, ΕΛΕΜΚΟ

Ονομαστική τάση δικτύου[1] V	Απαιτούμενη διηλεκτρική αντοχή συσκευών σε κρουστική τάση[2] kV (UW)				
Τριφασικά κυκλώματα	Μονοφασικά κυκλώματα	Συσκευές στην είσοδο της ηλεκτρικής εγκατάστασης (κατηγορία IV)	Διανομή, τροφοδοσία ή τερματικές συσκευές (κατηγορία III)	Φορητές συσκευές μεγάλης ισχύος (κατηγορία II)	Συσκευές μικρής ισχύος που περιέχουν ηλεκτρονικά (κατηγορία I)
-	120-240	4	2,5	1,5	0,8
230/400 277/488	-	6	4	2,5	1,5
400/690	-	8	6	4	2,5
1000	-	12	8	6	4

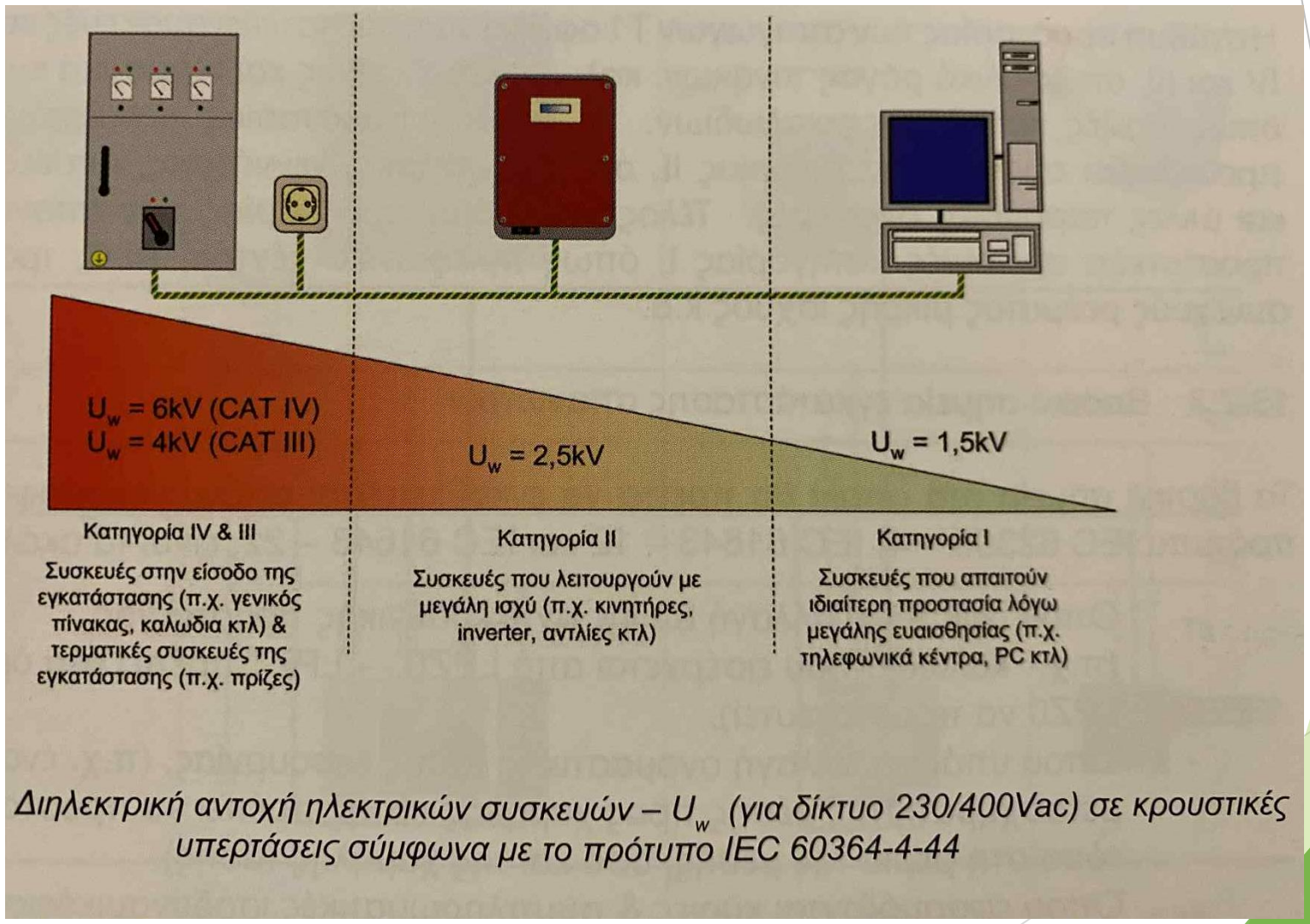
[1] Σύμφωνα με το IEC 60038
[2] Η διηλεκτρική αντοχή αναφέρεται σε κρουστική τάση μεταξύ ενεργών αγωγών (L, N) και αγωγού προστασίας (PE)

Πίνακας 3: Απαιτούμενες τιμές διηλεκτρικής αντοχής συσκευών σύμφωνα με το IEC 60364-4-44, §443.4 Table 44.B



Εικόνα 44: Κατηγορίες διηλεκτρικής αντοχής μονώσεων (U_w) συσκευών εγκατεστημένες σε ενεργειακό δίκτυο 230/400V, 50Hz, σύμφωνα με το πρότυπο IEC 60364-44-4

Κατηγορίες ηλεκτρικών συσκευών βάσει της μόνωσης τους

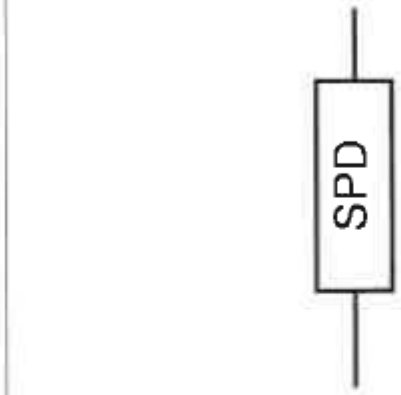


Διηλεκτρική αντοχή ηλεκτρικών συσκευών – U_w (για δίκτυο 230/400Vac) σε κρουστικές υπερτάσεις σύμφωνα με το πρότυπο IEC 60364-4-44

Πηγή: Ν. Κόκκινος, Προστασία ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συστημάτων από υπερτάσεις, ΕΛΕΜΚΟ

Απαγωγείς κρουστικών υπερτάσεων (SPD)

Οι απαγωγοί κρουστικών υπερτάσεων (Surge Protective Devices – SPDs) χρησιμοποιούνται για την προστασία ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συστημάτων/ συσκευών από κρουστικές υπερτάσεις και κρουστικά ρεύματα, τα οποία οφείλονται σε κεραυνούς αλλά και σε χειρισμούς διακοπτών ή βραχυκυκλώματα.

	
Ηλεκτρικό σύμβολο απαγωγού κρουστικών υπερτάσεων Surge Protective Device - SPD	Τυπική διάταξη ενεργειακού απαγωγού κρουστικών υπερτάσεων χαμηλής τάσης για εγκατάσταση επί ράγας DIN

Πίνακας 4 : Ηλεκτρικό σύμβολο και τυπική μορφή ενεργειακού απαγωγού κρουστικών υπερτάσεων (SPD) χαμηλής τάσης τύπου Τ2 κατά IEC 61643 – 11 & ΕΛΟΤ ΕΝ 61643 – 11

Οι απαγωγοί κρουστικών υπερτάσεων εγκαθίστανται παράλληλα στην υπό προστασία συσκευή και σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας (π.χ. σε ένα δίκτυο ΧΤ με ονομαστική τάση λειτουργίας U_n=230/400Vac ±10%) θα πρέπει να παραμένουν ανοιχτό κύκλωμα και να μην επηρεάζουν την ομαλή λειτουργία της παροχής / συσκευής. Ακόμα και σε περιπτώσεις εμφάνισης υπερτάσεων μεγάλης διάρκειας (Temporary Over Voltage – TOV, U_T) (π.χ. σφάλμα στο δίκτυο ΧΤ, U_T=334Vac με διάρκεια t=5s) θα πρέπει να παραμένουν σε κατάσταση ανοιχτού κυκλώματος.

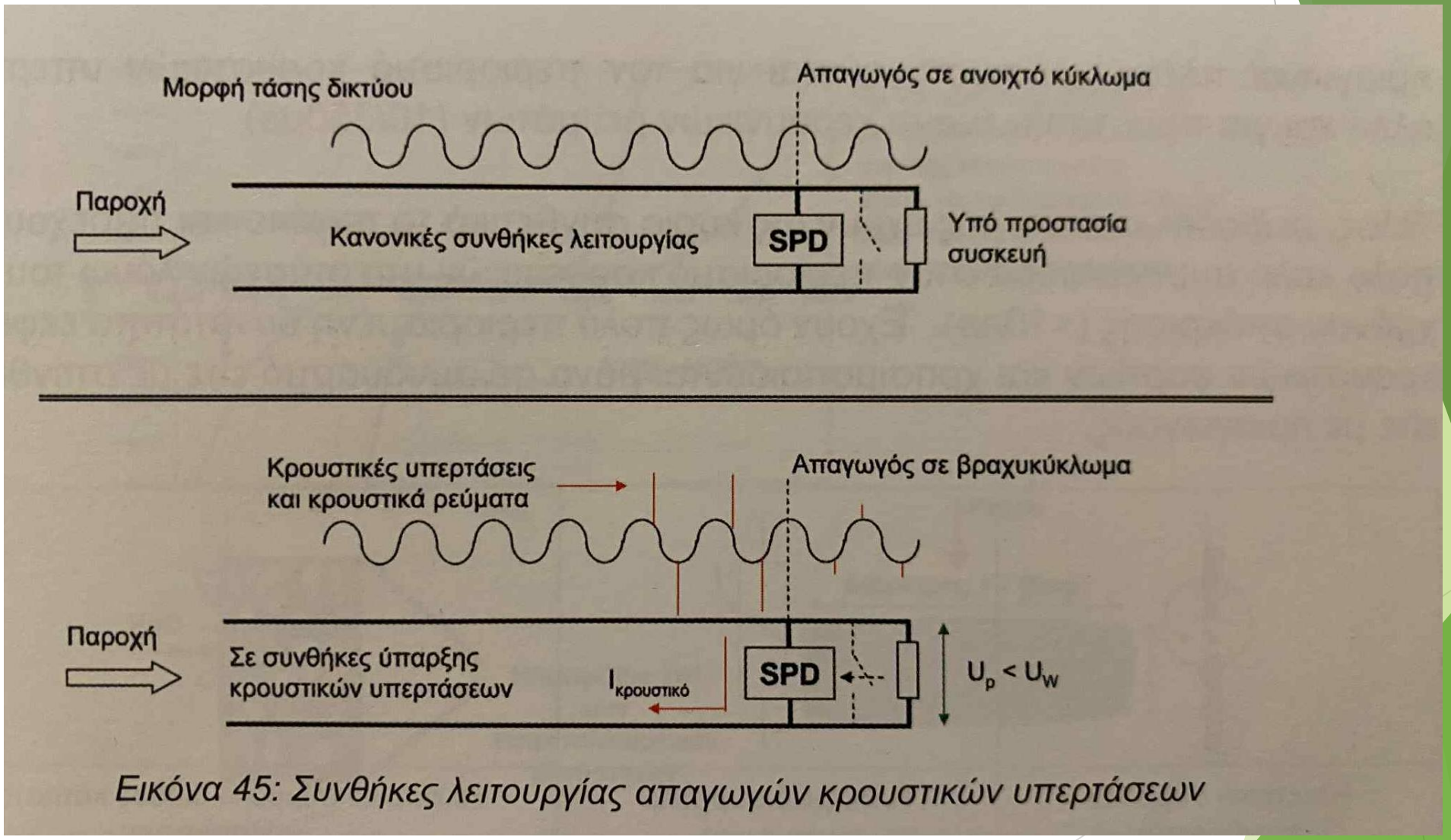
Απαγωγείς κρουστικών υπερτάσεων (SPD)

Όμως σε περίπτωση εμφάνισης κρουστικών υπερτάσεων θα πρέπει να αλλάζουν κατάσταση σε κλειστό κύκλωμα, δημιουργώντας ένα δρόμο παράκαμψης του κρουστικού ή κεραυνικού ρεύματος μέσα από αυτούς και όχι μέσα από την υπό προστασία συσκευή, ενώ παράλληλα θα πρέπει να περιορίζουν την κρουστική τάση (στάθμη προστασίας απαγωγού U_p) σε όρια χαμηλότερα από την διηλεκτρική αντοχή (U_W) των μονωτικών της υπό προστασία συσκευής ($U_p < U_W$).

Μετά την διέλευση των κρουστικών υπερτάσεων/ρευμάτων και όταν η παροχή επανέλθει σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας, οι απαγωγοί επανέρχονται αυτόματα στην αρχική τους μορφή (σε ανοιχτό κύκλωμα) χωρίς να απαιτείται επέμβαση του χρήστη της εγκατάστασης.

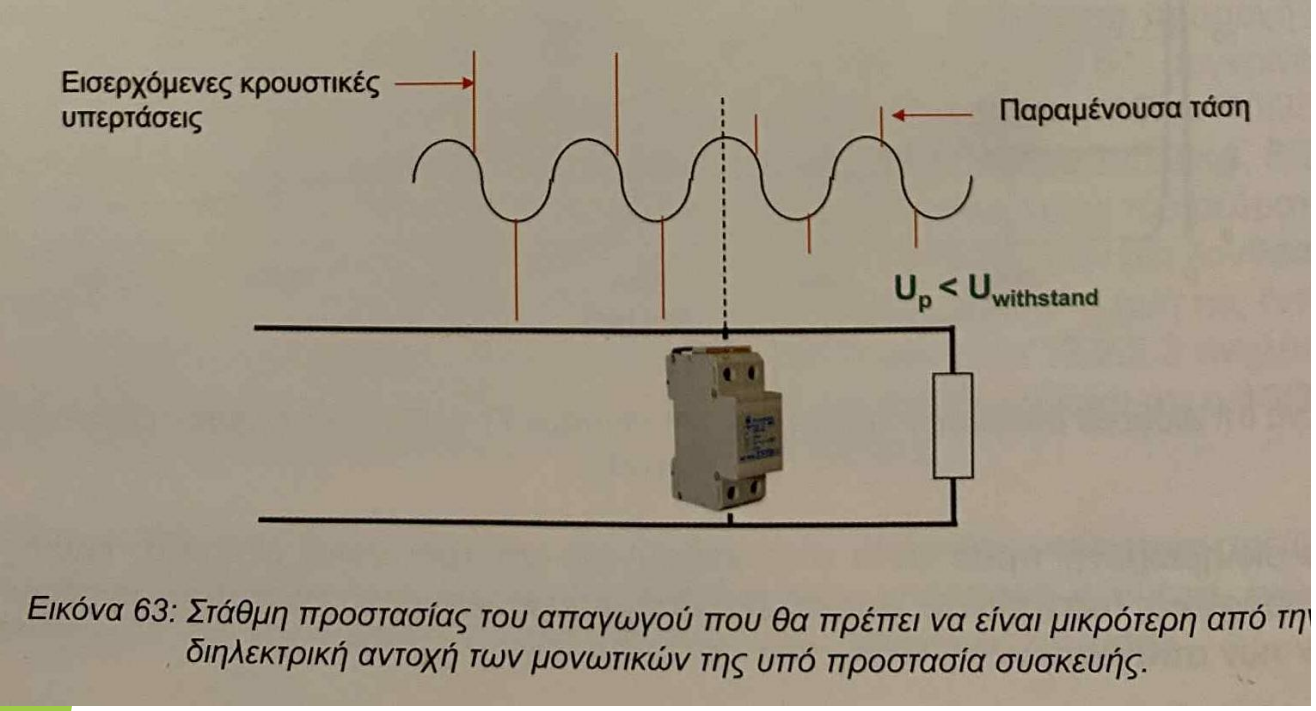
Η διάρκεια ζωής ενός απαγωγού εξαρτάται από το πλήθος των κρουστικών ρευμάτων που θα τεθεί να εκφορτίσει. Οι περισσότεροι απαγωγοί διαθέτουν διατάξεις απόζευξης από το παροχικό δίκτυο (όταν πλέον έχει μειωθεί η αποτελεσματικότητά τους) καθώς και ένδειξη καλής λειτουργίας, ώστε να προβλεφθεί έγκαιρα η αντικατάστασή τους.

Αρχή λειτουργίας απαγωγών υπερτάσεων (SPD)



Εικόνα 45: Συνθήκες λειτουργίας απαγωγών κρουστικών υπερτάσεων

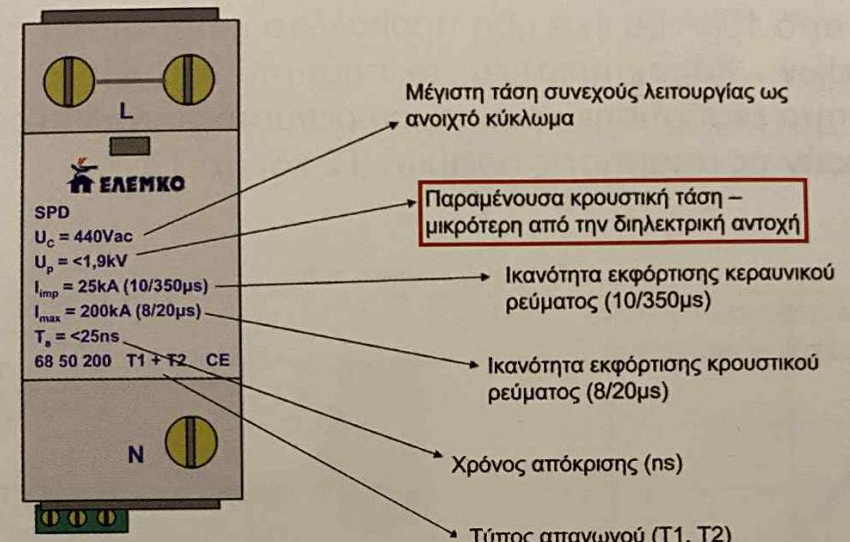
Πηγή: Ν. Κόκκινος, Προστασία ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συστημάτων από υπερτάσεις, ΕΛΕΜΚΟ



Εικόνα 63: Στάθμη προστασίας του απαγωγού που θα πρέπει να είναι μικρότερη από τη διηλεκτρική αντοχή των μονωτικών της υπό προστασία συσκευής.

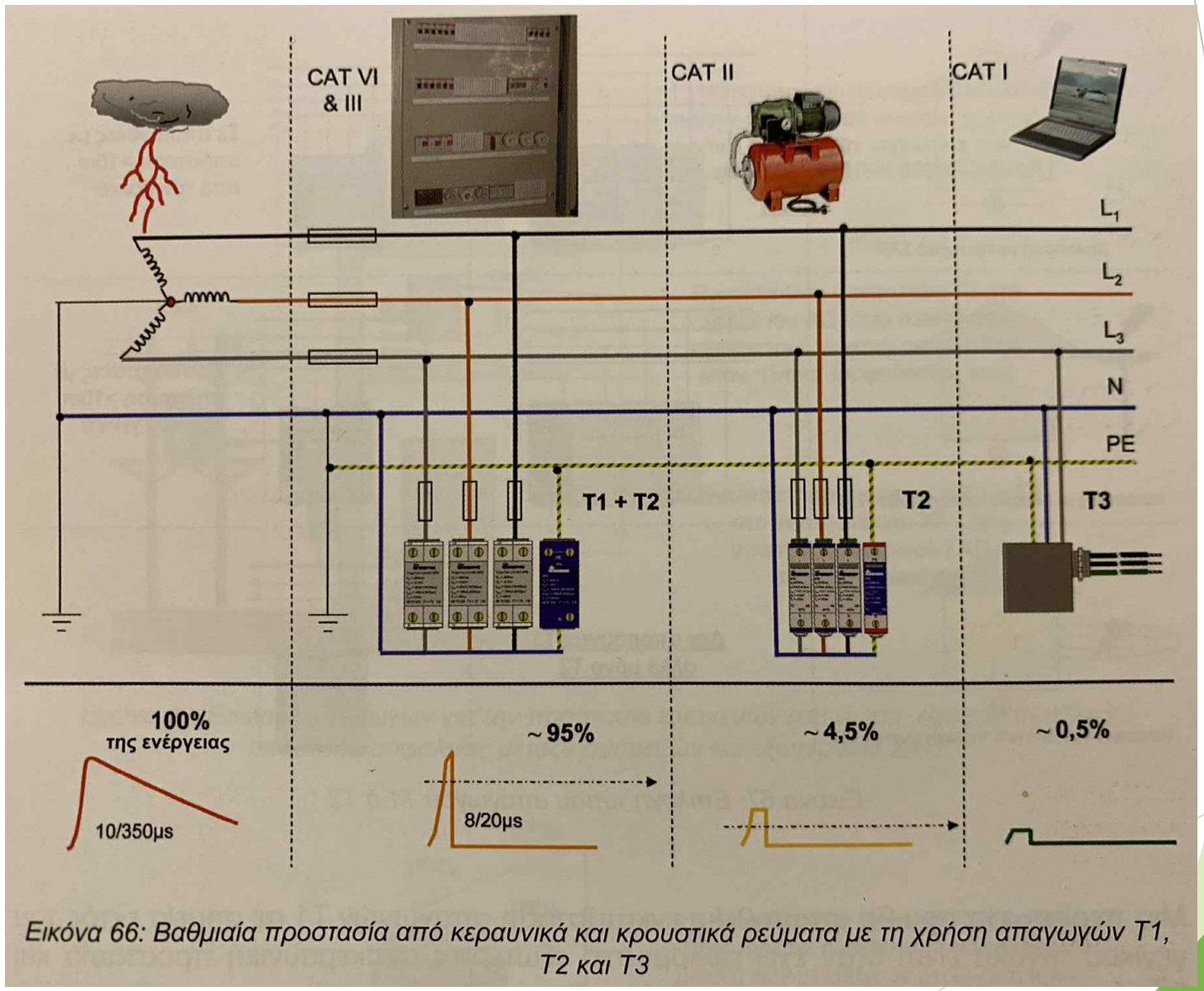
Πηγή: Ν. Κόκκινος, Προστασία ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συστημάτων από υπερτάσεις, ΕΛΕΜΚΟ

Αρχή λειτουργίας απαγωγών υπερτάσεων (SPD)



Εικόνα 62: Στάθμη προστασίας & παραμένουσα τάση απαγωγών

Εγκατάσταση SPD

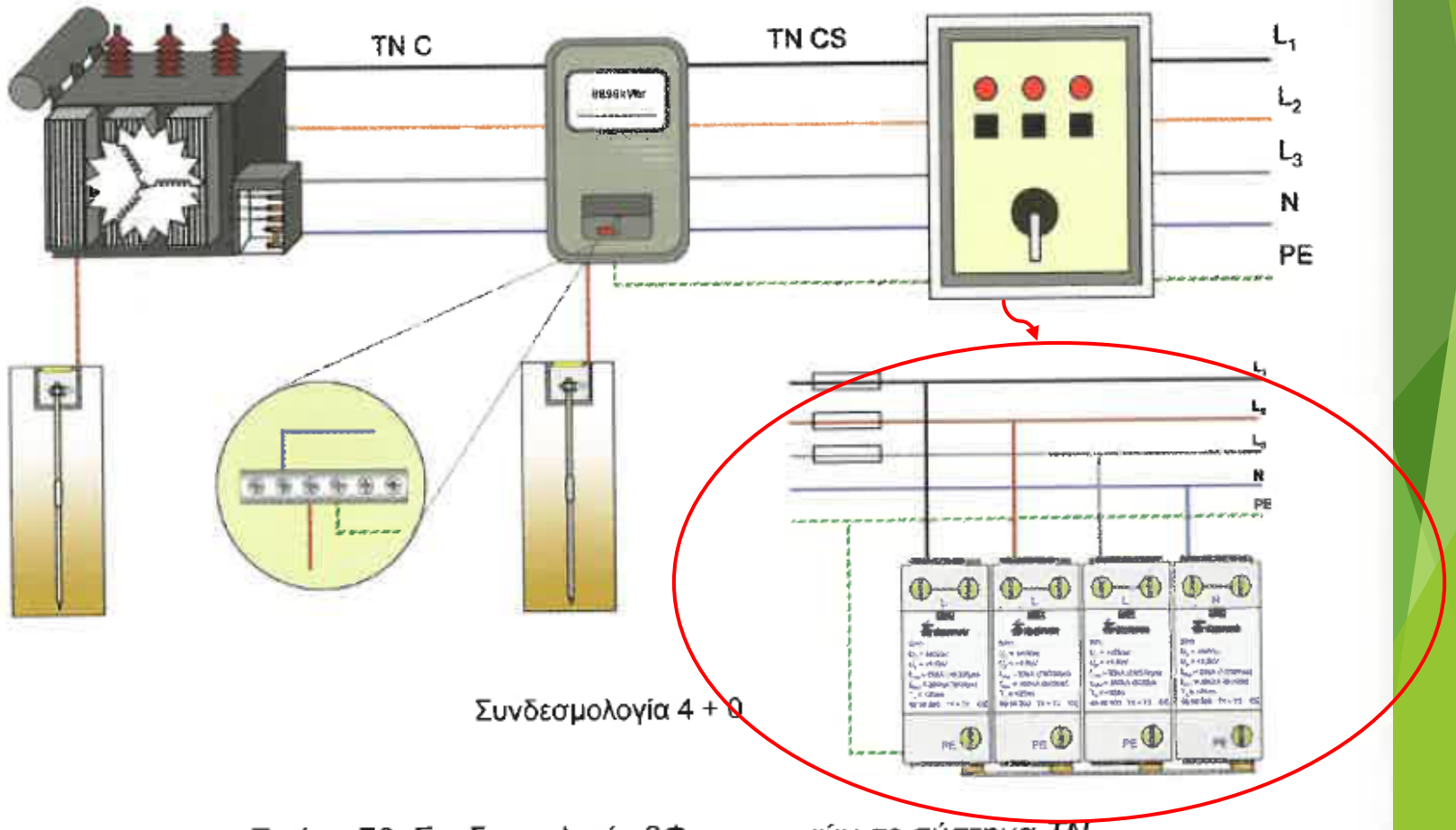


Εικόνα 66: Βαθμιαία προστασία από κεραυνικά και κρουστικά ρεύματα με τη χρήση απαγωγών T1, T2 και T3

Πηγή: Ν. Κόκκινος, Προστασία ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συστημάτων από υπερτάσεις, ΕΛΕΜΚΟ

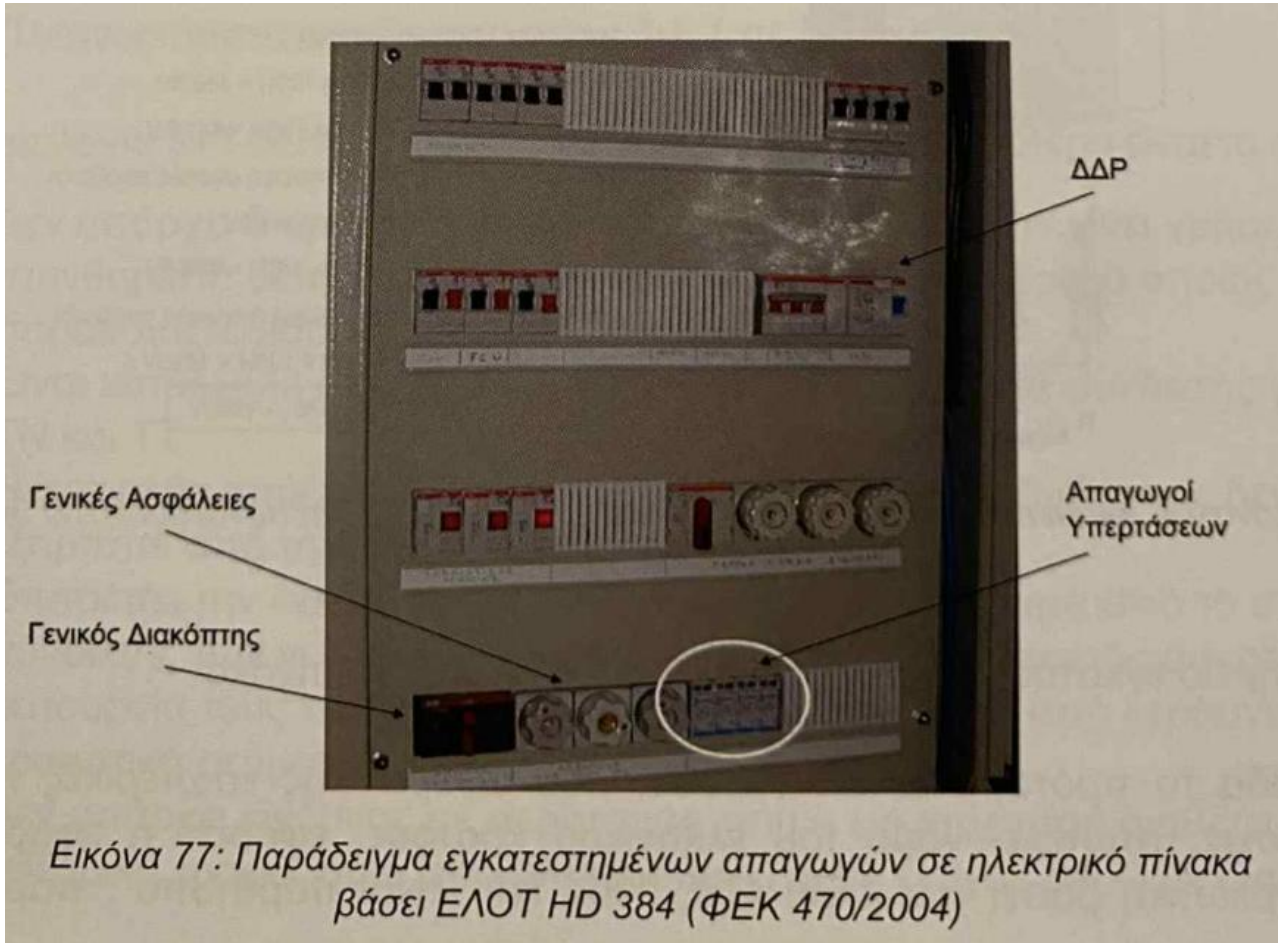
Συνδεσμο-
λογία SPD
σε δίκτυα
TN

Σε ένα τριφασικό σύστημα TN πρέπει να χρησιμοποιηθούν τέσσερα όμοια στοιχεία απαγωγών, τα οποία θα συνδέουν τους ενεργούς αγωγούς (φάσεων και ουδετέρου) ως προς τον αγωγό προστασίας (PE). Η συνδεσμολογία αυτή ονομάζεται 4+0, δηλαδή 4 όμοια στοιχεία ως προς τον αγωγό προστασίας. Σε ένα μονοφασικό δίκτυο θα χρησιμοποιηθούν αντίστοιχα δυο στοιχεία προστασίας, ένα για τον αγωγό της φάσης και ένα για τον ουδέτερο ως προς τον αγωγό προστασίας. Επιπλέον, στα συστήματα TN οι απαγωγοί μπορούν να συνδεθούν όπως και στα συστήματα TT, γεγονός που περιγράφεται στη επόμενη παράγραφο.



Εικόνα 70: Συνδεσμολογία 3Φ απαγωγών σε σύστημα TN

Εγκατάσταση SPD



Εικόνα 77: Παράδειγμα εγκατεστημένων απαγωγών σε ηλεκτρικό πίνακα βάσει ΕΛΟΤ HD 384 (ΦΕΚ 470/2004)

Πηγή: Ν. Κόκκινος, Προστασία ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συστημάτων από υπερτάσεις, ΕΛΕΜΚΟ

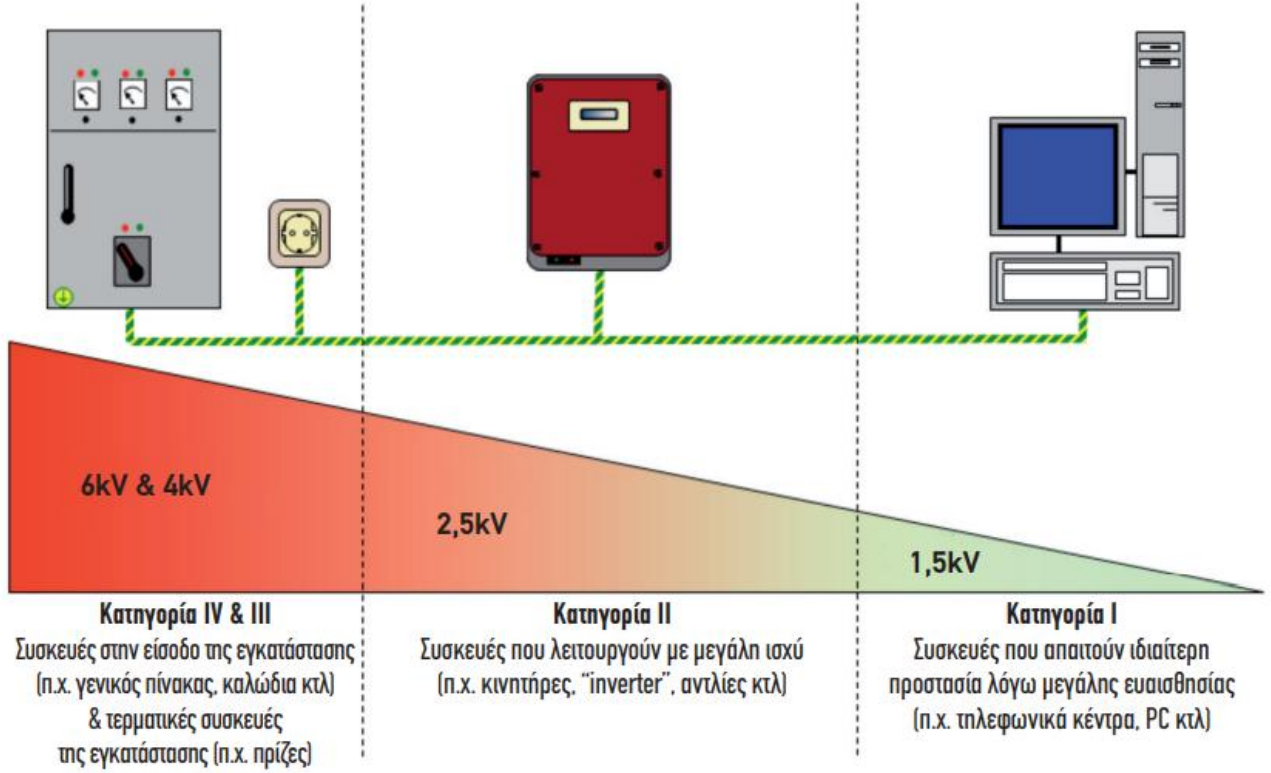
- Τα SPD συνδέονται **πάντα** μετά το γενικό διακόπτη φορτίου και τις γενικές ασφάλειες (ποτέ δεν επεμβαίνουμε πριν από αυτά)
- Εάν τα SPD συνδεθούν **πριν** το ρελέ διαρροής (συνίσταται) ► σε βάθος χρόνου θα υπάρχει διαρροή μέσω γης λόγω γήρανσης των SPD που δεν θα ανιχνευτεί από το ρελέ προκαλώντας υπερτάσεις στον PE.
- Εάν τα SPD συνδεθούν **μετά** το ρελέ διαρροής (δεν συνίσταται)► το ρελέ διαρροής θα είναι απροστάτευτο σε κεραυνικά ρεύματα. Επιπλέον, θα πέφτει κάθε φορά που ενεργοποιούνται τα SPD.

Σύνοψη

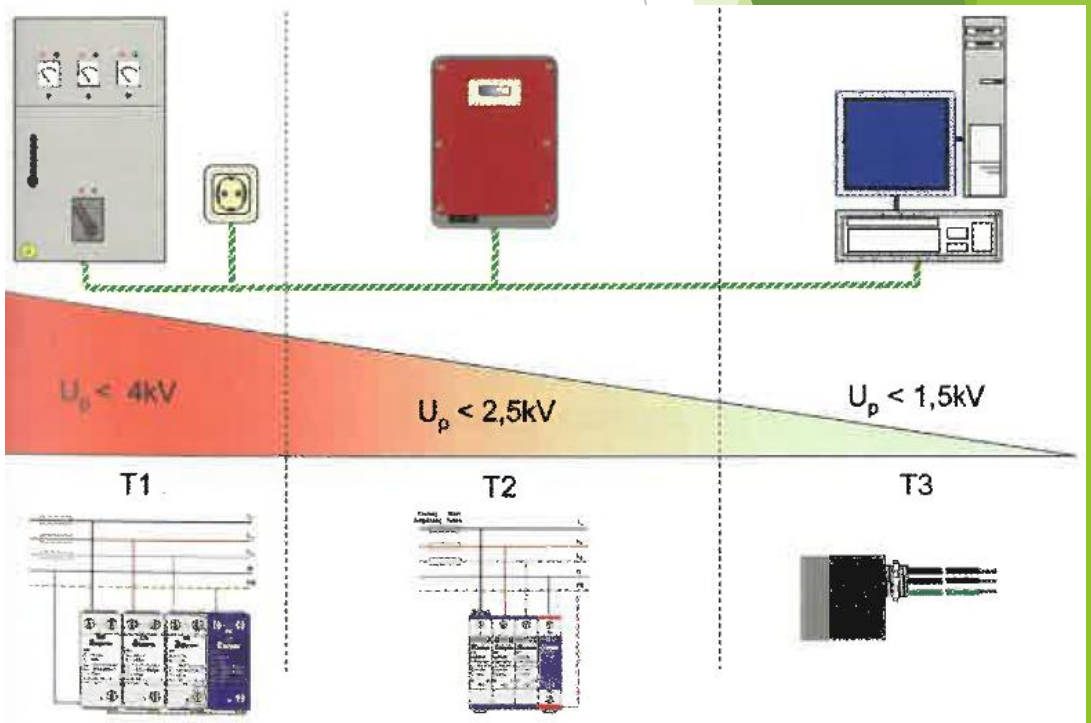
- ✓ Απαγωγοί Τ1 στον γενικό πίνακα (στο εμπόριο συνήθως υπάρχουν συνδυαστικού τύπου Τ1 + Τ2)
- ✓ Απαγωγοί Τ2 για συσκευές που βρίσκονται σε απόσταση μεγαλύτερη των 10m από τον πίνακα (λόγω επανεμφάνισης υπερτάσεων)
- ✓ Απαγωγοί Τ3 δίπλα σε μια ευαίσθητη συσκευή (π.χ. Η/Υ, PLC, κτλ.)
- ✓ ΠΡΟΣΟΧΗ: Απαγωγός Τ3 χρησιμοποιείται μόνο όταν προπορεύεται απαγωγός Τ2 ή Τ1+Τ2

Παραμένουσα τάση- Στάθμη προστασίας

- Οι απαγωγείς τύπου Τ1 προστατεύουν συσκευές κατηγορίας ΙΙΙ και IV, δηλαδή υλικά ράγας πίνακα, καλώδια κτλ.
- Οι απαγωγείς τύπου Τ2 προστατεύουν συσκευές κατηγορίας ΙΙ, δηλαδή κινητήρες, γεννήτριες, αντλίες, inverter κτλ.
- Οι απαγωγείς τύπου Τ3 προστατεύουν συσκευές κατηγορίας Ι, δηλαδή τηλεφωνικά κέντρα, ηλεκτρονικές συσκευές κτλ.



Εικόνα 64: Διηλεκτρική αντοχή ηλεκτρικών συσκευών – U_w (για δίκτυο 230/400Vac) σε κρουστικές υπερτάσεις σύμφωνα με το πρότυπο IEC 60364-4-44

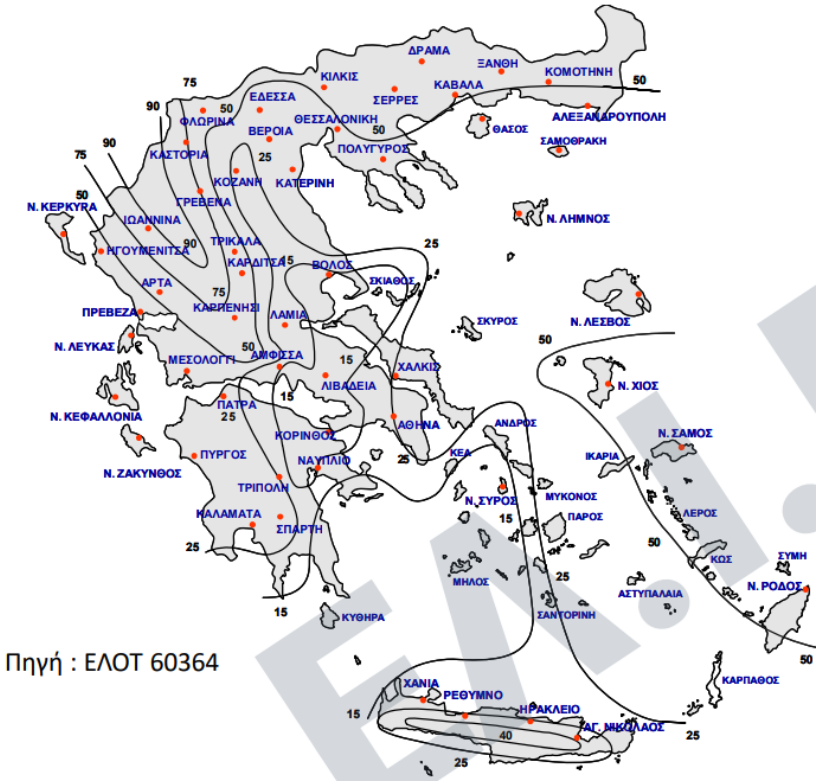


Εικόνα 65: Επιλογή απαγωγού βάσει της στάθμης προστασίας.

Διάρκεια ζωής SPD και οπτική ένδειξη

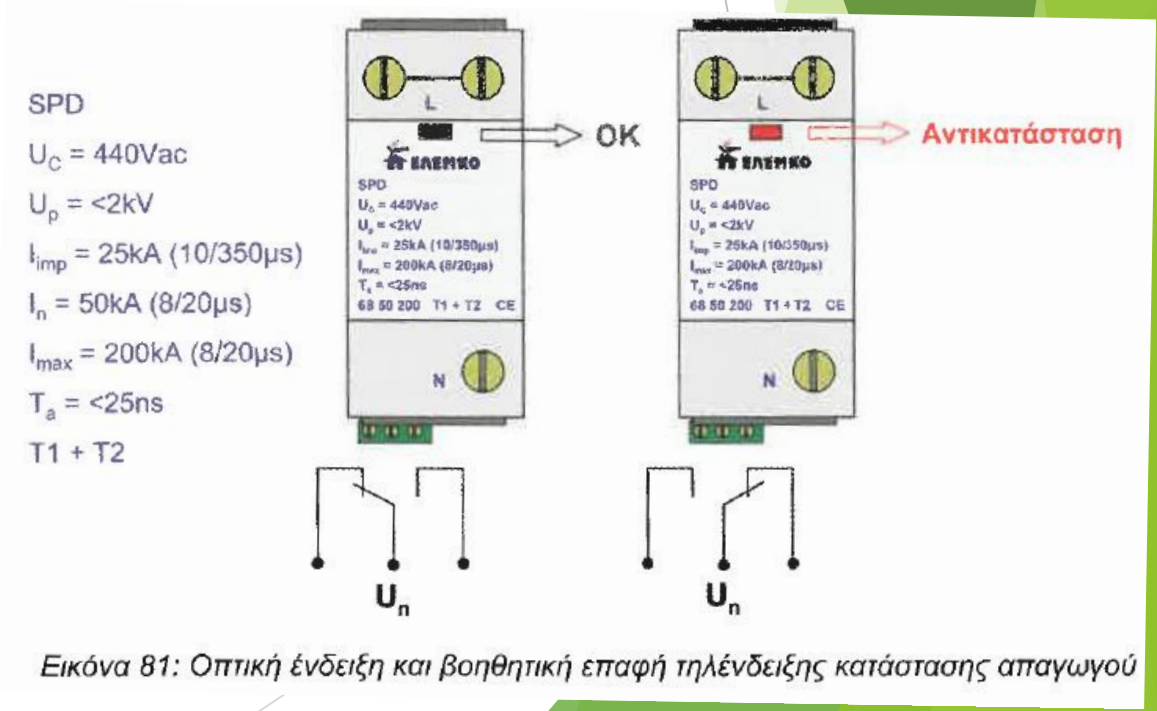
- Η διάρκεια ζωής των SPD εξαρτάται από τη χρήση τους
  - Σε περιοχές με 15-50 μέρες καταιγίδας (βλ. εικόνα 1), έχουν διάρκεια ζωής 25-30 χρόνια λειτουργίας
  - Σε περιοχές με 50-90 μέρες καταιγίδας, έχουν διάρκεια ζωής 2.5-5 χρόνια λειτουργίας.

- Υπάρχουν και οι απαριθμητές εκφορτίσεων.
  - Οι πιο απλοί καταγράφουν μόνο τον αριθμό των εκφορτίσεων.
  - Οι πιο σύνθετοι εκτός από το πλήθος, καταγράφουν και το μέγεθος των παλμών (π.χ. φορτίο). Αυτοί χρησιμοποιούνται σε κρίσιμες εγκαταστάσεις.



Πηγή : ΕΛΟΤ 60364

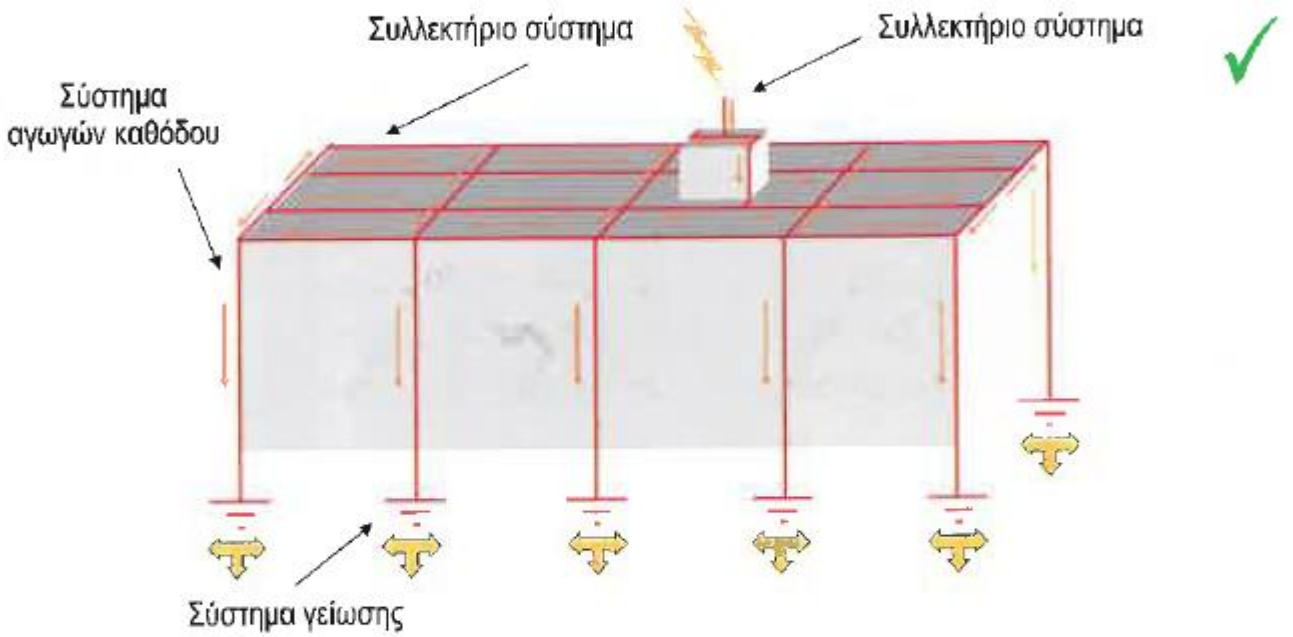
Εικόνα 1: Χάρτης ημερών καταιγίδας



Εικόνα 81: Οπτική ένδειξη και βοηθητική επαφή τηλένδειξης κατάστασης απαγωγού

Εξωτερικό ΣΑΠ

Σκοπός του εξωτερικού ΣΑΠ είναι πρώτον, να συλλαμβάνει τα άμεσα κεραυνικά πλήγματα που ενδεχομένως θα πλήξουν ένα κτίριο, συμπεριλαμβανομένων και των πλευρικών πληγμάτων και δεύτερον, να διοχετεύει με ασφάλεια το κεραυνικό ρεύμα στη γη, χωρίς να δημιουργεί θερμικές ή μηχανικές καταπονήσεις ούτε επικίνδυνους σπινθήρες που μπορεί να προκαλέσουν πυρκαγιά ή έκρηξη.



Εικόνα 1. Κύρια μέρη εξωτερικού ΣΑΠ

Το εξωτερικό ΣΑΠ αποτελείται από τρία βασικά μέρη, (βλ. Εικόνα 1):

- το συλλεκτήριο σύστημα,
- το σύστημα αγωγών καθόδου,
- και το σύστημα γείωσης.

Ζημιές εξωτερικά του κτηρίου

Ο σχεδιασμός του συλλεκτηρίου συστήματος του ΣΑΠ, πραγματοποιείται σύμφωνα με τις απαιτήσεις του ευρωπαϊκού προτύπου ΕΛΟΤ ΕΝ 62305-3 και εκτελείται με εξαρτήματα και διατάξεις που ικανοποιούν τις απαιτήσεις των προτύπων σειράς ΕΛΟΤ ΕΝ 62561.

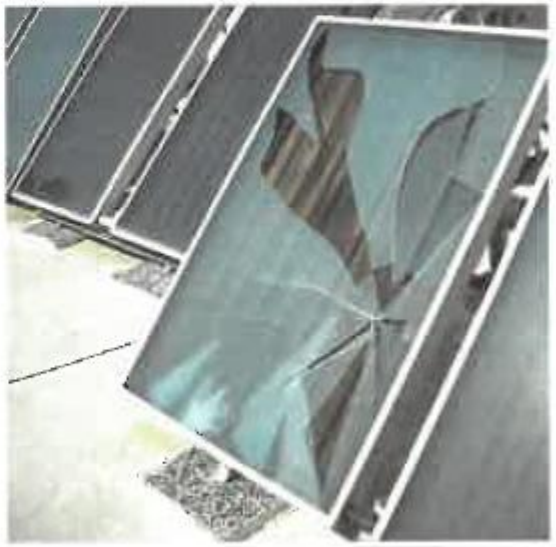
Το συλλεκτήριο σύστημα εγκαθίσταται στην επιφάνεια της στέγης ή του δώματος του κτίσματος προστατεύοντας τα δομικά τους μέρη από ζημιές που μπορεί να προκληθούν από κεραυνικό πλήγμα.



Εικόνα 4. Κεραυνικό πλήγμα σε καπνοδόχο πολυκατοικίας



Εικόνα 5. Κεραυνικό πλήγμα σε ακμή πολυκατοικίας



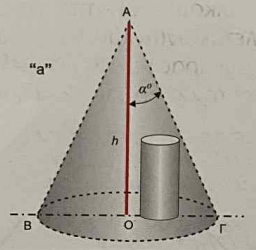
Εικόνα 6. Κεραυνικό πλήγμα σε ηλιακό θερμοσίφωνα

Συλλεκτήριο συστήματος

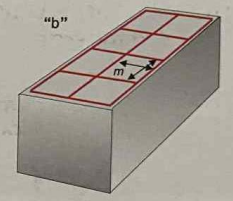
Για το σχεδιασμό του συλλεκτηρίου συστήματος εφαρμόζονται οι μέθοδοι:

- της γωνίας προστασίας (βλ. Εικόνα 8a),
- του βρόχου (βλ. Εικόνα 8b και Εικόνα 9),
- και της κυλιόμενης σφαίρας (βλ. Εικόνα 10).

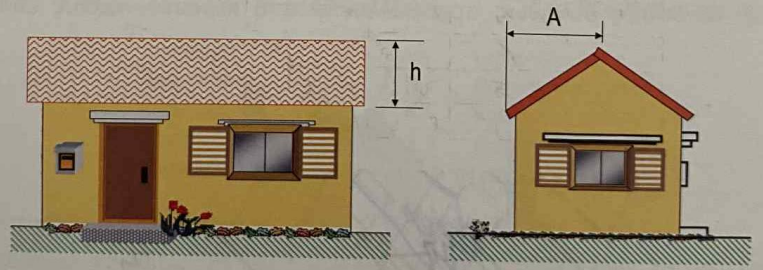
A: Κορυφή ράβδου
B: Επίπεδο αναφοράς
ΟΓ: Ακτίνα προστατευόμενης επιφάνειας
h: Ύψος ράβδου από επίπεδο αναφοράς
α°: Γωνία προστασίας όπως στον Πίνακα 2



m: Διαστάσεις βρόχου όπως στον Πίνακα 2



Εικόνα 8. Βασικές μέθοδοι σχεδιασμού συλλεκτήριου συστήματος γωνίας προστασίας 'a' και βρόχων 'b' , κατά ΕΛΟΤ ΕΝ 62305 - 3



Εικόνα 9. Συλλεκτήριο σύστημα βρόχων σε επικλινή στέγη

Συλλεκτήριο συστήματος

5.1.1 Μέθοδος της γωνίας προστασίας

Η μέθοδος της γωνίας προστασίας (βλ. Εικόνα 8a), εφαρμόζεται σε απλές κατασκευές αλλά περιορίζεται σε μέγιστο ύψος 60m για κλάση IV και 20m για κλάση I. Οι γωνίες προστασίας εξαρτώνται από την κλάση του ΣΑΠ και το ύψος που εγκαθίστανται, όπως ορίζει ο Πίνακας 2.

5.1.2 Μέθοδος των βρόχων

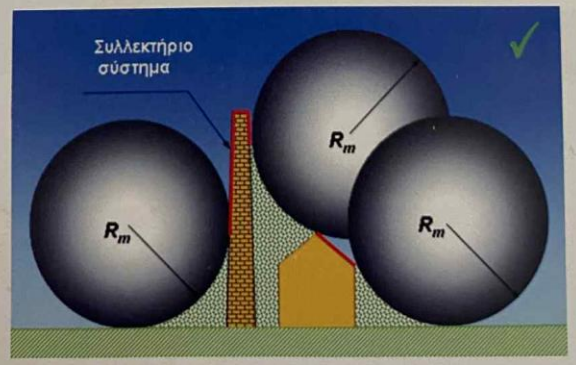
Η μέθοδος των βρόχων (βλ. Εικόνα 8b), εφαρμόζεται σε κατασκευές με επίπεδες ή επικλινείς στέγες και δώματα μεγάλου εμβαδού, κατασκευάζοντας βρόχους διαστάσεων ανάλογων της απαιτούμενης κλάσης ΣΑΠ, όπως ορίζει ο Πίνακας 2.

5.1.3 Μέθοδος της κυλιόμενης σφαίρας

Η μέθοδος της κυλιόμενης σφαίρας (βλ. Εικόνα 10), εφαρμόζεται κυρίως σε κατασκευές ακανόνιστου γεωμετρικού σχήματος, με αρχιτεκτονικές υπερκατασκευές όπως π.χ. εκκλησίες, πύργοι τηλεπικοινωνιών, βιομηχανίες με ειδικές υπερκατασκευές κλπ. Η μέθοδος της κυλιόμενης σφαίρας γενικά μπορεί να εφαρμοστεί σε οποιοδήποτε κτίριο. Η ακτίνα της εξαρτάται από την κλάση του ΣΑΠ, όπως ορίζει ο Πίνακας 2.

Πίνακας 2. Μέγιστες τιμές ακτίνας κυλιόμενης σφαίρας, διαστάσεων πλέγματος και γωνίας προστασίας, συλλεκτήριου συστήματος κατά ΕΛΟΤ ΕΝ 62305-3

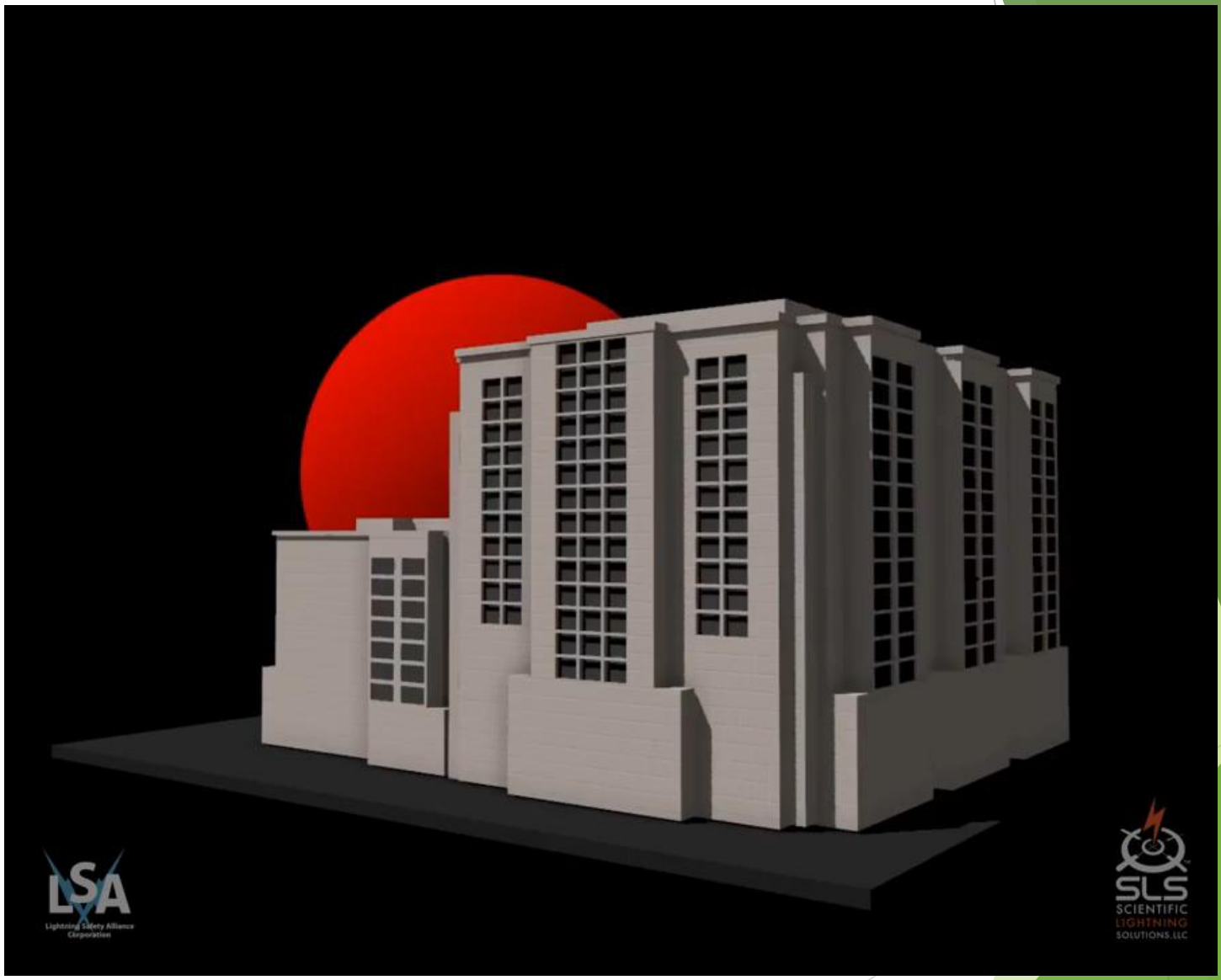
Κλάση ΣΑΠ	Ακτίνα κυλιόμενης σφαίρας R [m]	Ύψος Κτιρίου h [m]					Διαστάσεις Βρόχων [m]
		10	20	30	45	60	
		Γωνία προστασίας α^o					
I	20	45^0	25^0	*	*	*	5x5
II	30	55^0	35^0	25^0	*	*	10x10
III	45	60^0	45^0	35^0	25^0	*	15x15
IV	60	65^0	55^0	45^0	35^0	25^0	20x20



R_m : Ακτίνα κυλιόμενης σφαίρας όπως στον Πίνακα 2

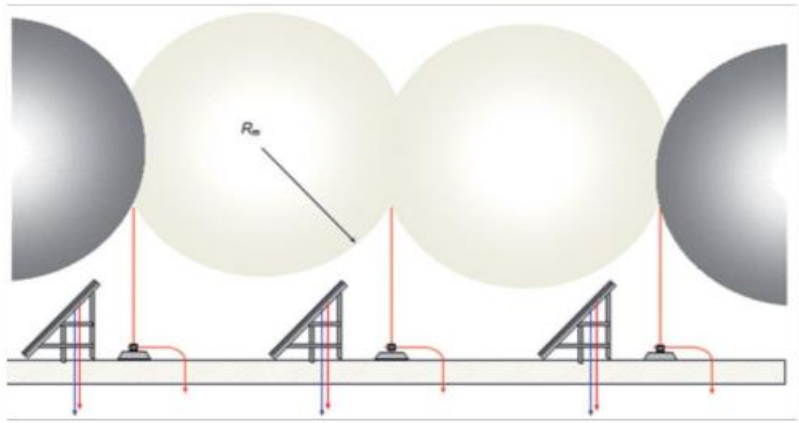
Εικόνα 10. Σχεδιασμός συλλεκτηρίου με τη μέθοδο της κυλιόμενης σφαίρας

Μέθοδος κυλιόμενης σφαίρας



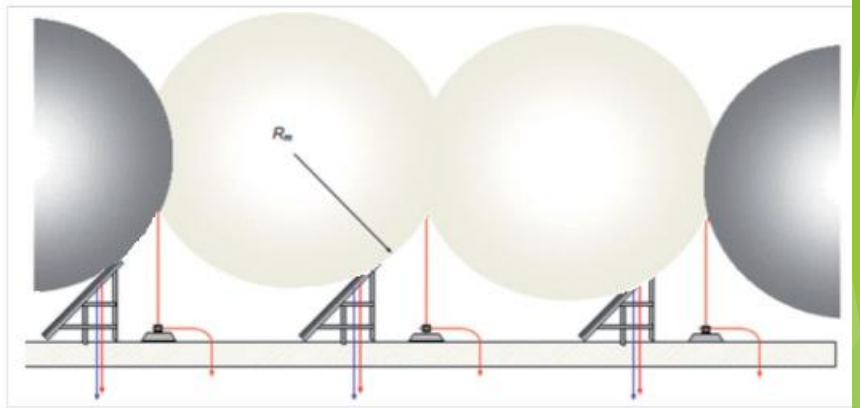
Παράδειγμα: Κυλιόμενη σφαίρας σε Φ/Β εγκατάσταση

Η κυλιόμενη σφαίρα δεν ακουμπάει στα Φ/Β. Επομένως η εγκατάσταση είναι προστατευμένη



Προστατευμένη εγκατάσταση για μεγάλο ύψος ακίδων

Η κυλιόμενη σφαίρα ακουμπάει στα Φ/Β. Επομένως η εγκατάσταση δεν είναι προστατευμένη



Μη προστατευμένη εγκατάσταση για μικρό ύψος ακίδων

Εικόνες Συλλεκτήριου συστήματος



Εικόνα 12. Συλλεκτήριο σύστημα με πλέγματα αγωγών

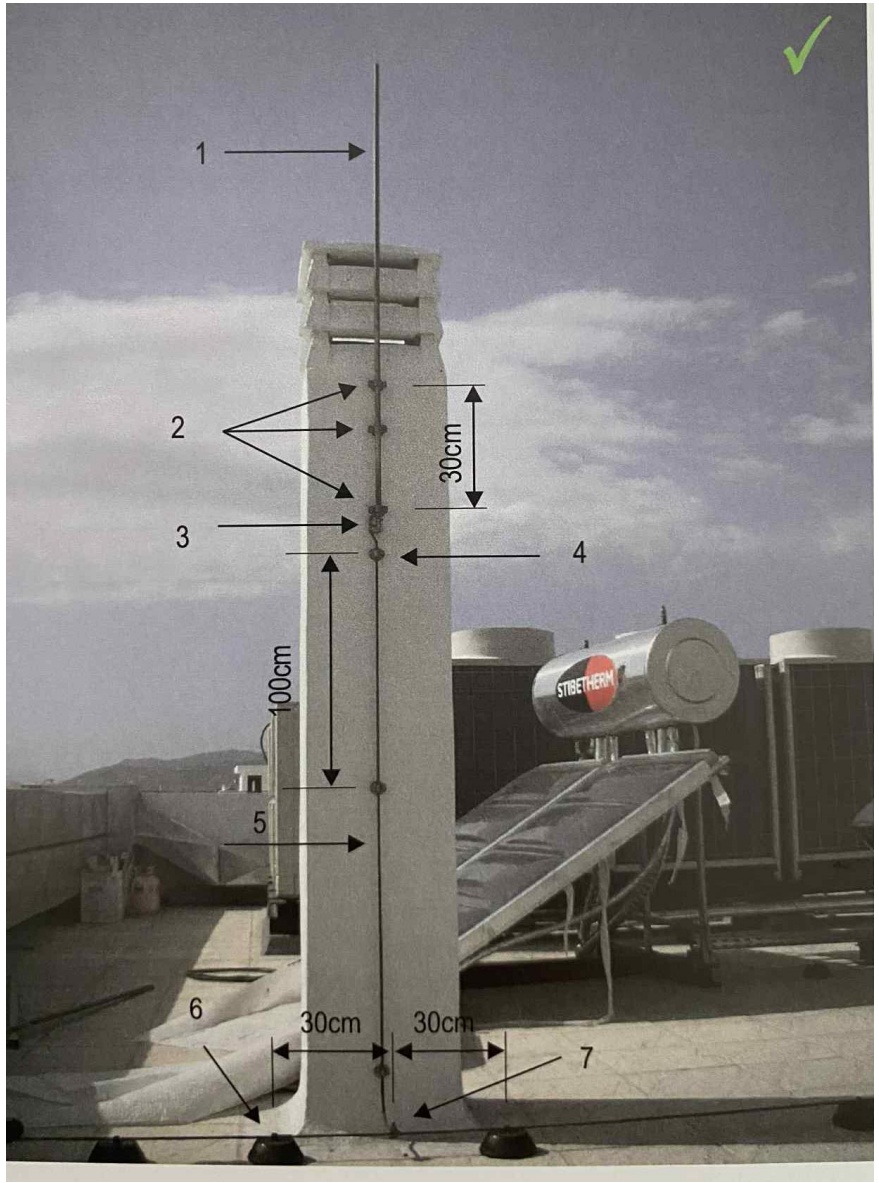


Εικόνα 13. Συλλεκτήριο σύστημα με ράβδους σύλληψης

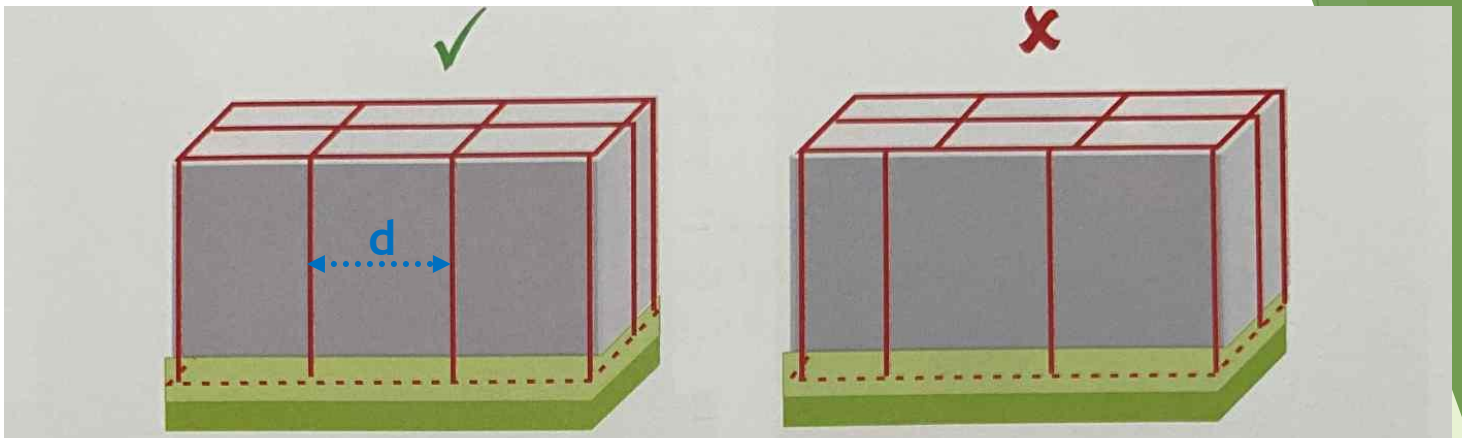


Εικόνα 14. Συλλεκτήριο σύστημα τεταμένων συρμάτων

Εικόνες Συλλεκτήριου συστήματος



Αγωγοί καθόδου



Εικόνα 54. Αγωγοί καθόδου σε ευθύγραμμη προέκταση των συλλεκτήριων αγωγών

Το σύστημα αγωγών καθόδου σκοπό έχει να δημιουργήσει μία ασφαλή αγώγιμη σύνδεση του συλλεκτήριου συστήματος και του συστήματος γείωσης ώστε το κεραυνικό ρεύμα να διοχετευτεί με ασφάλεια στη γείωση, με την πιο σύντομη διαδρομή.

Οι αγωγοί καθόδου είναι διατεταγμένοι στην εξωτερική περίμετρο του κτιρίου σε αποστάσεις που αναφέρει ο Πίνακας 6 και ορίζονται από τη μελέτη. Είναι δυνατό να είναι ορατοί, εγκατεστημένοι στους εξωτερικούς τοίχους ή εγκιβωτισμένοι στο σκυρόδεμα των υποστυλωμάτων του κτιρίου και είναι αναγκαίο να συνδέονται ηλεκτρικά με το σιδηρό οπλισμό.

Πίνακας 6. Τυπικές αποστάσεις μεταξύ αγωγών καθόδου και μεταξύ ισοδυναμικών δακτυλίων

Στάθμη προστασίας	Τυπικές αποστάσεις (m)
I	10
II	10
III	15
IV	20

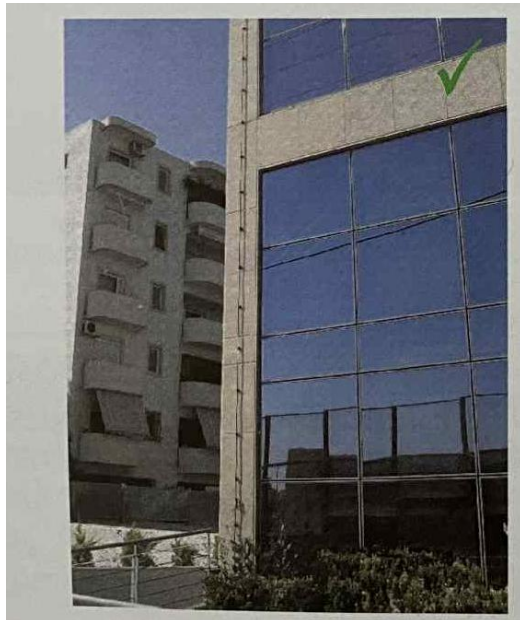
d

Ως κάθοδοι μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν μεταλλικά μέρη και μεταλλικές εγκαταστάσεις κτιρίων, όπως ο οπλισμός των υποστυλωμάτων, τα υποστυλώματα μεταλλικών κτιρίων, οι μεταλλικές υδρορροές, ο μεταλλικός σκελετός στήριξης ορθομαρμαρώσεων ή τα μεταλλικά πλαίσια πάνελ εξωτερικής επικάλυψης κτιρίων, πραγματοποιώντας τις απαραίτητες γεφυρώσεις, όπως λεπτομερέστερα αναφέρονται στα επόμενα κεφάλαια.



Εικόνα 64. Εγκατάσταση αγωγού καθόδου 6440008 με στηρίγματα 6101100

Εικόνες - Αγωγοί καθόδου



Εικόνα 55. Ορατή κάθοδος σε εξωτερική γωνία



Εικόνα 56. Ορατή κάθοδος σε εσωτερική γωνία

Κεφάλαιο 7

Καλωδίωση

Κριτήρια επιλογής καλωδίου

⚙️ 1️⃣ Θερμικό Κριτήριο – Επιτρεπόμενη Ένταση Ρεύματος (Πίνακας 52-Κ1)

Το **καλώδιο** πρέπει να αντέχει **το ρεύμα λειτουργίας** του κυκλώματος χωρίς να υπερθερμαίνεται.

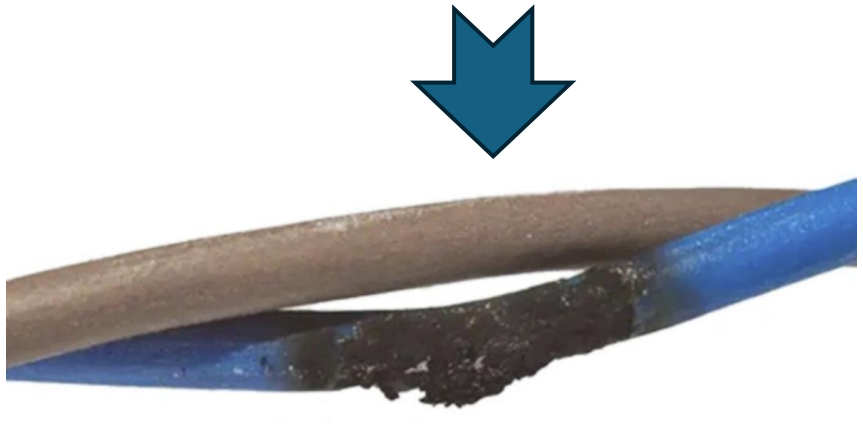
🔹 Βασικός κανόνας:

$$I_b \leq I_z$$

όπου

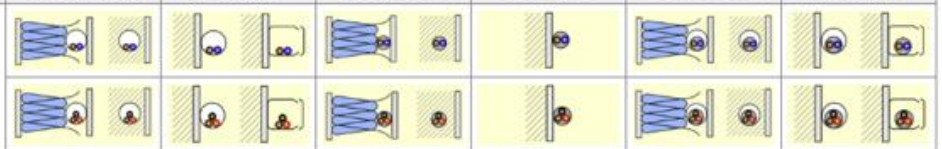
- I_b: ρεύμα φορτίου
- I_z: μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα καλωδίου (από τον Πίνακα 52-Κ1 του ΕΛΟΤ HD 384)

👉 Αν το καλώδιο διαρρέεται από ρεύμα > I_z, υπερθερμαίνεται και υποβαθμίζεται η μόνωσή του.



Πίνακας 52-Κ1

Μέγιστα επιτρεπόμενα ρεύματα (I_z σε Α) εντοιχισμένων (χωνευτών) και επιτοίχιων (ορατών) ηλεκτρικών γραμμών Μόνωση από PVC ή EPR ή XLPE

Μόνωση	Πλήθος φορτιζόμενων αγωγών	Οι αριθμοί παραπέμπουν στις στήλες που ακολουθούν								
		Μονωμένοι αγωγοί σε σωλήνα		Πολυπολικό καλώδιο						
		NYA,H07V-U,H07V-R		NYM,NYBUY,NYIF						
				Γυμνό		Σε σωλήνα				
		Εντοιχισμένο	Επιτοίχιο	Εντοιχισμένο	Επιτοίχιο	Εντοιχισμένο	Επιτοίχιο			
										
PVC	2	3	5	3	6	2	4			
	3	2	4	2	5	1	3			
EPR ή XLPE	2	5	9	6	9	5	8			
	3	5	7	5	8	4	6			
Στήλες										
Χαλκός	mm²	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	1.5	13	13.5	14.5	15.5	17	19	20	22	23
	2.5	17.5	18	19.5	21	23	26	28	30	31
	4	23	24	26	28	31	35	37	40	42
	6	29	31	34	36	40	44	48	51	54
	10	39	42	46	50	54	60	66	69	75
	16	52	56	61	68	73	80	88	91	100
	25	68	73	80	89	95	105	117	119	133
	35	83	89	99	109	117	128	144	146	164
	50	99	108	118	130	141	154	175	175	198
	70	125	136	149	164	179	194	222	221	253
	95	150	164	179	197	216	233	269	265	306
	120	172	188	206	227	249	268	312	305	354
	150	196	216	240	259	285	318	-	371	441
	185	223	245	273	295	324	362	-	424	506
	240	261	286	321	346	380	424	-	500	599



📘 Δεδομένα

- Τύπος καλωδίου: **NYA 5×2,5 mm²**
- Τρόπος τοποθέτησης: **Εντοιχισμένα σε τοίχο μέσα σε σωλήνα**
- Τάση δικτύου: **400 V (τριφασικό)**
- Ισχύς φορτίου: **P = 10 kW**
- Συντελεστής ισχύος: **cosφ = 0,9**

🔹 Βήμα 1: Υπολογισμός ρεύματος φορτίου

$$I_b = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi}$$

$$I_b = \frac{10\,000}{1,732 \times 400 \times 0,9} = 16\,A$$

🔹 Βήμα 2: Έλεγχος θερμικού ορίου (από Πίνακα 52-Κ1)

Από τον **Πίνακα 52-Κ1 (ΕΛΟΤ HD 384)**:

Για καλώδιο **NYA 2,5 mm²**, **εντοιχισμένο σε σωλήνα**,

η **μέγιστη επιτρεπόμενη ένταση** είναι:

$$I_z = 18\,A$$

🔹 Βήμα 3: Έλεγχος κριτηρίου

Ο έλεγχος γίνεται με τον κανόνα:

$$I_b \leq I_z$$

$$16\,A \leq 18\,A \Rightarrow \text{✅ Θερμικά επαρκές καλώδιο}$$

Βίντεο υπερθέρμανσης καλωδίου

https://www.youtube.com/watch?v=bBYHtBPbBJE



Κριτήρια επιλογής καλωδίου

⚙️ 2️⃣ Κριτήριο Πτώσης Τάσης (Υποτάσεως)

Η πτώση τάσης από τον πίνακα έως τον καταναλωτή δεν πρέπει να υπερβαίνει τα επιτρεπτά όρια (σύμφωνα με ΕΛΟΤ HD 384):

- ≤ 3% για γραμμές φωτισμού
- ≤ 5% για γραμμές κίνησης (κινητήρες)

🔹 Υπολογισμός πτώσης τάσης:

👉 **Μονοφασικά κυκλώματα:**

$$\Delta U = 2 \cdot \rho \cdot L \cdot I / S$$

👉 **Τριφασικά κυκλώματα:**

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot \rho \cdot L \cdot I \cdot \cos\varphi / S$$

} από $\Delta V \approx P \cdot R$

όπου

- ρ: ειδική αντίσταση αγωγού (0,018 Ω·mm²/m για χαλκό)
- L: μήκος καλωδίου (m)
- I: ρεύμα φορτίου (A)
- S: διατομή αγωγού (mm²)
- $\cos\varphi$: συντελεστής ισχύος

📘 Επιλέγουμε τη διατομή ώστε η **πτώση τάσης να είναι μικρότερη** από το επιτρεπτό ποσοστό (π.χ. 4%)



Παράδειγμα

Δεδομένα

- Καλώδιο: **μονόπολα NYA 5×2,5 mm²**, εντοιχισμένα σε σωλήνα σε τοίχο
- Τάση: **400 V** (τριφασικό)
- Φορτίο: **P = 10 kW**, **cosφ = 0,9**
- Υλικό: **Cu**, ρ = **0,018 Ω·mm²/m**

1) Ρεύμα φορτίου

$$I_b = \frac{P}{\sqrt{3}\,U\,\cos\varphi} = \frac{10\,000}{1{,}732 \cdot 400 \cdot 0{,}9} \approx \mathbf{16\ A}$$

2) Θερμικό κριτήριο (Πίν. 52-Κ1, εντοιχισμένο σε σωλήνα)

Για **2,5 mm² Cu** → $I_z \approx 18\,A$

Έλεγχος: $I_b \le I_z \Rightarrow 16 \le 18$ ✅ *(θερμικά επαρκές)*

3) Κριτήριο πτώσης τάσης (όριο 4% του 400 V ⇒ ≤ 16 V)

Τριφασικό καλώδιο:

$$\Delta U = \sqrt{3}\,\rho\,\frac{L\,I\,\cos\varphi}{S} \Rightarrow \Delta U = \underbrace{\frac{1{,}732 \cdot 0{,}018 \cdot 16 \cdot 0{,}9}{2{,}5}}_{0{,}1796\ \mathrm{V/m}} \cdot L$$

Άρα $\Delta U \approx 0{,}1796 \cdot L$ **(Volt)**.

- **Μέγιστο επιτρεπτό μήκος** για το 4%:

$$0{,}1796 \cdot L_{\max} = 16 \Rightarrow L_{\max} \approx \mathbf{89\ m}$$

- Παράδειγμα ελέγχου:
  - Αν **L = 50 m** → $\Delta U \approx 0{,}1796 \cdot 50 = \mathbf{9{,}0\ V}$ (2,25%) ✅
  - Αν **L = 90 m** → $\Delta U \approx \mathbf{16{,}2\ V}$ (4,05%) ❌ (υπέρβαση)

4) Απόφαση

- Για **μήκη γραμμής έως ~89 m**, το **NYA 5×2,5 mm²** είναι **σωστή επιλογή** (θερμικά & ηλεκτρικά).
- Για **μεγαλύτερα μήκη**, απαιτείται **μεγαλύτερη διατομή** (π.χ. **4 mm²**):

$$\Delta U_{4\,\mathrm{mm^2}} = \frac{1{,}732 \cdot 0{,}018 \cdot 16 \cdot 0{,}9}{4} \cdot \downarrow\ 0{,}1122 \cdot L \Rightarrow L_{\max} = \frac{16}{0{,}1122} \approx \mathbf{143\ m}$$

Πολυπολικά καλώδια

#1 – ΕΥΚΑΜΠΤΟ Ή ΠΟΛΥΚΛΩΝΟ









Τα **εύκαμπτα καλώδια** είναι μαλακά επειδή αποτελούνται από **πολλά λεπτά σύρματα**, γι' αυτό και αποκαλούνται **κοινώς πολύκλωνα**. Ο λόγος που είναι μαλακά είναι η **ευκολία στη χρήση**. Εύκαμπτα είναι τα **περισσότερα** καλώδια που συναντάμε στην καθημερινότητά μας, για παράδειγμα στις **μπαλαντέζες**, στα **πολύπριζα**, στα **φωτιστικά** και γενικώς σε **οποιαδήποτε οικιακή συσκευή**, ακόμα και συσκευές σχετικά **μεγάλης κατανάλωσης**, όπως αερόθερμα ή σόμπες. Οι **διατομές** ξεκινούν από **0.50mm**.

Εκτός από τα **συνηθισμένα** εύκαμπτα καλώδια με το **πλαστικό** περίβλημα, υπάρχουν κι εκείνα με **περίβλημα καουτσούκ** (για μεγαλύτερη **αντοχή στην καταπόνηση**) και **σιλικόνη** (για να μην καίγεται). Τα καλώδια καουτσούκ χρησιμοποιούνται, για παράδειγμα, σε **επαγγελματικές μπαλαντέζες**, ενώ τα καλώδια σιλικόνης σε **μηχανήματα** που ανεβάζουν **μεγάλες θερμοκρασίες** και βρίσκονται **κοντά σε πηγές θερμότητας**, όπως **φριτέζες**.

Πολυπολικά καλώδια

#2 – NYM (ΔΥΣΚΑΜΠΤΟ ΛΕΥΚΟ)



Το **καλώδιο NYM** είναι το καλώδιο που χρησιμοποιείται **κυρίως** σε **εσωτερικές κτηριακές εγκαταστάσεις**, περνώντας μέσα από ευθείς σωλήνες και σπιράλ. Είναι **σκληρό**, καθώς αποτελείται είτε από **ένα σύρμα** (έως τη **διατομή 4mm**), είτε από λίγα **περισσότερα** χοντρά **σύρματα** (από τη διατομή **6mm** και πάνω). Αυτό εξασφαλίζει **μεγαλύτερη αντοχή** στο **ρεύμα**, καθώς η **ροή** είναι **ενιαία** και **απρόσκοπτη**. **Δεν** χρησιμοποιείται σε **λίγα αμπέρ**, γι' αυτό και οι **διατομές** των καλωδίων ξεκινούν από **1.5mm**.

Εκτός από τις εγκαταστάσεις, καλώδια NYM χρησιμοποιούνται γενικώς σε **οποιαδήποτε** περίπτωση που το καλώδιο πρόκειται να σηκώσει **μεγάλα φορτία** σε **μακρινές αποστάσεις**, όπως ας πούμε στην τοποθέτηση μιας **εξωτερικής πρίζας**, ή σε έναν **υποπίνακα**.

Πολυπολικά καλώδια

#3 – NYY (ΔΥΣΚΑΜΠΤΟ ΜΑΥΡΟ)



Τα **καλώδια NYY** περιέχουν εσωτερικά τα **ίδια σύρματα** με το **NYM**, με **μόνη διαφορά** το πιο **ενισχυμένο εξωτερικό περίβλημα**, χρώματος μαύρου. Χρησιμοποιούνται σε **εξωτερικές εγκαταστάσεις**, συχνά ακόμα κι αν πρόκειται να περαστούν μέσα σε σωλήνες, καθώς επίσης και σε **υπόγειες εγκαταστάσεις**.

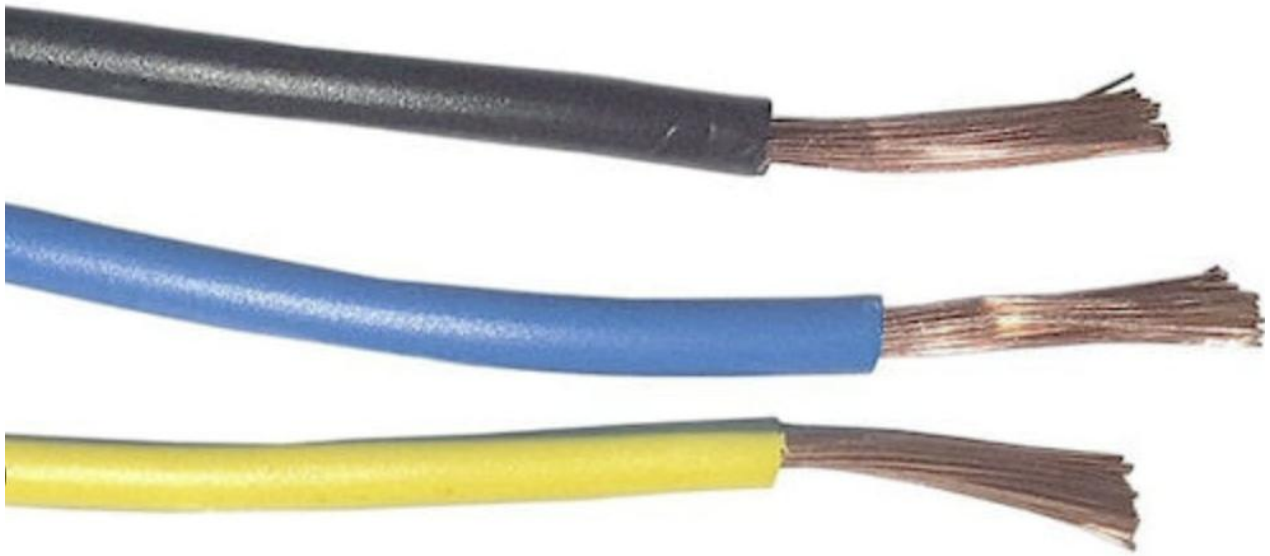
Λόγω της **ανθεκτικότητάς** του, είναι ο τύπος καλωδίου που χρησιμοποιείται **πάντα** στις **παροχές ρεύματος**, δηλαδή από το **ρολόι** του ΔΕΔΔΗΕ προς τον **πίνακα** του σπιτιού ή του επαγγελματικού χώρου.

Μονοπολικά καλώδια



NYA

(μονόκλωνα δύσκαμπτα)



NYAF

(πολύκλωνα εύκαμπτα)

Κεφάλαιο 8

Ασφάλειες

Ρελέ διαρροής

ΔΔΕ, διακόπτης διαφορικής έντασης, ή ηλεκτρονόμοι διαρροής ή διατάξεις προστασίας διαφορικού ρεύματος (Residual Current Detector – RCD)

Προστατεύει από ρεύματα διαρροής και λειτουργεί μαζί με τα συστήματα γειώσεων.

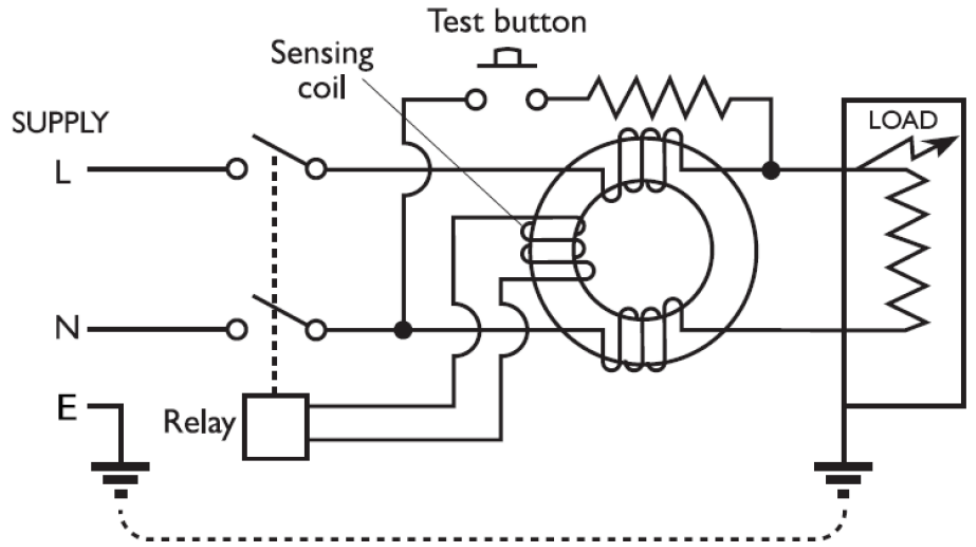
Είναι διπολικός για τις μονοφασικές παροχές ή τετραπολικός για τις τριφασικές (400/230V).

Υποχρεωτικός για την προστασία των ατόμων και όπου υπάρχει ανάγκη για προστασία από πυρκαγιά.

Το επιτρεπόμενο **ρεύμα διαρροής** είναι 30mA για ονομαστικά ρεύματα έως 63A και προστασία του προσωπικού (άμεση προστασία) και 300mA για μεγαλύτερα μεγέθη (έμμεση προστασία).

Διακόπτει φάσεις και ουδέτερο





The RCD Handbook – BEAMA - 2010

Μικροαυτόματοι

Οι μικροαυτόματοι διακόπτες είναι μονάδες προστασίας που χρησιμοποιούνται καθημερινά σε όλες τις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις παγκοσμίως, αφού είναι το πιο διαδεδομένο μέσο προστασίας των καλωδίων ισχύος από υπερφορτίσεις και βραχυκυκλώματα. Ανακαλύφθηκαν το 1923 από τον Hugo Stotz και από τότε έχουν εξελιχθεί αρκετά για να συμπεριλάβουν χαρακτηριστικά, όπως διαφορετικές χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας, που να μπορούν να προσφέρουν προστασία σε διαφορετικούς τύπους ηλεκτρικών φορτίων και εφαρμογών.

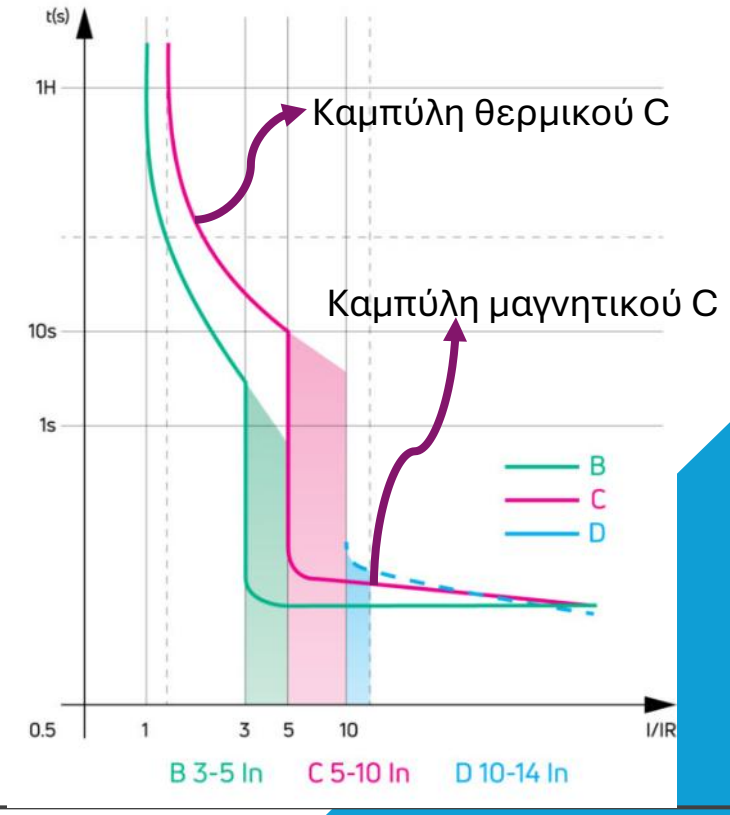
Οι μικροαυτόματοι διακόπτες παρότι εκ πρώτης όψεως μπορεί να φαίνονται σαν ένα απλό και σχετικά συνηθισμένο εξάρτημα στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις, στην πραγματικότητα πρόκειται για ένα μικρό θαύμα της μηχανικής αφού αποτελείται από περισσότερα από 60 εξαρτήματα, τέλεια συνδυασμένα μεταξύ τους, για να προσφέρουν ένα πολύ έξυπνο μηχανισμό προστασίας, πολύ γρήγορο στην ενεργοποίηση, κατάλληλο για διαφορετικά είδη σφαλμάτων και με ένα εξαιρετικά αξιόπιστο τρόπο λειτουργίας.

Πιο συγκεκριμένα οι μικροαυτόματοι διακόπτες χρησιμοποιούνται για:

- Προστασία από υπερφορτίσεις (θερμικό στοιχείο)
- Προστασία από βραχυκυκλώματα (μαγνητικό στοιχείο)

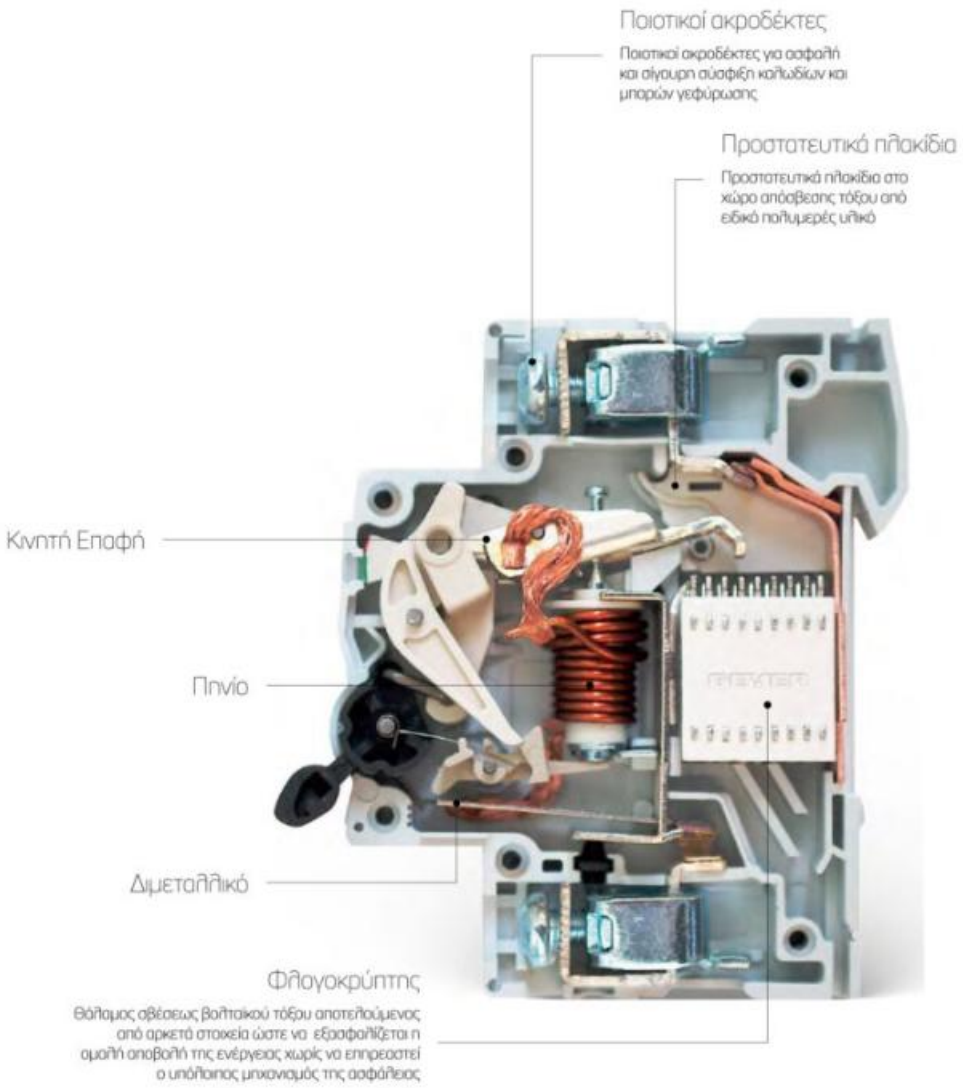
Η ενεργοποίηση των μικροαυτομάτων και η διακοπή της τροφοδοσίας στο κύκλωμα που παρουσιάζει το σφάλμα, γίνεται από δύο διαφορετικά στοιχεία προστασίας που διαθέτουν οι μικροαυτόματοι στο εσωτερικό τους. Το μαγνητικό στοιχείο προστασίας που ενεργοποιείται στιγμιαία σε συνθήκες βραχυκυκλώματος και εξαρτάται μόνο από την τιμή του ρεύματος βραχυκυκλώματος που το διαρρέει και το θερμικό στοιχείο προστασίας που χρησιμοποιείται για προστασία από υπερφορτίσεις και εξαρτάται από την ανύψωση της θερμοκρασίας δηλαδή από το ρεύμα και το χρόνο ταυτόχρονα.

Το μαγνητικό στοιχείο προστασίας των μικροαυτομάτων είναι ένας ηλεκτρομαγνήτης (πηνίο) που είναι συνδεδεμένος σε σειρά με το κύκλωμα ισχύος (επαφές εισόδου-εξόδου του μικροαυτομάτου) και που στο εσωτερικό του είναι συνδεδεμένος με τον μηχανισμό απόζευξης του μικροαυτομάτου έτσι ώστε σε συνθήκες βραχυκυκλώματος να ''τραβήξει'' το κινούμενο μέρος του μηχανισμού και να διακόψει την τροφοδοσία. Το θερμικό στοιχείο προστασίας αντίστοιχα, είναι ένα διμεταλλικό στοιχείο το οποίο κάμπτεται και παρασύρει και αυτό το μηχανισμό απόζευξης του μικροαυτομάτου όταν μέσα από το σώμα του διέρχεται μεγαλύτερη ένταση ρεύματος από την ονομαστική και μεγάλη χρονικό διάστημα από το επιτρεπτό.



Πηγή: https://new.abb.com/low-voltage/el/news/article-gettting-to-know-mcbs

Μικροαυτόματοι





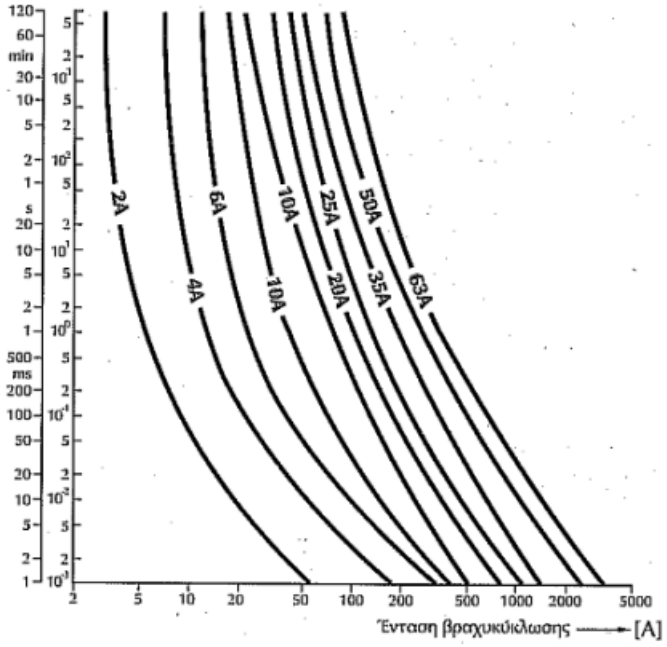
Ασφάλειες τήξης







Χαρακτηριστική ρεύματος/χρόνου
Ανοχή ±5% του ρεύματος
DIAZED - Φυσίγγια ασφαλειών
Μέγεθος D11, 660V~/600V–



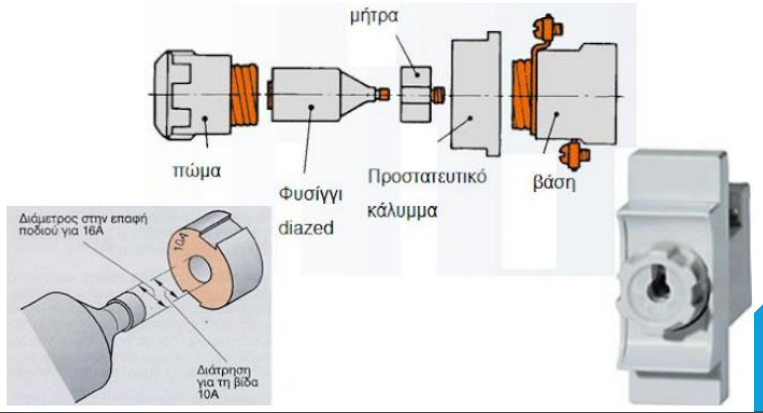
Κατασκευαστικά οι ασφάλειες τήξης αποτελούνται από τέσσερα μέρη:

- Πώμα: Βιδώνεται στην ασφαλειοθήκη και έτσι συγκρατεί το φυσίγγι στη θέση του.
- Φυσίγγι: Περιέχει το νήμα και ένα δείκτη. Ο δείκτης μένει στη θέση του όσο το νήμα δεν έχει καεί και έχει συγκεκριμένο χαρακτηριστικό χρώμα, ανάλογα με το ονομαστικό ρεύμα της ασφάλειας. Το φυσίγγι κατασκευάζεται από πορσελάνη και στο εσωτερικό φέρει άμμο χαλαζία
- Μήτρα: Τοποθετείται ανάμεσα στο φυσίγγι και την ασφαλειοθήκη και έχει συγκεκριμένη εσωτερική διάμετρο, αντίστοιχη για κάθε φυσίγγιο.
- Ασφαλειοθήκη ή βάση: Στερεώνεται πάνω στον πίνακα και στο εσωτερικό της εφαρμόζεται το φυσίγγιο.

Το ενεργό μέρος της ασφάλειας τήξης είναι ένα αγώγιμο εύτηκτο σύρμα ή ταινία που ονομάζεται «τηκτό» ή «νήμα». Αυτό έχει υπολογιστεί ώστε να αντέχει το ονομαστικό ρεύμα για το οποίο έχει κατασκευαστεί. Αν περάσει ρεύμα μεγαλύτερο τότε ύστερα από κάποιο χρονικό διάστημα, που προσδιορίζεται από τις καμπύλες χρόνου ενεργοποίησης-ρεύματος βραχυκύκλωσης ή υπερφόρτισης, λιώνει το νήμα και διακόπτεται το κύκλωμα τροφοδοσίας.

Όταν καεί μια ασφάλεια τήξης και εφόσον φτάσουμε γρήγορα και το πώμα είναι ακόμα ζεστό, τότε καταλαβαίνουμε ότι το κάψιμο προήλθε από υπερφόρτιση, αν όχι τότε έχει καεί από βραχυκύκλωμα.

- Στο βραχυκήκλωμα το νήμα λιώνει πολύ γρήγορα και δεν προλαβαίνει να ζεσταθεί.
- Αντίθετα στην υπερφόρτιση έχουμε ροή ρεύματος για μεγάλο χρονικό διάστημα έτσι ζεσταίνεται.



Πηγή: https://new.abb.com/low-voltage/el/news/article-gettting-to-know-mcbs

Κριτήρια επιλογής Ασφάλειας

Η ασφάλεια (MCB ή ασφάλεια τήξεως) πρέπει να επιλεγεί **ώστε να προστατεύει το καλώδιο**, αλλά **να μην αποζεύγει λανθασμένα κατά τη λειτουργία του φορτίου**.

🔹 1️⃣ Κριτήριο προστασίας καλωδίου (θερμικό κριτήριο)

Η ασφάλεια **δεν πρέπει να επιτρέπει** να περάσει ρεύμα μεγαλύτερο από αυτό που αντέχει θερμικά το καλώδιο.

$$I_n \leq I_z$$

όπου

- I_n: ονομαστικό ρεύμα ασφάλειας
- I_z: μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα καλωδίου (από πίνακα 52-K1)

📘 **Εξασφαλίζει** ότι το καλώδιο **δεν θα υπερθερμανθεί** σε υπερφόρτιση.

🔹 2️⃣ Κριτήριο λειτουργίας φορτίου (λειτουργικό κριτήριο)

Η ασφάλεια πρέπει να επιτρέπει **το ονομαστικό ρεύμα λειτουργίας** του φορτίου χωρίς να αποζεύγει.

$$I_b \leq I_n$$

όπου

- I_b: ρεύμα λειτουργίας φορτίου
- I_n: ονομαστικό ρεύμα ασφάλειας

📘 **Εξασφαλίζει** ότι η ασφάλεια **δεν θα "πέφτει"** κατά τη φυσιολογική λειτουργία.

✅ Συνδυαστικός κανόνας

Και τα δύο πρέπει να ισχύουν ταυτόχρονα:

$$\boxed{I_b \leq I_n \leq I_z}$$



🔹 Παράδειγμα

- Καλώδιο: NYM 3×2,5 mm² → $I_z = 18\,A$
- Φορτίο: Θερμοσίφωνας → $I_b = 15\,A$

Επιλέγουμε ασφάλεια:

$$I_n = 16\,A$$

✔ $15 \leq 16 \leq 18$ → ✅ σωστή επιλογή

📘 **Συνοψίζοντας:**

- Το **πρώτο κριτήριο** ($I_n \leq I_z$) προστατεύει **το καλώδιο**
- Το **δεύτερο κριτήριο** ($I_b \leq I_n$) προστατεύει **τη λειτουργία του φορτίου**

Μόνο όταν **ικανοποιούνται και τα δύο**, η επιλογή ασφάλειας θεωρείται **σωστή**.

Κεφάλαιο 9

Αντιστάθμιση

Ο συντελεστής ισχύος (συνφ) είναι ένας σοβαρός παράγοντας λειτουργίας των ηλεκτρικών κυκλωμάτων και συνδέεται άμεσα με το γενικώτερο ηλεκτρικό κύκλωμα της ΔΕΗ. Φέρει δε επιπτώσεις σ' όλο το δίκτυο από την πλευρά της ισχύος.
Πιο συγκεκριμένα:

Αν τα ηλεκτρικά κυκλώματα εργάζονται με μικρό συνφ, τότε, η ολική ισχύς των γεννητριών της ΔΕΗ δεν ανταποκρίνεται καθόλου στις ολικές πραγματικές ισχείς των καταναλώσεων£ δηλαδή, απαιτείται να παραχθεί πολύ πιο μεγάλη ισχύς από τη ΔΕΗ, για την πραγματική εξυπηρέτηση των καταναλώσεων.

'Οσο μεγαλώνει ο συντελεστής ισχύος των καταναλώσεων, τόσο μικραίνει και η διαφορά παραγόμενης (φαινόμενης) και πραγματικής ισχύος εξυπηρέτησης των ηλεκτρικών κυκλωμάτων.

Είναι, δηλαδή:

$$\left.\begin{array}{l}\text{συνφ} \to 1 \\ P = S \cdot \text{συνφ}\end{array}\right\} \to P \to S$$

Γι' αυτό το λόγο, η ΔΕΗ υποχρεώνει τους καταναλωτές της να λειτουργούν από ένα όριο συντελεστή ισχύος και πάνω· ενώ, συγχρόνως, στις εγκαταστάσεις της διορθώνεται - κατά διαστήματα - στις γραμμές παροχής, το συνφ.

Στην περίπτωση που κάποιος καταναλωτής εργάζεται με συνφ κάτω της τιμής του ορίου - που είναι 0,85 - η ΔΕΗ τον υποχρεώνει να το διορθώσει. Επειδή, στη διαδικασία αυτή, η τιμή του συνφ μεγαλώνει, λέγεται αλλιώς και "βελτίωση συνφ".

Αν ο συντελεστής ισχύος είναι επαγωγικός, υπερτερούν τα επαγωγικά φορτία και αν ο συντελεχτής ισχύος είναι χωρητικός, υπερτερούν τα χωρητικά φορτία.

Σε κάθε, όμως, περίπτωση, η διόρθωση του συνφ απαιτεί διαφορετικό τρόπο£ στην ουσία, πετυχαίνεται περιορισμός των άεργων ρευμάτων στα ηλεκτρικά κυκλώματα - κατ' επέκταση - στο δίκτυο της ΔΕΗ.

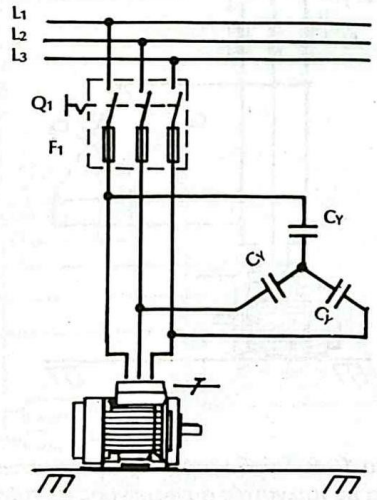
Στην πράξη, ο συντελεστής ισχύος είναι πάντα επαγωγικός, γιατί υπερτερούν τα επαγωγικά φορτία.

Η διόρθωση του συντελεστή ισχύος, στην περίπτωση αυτή, πετυχαίνεται με χωρητικούς καταναλωτές, που τείνουν να εξισορροπήσουν τα υπερισχύοντα επαγωγικά φορτία και να έχουν, στο τέλος, σχεδόν πραγματικές καταστάσεις.
Τέτοια χωρητικά φορτία είναι οι πυκνωτές.

Σε περιπτώσεις (πάρα πολύ σπάνιες), που έχουμε χωρητική υπεροχή φορτίων, η διόρθωση γίνεται με τη χρησιμοποίηση επαγωγικών καταναλωτών· τέτοιοι είναι τα πηνία.

Οι πυκνωτές μπορούν να συνδεθούν:

α. Σε αστέρα



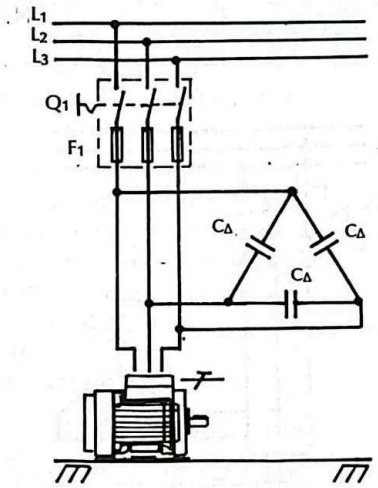
Σχήμα 16.5. *Διόρθωση συνφ σε τριφασικό σύστημα με πυκνωτές συνδεμένους σε αστέρα*

Η χωρητικότητα του κάθε πυκνωτή υπολογίζεται από τη σχέση:

$$C_\gamma = \frac{\sqrt{3}\ I \cdot \eta\mu\varphi}{2\pi f \cdot U_\varphi}$$

όπου: I = ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος (A)
π = 3,14
f = 50 Hz
U = τάση τροφοδοσίας (220 V)
φ = γωνία μεταξύ τάσης και έντασης για το σύνθετο φορτίο.

β. Σε τρίγωνο



Σχήμα 16.6. *Διόρθωση συνφ σε τριφασικό σύστημα με πυκνωτές συνδεμένους σε τρίγωνο*

Η χωρητικότητα του κάθε πυκνωτή υπολογίζεται από τη σχέση:

$$C_\Delta = \frac{I\ \eta\mu\varphi}{2\pi f \cdot \sqrt{3} \cdot U}$$

όπου: I = ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος (A)
π = 3,14
f = 50 Hz
U = τάση τροφοδοσίας (380 V)
φ = γωνία μεταξύ τάσης και έντασης για το συγκεκριμένο σύνθετο φορτίο.

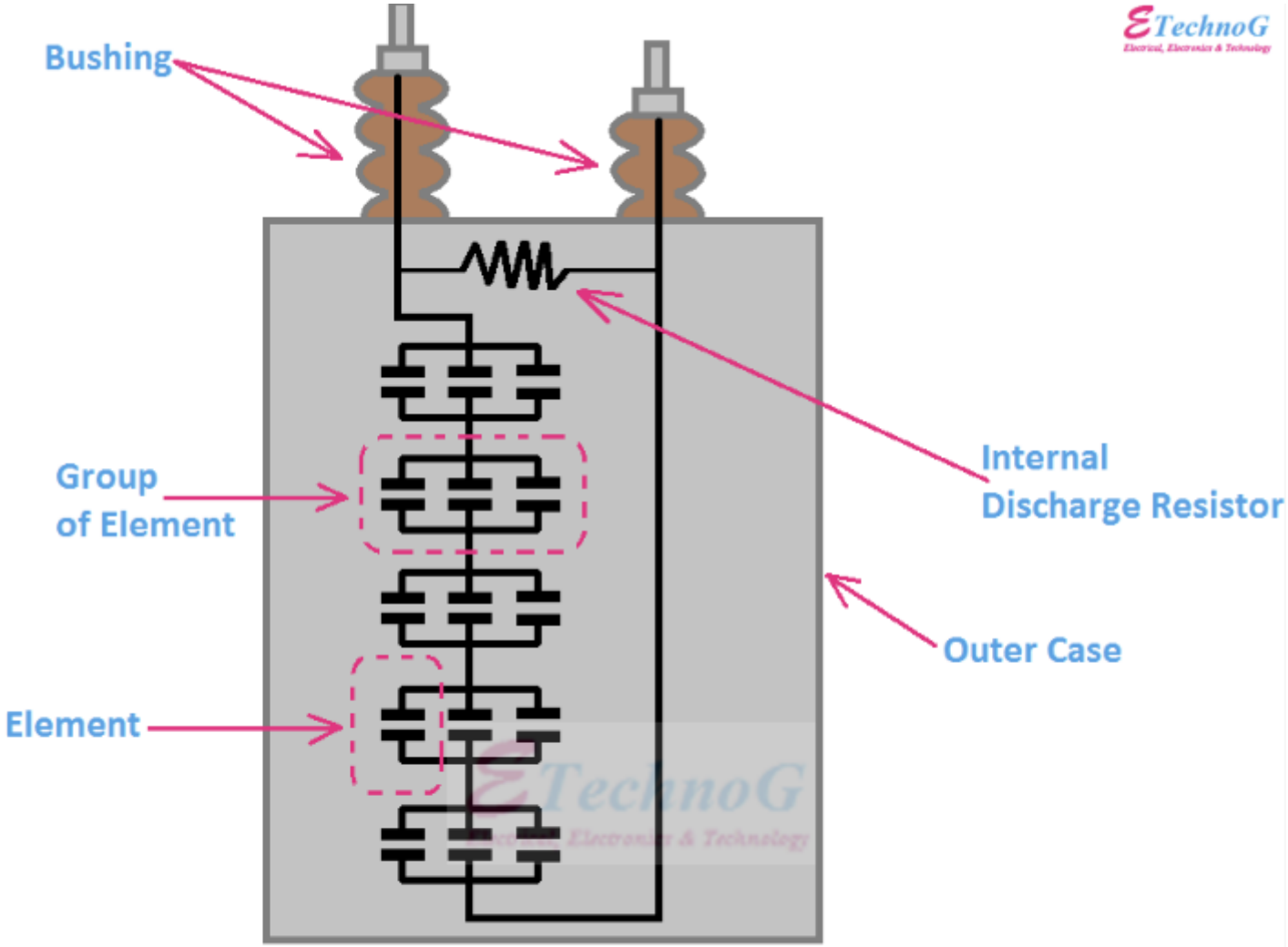
Συμπέρασμα

Από τους δύο αυτούς τρόπους σύνδεσης των πυκνωτών χρησιμοποιούμε, συνήθως, τη σύνδεση **κατά τρίγωνο**, γιατί, έτσι, απαιτούνται πυκνωτές με χωρητικότητα μικρότερη κατά $\frac{1}{3}$ από αυτή της συνδεσμολογίας κατά αστέρα.

Δηλαδή:

$$C_\Delta = \frac{C_\gamma}{3}$$

'Ετσι, είναι προφανές πως, στη σύνδεση του τριγώνου, θα έχουμε μικρότερο κόστος για τη διόρθωση του συντελεστή ισχύος.

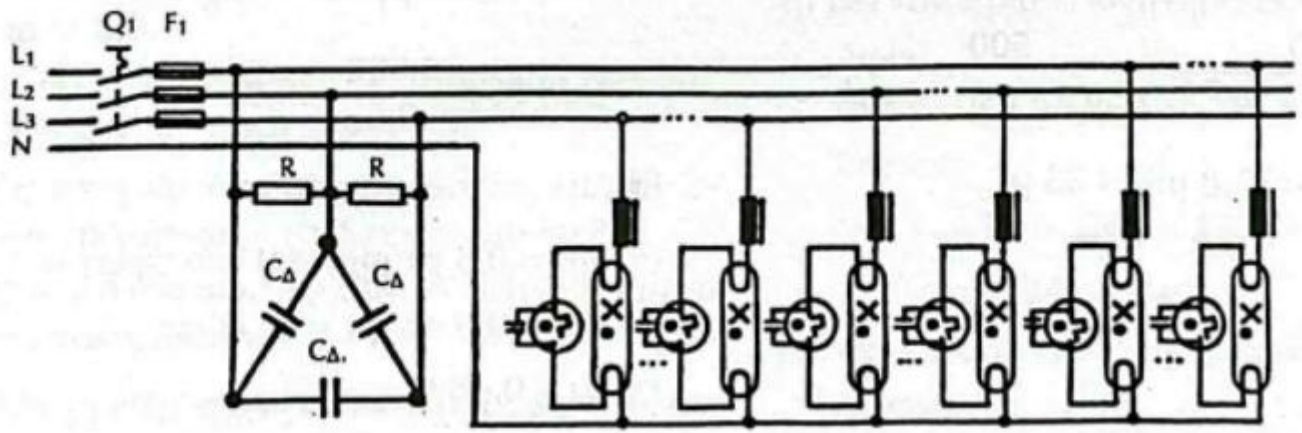


Shunt Capacitor Internal Diagram

1ο Παράδειγμα

Αίθουσα φωτίζεται με λαμπτήρες φθορισμού και τροφοδοτούνται με τριφασική γραμμή. Το φορτίο για την κάθε φάση είναι 400 W και το συνφ = 0,5.

Να γίνει η διόρθωση του συνφ με τοποθέτηση πυκνωτών κατά τρίγωνο ώστε το συνφ να γίνει 0,9.



Πηγή: Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις, Τουλόγλου-Στεργίου, Εκδόσεις Ιων.

Λύση

- Ο πυκνωτής πρέπει να δώσει άεργη ισχύ για την κάθε φάση:

$$Q = P\,(\varepsilon\varphi\varphi_1 - \varepsilon\varphi\varphi_2)$$

- Είναι:

$\sigma\upsilon\nu\varphi_1 = 0{,}5 \Leftrightarrow \varphi_1 = 60^\circ \Leftrightarrow \varepsilon\varphi\varphi_1 = 1{,}73$

$\sigma\upsilon\nu\varphi_2 = 0{,}9 \Leftrightarrow \varphi_2 = 25{,}84^\circ \Leftrightarrow$

$\varepsilon\varphi\varphi_2 = 0{,}48$

- Οπότε: $Q = 400\,(1{,}73 - 0{,}48)$

$$Q = 500\ \text{Var}$$

- Επομένως:

$$C_\Delta = \frac{Q}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot U^2} = \frac{500}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 50 \cdot 380^2} =$$

$$= 1{,}10 \cdot 10^{-5}\ \text{F} <=> C_\Delta = 11\ \mu\text{F}$$

- Άρα θα χρησιμοποιηθούν τρεις πυκνωτές στη διάταξη του τριγώνου που ο καθένας θάναι 11 μF.

2^{ο} Παράδειγμα

Τριφασικός κινητήρας λειτουργεί στο δίκτυο της ΔΕΗ (220/380 V, 50 Hz) με συνφ$_1$ = 0,5 ισχύ 8 Hp και βαθμό απόδοσης 0,6.

Ποια διάταξη πυκνωτών θα χρησιμοποιηθεί για τη βελτίωση του συντελεστή ισχύος στην τιμή συνφ$_2$ = 0,9 .

Λύση

– **Η ισχύς (μηχανική)** που δίνει ο κινητήρας στον άξονά του είναι:

$$P = 8 \cdot 0{,}736 = 5{,}888 \text{ KW}$$

– **Η ηλεκτρική ισχύς** που απορροφάει ο κινητήρας είναι:

$$n = \frac{P}{P_1} \Leftrightarrow P_1 = \frac{P}{n}$$

$$P_1 = \frac{5{,}888}{0{,}6} = 9{,}81 \text{ KW}$$

Είναι:

$\text{συν}\varphi_1 = 0{,}5 \Leftrightarrow \varphi_1 = 60^\circ \Rightarrow \text{εφ}\varphi_1 = 1{,}732$

$\text{συν}\varphi_2 = 0{,}9 \Leftrightarrow \varphi_2 = 25{,}8^\circ \Rightarrow$

$\text{εφ}\varphi_2 = 0{,}484$

– **Η άεργη ισχύς για την κάθε φάση** του τριφασικού κινητήρα είναι:

$$Q = \frac{1}{3} P_1 (\text{εφ}\varphi_1 - \text{εφ}\varphi_2) =$$

$$= \frac{1}{3} \cdot 9{,}81 \, (1{,}732 = 0{,}484)$$

$$= \frac{1}{3} \cdot 9{,}81 \cdot 1{,}248 = 4{,}08 \text{ KVAR}$$

α. Για την περίπτωση σύνδεσης πυκνωτών σε αστέρα, είναι:

$$C_Y = \frac{Q}{2\pi f U_\varphi^2} = \frac{4080}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 60 \cdot 220^2} =$$

$$= 2{,}273 \cdot 10^{-4} \text{ F} = 227{,}3 \, \mu\text{F}$$

β. Για την περίπτωση σύνδεσης πυκνωτών σε τρίγωνο, είναι:

$$C_\Delta = \frac{Q}{2\pi f U_\pi^2} = \frac{4080}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 60 \cdot 380^2} =$$

$$= 7{,}498 \cdot 10^{-5} \text{ F} = 74{,}98 \, \mu\text{F}$$

■ Φυσικά όπως έχουμε προαναφέρει συμφέρει η χρησιμοποίηση πυκνωτών με τη σύνδεση τριγώνου.

'Ενας βιομηχανικός χώρος τροφοδοτείται από το δίκτυο της ΔΕΗ (220/380 V / 50 Hz) και περιλαμβάνει:

α. Τριφασικό κινητήρα σε σύνδεση τριγγώνου, 6 Hp, βαθμού απόδοσης 0,8 και συνφ = 0,8.

β. Τριφασικό κινητήρα σε σύνδεση αστέρα, 2,5 KW, συνφ = 0,9.

γ. Επαγωγικό τριφασικό φορτίου σε σύνδεση τριγώνου, 7 KVA και συνφ=0,3.

δ. Φωτιστικά φορτία 900 W κατανεμημένα σε τρεις φάσεις.

Να βρεθεί η χωρητικότητα των πυκνωτών που θα χρησιμοποιηθούν σε συστοιχεία για τη βελτίωση του συντελεστή ισχύος σε 0,9.

Λύση

- **Υπολογισμός πραγματικής απορροφούμενης ισχύος για κάθε κατανάλωση**

α. Για τον πρώτο κινητήρα είναι:

$$P = 6 \cdot 0,736 = 4,416 \text{ KW}$$

$$n = \frac{P}{P_{1\alpha}} \Leftrightarrow P_{1\alpha} = \frac{P}{n} = \frac{4,416}{0,8} \Leftrightarrow$$

$$P_{1\alpha} = 5,52 \text{ KW} = 5520 \text{ W}$$

β. Για τον δεύτερο κινητήρα:

$$P_{1\beta} = 2500 \text{ W}$$

γ. Για το επαγωγικό φορτίο είναι:

$$P_{1\gamma} = S \cdot \text{συν}\varphi = 7 \cdot 0,3 = 2,1 \text{ KW} =$$
$$= 2100 \text{ W}$$

δ. Για τα φωτιστικά φορτία είναι:

$$P_{1\delta} = 900 \text{ W}$$

- **Υπολογισμός ολικής πραγματικής απορροφούμενης ισχύος της εγκατάστασης**

$$P_1 = P_{1\alpha} + P_{1\beta} + P_{1\gamma} + P_{1\delta}$$
$$\Leftrightarrow P_1 = 5520 + 2500 + 2100 + 900$$
$$\Leftrightarrow P_1 = 11020 \text{ W}$$

- **Η ισχύς** που αντιστοιχεί στην κάθε φάση είναι:

$$\frac{P_1}{3} = \frac{11020}{3} = 3673,33 \text{ W}$$

- **Υπολογισμός άεργης ισχύος για κάθε κατανάλωση**

α. Για τον πρώτο κινητήρα είναι:

Αφού

$\text{συν}\varphi = 0,8 \Leftrightarrow \varphi = 36,86^\circ \Leftrightarrow \text{εφ}\varphi = 0,749$

Οπότε:

$$Q_\alpha = P_{1\alpha} \cdot \text{εφ}\varphi = 5520 \cdot 0,749 =$$
$$= 4134,48 \text{ Var}$$

β. Για τον δεύτερο κινητήρα είναι:

Αφού:

$\text{συν}\varphi = 0,9 \Leftrightarrow \varphi = 25,84^\circ \Leftrightarrow \text{εφ}\varphi = 0,484$

Οπότε:

$$Q_\beta = P_{1\beta} \cdot \text{εφ}\varphi = 2500 \cdot 0,484 = 1210 \text{ Var}$$

γ. Για το επαγωγικό φορτίο είναι:

Αφού:

$\text{συν}\varphi = 0,3 \Leftrightarrow \varphi = 72,54^\circ \Leftrightarrow \eta\mu\varphi = 0,95$

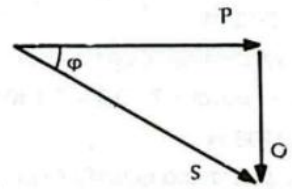
Οπότε:

$$Q_\gamma = P_{1\gamma} \cdot \eta\mu\varphi = 7000 \cdot 0,95 = 6650 \text{ Var}$$

δ. Για τα φωτιστικά φορτία επειδήξ θεωρούνται ωμικά φορτία θα είναι:

$$Q_\delta = 0 \text{ (γιατί } \eta\mu\varphi = 0)$$

Υπενθύμιση τριγώνου ισχύων



Σχήμα 16.21. *Τρίγωνο ισχύων*

$$\text{εφ}\varphi = \frac{Q}{P} \qquad \eta\mu\varphi = \frac{Q}{S}$$

- **Υπολογισμός ολικής άεργης ισχύος** της εγκατάστασης.

$$Q_{\text{ολ}} = Q_\alpha + Q_\beta + Q_\gamma + Q_\delta$$
$$Q_{\text{ολ}} = 4134,48 + 1210 + 6650 + 0$$
$$Q_{\text{ολ}} = 11994,48 \text{ Var}$$

- **Υπολογισμός εφφ1**
  - θα είναι:

$$\text{εφ}\varphi_1 = \frac{Q_{\text{ολ}}}{P_1} = \frac{11994,48}{11020} = 1,088$$

- **Υπολογισμός εφφ2**
  - Επειδή θέλουμε ο συντελεστής ισχύος της εγκατάστασης να είναι 0,9 θα έχουμε:

$\text{συν}\varphi = 0,9 \Leftrightarrow \varphi = 25,8^\circ \Leftrightarrow \text{εφ}\varphi_2 = 0,48$

- **Υπολογισμός άεργης ισχύος κάθε φάσης:**

$$Q = \frac{1}{3} P_1 (\text{εφ}\varphi_1 - \text{εφ}\varphi_2)$$

$$Q = \frac{1}{3} \cdot 11020 \cdot (1,088 - 0,48)$$

$$Q = 2233,38 \text{ Var}$$

- **Υπολογισμός χωρητικότητας κάθε χρησιμοποιούμενου πυκνωτή**

$$C_\Delta = \frac{Q}{2\pi f \cdot U_\pi^2}$$

$$C_\Delta = \frac{2233,38}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 380^2} = 4,92 \cdot 10^{-5} \text{ F}$$

$$C_\Delta = 49,2 \text{ μF}$$

Κεφάλαιο 10

Απλή ηλεκτρολογική μελέτη



🔹 Διαστασιολόγηση δύο γραμμών με υπολογισμό καλωδίων, ασφαλειών και ρελέ διαρροής

Από έναν **τριφασικό πίνακα διανομής 400 V** τροφοδοτούνται δύο ανεξάρτητα κυκλώματα:

1. Ένας **τριφασικός επαγωγικός κινητήρας** ονομαστικής ισχύος P_1 = **4 kW**, με **συντελεστή ισχύος** $\cos\varphi_1$ = **0,8**.
2. Ένα **μονοφασικό θερμαντικό στοιχείο** ισχύος P_2 = **3 kW**, με **συντελεστή ισχύος** $\cos\varphi_2$ = **1**, συνδεδεμένο στη **φάση Α**.

Κάθε κύκλωμα έχει **μήκος L = 40 m**, με **καλώδιο χαλκού τύπου NYY**, τοποθετημένο **εντοιχισμένα σε σωλήνα μέσα σε τοίχο**.

Αγνοήστε την πτώση τάσης του παροχικού καλωδίου

Και τα δύο κυκλώματα προστατεύονται μέσω ενός **γενικού διακόπτη**, ενός **ρελέ διαρροής (RCD)** και **ξεχωριστής ασφάλειας** (MCB) για κάθε γραμμή.

Να υπολογιστούν:

1. Η **ένταση ρεύματος** κάθε φορτίου.
2. Η **κατάλληλη διατομή καλωδίου** για κάθε κύκλωμα, σύμφωνα με:
   - (α) το **θερμικό κριτήριο** (Πίνακας 52-Κ1 ΕΛΟΤ HD 384)
   - (β) το **κριτήριο πτώσης τάσης** (όριο 4% επί της ονομαστικής τάσης).
3. Η **ασφάλεια (MCB)** κάθε γραμμής, ώστε να πληροί:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

   εξασφαλίζοντας αφενός τη **λειτουργία του φορτίου**, αφετέρου την **προστασία του καλωδίου**.
4. Ο **γενικός διακόπτης** και ο **ρελές διαρροής (RCD)** που θα προστατεύουν τα δύο κυκλώματα.
   Να καθοριστεί ο τύπος του RCD, η ονομαστική ένταση και η ευαισθησία του.

Δεδομένα:

- Ειδική αντίσταση χαλκού: $\rho = 0{,}018\,\Omega\cdot\mathrm{mm}^2/\mathrm{m}$
- Μέγιστη επιτρεπτή πτώση τάσης: **4%**
- Από τον Πίνακα 52-Κ1 (εντοιχισμένα καλώδια τύπου NYY):
  - **NYY 5×2,5 mm² → Iz = 18 A**
  - **NYY 5×4 mm² → Iz = 24 A**

Λύση

🔹 1 Υπολογισμός ρεύματος κάθε φορτίου

(α) Επαγωγικός κινητήρας

$$I_1 = \frac{P_1}{\sqrt{3}\,U\,\cos\varphi_1} = \frac{4000}{1{,}732\cdot 400\cdot 0{,}8} = 7{,}2\ \text{A}$$

$$\varphi_1 = \arccos(0{,}8) = 36{,}87^\circ$$

Συνιστώσες:

$$I_{\beta 1} = 7{,}2\cdot\cos 36{,}87^\circ = 5{,}76\ \text{A}, \quad I_{\alpha 1} = 7{,}2\cdot\sin 36{,}87^\circ = 4{,}32\ \text{A}$$

(β) Θερμαντικό στοιχείο

$$I_2 = \frac{P_2}{U\cdot\cos\varphi_2} = \frac{3000}{230\cdot 1} = 13{,}0\ \text{A}$$

$$\varphi_2 = 0^\circ \Rightarrow I_{\beta 2} = 13{,}0\ \text{A},\ I_{\alpha 2} = 0$$

🔹 2 Διανυσματική σύνθεση ρευμάτων (για υπολογισμό συνολικού ρεύματος)

Τα δύο φορτία βρίσκονται σε διαφορετικές φάσεις.

Ωστόσο, ο **κινητήρας (3φ)** κατανέμεται στις τρεις φάσεις, ενώ το **θερμαντικό (1φ)** φορτίζει **μόνο τη φάση Α**.

Στη φάση Α:

Προστίθενται διανυσματικά:

$$I_A = |I_2\angle 0^\circ + I_1\angle(-36{,}87^\circ)|$$

$$I_A = \sqrt{(13 + 5{,}76)^2 + (4{,}32)^2} = 19{,}25\ \text{A}$$

$$\varphi_A = \arctan\left(\frac{4{,}32}{18{,}76}\right) = 12{,}97^\circ \Rightarrow \cos\varphi_A = 0{,}974$$

Φάσεις Β και C: μόνο κινητήρας → 7,2 Α.

🔹 3 Επιλογή καλωδίων (θερμικό + πτώση τάσης)

(α) Κινητήρας (τριφασικό)

Θερμικό κριτήριο:

$I_b = 7{,}2 \le I_z(2{,}5mm^2) = 18 \Rightarrow \text{OK}$

Πτώση τάσης:

$$\Delta U = \sqrt{3}\cdot\rho\cdot\frac{L\cdot I\cdot\cos\varphi}{S} = 1{,}732\cdot 0{,}018\cdot\frac{40\cdot 7{,}2\cdot 0{,}8}{2{,}5} = 3{,}21\,V = 0{,}8\% < 4\%$$

✅ **NYY 5×2,5 mm² (Cu)**

(β) Θερμαντικό στοιχείο (μονοφασικό)

Θερμικό κριτήριο:

$I_b = 13 \le I_z(2{,}5mm^2) = 18 \Rightarrow \text{OK}$

Πτώση τάσης:

$$\Delta U = 2\cdot\rho\cdot\frac{L\cdot I\cdot\cos\varphi}{S} = 2\cdot 0{,}018\cdot\frac{40\cdot 13\cdot 1}{2{,}5} = 7{,}49\,V = 3{,}26\% < 4\%$$

✅ **NYY 3×2,5 mm² (Cu)**

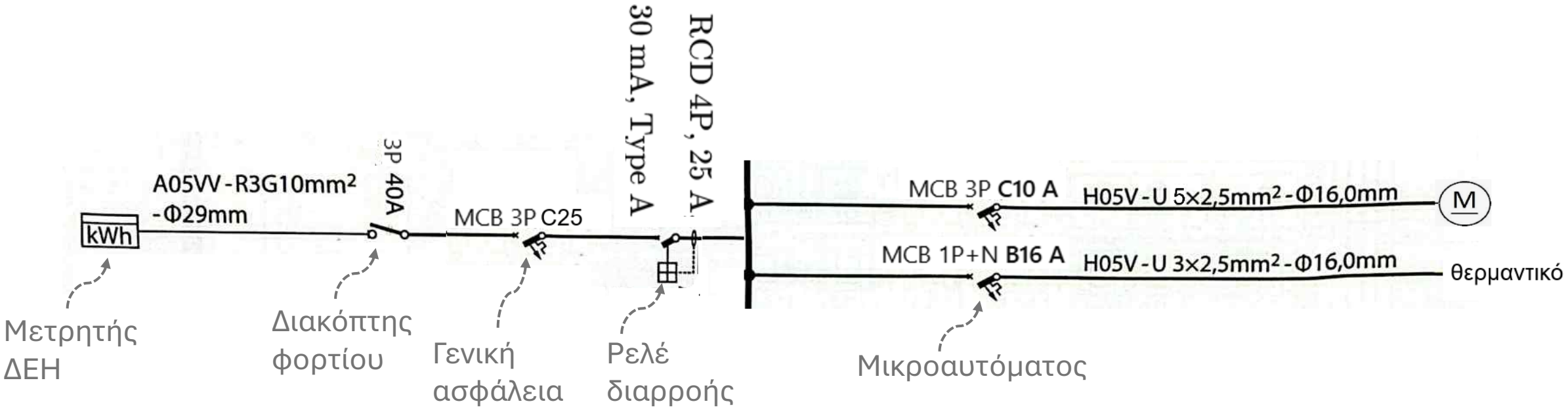
🔹 4 Επιλογή ασφαλειών

Κριτήριο: $I_b \le I_n \le I_z$

Γραμμή	I_b (A)	I_z (A)	Επιλογή MCB	Καμπύλη	Έλεγχος
Κινητήρας	7,2	18	MCB 3P **C10 A**	Κ ή D	7,2 ≤ 10 ≤ 18 ✅
Θερμαντικό	13,0	18	MCB 1P+N **B16 A**	B	13 ≤ 16 ≤ 18 ✅

Λύση

- **RCD (κοινό, 4P)**: Επιλέγουμε **κατά πόλο** ≥ μέγιστη φασική ένταση →
  $\max(|I_A|, |I_B|, |I_C|) = 19{,}25\ \text{A} \Rightarrow$ **In(RCD) ≥ 20 A**
  $\boxed{\text{RCD 4P, 25 A, 30 mA, Type A}}$
- **Γενικός διακόπτης (3P)**: **ανά πόλο ≥ 19,25 A** ⇒
  $\boxed{\text{Διακόπτης 3P, 25 A}}$



Μονογραμμικό διάγραμμα

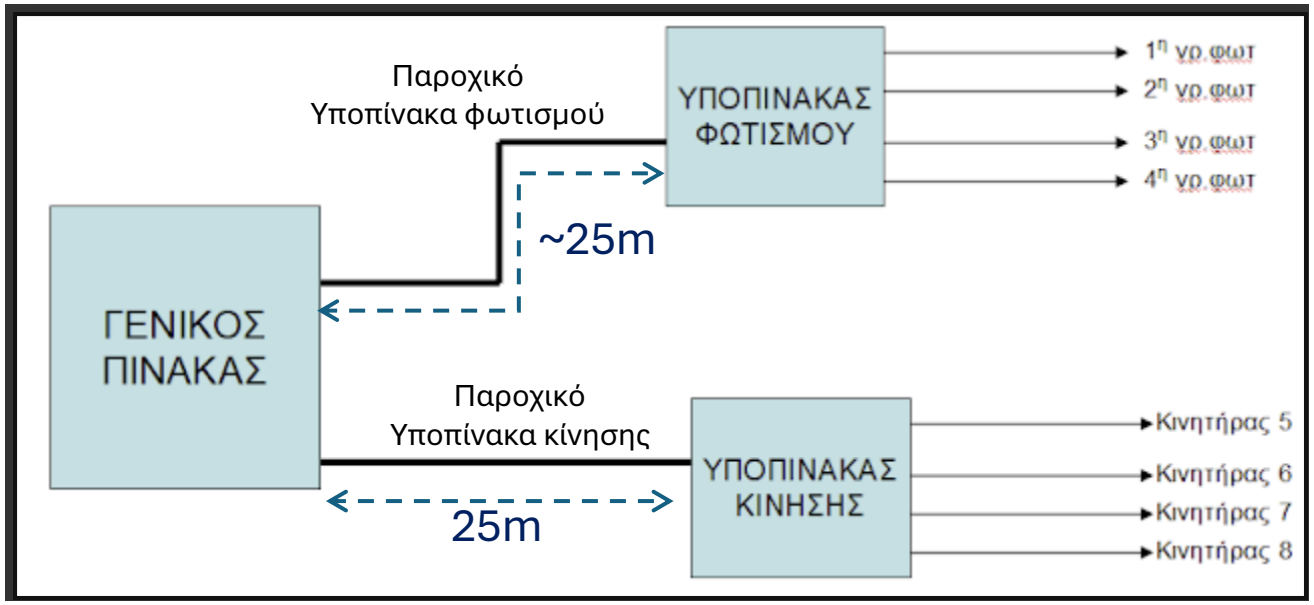
Κεφάλαιο 11

Ηλεκτρολογική μελέτη βιοτεχνίας

Άσκηση 1: Εκπόνηση μελέτης ηλεκτρολογικής εγκατάστασης

Δίνεται το ηλεκτρολογικό μονογραμμικό διάγραμμα μια βιομηχανικής μονάδας, αποτελούμενη από 8 γραμμές που τροφοδοτούν 8 φορτία. Τα στοιχεία των φορτίων δίνονται στον πίνακα. Επιλέξτε **καλώδια** και **ασφάλειες** για την εγκατάσταση αυτή. Για την επιλογή καλωδίων, χρησιμοποιείστε τον πίνακα 52-Κ1 (βλ. πίσω), θεωρώντας καλώδια ΝΥΑ εντοιχισμένα.

Σημείωση: Θεωρήστε ότι η απόσταση από τον γενικό πίνακα έως τον μετρητή της ΔΕΗ είναι 25m



Αριθμός Γραμμής	Είδος Φορτίου	Ισχύς $P_{μηχ}$ (W)	συνφ	Αριθμός φάσεων	Μήκος Γραμμής (m)	Μέγιστη Επιτρεπόμενη Πτώση τάσης (%)	Βαθμός Απόδοσης
1	Φωτισμός 1 KW	1000	1	1	12	2%	-
2	Φωτισμός 1,5 KW	1500	1	1	63	2%	-
3	Φωτισμός 2 KW	2000	1	1	25	2%	-
4	Φωτισμός 1,5 KW	1500	1	1	35	2%	-
5	Κινητήρας 1,2 HP	880	0,8	3	12	2%	0,82
6	Κινητήρας 4,6 HP	3390	0,88	3	20	2%	0,85
7	Κινητήρας 23 HP	16930	0,91	3	35	2%	0,9
8	Κινητήρας 160 HP	117760	0,9	3	45	2%	0,92

Οδηγίες και εμπορικά προϊόντα καλωδίων ασφαλειών δίνονται στις επόμενες 3 διαφάνειες.



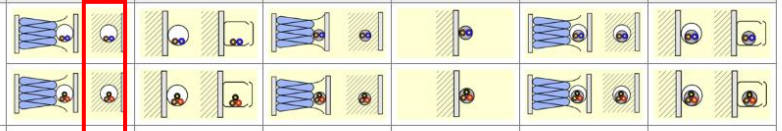
Διακόπτης φορτίου

55 to 335 kW at 400/415 V: type 2 coordination

Standard power ratings of 3-phase motors 50/60 Hz in category AC-3e			Switch-disconnector	aM fuses		Contactor	Electronic thermal overload relay	
400/415 V			Product type	Size	Rating	Product type	Product type	Ir setting [1]
P	Ie	Iq (max)						
kW	A	kA			A			A
55	97	80	GS●L	0	125	LC1G115	LR9G115	97
75	132	80	GS●L	0	160	LC1G150	LR9G225	132
90	160	80	GS●N	1	200	LC1G185	LR9G225	160
110	195	80	GS●N	1	250	LC1G225	LR9G225	195
132	230	80	GS●QQ	2	315	LC1G265	LR9G500	230
160	280	80	GS●QQ	2	400	LC1G330	LR9G500	280
200	350	80	GS2S	3	500	LC1G400	LR9G500	350
220	380	80	GS2S	3	500	LC1G500	LR9G500	380
250	430	80	GS2S	3	500	LC1G500	LR9G500	430
315	540	80	GS2S	3	630	LC1G630	LR9G630	540
335	575	80	GS2V	4	800	LC1G630	LR9G630	575

Πίνακας 52-Κ1

Μέγιστα επιτρεπόμενα ρεύματα (I_r σε Α) εντοιχισμένων (χωνευτών) και επιτοίχιων (ορατών) ηλεκτρικών γραμμών
Μόνωση από PVC ή EPR ή XLPE

Μόνωση	Πλήθος φορτιζόμενων αγωγών	Οι αριθμοί παραπέμπουν στις στήλες που ακολουθούν					
		Μονωμένοι αγωγοί σε σωλήνα		Πολυπολικό καλώδιο			
		NYA,H07V-U,H07V-R		NYM,NYBUY,NYIF			
				Γυμνό		Σε σωλήνα	
		Εντοιχισμένο	Επιτοίχιο	Εντοιχισμένο	Επιτοίχιο	Εντοιχισμένο	Επιτοίχιο
							
PVC	2	3	5	3	6	2	4
	3	2	4	2	5	1	3
EPR ή XLPE	2	5	9	6	9	5	8
	3	5	7	5	8	4	6
Στήλες							
Χαλκός	mm²	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	1.5	13	13.5	14.5	15.5	17	19	20	22	23
	2.5	17.5	18	19.5	21	23	26	28	30	31
	4	23	24	26	28	31	35	37	40	42
	6	29	31	34	36	40	44	48	51	54
	10	39	42	46	50	54	60	66	69	75
	16	52	56	61	68	73	80	88	91	100
	25	68	73	80	89	95	105	117	119	133
	35	83	89	99	109	117	128	144	146	164
	50	99	108	118	130	141	154	175	175	198
	70	125	136	149	164	179	194	222	221	253
	95	150	164	179	197	216	233	269	265	306
	120	172	188	206	227	249	268	312	305	354
	150	196	216	240	259	285	318	-	371	441
	185	223	245	273	295	324	362	-	424	506
	240	261	286	321	346	380	424	-	500	599



CABLE Καλώδιο NYA (H05V-U) 1X1mm2 Πράσινο 100m
€20.14

Οδηγίες για τους τύπους καμπυλών των μικροαυτόματων

🧩 Συνοπτική εικόνα

Καμπύλη	Πολλαπλάσιο In (μαγνητική απόζευξη)	Αντοχή σε ρεύμα εκκίνησης	Ταχύτητα απόζευξης	Εφαρμογές
Z	2–3×	Πολύ μικρή	Πολύ γρήγορη	Ευαίσθητα ηλεκτρονικά
B	3–5×	Μικρή	Γρήγορη	Οικιακά φορτία
C	5–10×	Μέτρια	Κανονική	Γενικά φορτία
K	8–12×	Μεγάλη	Μέση	Κινητήρες, επαγωγικά φορτία
D	10–20×	Πολύ μεγάλη	Αργή	Βαριές εκκινήσεις, μεγάλοι κινητήρες

Μικροαυτόματοι διακόπτες iC60L, 25 kA (6 - 25 A), 20 kA (32 / 40 A), 15 kA (50 / 63 A)





Τύπος	Ρεύμα (A)	Πλάτος σε στοιχεία των 9 mm	Συσκευασία	Κωδικός Καμπύλη C	Κωδικός Καμπύλη K	Κωδικός Καμπύλη Z
1P	1	2	12	A9F94101	A9F95101	A9F92101
	1,6	2	12	-	A9F95172	A9F92172
	2	2	12	A9F94102	A9F95102	A9F92102
	3	2	12	A9F94103	A9F95103	A9F92103
	4	2	12	A9F94104	A9F95104	A9F92104
	6	2	12	A9F94106	A9F95106	A9F92106
	10	2	12	A9F94110	A9F95110	A9F92110
	16	2	12	A9F94116	A9F95116	A9F92116
	20	2	12	A9F94120	A9F95120	A9F92120
	25	2	12	A9F94125	A9F95125	A9F92125
	32	2	12	A9F94132	A9F95132	A9F92132
	40	2	12	A9F94140	A9F95140	A9F92140
	50	2	12	A9F94150	A9F95150	-
	63	2	12	A9F94163	A9F95163	-
2P	0,5	4	6	A9F94270	-	-
	1	4	6	A9F94201	A9F95201	-
	1,6	4	6	-	A9F95272	A9F92272
	2	4	6	A9F94202	A9F95202	A9F92202
	3	4	6	A9F94203	A9F95203	A9F92203
	4	4	6	A9F94204	A9F95204	A9F92204
	6	4	6	A9F94206	A9F95206	A9F92206
	10	4	6	A9F94210	A9F95210	A9F92210
	16	4	6	A9F94216	A9F95216	A9F92216
	20	4	6	A9F94220	A9F95220	A9F92220
	25	4	6	A9F94225	A9F95225	A9F92225
	32	4	6	A9F94232	A9F95232	A9F92232
	40	4	6	A9F94240	A9F95240	A9F92240
	50	4	6	A9F94250	A9F95250	-
	63	4	6	A9F94263	A9F95263	-
3P	0,5	6	4	A9F94370	-	-
	1	6	4	A9F94301	A9F95301	-
	1,6	6	4	-	A9F95372	A9F92372
	2	6	4	A9F94302	A9F95302	A9F92302
	3	6	4	A9F94303	A9F95303	A9F92303
	4	6	4	A9F94304	A9F95304	A9F92304
	6	6	4	A9F94306	A9F95306	A9F92306
	10	6	4	A9F94310	A9F95310	A9F92310
	16	6	4	A9F94316	A9F95316	A9F92316
	20	6	4	A9F94320	A9F95320	A9F92320
	25	6	4	A9F94325	A9F95325	A9F92325
	32	6	4	A9F94332	A9F95332	A9F92332
	40	6	4	A9F94340	A9F95340	A9F92340
	50	6	4	A9F94350	A9F95350	-
	63	6	4	A9F94363	A9F95363	-
4P	0,5	8	3	-	-	-
	1	8	3	A9F94401	A9F95401	-
	1,6	8	3	-	A9F95472	A9F92472
	2	8	3	A9F94402	A9F95402	A9F92402
	3	8	3	A9F94403	A9F95403	A9F92403
	4	8	3	A9F94404	A9F95404	A9F92404
	6	8	3	A9F94406	A9F95406	A9F92406
	10	8	3	A9F94410	A9F95410	A9F92410
	16	8	3	A9F94416	A9F95416	A9F92416
	20	8	3	A9F94420	A9F95420	A9F92420
	25	8	3	A9F94425	A9F95425	A9F92425
	32	8	3	A9F94432	A9F95432	A9F92432
	40	8	3	A9F94440	A9F95440	A9F92440
	50	8	3	A9F94450	A9F95450	-
	63	8	3	A9F94463	A9F95463	-

Ρελέ διαρροής-Residual current breaker (RCB)


SK 0047 B 98

F 362


SK 0037 B 96

F 364


SK 0041 B 96

F 372


SK 0048 B 98

Rated residual current $I_{\Delta n}$ mA	Rated current I_n A	Ordering details Type No.	Order code	bbn 4012233 EAN	Price 1 piece DM	Weight 1 piece kg	Pack. unit pcs.
F 362 – 2 pole							
10	16	**F 362-16/0.01**	GH F362 0001 R1460	**02210 6**		0.345	1
30	25	**F 362-25/0.03**	GH F362 0001 R2510	**02220 5**		0.345	1
	40	**F 362-40/0.03**	GH F362 0001 R2550	**02230 4**		0.345	
	63	**F 362-63/0.03**	GH F362 0001 R2590	**02240 3**		0.365	
100	25	**F 362-25/0.1**	GH F362 0001 R3510	**02250 2**		0.345	1
	40	**F 362-40/0.1**	GH F362 0001 R3550	**02260 1**		0.345	
	63	**F 362-63/0.1**	GH F362 0001 R3590	**76830 1**		0.365	
300	25	**F 362-25/0.3**	GH F362 0001 R4510	**02270 0**		0.345	1
	40	**F 362-40/0.3**	GH F362 0001 R4550	**02280 9**		0.345	
	63	**F 362-63/0.3**	GH F362 0001 R4590	**02290 8**		0.365	
F 364 – 4 pole							
30	25	**F 364-25/0.03**	GH F364 0001 R2510	**02400 1**		0.405	1
	40	**F 364-40/0.03**	GH F364 0001 R2550	**02410 0**		0.430	
	63	**F 364-63/0.03**	GH F364 0001 R2590	**02420 9**		0.490	
100	25	**F 364-25/0.1**	GH F364 0001 R3510	**02430 8**		0.405	1
	40	**F 364-40/0.1**	GH F364 0001 R3550	**02440 7**		0.430	
	63	**F 364-63/0.1**	GH F364 0001 R3590	**02450 6**		0.490	
300	25	**F 364-25/0.3**	GH F364 0001 R4510	**02460 5**		0.415	1
	40	**F 364-40/0.3**	GH F364 0001 R4550	**02470 4**		0.430	
	63	**F 364-63/0.3**	GH F364 0001 R4590	**02480 3**		0.490	
500	25	**F 364-25/0.5**	GH F364 0001 R5510	**02490 2**		0.415	1
	40	**F 364-40/0.5**	GH F364 0001 R5550	**02500 8**		0.430	
	63	**F 364-63/0.5**	GH F364 0001 R5590	**02510 7**		0.490	
F 372 – 2 pole							
10	16	**F 372-16/0.01**	GH F372 0001 R1460	**02680 7**		0.345	1
30	25	**F 372-25/0.03**	GH F372 0001 R2510	**02690 6**		0.345	1
	40	**F 372-40/0.03**	GH F372 0001 R2550	**02700 2**		0.345	
	63	**F 372-63/0.03**	GH F372 0001 R2590	**02710 1**		0.365	
100	25	**F 372-25/0.1**	GH F372 0001 R3510	**02720 0**		0.345	1
	40	**F 372-40/0.1**	GH F372 0001 R3550	**02730 9**		0.345	
	63	**F 372-63/0.1**	GH F372 0001 R3590	**20090 5** ①		0.365	
300	25	**F 372-25/0.3**	GH F372 0001 R4510	**64670 8**		0.345	1
	40	**F 372-40/0.3**	GH F372 0001 R4550	**02740 8**		0.345	
	63	**F 372-63/0.3**	GH F372 0001 R4590	**20100 1** ①		0.365	
F 374 – 4 pole							
30	25	**F 374-25/0.03**	GH F374 0001 R2510	**02830 6**		0.405	1
	40	**F 374-40/0.03**	GH F374 0001 R2550	**02840 5**		0.430	
	63	**F 374-63/0.03**	GH F374 0001 R2590	**02850 4**		0.490	
100	25	**F 374-25/0.1**	GH F374 0001 R3510	**02860 3**		0.405	1
	40	**F 374-40/0.1**	GH F374 0001 R3550	**02870 2**		0.430	
	63	**F 374-63/0.1**	GH F374 0001 R3590	**02880 1**		0.490	
300	25	**F 374-25/0.3**	GH F374 0001 R4510	**02890 0**		0.415	1

① **bbn-No. 40 16779**

Λύση – Υποπίνακας κίνησης

Ισχύς κινητήρων

Η ισχύς των κινητήρων που δίνεται στον παραπάνω πίνακα είναι η ισχύ που αποδίδουν οι κινητήρες στο φορτίο και λέγεται μηχανική ισχύς Pμηχ. Δίνονται σε ίππους (Hp) και εμείς θα τις μετατρέψουμε σε KW, ξέροντας ότι 1Hp=0,736 KW
Η ισχύ που απορροφούν οι κινητήρες από το δίκτυο λέγεται ηλεκτρική ισχύς Pηλ και δίνεται από τον τύπο: Pηλ=Pμηχ/n , όπου n ο βαθμός απόδοσης των κινητήρων.

Παρακάτω υπολογίζεται η ισχύ που απορροφά κάθε κινητήρας:

ΓΡΑΜΜΗ 5: (Τριφασικός κινητήρας 1.2 HP=0,88KW)
Η ισχύ που απορροφά ο μονοφασικός κινητήρας με βαθμό απόδοσης n=0,82 είναι:

Pηλ=Pμηχ/n=880W/0,82=1073,1W

ΓΡΑΜΜΗ 6: (Τριφασικός κινητήρας 4.6 HP=3,39KW)
Η ισχύ που απορροφά ο μονοφασικός κινητήρας με βαθμό απόδοσης n=0,85 είναι:

Pηλ=Pμηχ/n=3390W/0,85=3988,2W

ΓΡΑΜΜΗ 7: (Τριφασικός κινητήρας 23 HP=16,93KW)
Η ισχύ που απορροφά ο μονοφασικός κινητήρας με βαθμό απόδοσης n=0,9 είναι:

Pηλ=Pμηχ/n=16930W/0,9=18811,1W

ΓΡΑΜΜΗ 8: (Τριφασικός κινητήρας 160 HP=117,76KW)
Η ισχύ που απορροφά ο μονοφασικός κινητήρας με βαθμό απόδοσης n=0,92 είναι:

Pηλ=Pμηχ/n=117760W/0,92=128000W

1. Ονομαστική ένταση ρεύματος κάθε γραμμής

Παρακάτω υπολογίζονται οι ονομαστικές εντάσεις ρεύματος που διαρρέουν κάθε γραμμή της εγκατάστασης.

ΓΡΑΜΜΗ 5: (Τριφασικός κινητήρας 1.2 HP=0,88KW)
Η ονομαστική ένταση ρεύματος που διαρρέει την τριφασική γραμμή 5 δίνεται από τη σχέση :

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}\cdot V\cdot \sigma\upsilon\nu\varphi} = \frac{1073,1}{\sqrt{3}\cdot 400\cdot 0.8} = 1,94\ \text{A}$$

ΓΡΑΜΜΗ 6: (Τριφασικός Κινητήρας 4.6 HP=3,39KW)
Η ονομαστική ένταση ρεύματος που διαρρέει την τριφασική γραμμή 6 είναι:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}\cdot V\cdot \sigma\upsilon\nu\varphi} = \frac{3988,2}{\sqrt{3}\cdot 400\cdot 0.88} = 6.55\ \text{A}$$

ΓΡΑΜΜΗ 7: (Τριφασικός Κινητήρας 23 HP=16,93KW)
Η ονομαστική ένταση ρεύματος που διαρρέει την τριφασική γραμμή 7 είναι:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}\cdot V\cdot \sigma\upsilon\nu\varphi} = \frac{18811.1}{\sqrt{3}\cdot 400\cdot 0.91} = 29,88\ \text{A}$$

ΓΡΑΜΜΗ 8: (Τριφασικός Κινητήρας 160 HP=117,76KW)
Η ονομαστική ένταση ρεύματος που διαρρέει την τριφασική γραμμή 8 είναι:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}\cdot V\cdot \sigma\upsilon\nu\varphi} = \frac{128000}{\sqrt{3}\cdot 400\cdot 0.9} = 205,5\ \text{A}$$

Λύση – Υποπίνακας κίνησης

Στον παρακάτω πίνακα δίνονται οι ηλεκτρικές ισχείς και οι ονομαστικές εντάσεις ρεύματος κάθε κινητήρα.

Αριθμός Γραμμής	Είδος Φορτίου	Ισχύς $P_{ηλ.}$ (W)	συν φ	Αριθμός φάσεων	Ονομαστική Ένταση ρεύματος (A)
1					
2					
3					
4					
5	Κινητήρας 1,2 HP	1073,1	0,8	3	1,94
6	Κινητήρας 4,6 HP	3988,2	0,88	3	6,55
7	Κινητήρας 23 HP	18811,1	0,91	3	29,88
8	Κινητήρας 160 HP	128000	0,9	3	205,5

2. Η ΔΙΑΤΟΜΗ ΚΑΙ ΤΟ ΕΙΔΟΣ ΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ

Μέθοδος προσδιορισμού της διατομής αγωγών

Παρακάτω γίνεται υπολογισμός της διατομής αγωγών για την ηλεκτρολογική εγκατάσταση που μελετάμε.

Η τροφοδοσία των κινητήρων θα γίνει με πολυπολικά καλώδια μόνωσης PVC μέσα σε εντοιχισμένους σωλήνες

Ο υπολογισμός της διατομής αγωγών γίνεται με δύο τρόπους:

i) Μέθοδος ασφαλούς λειτουργίας και

ii) μέθοδος επιτρεπόμενης πτώσης τάσης.

Με την μέθοδο ασφαλούς λειτουργίας επιλέγεται η διατομή των αγωγών από ειδικό πίνακα σύμφωνα τους κανονισμούς των ΕΗΕ.

Ο πίνακας των κανονισμών των ΕΗΕ που δίνει τις ελάχιστες επιτρεπόμενες διατομές αγωγών σύμφωνα με την ένταση ρεύματος που διαρρέει τη γραμμή και το είδος της γραμμής φαίνεται παρακάτω.

Λύση – Υποπίνακας κίνησης

Στην συνέχεια με την μέθοδο της επιτρεπόμενης πτώσης τάσης.
Η επιτρεπόμενη πτώση τάσης από το μετρητή της ΔΕΗ μέχρι και τον τελευταίο καταναλωτή δεν πρέπει να ξεπερνάει τα 4% της τάσης τροφοδοσίας.
Εμείς θα υπολογίσουμε τις διατομές για μέγιστη πτώση τάσης στους κινητήρες 2% και για το παροχικό καλώδιο του υποπίνακα κίνησης 1% (το 1% που περισσεύει είναι για το παροχικό καλώδιο του Γενικού πίνακα της εγκατάστασης.

Εξετάζεται αν οι αγωγοί που επιλέξαμε με την πρώτη μέθοδος ικανοποιούν τα κριτήρια της μέγιστης πτώσης τάσης που είναι 2% για όλες τις γραμμές. Σε περίπτωση που η πτώση τάσης ξεπερνά το 2% αντίστοιχα επιλέγουμε την αμέσως μεγαλύτερη διατομή αγωγού και εξετάζουμε για δεύτερη φορά την πτώση τάσης στους αγωγούς της γραμμής.

Υπολογισμός πτώσης τάσης

Η πτώση τάσης στους αγωγούς των τριφασικών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot \rho \cdot L \cdot I \cdot \cos\Phi}{S}$$

Προσδιορισμός της διατομής και του είδους των αγωγών

Στον προηγούμενο "ΚΕΗΕ" επιβάλλονταν μια ελάχιστη διατομή στους κινητήρες 2,5 mm2. Εφόσον η τροφοδοσία του κινητήρα υπολογισθεί τόσο στην εκκίνηση όσο και στην ομαλή λειτουργία και σφάλματα δεν υπάρχει πλέον λόγος για την ελάχιστη διατομή των 2,5 mm2 αλλά η ελάχιστη διατομή είναι 1,5 mm2.

Παρακάτω προσδιορίζεται η διατομή και το είδος των καλωδίων για κάθε γραμμή της ηλεκτρικής βιομηχανικής εγκατάστασης. Επισημαίνεται ότι στην εγκατάσταση που μελετάμε όλες οι γραμμές είναι πολυπολικά καλώδια μόνωσης PVC που τοποθετούνται μέσα σε σωλήνες.

Στην περίπτωση φορτίων κίνησης για τον προσδιορισμό της διατομής η ονομαστική ένταση ρεύματος πολλαπλασιάζεται με τον **συντελεστή 1,25 για να αντιμετωπιστούν τα ρεύματα εκκίνησης** και με βάση την τιμή που θα βρούμε προσδιορίζουμε την διατομή των αγωγών από τον πίνακα του ΕΛΟΤ.

ΓΡΑΜΜΗ 5: (Τριφασικός κινητήρας 1.2 HP=0,88KW)

i) **Μέθοδος ασφαλούς λειτουργίας:**
Η ονομαστική ένταση ρεύματος που διαρρέει τη γραμμή όπως έχει υπολογιστεί είναι: I= 1,94 A (1,94*1,25=2,42A)

Από τον πίνακα θα επιλέξουμε 1,5 mm^2.

ii) **Μέθοδος επιτρεπόμενης πτώσης τάσης**
Η πτώση τάσης της γραμμής που έχει μήκος 12 m είναι:

ΔU=(1,73*0,018*12*2,42*0,8)/1,5=0,48V<8V **άρα επιλέγουμε 1,5 mm^2**

ΓΡΑΜΜΗ 6: (Τριφασικός Κινητήρας 4.6 HP=3,39KW)

i) **Μέθοδος ασφαλούς λειτουργίας:**
Η ονομαστική ένταση ρεύματος που διαρρέει τη γραμμή όπως έχει υπολογιστεί είναι: I= 6,55 A (6,55*1,25=8,19A)

Από τον πίνακα θα επιλέξουμε 1,5 mm^2.

ii) **Μέθοδος επιτρεπόμενης πτώσης τάσης**
Η πτώση τάσης της γραμμής που έχει μήκος 20 m είναι:

ΔV=(1,73*0,018*20*8,19*0,88)/1,5=2,99V<8V **άρα επιλέγουμε 1,5 mm^2**

Λύση – Υποπίνακας κίνησης

ΓΡΑΜΜΗ 7: (Τριφασικός κινητήρας 23 HP=16,93KW)

i) **Μέθοδος ασφαλούς λειτουργίας:**
Η ονομαστική ένταση ρεύματος που διαρρέει τη γραμμή όπως έχει υπολογιστεί είναι: I= 29,88 A (29,88*1,25=37,35A)

Από τον πίνακα θα επιλέξουμε 10 mm^2.

ii) **Μέθοδος επιτρεπόμενης πτώσης τάσης**
Η πτώση τάσης της γραμμής που έχει μήκος 35 m είναι:

ΔV=(1,73*0,018*35*37,35*0,91)/10=3,7V< 8V **άρα επιλέγουμε 10 mm^2**

ΓΡΑΜΜΗ 8: (Τριφασικός κινητήρας 160 HP=117,76KW)

i) **Μέθοδος ασφαλούς λειτουργίας:**
Η ονομαστική ένταση ρεύματος που διαρρέει τη γραμμή όπως έχει υπολογιστεί είναι: I= 205,5 A (205,5*1,25=256.9A)

Από τον πίνακα θα επιλέξουμε 240 mm^2.

ii) **Μέθοδος επιτρεπόμενης πτώσης τάσης**
Η πτώση τάσης της γραμμής που έχει μήκος 45 m είναι:

ΔU=(1,73*0,018*45*256,9*0,9)/240=1,35V<8V **άρα επιλέγουμε 240 mm^2**

Για την επιλογή ασφαλειών υποπίνακα κίνησης:

- Γραμμή 5: $I_{φορτιου} = 2.42A$ και $I_{καλωδιου} = 13.5A$ (πίν. 52 – Κ1)
- Γραμμή 6: $I_{φορτιου} = 8.19A$ και $I_{καλωδιου} = 13.5A$ (πίν. 52 – Κ1)
- Γραμμή 7: $I_{φορτιου} = 37.35A$ και $I_{καλωδιου} = 42A$ (πίν. 52 – Κ1)
- Γραμμή 8: $I_{φορτιου} = 256.9A$ και $I_{καλωδιου} = 286A$ (πίν. 52 – Κ1)

Η ασφάλειες επιλέγονται ώστε να τηρούν δύο (2) κριτήρια:

1. Να προστατεύουν αποτελεσματικά το καλώδιο, δηλαδή το ρεύμα το ονομαστικό της ασφάλειας να είναι μικρότερο από αυτό του καλωδίου ώστε να ενεργοποιείται πριν υπερθερμανθεί το καλώδιο
2. Να αντέχουν ρεύμα μεγαλύτερο από το φορτίο ώστε να μην ενεργοποιούνται στην ομαλή λειτουργία φορτίου

- Για γραμμή 5, χρησιμοποιούμε 3P μικροαυτόματο K10A ή D10A ώστε: $\mathbf{2.42A < 10A < 13.5A}$ ✅
- Για γραμμή 6, χρησιμοποιούμε 3P μικροαυτόματο K10A ή D10A ώστε: $\mathbf{8.19A < 10A < 13.5A}$ ✅
- Για γραμμή 7, χρησιμοποιούμε 3P μικροαυτόματο K40A ή D40A ώστε: $\mathbf{37.35A < 40A < 42A}$ ✅
- Για γραμμή 8, χρησιμοποιούμε διακόπτη φορτίου 250A: $\mathbf{256.9A < 250A < 286A}$ ❌

Στην γραμμή 8, παρόλο που ο διακόπτης φορτίου έχει ελαφρώς μικρότερο ρεύμα από το φορτίο με αποτέλεσμα να αυξάνεται η πιθανότητα να ενεργοποιείται κατά την εκκίνηση, επειδή η διαφορά είναι πολύ μικρή και το καλώδιο προστατεύεται επαρκώς (δηλ. $250A < 286A$)

Λύση – Υποπίνακας φωτισμού

2. Υπολογισμός ρευμάτων τελικών κυκλωμάτων

Για φωτισμό (ωμικά φορτία):

$$I_b = \frac{P}{U} = \frac{P}{230}$$

- **Γρ.1**: 1000 W ⇒ $I_b = 1000/230 = 4.35\ \text{A}$
- **Γρ.2**: 1500 W ⇒ $I_b = 1500/230 = 6.52\ \text{A}$
- **Γρ.3**: 2000 W ⇒ $I_b = 2000/230 = 8.70\ \text{A}$
- **Γρ.4**: 1500 W ⇒ $I_b = 6.52\ \text{A}$

3. Έλεγχος πτώσης τάσης & επιλογή καλωδίου ανά γραμμή

Τελικό μονοφασικό κύκλωμα (πήγαινε-έλα):

$$\Delta V = \frac{2\,\rho\,L\,I}{S}$$

2% · 230 Ω=4.6 V

- **Γρ.1** (12 m, 4.35 A):
  - S=**1.5 mm²** ⇒ $\Delta V = \frac{2 \cdot 0.018 \cdot 12 \cdot 4.35}{1.5} \approx \mathbf{1.25\ V}$ (< 4.6 V) ✅
  - **Επιλογή: NYM 3×1.5 mm², MCB B10.**
- **Γρ.2** (63 m, 6.52 A):
  - S=2.5 mm² ⇒ $\Delta V \approx 5.91\ V$ (> 4.6 V) ❌
  - S=**4 mm²** ⇒ $\Delta V = \frac{2 \cdot 0.018 \cdot 63 \cdot 6.52}{4} \approx \mathbf{3.70\ V}$ (< 4.6 V) ✅
  - **Επιλογή: NYM 3×4 mm², MCB B10.**
- **Γρ.3** (25 m, 8.70 A):
  - S=**2.5 mm²** ⇒ $\Delta V = \frac{2 \cdot 0.018 \cdot 25 \cdot 8.70}{2.5} \approx \mathbf{3.13\ V}$ (< 4.6 V) ✅
  - **Επιλογή: NYM 3×2.5 mm², MCB B10.**
- **Γρ.4** (35 m, 6.52 A):
  - S=**2.5 mm²** ⇒ $\Delta V = \frac{2 \cdot 0.018 \cdot 35 \cdot 6.52}{2.5} \approx \mathbf{3.29\ V}$ (< 4.6 V) ✅
  - **Επιλογή: NYM 3×2.5 mm², MCB B10.**

4. Κατανομή στις φάσεις & ρεύμα ουδετέρου του Υ/Π φωτισμού

Ισορροπούμε τα μονοφασικά στα 3 Φ για ελάχιστο Ν:

- **Φάση Α**: Γρ.3 = **2.0 kW ⇒ 8.70 A**
- **Φάση Β**: Γρ.2 + Γρ.1 = **1.5 + 1.0 = 2.5 kW ⇒ 10.87 A**
- **Φάση C**: Γρ.4 = **1.5 kW ⇒ 6.52 A**

Διανυσματικό άθροισμα φασικών (120°):

$$I_N \approx \mathbf{3.8\ A}$$

(τα φωτιστικά θεωρούνται σχεδόν ωμικά, cosφ≈1).

Λύση – Παροχικό καλώδιο υποπίνακα φωτισμού

5. Παροχή Υ/Π Φωτισμού (τριφασική)

Το παροχικό καλώδιο είναι **τριφασικό**. Πτώση τάσης τριφασικού:

$$\Delta V = \sqrt{3}\,\rho\,\frac{L\,I_{\phi,\max}}{S}$$

Με **L = 25 m**, **Imax = 10.87 A** (φάση B), **ρ=0.018**:

- **S = 2.5 mm²** $\Rightarrow \Delta V \approx 3.39\ V$ → 3.39 + 1 = 4.39 V (> 4 V) ❌
- **S = 4mm²**} $\Rightarrow$

  $\Delta V \approx 1.732 \cdot 0.018 \cdot 25 \cdot 10.87/4 \approx \mathbf{2.12\ V}$

  Σύνολο με το +1 V ανάντη: 2.12 + 1 = 3.12 V < 4 V ✅

4V = 1% · 400V όπου 1% η μέγιστη πτώση τάση στο τριφασικό παροχικό καλώδιο του φωτισμού

- **Συνεπώς, για το παροχικό κίνησης επιλέγω ασφάλεια C16 ή B16 με ρεύμα 16A > 10.87A. Σαν παροχικό καλώδιο κίνησης, από πίνακα 52-K1, επιλέγω καλώδιο 5x2.5mm2 (3 φάσεις, γείωση, PE) με ρεύμα αντοχής 18 A, ώστε να προστατεύεται από την ασφάλεια επαρκώς σε περίπτωση υπερφόρτισης (δηλ. 18A καλωδίου > 16 A ασφάλειας) και να αντέχει το ρεύμα των φορτίων (δηλ. 18A καλωδίου > 10.87 A φορτίων)**

6. Τελικός πίνακας επιλογών (Υ/Π Φωτισμού)

Γραμμή	Ισχύς	Μήκος	Καλώδιο	ΔV (V)	Προστασία
Γρ.1	1000 W	12 m	NYM 3×1.5 mm²	1.25	B10
Γρ.2	1500 W	63 m	NYM 3×4 mm²	3.70	B10
Γρ.3	2000 W	25 m	NYM 3×2.5 mm²	3.13	B10
Γρ.4	1500 W	35 m	NYM 3×2.5 mm²	3.29	B10

Λύση – Παροχικό καλώδιο υποπίνακα κίνησης

Ονομαστικά ρεύματα & cosφ :

- Γρ.5: I_5 = **1.94 A**, **cosφ₅ = 0.80** (⇒ sinφ₅ ≈ 0.60)
- Γρ.6: I_6 = **6.55 A**, **cosφ₆ = 0.88** (⇒ sinφ₆ ≈ 0.47)
- Γρ.7: I_7 = **29.88 A**, **cosφ₇ = 0.91** (⇒ sinφ₇ ≈ 0.41)
- Γρ.8: I_8 = **205.50 A**, **cosφ₈ = 0.90** (⇒ sinφ₈ ≈ 0.43)

Υπολογισμός συνολικού ρεύματος (με 1.25 σε όλες)

Πολλαπλασιάζουμε όλα τα ονομαστικά ρεύματα με **1.25**:

$$I'_5 = 2.425\ \text{A},\ I'_6 = 8.1875\ \text{A},\ I'_7 = 37.35\ \text{A},\ I'_8 = 256.875\ \text{A}$$

Βατική συνιστώσα (πραγματικός άξονας)

$$\begin{aligned} I_\beta &= I'_5\cos\varphi_5 + I'_6\cos\varphi_6 + I'_7\cos\varphi_7 + I'_8\cos\varphi_8 \\ &= (2.425\cdot 0.80) + (8.1875\cdot 0.88) + (37.35\cdot 0.91) + (256.875\cdot 0.90) \\ &= \mathbf{274.32\ A} \end{aligned}$$

Άεργη συνιστώσα (φανταστικός άξονας)

$$\begin{aligned} I_\alpha &= I'_5\sin\varphi_5 + I'_6\sin\varphi_6 + I'_7\sin\varphi_7 + I'_8\sin\varphi_8 \\ &= (2.425\cdot 0.60) + (8.1875\cdot 0.47) + (37.35\cdot 0.41) + (256.875\cdot 0.43) \\ &= \mathbf{131.07\ A} \end{aligned}$$

Ολικό ρεύμα (διανυσματικό μέτρο) & συνολικός συνφ

$$\boxed{I_{\text{ολ}} = \sqrt{I_\beta^2 + I_\alpha^2} = \sqrt{(274.32)^2 + (131.07)^2} = \mathbf{304.03\ A}}$$

$$\boxed{\cos\varphi_m = \frac{I_\beta}{I_{\text{ολ}}} = \frac{274.32}{304.03} \approx \mathbf{0.902}}$$

> Σημείωση: το **διανυσματικό** άθροισμα είναι υποχρεωτικό όταν τα φορτία έχουν **διαφορετικά cosφ**· το αλγεβρικό άθροισμα οδηγεί σε σφάλμα.

Έλεγχος πτώσης τάσης & επιλογή διατομής καλωδίου

Τριφασική πτώση τάσης (αγνοώντας X):

$$\Delta U = \sqrt{3}\cdot\rho\cdot\frac{L\cdot I_{\text{ολ}}\cdot\cos\varphi_m}{S}$$

με **ρ=0.018**, **L=25 m**, **I_{\text{ολ}}=304.03 A**, **cosφ_m=0.902**:

$$\Delta U = \frac{1.732\cdot 0.018\cdot 25\cdot 304.03\cdot 0.902}{S}$$

- Για **S = 240mm^2**

  Πτώση τάσης:

  ΔU = 1,732 × 0,018 × 25 × 304,03 × 0,902 / 240 = **0,89 V < 4 V (1%)** ✅

Λύση – Παροχικό καλώδιο υποπίνακα κίνησης

Επιλογή Ασφάλειας

Το συνολικό ρεύμα που υπολογίστηκε για την παροχή του υποπίνακα κίνησης είναι:

Ιολ = 304 Α (με συντελεστή 1,25 σε όλους τους κινητήρες).

Από τον Πίνακα 52-Κ1 (στήλη 5) για καλώδιο χαλκού 240 mm^2 με μόνωση XLPE, η μέγιστη επιτρεπόμενη

Για καλώδιο, από πίνακα 52-Κ1, ακόμα και η διατομή 240mm2 δεν αρκεί αν μπει εντιχοισμένη, γιατί έχει μέγιστο ρεύμα 286Α < 304Α. Επομένως, έχω δύο επιλογές:
α) παραλληλισμός καλωδίων 95mm2 με μέγιστο ρεύμα 2x164Α, είτε επιτοίχια τοποθέτηση ενός καλώδιο 240mm2 με μέγιστο ρεύμα αντοχής 321Α > 304Α. Εδώ, επιλέγουμε την δεύτερη λύση.

Για την ασφάλιση του καλωδίου, επιλέγω με βάση τον παρακάτω κανόνα:

Ονομαστικό Ρεύμα φορτίου < Ρεύμα ασφάλειας < Μέγιστο ρεύμα καλωδίου

⇒ 304Α ≤ Ρεύμα ασφάλειας ≤ 321Α

Άρα επιλέγουμε **In = 315 Α** (πλησιέστερη τυπική τιμή ασφαλειοδιακόπτη).

55 to 335 kW at 400/415 V: type 2 coordination

Standard power ratings of 3-phase motors 50/60 Hz in category AC-3e			Switch-disconnector	aM fuses		Contactor	Electronic thermal overload relay	
400/415 V			Product type	Size	Rating	Product type	Product type	Ir setting (1)
P	Ie	Iq (max)						
kW	A	kA			A			A
55	97	80	GS•L	0	125	LC1G115	LR9G115	97
75	132	80	GS•L	0	160	LC1G150	LR9G225	132
90	160	80	GS•N	1	200	LC1G185	LR9G225	160
110	195	80	GS•N	1	250	LC1G225	LR9G225	195
132	230	80	GS•QQ	2	315	LC1G265	LR9G500	230
160	280	80	GS•QQ	2	400	LC1G330	LR9G500	280
200	350	80	GS2S	3	500	LC1G400	LR9G500	350
220	380	80	GS2S	3	500	LC1G500	LR9G500	380
250	430	80	GS2S	3	500	LC1G500	LR9G500	430
315	540	80	GS2S	3	630	LC1G630	LR9G630	540
335	575	80	GS2V	4	800	LC1G630	LR9G630	575

Λύση – Παροχικό καλώδιο γενικού πίνακα

Διανυσματική σύνθεση στον Γενικό (μοτέρ + φωτισμός)

Για κάθε φάση, προσθέτουμε **διανυσματικά** το ρεύμα μοτέρ (με γωνία φ_mot) και **πραγματικό** ρεύμα φωτισμού (cosφ≈1 → μόνο βατική συνιστώσα).

- Υποπίν. φωτισμού (κατανομή ανά φάση, σχεδόν ωμικά): **A: 8,70 A, B: 10,87 A, C: 6,52 A**

Συνιστώσες μοτέρ (από πριν):

- $I_{\beta,\mathrm{mot}} = 274,32\ \mathrm{A}$ (βατική)
- $I_{\alpha,\mathrm{mot}} = 131,07\ \mathrm{A}$ (άεργη)

Προσθήκη φωτισμού ανά φάση (στη βατική μόνο):

- **Φάση A:** $I_{\beta,\mathrm{tot}} = 274,32 + 8,70 = 283,02\ \mathrm{A} \rightarrow$ $I_A = \sqrt{283,02^2 + 131,07^2} \approx \mathbf{313}\ \mathrm{A}$
- **Φάση B:** $I_{\beta,\mathrm{tot}} = 274,32 + 10,87 = 285,19\ \mathrm{A} \rightarrow$ $I_B = \sqrt{285,19^2 + 131,07^2} \approx \mathbf{315}\ \mathrm{A}$ ← **μέγιστο**
- **Φάση C:** $I_{\beta,\mathrm{tot}} = 274,32 + 6,52 = 280,84\ \mathrm{A} \rightarrow$ $I_C = \sqrt{280,84^2 + 131,07^2} \approx \mathbf{310}\ \mathrm{A}$

Συνολικός συνφ (χειρότερης φάσης ~B):

$$\cos\varphi_{\mathrm{tot}} \approx \frac{I_{\beta,\mathrm{tot}}}{I_{\varphi,\max}} = \frac{285,19}{314,9} \approx \mathbf{0,906}$$

Έλεγχος πτώσης τάσης & επιλογή διατομής

Τριφασική πτώση τάσης:

$$\Delta U = 1{,}732 \cdot \rho \cdot \frac{L \cdot I_{\varphi,\max} \cdot \cos\varphi_{\mathrm{tot}}}{S}$$

με ρ=0,018, L=20 m, $I_{\varphi,\max} \approx 315\ \mathrm{A}$, $\cos\varphi_{\mathrm{tot}} \approx 0,906$:

- Για S=240mm2 εντοιχισμένο, το ρεύμα αντοχής του καλωδίου είναι 286 A < 315 A (από πίνακα 52-K1), επομένως δεν αρκεί.
- Αναγκαστικά θα πάμε σε επιτοίχια τοποθέτηση 240mm2 με ρεύμα αντοχής 321 A > 315 A (από πίνακα 52-K1).

❖ Ελέγχω την πτώση τάσης του καλωδίου που επέλεξα:

$$\Delta U = 1.732 \cdot \rho \cdot \frac{L \cdot I_{max} \cdot cos\varphi}{S} \Rightarrow$$

$$\Delta U = 1.732 \cdot 0.018 \cdot \frac{25 \cdot 315 \cdot 0.906}{240} = 0.92V$$

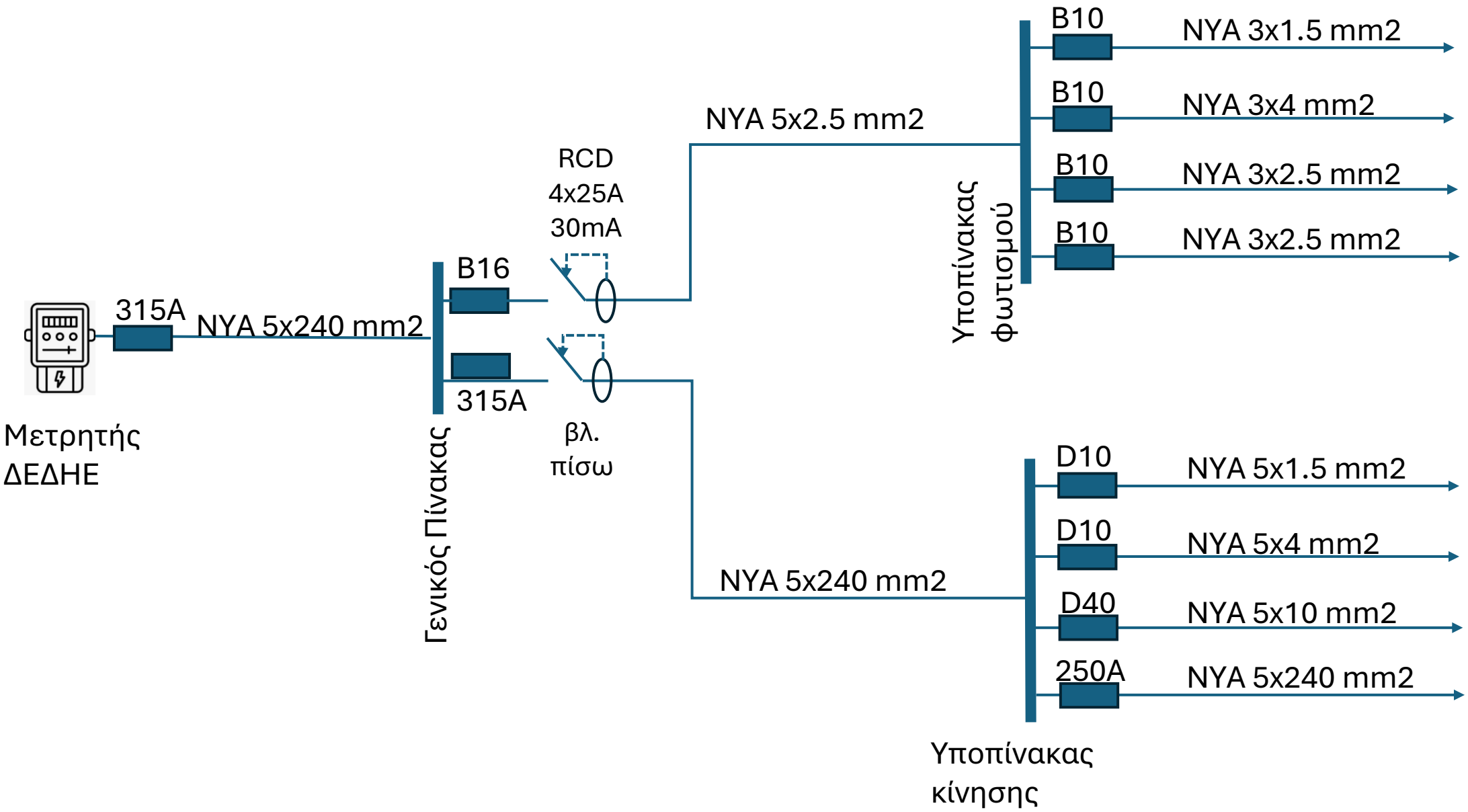
⇒ 0.92V/400V = 0.23% < 1% ✅

➢ **Για την ασφάλιση του καλωδίου, επιλέγω ασφάλεια 315^{A} με βαση τον κανόνα:**

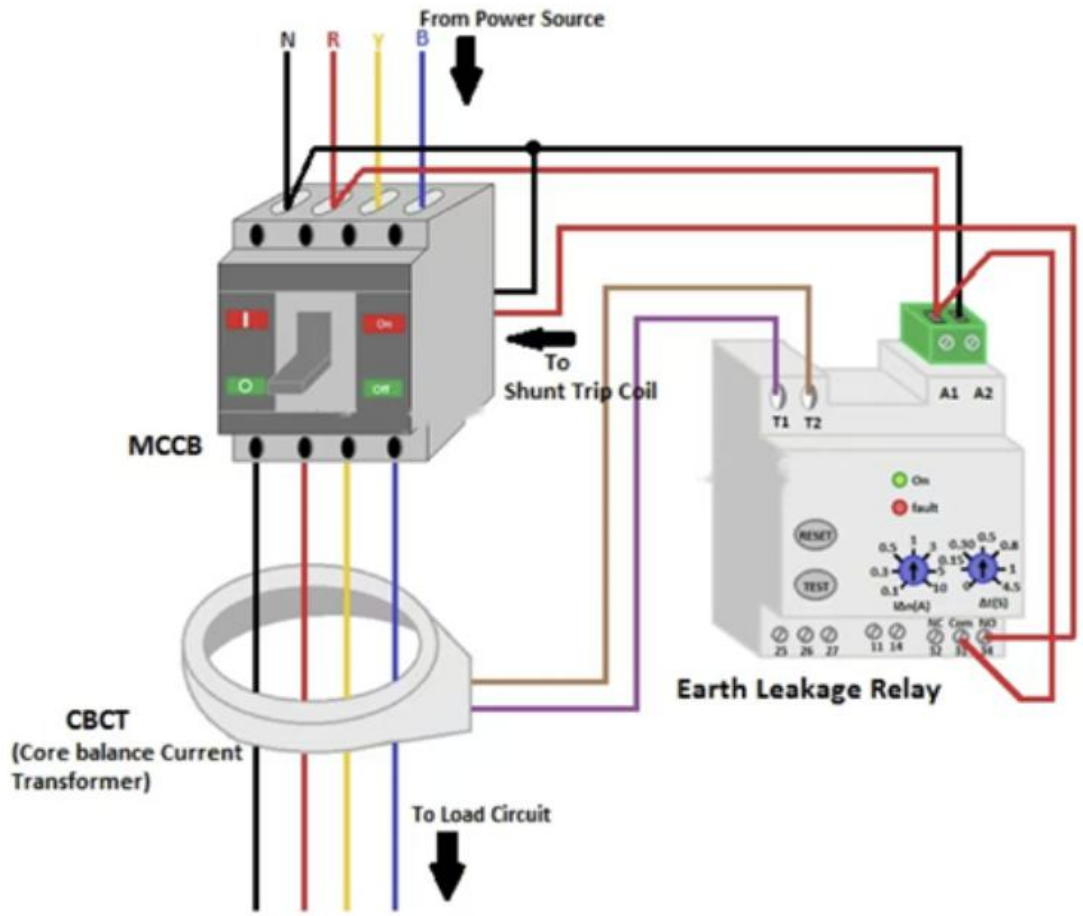
Ονομαστικό Ρεύμα φορτίου ≤ Ρεύμα ασφάλειας ≤ Μέγιστο ρεύμα καλωδίου

⇒ 315A ≤ Ρεύμα ασφάλειας ≤ 321A

Λύση – Μονογραμμικό εγκατάστασης



Ρελέ προστασίας ρεύματος γης για βιομηχανικές εγκαταστάσεις



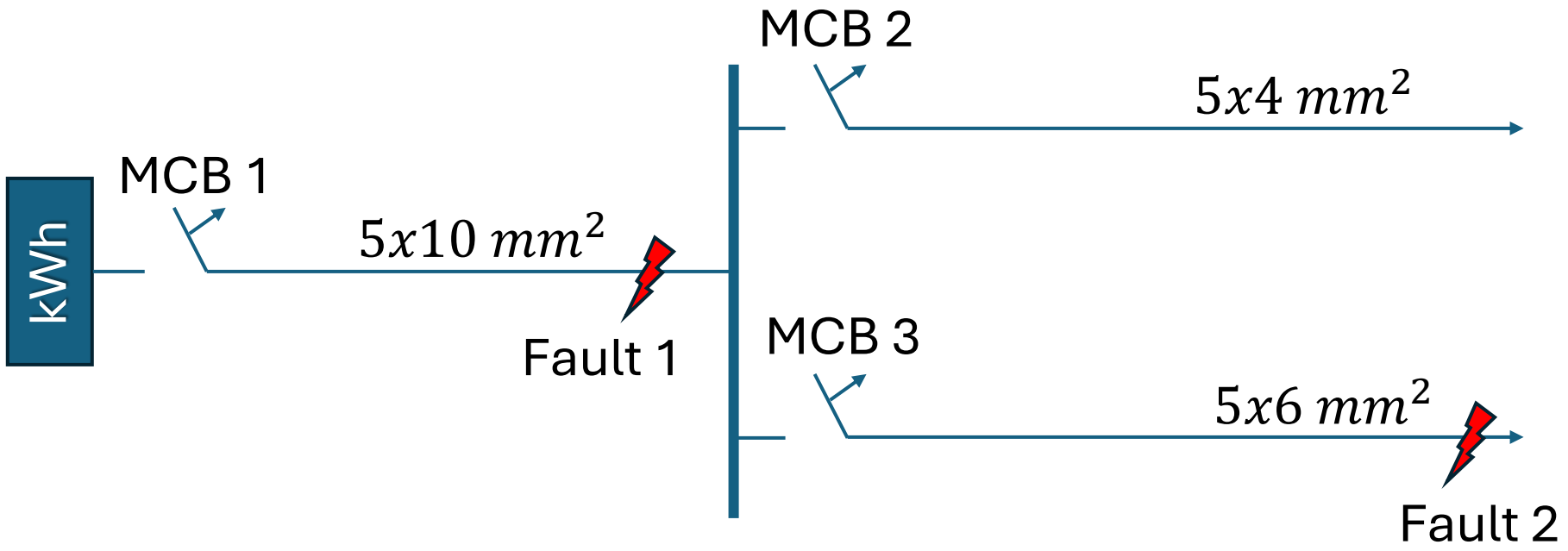
- Επειδή για μεγάλα ρεύματα (π.χ. 315Α) δεν υπάρχει ρελέ διαρροής τυποποιημένο, χρησιμοποιείται συνδυασμός τοροειδή μετασχηματιστή, και ειδικού ρελέ (earth leakage relay), το οποίο στέλνει σήμα ενεργοποίησης στον διακόπτη ισχύος σε περίπτωση ανίχνευσης ρεύματος γης
- Το earth leakage relay έχει τη δυνατότητα ρύθμισης του ελάχιστου ρεύματος ενεργοποίησης και του χρόνου απόζευξης

Κεφάλαιο 12

Θεωρητικά προβλήματα

Πρόβλημα 1

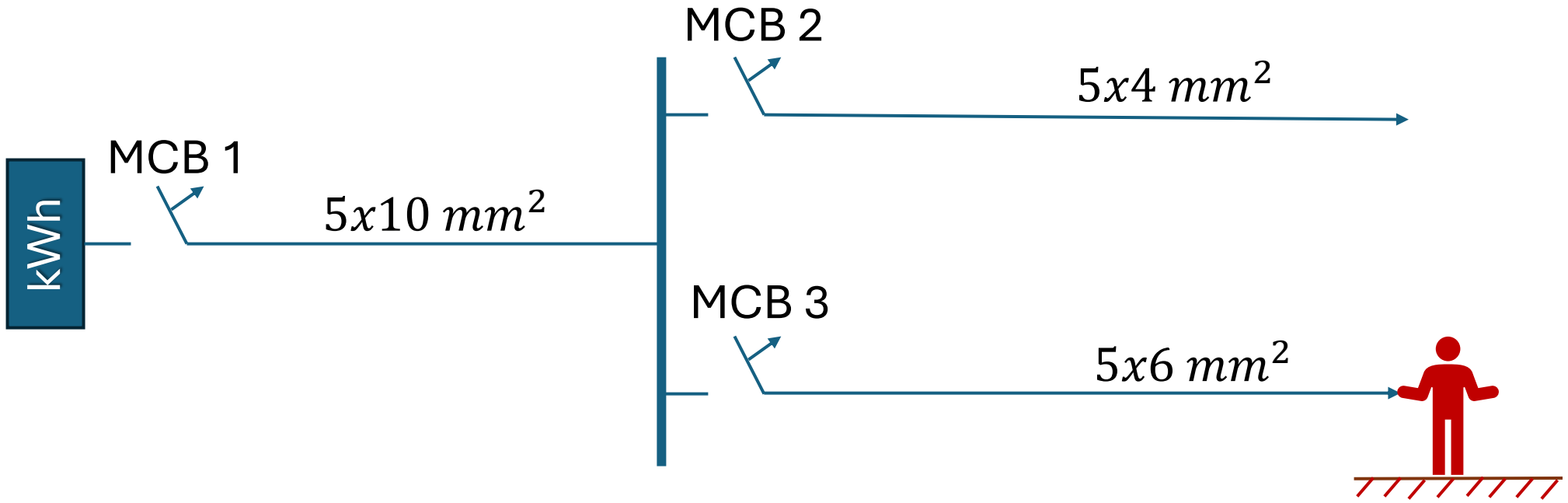
1. Διαστασιολογήστε τους Μικροαυτόματους.
2. Τηρείται η επιλεκτικότητα της προστασίας* ?
3. Ποιος διακόπτης θα λειτουργήσει σε περίπτωση του Fault 1?
4. Ποιος διακόπτης θα λειτουργήσει σε περίπτωση του Fault 2?
5. Τι θα συμβεί στην περίπτωση του Fault 2 εάν δεν λειτουργήσει ο MCB 3?



*επιλεκτικότητα ορίζεται ως η ικανότητα του συστήματος προστασίας να περιορίζει τη βλάβη σε όσο το δυνατόν μικρότερο τμήμα της εγκατάστασης

Πρόβλημα 2

1. Ο άνθρωπος του σχήματος, ακουμπάει τα χέρια του μεταξύ φάσης και ουδετέρου στο σημείο του δικτύου χαμηλής τάσης του σχήματος. Η αντίσταση του ανθρώπινου σώματος είναι 1500 Ω. Κινδυνεύει η ζωή του ανθρώπου?
2. Η ίδια περίπτωση εάν ο άνθρωπος ακουμπούσε μεταξύ φάσης L1 (με το χέρι του) και γης (με τα πόδια του).



*επιλεκτικότητα ορίζεται ως η ικανότητα του συστήματος προστασίας να περιορίζει τη βλάβη σε όσο το δυνατόν μικρότερο τμήμα της εγκατάστασης