Τάσεις επαφής και απαιτούμενες γειώσεις καταναλωτών σε δίκτυα χαμηλής τάσης

Η θεμελιακή γείωση

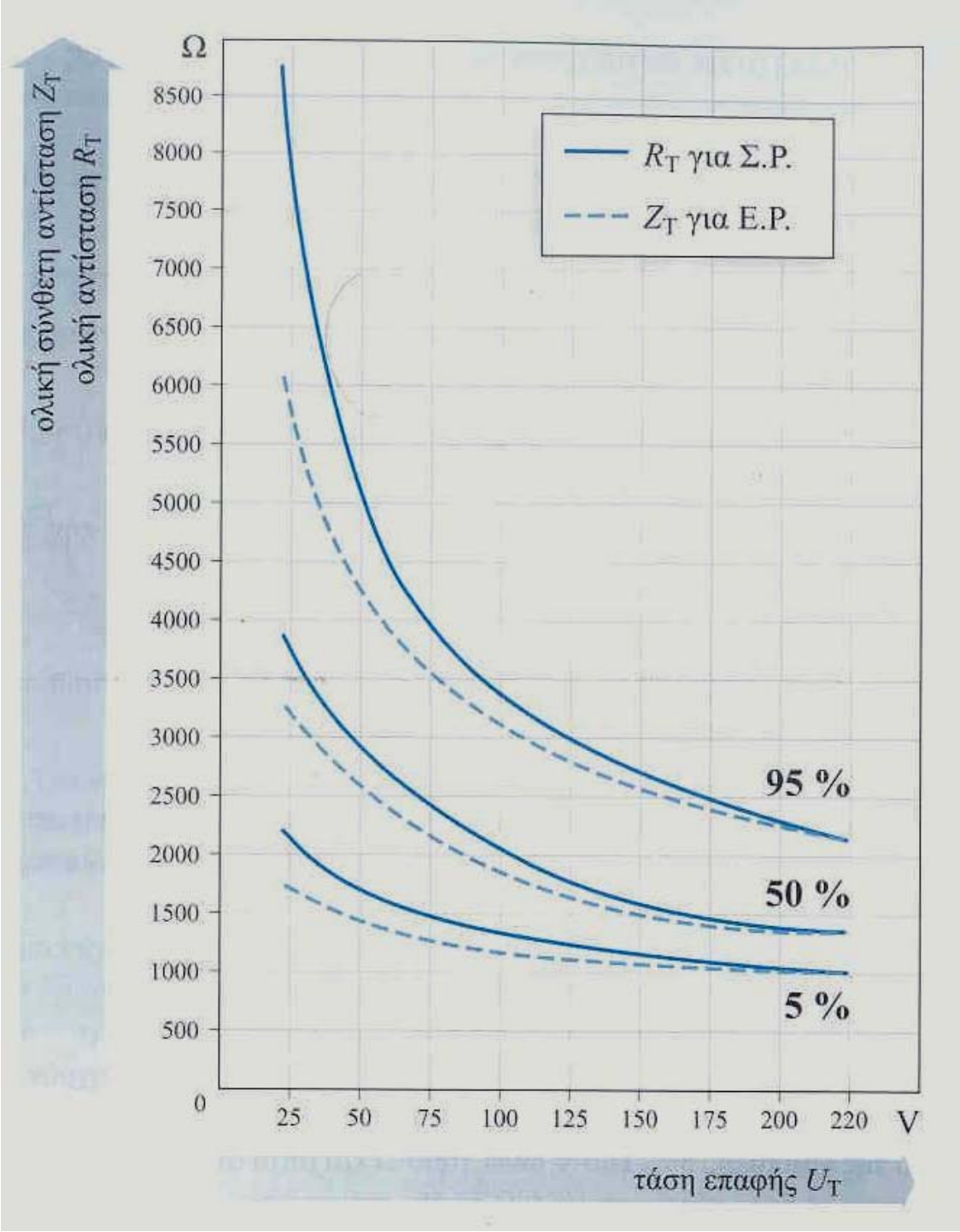
Επίδραση του ρεύματος στον άνθρωπο

Κατά IEC 60479-1

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.



Η ηλεκτρική αντίσταση του ανθρώπου

Κατά IEC 60479-1 (δρόμος- Χέρι-πόδια)

Στο ac η ισοδύναμη αντίδραση του ανθρώπου προσομοιώνεται με ομική αντίσταση παράλληλα με πυκνωτή

Η ηλεκτρική αντίσταση του ανθρώπου

Σχετικές αντιστάσεις για άλλους δρόμους

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

Συντελεστής ρεύματος-καρδιάς

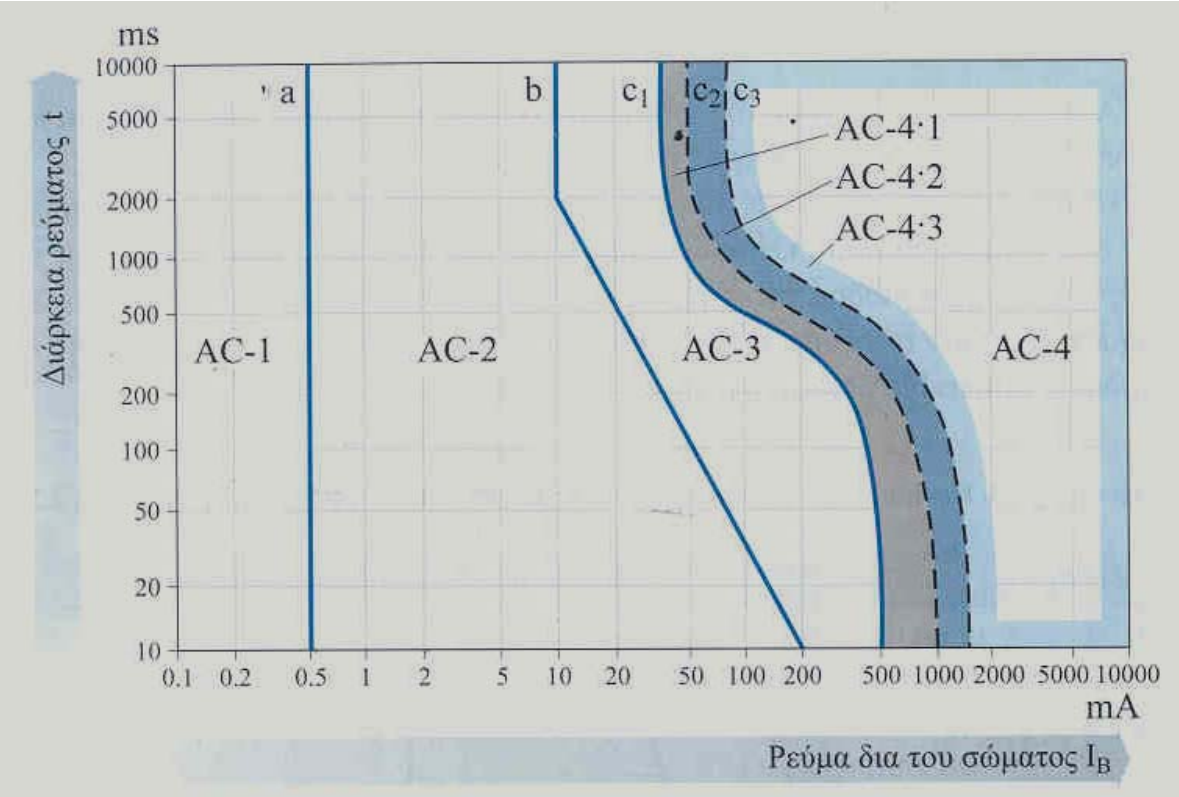
Σχετικές αντιστάσεις για άλλους δρόμους

$$I = \frac{I_{ref}}{F_2}$$

I_{ref} → το ρεύμα αναφοράς **Αριστερό χέρι-Πόδια** (δηλ. το ρεύμα που περνάει από την καρδιά)

I → το ρεύμα που προκαλεί τα ίδια αποτελέσματα στον άνθρωπο αλλά από άλλους δρόμους

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



Επίδραση του χρόνου επαφής στην επικινδυνότητα

AC-1: Κάτω από 0.5mA δεν γίνεται αντιληπτό το ρεύμα

AC-2: Γίνεται αντιληπτό αλλά δεν προκαλεί φυσιοπαθολογικές ζημίες

AC-3: Κίνδυνος ασφυξίας αλλά όχι μαρμαρυγής. Ο παθών μπορεί να μην είναι σε θέση να απελευθερωθεί από τον αγωγό.

AC-4: Εξαιρετικά επικίνδυνη για μαρμαρυγή με πιθανότητες 5% (c1), 50% (c2), 95% (c3)

Η καμπύλη b θεωρείται όριο κινδύνου

Συμπέρασμα-Επικίνδυνες τάσεις επαφής

Για συστήματα TN-S, TN-C, TN-C-S

- 50Vrms για AC 15-1000 Hz
- 120V για dc με κυμάτωση <10%

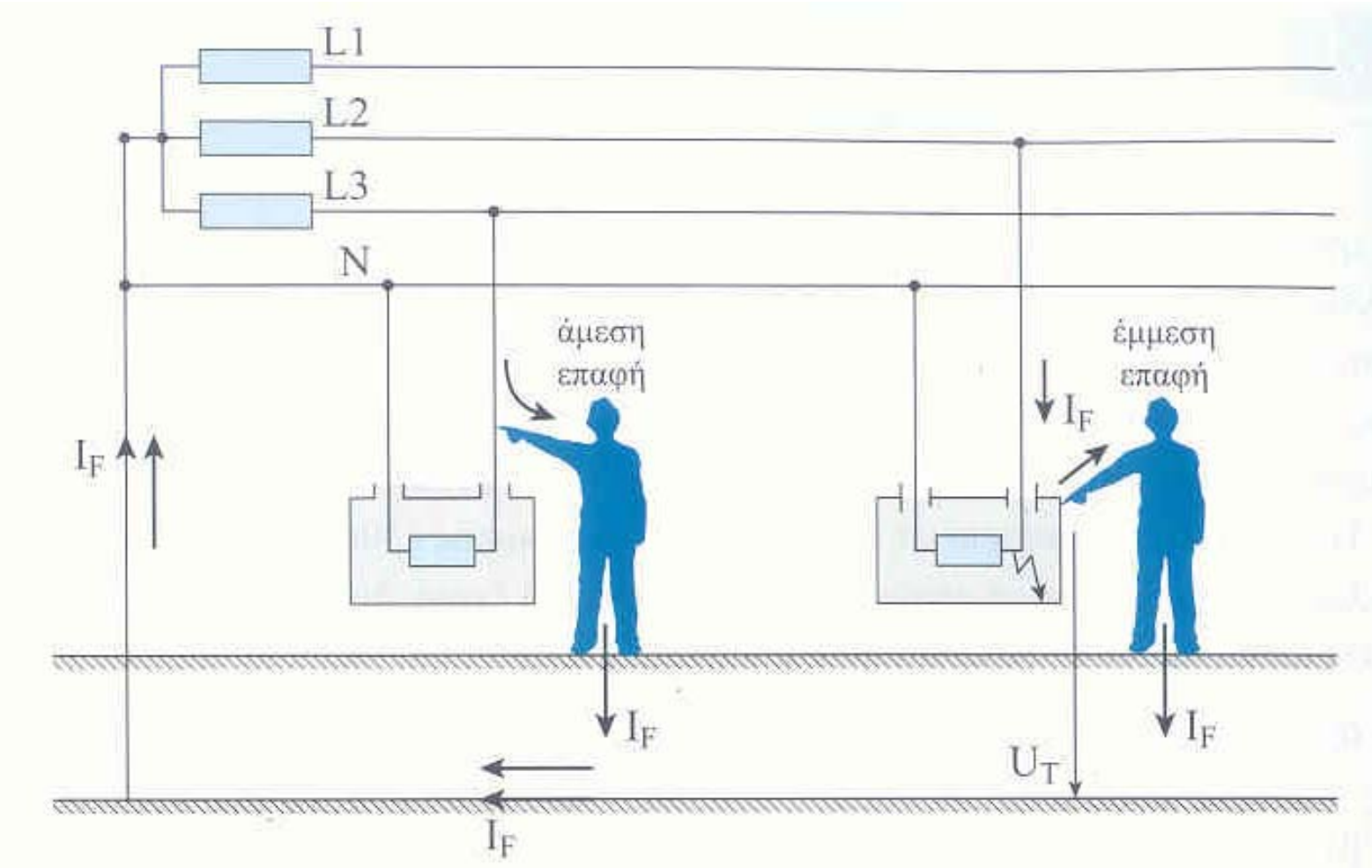
ΠΙΝΑΚΑΣ 41-Α

Ονομαστικές τάσεις και μέγιστος χρόνος διακοπής για το σύστημα σύνδεσης των γειώσεων TN

U_o (V)	Χρόνος διακοπής (s)
127	0,8
230	0,4
400	0,2
>400	0,1

Σημείωση: - Για ονομαστικές τάσεις μέχρι και κατά 10% υψηλότερες από τις αναγραφόμενες στον Πίνακα, εφαρμόζεται ο χρόνος διακοπής που αντιστοιχεί στην αναγραφόμενη τάση. Για ονομαστικές τάσεις μεγαλύτερες κατά ποσοστό υψηλότερο από 10% από μία από τις αναγραφόμενες ονομαστικές τάσεις, χρησιμοποιείται η αμέσως υψηλότερη τιμή της τάσης του Πίνακα.

Άμεση και Έμμεση επαφή



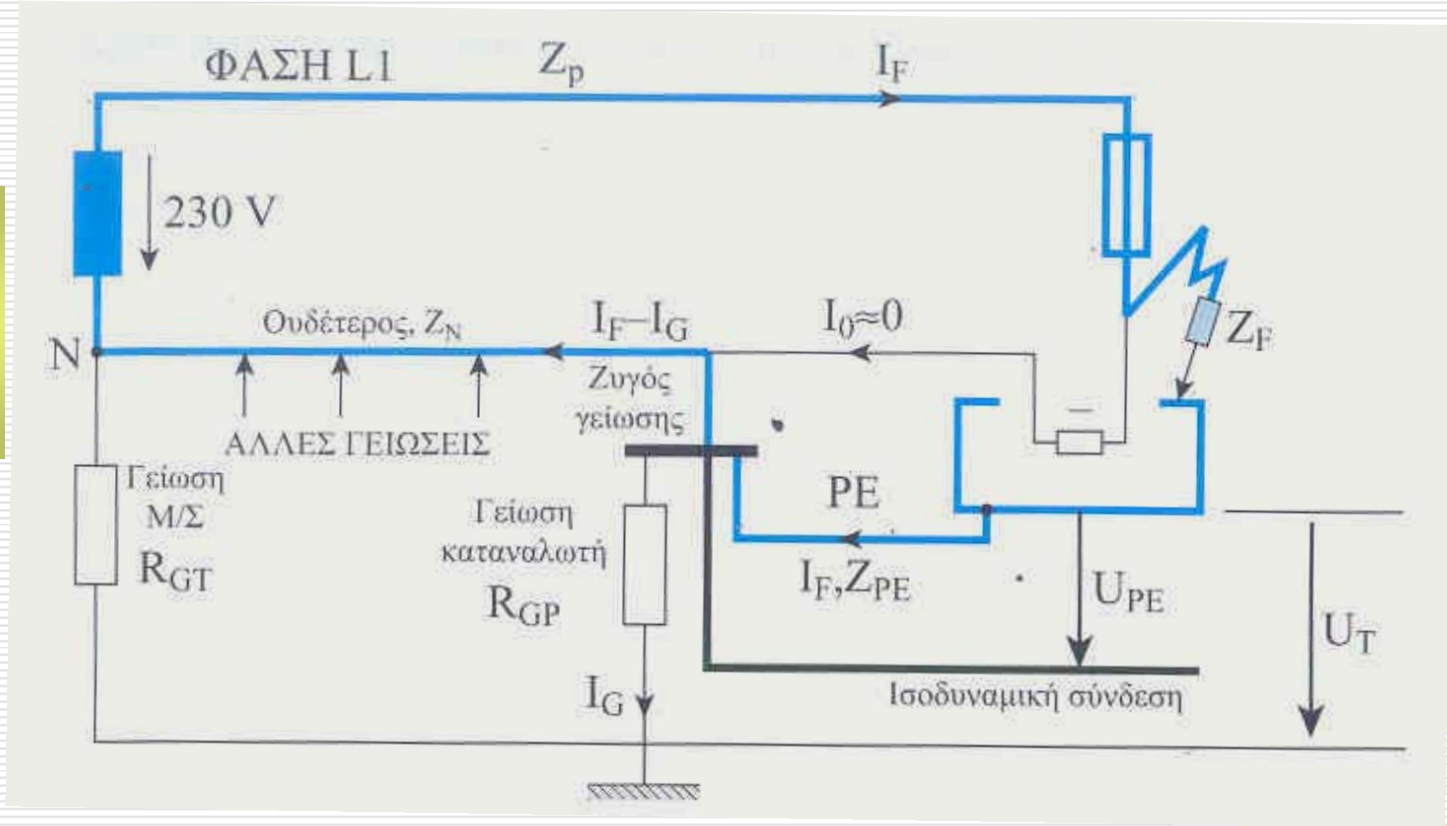
Μέτρα κατά της ηλεκτροπληξίας

1. Αποφυγή τάσης (ισχυρή μόνωση, εμπόδια, χώροι με μη αγώγιμο δάπεδο, αγείωτο σύστημα)
2. Χρήση πολύ χαμηλών τάσεων
3. Ταχεία απόζευξη επικίνδυνων τάσεων

Σφάλματα που μπορούν να θέσουν σε επικίνδυνη τάση ως προς γη τα μεταλλικά κελύφη ή άλλα αντικείμενα

- Σφάλμα φάσης-αγωγού PE
- Σφάλμα φάσης-γης (χωρίς να μεσολαβεί ο PE)
- Σφάλμα φάσης-γης στα 20kV (υποσταθμός)

Σφάλμα φάσης-αγωγού PE



Για $Z_F=0$

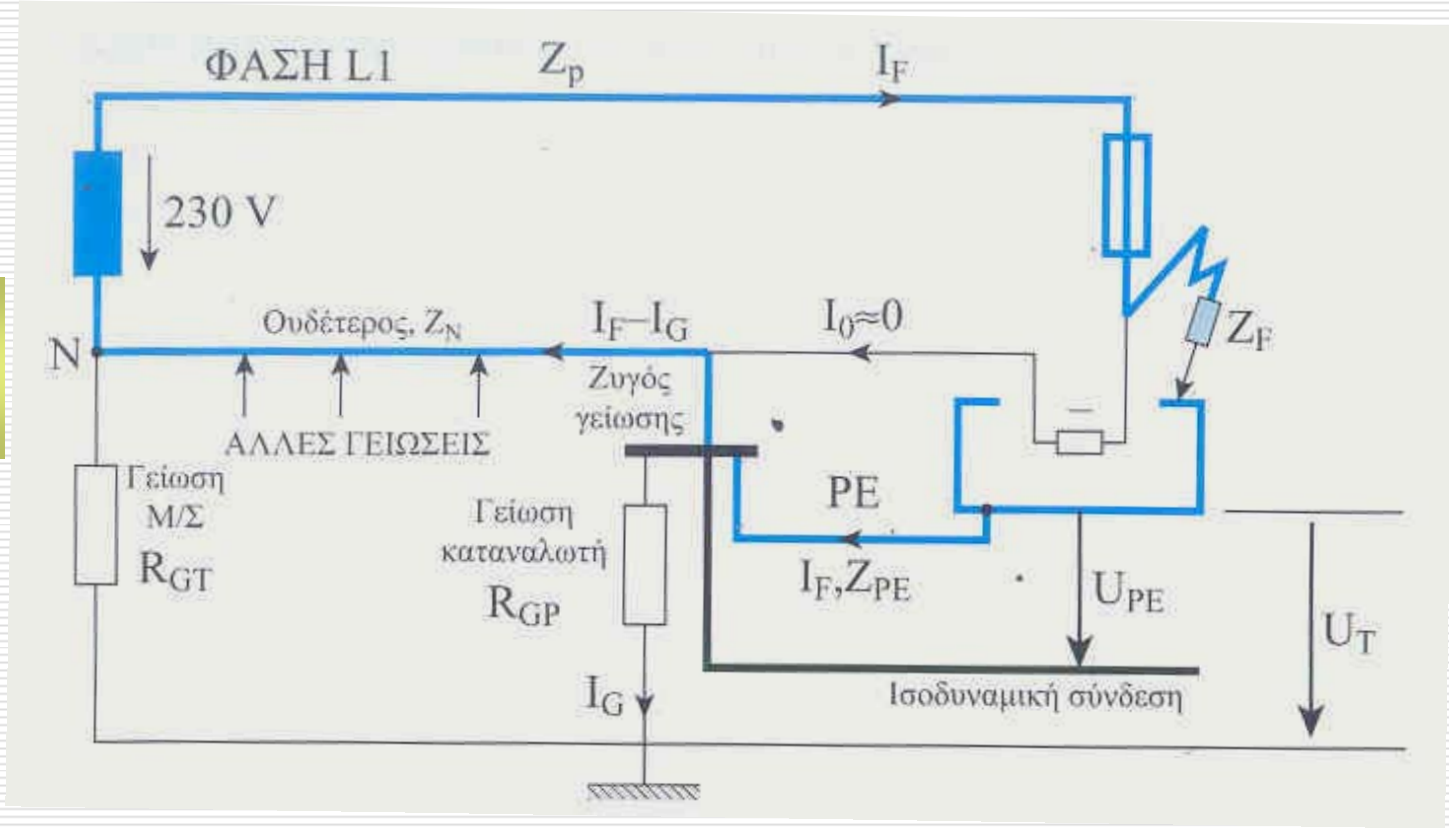
$$U_P = Z_P I_F$$ Πτώση τάσης στον αγωγό φάσης

$$U_N = Z_N I_F$$ Τάση ουδετέρου (N) ως προς ισοδυναμικό ζυγό

$$U_{PE} = Z_{PE} I_F$$ Τάση κελύφους ως προς ισοδυναμικό ζυγό.

$$U_0 = U_P + U_N + U_{PE}$$

Σφάλμα φάσης-αγωγού PE



Για κάποιον που πατάει σε ισοδυναμικά συνδεδεμένο δάπεδο η τάση επαφής $U_T=U_{PE}$

$$U_P = Z_P I_F$$

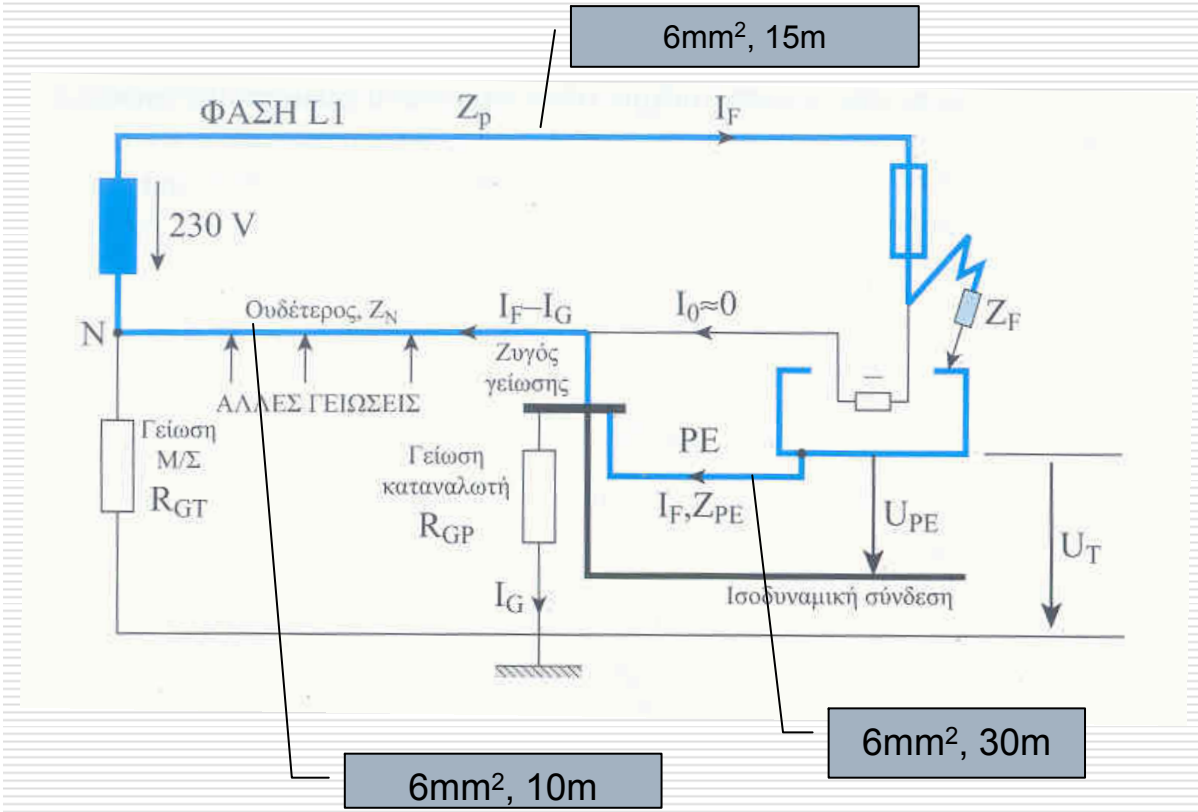
$$U_N = Z_N I_F$$

$$U_{PE} = Z_{PE} I_F$$

$$U_0 = U_P + U_N + U_{PE}$$

Η τάση επαφής ως προς γη είναι

$$U_T = U_{PE} + U_N \frac{R_{GP}}{R_{GP} + R_{GT}}$$



Παράδειγμα

r=3.1mΩ/m

Z_p=43.2mΩ

Z_{PE}=92.4 mΩ

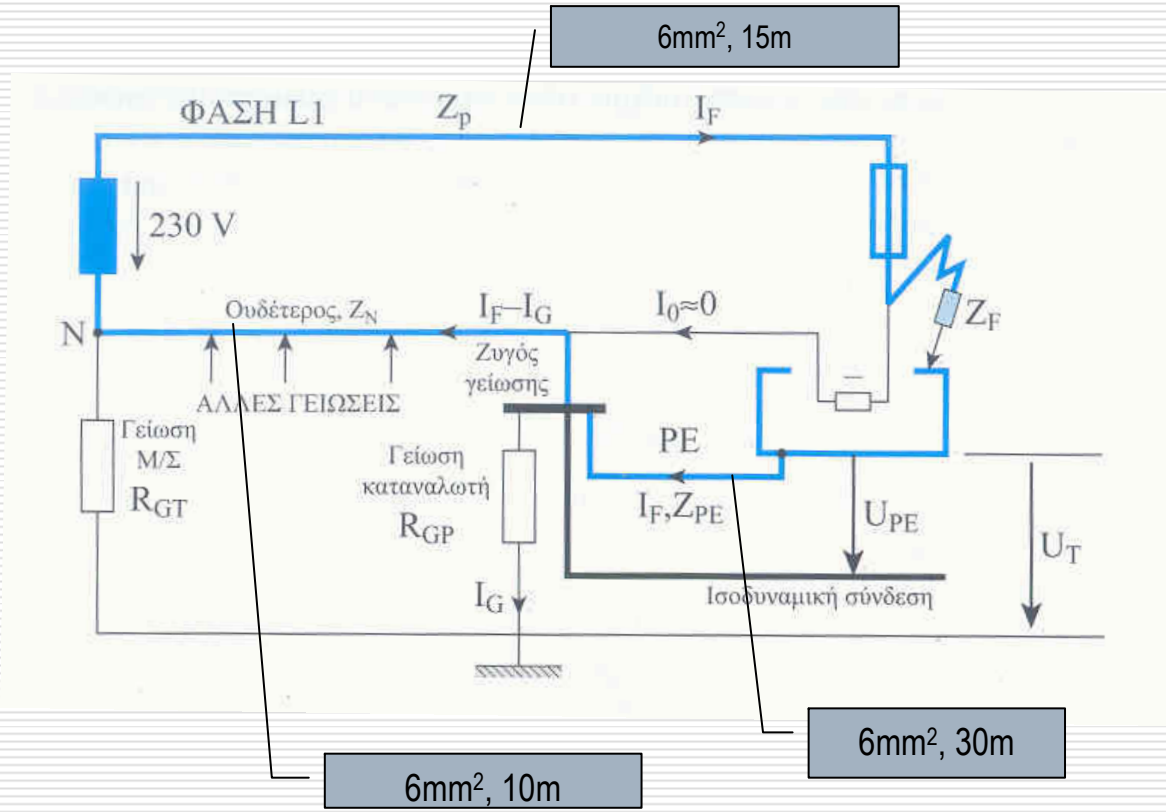
Z_N=30.1 mΩ

$$I_F = \frac{230}{46.2 + 92.4 + 30.1} = 1.363\ kA = 1363\ A$$

$$V_{PE} = 1363 \cdot 92.4 = 126\ V$$

$$V_N = 1363 \cdot 30.1 = 41\ V$$

Παράδειγμα



Εάν η γραμμή προστατεύεται με μ/α 20A, τότε

I_F/I_n=1363/20=68

Ακαριαία απόζευξη!

$$V_T = V_{PE} + V_N \frac{R_{GP}}{R_{GP} + R_{GT}}$$

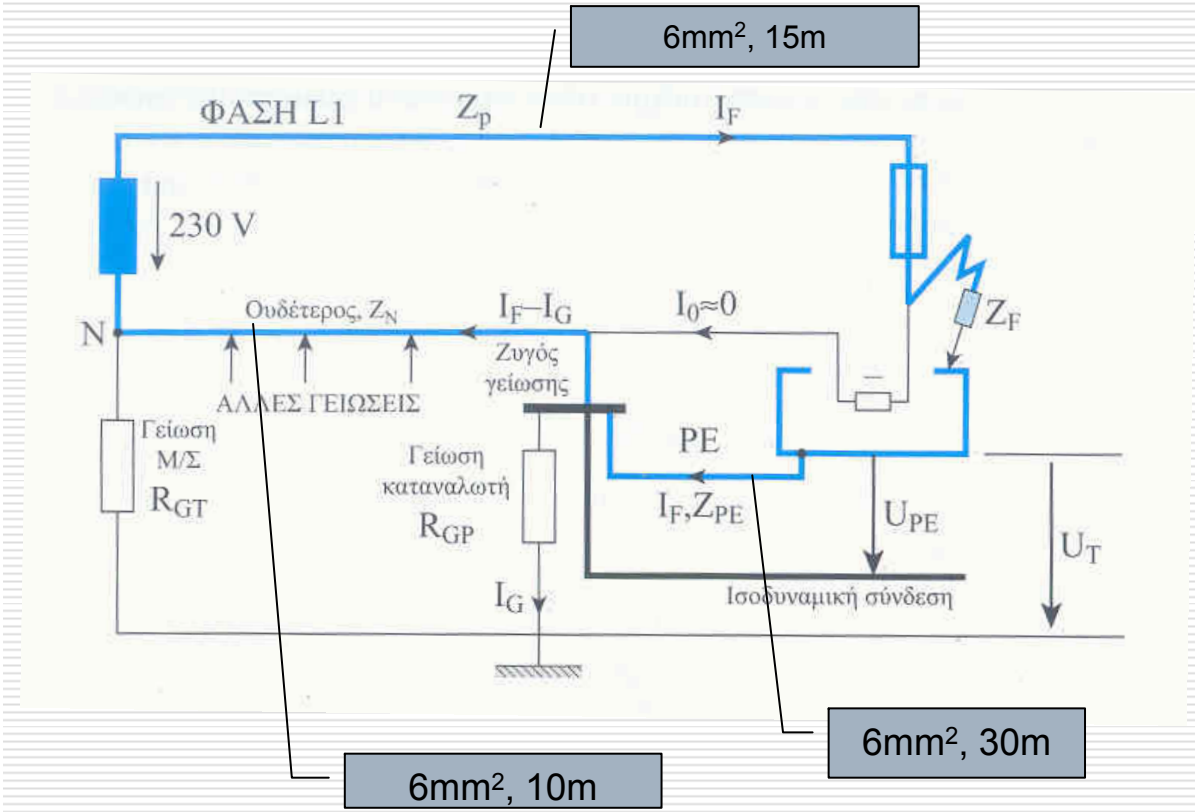
$$I_F = \frac{230}{46.2 + 92.4 + 30.1} = 1.363\ kA = 1363\ A$$

$$V_{PE} = 1363 \cdot 92.4 = 126\ V$$

$$V_N = 1363 \cdot 30.1 = 41\ V$$

146V για R_{GP}=R_{GT}=10Ω

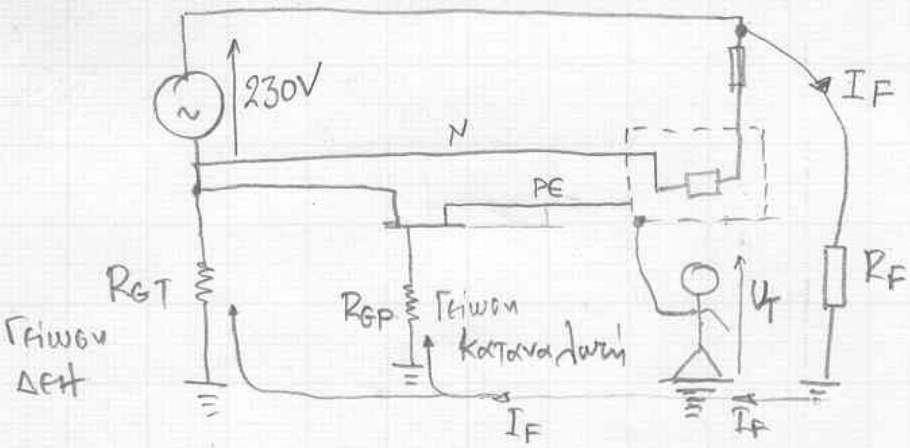
130V για R_{GP}=1Ω, R_{GT}=10Ω



Παράδειγμα

Συμπέρασμα: Σε σφάλματα αυτού του τύπου η τιμή της αντίστασης της γείωσης καταναλωτή δεν παίζει ρόλο!

Σφάλμα φάσης-γης σε δίκτυο TN



$$I_F = \frac{230}{R_F + R_{GT} // R_{GP}} \qquad U_T = \frac{R_{GT} // R_{GP}}{R_{GT} // R_{GP} + R_F} \cdot 230\,V \leq 50\,V$$

$$\Rightarrow R_{GT} // R_{GP} \leq \frac{R_F}{3.6}$$

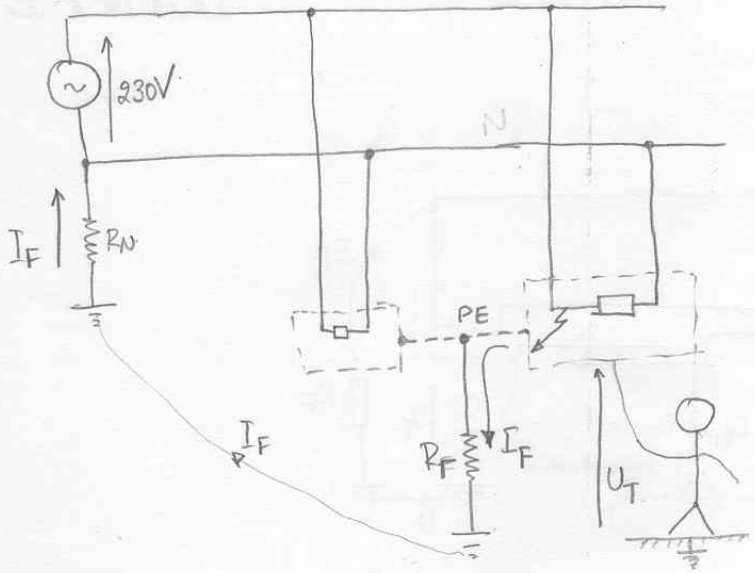
$R_F \rightarrow$ Μπορεί να έχει οποιαδήποτε τιμή!

Ο HD384 λέει $R_F = 10\,\Omega$ (συνήθης τιμή)

Έτσι $R_{GT} // R_{GP} \leq 2.7\,\Omega \Rightarrow \frac{R_{GT} \cdot R_{GP}}{R_{GT} + R_{GP}} \leq 2{,}7\,\Omega$

$\Rightarrow R_{GP} = ;;$ (Να μας πει το R_{GT} η ΔΕΗ!!).

Σφάλμα σε δίκτυο ΤΤ



$$U_T = 230 \cdot \frac{R_F}{R_F + R_N} = R_F \cdot I_F \leq 50\,V \Rightarrow R_F \leq 0.28\,R_N$$

Εστω $R_F = 0.25\,R_N$ $\quad I_F = \frac{230}{R_F + R_N} = \frac{230}{1.25 R_N}$

Το I_F πρέπει να είναι μεγαλύτερο απο το ρεύμα ενεργοποίησης του μαγνητικού στοιχείου του μέσου προστασίας. Για μικροαυτόματο αυτό είναι περίπου $(3,5-5) \cdot I_n$ Εστω ότι είναι $4 I_n$ Ετσι $I_F \geq 4 I_n$.

↳ ονομαστικό ρεύμα μικροαυτόματα

Προκύπτει $R_N \leq \frac{46}{I_n}$.

Ετσ, π.χ. για ένα τυπικό μ/α 20Α σε κατοικία είναι

$R_N \leq 2.3\,\Omega$ και $R_F \leq 0,575\,\Omega$!!

Σφάλμα σε δίκτυο ΤΤ

Επειδή σε συστήματα ΤΤ οι αντιστάσεις γείωσης προκύπτουν πολύ μικρές είναι σχεδόν υποχρεωτική η χρήση ΔΔΡ.

Στο προηγούμενο παράδειγμα ο ουδέτερος θα αναπτύξει ως προς γή τάση $230 \frac{R_N}{R_N+R_\Gamma} = \frac{230}{1.25} =$ V.

Άρα, εάν εφαλμένα είχαμε μιαν γείωση σε ένα σύστημα, τότε το μέρος με την ουδετερογείωση θα ανέπτυσσε στα νεύρα όλων των συνδεμένων σημαντική τάση ως προς γή για σφάλμα που έγινε στο μέρος ΤΤ.

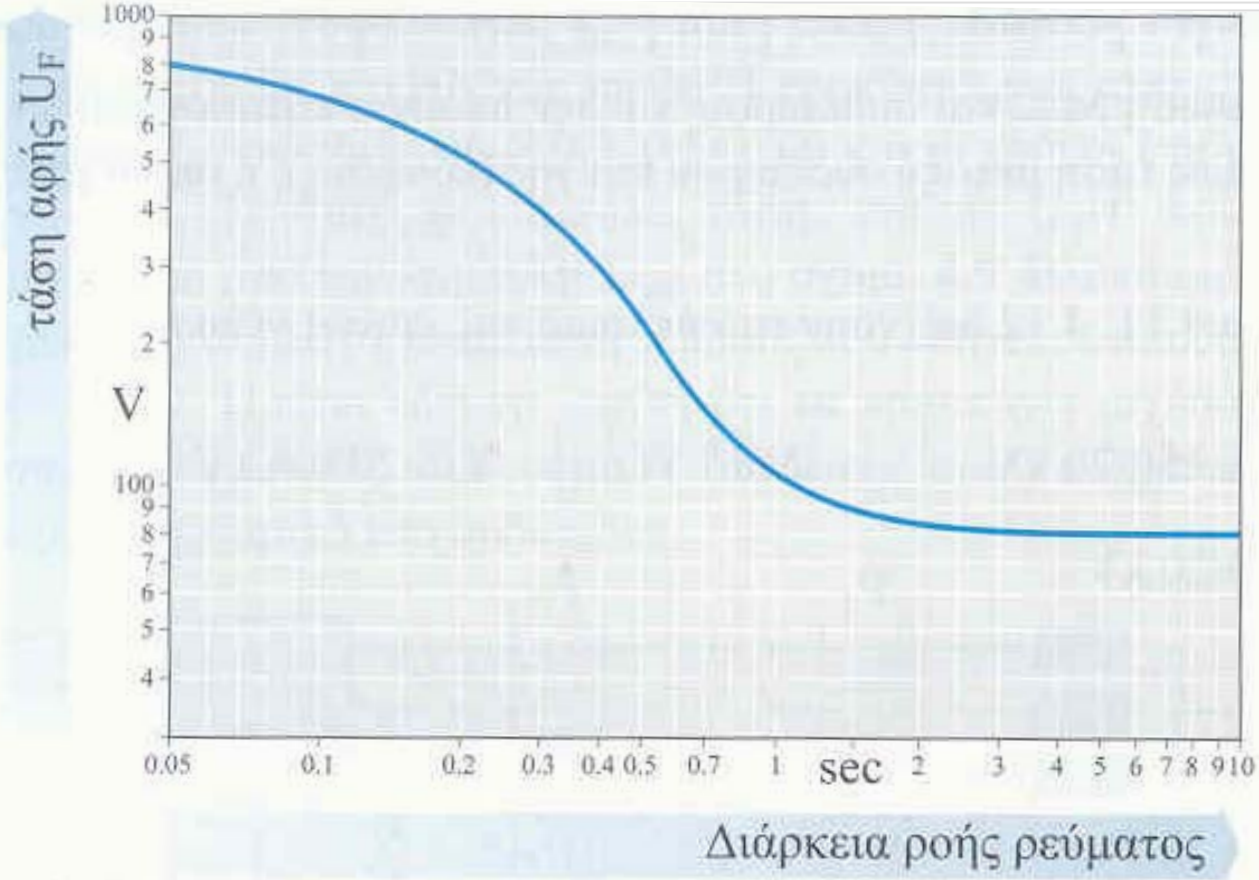
Σφάλματα στην ΜΤ

Προκαλούν

- Καταπόνηση μονώσεων του ΜΣ και των συσκευών στην ΧΤ
- Επικίνδυνες τάσεις επαφής στην ΧΤ

Σφάλματα στην ΜΤ

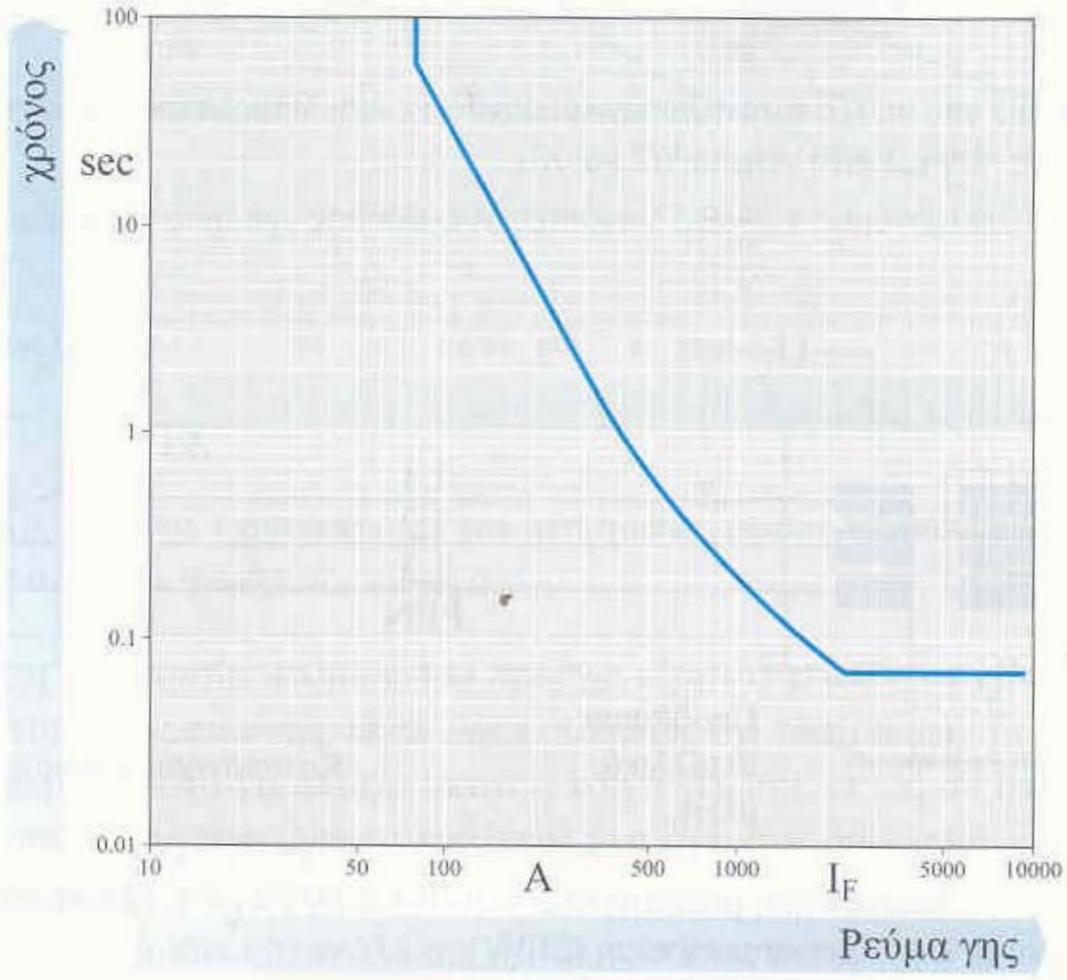
Οι επιτρεπόμενες τάσεις επαφής είναι συνάρτηση του χρόνου



Μέγιστη διάρκεια της τάσης αφής U_F που επιτρέπεται κατά τη διάρκεια σφάλματος γης σε ένα υποσταθμό στην πλευρά της υψηλής τάσης.

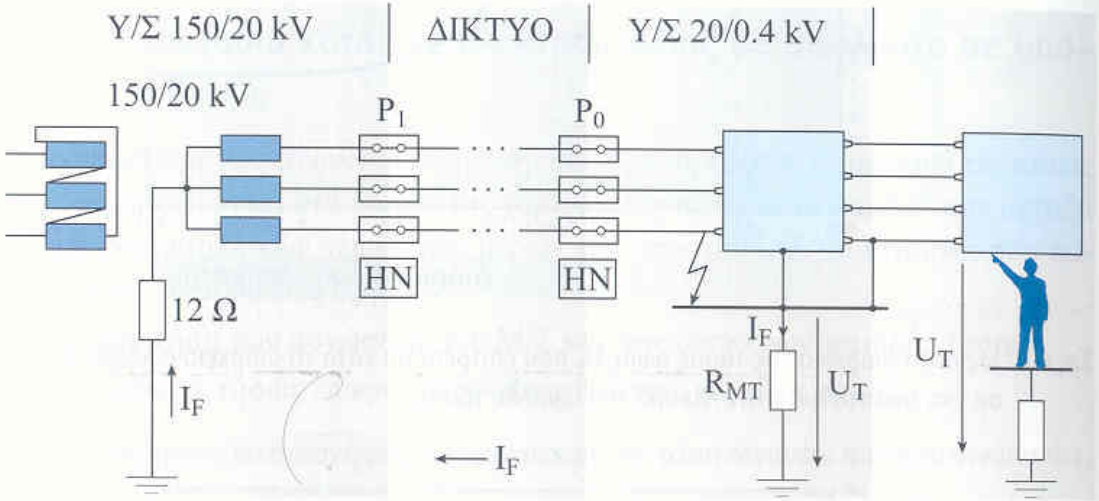
Σφάλματα στην ΜΤ

Ο χρόνος καθορίζεται από τον ΗΝ γης της ΔΕΗ



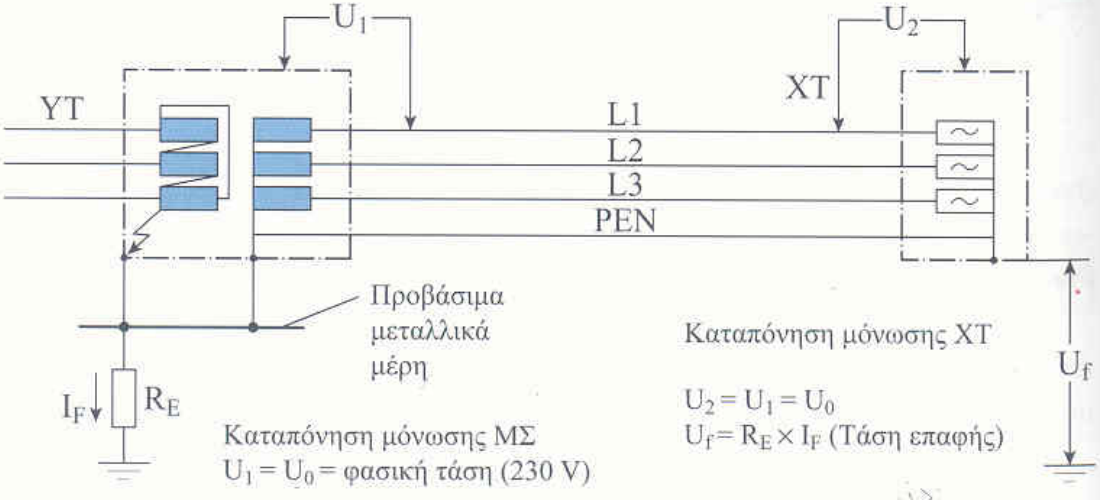
Σχ. 4.10. Τυπική ρύθμιση ηλεκτρονόμου γης δημόσιου δικτύου.

Σφάλματα στην ΜΤ-Κοινή γείωση



Σχ. 4.11. Σφάλμα γης σε Υ/Σ καταναλωτών και συνθήκες που διαμορφώνονται σε συσκευές χαμηλής τάσης. Κοινή γείωση Υ/Σ και ΧΤ.

ΗΝ: ηλεκτρονόμος, $P_1 = P_0$: διακόπτες αναχώρησης γραμμής καταναλωτή.



Η μόνωση δεν καταπονείται αλλά ο ουδέτερος αναπτύσσει τάση ως προς γη.

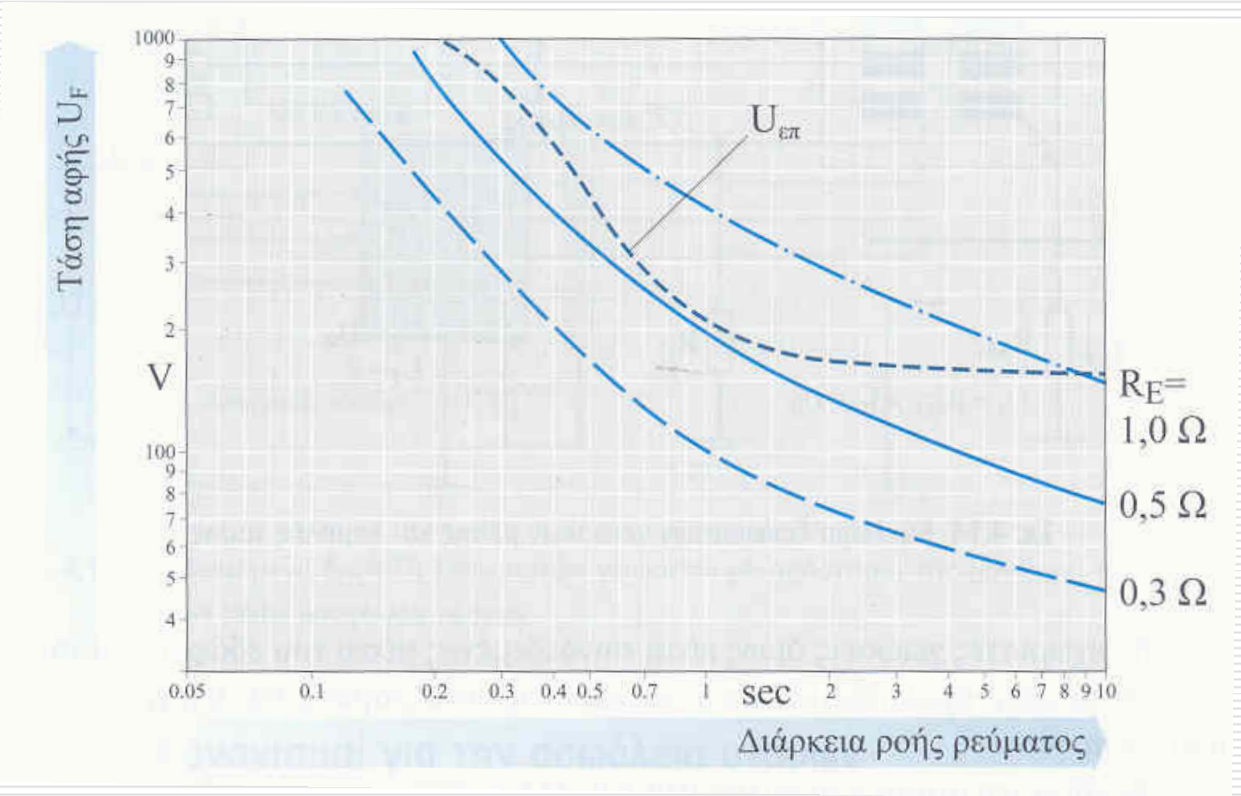
Η τάση επαφής είναι $U_T = I_F R_E$

Επομένως για διάφορα R_E η τάση επαφής εξαρτάται από το I_F το οποίο το καθορίζει ο ΗΝ της ΔΕΗ.

Σφάλματα στην ΜΤ-Κοινή γείωση

Λογικά θα έπρεπε η κοινή γείωση να είναι μικρότερη από 0.5Ω!

Επειδή η ασάφεια στο RE και IF είναι μεγάλη και επομένως υπάρχει πιθανότητα ανάπτυξης επικίνδυνων τάσεων επαφής θα πρέπει να υπάρχει ισοδυναμικό πλέγμα έτσι ώστε ο ουδέτερος να έχει το ίδιο δυναμικό ως προς γη.

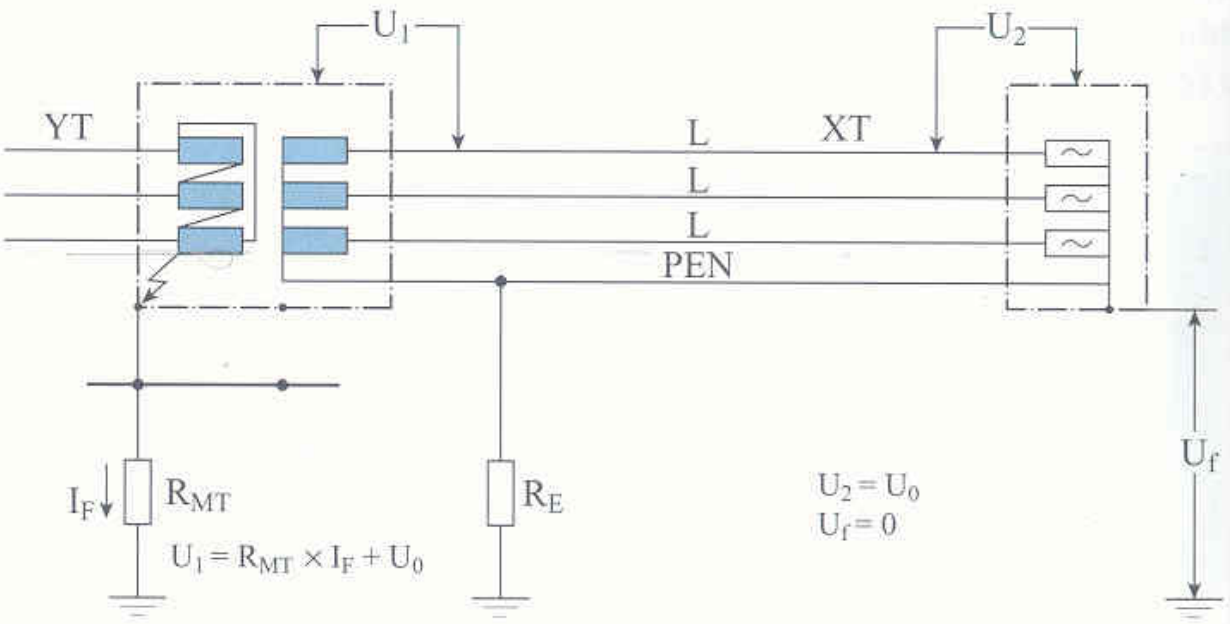


Σφάλματα στην ΜΤ- Χωριστή γείωση

Δεν αναπτύσσονται επικίνδυνες τάσεις επαφής.

Η μόνωση στην ΧΤ καταπονείται γιατί η τάση $U_1=U_0+R_{MT}I_F$

Για να μπορεί η καταπόνηση να είναι μεγαλύτερη των 5s, πρέπει $R_{MT}I_F<250V$ και για ρύθμιση ΗΝ στα 80Α (ΔΕΗ) προκύπτει $R_{MT}<3,1\Omega$



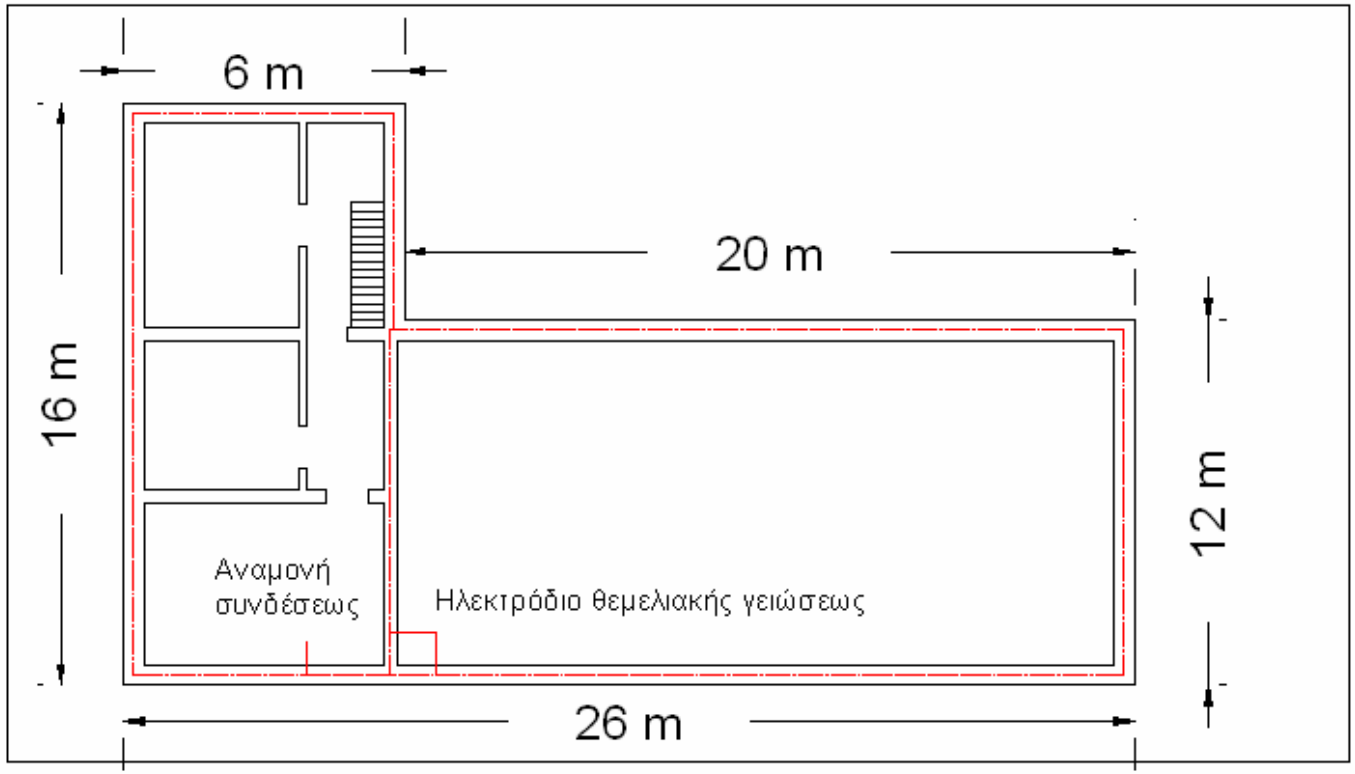
Σχ. 4.14. Κύκλωμα ξεχωριστών γειώσεων μέσης και χαμηλής τάσης.

Θεμελιακή γείωση-Σχέδιο ΕΛΟΤ 1424

Χρήση της θεμελιακής γείωσης

Η θεμελιακή γείωση χρησιμοποιείται

- για τη σύνδεση με τον ουδέτερο της εγκατάστασης (σε δίκτυα TN),
- για τη σύνδεση με τον αγωγό προστασίας (σε δίκτυα TT),
- ως γείωση προστασίας των εγκαταστάσεων επεξεργασίας πληροφοριών,
- γείωση λειτουργίας των κύριων και συμπληρωματικών ισοδυναμικών συνδέσεων καθώς και των συστημάτων αντικεραυνικής προστασίας



Περιγραφή

- Το *ηλεκτρόδιο της θεμελιακής γείωσης* τοποθετείται σε μορφή κλειστού βρόχου, στο εξωτερικό περίγραμμα των πέδιλων και των συνδετήριων δοκαριών των εξωτερικών τοιχίων της θεμελίωσης του κτιρίου.
- Σε κτίρια μεγαλύτερων διαστάσεων (με τη μία τουλάχιστον διάσταση μεγαλύτερη από 25m) συνιστάται η από τη θεμελιακή γείωση περικλειόμενη επιφάνεια να κατανέμεται σε μικρότερα τμήματα – βρόχους, μέγιστων διαστάσεων (20 m x 20 m)

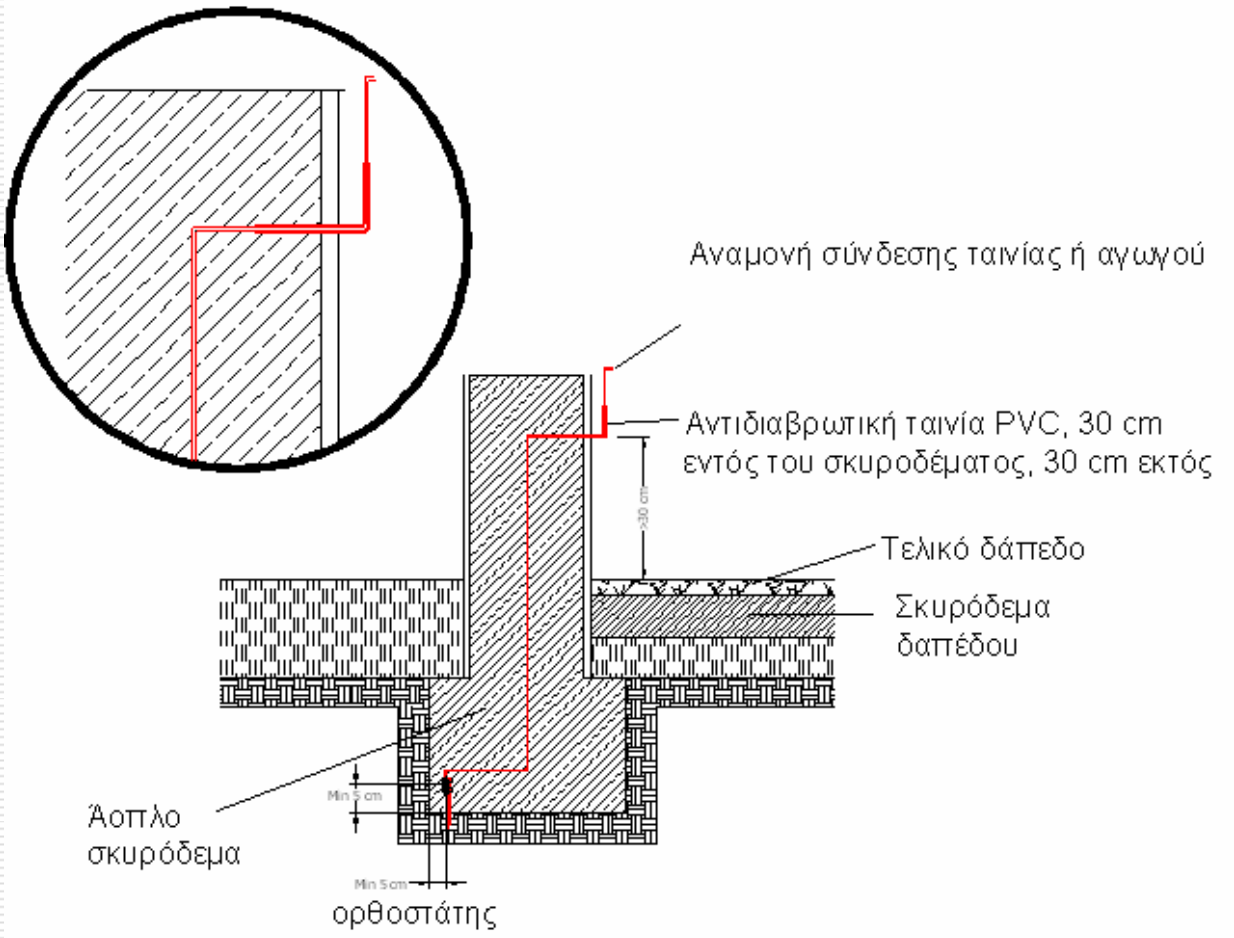
Περιγραφή

- Το ηλεκτρόδιο θα πρέπει να αποτελείται από τμήματα σχετικά μεγάλου μήκους ώστε να απαιτούνται κατά το δυνατόν λίγες συνδέσεις.
- Το ηλεκτρόδιο γείωσης πρέπει να τοποθετείται έτσι ώστε να περιβάλλεται από όλες τις πλευρές του από τουλάχιστον 5 cm σκυροδέματος.
- Αν χρησιμοποιηθεί ηλεκτρόδιο γείωσης σε μορφή ταινίας, αυτή πρέπει να τοποθετηθεί με τη μεγαλύτερη διάσταση της διατομής της κατακόρυφα.
- Για τη σύνδεση της ηλεκτρικής εγκατάστασης, των ισοδυναμικών συνδέσεων κλπ. με τη θεμελιακή γείωση κατασκευάζονται *λήψεις* όσο το δυνατόν πλησιέστερα στις θέσεις εγκατάστασης πινάκων διανομής που προβλέπεται η άμεση σύνδεσή τους στη γείωση καθώς και όπου θα πραγματοποιηθούν οι κύριες και συμπληρωματικές ισοδυναμικές συνδέσεις που προβλέπονται από το Πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384 §413.1.2.1 και §413.1.2.2.
- Σε όλες τις περιπτώσεις, θα πρέπει οι *λήψεις* να συνδέονται στο ηλεκτρόδιο γείωσης με το μικρότερο δυνατό μήκος *αγωγού γείωσης.*
- Στους αρμούς διαστολής του κτιρίου, το ηλεκτρόδιο θεμελιακής γείωσης πρέπει να διακόπτεται και να κατασκευάζονται εκατέρωθεν του αρμού *λήψεις* γείωσης στο εσωτερικό του κτιρίου σε σημεία εύκολα επισκέψιμα και ελέγξιμα και να συνδέονται μεταξύ τους με εύκαμπτο αγωγό ισοδύναμης διατομής με το ηλεκτρόδιο γείωσης. (βλέπε Σχήμα 3).

Υλικά

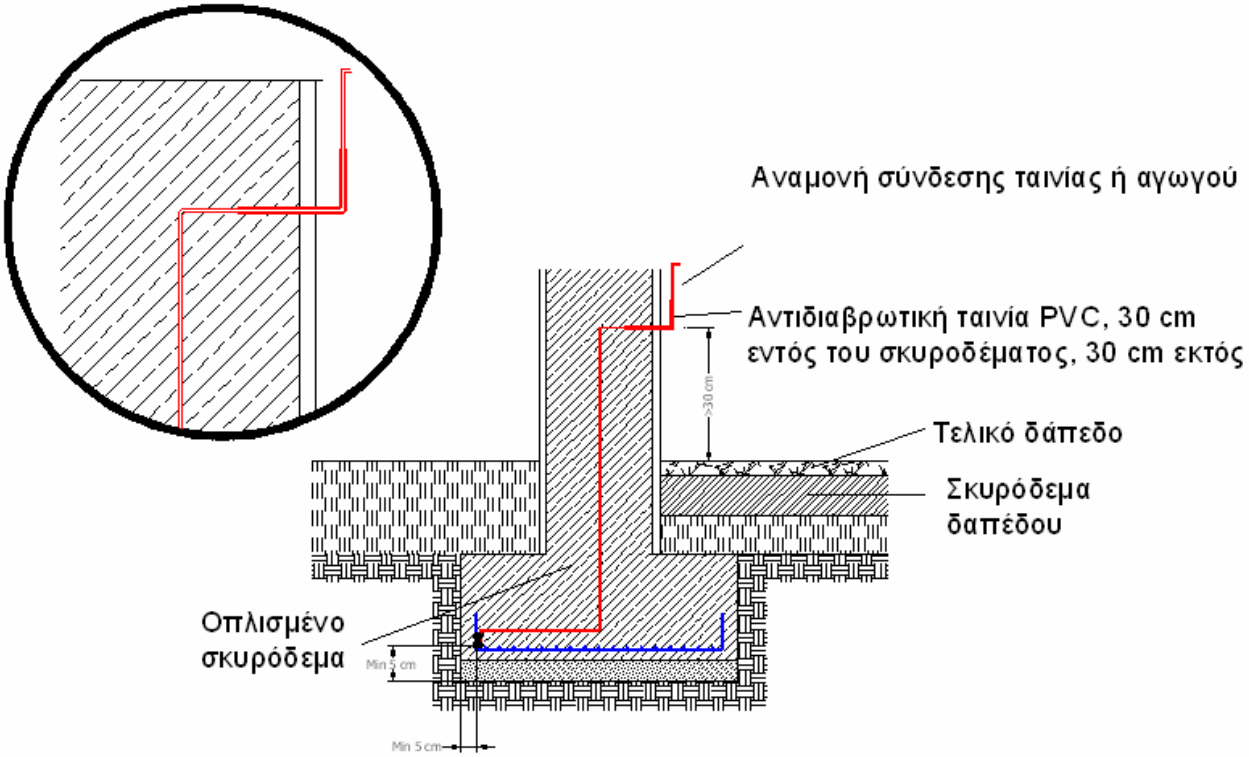
- Ως ηλεκτρόδια θεμελιακής γείωσης πρέπει να χρησιμοποιούνται χαλύβδινες ταινίες με ελάχιστες διαστάσεις διατομής 30 mm × 3.5 mm ή χαλύβδινοι αγωγοί κυκλικής διατομής με ελάχιστη διάμετρο 10 mm.
- Για την επίτευξη χαμηλότερης αντίστασης γείωσης προτείνεται η χρήση ταινίας.

Θεμελιακή γείωση σε άοπλο σκυρόδεμα



Βασική προϋπόθεση για την επίτευξη μεγαλύτερης επιφάνειας επαφής μεταξύ σκυροδέματος και ηλεκτροδίου θεμελιακής γείωσης είναι η καλή δόνηση του σκυροδέματος και η περιεκτικότητα σε τσιμέντο πρέπει να είναι τουλάχιστον 240 Kg/m^3.

Θεμελιακή γείωση σε οπλισμένο σκυρόδεμα

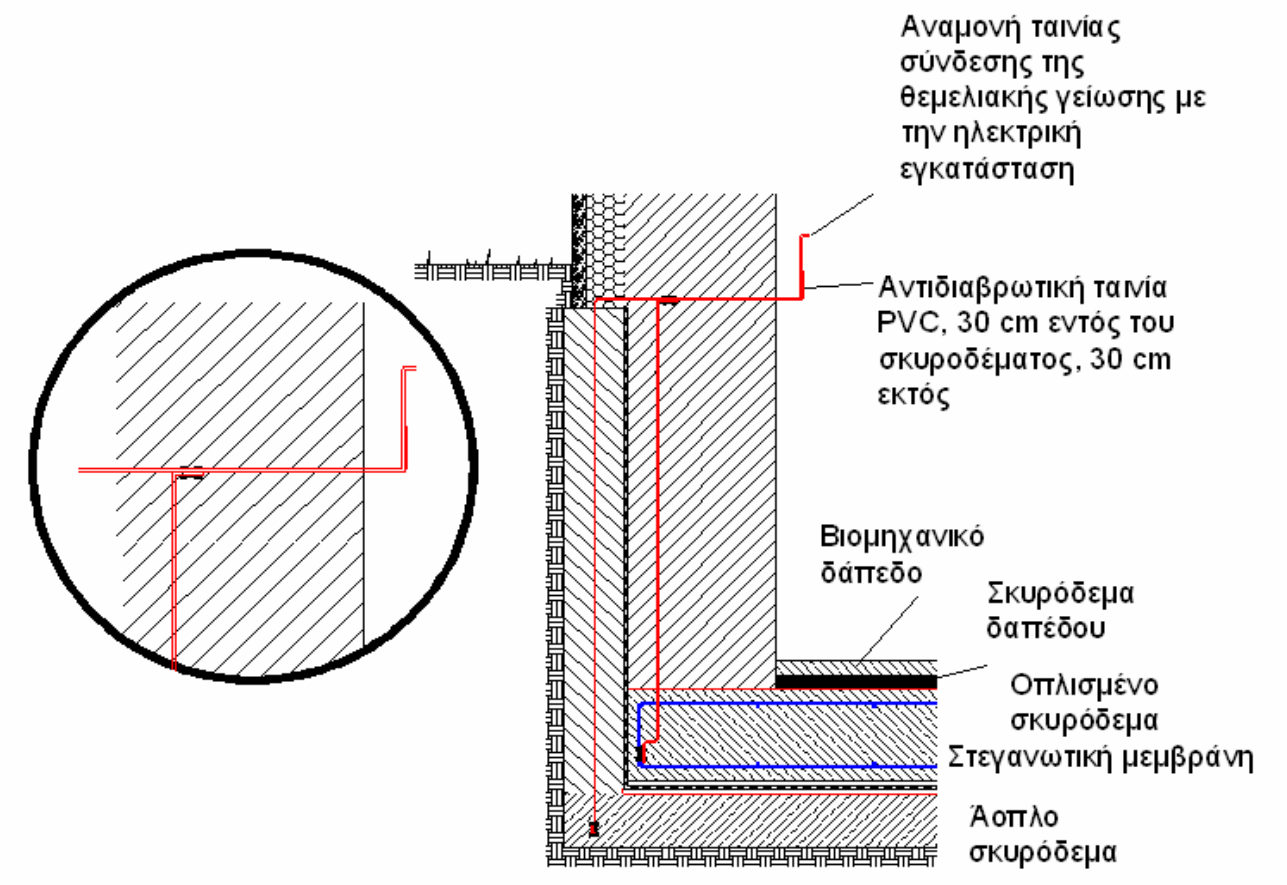


Τα *ηλεκτρόδια θεμελιακής γείωσης* πρέπει να τοποθετούνται επί του κατώτερου επιπέδου του οπλισμού της θεμελίωσης και να στερεώνονται σε αυτόν κάθε 2 m με τη χρήση ειδικών συνδετήρων - σφιγκτήρων, οι οποίοι θα εξασφαλίζουν σωστή ηλεκτρική σύνδεση του ηλεκτροδίου με τον οπλισμό

Διάταξη σε θεμελιώσεις με εξυγίανση του εδάφους ή/ και με στεγανοποιητική μεμβράνη

Σε κτίρια για τη θεμελίωση των οποίων προβλέπεται:

- η εξυγίανση του εδάφους με αδρανή υλικά
- η παρεμβολή στεγανοποιητικής μεμβράνης

θα πρέπει το ηλεκτρόδιο της θεμελιακής γείωσης να εγκαθίσταται σε άμεση επαφή με το έδαφος (κάτω από τα αδρανή υλικά ή τη στεγανοποιητική μεμβράνη).

Θεμελιακή γείωση σε στεγανολεκάνη