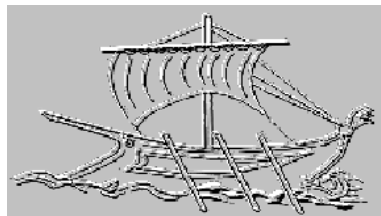


**Α.Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ  
Σ.Τ.Εφ.**

**ΤΜΗΜΑ  
ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ**



**ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΓΕΙΩΣΕΩΝ  
ΔΗΜΑΡΗΣ Β. ΜΙΧΑΗΛ**

**ΜΑΡΤΙΟΣ 2012**

**ΕΠΟΠΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ  
ΛΙΒΕΡΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ  
ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

*Εις μνήμη του αγαπημένου μου πατέρα ηλεκτρολόγου Βασιλείου Μ. Δημάρη  
1944-2007*

<b>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ</b>	1
<i>ΣΗΜΕΙΩΣΗ:ΚΕΦ 1 ΕΩΣ 5 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑΣ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ ΗΔ 384</i>	
Κεφάλαιο 1:ΓΕΝΙΚΑ	3
1.1: Αντικείμενο	3
1.2 : Σκοπός	3
1.3 : Πεδίο εφαρμογής	
Κεφάλαιο 2:ΟΡΙΣΜΟΙ	4
2.1: Γενικά	4
2.2: Ορισμοί τεχνικών όρων	4
2.2.1: Χαρακτηριστικά των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων	4
2.2.2: Τάσεις	5
2.2.3: Ηλεκτροπληξία	6
2.2.4: Γειώσεις	7
2.2.5: Ηλεκτρικά κυκλώματα	8
2.2.6: Ηλεκτρικές γραμμές	9
2.2.7: Υπόλοιπα υλικά	9
2.2.8: Απομόνωση και διακοπή	10
Κεφάλαιο3:ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΓΕΝΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ	10
3.1 : Συνθήκες χρήσης, τροφοδοτήσεις και δομή	10
3.1.1: Μέγιστη ζήτηση και ετεροχρονισμός	10
3.1.2: Διάταξη των ενεργών αγωγών και των γειώσεων	10
3.1.3: Τροφοδότηση	11
3.1.4: Δομή των εγκαταστάσεων	12
Κεφάλαιο 4: ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΓΙΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑ	16
4.1: Προστασία έναντι ηλεκτροπληξίας	17
4.1.1: Προστασία έναντι άμεσης και έναντι έμμεσης επαφής	17
4.1.2: Προστασία έναντι άμεσης επαφής	21
4.1.3: Προστασία έναντι έμμεσης επαφής	24
Κεφάλαιο 5: ΓΕΙΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΓΩΓΟΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ	41
5.4.0: Εισαγωγή	41
5.4.1 :Γενικά	41
5.4.2: Συνδέσεις προς τη γη	42
5.4.3: Αγωγοί προστασίας	43
5.4.4: Διατάξεις γειώσεων προστασίας	47
5.4.5: Διατάξεις γειώσεων λειτουργίας	48
5.4.6: Διατάξεις γείωσης λειτουργίας -προστασίας	48
5.4.7: Αγωγοί ισοδυναμικών συνδέσεων	49
5.4.8: Γειώσεις και ισοδυναμικές συνδέσεις εγκαταστάσεων επεξεργασίας πληροφοριών	49
Κεφάλαιο 6: ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ	54
6.1:Παράγοντες που επηρεάζουν τα αποτελέσματα μιας ηλεκτροπληξίας	56

Κεφάλαιο 7 :ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΓΕΙΩΣΗΣ	58
7.1: Η γείωση και η αντίσταση της	58
7.2: Τύποι και μορφές γειωτών	60
7.2.1 Ραβδοειδής Ράβδος κυκλικής διατομής ή διατομής σταυρού, διαφόρων μηκών	60
7.2.1.1 Ραβδοειδής γειωτής κυκλικής διατομής	60
7.2.1.2 Ραβδοειδής γειωτής διατομής σταυρού	61
7.2.3 Γειωτής ταινίας	61
7.2.4 Γειωτής τύπου "Ε"	62
7.3. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΕΙΩΣΗΣ	63
7.3.1 Πολυγωνική διάταξη	63
7.3.2 Γείωση με πλάκες	63
7.3.3 Περιμετρική γείωση	64
7.3.4 Θεμελιακή γείωση	64
7.3.4.1 Πλεονεκτήματα της θεμελιακής γείωσης	65
7.3.5 Γείωση με γειωτή τύπου "Ε"	65
7.3.6 Συνδυασμός γειώσεων	65
7.4 Αντιστάσεις γειωτών	66
7.4.1 Διάβρωση ηλεκτροδίων	67
7.4.1.1 Ιδιοδιάβρωση	67
7.4.1.2. Διάβρωση επαφής ή ηλεκτροχημική διάβρωση ή ηλεκτρολυτική διάβρωση	67
7.4.1.3 Ηλεκτροχημική διάβρωση	68
7.5. ΒΕΛΤΙΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΓΕΙΩΣΕΩΝ	68
7.5.1 ΓΕΝΙΚΑ	68
7.5.2 TERRAFILL	69
7.6 Μέτρηση τιμής αντίστασης γείωσης	69
7.6.1 Γενικά	69
7.6.2 Τρόπος μέτρησης σημειακής γείωσης	70
7.6.3 Τρόπος μέτρησης εκτεταμένης γείωσης	71
7.6.4 Μέθοδοι μέτρησης της αντίστασης γείωσης.	73
7.6.4.1. Με βολτόμετρο και αμπερόμετρο.	73
7.6.4.1.2 Μέτρηση αντίστασης γείωσης με το πολυόργανο HT MACROTEST	74
7.6.4.1.3 Βασικές μετρήσεις που πραγματοποιεί τα πολυόργανο HT MACROTEST	75
7.7 Ειδικές αντιστάσεις εδαφών	81
7.7.1 Ειδική αντίσταση εδάφους	81
7.7.2 Μέτρηση ειδικής αντίστασης εδάφους	82
7.8 Άλλες μέθοδοι μέτρησης αντίστασης γείωσης.	82
7.8.1. Με γέφυρα Wheatstone	82
7.8.2. Με την μέθοδο Wiechert.	84
7.8.3. Με την μέθοδο Behrend	84
7.8.4. Με την μέθοδο Evershed και Vignoles	86
Κεφάλαιο 8: ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΓΕΙΩΣΗΣ	87
8.1 Γενικά	87
8.2 Κρουστική Σύνθετη Αντίσταση	88
Κεφάλαιο 9: ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΕΙΩΣΗΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ Β120	90
9.1 Υλικά που χρησιμοποιήθηκαν	94
Βιβλιογραφία	97

## ΜΕΡΟΣ 1

### ΓΕΝΙΚΑ

#### 1.1 Αντικείμενο

Η παρούσα έκδοση περιλαμβάνει τους κανόνες που πρέπει να τηρούνται κατά τη μελέτη, την κατασκευή, την επιθεώρηση και τη συντήρηση γειώσεων των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων.

#### 1.2 Σκοπός

Οι απαιτήσεις τις οποίες, σύμφωνα με την παρούσα έκδοση, πρέπει να ικανοποιούν οι ηλεκτρικές εγκαταστάσεις, αποσκοπούν στην ασφαλή λειτουργία των εγκαταστάσεων, με την προϋπόθεση της ορθής χρησιμοποίησής τους.

Ειδικότερα οι απαιτήσεις αυτές αποβλέπουν στην αποφυγή, σε ικανοποιητικό βαθμό, των κινδύνων που θα ήταν δυνατόν να εμφανισθούν για:

- τα άτομα
- τα κατοικίδια ζώα και τα ζώα εκτροφής
- τα διάφορα αγαθά

που βρίσκονται στην περιοχή αυτών των εγκαταστάσεων.

Οι κίνδυνοι που θα ήταν δυνατόν να εμφανισθούν εξαιτίας της λειτουργίας των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων μπορεί να οφείλονται:

- στη διέλευση ηλεκτρικού ρεύματος μέσα από το σώμα ατόμων ή ζώων
- σε υψηλές θερμοκρασίες που μπορεί να προκαλέσουν εγκαύματα ή πυρκαγιά ή αλλοίωση αγαθών. Η τήρηση των απαιτήσεων της παρούσας έκδοσης δεν εξασφαλίζει σε όλες τις περιπτώσεις την

ικανοποιητική λειτουργία της ηλεκτρικής εγκατάστασης. Παρόλο ότι στον Κανονισμό περιλαμβάνονται απαιτήσεις που αφορούν την ορθή λειτουργία, αυτή αποτελεί αντικείμενο και μπορεί να εξασφαλισθεί μόνο με τη σωστή μελέτη, κατασκευή και συντήρηση της εγκατάστασης.

#### 1.3 Πεδίο εφαρμογής

1.3.1 Η παρούσα έκδοση εφαρμόζεται στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις:

- α) των κτιρίων που χρησιμοποιούνται ως κατοικίες
- β) των κτιρίων εμπορικής χρήσης
- γ) των κτιρίων που είναι στη διάθεση του κοινού
- δ) των κτιρίων και λοιπών κατασκευών βιομηχανικής ή βιοτεχνικής χρήσης
- ε) των εγκαταστάσεων των γεωργικών και κτηνοτροφικών εκμεταλλεύσεων
- στ) των προκατασκευασμένων ή προσωρινών κτισμάτων των χρήσεων α) μέχρι ε) ζ) των τροχόσπιτων και των χώρων οργανωμένης κατασκήνωσης
- η) των εργοταξίων κατασκευής έργων, των εγκαταστάσεων πανηγύρεων και παρόμοιων προσωρινών εγκαταστάσεων
- θ) των λιμένων εξυπηρέτησης σκαφών αναψυχής.

1.3.2 Η παρούσα έκδοση καλύπτει:

- α) τα κυκλώματα τα τροφοδοτούμενα με εναλλασσόμενο ρεύμα με ονομαστική τάση μέχρι και 1000 V και τα τροφοδοτούμενα με συνεχές ρεύμα με ονομαστική τάση μέχρι και 1500V. *Σημείωση: Για το εναλλασσόμενο ρεύμα προτιμώμενες συχνότητες είναι: 50 Hz, 60Hz και*

*400 Hz, δεν αποκλείεται όμως η χρησιμοποίηση οποιασδήποτε άλλης συχνότητας για ειδικές εφαρμογές.*

β) τα κυκλώματα, εκτός από τις εσωτερικές συρματώσεις των ηλεκτρικών συσκευών, που λειτουργούν με ονομαστικές τάσεις που υπερβαίνουν τα 1 000 V εναλλασσόμενου ρεύματος και προέρχονται από μια ηλεκτρική εγκατάσταση ονομαστικής τάσης κάτω των 1 000 V εναλλασσόμενου ρεύματος ( π.χ. κυκλώματα λυχνιών εκκενώσεων)

γ) όλες τις καλωδιώσεις και τις ηλεκτρικές γραμμές που δεν καλύπτονται από τα Πρότυπα τα σχετικά με τις συσκευές κατανάλωσης

δ) όλες τις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις των καταναλωτών που βρίσκονται έξω από τα κτίρια

ε) τις σταθερές ηλεκτρικές γραμμές που χρησιμεύουν για τηλεπικοινωνία, σήμανση, χειρισμούς και τα παρόμοια (με εξαίρεση τις εσωτερικές συρματώσεις των συσκευών)

στ) τις επεκτάσεις ή τροποποιήσεις των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων που έχουν κατασκευασθεί σύμφωνα με Κανονισμούς που ίσχυαν πριν από την έκδοση της παρούσας έκδοσης.

*Σημείωση: Κατά την επέκταση ή τροποποίηση μιας προϋπάρχουσας εγκατάστασης, συνιστάται να προσαρμόζεται και αυτή, στο μέτρο του δυνατού, με τις απαιτήσεις της παρούσας έκδοσης και πάντως πρέπει να εξασφαλίζεται ότι η πραγματοποιούμενη επέκταση ή τροποποίηση δεν θα μειώνει την ασφάλεια λειτουργίας της προϋπάρχουσας εγκατάστασης.*

## ΜΕΡΟΣ 2

### ΟΡΙΣΜΟΙ

#### 2.1 Γενικά

Σε αυτό το Μέρος δίνονται οι ορισμοί των τεχνικών όρων που χρησιμοποιούνται στην παρούσα έκδοση.

Οι ορισμοί βασίζονται στο ελληνικό πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384.2 S1 ισοδύναμου του Κεφαλαίου 826 « Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις κτιρίων» του Προτύπου IEC 60050 «Διεθνές ηλεκτροτεχνικό λεξικό».

*Σημείωση : Ορισμοί όρων που αφορούν ειδικούς χώρους παρέχονται στα αντίστοιχα Τμήματα του Μέρους 7.*

#### 2.2 Ορισμοί τεχνικών όρων

##### 2.2.1 Χαρακτηριστικά των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων

**2.2.1.1 Ηλεκτρική εγκατάσταση.** Ένα σύνολο ηλεκτρολογικών υλικών που έχουν κατάλληλα επιλεγμένα χαρακτηριστικά και συνδέονται κατάλληλα μεταξύ τους, ώστε να επιτελούν ένα συγκεκριμένο σκοπό.

*Σημείωση : Όταν είναι φανερό ότι πρόκειται για ηλεκτρική εγκατάσταση μπορεί να παραλείπεται η λέξη «ηλεκτρική» και να χρησιμοποιείται, απλούστερα, ο όρος **εγκατάσταση** με την ίδια έννοια.*

**2.2.1.2 Αρχή μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης.** Σημείο στο οποίο παρέχεται, υπό κανονικές συνθήκες λειτουργίας, η ηλεκτρική ενέργεια σε μια εγκατάσταση.

*Σημείωση: Δεν ονομάζεται αρχή μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης το σημείο όπου παρέχεται ηλεκτρική ενέργεια από μια εναλλακτική (εφεδρική) τροφοδότηση, προβλεπόμενη για λόγους ασφαλείας προσώπων ή άλλους (βλ. ορισμούς 202.01.05 και 202.01.06), αν αυτό το σημείο είναι διαφορετικό από το σημείο παροχής της ηλεκτρικής ενέργειας υπό κανονικές συνθήκες λειτουργίας.*

**2.2.1.3 Ουδέτερος αγωγός (σύμβολο N).** Αγωγός που συνδέεται στον ουδέτερο κόμβο ενός συστήματος τροφοδότησης (δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, μετασχηματιστής, γεννήτρια) και που είναι δυνατόν να συμμετέχει στη μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας.

*Σημείωση : Μερικές φορές παραλείπεται η λέξη «αγωγός» και χρησιμοποιείται, απλούστερα, ο όρος ουδέτερος με την ίδια έννοια.*

**2.2.1.4 Θερμοκρασία περιβάλλοντος.** Η θερμοκρασία του αέρα ή άλλου μέσου, στη θέση όπου πρόκειται να χρησιμοποιηθεί ένα ηλεκτρολογικό υλικό.

*Σημείωση: Λαμβάνεται υπόψη η ανύψωση της θερμοκρασίας που μπορεί να προκαλείται από άλλες εγκαταστάσεις ή από άλλα υλικά, αλλά όχι και η προκαλούμενη από το ίδιο το εξεταζόμενο υλικό.*

**2.2.1.5 Τροφοδότηση για συστήματα ασφαλείας.** Τροφοδότηση προοριζόμενη να διατηρεί, σε περίπτωση μη διαθεσιμότητας της κανονικής τροφοδότησης, τη λειτουργία συσκευών που είναι απαραίτητες για την ασφάλεια προσώπων ή την αντιμετώπιση κινδύνων για αγαθά.

*Σημείωση :Η τροφοδότηση για συστήματα ασφαλείας μπορεί, εκτός από την πηγή, να περιλαμβάνει και τα κυκλώματα μέχρι τους ακροδέκτες των συσκευών, αν αυτά είναι διαφορετικά από τα κυκλώματα κανονικής τροφοδότησης.*

**2.2.1.6 Εναλλακτική (εφεδρική) τροφοδότηση.** Τροφοδότηση προοριζόμενη να διατηρεί, σε περίπτωση μη διαθεσιμότητας της κανονικής τροφοδότησης, τη λειτουργία μιας εγκατάστασης ή ενός τμήματός της, για λόγους άλλους από την ασφάλεια προσώπων ή αγαθών.

## 2.2.2. Τάσεις

**2.2.2.1. Ονομαστική τάση.** Τάση με την οποία χαρακτηρίζεται μια εγκατάσταση ή ένα τμήμα μιας εγκατάστασης.

*Σημείωση : Η πραγματική τάση είναι δυνατόν να διαφέρει από την ονομαστική τάση, μέσα στα επιτρεπτά όρια.*

**2.2.2.2. Τάση επαφής:** Τάση που εμφανίζεται μεταξύ δύο ταυτόχρονα προσιτών μερών, όταν συμβεί ένα σφάλμα μόνωσης.

**2.2.2.3. (Μέγιστη) αναμενόμενη τάση επαφής:** Η υψηλότερη τάση επαφής που μπορεί να εμφανισθεί σε μια ηλεκτρική εγκατάσταση στην περίπτωση ενός σφάλματος με αμελητέα σύνθετη αντίσταση.

## 2.2.3. Ηλεκτροπληξία

**2.2.3.1. Ενεργό μέρος:** Κάθε αγωγός ή αγώγιμο μέρος που προορίζεται να έχει, σε κανονική κατάσταση λειτουργίας, τάση προς τη γη, καθώς και ο ουδέτερος αγωγός (βλ. ορισμό 202.01 .03) όχι όμως, κατά σύμβαση, ο αγωγός PEN (βλ. ορισμό 202.04.06).

*Σημείωση : Ο όρος δεν υπονοεί αναγκαστικά κίνδυνο ηλεκτροπληξίας.*

**2.2.3.2. Εκτεθειμένο αγώγιμο μέρος:** Αγώγιμο μέρος ενός ηλεκτρολογικού υλικού

με το οποίο είναι δυνατόν να έλθει κανείς σε επαφή και το οποίο δεν είναι ενεργό μέρος, μπορεί ενός να αποκτήσει τάση ενός τη γη σε περίπτωση σφάλματος μόνωσης.  
*Σημείωση : Ένα αγώγιμο μέρος το οποίο μπορεί, σε περίπτωση σφάλματος μόνωσης, να αποκτήσει τάση ενός τη γη, όχι απευθείας αλλά μέσω ενός εκτεθειμένου αγώγιμου μέρους, δεν θεωρείται εκτεθειμένο αγώγιμο μέρος.*

**2.2.3.3. Ξένο αγώγιμο στοιχείο:** Αγώγιμο αντικείμενο που δεν αποτελεί μέρος της ηλεκτρικής εγκατάστασης, το οποίο είναι δυνατόν να μεταφέρει ένα δυναμικό, συνήθως το δυναμικό της γης, σε θέση πλησίον της ηλεκτρικής εγκατάστασης.

**2.2.3.4. Ηλεκτροπληξία:** Παθοφυσιολογικό αποτέλεσμα προκαλούμενο από τη διέλευση ηλεκτρικού ρεύματος μέσα από το σώμα ανθρώπου ή ζώου.

**2.2.3.5. Άμεση επαφή:** Επαφή ατόμου ή κατοικίδιου ζώου ή ζώου εκτροφής προς ένα ενεργό μέρος.

**2.2.3.6. Έμμεση επαφή:** Επαφή ατόμου ή κατοικίδιου ζώου ή ζώου εκτροφής προς ένα εκτεθειμένο αγώγιμο μέρος, το οποίο έχει αποκτήσει τάση προς τη γη εξαιτίας ενός σφάλματος μόνωσης.

**2.2.3.7. Ρεύμα ηλεκτροπληξίας:** Ρεύμα που διέρχεται μέσα από το σώμα ανθρώπου ή ζώου και που έχει τέτοια χαρακτηριστικά που μπορεί να προκαλέσει παθοφυσιολογικά αποτελέσματα.

**2.2.3.8. Ρεύμα διαρροής προς τη γη:** Ρεύμα που ρέει από μια ηλεκτρική εγκατάσταση προς τη γη (απευθείας ή μέσω ξένων αγώγιμων στοιχείων) χωρίς να υπάρχει σφάλμα μόνωσης.

*Σημείωση : Αυτό το ρεύμα μπορεί να έχει μια χωρητική συνιστώσα, η οποία είναι δυνατόν να οφείλεται ή όχι στη χρήση πυκνωτών.*

**2.2.3.9. Διαφορικό ρεύμα:** Τα αλγεβρικό άθροισμα των στιγμιαίων τιμών των ρευμάτων που διαρρέουν όλους τους ενεργούς αγωγούς ενός κυκλώματος σε ένα σημείο της ηλεκτρικής εγκατάστασης.

**2.2.3.10. Ταυτόχρονα προσιτά μέρη.** Αγωγοί ή αγώγιμα μέρη με τα οποία μπορεί να έλθει συγχρόνως σε επαφή ένα άτομο (ή ενδεχομένως ένα ζώο).

*Σημείωση : Ταυτόχρονα προσιτά μέρη μπορεί να είναι:*

- τα ενεργά μέρη
- τα εκτεθειμένα αγώγιμα μέρη
- τα ξένα αγώγιμα στοιχεία
- οι αγωγοί προστασίας
- τα ηλεκτρόδια γείωσης.

**2.2.3.11. Χώρος προσέγγισης:** Ένας χώρος περικλειόμενος : 1) από μια επιφάνεια πάνω στην οποία στέκονται ή κυκλοφορούν συνήθως άτομα και 2) από μια επιφάνεια προς κάθε σημείο της οποίας ένα από τα παραπάνω άτομα μπορεί να φθάσει με τα χέρια του, χωρίς να χρησιμοποιήσει ένα βοηθητικό μέσο.



**2.2.3.12. Περιβλημα:** Ένα στοιχείο που εξασφαλίζει την προστασία ενός υλικού από ορισμένες εξωτερικές επιδράσεις και επίσης την προστασία από άμεση επαφή προς όλες τις κατευθύνσεις.

**2.2.3.13. Φράγμα:** Ένα στοιχείο που εξασφαλίζει την προστασία από άμεση επαφή προς όλες τις συνήθεις κατευθύνσεις προσέγγισης.

**2.2.3.14. Εμπόδιο:** Ένα στοιχείο που εμποδίζει την ακούσια άμεση επαφή, αλλά δεν αποτρέπει την επαφή μετά από εσκεμμένη ενέργεια.

## 2.2.4 Γειώσεις

**2.2.4.1 Γη:** Η αγώγιμη μάζα της γης, της οποίας το ηλεκτρικό δυναμικό θεωρείται συμβατικά ίσο με το μηδέν.

**2.2.4.2. Ηλεκτρόδιο γείωσης:** Ένα αγώγιμο σώμα ή ένα σύνολο αγώγιμων σωμάτων σε στενή επαφή με τη γη, το οποίο εξασφαλίζει την ηλεκτρική σύνδεση με αυτήν.

**2.2.4.3. Συνολική αντίσταση γείωσης:** Η αντίσταση μεταξύ του κύριου ακροδέκτη γείωσης μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης (βλ. ορισμό 202.04.08) και της γης (βλ. ορισμό 202.04.01).

**2.2.4.4. Ηλεκτρικώς ανεξάρτητα ηλεκτρόδια γείωσης:** Ηλεκτρόδια γείωσης τοποθετημένα σε τέτοια απόσταση μεταξύ τους, ώστε το μέγιστο ρεύμα που θα μπορούσε να διοχετευθεί από ένα από αυτά προς τη γη, να μην επηρεάζει αισθητά το δυναμικό των άλλων.

**2.2.4.5. Αγωγός προστασίας (σύμβολο PE).** Αγωγός απαιτούμενος για την εφαρμογή ορισμένων μέτρων προστασίας και προοριζόμενος για την ηλεκτρική σύνδεση των εκτεθειμένων αγώγιμων μερών προς ένα ή περισσότερα από τα ακόλουθα :

- ξένα αγώγιμα στοιχεία
- κύριος ακροδέκτης γείωσης
- ηλεκτρόδιο γείωσης
- γειωμένο σημείο της πηγής τροφοδότησης ή τεχνητός ουδέτερος κόμβος.

**2.2.4.6. Αγωγός PEN:** Γειωμένος αγωγός που συνδυάζει τις λειτουργίες του αγωγού προστασίας και του ουδέτερου αγωγού.

*Σημείωση :* Το σύμβολο PEN προκύπτει από το συνδυασμό των συμβόλων PE για τον αγωγό προστασίας και N για τον ουδέτερο.

**2.2.4.7. Αγωγός γείωσης:** Ένας αγωγός που συνδέει τον κύριο ακροδέκτη γείωσης με το ηλεκτρόδιο γείωσης.

**2.2.4.8. Κύριος ακροδέκτης γείωσης, κύριος ζυγός γείωσης:** Ένας ακροδέκτης ή ζυγός που προορίζεται για τη σύνδεση των αγωγών προστασίας (περιλαμβανομένων των αγωγών ισοδυναμικής σύνδεσης), των αγωγών γείωσης, και ενδεχομένως, των αγωγών σύνδεσης μιας γείωσης λειτουργίας (αν υπάρχει).

**2.2.4. 9. Ισοδυναμική σύνδεση:** Ηλεκτρική σύνδεση που διατηρεί στο ίδιο ή περίπου στο ίδιο δυναμικό τα εκτεθειμένα αγωγίμα μέρη και τα ξένα αγωγίμα στοιχεία.

**2.2.4.10. Αγωγός ισοδυναμικής σύνδεσης:** Ένας αγωγός που εξασφαλίζει ισοδυναμική σύνδεση.

**2.2.4.11. Γείωση λειτουργίας:** Η γείωση ενός τμήματος της εγκατάστασης το οποίο ανήκει στο κύκλωμα λειτουργίας. Η γείωση λειτουργίας μπορεί να μην περιλαμβάνει άλλες αντιστάσεις, εκτός της αντίστασης γείωσης και της αντίστασης του αγωγού γείωσης ή να περιλαμβάνει πρόσθετες ωμικές, επαγωγικές ή χωρητικές αντιστάσεις. Ανοικτές γειώσεις δεν μπορούν να θεωρούνται γειώσεις λειτουργίας.

**2.2.4.12. Γείωση προστασίας:** Η χωρίς παρεμβολή άλλων αντιστάσεων (πλην της αντίστασης γείωσης και της αντίστασης του αγωγού γείωσης) γείωση ενός αγωγίμου τμήματος της εγκατάστασης που δεν ανήκει στο κύκλωμα λειτουργίας για την προστασία ατόμων και ζώων έναντι υψηλών τάσεων επαφής.

## **2.2.5 Ηλεκτρικά κυκλώματα**

**2.2.5.1. Ηλεκτρικό κύκλωμα.** Σύνολο των ηλεκτρολογικών υλικών μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης που τροφοδοτούνται από το ίδιο σημείο και προστατεύονται έναντι υπερεντάσεων από την ίδια ή τις ίδιες διατάξεις προστασίας.

**2.2.5.2. Κύκλωμα διανομής (ενός κτιρίου):** Κύκλωμα που τροφοδοτεί ένα πίνακα διανομής μέσα σ' ένα κτίριο.

**2.2.5.3. Τερματικό κύκλωμα:** Κύκλωμα που τροφοδοτεί απευθείας ηλεκτρικές συσκευές ή/ και ρευματοδότες.

**2.2.5.4. Ρεύμα κανονικής λειτουργίας (ενός κυκλώματος):** Το μεγαλύτερο ρεύμα που προβλέπεται να διέρχεται από ένα κύκλωμα υπό κανονικές συνθήκες λειτουργίας και για το οποίο έχει μελετηθεί το κύκλωμα.

**2.2.5.5. Μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα (ικανότητα μεταφοράς ρεύματος) ενός αγωγού:** Το μεγαλύτερο ρεύμα που μπορεί να διαρρέει συνεχώς και υπό δεδομένες συνθήκες έναν αγωγό χωρίς η θερμοκρασία του να υπερβεί μια προδιαγεγραμμένη τιμή.

**2.2.5.6. Υπερένταση:** Κάθε ρεύμα που υπερβαίνει μια προκαθορισμένη τιμή. Για τους αγωγούς προκαθορισμένη τιμή του ρεύματος είναι το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα.

**2.2. 5. 7. Ρεύμα υπερφόρτισης:** Μια υπερένταση που εμφανίζεται σε ένα κύκλωμα, χωρίς να υπάρχει σφάλμα μόνωσης.

**2.2. 5.8. Ρεύμα (στερεού) βραχυκυκλώματος:** Μια υπερένταση που εμφανίζεται σε ένα κύκλωμα στην περίπτωση σφάλματος μόνωσης με αμελητέα σύνθετη αντίσταση, μεταξύ ενεργών αγωγών οι οποίοι, υπό κανονικές συνθήκες λειτουργίας, έχουν

μια διαφορά δυναμικού.

**2.2.5.9. Ονομαστικό (ή συμβατικό) ρεύμα λειτουργίας (μιας διάταξης προστασίας):** Η τιμή του ρεύματος που προκαλεί τη λειτουργία μιας διάταξης προστασίας σε προκαθορισμένο χρόνο.

**2.2.5.1. Ανίχνευση υπερέντασης:** Λειτουργία που συνίσταται στη διαπίστωση ότι το ρεύμα που διαρρέει ένα κύκλωμα υπερβαίνει μια προδιαγεγραμμένη τιμή επί ένα επίσης προδιαγεγραμμένο χρονικό διάστημα.

## 2.2.6. Ηλεκτρικές γραμμές

**202.06.01 Ηλεκτρική γραμμή:** Ένα σύνολο αποτελούμενο από έναν ή περισσότερους αγωγούς, καλώδια ή ζυγούς, από τα στοιχεία που χρησιμεύουν για τη στερέωσή τους και, αν είναι αναγκαίο, από τα στοιχεία που χρησιμεύουν για τη μηχανική προστασία τους.

## 202.07 Υπόλοιπα υλικά

**202.07.01 Ηλεκτρολογικό υλικό:** Κάθε στοιχείο που χρησιμοποιείται για την παραγωγή, το μετασχηματισμό, τη μεταφορά, τη διανομή ή τη χρησιμοποίηση της ηλεκτρικής ενέργειας, όπως: μηχανές, μετασχηματιστές, όργανα προστασίας και ελέγχου, όργανα μέτρησης, υλικά ηλεκτρικών γραμμών, ηλεκτρικές συσκευές.

**202.07.02 Ηλεκτρικές συσκευές:** Κάθε στοιχείο που προορίζεται για τη μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας σε μια άλλη μορφή ενέργειας : φωτεινή, θερμική ή μηχανική ενέργεια.

**2.2.7.3. Όργανα προστασίας και ελέγχου:** Κάθε στοιχείο που προορίζεται να συνδέεται σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα με το σκοπό να παρέχει μία ή περισσότερες από τις ακόλουθες λειτουργίες : προστασία, χειρισμός, απομόνωση, διακοπή.

**2.2.7.4. Κινητό υλικό:** Ηλεκτρολογικό υλικό που μπορεί να μετατοπίζεται κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του, παραμένοντας συνδεδεμένο προς το κύκλωμα τροφοδότησής του.

**2.2.7.5. Φορητό (χειρόφερτο) υλικό:** Ηλεκτρολογικό υλικό που προβλέπεται να κρατιέται στο χέρι κατά την κανονική λειτουργία του, του οποίου ο κινητήρας, αν υπάρχει, αποτελεί ενσωματωμένο μέρος.

**2.2.7.6. Ακίνητο υλικό:** Ηλεκτρολογικό υλικό του οποίου δεν προβλέπεται η μετατόπιση, δεν έχει χειρολαβές για τη μεταφορά του ή έχει τέτοια μάζα που δεν είναι εύκολο να μετακινηθεί.

*Σημειώσεις : 1. Ως μάζα που καθιστά δύσκολη τη μετακίνηση θεωρείται συνήθως ή των 18kg. και άνω*

*2. Ο όρος αυτός περιλαμβάνει και τον επόμενο (ορισμός 202.07.07).*

**2.2.7.7. Σταθερό υλικό:** Ηλεκτρολογικό υλικό στερεωμένο σε συγκεκριμένη θέση,

είτε επάνω σε μια βάση στήριξης είτε στα στοιχεία του κτιρίου.

## **2.2.8 Απομόνωση και διακοπή**

**2.2.8.1. Απομόνωση:** Λειτουργία που έχει σκοπό τη διακοπή τροφοδότησης όλης της ηλεκτρικής εγκατάστασης, ή ενός τμήματός της, και το διαχωρισμό τους από κάθε πηγή ηλεκτρικής ενέργειας, για λόγους ασφαλείας.

**2.2.8.2. Διακοπή για μηχανική συντήρηση:** Λειτουργία που έχει σκοπό τη διακοπή της τροφοδότησης ενός ή περισσότερων στοιχείων της εγκατάστασης, για την αποφυγή των κινδύνων κατά την εκτέλεση των μη ηλεκτρικών εργασιών (δεν περιλαμβάνονται δηλαδή οι κίνδυνοι από ηλεκτροπληξία ή ηλεκτρικά τόξα).

**2.2.8.3. Επείγουσα διακοπή:** Λειτουργία που έχει σκοπό την εξάλειψη το ταχύτερο δυνατόν ενός μη αναμενόμενου κινδύνου.

**2.2.8.4. Επείγουσα στάση (κράτηση):** Επείγουσα διακοπή που έχει σκοπό να σταματήσει μια κίνηση που έχει γίνει επικίνδυνη.

**2.2.8.5. Λειτουργικός χειρισμός:** Ενέργεια προοριζόμενη να διακόψει, να αποκαταστήσει ή να τροποποιήσει την τροφοδότηση με ηλεκτρική ενέργεια μιας εγκατάστασης ή ενός τμήματός της για λειτουργικούς λόγους.

## **ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΓΕΙΩΣΕΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΣΚΟΠΟ ΤΟΥΣ**

### **ΜΕΡΟΣ 3**

## **ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΓΕΝΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ**

### **3.0.0 Γενικά**

Για κάθε ηλεκτρική εγκατάσταση πρέπει να προσδιορίζονται τα ακόλουθα χαρακτηριστικά της σύμφωνα με τα αντίστοιχα Κεφάλαια αυτού του Μέρους:

- η προβλεπόμενη χρησιμοποίηση της εγκατάστασης, η εν γένει δομή της και οι τροφοδοτήσεις της (Κεφάλαιο 31),
- οι εξωτερικές επιδράσεις στις οποίες προβλέπεται να εκτίθεται (Κεφάλαιο 32),
- η συμβατότητα του υλικού της (Κεφάλαιο 33),
- η δυνατότητα συντήρησής της (Κεφάλαιο 34),
- οι εφεδρικές τροφοδοτήσεις (Κεφάλαιο 35), αν υπάρχουν.

Αυτά τα χαρακτηριστικά πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την επιλογή των μέτρων προστασίας (βλ. Μέρος 4) και κατά την επιλογή και εγκατάσταση του υλικού (βλ. Μέρος 5).

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.1 ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΧΡΗΣΗΣ, ΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΔΟΜΗ**

### **3.1.1. Μέγιστη ζήτηση και ετεροχρονισμός**

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

### 3.1. 2. **Διάταξη των ενεργών αγωγών και των γειώσεων**

Όταν η τροφοδότηση της εγκατάστασης γίνεται από ένα δίκτυο διανομής, ο μελετητής της θα πρέπει να συμβουλευτεί τον Διανομέα ηλεκτρικής ενέργειας για τα χαρακτηριστικά του δικτύου.

#### 3.1. 2.1. **Τύποι συστημάτων διανομής**

Η διάκριση γίνεται με βάση τα χαρακτηριστικά:

- του συστήματος των ενεργών αγωγών
- του συστήματος σύνδεσης των γειώσεων

Στην ελληνική επικράτεια τα δημόσια δίκτυα χαμηλής τάσης είναι γενικά εναλλασσόμενου ρεύματος τριφασικά - 4 αγωγών (τρεις φάσεις και ουδέτερος) ή μονοφασικά (μια φάση και ουδέτερος).

Η παρούσα έκδοση εφαρμόζεται και σε άλλα συστήματα παροχής εναλλασσόμενου ή και συνεχούς ρεύματος που μπορεί να τροφοδοτούνται από άλλες πηγές (πλην των δημόσιων δικτύων διανομής) που συνήθως αποτελούν μέρος της εγκατάστασης.

#### 3.1 .2.2 **Συστήματα σύνδεσης των γειώσεων**

Τα συστήματα σύνδεσης των γειώσεων που χρησιμοποιούνται, σύμφωνα με την παρούσα έκδοση, στα τριφασικά και στα μονοφασικά συστήματα τροφοδότησης περιγράφονται στις παραγράφους 31 2.2.1 μέχρι 31 2.2.3. Ο κώδικας που χρησιμοποιείται για τα συστήματα σύνδεσης των γειώσεων είναι ο ακόλουθος:

Το πρώτο γράμμα αφορά τη σχέση του συστήματος τροφοδότησης με τη γη, T= άμεση σύνδεση του ουδετέρου με τη γη,

I = όλα τα ενεργά μέρη απομονωμένα από τη γη ή ένα σημείο συνδεδεμένο με τη γη μέσω μιας

σύνθετης αντίστασης σημαντικής τιμής. Το δεύτερο γράμμα αφορά τη σχέση των εκτεθειμένων αγώγιμων μερών της εγκατάστασης προς

τη γη :

T= άμεση ηλεκτρική σύνδεση των εκτεθειμένων αγώγιμων μερών με τη γη, ανεξάρτητα από τη

γείωση του ουδετέρου του συστήματος τροφοδότησης. N= άμεση ηλεκτρική σύνδεση των εκτεθειμένων αγώγιμων μερών με τον ουδέτερο του συστήματος

τροφοδότησης

Τα επόμενα γράμματα (αν υπάρχουν) αφορούν τη σχέση του ουδετέρου και του αγωγού προστασίας.

S = η προστασία εξασφαλίζεται από ιδιαίτερο αγωγό προστασίας διαφορετικό από τον ουδέτερο. C = οι λειτουργίες ουδετέρου και προστασίας συνδυάζονται σε ένα μόνο αγωγό (αγωγό PEN).

Σημείωση: Στην περίπτωση που δεν υπάρχει διαθέσιμος ουδέτερος, μπορεί να συνδέεται με τη γη ένα άλλο σημείο του συστήματος τροφοδότησης. Σε αυτή την περίπτωση όσα αναφέρθηκαν για τη σύνδεση των εκτεθειμένων αγώγιμων μερών με τον ουδέτερο ισχύουν για τη σύνδεσή τους με τον γειωμένο αγωγό του συστήματος τροφοδότησης.

#### 3.1.2.2.1 **Σύστημα σύνδεσης των γειώσεων TN**

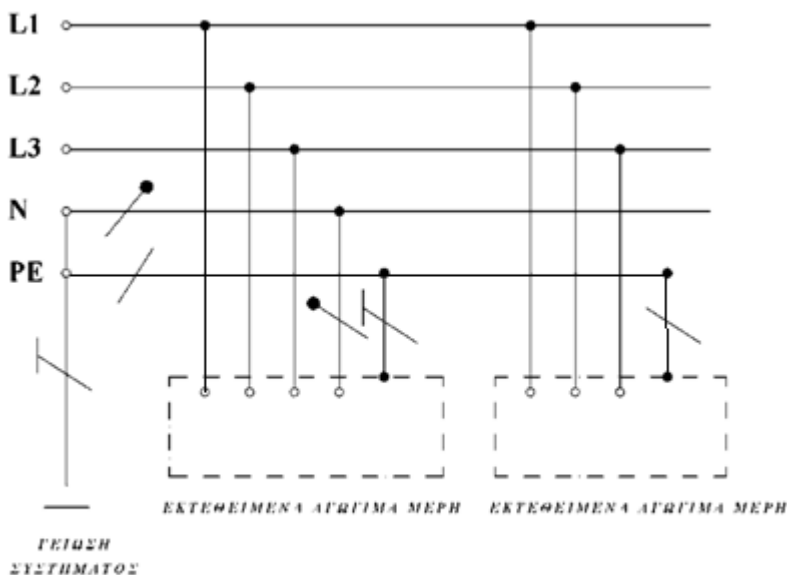
Τα συστήματα τροφοδότησης, στα οποία εφαρμόζεται το σύστημα σύνδεσης των γειώσεων TN, έχουν τον ουδέτερο (ή, αν δεν υπάρχει διαθέσιμος ουδέτερος, ένα άλλο σημείο τους)

άμεσα (δηλ. χωρίς ηθελημένη αντίσταση) γειωμένο, ενώ τα εκτεθειμένα αγωγίμα μέρη της εγκατάστασης συνδέονται με τον ουδέτερο (ή με το γειωμένο σημείο) μέσω αγωγών προστασίας. Διακρίνονται τρεις ειδικότερες μορφές συνδεσμολογίας του συστήματος σύνδεσης των γειώσεων TN, ανάλογα με τη σχέση του ουδετέρου και του αγωγού προστασίας, ως εξής:

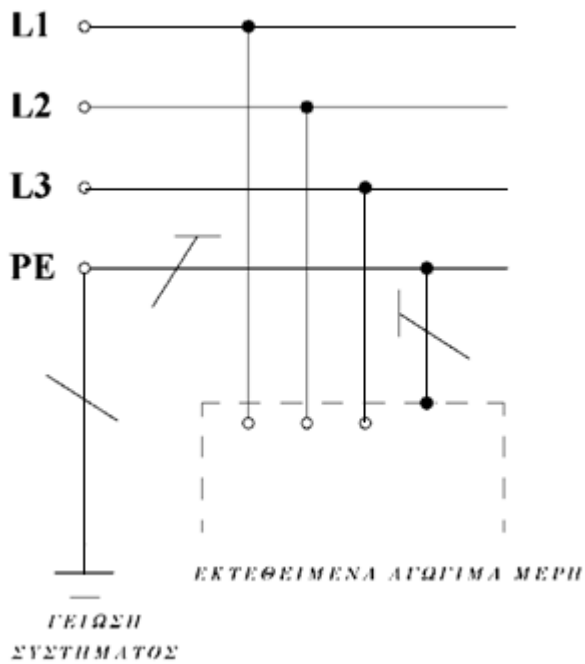
- Σύστημα TN-S, στο οποίο ο ουδέτερος και ο αγωγός προστασίας είναι χωριστοί σ' ολόκληρο το σύστημα
- Σύστημα TN-C-S,, στο οποίο οι λειτουργίες ουδετέρου και αγωγού προστασίας συνδυάζονται σε ένα μόνο αγωγό σε ένα μέρος του συστήματος.
- Σύστημα TN-C, στο οποίο οι λειτουργίες ουδετέρου και αγωγού προστασίας συνδυάζονται σε ένα μόνο αγωγό σε ολόκληρο το σύστημα.

Το σύστημα σύνδεσης των γειώσεων TN παριστάνεται σχηματικά στα Σχ.31-A,31-B και 31-Γ. Χωριστοί ουδέτερος και αγωγός προστασίας σε όλο το σύστημα

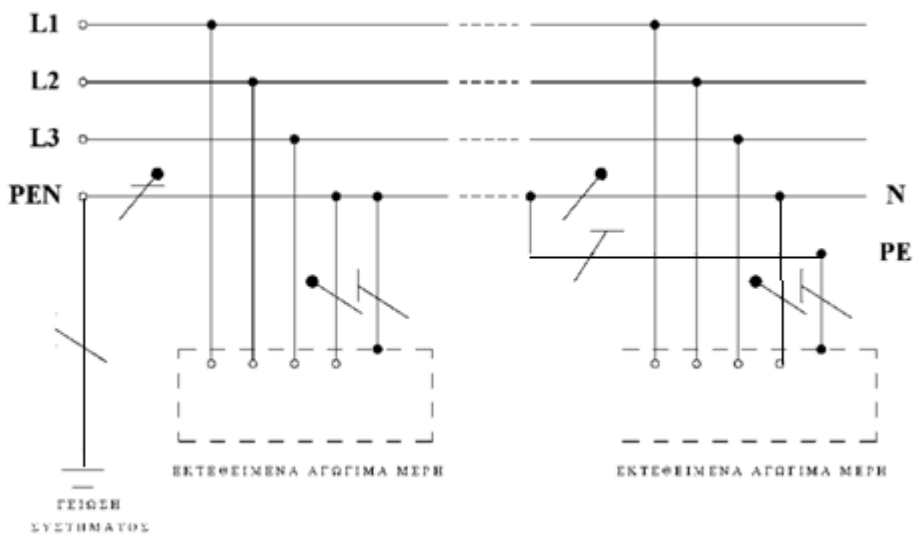
Σημείωση: Χαρακτηριστικό του συστήματος σύνδεσης των γειώσεων TN είναι ότι, σε περίπτωση σφάλματος της μόνωσης μεταξύ μιας φάσης και ενός εκτεθειμένου αγωγίμου μέρους ή του αγωγού προστασίας, ο βρόχος σφάλματος (δηλ. ο αγωγίμος δρόμος μέσω του οποίου κυκλοφορεί το ρεύμα του σφάλματος) αποτελείται αποκλειστικά από αγωγούς (τους ενεργούς αγωγούς και τον αγωγό προστασίας). Έτσι κάθε ρεύμα πλήρους (δηλ. χωρίς αντίσταση) σφάλματος μεταξύ φάσης και ενός εκτεθειμένου αγωγίμου μέρους ή ενός αγωγού προστασίας γίνεται ρεύμα στερεού βραχυκυκλώματος μεταξύ φάσης και ουδετέρου.



**Χωριστοί ουδέτερος και αγωγός προστασίας σε όλο το σύστημα**

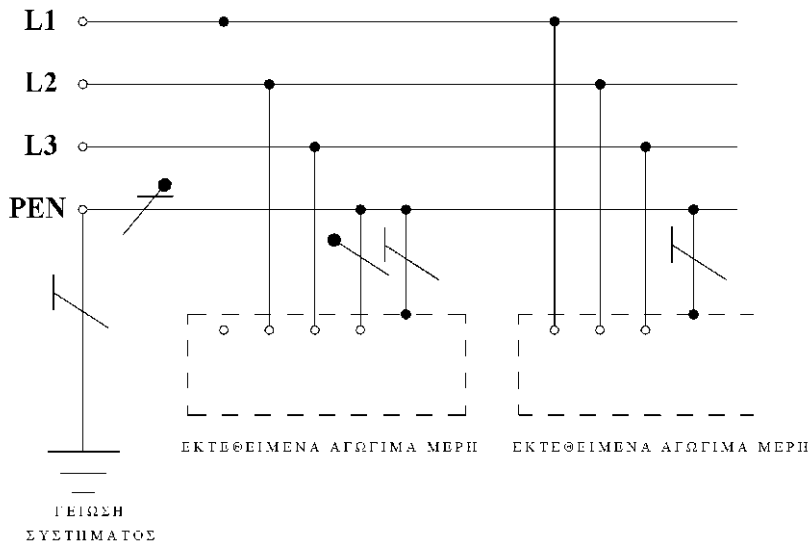


Χωριστοί γειωμένος αγωγός φάσης και αγωγός προστασίας σε όλο το σύστημα Σχ. 31-A : Σύστημα σύνδεσης των γειώσεων TN-S



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

Σχ. 31-B : Σύστημα σύνδεσης των γειώσεων TN-C-S



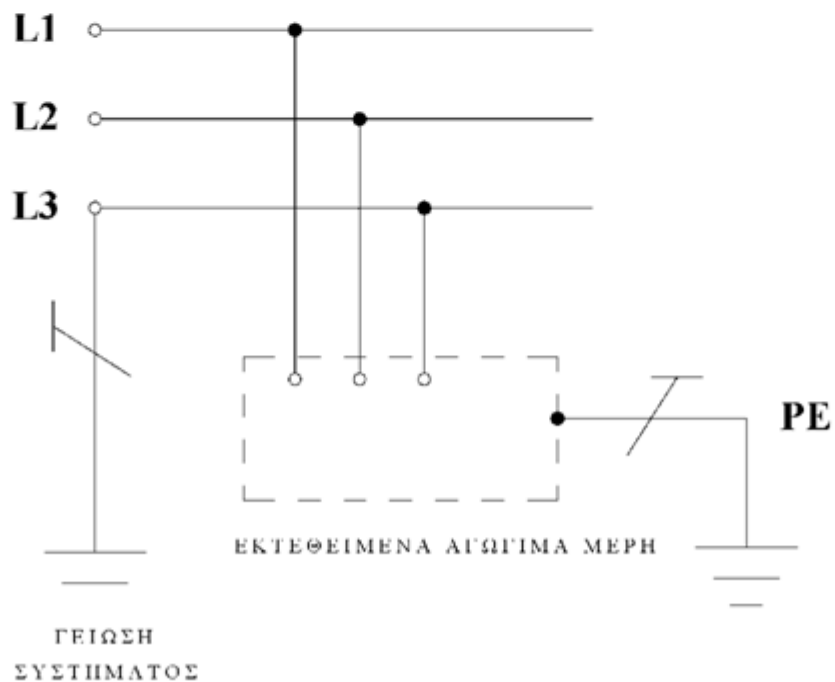
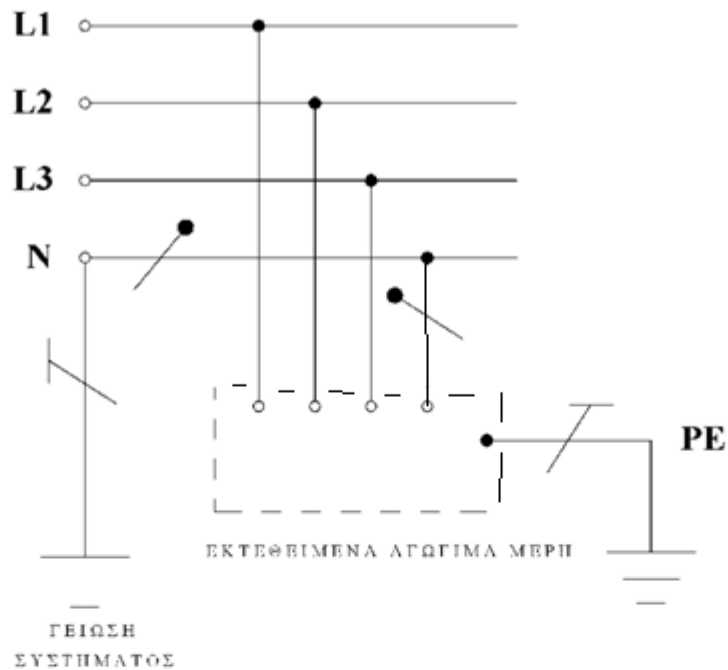
Οι λειτουργίες ουδέτερου και προστασίας συνδυάζονται σε ένα μόνο αγωγό σε ολόκληρο το σύστημα

Σχ. 31-Γ : Σύστημα σύνδεσης των γειώσεων TN-C

#### 3.1.2.2.2. Σύστημα σύνδεσης των γειώσεων TT

Τα συστήματα τροφοδότησης, στα οποία εφαρμόζεται το σύστημα σύνδεσης των γειώσεων TT, έχουν τον ουδέτερο (ή, στην περίπτωση που δεν υπάρχει διαθέσιμος ουδέτερος, ένα άλλο σημείο τους) άμεσα συνδεδεμένο προς τη γη, ενώ τα εκτεθειμένα αγωγιμα μέρη της εγκατάστασης συνδέονται με ηλεκτρόδια γείωσης ηλεκτρικά ανεξάρτητα από τη γείωση του συστήματος τροφοδότησης. Το σύστημα σύνδεσης των γειώσεων TT παριστάνεται σχηματικά στο Σχ. 31 -Δ. Σημείωση: Στο σύστημα σύνδεσης των γειώσεων TT, σε περίπτωση σφάλματος της μόνωσης μεταξύ μιας φάσης και ενός εκτεθειμένου αγωγιμου μέρους ή του αγωγού προστασίας, ο βρόχος σφάλματος, εκτός από τους αγωγούς (ενεργοί αγωγοί και αγωγός προστασίας) περιλαμβάνει και ένα μέρος διαδρομής εντός της γης. Επειδή παρεμβάλλονται οι αντιστάσεις γείωσης το ρεύμα σφάλματος μεταξύ φάσης και εκτεθειμένων αγωγιμων μερών είναι μικρότερο από το ρεύμα ενός στερεού βραχυκυκλώματος, αλλά μπορεί να έχει τέτοια τιμή, ώστε να είναι δυνατή η εμφάνιση επικίνδυνων τάσεων επαφής.





Ο ουδέτερος μπορεί να διανέμεται ή όχι Σχ. 31-Δ : Σύστημα σύνδεσης των γειώσεων TT

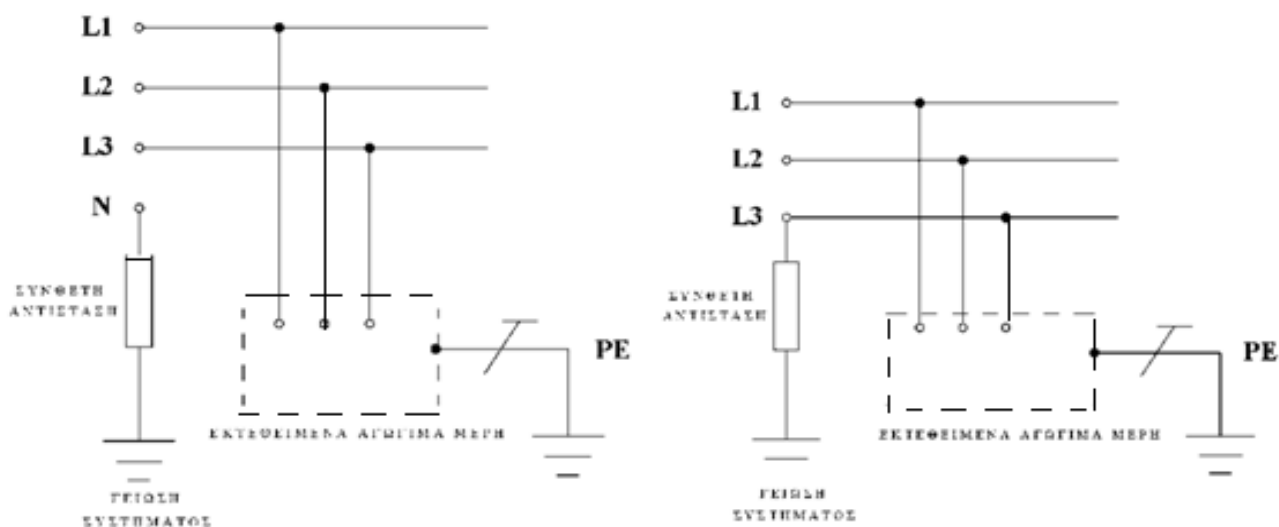
### 3.1.2.2.3. Συστήματα σύνδεσης των γειώσεων IT

Στα συστήματα τροφοδότησης, στα οποία εφαρμόζεται το σύστημα σύνδεσης των γειώσεων IT, όλα τα ενεργά μέρη είναι μονωμένα προς τη γη, ή ένα σημείο συνδέεται με τη γη μέσω μιας σύνθετης αντίστασης μεγάλης τιμής, ενώ τα εκτεθειμένα αγωγιμα μέρη της εγκατάστασης είναι γειωμένα. Αν γειώνεται ένα σημείο του συστήματος τροφοδότησης, αυτό μπορεί να είναι είτε ο ουδέτερος, είτε μία φάση, είτε ένας τεχνητός ουδέτερος. Ο

ουδέτερος μπορεί να διανέμεται ή όχι.

Το σύστημα σύνδεσης των γειώσεων ΙΤ, με γείωση του συστήματος τροφοδότησης μέσω μιας σύνθετης αντίστασης, παριστάνεται στο Σχ. 31 -Ε.

Σημείωση: Στο σύστημα σύνδεσης των γειώσεων ΙΤ, στην περίπτωση ενός σφάλματος της μόνωσης μεταξύ μιας φάσης και ενός εκτεθειμένου αγωγίμου μέρους ή του αγωγού προστασίας, το ρεύμα σφάλματος κυκλοφορεί μέσω των χωρητικότητων των αγωγών του συστήματος τροφοδότησης και της εγκατάστασης προς τη γη αν το σύστημα τροφοδότησης είναι πλήρως μονωμένο προς τη γη, ή και μέσω της σύνθετης αντίστασης αν το σύστημα συνδέεται με τη γη με μια τέτοια αντίσταση. Εξαιτίας της απουσίας γείωσης του συστήματος τροφοδότησης ή της μεγάλης τιμής της σύνθετης αντίστασης γείωσης του συστήματος, το ρεύμα σφάλματος είναι τόσο μικρό, ώστε να μην προκαλεί την εμφάνιση επικίνδυνης τάσης επαφής. Επικίνδυνη τάση επαφής είναι δυνατόν να εμφανισθεί στην περίπτωση ενός δεύτερου σφάλματος.



Ο ουδέτερος μπορεί να διανέμεται ή όχι

Σχ. 31-Ε : Σύστημα σύνδεσης των γειώσεων ΙΤ

Σημείωση: Συμβολισμός στα σχήματα 31-Α έως 31-Ε

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

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΓΙΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑ

#### 4.0.0. Γενικά

Σε κάθε ηλεκτρική εγκατάσταση πρέπει να εφαρμόζονται μέτρα προστασίας, ώστε να μη δημιουργούνται κίνδυνοι από τη λειτουργία της.

Τα μέτρα προστασίας περιγράφονται στα Κεφάλαια 41 μέχρι 46, όπου ορίζονται οι απαιτήσεις τις οποίες πρέπει να ικανοποιεί η εγκατάσταση αναφορικά με καθένα από αυτά τα μέτρα, ώστε να παρέχει επαρκή ασφάλεια. Η εφαρμογή των μέτρων προστασίας πρέπει να πραγματοποιείται σύμφωνα με όσα ορίζονται στο Κεφάλαιο 47. Στο Κεφάλαιο 48 προσδιορίζονται οι απαιτήσεις σε συνάρτηση προς ειδικές κατηγορίες εξωτερικών επιδράσεων.

Η επιλογή και η εγκατάσταση του υλικού των διατάξεων προστασίας πρέπει να πραγματοποιούνται σύμφωνα με όσα ορίζονται στο Μέρος 5.

Τα μέτρα προστασίας μπορούν να εφαρμόζονται είτε στο σύνολο της εγκατάστασης, είτε στα επιμέρους τμήματά της. Αν δεν τηρούνται ορισμένες συνθήκες ενός μέτρου προστασίας, πρέπει να λαμβάνονται συμπληρωματικά μέτρα, ώστε να εξασφαλίζεται με αυτά τα συμπληρωματικά μέτρα ο ίδιος βαθμός ασφαλείας, όπως με την πλήρη τήρηση αυτών των συνθηκών.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.1 ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΕΝΑΝΤΙ ΗΛΕΚΤΡΟΠΛΗΞΙΑΣ**

**4.1.0.1.** Σε αυτό το Κεφάλαιο περιγράφονται τα μέτρα προστασίας έναντι ηλεκτροπληξίας, τόσο από άμεση επαφή, όσο και από έμμεση επαφή.

Η προστασία από άμεση επαφή συνίσταται στη λήψη των απαιτούμενων μέτρων που προορίζονται για την αποτροπή των κινδύνων που μπορεί να προέλθουν από την επαφή με τα ενεργά μέρη, όταν η εγκατάσταση βρίσκεται σε κανονική κατάσταση λειτουργίας.

Η προστασία από έμμεση επαφή έχει προορισμό να αποτρέψει τους κινδύνους που μπορεί να προέλθουν από την επαφή με τα εκτεθειμένα αγωγίμα μέρη, αν αυτά αποκτήσουν τάση, εξαιτίας ενός σφάλματος της μόνωσης.

**4.1 .0.2 .** Η προστασία έναντι ηλεκτροπληξίας πρέπει να εξασφαλίζεται:

- είτε με την εφαρμογή ενός κατάλληλου μέτρου, από αυτά που περιγράφονται στο Τμήμα 411 , για την προστασία συγχρόνως έναντι άμεσης και έναντι έμμεσης επαφής.
- είτε ενός συνδυασμού κατάλληλων μέτρων:

- από αυτά που περιγράφονται στο Τμήμα 412 για την προστασία έναντι άμεσης επαφής και
- από αυτά που περιγράφονται στο Τμήμα 413 για την προστασία έναντι έμμεσης επαφής.

Σημείωση: -Οι βαθμοί προστασίας τους οποίους πρέπει να παρέχουν τα περιβλήματα και τα φράγματα που προορίζονται να αποτρέπουν την επαφή προς επικίνδυνα μέρη της εγκατάστασης, όπως αναλυτικά αναφέρεται στα επόμενα, είναι οι οριζόμενοι στο Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 60529.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Για διευκόλυνση δίνονται οι ακόλουθες πληροφορίες :

- Βαθμός προστασίας IP2X: Παρέχει προστασία έναντι εισόδου ξένου σώματος διαμέτρου ίσης ή μεγαλύτερης των 12,5 mm.
- Βαθμός προστασίας IP4X: Παρέχει προστασία έναντι εισόδου ξένου σώματος διαμέτρου ίσης ή μεγαλύτερης του 1 mm.
- Βαθμός προστασίας IPXXB: Παρέχει προστασία έναντι εισόδου δακτύλου του χεριού.
- Βαθμός προστασίας IPXX'O: Παρέχει προστασία έναντι εισόδου σύρματος διαμέτρου 1,0 mm και μήκους 100mm.

#### 4.1.1. Προστασία έναντι άμεσης και έναντι έμμεσης επαφής

##### 4.1.1.1. Προστασία με πολύ χαμηλή τάση

Η χρησιμοποίηση μιας από τις δύο πολύ χαμηλές τάσεις SELV ή PELV αποτελεί μέτρο προστασίας συγχρόνως έναντι άμεσης και έναντι έμμεσης επαφής

Σημειώσεις: 1. Για την πολύ χαμηλή τάση χρησιμοποιούνται οι ακόλουθοι συμβολισμοί:

SELV: Πολύ χαμηλή τάση που ικανοποιεί τις απαιτήσεις της παραγράφου 411.1.1 και δεν έχει καμία σύνδεση με τη γη.

PELV: Πολύ χαμηλή τάση που ικανοποιεί τις απαιτήσεις της παραγράφου 411.1.1 και έχει ένα σημείο της πηγής ή του κυκλώματος συνδεδεμένο με τη γη.

FELV: Πολύ χαμηλή τάση που δεν ικανοποιεί τις απαιτήσεις της παραγράφου 411.1.1.

2. Η χρήση της FELV δεν αποτελεί μέτρο προστασίας. Όταν χρησιμοποιείται η FELV πρέπει να εφαρμόζονται μέτρα προστασίας σύμφωνα με το άρθρο 471.3 όπως και για τις υψηλότερες τάσεις

3. Οι συμβολισμοί SELV, PELV και FELV αποτελούν ονομασίες των τάσεων, όπως ορίστηκαν στη σημείωση 1. Έχουν προέλθει από τα αρχικά των αγγλικών λέξεων:

- SELV: Safety extra-low voltage (Πολύ χαμηλή τάση ασφαλείας)

- PELV: Protective extra-low voltage (Πολύ χαμηλή τάση προστασίας)

- FELV: Functional extra-low voltage (Λειτουργική πολύ χαμηλή τάση)

χωρίς οι ονομασίες αυτές να έχουν καμιά έννοια αξιολόγησης ή χαρακτηρισμού των τάσεων πέρα από όσα αναφέρονται στη σημείωση 1.

##### 4.1.1.1.1. Απαιτήσεις για τις τάσεις SELV και PELV

Η προστασία έναντι ηλεκτροπληξίας θεωρείται ότι εξασφαλίζεται όταν ικανοποιούνται οι ακόλουθες απαιτήσεις:

- η ονομαστική τάση δεν υπερβαίνει τα 50V (ενδεικνύμενη τιμή) για το εναλλασσόμενο ρεύμα ή τα 120V για το συνεχές ρεύμα.

- η τροφοδότηση γίνεται από μια από τις πηγές που αναφέρονται στην παράγραφο 411.1.2

- πληρούνται οι συνθήκες της παραγράφου 411.1.3 και επί πλέον :

• είτε της παραγράφου 411.1.4 για τα κυκλώματα SELV,

• είτε της παραγράφου 411.1.5 για τα κυκλώματα PELV.

Σημειώσεις: 1 Το συνεχές ρεύμα νοείται ότι είναι χωρίς κυμάτωση, δηλαδή ότι δεν έχει εναλλασσόμενη συνιστώσα, ή, αν έχει, αυτή δεν υπερβαίνει το 10% της συνεχούς συνιστώσας (για συνεχές ρεύμα τάσης 1 20V, η τιμή κορυφής δεν υπερβαίνει τα 1 40V).

Διαφορετικά ισχύει το όριο που ορίστηκε για το εναλλασσόμενο ρεύμα. 2 Για ορισμένες ειδικές περιπτώσεις συνθηκών περιβάλλοντος είναι δυνατόν να απαιτούνται χαμηλότερα όρια της τάσης, σύμφωνα με όσα ορίζονται στο Μέρος 7.

##### 4.1.1.1.2 Πηγές SELV και PELV

Ως πηγή μπορεί να χρησιμεύει μια από τις αναφερόμενες στις παραγράφους 411.1.2.1 μέχρι 411.1.2.5. Αν χρησιμοποιείται μία άλλη πηγή με τροφοδότηση από ένα σύστημα υψηλότερης τάσης, όπως π.χ. ένας αυτομετασχηματιστής, ή καταμεριστής τάσης, ή διάταξη ημιαγωγών κλπ., το κύκλωμα που τροφοδοτείται από αυτήν θεωρείται ότι αποτελεί μία επέκταση του συστήματος υψηλότερης τάσης και πρέπει να προστατεύεται από τα μέσα προστασίας που εφαρμόζονται γι' αυτό το σύστημα.

Οι πηγές που μπορούν να παρέχουν SELV ή PELV είναι οι ακόλουθες:

**4.1.1.1.2.1.** Ένας μετασχηματιστής απομόνωσης ασφαλείας, σύμφωνα με το Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 60742.

**4.1.1.1.2.2** Μία πηγή που παρέχει ένα βαθμό ασφαλείας, ισοδύναμο προς εκείνον που παρέχεται από την πηγή της παραγράφου 411.1.2.1 (π.χ. ένα ζεύγος κινητήρα - γεννήτριας, εφ' όσον ο διαχωρισμός μεταξύ των τυλιγμάτων των είναι ισοδύναμος με εκείνον του μετασχηματιστή απομόνωσης).

**4.1.1.1.2.3** Μία ηλεκτροχημική πηγή (π.χ. μια συστοιχία ηλεκτρικών συσσωρευτών), που είναι ανεξάρτητη από ηλεκτρική τροφοδότηση, ή που έχει προστασία με ηλεκτρικό διαχωρισμό προς τα κυκλώματα υψηλότερης τάσης ή προς τα κυκλώματα FELV.

**4.1.1.1.2.4** Άλλες πηγές ανεξάρτητες από οποιαδήποτε ηλεκτρική τροφοδότηση (π.χ. γεννήτρια κινούμενη από μια μηχανή εσωτερικής καύσης).

**4.1.1.1.2.5** Ηλεκτρονικές διατάξεις σύμφωνα με τα αντίστοιχα Πρότυπα, στις οποίες έχουν ληφθεί ειδικά μέτρα, ώστε, ακόμη και στην περίπτωση εσωτερικού σφάλματος, η τάση στους ακροδέκτες εξόδου να αποκλείεται να υπερβεί τα όρια της παραγράφου 411.1.1. Υψηλότερες τιμές της τάσης μπορούν να γίνουν δεκτές προκειμένου περί εγκαταστάσεων με PELV, αν είναι βέβαιον ότι, όταν συμβεί άμεση ή έμμεση επαφή, η τάση στους ακροδέκτες εξόδου, θα περιορισθεί στα όρια της παραγράφου 411.1.1, σε χρόνο ίσο ή μικρότερο από τον οριζόμενο στον Πίνακα 41 -Α.

Σημειώσεις: 1 - Παράδειγμα τέτοιων ηλεκτρονικών διατάξεων αποτελούν οι συσκευές δοκιμής μονώσεων, εφ' όσον είναι σύμφωνα με τα αντίστοιχα Πρότυπα. 2 - Όταν η τάση στους ακροδέκτες εξόδου είναι υψηλότερη, μπορεί να θεωρηθεί ότι υπάρχει συμμόρφωση προς αυτή την απαίτηση, αν η τάση, μετρούμενη με ένα βολτόμετρο που έχει εσωτερική αντίσταση τουλάχιστον 3.000 Ω, βρίσκεται κάτω από το όριο που ορίστηκε στην παράγραφο 411.1.1

#### **4.1.1.1.3. Απαιτήσεις για τα κυκλώματα SELV και PELV**

**4.1.1.1.3.1.** Τα ενεργά μέρη των κυκλωμάτων SELV και PELV πρέπει να είναι διαχωρισμένα από οποιοδήποτε άλλο κύκλωμα, με ένα διαχωρισμό τουλάχιστον ισοδύναμο με εκείνον που προβλέπεται μεταξύ του πρωτεύοντος και του δευτερεύοντος τυλίγματος ενός μετασχηματιστή απομόνωσης ασφαλείας.

Σημείωση: - Ιδιαίτερα πρέπει να προσεχθεί ο διαχωρισμός προς άλλα κυκλώματα, που πρέπει να υπάρχει σε εξαρτήματα όπως ηλεκτρονόμοι, επαφείς, βοηθητικοί διακόπτες κλπ.

**4.1.1.1.3.2** Οι αγωγοί κάθε κυκλώματος SELV ή PELV πρέπει να είναι φυσικά διαχωρισμένοι από εκείνους κάθε άλλου κυκλώματος. Αν αυτό δεν είναι πρακτικά δυνατό, πρέπει να τηρείται μία από τις ακόλουθες συνθήκες:

- οι αγωγοί των κυκλωμάτων SELV και PELV πρέπει να περιβάλλονται εκτός από τη βασική μόνωσή τους και με ένα πρόσθετο, μη μεταλλικό, μανδύα.
- οι αγωγοί κυκλωμάτων διαφορετικών τάσεων πρέπει να διαχωρίζονται με ένα γειωμένο μεταλλικό πλέγμα ή ένα γειωμένο μεταλλικό μανδύα.

Σημείωση: -Στις προηγούμενες περιπτώσεις η βασική μόνωση κάθε αγωγού αρκεί να είναι η κατάλληλη για την τάση του κυκλώματος στο οποίο αυτός ανήκει.

- κυκλώματα διαφορετικών τάσεων μπορούν να περιλαμβάνονται σε ένα πολυπολικό καλώδιο ή άλλο συγκρότημα αγωγών, αλλά οι αγωγοί των κυκλωμάτων SELV και PELV πρέπει να είναι μονωμένοι, καθένας χωριστά ή όλοι μαζί, με μια μόνωση κατάλληλη για την υψηλότερη τάση που υπάρχει στο καλώδιο ή στο συγκρότημα.

**4.1.1.1.3.3.** Οι ρευματοδότες και οι ρευματολήπτες πρέπει να αποκλείουν τη σύνδεση μιας συσκευής προς τάση διαφορετική από εκείνη για την οποία προορίζονται. Ως σύνδεση προς διαφορετική τάση νοείται εδώ και η σύνδεση συσκευών SELV προς κυκλώματα PELV ή FELV καθώς και η σύνδεση συσκευών PELV προς κυκλώματα SELV ή FELV.

#### **4.1.1.1.4. Απαιτήσεις για τα κυκλώματα SELV**

Στα κυκλώματα SELV πρέπει να τηρούνται τα οριζόμενα στις παραγράφους 411.1.4.1, 411.1.4.2 και 411.1.4.3.

**4.1.1.1.4.1.** Τα ενεργά μέρη των κυκλωμάτων SELV δεν πρέπει να συνδέονται προς τη γη, ή προς τα ενεργά μέρη, ή τους αγωγούς προστασίας που ανήκουν σε άλλα κυκλώματα.

**4.1.1.1.4.2.** Τα εκτεθειμένα αγωγήμια μέρη δεν πρέπει να συνδέονται σκοπίμως:

- ούτε προς τη γη
- ούτε προς τους αγωγούς προστασίας ή τα εκτεθειμένα αγωγήμια μέρη άλλων κυκλωμάτων.
- ούτε προς ξένα αγωγήμια στοιχεία. Εντούτοις για τις ηλεκτρικές συσκευές που από τη φύση τους είναι αναγκαστικά συνδεδεμένες προς ξένα αγωγήμια στοιχεία, το παρόν μέτρο ισχύει, αν τηρείται η προϋπόθεση ότι τα στοιχεία αυτά δεν μπορούν να αποκτήσουν μία τάση υψηλότερη από την ονομαστική τάση που ορίζεται στην παράγραφο 411.1.1.

Σημειώσεις: 1 - Οι ρευματολήπτες των συσκευών SELV δεν πρέπει να έχουν επαφή προστασίας.

2 - Αν τα εκτεθειμένα αγωγήμια μέρη κυκλωμάτων SELV είναι ενδεχόμενο να έλθουν σε επαφή με εκτεθειμένα αγωγήμια μέρη άλλων κυκλωμάτων, η προστασία έναντι ηλεκτροπληξίας δεν εξασφαλίζεται πλέον μόνο από την προστασία SELV, αλλά και από τα μέτρα προστασίας που εφαρμόζονται για αυτά τα μέρη.

**4.1.1.1.4.3.** Αν η ονομαστική τάση υπερβαίνει τα 25V (ενδεικνύμενη τιμή) για το εναλλασσόμενο ρεύμα ή τα 60V για το συνεχές ρεύμα, πρέπει να εξασφαλίζεται προστασία έναντι άμεσης επαφής:

- είτε με φράγματα ή περιβλήματα που παρέχουν κατ' ελάχιστο ένα βαθμό προστασίας IP2X ή IPXXB.

- είτε με μόνωση ικανή να αντέξει μια τάση δοκιμής 500V (ενδεικνύμενη τιμή εναλλασσόμενου ρεύματος) επί 1min.

Προστασία έναντι άμεσης επαφής δεν απαιτείται γενικά αν η ονομαστική τάση είναι μικρότερη από το όριο που ορίσθηκε προηγουμένως, είναι όμως δυνατόν να απαιτηθεί για ειδικές συνθήκες εξωτερικών επιδράσεων, όπως ορίζεται στο Μέρος 7.

Σημείωση: - Το συνεχές ρεύμα νοείται ότι είναι χωρίς κυμάτωση, δηλ. ότι δεν έχει εναλλασσόμενη συνιστώσα, ή, αν έχει, αυτή δεν υπερβαίνει το 10% της συνεχούς

συνιστώσας. Για συνεχές ρεύμα ονομαστικής τάσης 60V η τιμή κορυφής δεν υπερβαίνει τα 70V.

#### 4.1.1.1.5. Απαιτήσεις για τα κυκλώματα PELV

Στα κυκλώματα PELV πρέπει να τηρούνται τα οριζόμενα στην παράγραφο 411.1.5.1.

Σημείωση: - Η γείωση των κυκλωμάτων PELV μπορεί να πραγματοποιηθεί με κατάλληλη σύνδεση προς τον αγωγό προστασίας του πρωτεύοντος κυκλώματος της εγκατάστασης.

4.1.1.1.5.1. Πρέπει να εξασφαλίζεται προστασία έναντι άμεσης επαφής:

- είτε με φράγματα ή περιβλήματα που παρέχουν κατ' ελάχιστο ένα βαθμό προστασίας IP2X ή IPXXB.

- είτε με μόνωση ικανή να αντέξει μια τάση δοκιμής 500V (ενδεικνύμενη τιμή εναλλασσόμενου ρεύματος) επί 1 min.

Η προστασία αυτή δεν είναι απαραίτητη για τα υλικά που βρίσκονται στο εσωτερικό ενός κτιρίου, μέσα στο οποίο τα εκτεθειμένα αγωγίμα μέρη και τα ξένα αγωγίμα στοιχεία που είναι ταυτόχρονα προσιτά, συνδέονται στην ίδια γείωση και εφ' όσον η τάση δεν υπερβαίνει:

- τα 25V (ενδεικνύμενη τιμή) για το εναλλασσόμενο ρεύμα ή τα 60V για το συνεχές ρεύμα αν το υλικό χρησιμοποιείται μόνο σε ξηρούς χώρους και δεν αναμένονται μεγάλης επιφάνειας επαφές των ενεργών μερών προς το σώμα ανθρώπων ή κατοικίδιων ζώων.

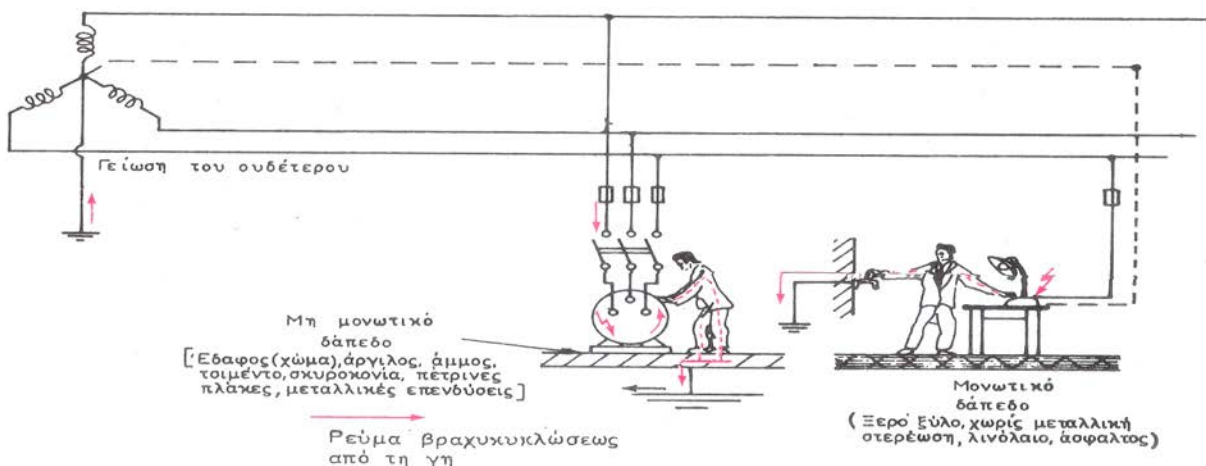
- τα 6V (ενδεικνύμενη τιμή) για το εναλλασσόμενο ρεύμα ή τα 15V για το συνεχές ρεύμα στις υπόλοιπες περιπτώσεις.

Σημειώσεις: 1- Ξηροί χώροι είναι οι οριζόμενοι στο Μέρος 3, με τον κωδικό AD1.

2- Το συνεχές ρεύμα νοείται ότι είναι χωρίς κυμάτωση, δηλαδή ότι δεν έχει εναλλασσόμενη συνιστώσα, ή, αν έχει, αυτή δεν υπερβαίνει το 10% της συνεχούς συνιστώσας.

#### 4.1.2. Προστασία έναντι άμεσης επαφής

Για την προστασία έναντι άμεσης επαφής πρέπει να χρησιμοποιούνται ένα ή περισσότερα από τα μέτρα προστασίας που περιγράφονται στα ακόλουθα άρθρα 41 2.1 μέχρι 41 2.4. Η επιλογή τους πρέπει να ακολουθεί όσα ορίζονται στην παράγραφο 471.1.1. Η χρήση διατάξεων προστασίας διαφορικού ρεύματος που αναφέρεται στο άρθρο 41 2.5 αποτελεί συμπληρωματικό μέτρο προστασίας έναντι άμεσης επαφής.



Ταυτόχρονη επαφή με δύο μέρη, μεταξύ των οποίων υπάρχει μια τάση.

#### **4.1. 2.1. Προστασία με μόνωση των ενεργών μερών**

Σημείωση: -Η μόνωση έχει προορισμό να αποτρέπει κάθε επαφή προς τα ενεργά μέρη. Τα ενεργά μέρη πρέπει να καλύπτονται πλήρως με μία μόνωση, η οποία δεν μπορεί να αφαιρεθεί παρά μόνο με καταστροφή της. Η μόνωση πρέπει να μπορεί να αντέξει κατά τρόπο διαρκή τις καταπονήσεις στις οποίες ενδέχεται να υποβληθεί κατά τη λειτουργία από χημικές, ηλεκτρικές ή θερμικές επιδράσεις.

Για τα βιομηχανοποιημένα υλικά η μόνωση πρέπει να είναι σύμφωνη με τα αντίστοιχα Πρότυπα του ηλεκτρολογικού υλικού. Για τα λοιπά υλικά καθώς και όταν η μόνωση τοποθετείται κατά την κατασκευή της εγκατάστασης, αυτή πρέπει να είναι ικανή να υποστεί με επιτυχία δοκιμές ισοδύναμες με εκείνες που προδιαγράφονται για τα αντίστοιχα βιομηχανοποιημένα υλικά.

Βερνίκια, βαφές, λάκκες και παρόμοια προϊόντα μόνα τους δεν θεωρούνται γενικά, ότι παρέχουν επαρκή προστασία έναντι άμεσης επαφής.

#### **4.1.2.2. Προστασία με περιβλήματα ή φράγματα**

Σημείωση: -Τα περιβλήματα και τα φράγματα έχουν προορισμό να αποτρέπουν κάθε επαφή προς τα ενεργά μέρη.

**4.1 .2.2.1.** Τα ενεργά μέρη πρέπει να βρίσκονται στο εσωτερικό περιβλημάτων ή πίσω από φράγματα που παρέχουν κατ' ελάχιστο ένα βαθμό προστασίας IP2X ή IPXXB. Εν τούτοις είναι δυνατόν να δημιουργούνται πρόσκαιρα ανοίγματα μεγαλύτερα από αυτά που αντιστοιχούν σ' αυτούς τους βαθμούς προστασίας. Αυτό συμβαίνει, π.χ. σε λυχνιολαβές, ασφάλειες, ή ρευματοδότες, κατά την τοποθέτηση ή αφαίρεση των αντίστοιχων λυχνιών, φυσιγγίων ή ρευματοληπτών. Σε αυτές τις περιπτώσεις πρέπει :

- να λαμβάνονται κατάλληλες προφυλάξεις ώστε να αποτρέπεται η τυχαία επαφή ατόμων ή κατοικίδιων ζώων προς τα ενεργά μέρη και
- να εξασφαλίζεται, στο μέτρο του δυνατού, ότι τα άτομα θα είναι ενήμερα, ότι τα μέρη που έχουν γίνει προσιτά μέσω αυτών των ανοιγμάτων, είναι ενεργά μέρη και κανείς δεν θα πρέπει να έρχεται σκόπιμα σε επαφή με αυτά.

Οι ανώτερες οριζόντιες επιφάνειες των περιβλημάτων και φραγμάτων που είναι εύκολα προσιτές, πρέπει να παρέχουν ένα βαθμό προστασίας κατ' ελάχιστο IP4X ή IPXXD.

**4.1. 2.2.2.** Τα περιβλήματα και τα φράγματα πρέπει να έχουν επαρκή αντοχή και διάρκεια ζωής και πρέπει να είναι στερεωμένα γερά, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται ότι θα διατηρούν τον απαιτούμενο βαθμό προστασίας και επαρκή απόσταση από τα ενεργά μέρη, υπό τις προβλεπόμενες συνθήκες κανονικής λειτουργίας και με τις αναμενόμενες εξωτερικές επιδράσεις.

**4.1.2.2.3** Όπου είναι αναγκαίο να ανοίγονται τα περιβλήματα ή να αφαιρούνται τα φράγματα, αυτό δεν θα πρέπει να είναι δυνατόν, παρά:

- είτε με τη χρήση ενός κλειδιού ή εργαλείου
- είτε μετά τη θέση εκτός τάσεως των ενεργών μερών που προστατεύονται από αυτά τα περιβλήματα ή φράγματα.
- είτε αν ένα ενδιάμεσο φράγμα, που παρέχει ένα βαθμό προστασίας κατ' ελάχιστο IP2X ή IPXXB και που δεν μπορεί να αφαιρεθεί παρά με τη χρήση κλειδιού ή εργαλείου, αποτρέπει την επαφή προς τα ενεργά μέρη.

#### **4.1.2.3. Προστασία με εμπόδια**



Σημειώσεις: 1 -Τα εμπόδια έχουν προορισμό να αποτρέπουν την ακούσια επαφή με τα ενεργά μέρη, αλλά όχι και την εκούσια επαφή, μετά την εσκεμμένη παράκαμψη ή αφαίρεση των εμποδίων.

2 - Για την εφαρμογή αυτού του μέτρου προστασίας βλ. την παράγραφο 471.1.1.2.

**4.1.2.3.1.** Τα εμπόδια πρέπει να αποτρέπουν :

- την ακούσια προσέγγιση προς τα ενεργά μέρη και
- την ακούσια επαφή με τα ενεργά μέρη, όταν εκτελούνται χειρισμοί.

**4.1. 2.3.2.** Τα εμπόδια επιτρέπεται να έχουν τη δυνατότητα να απομακρύνονται χωρίς τη χρήση κλειδιού ή εργαλείου, αλλά πρέπει να είναι στερεωμένα κατά τρόπο που να εμποδίζεται η ακούσια απομάκρυνσή τους.

#### **4.1.2.4. Προστασία με εγκατάσταση σε μη προσιτή θέση**

Σημειώσεις: 1 - Η προστασία με εγκατάσταση σε μη προσιτή θέση έχει προορισμό να αποτρέπει την ακούσια επαφή προς τα ενεργά μέρη.

2 - Για την εφαρμογή αυτού του μέτρου προστασίας βλ. την παράγραφο 471.1.1.2.

**41 2.4.1** Μέσα στο χώρο προσέγγισης δεν πρέπει να υπάρχουν ταυτόχρονα προσιτά αγωγίματα στοιχεία που μπορούν να βρεθούν σε διαφορετικό δυναμικό.

Σημείωση: Δύο στοιχεία θεωρούνται ταυτόχρονα προσιτά αν η μεταξύ τους απόσταση είναι μικρότερη από 2,50m. Η απόσταση αυτή αυξάνεται κατά το μήκος των αγωγίμων αντικειμένων που προβλέπεται να χρησιμοποιούνται σε αυτό το χώρο. Στα ταυτόχρονα προσιτά αγωγίματα στοιχεία περιλαμβάνεται και το δάπεδο, εκτός αν είναι μονωτικό.

**4.1.2.4.2** Αν ένας χώρος, στον οποίο κανονικά μπορούν να στέκονται ή να κινούνται άτομα, περιορίζεται κατά την οριζόντια διεύθυνση από ένα εμπόδιο π.χ. κουρταστή, δικτυωτό πλέγμα, κλπ., που παρέχει βαθμό προστασίας μικρότερο από IP2X ή IPXXB, ο χώρος προσέγγισης αρχίζει από αυτό το εμπόδιο.

#### **4.1.2.5. Πρόσθετη προστασία με διατάξεις προστασίας διαφορικού ρεύματος**

Σημείωση: -Η χρήση διατάξεων προστασίας διαφορικού ρεύματος έχει προορισμό μόνο να επαυξήσει την αποτελεσματικότητα των άλλων μέτρων προστασίας έναντι άμεσης επαφής.

**4.1.2.5.1.** Η χρήση διατάξεων προστασίας διαφορικού ρεύματος με ονομαστικό διαφορικό ρεύμα λειτουργίας  $I_{\Delta n}$  ίσο ή μικρότερο από 30mA αναγνωρίζεται ως πρόσθετο μέτρο προστασίας έναντι ηλεκτροπληξίας από άμεση επαφή, σε περίπτωση αστοχίας των άλλων μέτρων προστασίας ή απειρισκεψίας των ατόμων που χρησιμοποιούν την εγκατάσταση ή βρίσκονται σε χώρο πλησίον αυτής.

**4.1.2.5.2.** Η χρήση διατάξεων προστασίας διαφορικού ρεύματος δεν αναγνωρίζεται ότι αποτελεί από μόνη της μέτρο προστασίας έναντι άμεσης επαφής και δεν απαλλάσσει από την υποχρέωση εφαρμογής των άλλων μέτρων προστασίας που περιγράφονται στα άρθρα 412.1 μέχρι 412.4.

#### **4.1. 3. Προστασία έναντι έμμεσης επαφής**

Για την προστασία έναντι έμμεσης επαφής πρέπει να εφαρμόζονται ένα ή περισσότερα από τα μέτρα προστασίας που περιγράφονται στα άρθρα 413.1 μέχρι 413.5. Η επιλογή τους πρέπει να ακολουθεί όσα ορίζονται στην παράγραφο 471 .2.1 .

#### **4.1.3.1. Προστασία με αυτόματη διακοπή της τροφοδότησης**

Σημείωση: -Η εφαρμογή αυτού του μέτρου προστασίας αποσκοπεί στην αποτροπή εμφάνισης και διατήρησης μιας επικίνδυνης τάσης επαφής των εκτεθειμένων αγώγιμων μερών, στην περίπτωση σφάλματος της μόνωσης μεταξύ ενός ενεργού μέρους και ενός εκτεθειμένου αγώγιμου μέρους ή ενός αγωγού προστασίας. Οι κανόνες για την εφαρμογή αυτού του μέτρου προστασίας παρέχονται στις παραγράφους 413.1.1 και 413.1.2 ανεξάρτητα από τα συστήματα σύνδεσης των γειώσεων και στις παραγράφους 413.1.3 μέχρι 413.1.5 για καθένα από αυτά.

Τα οριζόμενα στις παραγράφους 413.1.1 και 413.1.2 ισχύουν τόσο για τις εγκαταστάσεις που λειτουργούν με εναλλασσόμενο ρεύμα, όσο και για εκείνες που λειτουργούν με συνεχές ρεύμα. Οι παράγραφοι 41 3.1 .3 μέχρι 41 3.1 .5 αφορούν μόνο εγκαταστάσεις που λειτουργούν με εναλλασσόμενο ρεύμα.

##### **4.1.3.1.1 Διακοπή της τροφοδότησης**

Η τροφοδότηση πρέπει να διακόπτεται αυτομάτως, όταν συμβεί ένα σφάλμα που προκαλεί την εμφάνιση μιας επικίνδυνης τάσης επαφής των εκτεθειμένων αγώγιμων μερών.

Επικίνδυνη θεωρείται η τάση επαφής, αν αυτή:

- υπερβαίνει τα 50 V, ενδεικνύμενη τιμή εναλλασσόμενου ρεύματος, ή τα 1 20 V συνεχούς ρεύματος και

- διατηρείται επί τόσο χρόνο, ώστε να είναι δυνατή η πρόκληση ηλεκτροπληξίας σε ένα πρόσωπο που βρίσκεται σε επαφή με ταυτόχρονα προσιτά στοιχεία.

Η αυτόματη διακοπή της τροφοδότησης μπορεί να αφορά είτε ολόκληρη την εγκατάσταση, είτε ένα κύκλωμά της, είτε μία συσκευή.

Η τροφοδότηση πρέπει να διακόπτεται αυτομάτως σε χρόνο μικρότερο ή ίσο προς τον οριζόμενο στις παραγράφους 413.1.3 μέχρι 413.1.5 για καθένα από τα συστήματα σύνδεσης των γειώσεων.

Σημειώσεις: 1 -Για το εναλλασσόμενο ρεύμα οι απαιτήσεις αυτού του άρθρου ισχύουν για εγκαταστάσεις που τροφοδοτούνται με ρεύμα συχνότητας μεταξύ 15 Hz και 1000 Hz.

2-Το συνεχές ρεύμα νοείται χωρίς κυμάτωση (βλ. σημείωση της παραγράφου 411.1.1).

3-Στο σύστημα σύνδεσης των γειώσεων IT δεν απαιτείται γενικά αυτόματη διακοπή της τροφοδότησης κατά την εμφάνιση ενός πρώτου σφάλματος. (βλ. παράγραφο 41 3.1.5).

4-Για εγκαταστάσεις σε ειδικούς χώρους, όπου υπάρχουν αυξημένοι κίνδυνοι, μπορεί να απαιτούνται χαμηλότερες τιμές της τάσης επαφής ή/ και του χρόνου διακοπής

5-Στα συστήματα Παραγωγής και Διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, μέχρι την αρχή της ηλεκτρικής εγκατάστασης, μπορούν να επιτραπούν τιμές της τάσης επαφής και του χρόνου διακοπής υψηλότερες από εκείνες που ορίζονται σε αυτό το άρθρο.

##### **4.1.3.1.2 Γειώσεις και αγωγοί προστασίας**

Όλα τα εκτεθειμένα αγώγιμα μέρη πρέπει να συνδέονται προς τη γη μέσω αγωγών προστασίας, υπό τις ειδικές συνθήκες που ισχύουν για το σύστημα σύνδεσης των γειώσεων (TN, TT ή IT) που εφαρμόζεται στην εγκατάσταση, όπως ορίζεται στις παραγράφους 413.1.3 μέχρι 413.1.5.

Τα ταυτόχρονα προσιτά αγώγιμα μέρη πρέπει να συνδέονται προς το ίδιο ηλεκτρόδιο γείωσης.

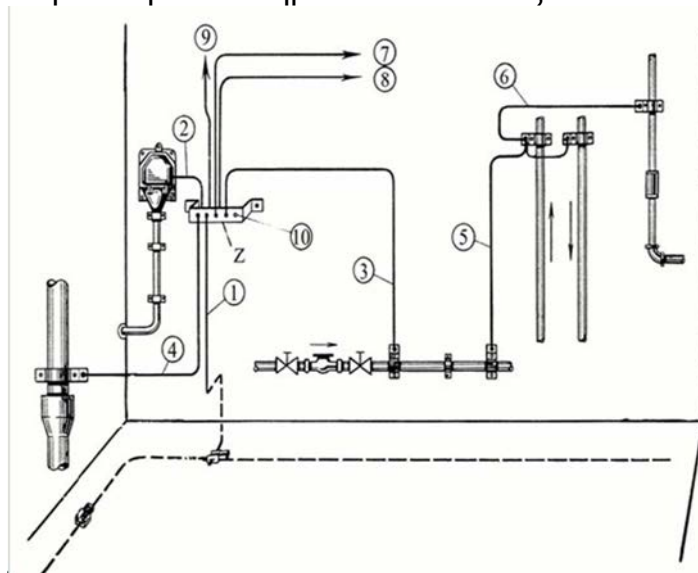
Σημειώσεις: 1 -Στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις που τροφοδοτούνται από ένα σύστημα τροφοδότησης το οποίο ανήκει ή λειτουργεί με την ευθύνη διαφορετικού φορέα από εκείνον στον οποίο ανήκει η εγκατάσταση, εφαρμόζεται εκείνο από τα συστήματα σύνδεσης των γειώσεων TN ή TT που εφαρμόζεται στο σύστημα τροφοδότησης. Το σύστημα σύνδεσης των γειώσεων IT μπορεί να χρησιμοποιείται μόνο σε ηλεκτρικές εγκαταστάσεις που ανήκουν στον ίδιο φορέα που έχει την ευθύνη λειτουργίας του συστήματος τροφοδότησης.  
2 -Για τη διαμόρφωση των γειώσεων βλ. το Κεφάλαιο 54.

#### 4.1.3.1.2.1. Κύρια ισοδυναμική σύνδεση

Σε κάθε κτίριο πρέπει να γίνεται μια κύρια ισοδυναμική σύνδεση. Γι' αυτό τον σκοπό πρέπει να συνδέονται προς τον κύριο ακροδέκτη γείωσης:

- ο κύριος αγωγός προστασίας
- ο κύριος αγωγός γείωσης
- τα ακόλουθα ξένα αγωγίμα στοιχεία:
  - οι μεταλλικές σωληνώσεις παροχών στο εσωτερικό του κτιρίου (π.χ. νερού, αερίου)
  - οι μεταλλικές σωληνώσεις κεντρικής θέρμανσης και κλιματισμού
  - τα μεταλλικά στοιχεία της κατασκευής του κτιρίου
  - ο μεταλλικός οπλισμός του σκυροδέματος του κτιρίου, αν αυτό είναι δυνατό
  - ο μεταλλικός μανδύας (αν υπάρχει) του καλωδίου ηλεκτρικής τροφοδότησης
  - οι μεταλλικοί μανδύες (αν υπάρχουν) των καλωδίων τηλεπικοινωνίας.

Σημείωση: - Για τη σύνδεση των μεταλλικών μανδύων των καλωδίων τηλεπικοινωνίας πρέπει να εξασφαλισθεί η συγκατάθεση του φορέα στον οποίο ανήκουν ή ο οποίος έχει την ευθύνη λειτουργίας αυτών των καλωδίων. Αν δεν είναι δυνατόν να επιτευχθεί η συγκατάθεση για αυτή τη σύνδεση, αυτός ο φορέας έχει την ευθύνη να αποτρέψει κάθε κίνδυνο οφειλόμενο στην εξαίρεση των μανδύων των καλωδίων τηλεπικοινωνίας από τη σύνδεση προς την κύρια ισοδυναμική σύνδεση. Τα αγωγίμα στοιχεία που προέρχονται από το εξωτερικό του κτιρίου πρέπει να συνδέονται προς την κύρια ισοδυναμική σύνδεση του κτιρίου, όσο το δυνατόν πλησιέστερα στο σημείο εισόδου τους σε αυτό.



- 1 ηλεκτρόδιο θεμελιακής γείωσης  
2 σύνδεση με τον ουδέτερο αγωγό σε δίκτυο TN  
3 σύνδεση με το δίκτυο υδρεύσεως  
4 σύνδεση με το δίκτυο αποχέτευσης 5 σύνδεση με το δίκτυο κεντρικής

- θέρμανσης
- 6 σύνδεση με το δίκτυο φυσικού αερίου
- 7 σύνδεση με την εγκατάσταση κεραίας
- 8 σύνδεση με τη τηλεφωνική εγκατάσταση
- 9 σύνδεση με τη γείωση αλεξικέραυνου
- 10 εφεδρικός αποδέκτης
- Z ζυγός γειώσεων

#### **4.1.3.1.2.2. Συμπληρωματική ισοδυναμική σύνδεση**

Αν σε μία ηλεκτρική εγκατάσταση ή σε ένα μέρος μιας εγκατάστασης δεν είναι δυνατή η τήρηση των συνθηκών προστασίας με αυτόματη διακοπή της τροφοδότησης που αναφέρθηκαν στην παράγραφο 413.1.1, πρέπει να πραγματοποιηθεί συμπληρωματική ισοδυναμική σύνδεση, όπως περιγράφεται στην παράγραφο 413.1.6.

Σημειώσεις: 1 -Η πραγματοποίηση της συμπληρωματικής ισοδυναμικής σύνδεσης δεν απαλλάσσει από την ανάγκη να διακόπτεται αυτομάτως η τροφοδότηση για άλλους λόγους, όπως προστασία έναντι πυρκαγιάς, θερμικής καταπόνησης των υλικών κλπ.

2-Η συμπληρωματική ισοδυναμική σύνδεση μπορεί να αφορά ολόκληρη την εγκατάσταση, ένα μέρος της, μία συσκευή ή ένα χώρο.

3-Συμπληρωματική ισοδυναμική σύνδεση μπορεί να είναι αναγκαία για ειδικούς χώρους, όπως ορίζεται στο Μέρος 7, ή για άλλους λόγους.

#### **4.1.3.1.3. Σύστημα σύνδεσης των γειώσεων TN**

**4.1.3.1.3.1.** Όλα τα εκτεθειμένα αγωγίμα μέρη της ηλεκτρικής εγκατάστασης πρέπει να συνδέονται, μέσω αγωγών προστασίας, προς τον κύριο ακροδέκτη γείωσης. Αυτός πρέπει να συνδέεται προς το γειωμένο αγωγό του συστήματος τροφοδότησης, ο οποίος πρέπει να είναι συνδεδεμένος προς τη γη στον - ή κοντά στον - υποσταθμό (μετασχηματιστή), ή στο σταθμό παραγωγής (γεννήτρια), που τροφοδοτεί το σύστημα.

Γενικά γειωμένος αγωγός του συστήματος τροφοδότησης είναι ο ουδέτερος. Αν ο ουδέτερος κόμβος δεν είναι διαθέσιμος ή δεν είναι προσιτός, πρέπει να γειωθεί ένας αγωγός φάσης. Σε καμιά περίπτωση αγωγός φάσης, έστω και γειωμένος, δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως αγωγός PEN.

Σημειώσεις: 1 - Όταν γειωμένος αγωγός του συστήματος τροφοδότησης είναι ο ουδέτερος, το σύστημα σύνδεσης των γειώσεων TN ονομάζεται και ουδετέρωση.

2- Αν υπάρχει η δυνατότητα αποτελεσματικής γείωσης και σε άλλα σημεία, συνιστάται να γειώνονται οι αγωγοί προστασίας όπου αυτό είναι δυνατόν. Η πολλαπλή γείωση σε σημεία καταναμημένα όσο είναι δυνατόν πιο ομοιόμορφα, αποσκοπεί στη διατήρηση του δυναμικού του αγωγού προστασίας, σε περίπτωση σφάλματος, όσο το δυνατόν πλησιέστερα προς το δυναμικό της γης. Σε μεγάλα πολυώροφα κτίρια, στα οποία δεν είναι δυνατή, για πρακτικούς λόγους, η πολλαπλή γείωση των αγωγών προστασίας όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, ενδείκνυται για τον ίδιο σκοπό, η ισοδυναμική σύνδεση του αγωγού προστασίας προς τα ξένα αγωγίμα στοιχεία.

3- Για τον ίδιο σκοπό της διατήρησης του δυναμικού των αγωγών προστασίας, σε περίπτωση σφάλματος, όσο το δυνατόν πλησιέστερα προς το δυναμικό της γης, συνιστάται να γειώνονται οι αγωγοί αυτοί στο σημείο εισόδου τους σε ένα κτίριο.

**4.1.3.1.3.2** Το σύστημα σύνδεσης των γειώσεων TN-C, στο οποίο ο ίδιος αγωγός μπορεί να χρησιμοποιείται ταυτόχρονα και ως αγωγός προστασίας και ως ουδέτερος, μπορεί να

εφαρμόζεται μόνο στα τμήματα των εγκαταστάσεων με σταθερές ηλεκτρικές γραμμές, υπό την προϋπόθεση ότι τηρούνται οι απαιτήσεις του άρθρου 546.2.

Το σύστημα σύνδεσης των γειώσεων TN-S, στο οποίο ο αγωγός προστασίας είναι χωριστός από τον ουδέτερο αγωγό, εφαρμόζεται τόσο στα τμήματα των εγκαταστάσεων που έχουν μόνο σταθερές γραμμές, όσο και σε εκείνα στα οποία υπάρχουν και κινητές γραμμές. Στην ίδια εγκατάσταση μπορούν να εφαρμόζονται τα δύο συστήματα σύνδεσης των γειώσεων TN-C και TN-S (σύστημα TN-C-S), αλλά πάντοτε το σύστημα TN-C πρέπει να βρίσκεται προς την πλευρά της πηγής και το σύστημα TN-S προς την πλευρά του φορτίου. Όταν χρησιμοποιείται διάταξη προστασίας διαφορικού ρεύματος (βλ. παράγραφο 413.1.3.3) δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί αγωγός PEN προς την πλευρά φορτίου της. Κατά συνέπεια μία τέτοια διάταξη προστασίας μπορεί να προτάσσεται μόνο σε τμήματα της εγκατάστασης στα οποία εφαρμόζεται το σύστημα TN-S.

Σημείωση: - Στο σύστημα σύνδεσης των γειώσεων TN-C τα εκτεθειμένα αγωγίμα στοιχεία είναι ενδεχόμενο να αποκτήσουν επικίνδυνη τάση επαφής ακόμη και χωρίς να υπάρχει σφάλμα, σε περίπτωση διακοπής του αγωγού PEN. Επίσης στο σύστημα αυτό δεν είναι δυνατή η προσθήκη διάταξης προστασίας διαφορικού ρεύματος αν αυτό κριθεί σκόπιμο, για λόγους επαύξησης του βαθμού ασφαλείας.

Για αυτούς τους λόγους το σύστημα σύνδεσης των γειώσεων TN-C δεν εφαρμόζεται πλέον στην Ελλάδα στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις που τροφοδοτούνται από ένα δημόσιο δίκτυο διανομής. Εγκαταστάσεις που έχουν κατασκευασθεί στο χρονικό διάστημα στο οποίο εφαρμόζονταν αυτό το σύστημα, μπορούν να διατηρηθούν, μέχρι την ανακατασκευή τους. Πάντως συνιστάται, όταν γίνεται οποιαδήποτε επέμβαση για την τροποποίηση, επέκταση ή επισκευή της εγκατάστασης, να μετατρέπεται το σύστημα σύνδεσης των γειώσεων σε TN-S.

**4.1.3.1.3.3.** Στο σύστημα σύνδεσης των γειώσεων TN, είναι δεκτή η χρησιμοποίηση των ακόλουθων διατάξεων προστασίας, που πρέπει να λειτουργούν σύμφωνα με την απαίτηση της παραγράφου 413.1.3.4:

- διατάξεις προστασίας έναντι υπερεντάσεων
  - διατάξεις προστασίας διαφορικού ρεύματος (με την εξαίρεση που αναφέρεται στην παράγραφο 413.1.3.2, όσον αφορά το σύστημα σύνδεσης των γειώσεων TN-C).
- Σχετικά με τη χρήση των διατάξεων διακοπής βλ. την παράγραφο 413.1.3.7.

**4.1.3.1.3.4.** Τα χαρακτηριστικά των διατάξεων προστασίας και οι σύνθετες αντιστάσεις των κυκλωμάτων πρέπει να εξασφαλίζουν, ότι αν συμβεί ένα σφάλμα αμελητέας σύνθετης αντίστασης σε οποιοδήποτε σημείο της εγκατάστασης μεταξύ ενός αγωγού φάσης και ενός εκτεθειμένου αγωγίμου μέρους ή ενός αγωγού προστασίας, η αυτόματη διακοπή της τροφοδότησης θα πραγματοποιηθεί σε ένα χρόνο το πολύ ίσο με:

- το χρόνο που ορίζεται στον Πίνακα 41 -Α, στις περιπτώσεις που ορίζονται στην παράγραφο 413.1.3.5.

- 5 s, στις περιπτώσεις της παραγράφου 413.1.3.6.

Η απαίτηση αυτή ικανοποιείται, αν ισχύει η ακόλουθη συνθήκη:

$$Z_s \times I_a \leq U_0$$

όπου:

$Z_s$  είναι η σύνθετη αντίσταση του βρόχου του σφάλματος, ο οποίος περιλαμβάνει την πηγή, τον ενεργό αγωγό μέχρι το σημείο του σφάλματος και τον αγωγό προστασίας μεταξύ του σφάλματος και της πηγής.

Ια είναι το ρεύμα που προκαλεί την αυτόματη λειτουργία της διάταξης προστασίας, στο χρόνο που ορίστηκε προηγουμένως. Αν χρησιμοποιείται διάταξη προστασίας διαφορικού ρεύματος, Ια είναι το ονομαστικό διαφορικό ρεύμα λειτουργίας της διάταξης.

U<sub>0</sub> είναι η ονομαστική τάση, μεταξύ φάσης και γης, ενδεικνύμενη τιμή εναλλασσόμενου ρεύματος.

#### ΠΙΝΑΚΑΣ 41-A

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

U <sub>0</sub> (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.

**4.1.3.1.3.5.** Οι μέγιστοι χρόνοι διακοπής που δίνονται στον Πίνακα 41-A εφαρμόζονται στα τερματικά κυκλώματα που τροφοδοτούν - ή μπορούν να τροφοδοτήσουν - είτε μέσω ρευματοδοτών, είτε απευθείας χωρίς ρευματοδότες, φορητές ή κινητές συσκευές κλάσης I. Σημείωση: - Οι συσκευές κλάσης I έχουν βασική μόνωση και μεταλλικό περίβλημα που συνδέεται προς τον αγωγό προστασίας (Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 60335-1).

**4.1.3.1.3.6.** Ο μέγιστος χρόνος διακοπής 5s επιτρέπεται:

- για κυκλώματα διανομής (τροφοδότηση πινάκων)

- για τερματικά κυκλώματα που τροφοδοτούν μόνο ακίνητες συσκευές, με την προϋπόθεση ότι, αν άλλα τερματικά κυκλώματα, για τα οποία απαιτούνται μέγιστοι χρόνοι διακοπής σύμφωνα με τον Πίνακα 41 - A, είναι συνδεδεμένα στον ίδιο πίνακα διανομής ή τροφοδοτούνται από το ίδιο κύκλωμα διανομής που τροφοδοτεί και αυτό το τερματικό κύκλωμα, θα τηρείται μία από τις ακόλουθες συνθήκες:

α) η σύνθετη αντίσταση του αγωγού προστασίας μεταξύ του σημείου σύνδεσής του στον κύριο ακροδέκτη γείωσης και του πίνακα διανομής από τον οποίο τροφοδοτείται αυτό το τερματικό κύκλωμα, δεν υπερβαίνει την τιμή:

50 V

----- x Z<sub>s</sub> (Ω)

U<sub>0</sub> (V)

β) στον πίνακα διανομής, από τον οποίο τροφοδοτείται αυτό το τερματικό κύκλωμα, ο αγωγός προστασίας συνδέεται προς μian ισοδυναμική σύνδεση, η οποία περιλαμβάνει όλα τα αγώγιμα στοιχεία, όπως αυτά αναφέρονται στην παράγραφο 41 3.1 .2.1 για την κύρια ισοδυναμική σύνδεση.

Σημείωση: - Επειδή η τήρηση των συνθηκών που ορίστηκαν ως προϋπόθεση για να μπορεί να εφαρμοσθεί ο μέγιστος χρόνος διακοπής αυτής της παραγράφου παρουσιάζει σημαντικές δυσκολίες και δεν υπάρχει εξασφάλιση ότι αυτές θα διατηρηθούν και σε χρόνο μελλοντικό

από την κατασκευή της εγκατάστασης, συνιστάται να μην εφαρμόζεται ο χρόνος διακοπής 5 s σε τερματικά κυκλώματα.

**4.1.3.1.3.7.** Αν δεν είναι δυνατή η τήρηση της απαίτησης της παραγράφου 413.1.3.4 με τη χρησιμοποίηση

διατάξεων προστασίας έναντι υπερεντάσεων, πρέπει να πραγματοποιηθεί συμπληρωματική ισοδυναμική

σύνδεση, σύμφωνα με την παράγραφο 413.1.6. Εναλλακτικά η προστασία πρέπει να εξασφαλισθεί με

την χρησιμοποίηση διάταξης προστασίας διαφορικού ρεύματος.

Η χρησιμοποίηση διάταξης προστασίας διαφορικού ρεύματος είναι πάντοτε δεκτή ως συμπληρωματικό μέσον προστασίας, για την επαύξηση του βαθμού ασφαλείας.

Σημείωση: - Για λόγους επιλογικής συνεργασίας μεταξύ διατάξεων προστασίας διαφορικού ρεύματος που είναι συνδεδεμένες σε σειρά, είναι επιτρεπτό να χρησιμοποιούνται τέτοιες διατάξεις με χρονική καθυστέρηση, η οποία όμως δεν πρέπει να υπερβαίνει το 1s.

**4.1.3.1.3.8.** Σε εξαιρετικές περιπτώσεις, στις οποίες είναι δυνατόν να συμβεί ένα σφάλμα μεταξύ ενός αγωγού φάσης και της γης χωρίς την συμμετοχή του αγωγού προστασίας, πρέπει να πληρούται η ακόλουθη συνθήκη:

$$\frac{50 \text{ V}}{U_0(\text{V})-50 \text{ V}} \geq \frac{R_B(\Omega)}{R_E(\Omega)}$$

όπου:

$R_B$  είναι η αντίσταση γείωσης όλων των ηλεκτροδίων γείωσης σε παράλληλη σύνδεση (συμπεριλαμβανομένων και εκείνων του συστήματος τροφοδότησης)

$R_E$  είναι η ελάχιστη αναμενόμενη αντίσταση επαφής του αγωγού φάσης προς τη γη. Στην περίπτωση που είναι δυνατή η επαφή του αγωγού φάσης προς ένα ξένο αγωγίμο στοιχείο που δεν είναι συνδεδεμένο στον αγωγό προστασίας,  $R_E$  είναι η αντίσταση αυτού του στοιχείου προς τη γη

$U_0$  είναι η ονομαστική τάση μεταξύ φάσης και γης, ενδεικνύμενη τιμή εναλλασσόμενου ρεύματος.

Σημειώσεις: 1 - Σφάλμα μεταξύ ενός αγωγού φάσης και της γης μπορεί να συμβεί σε εναέριες γραμμές ή σε καλώδια χωρίς μεταλλικό μανδύα, τοποθετημένα απευθείας στο έδαφος.

2- Η τήρηση αυτής της συνθήκης αποσκοπεί στο να μην είναι δυνατόν ο αγωγός προστασίας και τα εκτεθειμένα αγωγίμα μέρη που είναι συνδεδεμένα σε αυτόν, να αποκτήσουν μία τάση προς τη γη μεγαλύτερη από 50 V.

3- Αν δεν υπάρχουν ακριβέστερα στοιχεία η αντίσταση  $R_E$  μπορεί να θεωρηθεί ίση με 10 Ω. Σε αυτή την περίπτωση, για την ονομαστική τάση  $U_0 = 230 \text{ V}$  προκύπτει μία μέγιστη τιμή της αντίστασης γείωσης  $R_B$  ίση με 2,7Ω.

**4.1.3.1.3.9.** Τα κυκλώματα που εκτείνονται στο εξωτερικό του κτιρίου στο οποίο βρίσκεται η ηλεκτρική εγκατάσταση, ή που τροφοδοτούν ρευματοδότες, στο εσωτερικό ή στο εξωτερικό του κτιρίου, από τους οποίους προβλέπεται ότι θα τροφοδοτούνται κινητές συσκευές που θα βρίσκονται στο εξωτερικό του κτιρίου, πρέπει να προστατεύονται με μία

διάταξη διαφορικού ρεύματος με ονομαστικό διαφορικό ρεύμα λειτουργίας  $I_{\Delta n}$  που δεν θα υπερβαίνει τα 30ΓΤΙΑ.

Σημείωση: Άλλα μέτρα προστασίας που μπορούν να εφαρμοσθούν σε αυτή την περίπτωση είναι: -Τροφοδότηση από ένα μετασχηματιστή απομόνωσης(άρθρο 413.5) -Εφαρμογή συμπληρωματικής μόνωσης (άρθρο 413.2).

#### **4.1.3.1.4. Σύστημα σύνδεσης των γειώσεων TT**

**4.1.3.1.4.1.** Όλα τα εκτεθειμένα αγωγίμα μέρη που προστατεύονται από την ίδια διάταξη προστασίας πρέπει να συνδέονται, μέσω αγωγών προστασίας, προς ένα ηλεκτρόδιο γείωσης, κοινό για όλα αυτά τα μέρη.

Αν περισσότερες διατάξεις προστασίας είναι συνδεδεμένες σε σειρά, αυτή η απαίτηση ισχύει χωριστά για

όλα τα εκτεθειμένα αγωγίμα μέρη που προστατεύονται από την ίδια διάταξη.

Ο ουδέτερος αγωγός, ή, αν δεν υπάρχει, ένας αγωγός φάσης κάθε υποσταθμού μετασχηματισμού ή σταθμού γεννητριών, πρέπει να είναι γειωμένος.

Σημειώσεις: 1 Ο ουδέτερος αγωγός μπορεί να είναι γειωμένος και σε άλλα σημεία του συστήματος

τροφοδότησης. Δεν επιτρέπεται η γείωση του ουδέτερου σε σημείο μετά από μία διάταξη προστασίας της εγκατάστασης.

2 Το σύστημα σύνδεσης των γειώσεων TT ονομάζεται και άμεση γείωση.

**4.1.3.1.4.2.** Στο σύστημα σύνδεσης των γειώσεων TT, είναι δεκτή η χρησιμοποίηση των ακόλουθων διατάξεων προστασίας που πρέπει να λειτουργούν σύμφωνα με την απαίτηση της παραγράφου 413.1.4.3.

- διατάξεις προστασίας διαφορικού ρεύματος

- διατάξεις προστασίας έναντι υπερεντάσεων

Σημειώσεις: 1.- Για λόγους επιλογικής συνεργασίας μεταξύ διατάξεων προστασίας διαφορικού ρεύματος που είναι συνδεδεμένες σε σειρά, είναι επιτρεπτό να χρησιμοποιούνται τέτοιες διατάξεις με χρονική καθυστέρηση, η οποία όμως δεν πρέπει να υπερβαίνει το 1s.

2- Οι διατάξεις προστασίας έναντι υπερεντάσεων μπορούν να είναι τύπου ακαριαίας λειτουργίας ή να έχουν χαρακτηριστική καμπύλη λειτουργίας αντίστροφου χρόνου.

3- Σε ειδικές εφαρμογές και αν δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι διατάξεις προστασίας που αναφέρθηκαν προηγουμένως, δεν αποκλείεται η χρησιμοποίηση διατάξεων προστασίας που λειτουργούν με την τάση σφάλματος.

**4.1.3.1.4.3.** Πρέπει να πληρούται η ακόλουθη συνθήκη:

$$R_A \times I_a < 50V$$

όπου:

$R_A$  είναι το άθροισμα των αντιστάσεων του ηλεκτροδίου γείωσης και του αγωγού προστασίας

$I_a$  είναι το ρεύμα που εξασφαλίζει την αυτόματη λειτουργία της διάταξης προστασίας ως εξής:

- Αν η διάταξη προστασίας είναι μία διάταξη διαφορικού ρεύματος (ακαριαίας λειτουργίας ή με χρονική καθυστέρηση),  $I_C$  είναι το ονομαστικό ρεύμα λειτουργίας της

- Αν η διάταξη προστασίας είναι μία διάταξη υπερεντάσεων :



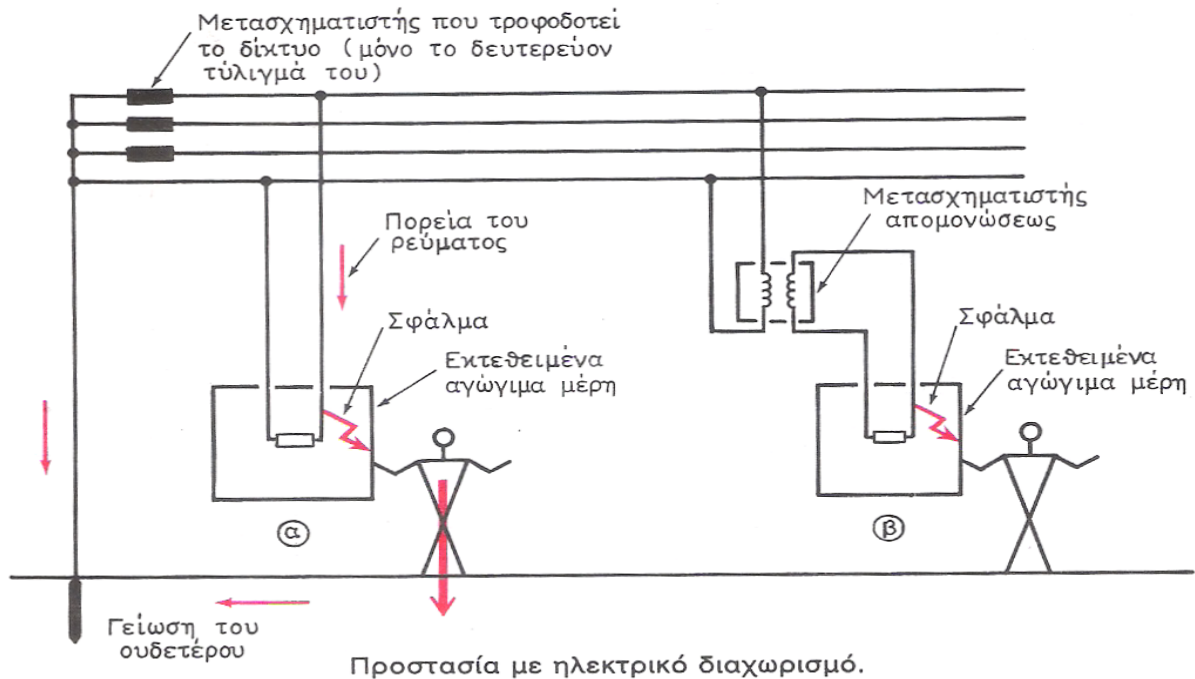
- για τις διατάξεις ακαριαίας λειτουργίας, IC είναι το ρεύμα που εξασφαλίζει την ακαριαία λειτουργία
- για τις διατάξεις με χαρακτηριστική καμπύλη λειτουργίας αντίστροφου χρόνου, IC είναι το ρεύμα που εξασφαλίζει την αυτόματη λειτουργία με χρόνο 5s το πολύ. Σημείωση: - Οι διατάξεις προστασίας έναντι υπερεντάσεων δεν είναι χρησιμοποιήσιμες για την προστασία έναντι έμμεσης επαφής στο σύστημα συνδέσεων των γειώσεων ΤΤ, παρά μόνο αν η αντίσταση του ηλεκτροδίου γείωσης είναι πολύ χαμηλή.

**4.1.3.1.4.4.** Αν δεν είναι δυνατή η τήρηση της συνθήκης της παραγράφου 413.1.4.3, πρέπει να πραγματοποιηθεί συμπληρωματική ισοδυναμική σύνδεση, σύμφωνη με την παράγραφο 413.1.6.

#### **4.1.3.1.5. Σύστημα σύνδεσης των γειώσεων IT**

**4.1.3.1.5.1.** Στο σύστημα σύνδεσης των γειώσεων IT οι ενεργοί αγωγοί είτε δεν έχουν καμία σύνδεση προς τη γη, είτε συνδέονται προς αυτήν μέσω μιας σύνθετης αντίστασης μεγάλης τιμής, ώστε, σε περίπτωση σφάλματος προς τη γη, το ρεύμα σφάλματος να είναι πολύ μικρό. Στη δεύτερη αυτή περίπτωση το σημείο που συνδέεται προς τη γη είναι ο ουδέτερος κόμβος. Αν δεν υπάρχει ουδέτερος κόμβος, ή αν αυτός δεν είναι προσιτός, συνδέεται προς τη γη ένας τεχνητός κόμβος που δημιουργείται για αυτό το σκοπό ή, εναλλακτικά, ένας αγωγός φάσης.

Η σύνδεση προς τη γη, είτε πρόκειται για τον ουδέτερο κόμβο, είτε για έναν αγωγό φάσης, γίνεται με την παρεμβολή μιας σύνθετης αντίστασης κατάλληλης τιμής. Στην περίπτωση τεχνητού ουδέτερου, η σύνδεση προς τη γη μπορεί να γίνει απευθείας, αν η διάταξη σύνθετων αντιστάσεων που χρησιμοποιείται για τη δημιουργία του, παρουσιάζει ομοιοτική αντίσταση αρκετά υψηλής τιμής. Τα εκτεθειμένα αγωγιμα μέρη της εγκατάστασης γειώνονται, μέσω αγωγών προστασίας, είτε ατομικά, είτε κατά ομάδες, είτε όλα μαζί. Σημειώσεις: 1 - Η γείωση του συστήματος ενδέχεται να είναι επιβεβλημένη για λόγους αποφυγής υπερτάσεων που μπορούν να παρουσιασθούν εξαιτίας ταλαντώσεων της τάσης. Τα χαρακτηριστικά της σύνθετης αντίστασης γείωσης ή της διάταξης δημιουργίας του τεχνητού κόμβου, πρέπει να είναι κατάλληλα για τα χαρακτηριστικά της εγκατάστασης. 2 - Σε πολυώροφα κτίρια όπου δεν μπορεί, για πρακτικούς λόγους, να γίνει η γείωση των αγωγών προστασίας, είναι δυνατόν αυτή να πραγματοποιηθεί με σύνδεσή τους προς τα ξένα αγωγιμα στοιχεία.



- α) Συσκευή που τροφοδοτείται απ' ευθείας (δεν υπάρχει ηλεκτρικός διαχωρισμός).  
 β) Συσκευή που τροφοδοτείται μέσω μετασχηματιστή απομονώσεως (επειδή υπάρχει ηλεκτρικός διαχωρισμός, ακόμα κι αν συμβεί σφάλμα δεν κυκλοφορεί ρεύμα).

**4.1.3.1.5.2.** Στο σύστημα σύνδεσης των γειώσεων IT είναι δεκτές οι ακόλουθες διατάξεις προστασίας:

- διατάξεις επιτήρησης της μόνωσης
- διατάξεις προστασίας έναντι υπερεντάσεων
- διατάξεις προστασίας διαφορικού ρεύματος

Η αυτόματη διακοπή της τροφοδότησης στην περίπτωση ενός σφάλματος προς τα εκτεθειμένα αγωγικά μέρη ή προς ένα αγωγό προστασίας ή προς τη γη, δεν είναι επιβεβλημένη, αν τηρείται η συνθήκη της παραγράφου 413.1.5.3. Πάντως πρέπει να λαμβάνονται μέτρα για την αποφυγή εμφάνισης επικίνδυνων τάσεων μεταξύ ταυτόχρονα προσιτών αγωγικών μερών.

**4.1.3.1.5.3** Πρέπει να τηρείται η ακόλουθη συνθήκη:

$$R_A \times I_d \leq 50 \text{ V}$$

όπου:

$R_A$  είναι το άθροισμα των αντιστάσεων γείωσης των εκτεθειμένων αγωγικών μερών (αντιστάσεις του ηλεκτροδίου και των αγωγών προστασίας)

$I_d$  είναι το ρεύμα σφάλματος αμελητέας σύνθετης αντίστασης μεταξύ ενός αγωγού φάσης και ενός εκτεθειμένου αγωγικού μέρους ή ενός αγωγού προστασίας. Η τιμή του  $I_d$  ορίζεται από τα ρεύματα διαρροής (εξαιτίας της χωρητικής ζεύξης προς τη γη) και, στην περίπτωση που το σύστημα είναι συνδεδεμένο προς τη γη, από τη συνολική αντίσταση γείωσής του.

**4.1.3.1.5.4** Αν προβλέπεται μία διάταξη επιτήρησης της μόνωσης για να δείχνει την εμφάνιση ενός πρώτου σφάλματος μεταξύ ενός ενεργού μέρους και των εκτεθειμένων αγωγικών μερών ή της γης, η διάταξη αυτή πρέπει να παρέχει ένα ηχητικό ή/ και ένα οπτικό σήμα. Αν υπάρχουν και ηχητικό και οπτικό σήμα, επιτρέπεται η ακύρωση του ηχητικού σήματος, αλλά το οπτικό πρέπει να διατηρείται όσο παραμένει το σφάλμα.

Σημείωση: Συνιστάται το σφάλμα να εξαλείφεται στο συντομότερο δυνατό χρονικό διάστημα.

**4.1.3.1.5.5** Η τροφοδότηση πρέπει να διακόπτεται αυτομάτως στην περίπτωση ενός δεύτερου σφάλματος προς τη γη. Οι συνθήκες διακοπής εξαρτώνται από τον τρόπο γείωσης των εκτεθειμένων αγώγιμων μερών, όπως ορίζεται στις παραγράφους 413.1.5.6 και 413.1.5.7.

**4.1.3.1.5.6** Αν τα εκτεθειμένα αγώγιμα μέρη είναι γειωμένα ατομικά ή κατά ομάδες, πρέπει να τηρείται η συνθήκη που ορίστηκε στην παράγραφο 413.1.4.3 για το σύστημα σύνδεσης των γειώσεων ΤΤ.

Σημείωση: Όταν τα εκτεθειμένα αγώγιμα μέρη δεν είναι συνδεδεμένα όλα μαζί στο ίδιο ηλεκτρόδιο γείωσης, οι συνθήκες λειτουργίας της προστασίας είναι ίδιες με εκείνες του συστήματος σύνδεσης των γειώσεων ΤΤ, επειδή, όταν συμβούν δύο σφάλματα προς εκτεθειμένα αγώγιμα μέρη που συνδέονται προς διαφορετικά ηλεκτρόδια γείωσης, το ρεύμα του σφάλματος κυκλοφορεί μέσω αυτών των ηλεκτροδίων (το κύκλωμα κλείνει μέσω γης).

**4.1.3.1.5.7** Αν τα εκτεθειμένα αγώγιμα μέρη είναι γειωμένα όλα μαζί:

α) αν ο ουδέτερος δεν διανέμεται, πρέπει να ισχύει η συνθήκη:

$$U \\ \text{-----} \geq Z_s \\ 2 I_a$$

β) αν ο ουδέτερος διανέμεται, πρέπει να ισχύει η συνθήκη:

$$U_0 \\ \text{-----} \geq Z_s' \\ 2 I_a$$

όπου:

$U_0$  είναι η ονομαστική τάση μεταξύ φάσης και ουδέτερου, ενδεικνύμενη τιμή εναλλασσόμενου ρεύματος

$U$  είναι η ονομαστική τάση μεταξύ φάσεων, ενδεικνύμενη τιμή εναλλασσόμενου ρεύματος  
 $Z_s'$  είναι η σύνθετη αντίσταση του βρόχου του σφάλματος, ο οποίος περιλαμβάνει τον αγωγό φάσης και τον αγωγό προστασίας του κυκλώματος  
 $Z_s$  είναι η σύνθετη αντίσταση του βρόχου του σφάλματος, ο οποίος περιλαμβάνει τον ουδέτερο αγωγό και τον αγωγό προστασίας του κυκλώματος

$I_a$  είναι το ρεύμα που προκαλεί τη λειτουργία της διάταξης προστασίας σε ένα χρόνο  $t$  που είναι ίσος ή μικρότερος από:

- το χρόνο που ορίζεται στον Πίνακα 41-B στις περιπτώσεις που ορίζονται στην παράγραφο 413.1.3.5 για το σύστημα σύνδεσης των γειώσεων ΤΝ

-  $5s$  για τις περιπτώσεις που ορίζονται στην παράγραφο 413.1.3.6 για το σύστημα σύνδεσης των γειώσεων ΤΝ.

Αν δεν είναι δυνατή η διακοπή της τροφοδότησης στους οριζόμενους χρόνους με τη χρησιμοποίηση διατάξεων προστασίας έναντι υπερεντάσεων, πρέπει να πραγματοποιηθεί μια συμπληρωματική ισοδυναμική σύνδεση σύμφωνα με την παράγραφο 41 3.1 .6. Εναλλακτικά, η προστασία μπορεί να εξασφαλισθεί με διατάξεις προστασίας διαφορικού ρεύματος για κάθε χρησιμοποιούμενη συσκευή.

Σημείωση: -Στην περίπτωση που τα εκτεθειμένα αγωγίμα στοιχεία είναι γειωμένα όλα μαζί, οι συνθήκες λειτουργίας της προστασίας είναι ίδιες με εκείνες του συστήματος σύνδεσης των γειώσεων TN, επειδή το ρεύμα του σφάλματος κυκλοφορεί μέσω των ενεργών μερών και των αγωγών προστασίας.

#### ΠΙΝΑΚΑΣ 41-B

Ονομαστικές τάσεις και μέγιστος χρόνος διακοπής στο σύστημα σύνδεσης των γειώσεων IT (δεύτερο σφάλμα)

Ονομαστική τάση της εγκατάστασης U <sub>0</sub> /U (V)	Χρόνος διακοπής (s)	
	Μη διανεμόμενος ουδέτερος	Διανεμόμενος ουδέτερος
230/400	0,4	0,8
400/690	0,2	0,4
580/1000	0,1	0,2

Σημείωση: - Για ονομαστικές τάσεις μέχρι και κατά 10% μεγαλύτερες από τις αναγραφόμενες στον Πίνακα, εφαρμόζεται ο χρόνος διακοπής που αντιστοιχεί στην αναγραφόμενη τιμή. Για ονομαστικές τάσεις μεγαλύτερες κατά ποσοστό υψηλότερο του 1 0% από μια από τις αναγραφόμενες τάσεις, χρησιμοποιείται η αμέσως υψηλότερη τιμή της τάσης του Πίνακα.

#### 4.1.3.1.6 Απαιτήσεις για την συμπληρωματική ισοδυναμική σύνδεση

**4.1.3.1.6.1** Η συμπληρωματική ισοδυναμική σύνδεση πρέπει να περιλαμβάνει όλα τα ταυτόχρονα προσιτά αγωγίμα μέρη, δηλαδή τα εκτεθειμένα αγωγίμα μέρη των σταθερών συσκευών και του υπόλοιπου ηλεκτρολογικού υλικού και τα ξένα αγωγίμα στοιχεία, στα οποία περιλαμβάνεται, όπου είναι πρακτικώς δυνατόν, ο μεταλλικός οπλισμός του σκυροδέματος του κτιρίου. Προς αυτό το ισοδυναμικό σύστημα πρέπει να συνδέονται και οι ακροδέκτες γείωσης των ρευματοδοτών.

Σημείωση: -Το δάπεδο πρέπει να είναι μονωτικό, ή, αν είναι αγωγίμο πρέπει να περιληφθεί στη συμπληρωματική ισοδυναμική σύνδεση. Αν αυτό δεν είναι εφικτό, η πραγματοποίηση της ισοδυναμικής σύνδεσης είναι αδύνατη.

**4.1.3.1.6.2** Η αποτελεσματικότητα της συμπληρωματικής ισοδυναμικής σύνδεσης πρέπει να επαληθεύεται με την εξακρίβωση ότι η αντίσταση R μεταξύ δύο οποιωνδήποτε ταυτόχρονα προσιτών αγωγίμων μερών ικανοποιεί τη συνθήκη:

$$R \leq \frac{50V}{I_a}$$

όπου:

- για τις διατάξεις προστασίας διαφορικού ρεύματος I<sub>a</sub> είναι το ονομαστικό διαφορικό ρεύμα λειτουργίας I<sub>Δη</sub>
- για τις διατάξεις προστασίας έναντι υπερεντάσεων I<sub>a</sub> είναι το ρεύμα λειτουργίας σε χρόνο 5s.

#### 4.1.3.2 Προστασία με χρήση υλικού κλάσης II ή με ισοδύναμη προστασία

Σημειώσεις : 1 - Αυτό το μέτρο προστασίας έχει προορισμό την αποτροπή εμφάνισης επικίνδυνων τάσεων επαφής στα εκτεθειμένα αγωγίμα μέρη εξαιτίας ενός σφάλματος στη βασική μόνωση.

2- Για την εφαρμογή αυτού του μέτρου προστασίας βλ. την παράγραφο 471.2.1.2.

**41 3.2.1** Η προστασία πρέπει να εξασφαλίζεται με μία από τις μεθόδους που περιγράφονται στις παραγράφους 413.2.1.1 μέχρι 413.2.1.3.

**413.2.1.1** Χρησιμοποίηση ηλεκτρολογικού υλικού των ακόλουθων τύπων, που έχει υποστεί δοκιμές τύπου και έχει επισημανθεί σύμφωνα με τα αντίστοιχα Πρότυπα:

ηλεκτρολογικό υλικό που έχει διπλή μόνωση ή ενισχυμένη μόνωση (υλικό κλάσης II)

βιομηχανοποιημένα συγκροτήματα ηλεκτρολογικού υλικού που έχουν ολική μόνωση

Σημειώσεις: 1 - Το υλικό κλάσης II έχει βασική μόνωση και συμπληρωματική μόνωση, ανεξάρτητη της βασικής (διπλή μόνωση), ή έχει ενισχυμένη μόνωση που παρέχει ισοδύναμο βαθμό ασφάλειας με τη διπλή μόνωση (Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 60335-1)

2 - Αυτό το υλικό έχει επισήμανση με το σύμβολο  $\square$

**413.2.1.2.** Εφαρμογή συμπληρωματικής μόνωσης, η οποία καλύπτει το υλικό κλάσης 0, και η οποία

τοποθετείται στο στάδιο της κατασκευής της ηλεκτρικής εγκατάστασης, παρέχοντας ασφάλεια ισοδύναμη με εκείνη του υλικού που είναι σύμφωνο με την παράγραφο 413.2.1.1 και τηρεί τις συνθήκες τις οριζόμενες στις παραγράφους 413.2.2 μέχρι 413.2.6.

Σημειώσεις: 1 -Το υλικό κλάσης 0 έχει μόνο βασική μόνωση. Αν έχει μεταλλικό περίβλημα, αυτό δεν είναι γειωμένο (Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 60335-1) 2 - Σε εμφανή θέση στο εξωτερικό και στο εσωτερικό του περιβλήματος πρέπει να είναι τοποθετημένο το σύμβολο

**413.2.1.3.** Εφαρμογή ενισχυμένης μόνωσης, η οποία καλύπτει τα γυμνά ενεργά στοιχεία και η οποία τοποθετείται στο στάδιο της κατασκευής της ηλεκτρικής εγκατάστασης, παρέχοντας ασφάλεια ισοδύναμη με εκείνη του υλικού που είναι σύμφωνο με την παράγραφο 413.2.1.1 και τηρεί τις συνθήκες τις οριζόμενες στις παραγράφους 41 3.2.3 μέχρι 41 3.2.6.

Σημείωση: - Σε εμφανή θέση στο εξωτερικό και στο εσωτερικό του περιβλήματος πρέπει να είναι τοποθετημένο το σύμβολο.

**4.1 .3.2.2.** Όταν το υλικό βρίσκεται σε κατάσταση λειτουργίας, όλα τα αγωγίμα στοιχεία που διαχωρίζονται από τα ενεργά μέρη μόνο με μια βασική μόνωση, πρέπει να περιλαμβάνονται σε ένα μονωτικό περίβλημα που παρέχει βαθμό προστασίας τουλάχιστον IP2X ή IPXXB.

**4.1 .3.2.3.** Το μονωτικό περίβλημα πρέπει να είναι ικανό να αντέχει όλες τις προβλεπόμενες μηχανικές, ηλεκτρικές, θερμικές ή χημικές καταπονήσεις.

Επενδύσεις με βαφές, βερνίκια και παρόμοια προϊόντα δεν θεωρούνται γενικά ότι ικανοποιούν αυτές τις απαιτήσεις. Εν τούτοις αυτή η απαίτηση δεν αποκλείει τη χρησιμοποίηση περιβλημάτων που έχουν τέτοια επένδυση, αν αυτό επιτρέπεται από τα αντίστοιχα Πρότυπα και τα περιβλήματα αυτά έχουν υποστεί τις προβλεπόμενες δοκιμές τύπου.

**4.1. 3.2.4.** Αν το μονωτικό περίβλημα δεν έχει υποστεί τις προβλεπόμενες δοκιμές και υπάρχουν αμφιβολίες σχετικά με την αποτελεσματικότητά του, πρέπει να εκτελεσθεί μία διηλεκτρική δοκιμή, σύμφωνα με τις συνθήκες που ορίζονται στο Μέρος 6.

**4.1. 3.2.5.** Το μονωτικό περίβλημα δεν πρέπει να διαπερνάται από αγώγιμα στοιχεία που ενδέχεται να μεταφέρουν ένα δυναμικό. Επίσης δεν πρέπει να περιλαμβάνει βίδες από μονωτικό υλικό, που η αντικατάστασή τους από μεταλλικές βίδες θα μπορούσε να εξουδετερώσει τη μόνωση που προσφέρει το περίβλημα.

Σημείωση: -Όταν είναι απαραίτητο να διαπερνάται το περίβλημα από αγώγιμα στοιχεία (π.χ. από τα χειριστήρια συσκευών που βρίσκονται στο εσωτερικό του), αυτά θα πρέπει να είναι διαμορφωμένα κατά τέτοιο τρόπο ώστε να μην παραβλάπεται η προστασία έναντι ηλεκτροπληξίας.

**4.1.3.2.6.** Αν το περίβλημα περιλαμβάνει καλύμματα ανοιγμάτων του, τα οποία μπορεί να ανοιχθούν χωρίς τη χρήση ενός εργαλείου ή κλειδιού, όλα τα αγώγιμα μέρη που είναι προσιτά όταν το κάλυμμα είναι ανοικτό, πρέπει να βρίσκονται πίσω από ένα μονωτικό φράγμα που παρέχει ένα βαθμό προστασίας τουλάχιστον IP2X ή IPXXB, κατά τρόπο που να παρεμποδίζεται η τυχαία επαφή ατόμων με αυτά. Αυτό το μονωτικό φράγμα δεν πρέπει να μπορεί να αφαιρεθεί παρά μόνο με τη χρήση ενός κλειδιού ή ενός εργαλείου.

**4.1. 3.2.7.** Τα αγώγιμα μέρη που περικλείονται σε ένα μονωτικό περίβλημα δεν πρέπει να συνδέονται σε ένα αγωγό προστασίας. Εν τούτοις μπορεί να προβλεφθούν μέσα για τη σύνδεση αγωγών προστασίας που κατ' ανάγκη διαπερνούν το περίβλημα, προκειμένου να συνδεθούν με άλλα ηλεκτρολογικά υλικά, των οποίων το κύκλωμα τροφοδότησης περνά μέσα από το περίβλημα. Στο εσωτερικό του περιβλήματος, οι αγωγοί αυτοί καθώς και οι ακροδέκτες τους πρέπει να είναι μονωμένοι όπως τα ενεργά μέρη και οι ακροδέκτες πρέπει να επισημαίνονται με κατάλληλο τρόπο.

Τα εκτεθειμένα αγώγιμα μέρη και τα ενδιάμεσα μέρη δεν πρέπει να συνδέονται προς έναν αγωγό προστασίας, εκτός αν αυτό προβλέπεται από τα Πρότυπα κατασκευής των αντίστοιχων υλικών.

**4.1 .3.2.8.** Το περίβλημα δεν πρέπει να δυσχεραίνει τη λειτουργία της συσκευής που προστατεύεται από αυτό.

**4.1.3.2.9.** Η προστασία έναντι έμμεσης επαφής που εξασφαλίζεται με τη χρήση υλικών κλάσης II δεν πρέπει να εξουδετερώνεται από τον τρόπο εγκατάστασής τους (στερέωση, σύνδεση αγωγών κλπ.)

#### **4.1. 3.3. Προστασία με εγκατάσταση σε μη αγώγιμους χώρους**

Σημειώσεις : 1 -Αυτό το μέτρο προστασίας έχει προορισμό την αποτροπή ταυτόχρονης επαφής με μέρη που μπορεί να βρεθούν σε διαφορετικά δυναμικά, εξαιτίας ενός σφάλματος της βασικής μόνωσης των ενεργών μερών.

2-Στους χώρους όπου τηρούνται οι απαιτήσεις αυτού του άρθρου επιτρέπεται η χρήση υλικών κλάσης 0 (βλ. σημείωση 1 της παραγράφου 413.2.1.2).

3-Για την εφαρμογή αυτού του μέτρου προστασίας βλ. την παράγραφο 471.2.1.3.

**4.1. 3.3.1.** Τα εκτεθειμένα αγώγιμα μέρη πρέπει να είναι διατεταγμένα κατά τρόπο που, υπό κανονικές συνθήκες, να μην είναι δυνατή η ταυτόχρονη επαφή ατόμων:

- είτε με δύο εκτεθειμένα αγώγιμα μέρη

- είτε με ένα εκτεθειμένο αγωγίμο μέρος και οποιοδήποτε ξένο αγωγίμο στοιχείο, αν αυτά είναι ενδεχόμενο να βρεθούν σε διαφορετικά δυναμικά, σε περίπτωση σφάλματος της βασικής μόνωσης των ενεργών μερών.

**4.1. 3.3.2.** Στους μη αγωγίμους χώρους δεν πρέπει να υπάρχει κανένας αγωγός προστασίας.

**4.1.3.3.3.** Οι απαιτήσεις της παραγράφου 413.3.1 θεωρείται ότι ικανοποιούνται αν ο χώρος διαθέτει μονωτικό δάπεδο και μονωτικά τοιχώματα και επιπλέον τηρούνται μια ή περισσότερες από τις ακόλουθες συνθήκες:

α) Τήρηση των εκτεθειμένων αγωγίμων μερών σε αποστάσεις μεταξύ τους και από τα ξένα αγωγίμα στοιχεία. Οι αποστάσεις θεωρούνται επαρκείς αν είναι τουλάχιστον 2m και μπορούν να περιορισθούν σε 1,25m έξω από το χώρο προσέγγισης.

β) Παρεμβολή αποτελεσματικών εμποδίων μεταξύ των εκτεθειμένων αγωγίμων μερών και ξένων αγωγίμων στοιχείων. Τέτοια εμπόδια θεωρούνται επαρκώς αποτελεσματικά, αν αυξάνουν τις αποστάσεις που μπορούν να γεφυρωθούν, στις τιμές του προηγούμενου εδαφίου (α). Τα εμπόδια δεν πρέπει να συνδέονται ούτε προς τη γη, ούτε προς εκτεθειμένα αγωγίμα μέρη, ούτε προς ξένα αγωγίμα στοιχεία και, στο μέτρο του δυνατού, πρέπει να είναι από μονωτικό υλικό.

γ) Μόνωση ή μονωτική διάταξη των ξένων αγωγίμων στοιχείων. Η μόνωση πρέπει να έχει επαρκή μηχανική αντοχή και πρέπει να είναι ικανή να αντέξει μια τάση δοκιμής τουλάχιστον 2000V. Το ρεύμα διαρροής δεν πρέπει να υπερβαίνει το 1mA υπό τις κανονικές συνθήκες λειτουργίας.

**4.1. 3.3..4.** Η αντίσταση των μονωτικών δαπέδων και τοιχωμάτων, σε κάθε σημείο μέτρησης, υπό τις συνθήκες που προδιαγράφονται στο Μέρος 6, δεν πρέπει να είναι μικρότερη από:

- 50 kΩ, όταν η ονομαστική τάση της εγκατάστασης δεν υπερβαίνει τα 500V.

- 100 kΩ, όταν η ονομαστική τάση της εγκατάστασης υπερβαίνει τα 500V.

Σημείωση: Αν σε οποιοδήποτε σημείο, η αντίσταση είναι μικρότερη από τις τιμές που ορίστηκαν προηγουμένως, τα δάπεδα και τα τοιχώματα θεωρούνται ως ξένα αγωγίμα στοιχεία, όσον αφορά την προστασία έναντι έμμεσης επαφής.

**4.1. 3.3.5.** Οι διευθετήσεις που έχουν γίνει, πρέπει να είναι μόνιμες και δεν πρέπει να είναι δυνατόν να χάσουν την αποτελεσματικότητά τους. Πρέπει επίσης να εξασφαλίζουν την προστασία, όταν προβλέπεται η χρήση κινητών ή φορητών συσκευών.

Σημειώσεις: 1 Εφιστάται η προσοχή στον κίνδυνο να εισαχθούν μεταγενέστερα, αν οι ηλεκτρικές εγκαταστάσεις δεν βρίσκονται υπό αυστηρή επιτήρηση, άλλα αγωγίμα στοιχεία (όπως π.χ. κινητές ή φορητές συσκευές κλάσης I ή ξένα αγωγίμα στοιχεία, όπως μεταλλικοί σωλήνες νερού), με ενδεχόμενο αποτέλεσμα να πάψουν να τηρούνται οι συνθήκες της παραγράφου 413.3.1.

2 - Είναι βασικό να εξασφαλίζεται ότι η μόνωση του δαπέδου και των τοιχωμάτων δεν μπορεί να αλλοιωθεί από την υγρασία.

**4.1 3.3.6** Πρέπει να ληφθούν μέτρα, για να εξασφαλισθεί, ότι δεν είναι δυνατόν ξένα αγωγίμα στοιχεία να μεταφέρουν ένα δυναμικό έξω από τον υπόψη χώρο.

**4.1.3.4. Προστασία με αγείωτες ισοδυναμικές συνδέσεις**

Σημειώσεις: 1 -Αυτό το μέτρο προστασίας έχει προορισμό την αποτροπή εμφάνισης επικίνδυνων τάσεων επαφής μεταξύ ταυτόχρονα προσιτών αγωγίων μερών, στην περίπτωση σφάλματος της βασικής μόνωσης των ενεργών μερών. 2 -Για την εφαρμογή αυτού του μέτρου προστασίας βλ. παράγραφο 471.2.1.3.

**4.1 3.4.1.** Όλα τα ταυτόχρονα προσιτά εκτεθειμένα αγωγή μέρη και ξένα αγωγή στοιχεία πρέπει να διασυνδέονται μέσω αγωγών ισοδυναμικής σύνδεσης

**4.1.3.4.2.** Το σύστημα τοπικής ισοδυναμικής σύνδεσης δεν πρέπει να συνδέεται με τη γη ούτε απ' ευθείας, ούτε μέσω των εκτεθειμένων αγωγίων μερών ή των ξένων αγωγίων στοιχείων.

Σημείωση: - Αν δεν μπορεί να τηρηθεί αυτή η συνθήκη, πρέπει να εφαρμόζεται η προστασία με αυτόματη διακοπή της τροφοδότησης (βλ. άρθρο 413.1).

**4.1 3.4.3.** Πρέπει να λαμβάνονται μέτρα ώστε να εξασφαλίζεται ότι τα άτομα που εισέρχονται στον ισοδυναμικό χώρο δεν είναι δυνατόν να εκτεθούν σε μια επικίνδυνη διαφορά δυναμικού. Αυτό έχει κυρίως εφαρμογή στην περίπτωση που ένα αγωγή δάπεδο, μονωμένο προς τη γη, είναι συνδεδεμένο προς το σύστημα της τοπικής ισοδυναμικής σύνδεσης.

Σημείωση: -Σε όλα τα σημεία εισόδου προς τον ισοδυναμικό χώρο πρέπει να αναρτάται σε εμφανή θέση σχετική προειδοποιητική πινακίδα.

#### **4.1.3.5. Προστασία με ηλεκτρικό διαχωρισμό**

Σημειώσεις: 1 - Η εφαρμογή αυτού του μέτρου προστασίας σε ένα κύκλωμα έχει προορισμό να αποτρέψει την εμφάνιση επικίνδυνων τάσεων επαφής των εκτεθειμένων αγωγίων μερών εξαιτίας ενός σφάλματος της βασικής μόνωσης του κυκλώματος. 2 - Για την εφαρμογή αυτού του μέτρου προστασίας βλ. την παράγραφο 471.2.1.2.

**4.1. 3.5.1.** Η προστασία με ηλεκτρικό διαχωρισμό πρέπει να εξασφαλίζεται με τη συμμόρφωση προς όλες τις απαιτήσεις των παραγράφων 413.5.1.1 μέχρι 413.5.1.5 και:  
- της παραγράφου 413.5.2, αν το χωριστό κύκλωμα τροφοδοτεί μόνο μία συσκευή  
- της παραγράφου 413.5.3, αν το χωριστό κύκλωμα τροφοδοτεί περισσότερες από μία συσκευές.

**4.1.3.5.1.1.** Το κύκλωμα πρέπει να τροφοδοτείται:

- είτε από ένα μετασχηματιστή απομόνωσης ασφαλείας σύμφωνα με το Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 60742

- είτε από μία πηγή που παρέχει ένα βαθμό ασφαλείας ισοδύναμο προς εκείνο του μετασχηματιστή απομόνωσης ασφαλείας (π.χ. ένα ζεύγος κινητήρα - γεννήτριας, εφόσον έχει τις απαιτούμενες μονώσεις).

Οι κινητές πηγές που συνδέονται σε ένα δίκτυο τροφοδότησης, πρέπει να επιλέγονται και να εγκαθίστανται σύμφωνα με τις απαιτήσεις του άρθρου 41 3.2. Οι σταθερές πηγές πρέπει:  
- είτε να επιλέγονται και να εγκαθίστανται σύμφωνα με τις απαιτήσεις του άρθρου 41 3.2  
- είτε να είναι τέτοιες, ώστε το δευτερεύον κύκλωμα να διαχωρίζεται από το πρωτεύον και από το περίβλημα με μία μόνωση που ικανοποιεί τις απαιτήσεις του άρθρου 41 3.2. Αν μια τέτοια πηγή τροφοδοτεί περισσότερες συσκευές, τα εκτεθειμένα αγωγή μέρη τους δεν πρέπει να συνδέονται προς το μεταλλικό περίβλημα της πηγής.



**4.1.3.5.1.2.** Η τάση του ηλεκτρικά διαχωρισμένου κυκλώματος δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 500V.

Σημείωση: - Συνιστάται το γινόμενο της ονομαστικής τάσης του κυκλώματος σε Volt επί το συνολικό μήκος των γραμμών του κυκλώματος σε μέτρα, να μην υπερβαίνει τον αριθμό 1 00.000 και το μήκος των γραμμών να μην υπερβαίνει τα 500m.

**4.1.3.5.1.3.** Τα ενεργά μέρη του διαχωρισμένου κυκλώματος δεν πρέπει να συνδέονται προς οποιοδήποτε σημείο ενός άλλου κυκλώματος ή προς τη γη.

Για την αποφυγή ενός σφάλματος προς τη γη, πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στη μόνωση αυτών των μερών προς τη γη, ειδικότερα στα εύκαμπτα καλώδια.

Τα λαμβανόμενα μέτρα πρέπει να εξασφαλίζουν ένα ηλεκτρικό διαχωρισμό τουλάχιστον ισοδύναμο προς εκείνον που υπάρχει μεταξύ του πρωτεύοντος και του δευτερεύοντος κυκλώματος ενός μετασχηματιστή απομόνωσης ασφαλείας.

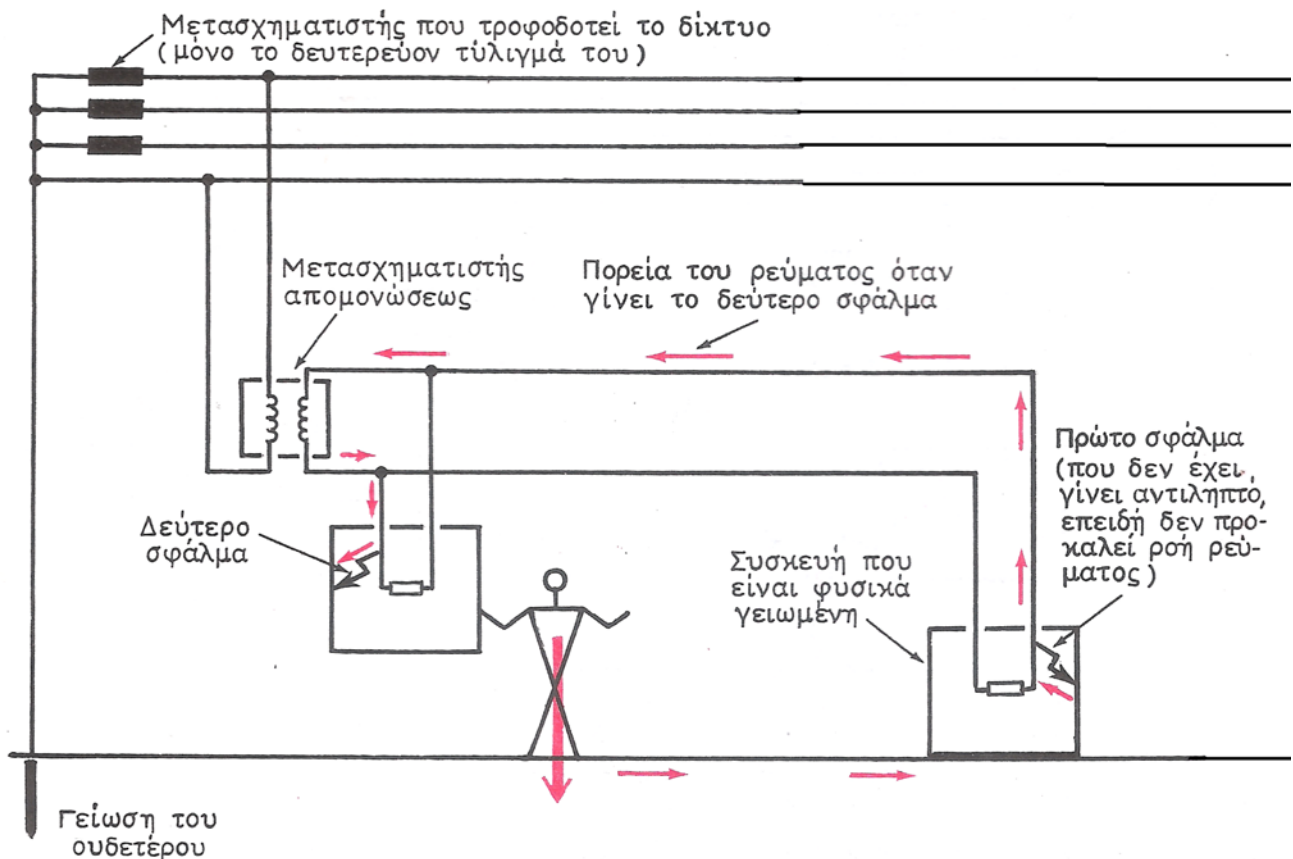
Σημείωση: - Ειδικότερα πρέπει να προσεχθεί ο ηλεκτρικός διαχωρισμός προς τα ενεργά μέρη άλλων κυκλωμάτων στα εξαρτήματα όπως ηλεκτρονόμοι, επαφείς, βοηθητικοί διακόπτες κλπ.

**4.1.3.5.1.4.** Τα εύκαμπτα καλώδια πρέπει να είναι ορατά σε όλο το τμήμα του μήκους τους, στο οποίο είναι ενδεχόμενο να υποστούν μηχανικές βλάβες.

**4.1.3.5.1.5.** Συνιστάται να χρησιμοποιούνται ιδιαίτερες γραμμές για τα διαχωρισμένα κυκλώματα. Αν είναι αναπόφευκτη η χρησιμοποίηση της ίδιας γραμμής για το διαχωρισμένο κύκλωμα και για άλλα κυκλώματα, πρέπει να χρησιμοποιούνται πολυπολικά καλώδια χωρίς μεταλλική επένδυση ή μονωμένοι αγωγοί τοποθετημένοι σε μονωτικούς σωλήνες ή οχετούς, υπό τον όρο ότι αυτά τα καλώδια ή αυτοί οι αγωγοί θα έχουν ονομαστική τάση τουλάχιστον ίση προς τη μεγαλύτερη τάση που μπορεί να εμφανισθεί και ότι κάθε κύκλωμα θα προστατεύεται έναντι υπερεντάσεων.

**4.1.3.5.2.** Όταν ένα διαχωρισμένο κύκλωμα τροφοδοτεί μόνο μία συσκευή, τα εκτεθειμένα αγωγίμα μέρη αυτού του κυκλώματος δεν πρέπει να συνδέονται ούτε σε ένα αγωγό προστασίας, ούτε στα εκτεθειμένα αγωγίμα μέρη άλλων κυκλωμάτων.

*Σημείωση: Αν τα εκτεθειμένα αγωγίμα μέρη ενός διαχωρισμένου κυκλώματος είναι ενδεχόμενο να έλθουν σε επαφή, είτε σκόπιμα είτε τυχαία, με τα εκτεθειμένα αγωγίμα μέρη άλλων κυκλωμάτων, η προστασία έναντι έμμεσης επαφής δεν εξασφαλίζεται πλέον μόνο από την προστασία με ηλεκτρικό διαχωρισμό, αλλά και από τα μέτρα προστασίας που εφαρμόζονται για αυτά τα μέρη.*



Αστοχία προστασίας με ηλεκτρικό διαχωρισμό.

**4.1.3.5.3.** Αν λαμβάνονται μέτρα για την προστασία του διαχωρισμένου κυκλώματος από κάθε βλάβη ή αστοχία της μόνωσης, μία πηγή σύμφωνη με την παράγραφο 413.5.1.1 μπορεί να τροφοδοτεί περισσότερες από μία συσκευές, με την προϋπόθεση ότι πληρούνται όλες οι απαιτήσεις των ακόλουθων παραγράφων 413.5.3.1 μέχρι 413.5.3.4.

**4.1.3.5.3.1.** Τα εκτεθειμένα αγωγίμα μέρη του διαχωρισμένου κυκλώματος πρέπει να συνδέονται μεταξύ τους με μονωμένους αγωγούς ισοδυναμικής σύνδεσης, που δεν συνδέονται προς τη γη. Οι αγωγοί αυτοί δεν πρέπει να συνδέονται ούτε προς τους αγωγούς προστασίας ή τα εκτεθειμένα αγωγίμα μέρη άλλων κυκλωμάτων, ούτε προς ξένα αγωγίμα στοιχεία.

Σημείωση: -Βλ. επίσης τη σημείωση της παραγράφου 413.5.2.

**4.1.3.5.3.2.** Όλοι οι ρευματοδότες πρέπει να είναι εφοδιασμένοι με ακροδέκτη γείωσης, ο οποίος όμως δεν θα γειώνεται αλλά θα συνδέεται προς τον αγωγό ισοδυναμικής σύνδεσης όπως προβλέπεται στην παράγραφο 413.5.3.1.

**4.1.3.5.3.3.** Όλα τα εύκαμπτα καλώδια, με εξαίρεση εκείνα που τροφοδοτούν συσκευές κλάσης II, πρέπει να περιλαμβάνουν αγωγό προστασίας, ο οποίος θα χρησιμεύει ως αγωγός ισοδυναμικής σύνδεσης.

**4.1.3.5.3.4.** Πρέπει να εξασφαλίζεται ότι αν συμβούν δύο σφάλματα προς δυο εκτεθειμένα αγωγίμα μέρη και αυτά τα σφάλματα τροφοδοτούνται από αγωγούς διαφορετικής

πολικότητας, μια διάταξη προστασίας θα διακόπτει την τροφοδότηση σε χρόνο το πολύ ίσο με εκείνο που καθορίζεται στον Πίνακα 41 -Α.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΓΕΙΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΓΩΓΟΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ**

### **540 Εισαγωγή**

Αυτό το Κεφάλαιο περιλαμβάνει τους κανόνες που πρέπει να εφαρμόζονται κατά την επιλογή και κατά την εγκατάσταση των γειώσεων και των αγωγών προστασίας. Οι κανόνες αυτοί πρέπει να τηρούνται επιπροσθέτως προς τους γενικούς κανόνες του Κεφαλαίου 51.

### **5.1 Γενικά**

**5.1 .1** Η όλη κατασκευή των διατάξεων γείωσης και ειδικότερα η τιμή της αντίστασης γείωσης πρέπει να ικανοποιεί τις απαιτήσεις ασφάλειας ή/ και τις λειτουργικές ανάγκες της ηλεκτρικής εγκατάστασης.

### **5.2 Συνδέσεις προς τη γη**

#### **5.2.1 Διατάξεις γείωσης**

- Οι διατάξεις γείωσης μπορούν να χρησιμεύουν είτε συγχρόνως για την προστασία και για τη λειτουργία της ηλεκτρικής εγκατάστασης, είτε χωριστά για τον ένα ή για τον άλλον από αυτούς τους σκοπούς, σύμφωνα με τις απαιτήσεις του σχεδιασμού της εγκατάστασης.
- Η επιλογή και εγκατάσταση του υλικού των διατάξεων γείωσης πρέπει να εξασφαλίζουν ότι:
  - η τιμή της αντίστασης γείωσης θα ικανοποιεί τις απαιτήσεις προστασίας και λειτουργίας της εγκατάστασης και θα διατηρεί συνεχώς αυτή την ιδιότητα
  - τα ρεύματα σφάλματος προς γη και τα ρεύματα διαρροής προς γη θα μπορούν να κυκλοφορούν χωρίς να δημιουργείται κίνδυνος, ιδιαίτερα από τις θερμικές, θερμομηχανικές και ηλεκτρομηχανικές καταπονήσεις
  - είναι επαρκώς στιβαρής κατασκευής ή έχουν κατάλληλη πρόσθετη μηχανική προστασία, ώστε να αντέχουν στις αναμενόμενες εξωτερικές συνθήκες.
- Πρέπει να λαμβάνονται προληπτικά μέτρα έναντι των κινδύνων βλαβών άλλων μεταλλικών μερών από ηλεκτρόλυση.

#### **5.2.2 Ηλεκτρόδια γείωσης**

**5.2.2.1** Μπορούν να χρησιμοποιούνται οι ακόλουθοι τύποι ηλεκτροδίων γείωσης:

- ράβδοι γείωσης ή σωλήνες
- ταινίες γείωσης ή σύρματα
- πλάκες γείωσης
- ηλεκτρόδια γείωσης ενσωματωμένα στα θεμέλια **(θεμελιακή γείωση)**
- μεταλλικός οπλισμός σκυροδέματος μέσα στο έδαφος

*Σημείωση: Ειδική προσοχή απαιτείται όταν η κατασκευή περιλαμβάνει προεντεταμένο σκυρόδεμα.*

- μεταλλικοί σωλήνες νερού υπό τους όρους της παραγράφου 542.2.5
- άλλες κατάλληλες υπόγειες κατασκευές (βλέπε επίσης παράγραφο 542.2.6).

*Σημείωση: Η αποτελεσματικότητα ενός ηλεκτροδίου γείωσης εξαρτάται από τις τοπικές συνθήκες του εδάφους και πρέπει να επιλέγονται ένα ή περισσότερα ηλεκτρόδια γείωσης κατάλληλα για τις συνθήκες του εδάφους και για την απαιτούμενη αντίσταση γείωσης. Η αντίσταση γείωσης του ηλεκτροδίου μπορεί να υπολογίζεται ή να μετρείται.*

**5.2.2.2.** Ο τύπος και το βάθος έμπηξης ή τοποθέτησης των ηλεκτροδίων γείωσης μέσα στο έδαφος πρέπει να είναι τέτοια, ώστε η αποξήρανση και το πάγωμα του εδάφους να μην αυξάνουν την αντίσταση γείωσης πέρα από την απαιτούμενη τιμή.

**5.2.2.3.** Τα χρησιμοποιούμενα υλικά και η κατασκευή των ηλεκτροδίων γείωσης πρέπει να είναι τέτοια, ώστε να αντέχουν σε μηχανικές βλάβες εξαιτίας της διάβρωσης.

**5.2.2.4.** Κατά το σχεδιασμό των διατάξεων γείωσης πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η ενδεχόμενη αύξηση της αντίστασης γείωσης εξαιτίας της διάβρωσης.

**5.2.2.5.** Οι μεταλλικοί σωλήνες ύδρευσης μπορούν να χρησιμοποιούνται ως ηλεκτρόδια γείωσης μόνον εφόσον υπάρχει η συγκατάθεση του φορέα που είναι αρμόδιος για την παροχή του νερού και εφόσον υπάρχει κατάλληλη διαδικασία που θα εξασφαλίζει, ότι ο χρήστης της ηλεκτρικής εγκατάστασης θα ειδοποιείται εγκαίρως για κάθε σχεδιαζόμενη αλλαγή στο σύστημα των σωληνώσεων ύδρευσης.

**5.2.2.6** Μεταλλικές σωληνώσεις άλλες από τις σωληνώσεις ύδρευσης (π.χ. σωληνώσεις υγρών ή αέριων καυσίμων, σωληνώσεις θέρμανσης κλπ.) δεν επιτρέπεται να χρησιμοποιούνται ως ηλεκτρόδια γείωσης.

*Σημείωση: Αυτός ο κανόνας δεν αποκλείει την ισοδυναμική σύνδεση αυτών των σωληνώσεων σύμφωνα με το Κεφάλαιο 41.*

**5.2.2.7** Μολύβδινοι μανδύες και άλλα μεταλλικά περιβλήματα καλωδίων, που δεν υπόκεινται σε αξιολογη αλλοίωση εξ αιτίας της διάβρωσης, μπορούν να χρησιμοποιούνται ως ηλεκτρόδια γείωσης, υπό τον όρο ότι υπάρχει η συγκατάθεση του φορέα στον οποίο ανήκουν αυτά τα καλώδια και ότι υπάρχει κατάλληλη διαδικασία που εξασφαλίζει ότι ο χρήστης της ηλεκτρικής εγκατάστασης θα ειδοποιείται εγκαίρως για κάθε σχεδιαζόμενη αλλαγή στα καλώδια που θα μπορούσε να επηρεάσει τα χαρακτηριστικά της γείωσης.

### **5.2.3 Αγωγοί γείωσης**

**5.2.3.1** Οι αγωγοί γείωσης πρέπει να είναι σύμφωνοι με το άρθρο 543.1 και, αν είναι θαμμένοι στο έδαφος, η διατομή τους πρέπει να είναι κατ' ελάχιστο ίση με την αναγραφόμενη στον Πίνακα 54-A.

#### **ΠΙΝΑΚΑΣ 54-A**

#### **Ελάχιστες διατομές αγωγών γείωσης θαμμένων στο έδαφος**

	Με μηχανική προστασία	Χωρίς μηχανική προστασία
Με προστασία έναντι διάβρωσης *	Σύμφωνα με το άρθρο 543.1	16 mm <sup>2</sup> Χαλκός 16 mm <sup>2</sup> Γαλβανισμένος χάλυβας
Χωρίς προστασία έναντι διάβρωσης	25 mm <sup>2</sup> Cu 50 mm <sup>2</sup> Fe	

\*Η προστασία έναντι διάβρωσης μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη χρήση ενός μανδύα

**5.2.3.2** Η σύνδεση του αγωγού γείωσης με το ηλεκτρόδιο γείωσης πρέπει να εκτελείται με ιδιαίτερη επιμέλεια και, αν απαιτείται, να προστατεύεται κατάλληλα, ώστε να εξασφαλίζεται από μηχανικές βλάβες και από διαβρώσεις.

Όταν χρησιμοποιείται σφινγκτήρας, αυτός πρέπει να είναι κατάλληλου τύπου, ώστε να μην προκαλείται βλάβη στο ηλεκτρόδιο ή στον αγωγό γείωσης.

## **5.2.4 Κύριοι ακροδέκτες ή ζυγοί γείωσης**

**5.2.4.1** Σε κάθε εγκατάσταση πρέπει να προβλέπεται ένας κύριος ακροδέκτης ή ζυγός γείωσης, προς τον οποίο θα συνδέονται οι ακόλουθοι αγωγοί:

- αγωγοί γείωσης
- αγωγοί προστασίας
- αγωγοί της κύριας ισοδυναμικής σύνδεσης
- αγωγοί γείωσης λειτουργίας, εάν απαιτείται.

**5.2.4.2** Πρέπει να προβλέπεται, σε προσιτή θέση, ένα μέσον για την αποσύνδεση του αγωγού γείωσης, ώστε να είναι δυνατή η μέτρηση της αντίστασης γείωσης. Αυτό το μέσον αποσύνδεσης μπορεί να συνδυάζεται κατάλληλα με τον κύριο ακροδέκτη γείωσης. Το μέσον αποσύνδεσης πρέπει να έχει επαρκή μηχανική αντοχή, ώστε να εξασφαλίζει τη διατήρηση της ηλεκτρικής συνέχειας και η αποσύνδεση πρέπει να είναι δυνατή μόνο με τη χρήση ενός εργαλείου.

## **5.3 Αγωγοί προστασίας**

*Σημείωση: Σχετικά με τους αγωγούς ισοδυναμικής σύνδεσης, βλ. Τμήμα 547*

### **5.3.1 Ελάχιστες διατομές**

Η διατομή των αγωγών προστασίας μπορεί:

- είτε να υπολογίζεται σύμφωνα με την παράγραφο 543.1.1

*Σημείωση: Ο υπολογισμός σύμφωνα με την παράγραφο 543.1.1 μπορεί να είναι αναγκαίος, αν η επιλογή της διατομής του αγωγού φάσεων έχει πραγματοποιηθεί με βάση την τιμή του ρεύματος βραχυκυκλώματος*

- είτε να επιλέγεται σύμφωνα με την παράγραφο 543.1.2.

Και στις δύο περιπτώσεις πρέπει να τηρούνται τα οριζόμενα στην παράγραφο 543.1.3.

*Σημείωση: Κατά την κατασκευή της εγκατάστασης πρέπει να προβλεφθεί ώστε οι ακροδέκτες των συσκευών να μπορούν να δεχθούν αυτούς τους αγωγούς.*

**543.1.1** Η διατομή δεν πρέπει να είναι μικρότερη από την προκύπτουσα από τον ακόλουθο τύπο (ισχύει μόνο για χρόνους διακοπής που δεν υπερβαίνουν τα 5 s):

$$S = V \frac{I^2 t}{k}$$

Όπου: S= η διατομή, σε mm<sup>2</sup>

I= η τιμή (για εναλλασσόμενο ρεύμα ενδεικνύμενη τιμή) του ρεύματος σφάλματος για ένα σφάλμα αμελητέας σύνθετης αντίστασης, το οποίο μπορεί να διέλθει μέσα από τη διάταξη προστασίας, σε A

t= ο χρόνος λειτουργίας της διάταξης που επιτελεί τη διακοπή, σε s

*Σημείωση:* Πρέπει να ληφθεί υπόψη ο περιορισμός του ρεύματος βραχυκυκλώματος που οφείλεται στη σύνθετη αντίσταση του κυκλώματος καθώς και η ικανότητα περιορισμού (ολοκλήρωμα Joule) της διάταξης προστασίας. k = συντελεστής, που εξαρτάται από το υλικό του αγωγού προστασίας και της μόνωσής του, από τα άλλα μέρη μέσω των οποίων ενδέχεται να διέρχεται το ρεύμα σφάλματος, καθώς και από τις αρχικές και τελικές επιτρεπόμενες θερμοκρασίες. Τιμές του συντελεστή k δίνονται στους Πίνακες 54-B, 54-Γ, και 54-E, για τις συνήθεις περιπτώσεις που συναντώνται στην πράξη. *Σημείωση:* Στις περιπτώσεις που δεν καλύπτονται από αυτούς τους πίνακες, ο συντελεστής k μπορεί να υπολογίζεται κατά τον τρόπο που υποδεικνύεται στο Παράρτημα Α του Προτύπου HD 384-5-54

Αν από την εφαρμογή του τύπου προκύπτει τιμή της διατομής που δεν είναι τυποποιημένη, πρέπει να χρησιμοποιείται η αμέσως υψηλότερη τυποποιημένη τιμή.

*Σημειώσεις:* 1.- Η διατομή που υπολογίσθηκε κατ' αυτό τον τρόπο πρέπει να είναι συμβατή με τις συνθήκες που επιβάλλονται από τη σύνθετη αντίσταση του βρόχου σφάλματος 2.- Για τα όρια θερμοκρασίας σε εγκαταστάσεις που βρίσκονται σε χώρους με εκρηκτική ατμόσφαιρα, βλ. το Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 50014.

3.- Πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι μέγιστες επιτρεπόμενες θερμοκρασίες για τις συνδέσεις.

#### **ΠΙΝΑΚΑΣ 54-B**

**Τιμές του συντελεστή k για μονωμένους αγωγούς προστασίας που δεν είναι ενσωματωμένοι σε καλώδια και για γυμνούς αγωγούς προστασίας που είναι σε επαφή με το περίβλημα του καλωδίου**

	Μόνωση του αγωγού προστασίας ή περίβλημα καλωδίου		
	PVC	EPR XLPE	Ελαστικό Βουτύλιο
Τελική θερμοκρασία	160°C	250°C	220°C
Υλικό αγωγού	Συντελεστής k		
Χαλκός	143	176	166
Αλουμίνιο	95	116	110
Χάλυβας	52	64	60

*Σημείωση:* Η αρχική θερμοκρασία του αγωγού θεωρείται ότι είναι 30°C

#### **ΠΙΝΑΚΑΣ 54-Γ**

**Τιμές του συντελεστή k για αγωγούς προστασίας που είναι πόλοι ενός πολυπολικού καλωδίου**

	Υλικό μόνωσης		
	PVC	EPR XLPE	Ελαστικό Βουτύλιο
Αρχική θερμοκρασία	70°C	90°C	85°C
Τελική θερμοκρασία	160°C	250°C	220°C
Υλικό αγωγού	Συντελεστής k		
Χαλκός	115	143	134
Αλουμίνιο	76	94	89

#### ΠΙΝΑΚΑΣ 54-Ε

**Τιμές του συντελεστή k για γυμνούς αγωγούς όταν δεν υπάρχει κίνδυνος πρόκλησης βλάβης σε γειτονικά υλικά από τις αναγραφόμενες θερμοκρασίες**

Υλικό αγωγού \ Συνθήκες		Ορατοί σε περιορισμένους χώρους*	Κανονικές συνθήκες	Κίνδυνος πυρκαγιάς
Χαλκός	Μέγιστη Θερμοκρασία	500°C	200°C	150°C
	k	228	159	138
Αλουμίνιο	Μέγιστη Θερμοκρασία	300°C	200°C	150°C
	k	125	105	91
Χάλυβας	Μέγιστη Θερμοκρασία	500°C	200°C	150°C
	K	82	58	50

*Σημείωση: Η αρχική θερμοκρασία του αγωγού θεωρείται ότι είναι 30°C*

\*Οι αναγραφόμενες θερμοκρασίες ισχύουν μόνο εφόσον δεν επηρεάζουν την ποιότητα των συνδέσεων.

**5.3.1.2** Η διατομή του αγωγού προστασίας δεν επιτρέπεται να είναι μικρότερη από την αντίστοιχη τιμή του Πίνακα 54-Z. Σε αυτή την περίπτωση δεν είναι αναγκαίος ο έλεγχος της συμμόρφωσης προς την παράγραφο 543.1 .1 .

Αν από την εφαρμογή αυτής της παραγράφου προκύπτει μη τυποποιημένη διατομή, πρέπει να χρησιμοποιούνται αγωγοί που έχουν την πλησιέστερη τυποποιημένη διατομή.

#### ΠΙΝΑΚΑΣ 54-Z

**Διατομές αγωγών προστασίας σε συσχετισμό με τις διατομές των αγωγών φάσεων**

Διατομή των αγωγών φάσεων της εγκατάστασης S (mm <sup>2</sup> )	Ελάχιστη διατομή του αντίστοιχου αγωγού προστασίας Sp (mm <sup>2</sup> )
S < 16	S
16 < S < 35	16
S > 35	S/2

Οι τιμές του Πίνακα 54-Z ισχύουν μόνο αν ο αγωγός προστασίας είναι κατασκευασμένος από το ίδιο μέταλλο, όπως οι αγωγοί φάσεων. Αν αυτό δεν συμβαίνει, η διατομή του αγωγού προστασίας πρέπει να προσδιορίζεται με τρόπο που να προκύπτει ισοδύναμη αγωγιμότητα με αυτή που προκύπτει από τον Πίνακα 54-Z.

**5.3.1.3** Η διατομή κάθε αγωγού προστασίας, που δεν αποτελεί πόλο του καλωδίου ή δεν περιλαμβάνεται

στο ίδιο περίβλημα με τους αγωγούς φάσεων πρέπει να μην είναι μικρότερη από:

- 2,5 mm<sup>2</sup> εάν προβλέπεται μηχανική προστασία
- 4 mm<sup>2</sup> εάν δεν προβλέπεται μηχανική προστασία.

*Σημείωση: Βλέπε επίσης το Κεφάλαιο 52 σχετικά με την επιλογή και εγκατάσταση των αγωγών και των καλωδίων σε σχέση με τις εξωτερικές επιδράσεις.*

**5.3.1.4** Όταν ένας αγωγός προστασίας είναι κοινός για περισσότερα κυκλώματα, η διατομή του πρέπει να αντιστοιχεί προς τη μεγαλύτερη διατομή αγωγού φάσης αυτών των κυκλωμάτων.

## **5.3.2 Τύποι αγωγών προστασίας**

**5.3.2.1** Ως αγωγοί προστασίας μπορούν να χρησιμοποιούνται:

- αγωγοί πολυπολικών καλωδίων
- μονωμένοι ή γυμνοί αγωγοί τοποθετημένοι σε κοινό περίβλημα με τους ενεργούς αγωγούς
- μονωμένοι ή γυμνοί αγωγοί τοποθετημένοι χωριστά από τους ενεργούς αγωγούς
- μεταλλικά περιβλήματα καλωδίων, όπως μανδύες, πλέγματα, οπλισμοί κλπ.
- μεταλλικοί σωλήνες ή άλλα μεταλλικά περιβλήματα αγωγών
- ορισμένα ξένα αγωγίμα στοιχεία.

**5.3.2.2** Όταν η εγκατάσταση περιλαμβάνει περιβλήματα ή πλαίσια συγκροτημάτων συναρμολογημένων στο εργοστάσιο ή συστήματα μεταλλοεπενδεδυμένων ζυγών, τα μεταλλικά περιβλήματα ή πλαίσια επιτρέπεται να χρησιμοποιούνται ως αγωγοί προστασίας εάν ικανοποιούν ταυτόχρονα και προς τρεις ακόλουθες απαιτήσεις:

- α) η ηλεκτρική προς συνέχεια πρέπει να επιτυγχάνεται με τέτοιο τρόπο, ώστε να εξασφαλίζεται η προστασία έναντι μηχανικών, χημικών ή ηλεκτροχημικών αλλοιώσεων,
- β) η αγωγιμότητά προς πρέπει να είναι τουλάχιστον ίση προς αυτή που προκύπτει από την εφαρμογή του άρθρου 543.1,
- γ) πρέπει να είναι δυνατή η σύνδεση άλλων αγωγών προστασίας σε κάθε προκαθορισμένο σημείο διακλάδωσης.

**5.4.2.3.** Τα μεταλλικά περιβλήματα, όπως οι γυμνοί ή μονωμένοι μανδύες ορισμένων ηλεκτρικών γραμμών, επιτρέπεται να χρησιμοποιούνται ως αγωγοί προστασίας για τα αντίστοιχα κυκλώματα, εάν πληρούν και τις δύο απαιτήσεις α) και β) της παραγράφου 543.2.2. Άλλοι σωλήνες δεν επιτρέπεται να χρησιμοποιούνται ως αγωγοί προστασίας.

**5.4.2.4.** Ξένα αγωγίμα στοιχεία επιτρέπεται να χρησιμοποιούνται ως αγωγοί προστασίας εάν πληρούν συγχρόνως τις ακόλουθες τέσσερις απαιτήσεις:

- α) η ηλεκτρική τους συνέχεια πρέπει να εξασφαλίζεται, είτε από την κατασκευή τους είτε με



κατάλληλες συνδέσεις, κατά τρόπο ώστε να είναι πλήρως προστατευμένοι έναντι μηχανικών, χημικών ή ηλεκτροχημικών αλλοιώσεων,

β) η αγωγιμότητά τους πρέπει να είναι τουλάχιστον ίση προς αυτή, που προκύπτει από την εφαρμογή του άρθρου 543.1

γ) δεν πρέπει να μπορούν να αφαιρεθούν παρά μόνον αν έχουν προβλεφθεί κατάλληλα μέτρα που να αντισταθμίζουν αυτή την αφαίρεση

δ) πρέπει να έχουν μελετηθεί και, αν αυτό είναι αναγκαίο, να έχουν προσαρμοσθεί για αυτή τη χρήση. *Σημείωση:* Οι μεταλλικοί σωλήνες νερού συνήθως δεν πληρούν αυτές τις προϋποθέσεις. Σωλήνες αερίου δεν επιτρέπεται να χρησιμοποιούνται ως αγωγοί προστασίας,

5.3.2.5. Ξένα αγωγήμα στοιχεία δεν επιτρέπεται να χρησιμοποιούνται ως αγωγοί PEN.

### **5.3.3 Διατήρηση της ηλεκτρικής συνέχειας των αγωγών προστασίας**

5.3.3.1. Οι αγωγοί προστασίας πρέπει να είναι κατάλληλα προστατευμένοι έναντι μηχανικών και χημικών αλλοιώσεων και ηλεκτροδυναμικών καταπονήσεων.

5.3.3.2. Οι συνδέσεις των αγωγών προστασίας πρέπει να είναι προσιτές για επιθεώρηση και για την εκτέλεση δοκιμών, εκτός από αυτές που βρίσκονται σε κιβώτια γεμισμένα με υλικό πλήρωσης ή σε εγκιβωτισμένους συνδέσμους.

5.3.3.3. Δεν επιτρέπεται να παρεμβάλλονται διατάξεις διακοπής στον αγωγό προστασίας, αλλά επιτρέπεται να προβλέπονται σύνδεσμοι που μπορούν να αποσυνδέονται μόνο με τη χρήση εργαλείου για την εκτέλεση ελέγχων.

5.3.3.4. Στις περιπτώσεις που χρησιμοποιείται σύστημα ηλεκτρικής επιτήρησης της συνέχειας της γείωσης, δεν επιτρέπεται να παρεμβάλλονται στους αγωγούς προστασίας τα ηγνία λειτουργίας αυτού του συστήματος.

5.3.3.5. Εκτεθειμένα αγωγήμα στοιχεία συσκευών δεν επιτρέπεται να χρησιμοποιούνται για να αποτελέσουν τμήμα του αγωγού προστασίας άλλων συσκευών, με εξαίρεση την περίπτωση της παραγράφου 543.2.2.

### **5.4. Διατάξεις γειώσεων προστασίας**

*Σημείωση:* Σχετικά με τα μέτρα προστασίας για τα συστήματα σύνδεσης των γειώσεων TN, TT και IT βλέπε το Κεφάλαιο 41.

#### **5.4.1. Αγωγοί προστασίας χρησιμοποιούμενοι με διατάξεις προστασίας υπερεντάσεων**

Όταν, για την προστασία έναντι ηλεκτροπληξίας, χρησιμοποιούνται διατάξεις προστασίας υπερεντάσεων, ο αγωγός προστασίας πρέπει να είναι ενσωματωμένος στην ίδια ηλεκτρική γραμμή με τους ενεργούς αγωγούς ή να είναι τοποθετημένος σε άμεση γειτνίαση με αυτούς.

#### **5.4.2. Γειώσεις και αγωγοί προστασίας για διατάξεις προστασίας που λειτουργούν με την τάση σφάλματος**

*Σημείωση:* Διατάξεις προστασίας που λειτουργούν με την τάση σφάλματος χρησιμοποιούνται σε ειδικές εφαρμογές σύμφωνα με τη σημείωση 3 της παραγράφου 413.1.4.2

**5.4.2.1.** Πρέπει να προβλέπεται ένα βοηθητικό ηλεκτρόδιο γείωσης, ηλεκτρικά ανεξάρτητο από όλα τα άλλα γειωμένα μεταλλικά στοιχεία, όπως π.χ. μεταλλικές κατασκευές, σωληνώσεις ή καλώδια με μεταλλικό μανδύα.

**5.4.2.2.** Ο αγωγός γείωσης που οδηγεί προς το βοηθητικό ηλεκτρόδιο γείωσης, πρέπει να είναι μονωμένος, ώστε να αποφεύγεται η επαφή του με τον αγωγό προστασίας ή προς οποιαδήποτε αγωγή μέρη συνδεδεμένα με αυτόν ή προς ξένα αγωγή στοιχεία που βρίσκονται ή μπορεί να βρεθούν σε επαφή με αυτόν.

*Σημείωση: Η τήρηση αυτής της απαίτησης είναι αναγκαία για να αποτρέπει την ανεπιθύμητη γεφύρωση του ευαίσθητου στην τάση στοιχείου.*

**5.4.2.3.** Ο αγωγός προστασίας πρέπει να συνδέεται με τα εκτεθειμένα αγωγή μέρη μόνο εκείνων των συσκευών, των οποίων η τροφοδότηση διακόπεται όταν λειτουργήσει η διάταξη προστασίας εξαιτίας σφάλματος.

## **5.5. Διατάξεις γειώσεων λειτουργίας**

### **5.5.1. Γενικά**

Οι διατάξεις γειώσεων λειτουργίας πρέπει να σχεδιάζονται με βάση τις ειδικές απαιτήσεις του εξοπλισμού τον οποίο πρόκειται να εξυπηρετήσουν, ώστε να εξασφαλίζουν την ορθή και αξιόπιστη λειτουργία της εγκατάστασης.

## **5.6 . Διατάξεις γείωσης λειτουργίας - προστασίας**

### **5.6.1. Γενικά**

Στις περιπτώσεις που μια διάταξη γείωσης προβλέπεται να χρησιμοποιείται ταυτόχρονα για την προστασία και για τη λειτουργία της εγκατάστασης, οι απαιτήσεις που αφορούν την προστασία υπερισχύουν.

### **5.6.2. Αγωγοί PEN**

**5.6.2.1.** Στο σύστημα σύνδεσης των γειώσεων TN σε μόνιμες εγκαταστάσεις στις οποίες ο αγωγός προστασίας έχει διατομή όχι μικρότερη των  $10\text{mm}^2$  για χαλκό ή  $16\text{mm}^2$  για αλουμίνιο, ο ίδιος αγωγός μπορεί να χρησιμοποιείται και ως ουδέτερος, με την προϋπόθεση ότι το υπόψη τμήμα της εγκατάστασης δεν προστατεύεται από διάταξη προστασίας διαφορικού ρεύματος διαφυγής.

Κατ' εξαίρεση η ελάχιστη διατομή του αγωγού PEN επιτρέπεται να είναι  $4\text{mm}^2$ , στην περίπτωση συγκεντρικών καλωδίων που είναι σύμφωνα με τα Πρότυπα IEC και εφόσον υπάρχουν διπλές συνδέσεις που θα εξασφαλίζουν την ηλεκτρική συνέχεια σε όλη τη διαδρομή των συγκεντρικών καλωδίων.

*Σημείωση: Κοινός αγωγός που χρησιμεύει συγχρόνως ως ουδέτερος και ως αγωγός προστασίας ( αγωγός PEN) χρησιμοποιείται στο σύστημα σύνδεσης των γειώσεων TN-C. Σχετικά με την εφαρμογή αυτού του συστήματος βλ. τη σημείωση της παραγράφου 413.1.3.2*

**5.6.2.2.** Ο αγωγός PEN πρέπει να είναι μονωμένος για την υψηλότερη τάση στην οποία είναι δυνατό να βρεθεί, για να αποφεύγεται η κυκλοφορία ρευμάτων σκέδασης.

*Σημείωση: Ο αγωγός PEN δεν απαιτείται να μονώνεται εντός των ερμαρίων οργάνων ελέγχου και διακοπής.*

**5.6.2.3.** Αν από οποιοδήποτε σημείο της εγκατάστασης οι λειτουργίες προστασίας και ουδετέρου προβλέπεται να γίνονται με χωριστούς αγωγούς, δεν είναι επιτρεπτό να συνδέονται οι αγωγοί αυτοί μεταξύ τους από το σημείο αυτό και μετά. Στο σημείο διαχωρισμού πρέπει να προβλέπονται χωριστοί ακροδέκτες ή ζυγοί για τον αγωγό προστασίας και για τον ουδέτερο αγωγό. Οι αγωγοί PEN πρέπει να συνδέονται στον ακροδέκτη ή τον ζυγό που έχει προβλεφθεί για τον αγωγό προστασίας.

## **5.7. Αγωγοί ισοδυναμικών συνδέσεων**

### **5.7.1. Ελάχιστες διατομές**

#### **5.7.1.1. Αγωγοί κύριας ισοδυναμικής σύνδεσης**

Οι αγωγοί της κύριας ισοδυναμικής σύνδεσης πρέπει να έχουν διατομή όχι μικρότερη από το ήμισυ της μεγαλύτερης διατομής αγωγού προστασίας της εγκατάστασης, με ελάχιστο όριο τα 6mm<sup>2</sup>. Πάντως η διατομή δεν απαιτείται να υπερβαίνει τα 25mm<sup>2</sup> αν ο αγωγός είναι από χαλκό ή τη διατομή που έχει ισοδύναμο μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα αν είναι από άλλο μέταλλο.

#### **5.7.1.2. Αγωγοί συμπληρωματικής ισοδυναμικής σύνδεσης**

Ο αγωγός συμπληρωματικής ισοδυναμικής σύνδεσης, που συνδέει δύο εκτεθειμένα αγωγίμα μέρη, πρέπει να έχει διατομή που δεν θα είναι μικρότερη από την μικρότερη διατομή αγωγού προστασίας, που συνδέεται σε αυτά τα εκτεθειμένα αγωγίμα μέρη.

Ο αγωγός συμπληρωματικής ισοδυναμικής σύνδεσης που συνδέει ένα εκτεθειμένο αγωγίμο μέρος προς ένα ξένο αγωγίμο στοιχείο πρέπει να έχει διατομή που δεν θα είναι μικρότερη από το ήμισυ της διατομής του αντίστοιχου αγωγού προστασίας με ελάχιστο όριο το οριζόμενο στην παράγραφο 543.1.3.

Η συμπληρωματική ισοδυναμική σύνδεση μπορεί να επιτελείται μέσω ενός ξένου αγωγίμου στοιχείου μόνιμης κατασκευής, όπως π.χ. τα μεταλλικά στοιχεία της κατασκευής του κτιρίου ή μέσω ενός πρόσθετου αγωγού ή με συνδυασμό και των δύο.

#### **5.7.1.3. Γεφύρωση υδρομετρητών**

Στην περίπτωση που οι σωλήνες νερού ενός κτιρίου χρησιμοποιούνται είτε ως γείωση είτε ως αγωγοί προστασίας, ο υδρομετρητής πρέπει να γεφυρώνεται με έναν αγωγό που η διατομή του θα είναι η κατάλληλη ανάλογα με τη χρήση του ως αγωγού προστασίας ή ως αγωγού ισοδυναμικής σύνδεσης ή ως αγωγού γείωσης λειτουργίας.

## **5.8. Γειώσεις και ισοδυναμικές συνδέσεις εγκαταστάσεων επεξεργασίας πληροφοριών**

### **5.8.1. Γενικά**

Αυτό το Τμήμα αφορά τις γειώσεις και τις ισοδυναμικές συνδέσεις των εγκαταστάσεων επεξεργασίας πληροφοριών, καθώς και εγκαταστάσεων παρόμοιων προς αυτές, στις οποίες απαιτείται η διασύνδεση των συσκευών που τις αποτελούν για λόγους μετάδοσης δεδομένων.

Επίσης τα οριζόμενα σε αυτό το τμήμα μπορούν να εφαρμοσθούν και σε οποιοδήποτε άλλο

εξοπλισμό, στον οποίο είναι ενδεχόμενο να δημιουργούνται ανωμαλίες από παρεμβολές, *Σημειώσεις: 1 .-Στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας πληροφοριών περιλαμβάνονται όλα τα είδη ηλεκτρικού ή ηλεκτρονικού εξοπλισμού γραφείων ή τηλεπικοινωνιών. Ενδεικτικά αναφέρονται, ως παραδείγματα εγκαταστάσεων, στις οποίες έχουν εφαρμογή τα οριζόμενα σε αυτό το Τμήμα, τα ακόλουθα:*

*Συσκευές τηλεπικοινωνίας και μετάδοσης δεδομένων ηλεκτρονικών υπολογιστών ή άλλων εγκαταστάσεων που χρησιμοποιούν τη μετάδοση σημάτων με επιστροφή προς τη γη μέσω εσωτερικών ή εξωτερικών συνδέσεων του κτιρίου*

*Δίκτυα συνεχούς ρεύματος που εξυπηρετούν τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας πληροφοριών μέσα σ' ένα κτίριο.*

*Συστήματα συναγερμού πυρκαγιάς ή διάρρηξης*

2.- Δεν καλύπτονται από αυτό το Τμήμα οι επιδράσεις από υπερτάσεις οφειλόμενες σε ατμοσφαιρικές εκκενώσεις ή σε λειτουργία διακοπών.

3.- Σε αυτό το Τμήμα οι όροι γείωση λειτουργίας και ισοδυναμική σύνδεση λειτουργίας χρησιμοποιούνται με την έννοια των γειώσεων ή ισοδυναμικών συνδέσεων που χρησιμεύουν για τη μετάδοση σημάτων ή/και για την επίτευξη ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας.

Συνεπώς οι γειώσεις λειτουργίας και οι αντίστοιχοι αγωγοί γείωσης λειτουργίας είναι οι γειώσεις και οι αγωγοί γείωσης που απαιτούνται για άλλους λόγους, πλην της προστασίας έναντι ηλεκτροπληξίας. Αυτό δεν αποκλείει τη χρήση των γειώσεων ή των αγωγών γείωσης συγχρόνως και για τους δύο σκοπούς. Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιούνται οι όροι γείωση προστασίας και λειτουργίας και αγωγός προστασίας και γείωσης λειτουργίας.

### **5.8.2. Απαιτήσεις για τη γείωση των εγκαταστάσεων επεξεργασίας πληροφοριών**

Η γείωση των εγκαταστάσεων και των επιμέρους στοιχείων του εξοπλισμού επεξεργασίας πληροφοριών, η οποία απαιτείται για την προστασία έναντι ηλεκτροπληξίας, πρέπει να εκτελείται σύμφωνα με τα οριζόμενα στο Κεφάλαιο 41 και στα Τμήματα 541 μέχρι 547, είναι όμως δυνατόν να απαιτούνται και ορισμένα πρόσθετα μέτρα, για την ασφαλή και αξιόπιστη λειτουργία των εγκαταστάσεων, τα οποία ειδικότερα αφορούν:

- την προστασία έναντι ηλεκτρολυτικών διαβρώσεων
- την προστασία έναντι σημαντικών ρευμάτων επιστροφής συνεχούς ρεύματος μέσω των αγωγών γείωσης λειτουργίας ή μέσω των αγωγών προστασίας και γείωσης λειτουργίας
- τις ισοδυναμικές συνδέσεις που απαιτούνται για την επίτευξη της ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας του εγκατεστημένου εξοπλισμού.

### **5.8.3. Σύνδεση προς τον κύριο ακροδέκτη γείωσης**

*Σημείωση: Ο κύριος ακροδέκτης γείωσης μπορεί γενικά να χρησιμοποιείται για τον σκοπό της γείωσης λειτουργίας. Σ' αυτή την περίπτωση, από τη σκοπιά της εγκατάστασης επεξεργασίας πληροφοριών, ο κύριος αποδέκτης θεωρείται ως το σημείο σύνδεσης προς το δίκτυο γείωσης.*

#### **5.8.3.1. Κυκλώματα PELV**

Στην περίπτωση που κυκλώματα PELV καθώς και μη ενεργά αγωγίμα μέρη συσκευών (ανεξάρτητα από την τάση με την οποία τροφοδοτούνται) είναι γειωμένα για λόγους λειτουργίας, πρέπει να συνδέονται προς το σύστημα ισοδυναμικής σύνδεσης σύμφωνα με το Κεφάλαιο 41 .

Η γείωση λειτουργίας μπορεί να πραγματοποιείται μέσω του αγωγού προστασίας του κυκλώματος τροφοδότησης του εξοπλισμού επεξεργασίας πληροφοριών.

Σε μερικές περιπτώσεις η γείωση προστασίας και λειτουργίας μπορεί να πραγματοποιείται με έναν ιδιαίτερο αγωγό, ο οποίος συνδέεται προς τον κύριο ακροδέκτη γείωσης του κτιρίου.

#### **5.8.4. Συμβατότητα των εγκαταστάσεων επεξεργασίας πληροφοριών με αγωγούς PEN**

*Σημείωση:* Βλ. τη σημείωση της παραγράφου 413.1.3.2

Στα κτίρια στα οποία υπάρχει ή προβλέπεται ότι μπορεί να υπάρξει μια εγκατάσταση επεξεργασίας πληροφοριών, δεν πρέπει να εφαρμόζεται το σύστημα σύνδεσης των γειώσεων TN-C. Στην περίπτωση που εξωτερικά από το κτίριο εφαρμόζεται αυτό το σύστημα, θα πρέπει αμέσως μετά την είσοδο της τροφοδότησης στο κτίριο να διαχωρίζεται ο ουδέτερος αγωγός (N) από τον αγωγό προστασίας (PE)

*Σημείωση:* Η απαίτηση αυτή αποσκοπεί στην ελαχιστοποίηση της πιθανότητας εμφάνισης προβλημάτων ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας εξ αιτίας της ροής μέρους του ρεύματος του ουδέτερου μέσω των καλωδίων μετάδοσης των σημάτων.

#### **5.8.5. Προστασία έναντι ηλεκτρολυτικής διάβρωσης**

Στην περίπτωση που μέσω των αγωγών γείωσης λειτουργίας ή των αγωγών προστασίας και γείωσης λειτουργίας κυκλοφορεί συνεχές ρεύμα, πρέπει να λαμβάνονται μέτρα για την αποφυγή διαβρώσεων, τόσο στη γείωση της εγκατάστασης, όσο και σε άλλα μεταλλικά μέρη που βρίσκονται στην περιοχή.

#### **5.8.7. Εκτέλεση της γείωσης και των ισοδυναμικών συνδέσεων των εγκαταστάσεων επεξεργασίας πληροφοριών**

##### **5.8.7.1. Περιμετρικός ζυγός γείωσης**

Ο κύριος ακροδέκτης γείωσης του κτιρίου μπορεί να επεκταθεί, με τη σύνδεση προς αυτόν ενός περιμετρικού ζυγού γείωσης, δηλ. ενός αγωγού (κυκλικού ή πεπλατυσμένου) που θα διατρέχει το κτίριο, κατά τρόπον ώστε όλα τα στοιχεία του εξοπλισμού επεξεργασίας πληροφοριών, σε όλα τα σημεία του κτιρίου, να μπορούν να συνδέονται προς αυτόν και έτσι να γειώνονται με ένα συνδετικό αγωγό του μικρότερου δυνατού μήκους.

Κάθε αγωγός που, σύμφωνα με την παράγραφο 413.1.2.1, πρέπει να συνδεθεί με τον κύριο ακροδέκτη γείωσης, είναι επιτρεπτό να συνδέεται προς τον περιμετρικό ζυγό γείωσης σε οποιοδήποτε σημείο τους.

*Σημειώσεις.* 1.- Ο περιμετρικός ζυγός γείωσης πρέπει να είναι εύκολα προσιτός, ώστε να είναι διαθέσιμος για τις απαιτούμενες συνδέσεις. Κατά προτίμηση πρέπει να ακολουθεί την εσωτερική πλευρά της περιμέτρου του κτιρίου.

2.- Η αποτελεσματικότητα της ισοδυναμικής σύνδεσης που επιτυγχάνεται μέσω του περιμετρικού ζυγού γείωσης εξαρτάται από τη σύνθετη αντίσταση μεταξύ των σημείων σύνδεσης προς αυτόν και επομένως από τη διατομή του και από τη διαδρομή του μέσα στο κτίριο. Συνήθως είναι αρκετή μία διατομή 50 mm<sup>2</sup> χαλκού.

##### **5.8.7.1.1. Διαστασιολόγηση**

Ο περιμετρικός ζυγός γείωσης πρέπει να έχει τουλάχιστον τη διατομή που ορίζεται στην παράγραφο 547.1.1 για τον αγωγό της κύριας ισοδυναμικής σύνδεσης.

*Σημείωση:* Συνήθως για τα στοιχεία του εξοπλισμού επεξεργασίας πληροφοριών απαιτείται η χρησιμοποίηση αγωγών γείωσης και αγωγών ισοδυναμικής σύνδεσης με διατομή μεγαλύτερη από την απαιτούμενη για λόγους προστασίας.

#### **5.8.7.1.2. Συνδέσεις προς τον περιμετρικό ζυγό γείωσης**

Προς τον περιμετρικό ζυγό γείωσης επιτρέπεται να συνδέονται τα ακόλουθα:

- Όλοι οι αγωγοί που αναφέρονται στις παραγράφους 413.1.2.1 και 542.4.1
- Αγωγήματα πλέγματα, οπλισμοί ή θωρακίσεις καλωδίων ή εξοπλισμού τηλεπικοινωνιών.
- Αγωγοί ισοδυναμικών συνδέσεων σιδηροδρομικών εγκαταστάσεων
- Αγωγοί γείωσης διατάξεων προστασίας έναντι υπερτάσεων
- Αγωγοί γείωσης κεραιών ραδιοφωνικής εκπομπής
- Αγωγοί γείωσης κυκλωμάτων συνεχούς ρεύματος τροφοδότησης εξοπλισμού επεξεργασίας πληροφοριών
- Αγωγοί γείωσης λειτουργίας
- Αγωγοί αντικεραυνικής προστασίας
- Αγωγοί συμπληρωματικής ισοδυναμικής σύνδεσης σύμφωνα με την παράγραφο 413.1.2.2.

#### **5.8.7.1.3. Επιλογή και εγκατάσταση**

Στην περίπτωση εκτεταμένων εγκαταστάσεων επεξεργασίας πληροφοριών, ενδείκνυται ο περιμετρικός ζυγός γείωσης να έχει μορφή κλειστού δακτυλίου.

Ο περιμετρικός ζυγός γείωσης μπορεί να είναι γυμνός ή μονωμένος.

Ο περιμετρικός ζυγός γείωσης (κατά προτίμηση από χαλκό) πρέπει να εγκαθίσταται κατά τρόπο που να είναι προσιτός σε όλο το μήκος του. Μπορεί να στερεώνεται είτε στην επιφάνεια των τοίχων είτε σε εσοχές τους. Στα σημεία στήριξης ή διέλευσης μέσα από τοίχους, ο ζυγός πρέπει να μονώνεται για λόγους αποφυγής διαβρώσεων.

#### **5.8.7.2. Διαρρύθμιση των ισοδυναμικών συνδέσεων για να χρησιμεύουν ως συνδέσεις λειτουργίας**

*Σημειώσεις: 1 .- Οι ισοδυναμικές συνδέσεις μπορεί να περιλαμβάνουν αγωγούς ή μανδύες καλωδίων και μεταλλικά μέρη κτιρίου, όπως σωλήνες νερού, μεταλλικούς οχετούς καλωδίων ή ένα πλέγμα ενσωματωμένο στο δάπεδο ενός κτιρίου (ή τμήματος αυτού στην περίπτωση εκτεταμένων κτιρίων).*

*Σε μερικές περιπτώσεις μπορεί να ενδείκνυται να περιληφθούν στο γενικό σύστημα γείωσης και τα μεταλλικά μέρη κατασκευής του κτιρίου ή ο χαλύβδινος οπλισμός του σκυροδέματος. Στην τελευταία περίπτωση οι ράβδοι του οπλισμού πρέπει να είναι συγκολλημένες μεταξύ τους και να συνδέονται προς τον κύριο αγωγό γείωσης. Αν, για λόγους κατασκευαστικούς, δεν είναι εφικτή η συγκόλληση μπορούν να χρησιμοποιούνται ειδικοί συνδετήρες ή μπορούν να ενσωματώνονται πρόσθετες χαλύβδινες ράβδοι που θα συγκολλούνται μεταξύ τους και θα γεφυρώνονται με τις ράβδους του οπλισμού με μεταλλικά σύρματα (δεματικά)*

*2.- Κατά τη διαμόρφωση του συστήματος ισοδυναμικών συνδέσεων (επιλογή διατομών, μορφής κλπ) πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα χαρακτηριστικά της εγκατάστασης πληροφοριών (συχνότητες κλπ) καθώς και τα ηλεκτρομαγνητικά χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος.*

Η διατομή των αγωγών ισοδυναμικής σύνδεσης μεταξύ δύο στοιχείων του εξοπλισμού πρέπει να είναι σύμφωνη προς τα οριζόμενα στην παράγραφο 547.1.2

*Σημείωση: Στην περίπτωση βραχυκυκλώματος προς γειωμένα αγωγήματα μέρη μπορεί να εμφανισθούν υπερεντάσεις στις συνδέσεις μετάδοσης σημάτων μεταξύ στοιχείων του εξοπλισμού.*

Οι αγωγοί ισοδυναμικής σύνδεσης που πληρούν τις απαιτήσεις για τους αγωγούς προστασίας πρέπει να είναι αναγνωρίσιμοι όπως οι αγωγοί προστασίας, σύμφωνα με την παράγραφο

514.3.1.

Όταν, σε μια εκτεταμένη εγκατάσταση επεξεργασίας πληροφοριών, εγκαθίσταται, για λόγους λειτουργίας, ένα πλέγμα ισοδυναμικής σύνδεσης, έχουν εφαρμογή τα οριζόμενα στην παράγραφο 547.1.2.

### **5.8.7.3. Αγωγοί γείωσης λειτουργίας**

#### **5.8.7.3.1. Διατομή**

Κατά τον καθορισμό της διατομής των αγωγών γείωσης λειτουργίας πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα ρεύματα βραχυκυκλώματος που ενδέχεται να κυκλοφορήσουν και επίσης, στην περίπτωση που ο αγωγός γείωσης λειτουργίας χρησιμοποιείται και ως αγωγός επιστροφής, το ρεύμα κανονικής λειτουργίας και η πτώση τάσης στον αγωγό. Όταν δεν είναι διαθέσιμα τα αντίστοιχα στοιχεία, πρέπει να ζητούνται πληροφορίες από τον κατασκευαστή των μηχανημάτων σχετικά με τις υποδεικνυόμενες τιμές.

#### **5.8.7.3.2. Συνδέσεις αγωγών αντικεραυνικής προστασίας**

Οι αγωγοί σύνδεσης των διατάξεων αντικεραυνικής προστασίας προς τον περιμετρικό ζυγό γείωσης πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μικρού μήκους και να έχουν όσο το δυνατόν ευθύγραμμη διαδρομή, ώστε να ελαχιστοποιείται η σύνθετη αντίστασή τους.

### **5.8.7.4. Αγωγοί προστασίας και γείωσης λειτουργίας**

#### **5.8.7.4.1. Γενικά**

Οι αγωγοί προστασίας και γείωσης λειτουργίας πρέπει να ικανοποιούν τις απαιτήσεις του Τμήματος 543 για τους αγωγούς προστασίας και επιπροσθέτως τις απαιτήσεις της παραγράφου 548.7.3.1 για τους αγωγούς γείωσης λειτουργίας.

Ένας αγωγός επιστροφής συνεχούς ρεύματος της τροφοδότησης των μηχανημάτων επεξεργασίας πληροφοριών μπορεί επίσης να χρησιμεύει και ως αγωγός προστασίας και γείωσης λειτουργίας, υπό τον όρο ότι, σε περίπτωση διακοπής της συνέχειάς του, η αναμενόμενη τάση επαφής μεταξύ δύο συγχρόνως προσιτών αγωγίμων μερών δεν θα υπερβαίνει τα όρια του άρθρου 413.1 (50V εναλλασσόμενου ρεύματος ή 120 V συνεχούς ρεύματος).

Αν το συνεχές ρεύμα τροφοδότησης και τα ρεύματα των σημάτων προκαλούν σε ένα αγωγό προστασίας και γείωσης λειτουργίας μια πτώση τάσης που μπορεί να συνεπάγεται μια μόνιμη διαφορά δυναμικού σε ένα κτίριο, η διατομή αυτού του αγωγού πρέπει να είναι τέτοια, ώστε η πτώση τάσης να περιορίζεται στο 1 V κατά μέγιστο. Κατά τον υπολογισμό της πτώσης τάσης πρέπει να αγνοείται η επίδραση ενδεχόμενων παράλληλων διαδρομών του ρεύματος.

*Σημείωση: Ο κύριος λόγος αυτής της απαίτησης είναι ο περιορισμός των διαβρώσεων.*

#### **5.8.7.4.2 Τύποι αγωγών προστασίας και γείωσης λειτουργίας**

Ως αγωγοί προστασίας και γείωσης λειτουργίας μπορούν να χρησιμοποιούνται όλοι οι αναφερόμενοι στην παράγραφο 543.2.1.

#### **5.8.7.4.3 Απαιτήσεις για τη χρησιμοποίηση των αγωγίμων μερών των στοιχείων του εξοπλισμού επεξεργασίας πληροφοριών ως αγωγού προστασίας και γείωσης λειτουργίας**

Η ηλεκτρική συνέχεια της διαδρομής του ρεύματος πρέπει να εξασφαλίζεται:

- είτε από τον τύπο της κατασκευής

- είτε με την εφαρμογή κατάλληλων μεθόδων σύνδεσης, ώστε να αποφεύγεται η υποβάθμιση εξαιτίας μηχανικών, χημικών ή ηλεκτροχημικών επιδράσεων.

*Σημείωση: Ως παραδείγματα τέτοιων μεθόδων αναφέρονται η συγκόλληση, η ήλωση (πριτσίνωμα) και οι κοχλιωτές συνδέσεις εφόσον εξασφαλίζονται έναντι χαλάρωσης.*

Η αγωγιμότητα κάθε αγωγίου μέρους που χρησιμοποιείται ως αγωγός προστασίας και γείωσης λειτουργίας πρέπει να ικανοποιεί τις απαιτήσεις της παραγράφου 548.7.4.1.

Όταν ένα τμήμα του εξοπλισμού προβλέπεται να αφαιρείται, η ισοδυναμική σύνδεση μεταξύ των υπόλοιπων τμημάτων του εξοπλισμού δεν πρέπει να διακόπτεται, εκτός αν προηγουμένως έχει διακοπεί η τροφοδότηση αυτών των τμημάτων.

Όταν ο εξοπλισμός περιλαμβάνει σειρές από ερμάρια ή πλαίσια, οι οποίες έχουν μήκος 10m ή μεγαλύτερο, συνιστάται ο αγωγός προστασίας και γείωσης λειτουργίας να συνδέεται στα δύο άκρα κάθε σειράς προς τον περιμετρικό αγωγό γείωσης.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: Επίδραση τον Ηλεκτρικού Ρεύματος στον Άνθρωπο**

Η διέλευση ηλεκτρικού ρεύματος από το ανθρώπινο σώμα ονομάζεται ηλεκτροπληξία και είναι επικίνδυνη για την υγεία και τη ζωή του ανθρώπου.

Η δημοσίευση του IGC 479/1984 περιγράφει την επίδραση που έχει το ηλεκτρικό ρεύμα στον ανθρώπινο οργανισμό. Η αντίσταση που παρουσιάζει το ανθρώπινο σώμα στη διέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος εξαρτάται από την τάση, τη συχνότητα του ρεύματος την υγρασία του δέρματος και το μέγεθος της επιφάνειας επαφής. Ακόμη εξαρτάται από την διάρκεια που περνάει το ρεύμα και από τον δρόμο που θα ακολουθήσει το ρεύμα.

Θεωρητικά μια τάση 1000 V είναι πιο επικίνδυνη από μια τάση 100 V αλλά αυτό δεν είναι απόλυτο γιατί εάν το άτομο που έρθει σε επαφή με τον αγωγό είναι βρεγμένο μπορεί να σκοτωθεί με τα 100 V ενώ εάν είναι στεγνό να πάθει ηλεκτροπληξία αλλά να επιζήσει έστω και εάν η τάση είναι 1000 V. Αυτό συμβαίνει γιατί το στεγνό δέρμα παρουσιάζει μεγαλύτερη αντίσταση από το βρεγμένο δέρμα με αποτέλεσμα να εμποδίζεται η διέλευση μεγάλου ρεύματος. Η αντίσταση του δέρματος εξαρτάται από το σημείο την επιφάνεια και την διάρκεια επαφής π.χ. εάν το δέρμα είναι βρεγμένο μια επιφάνεια 3,2 cm του δακτύλου του χεριού έχει περίπου 15 KΩ αντίσταση, η ίδια επιφάνεια όταν το δέρμα είναι στεγνό (ξηρό) έχει αντίσταση 400 KΩ. Όταν αυξάνεται η επιφάνεια επαφής η αντίσταση ελαττώνεται.

Η αντίσταση στο εσωτερικό του σώματος είναι σταθερή και αρκετά χαμηλή 300 Ohm περίπου γιατί όπως γνωρίζουμε το ανθρώπινο σώμα αποτελείται από 85% νερό. Όταν έρθουμε σε επαφή με αγωγό υπό τάση συμβαίνουν τα εξής. Θερμαίνονται τα σημεία εισόδου και εξόδου του ρεύματος στο δέρμα και δημιουργούνται φουσκάλες οι οποίες μαζεύουν υγρό το οποίο αυξάνει την αγωγιμότητα του δέρματος με αποτέλεσμα τη διέλευση μεγαλύτερου ρεύματος. Έτσι σε 3 δευτερόλεπτα, η αντίσταση του δέρματος ελαττώνεται και φτάνει περίπου τα 200 Ohm. Εάν η τάση που εφαρμόζεται είναι 220 V τότε το ρεύμα μετά από 3 δευτερόλεπτα θα ανέβει από τα 110 mA στα 1,1 A που είναι πολύ επικίνδυνο ρεύμα. Το ονομάζουμε επικίνδυνο και όχι κατ' ανάγκη θανατηφόρο γιατί το αποτέλεσμα της ροής του ρεύματος μέσα στο σώμα εξαρτάται και από το δρόμο που θα ακολουθήσει το ρεύμα. Εάν περάσει από την καρδιά ή τον εγκέφαλο είναι περισσότερο επικίνδυνο χωρίς αυτό να σημαίνει ότι οι άλλοι δρόμοι δεν είναι επικίνδυνοι.



Το εναλλασσόμενο ρεύμα γίνεται αντιληπτό εάν η ένταση περάσει το 0,5 mA. Με την αύξηση της έντασης παρατηρείται μυϊκή συστολή που διαρκεί όσο και η ροή του ρεύματος.

Εντάσεις μεγαλύτερες από 10 mA μπορούν να προκαλέσουν σπασμωδική παράλυση των μυών σε βαθμό που ο άνθρωπος ακινητοποιείται και δεν μπορεί να ανοίξει το χέρι του που κρατάει τον ηλεκτροφόρο αγωγό. Στα 75 mA έχουμε απώλεια αισθήσεων και διακοπή της αναπνοής λόγω παράλυσης του αναπνευστικού συστήματος. Όσο η ένταση του ρεύματος πλησιάζει τα 100 mA τόσο περισσότερο πιθανός είναι ο θάνατος.

Από τα 100 mA έως τα 200 mA επέρχεται η ινιδική συστολή δηλαδή τα τοιχώματα των διαμερισμάτων της καρδιάς συστέλλονται και διαστέλλονται ακανόνιστα με αποτέλεσμα την καρδιακή προσβολή (καρδιακή μαρμαρυγή).

Από τα 200 mA έως τα 2 A παραλύουν όλα τα νεύρα κοντά στην καρδιά και στον εγκέφαλο. Στην είσοδο και στην έξοδο του ρεύματος δημιουργούνται εγκαύματα.

Από τα 2 A και πάνω έχουμε εγκαύματα βαρύτερης μορφής λόγω βρασμού των υγρών του σώματος και δημιουργίας ηλεκτρικού τόξου στο σημείο επαφής με τον ηλεκτροφόρο αγωγό. Πολύ μεγάλες εντάσεις δεν προκαλούν πάντα μαρμαρυγή αλλά συχνά θερμικά και ηλεκτρικά εγκαύματα.

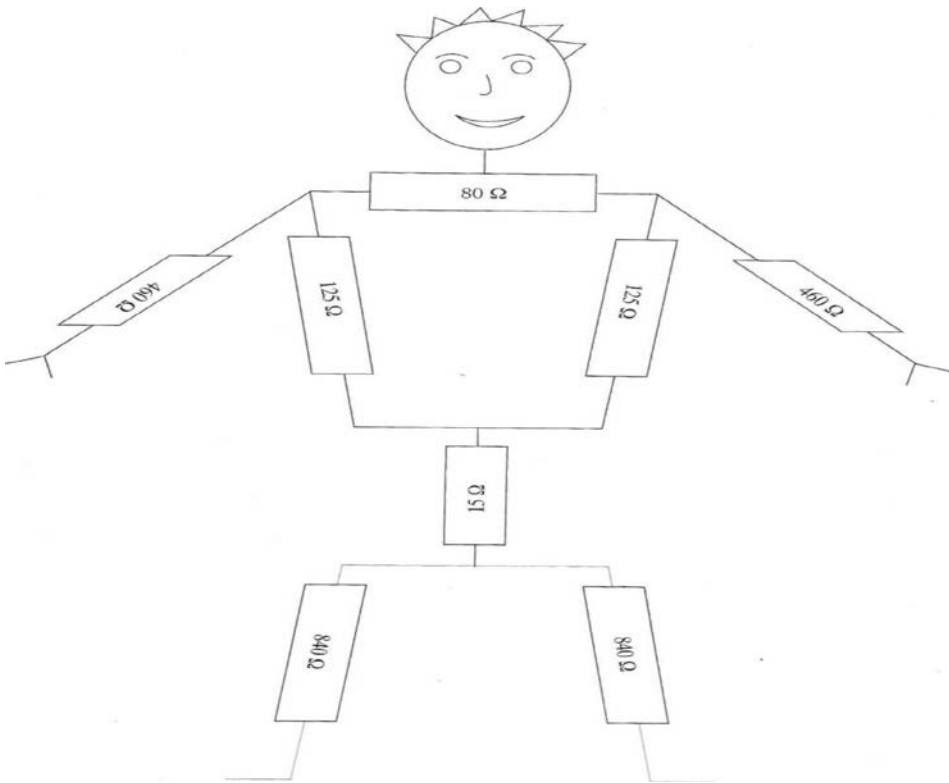
Τα θερμικά εγκαύματα προκαλούνται από τη θερμότητα του ηλεκτρικού τόξου και παρουσιάζουν συμπτώματα εγκαυμάτων. Τα ηλεκτρικά εγκαύματα προκαλούνται από τη ροή του ρεύματος εντός του οργανισμού. Τα εγκαύματα μπορεί να προκαλέσουν άμεσα ή αργότερα τον θάνατο.

Έχουν σωθεί άνθρωποι που επλήγησαν με τάση μεγαλύτερη των 1000 V και για ρεύμα μεγαλύτερο των 10 A.

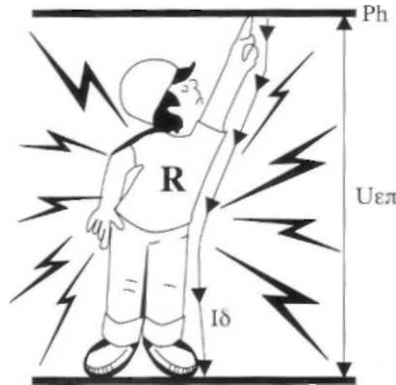
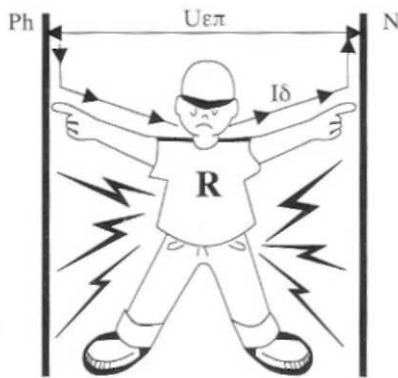
Η εξήγηση που δίνεται είναι ότι λόγω του μεγάλου ρεύματος επέρχεται πλήρης σύσφιξης του καρδιακού μυός και δεν προλαβαίνει να συμβεί το φαινόμενο της ινιδικής συστολής. Φυσικά θα πρέπει να γίνει τεχνητή αναπνοή στα πρώτα 5 λεπτά για να μπορέσει η καρδιά να επανέλθει. Το ανθρώπινο σώμα είναι καλός αγωγός του ηλεκτρισμού επομένως όταν βρεθεί μεταξύ δυο σημείων στα οποία υπάρχει διαφορά δυναμικού διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα.

Θα πρέπει να τονίσουμε ότι η ένταση είναι εκείνη που προκαλεί βλάβες ή θάνατο και όχι η τάση. Η ένταση όμως εξαρτάται από την τάση και την αντίσταση που βρίσκει το ρεύμα στη διαδρομή του. Το παρακάτω σχήμα δείχνει κατά προσέγγιση την αντίσταση του ανθρώπινου σώματος.

Οι βλάβες που θα προκαλέσει το ρεύμα εξαρτούνται από την διαδρομή που θα ακολουθήσει μέσα στο ανθρώπινο σώμα. Έτσι τα αποτελέσματα της ηλεκτροπληξίας είναι σοβαρότερα εάν το ρεύμα περάσει από την καρδιά. Π.χ. από το ένα χέρι στο άλλο ή από το αριστερό χέρι προς τα πόδια όπου φαίνεται στα παρακάτω σχήματα. Στην Ελλάδα σαν όριο μεταξύ επικίνδυνων και ακίνδυνων τάσεων θεωρούμε τα 50 V (εναλλασσόμενη τάση).



### 61: Παράγοντες που επηρεάζουν τα αποτελέσματα μιας ηλεκτροπληξίας

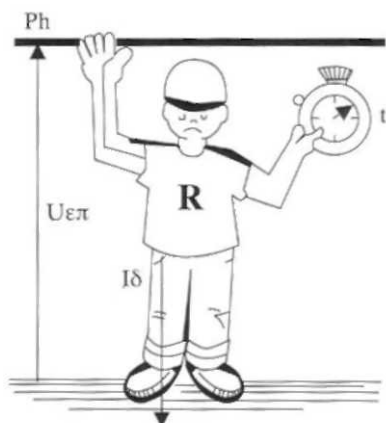


Για κάποια αντίσταση  $R$  του ανθρώπινου σώματος το ρεύμα διαρροής εξαρτάται άμεσα από τη τάση επαφής  $U_{επ}$

$$I_{δ} = \frac{U_{επ}}{R_{ανθρ}}$$

$U_{επ}$  = τάση επαφής. Μεγαλύτερη από 50 V θεωρείται επικίνδυνη.

$I_{δ}$  = Ρεύμα μέσα από το ανθρώπινο σώμα. Μεγαλύτερο από 30 mA θεωρείται επικίνδυνο.



α) Η διαδρομή που θα ακολουθήσει το ρεύμα μέσα από το ανθρώπινο σώμα.

β) Ο τρόπος και ο χρόνος επαφής Η σταθερή επαφή με ένα ηλεκτροφόρο σώμα (π.χ. αγωγό φάσης) εμφανίζει μικρή αντίσταση διάβασης του ρεύματος στο σημείο επαφής.

γ) Ο χρόνος επαφής είναι καθοριστικός για τις συνέπειες. Πρέπει ταχύτατα να διακοπεί το ρεύμα

$U_{\epsilon\pi} = 220$



## Κεφάλαιο 7 :Αντίσταση γείωσης

### 7.1:ΓΕΝΙΚΑ

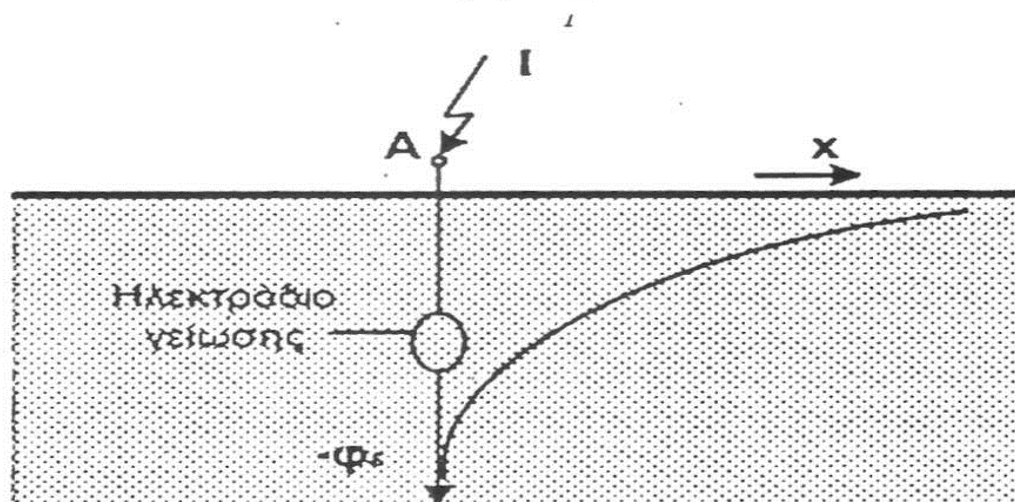
#### Η γείωση και η αντίσταση της.

Πολλές φορές ορισμένα στοιχεία των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων συνδέονται αγώγιμα με το έδαφος. Αυτό γίνεται είτε για λόγους καθαρά λειτουργικούς, είτε για λόγους προστασίας.

Η διαδικασία αυτή της αγώγιμης σύνδεσης ενός στοιχείου μιας εγκατάστασης ή και ολόκληρης της εγκατάστασης με το έδαφος λέγεται γείωση του στοιχείου ή της εγκατάστασης. Για να γίνει αυτό βυθίζουμε μέσα στο έδαφος μεταλλικά ηλεκτρόδια καταλλήλου μεγέθους και σχήματος και τα συνδέουμε αγώγιμα με τα στοιχεία, που πρέπει να γειωθούν. Τα ηλεκτρόδια αυτά ονομάζονται ηλεκτρόδια γείωσης.

Εάν μέσω του ηλεκτροδίου δεν κυκλοφορεί ρεύμα, το δυναμικό όλων των σημείων του κλάδου γείωσης ισούται με το δυναμικό της γης, το οποίο λαμβάνεται ίσο με το μηδέν.

Αντίθετα, εάν μέσα από το ηλεκτρόδιο διαβιβασθεί ηλεκτρικό ρεύμα έντασης  $I$  τότε εγκαθίσταται μέσα στο έδαφος πεδίο ροής και έτσι τα σημεία του αποκτούν διάφορα δυναμικά. Η κατανομή των δυναμικών των σημείων του εδάφους συναρτήσει της απόστασης τους από το σημείο γείωσης παρίσταται στο παρακάτω σχήμα:



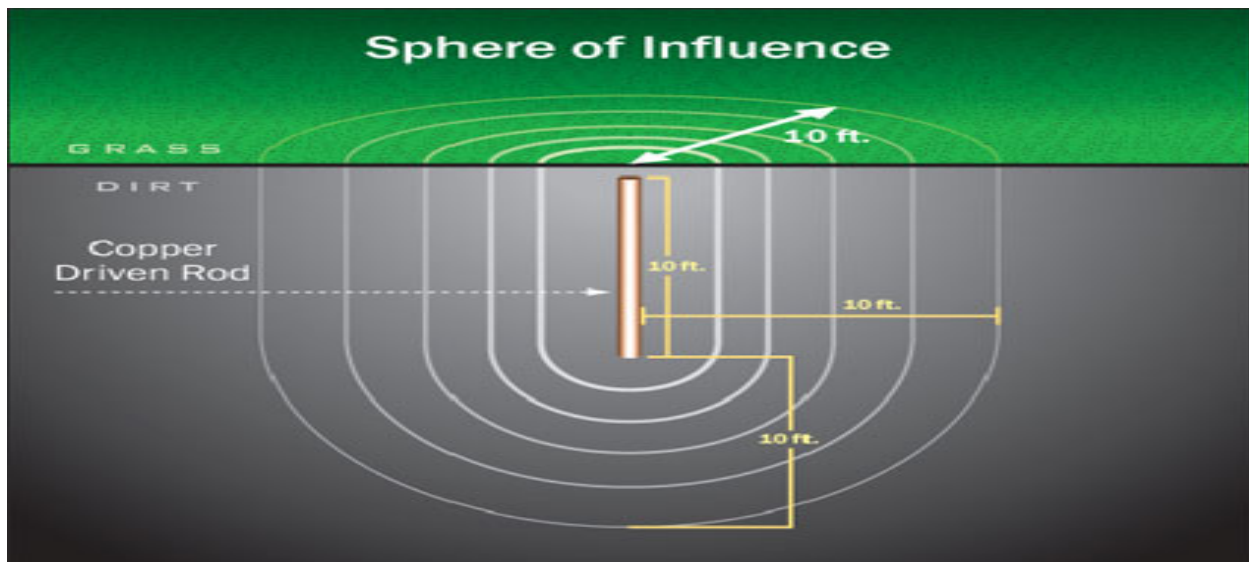
Σχ. 4.34 Κατανομή των δυναμικών των σημείων του εδάφους συναρτήσει της απόστασης  $x$  από το ηλεκτρόδιο προσγείωσης.

Θεωρητικά μόνο τα σημεία, που βρίσκονται σε άπειρη απόσταση από το ηλεκτρόδιο, διατηρούν δυναμικό ίσο με το μηδέν. Πρακτικά μπορούμε να δεχθούμε ότι τα δυναμικά των σημείων που βρίσκονται σε απόσταση  $L > 20\text{m}$  από το ηλεκτρόδιο ισούνται με το μηδέν. Το δυναμικό  $\phi_E$  ως προς γη του ηλεκτροδίου προσγείωσης δίνεται από την σχέση:

$$\phi_E = I R_E$$

όπου η  $R_E$  αποτελεί την "αντίσταση γείωσης".

Η μοντελοποίηση της αντίστασης γείωσης με την ωμικής φύσης  $R_E$  δεν γίνεται πλέον αποδεκτή στις περιπτώσεις όπου τα ρεύματα  $I$  που διαβιβάζονται προς το έδαφος είναι "κρουστικά ρεύματα", (κεραυνοί, σφάλματα δικτύων προς τη γη κτλ.). Τα τελευταία χρόνια πολλοί ερευνητές σε παγκόσμιο επίπεδο αναζητούν το κατάλληλο μοντέλο της "αντίστασης γείωσης", υιοθετώντας συνδυασμούς ωμικών, επαγωγικών και χωρητικών "στοιχείων". Η αντίσταση γείωσης του ηλεκτροδίου για μια δοσμένη εκφόρτιση ρεύματος είναι ο λόγος της διαφοράς δυναμικού ανάμεσα σε ένα σημείο του ηλεκτροδίου και ενός απομακρυσμένου σημείου της επιφάνειας του εδάφους και του ρεύματος εκφόρτισης. Είναι, δηλαδή, η αντίσταση διαβάσεως από το αγωγίμο υλικό του ηλεκτροδίου προς το περιβάλλον έδαφος. Η αντίσταση γείωσης του ηλεκτροδίου είναι ισοδύναμη με την ωμική αντίσταση του χωμάτινου περιβάλλοντος του ηλεκτροδίου και όχι της



επιφανειακής αντίστασης του ηλεκτροδίου [8]. Συνεπώς, εξαρτάται άμεσα από τη μορφή και τις διαστάσεις των ηλεκτροδίων γείωσης, από το βάθος εγκατάστασης αυτών και την ειδική αντίσταση του εδάφους. Σε κρουστικές τάσεις και για γειωτές με μήκος μεγαλύτερο από 10m, έχει παρατηρηθεί αύξηση της αντίστασης. Σε κρουστικές τάσεις 0,3/30μs, η αντίσταση θεμελιακού γειωτή ανέρχεται από τα 3Ω στα 26Ω. Η άνοδος της αντίστασης γίνεται στο μέτωπο τάσης. Η αντίσταση υπό κρουστικές τάσεις χαρακτηρίζεται και σαν κρουστική αντίσταση.

Η  $R_E$  πρέπει να είναι μικρής τιμής ώστε και σε μεγάλες τιμές της έντασης  $I$  να προκύπτουν μικρές τιμές του δυναμικού  $\phi_E$ .

Η αντίσταση γείωσης  $R_E$  εξαρτάται από την μορφή και τις διαστάσεις του ηλεκτροδίου, από το βάθος της εγκατάστασης του μέσα στο έδαφος και από την ειδική αγωγιμότητα του εδάφους που το περιβάλλει. Η ειδική αγωγιμότητα του εδάφους είναι συνάρτηση της υγρασίας, της θερμοκρασίας και των ευρισκομένων μέσα σε αυτό αλάτων.

Σε περιπτώσεις στις οποίες το ηλεκτρόδιο γείωσης έχει κανονικό γεωμετρικό σχήμα μπορούμε, αν δεχθούμε σταθερή την αγωγιμότητα του εδάφους, να βρούμε υπολογιστικά την τιμή της αντίστασης  $R_E$ . Στην γενική περίπτωση, κατά την οποία ούτε η αγωγιμότητα του εδάφους παραμένει σταθερή ούτε το ηλεκτρόδιο γείωσης έχει κανονικό γεωμετρικό σχήμα, η αντίσταση  $R_E$  βρίσκεται μετά από μέτρηση. Για τον σκοπό αυτό έχουν αναπτυχθεί διάφορες μέθοδοι, τις οποίες θα αναπτύξουμε παρακάτω.

Όλες οι μέθοδοι βασίζονται πάνω στη ίδια αρχή. Διαβιβάζεται ρεύμα έντασης  $I$  μέσα από το ηλεκτρόδιο γείωσης και μετριέται η διαφορά δυναμικού  $V_E$  μεταξύ του ηλεκτροδίου και του εδάφους, δηλαδή μεταξύ του ηλεκτροδίου και των σημείων του εδάφους σε απόσταση  $L > 20m$  από το ηλεκτρόδιο (το  $\phi_E$  συμπίπτει με την διαφορά δυναμικού διότι  $\phi_{\text{εδαφ}} = 0$ ). Προκύπτει τότε η αντίσταση  $R_E$  από την σχέση  $\phi_E = I R_E$  ως:

$$R_E = \frac{V_E}{I}$$

Για την αποφυγή σφαλμάτων, από τα συνεχή ή εναλλασσόμενα ρεύματα, που ενδεχομένως κυκλοφορούν μέσα στο έδαφος (τα οποία έχουν διαφύγει από τα δίκτυα ενεργείας), θα πρέπει η συχνότητα της εναλλασσόμενης τάσης, η οποία χρησιμοποιείται για τη μέτρηση, να μη συμπίπτει με τις συχνότητες 16,66, 25, 50 και 60 Hz, οι οποίες συναντώνται στα εν λόγω δίκτυα.

## 7.2: ΤΥΠΟΙ ΚΑΙ ΜΟΡΦΕΣ ΓΕΙΩΤΩΝ

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

### 7.2.1 Ραβδοειδής Ράβδος κυκλικής διατομής ή διατομής σταυρού, διαφόρων μηκών

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

#### 7.2.1.1 Ραβδοειδής γειωτής κυκλικής διατομής



Κατασκευάζεται από χάλυβα ηλεκτρολυτικά επιχάλκωμένο, με πάχος επιχάλκωσης τουλάχιστον 250μm έτσι ώστε να εμπιγνυται και στα πιο σκληρά εδάφη χωρίς να απογυμνώνεται η χαλύβδινη ψυχή, που θα έχει σαν αποτέλεσμα την γρήγορη διάβρωσή της. Ράβδοι με μικρότερο πάχος ηλεκτρολυτικής επιχάλκωσης ή επιχάλκωμένες μηχανικά με μανδύα χαλκού πρέπει να αποφεύγονται, οι μεν πρώτες για τον παραπάνω αναφερόμενο λόγο, οι δεύτερες διότι κατά την έμπηξη, ο χάλκινος μανδύας αποκολλάται και συγκεντρώνεται προς το άνω μέρος της ράβδου με αποτέλεσμα την αποκάλυψη της χαλύβδινης ψυχής και την γρήγορη διάβρωσή της. Οι συνήθεις διαστάσεις των ραβδοειδών

γειωτών κυκλικής διατομής κυμαίνονται από 12mm έως 23 mm σε διάμετρο και 1,2m έως 3 m σε μήκος. Οι ράβδοι κυκλικής διατομής συνήθως φέρουν σπείρωμα στο άνω και κάτω άκρο το οποίο πρέπει να δημιουργείται με διαμόρφωση και όχι με κοπή, αποφεύγοντας έτσι τον κίνδυνο αποκάλυψης της χαλύβδινης ψυχής της ράβδου με αποτέλεσμα την διάβρωσή της. Με το τρόπο αυτό, εφ' όσον οι συνθήκες το επιτρέπουν οι ράβδοι μπορούν να επιμηκυνθούν στο διπλάσιο, τριπλάσιο, κοκ του μήκους των, με την χρήση ορειχάλκινων συνδέσμων επιμήκυνσης (μούφες). Οι σύνδεσμοι αυτοί δεν επιτρέπεται να κατασκευάζονται από άλλο υλικό όπως Αλουμίνιο ή Χάλυβα, προκειμένου να έχουν την κατάλληλη μηχανική αντοχή στη διάβρωση και πολύ μικρή αντίσταση διαβάσεως του ρεύματος σφάλματος αντίστοιχα.

### 7.2.1.2 Ραβδοειδής γειωτής διατομής σταυρού



Κατασκευάζεται από χάλυβα θερμά επιψευδαργυρωμένο, με πάχος επιψευδαργύρωσης τουλάχιστον 50μm. Όσο πιο μεγάλο είναι το πάχος της επιψευδαργύρωσης του γειωτή, τόσο μεγαλύτερη είναι η αντοχή του στην διάβρωση.

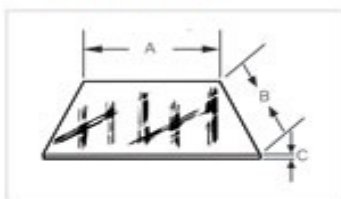
Οι διαστάσεις του γειωτή είναι 5 cm διάμετρος και μήκη 1,5m , 2m και 2,5m. Το πάχος των ελασμάτων που δημιουργούν την σταυροειδή διατομή είναι 3mm.

Ο γειωτής πρέπει να φέρει στο άνω σημείο του, συγκολλημένο διάτρητο έλασμα για την προσαρμογή του αγωγού γείωσης.

### 7.2.2 Γειωτής πλάκας

ΣΥΝΔΕΣΗ ΧΑΛΚΟΥ

ΧΑΛΚΙΝΗ ΠΛΑΚΑ



ΥΛΙΚΟ:ΥΛΕΚΤΡΟΛΙΤΙΚΟΣ ΧΑΛΚΟΣ

ΥΛΙΚΟ: ΧΑΛΥΒΑΣ

Πλάκα διαφόρων διαστάσεων (ελάχιστο 500x500 x 2mm) από καθαρό ηλεκτρολυτικό χαλκό ή χάλυβα θερμά επιψευδαργυρωμένο ή μόλυβδο, με ελάχιστο πάχος 2mm. Τοποθετείται κατακόρυφα εντός του εδάφους, σε βάθος τουλάχιστον 50cm.

Η τιμή της αντίστασης της γείωσης μειώνεται όσο μεγαλώνουν οι διαστάσεις της πλάκας και όσο βαθύτερα τοποθετείται στο έδαφος.

### 7.2.3 Γειωτής ταινίας

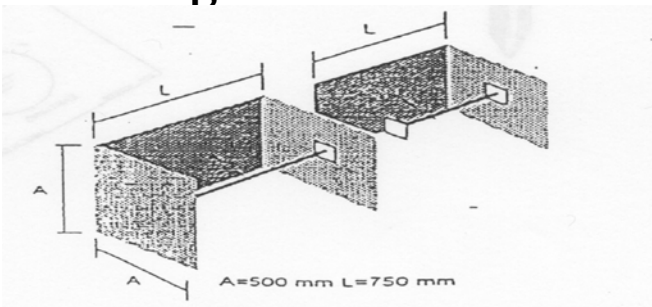


Ταινία διαφόρων διαστάσεων από χαλκό ή θερμά επιψευδαργυρωμένο χάλυβα. Τοποθετείται κάθετα σε μικρό βάθος μέσα στο έδαφος, περίπου 50 έως 70cm. Η τιμή της αντίστασης της γείωσης μειώνεται όσο μεγαλώνει το μήκος της ταινίας που βρίσκεται εντός του εδάφους. Εναλλακτικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί αγωγός κυκλικής διατομής, αλλά συνήθως λόγω της μικρότερης επιφάνειας επαφής του με το έδαφος, η μετρούμενη τιμή αντίστασης γείωσης κυμαίνεται σε υψηλότερα επίπεδα από την αντίστοιχη ταινία ισοδύναμου διατομής. Τέλος δεν συνιστάται η χρήση του συρματοσχοινού ως αντικατάσταση της ταινίας, αν και το επιτρέπουν οι κανονισμοί ΚΕΗΕ, γιατί διαβρώνεται εύκολα. Για αυτό το λόγο δεν το συνιστούν οι κανονισμοί VDE 100.

Ταινία χαλκού. Κατασκευάζεται από καθαρό ηλεκτρολυτικό χαλκό οι δε διαστάσεις της είναι συνήθως 30 x 2 mm, 30 x 3 mm και 40 x 3 mm.

Ταινία χαλύβδινη θερμά επιψευδαργυρωμένη. Οι συνήθεις διαστάσεις της είναι 30 x 3,5mm και 40 x 4 mm με επιψευδαργύρωση 500 ή 300gr/m<sup>2</sup>.

### 7.2.4 Γειωτής τύπου "Ε"



Ο γειωτής "Ε" αποτελείται ουσιαστικά από δύο στοιχεία. Κάθε ένα από αυτά τα στοιχεία αποτελούνται από πλάκες όπου αφού συναρμολογηθούν κατάλληλα μεταξύ τους, το πρώτο παίρνει την μορφή "Π" και το δεύτερο την μορφή "Γ". Τα δύο στοιχεία συναρμολογούνται με μεταλλικές γωνίες, κοχλίες και περικόχλια M8 ανοξείδωτα τύπου A<sub>2</sub>.

Ύστερα από μετρήσεις και δοκιμές διαπιστώνεται ότι τα χαρακτηριστικά αντίστασης γείωσης είναι ανάλογα με αυτά 5 πλακών ίδιων διαστάσεων αλλά σε απόσταση τουλάχιστον 3m η μία από την άλλη, ή 6 ράβδων μήκους 1,5m σε απόσταση 4m η μία από την άλλη. Κατασκευάζεται από καθαρό ηλεκτρολυτικό χαλκό ή χάλυβα θερμά επιψευδαργυρωμένο (πάχος επιψευδαργύρωσης 50 μm). Ο γειωτής τύπου "Ε" μπορεί να επεκταθεί με περισσότερα στοιχεία "Γ" μειώνοντας κατά αυτό τον τρόπο την επιτυγχανόμενη τιμή της αντίστασης γείωσης όπως φαίνεται στον πίνακα που ακολουθεί.

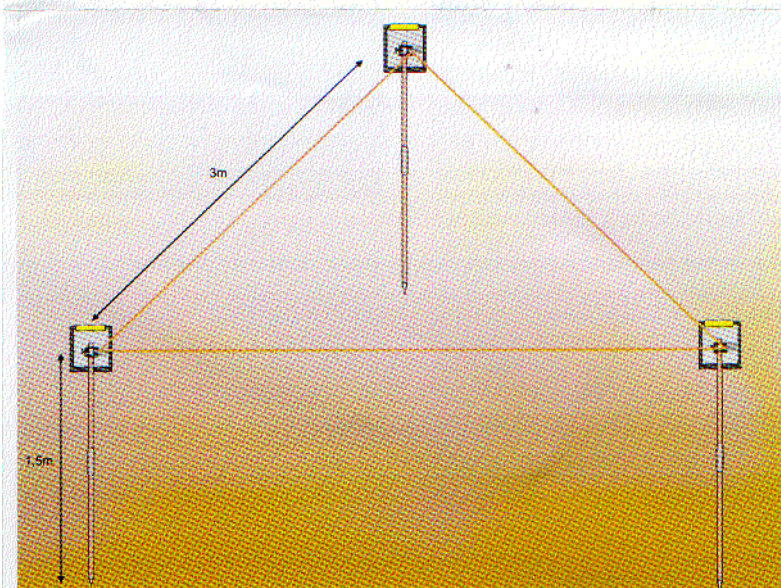


Στοιχείο γειωτή Ειδική αντίσταση	Αντίσταση(Ω) ρ <sub>ε</sub> =100Ωm	Αντίσταση(Ω) ρ <sub>ε</sub> =200Ωm	Αντίσταση(Ω) ρ <sub>ε</sub> =300Ωm	Αντίσταση(Ω) ρ <sub>ε</sub> =400Ωm
<b>1Π</b>	17,5	35,0	70,0	87,6
<b>1Π+1Γ</b>	10,4	20,8	41,6	52,0
<b>1Π+2Γ</b>	7,4	14,8	29,6	37,0
<b>1Π+3Γ</b>	5,7	11,4	22,9	28,7
<b>1Π+4Γ</b>	4,6	9,3	18,7	23,4
<b>1Π+5Γ</b>	3,9	7,9	15,8	19,8
<b>1Π+6Γ</b>	3,4	6,8	13,7	17,1
<b>1Π+7Γ</b>	3,0	6,0	12,1	15,1
<b>1Π+8Γ</b>	2,7	5,4	10,8	13,5

\* Για τιμές εκτός των ορίων των τιμών του πίνακα η εκτίμηση γίνεται αναλογικά

### 7.3. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΕΙΩΣΗΣ

#### 7.3.1 Πολυγωνική διάταξη



Κατασκευάζεται από ραβδοειδής γειωτές οι οποίοι τοποθετούνται στις κορυφές ισόπλευρου πολυγώνου συνήθως δε τριγώνου (τριγωνική γείωση). Οι ράβδοι συνδέονται μεταξύ τους με αγωγό γείωσης αναλόγου διατομής με τις απαιτήσεις της εγκατάστασης (συνήθως 50 mm<sup>2</sup> Cu). Η απόσταση μεταξύ των ράβδων πρέπει να είναι τουλάχιστον 1,5 φορά του βάθους έμπηξης. Πολλές φορές για λόγους έλλειψης χώρου ή ευκολίας, αντί της πολυγωνικής διάταξης οι ράβδοι μπορούν να τοποθετηθούν σε ευθεία διάταξη, σε "T" διάταξη, σε κυκλική διάταξη κλπ. πάντα όμως θα πρέπει η απόσταση μεταξύ των να είναι τουλάχιστον 1,5 φορά του βάθους έμπηξης των.

#### 7.3.2 Γείωση με πλάκες

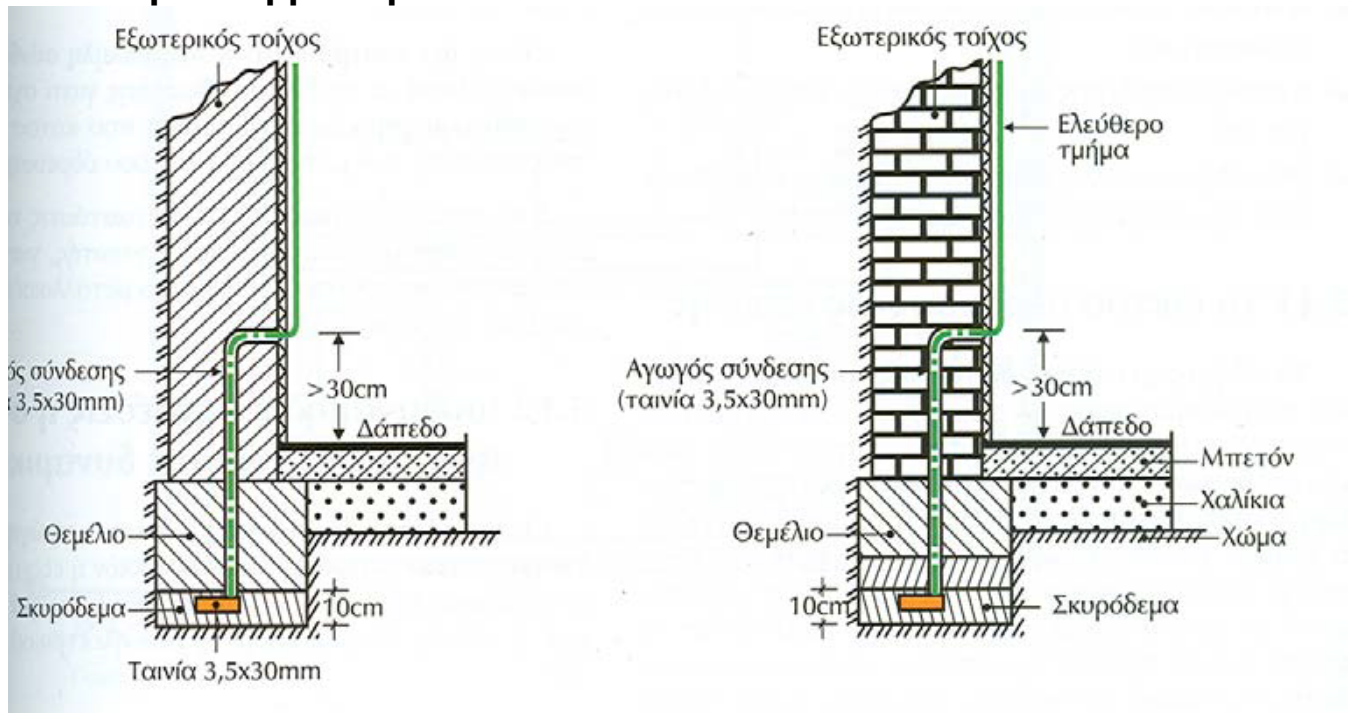
Κατασκευάζεται από πλάκες οι οποίες τοποθετούνται σε τυχαία διάταξη αρκεί η απόσταση μεταξύ των να είναι τουλάχιστον 3 m. Οι πλάκες συνδέονται μεταξύ τους με αγωγό γείωσης

αναλόγου διατομής με τις απαιτήσεις της εγκατάστασης(συνήθως 50 mm<sup>2</sup> Cu).

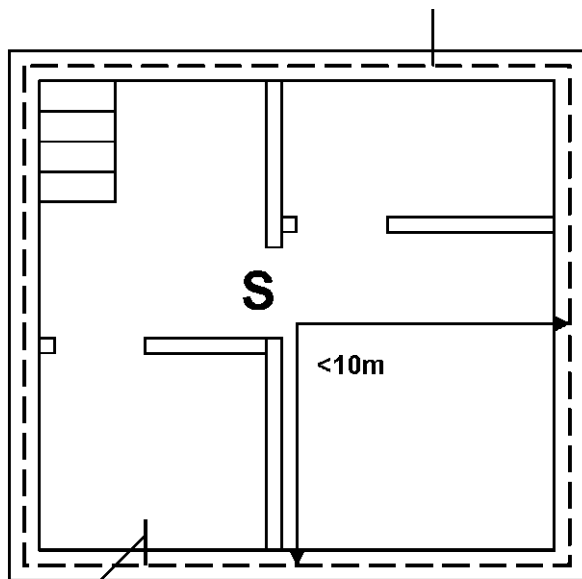
### 7.3.3 Περιμετρική γείωση

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

### 7.3.4 Θεμελιακή γείωση



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



Απόληξη για σύνδεση

Η τιμή της αντίστασης της γείωσης μειώνεται όσο μεγαλώνει το μήκος της ταινίας, όπως ακριβώς συμβαίνει και στην περίπτωση της περιμετρικής γείωσης με ταινία. Σύμφωνα με το άρθρο 27 των ΚΕΗΕ η διατομή της ταινίας πρέπει να είναι τουλάχιστον  $100\text{mm}^2$  με ελάχιστο πάχος  $3\text{mm}$ .

Συνιστάται η τοποθέτηση χαλύβδινης θερμά επιψευδαργυρωμένης ταινίας και όχι χάλκινης, για την αποφυγή ηλεκτροχημικών διαβρώσεων με τον υπάρχοντα οπλισμό.

#### 7.3.4.1 Πλεονεκτήματα της θεμελιακής γείωσης

Η θεμελιακή γείωση έναντι των συμβατικών τύπων γείωσης παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα:

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

Για τους παραπάνω λόγους, η εγκατάσταση θεμελιακής γείωσης επιβάλλεται από τους κανονισμούς DIN 18015 Teil 1 και προτείνεται από τους ΚΕΗΕ για κάθε νεοαναγειρόμενο κτίριο.

#### 7.3.5 Γείωση με γειωτή τύπου "E"



Κατασκευάζεται από ένα στοιχείο "Π" και ένα ή παραπάνω στοιχεία "Γ" και τοποθετείται εντός σκάμματος βάθους τουλάχιστον 1m, πλάτους τουλάχιστον 75cm και μήκος αναλόγως του αριθμού των στοιχείων "Γ" που θα τοποθετηθούν.

### 7.3.6 Συνδυασμός γειώσεων


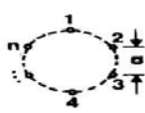

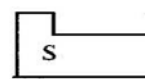
Η τιμή της αντίστασης εξαρτάται από το μήκος και την επιφάνεια του ηλεκτροδίου που έρχεται σε επαφή με το υπέδαφος. Πολλές φορές λόγω μεγάλης ειδικής αντίστασης του υπεδάφους (βραχώδες, ξηρή άμμος κλπ.) αλλά και περιορισμένου διαθέσιμου για γείωση χώρου, απαιτείται να γίνει κάποιος συνδυασμός από τα παραπάνω είδη γείωσης τέτοιος ώστε να πετυχαίνουμε "αύξηση" του μήκος του γειωτή χωρίς να απαιτείται επί πλέον χώρος.


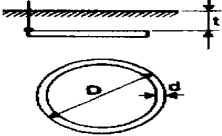
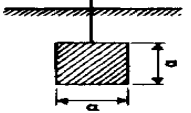
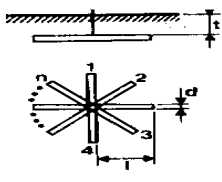

Το συνηθέστερο παράδειγμα είναι της περιμετρικής γείωσης η οποία συντάσσεται με ράβδους γείωσης κατά μήκος αυτής.

Προσοχή πρέπει να δίδεται ώστε τα χρησιμοποιούμενα υλικά πρέπει να είναι του ίδιου ή συγγενών μετάλλων έτσι ώστε να μην παρουσιάζονται **φαινόμενα ηλεκτροχημικής διάβρωσης**.

### 7.4 Αντιστάσεις γειωτών

Οι αντιστάσεις των διαφόρων γειωτών φαίνονται στον Πίνακα 1.2:

	Γειωτής	Τύπος	Προσεγγιστικός τύπος
	Πάσσαλος (πλάγια όψη)	$R_{A1} = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l_{eff}} \cdot \ln\left(\frac{4 \cdot l_{eff}}{d}\right)$ $l_{eff} \approx l - 0.5 m$	$R_A \approx \frac{\rho}{l_{eff}}$
	Πολύγωνο Πασσάλων $a \geq 1$ (κάτοψη)	$R_A \approx k \cdot \frac{1}{n} \cdot R_{A1}$ $\frac{a}{l} = 3 : n = 5 : k \approx 1.2$ $R_{A1} = \text{αντίσταση ενός πασσάλου}$	$K = (1 \dots 1.5)$ για $n = 10 : k \approx 1.2$
	Ταινία γείωσης ή επιφανειακός γειωτής, βάθος $h = 0,5 \dots 1,0 m$ (πλάγια όψη)	$R_A = \frac{\rho}{\pi l} \ln\left(\frac{2l}{d}\right)$	$R_A \approx \frac{2\rho}{l}$
	Θεμελιακή γείωση $D = \sqrt{\frac{4}{\pi} S}$		$R_A = \frac{2 \rho}{\pi D}$

	Πλέγμα σε βάθος 0,5 -1,0 m $D = \sqrt{\frac{4bl}{\pi}}$ (κάτοψη)	$R_A \approx \frac{\rho}{2d} + \frac{\rho}{lg}$ $l \cdot g = \text{συνολικό μήκος αγωγού}$	$R_A \approx \frac{\rho}{2D}$
	Κυκλικός γειωτής (κάτοψη)	$R = \frac{\rho}{2\pi^2 D} \ln \frac{8D}{d}$ $\cdot \left( 1 + \frac{\ln \frac{2D}{l}}{\ln \frac{8D}{d}} \right)$	$R = \frac{2\rho}{\pi D} *$
	Γειωτής πλάκας, πλάγια όψη S [m <sup>2</sup> ]		$R = \frac{\rho}{4.5a} **$
	n=2 n=3 n=4 n=5	$R = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \left( \frac{l^2}{0.27ld} \right)$ $R = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \left( \frac{l^2}{0.25ld} \right)$ $R = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \left( \frac{l^2}{0.22ld} \right)$ $R = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \left( \frac{l^2}{0.09ld} \right)$	
	Ημισφαιρικός γειωτής	$R = \frac{\rho}{\pi D} ***$	
<p>Όπου εμφανίζεται το πάχος του αγωγού d, αυτό είναι το ισοδύναμο πάχος</p> $d = \sqrt{4 \cdot \frac{A}{\pi}}$ , όπου A η διατομή του αγωγού. * Για ακανόνιστους βρόχους μπορεί να χρησιμοποιηθεί η ισοδύναμη διάμετρος $D = 0,33U$ , U = μήκος αγωγού ** Για πλάκες που δεν είναι τετράγωνες θέτουμε: $a = \sqrt{S}$ , όπου S = επιφάνεια *** Για ένα γειωτή όγκου V ακανόνιστου σχήματος, εφαρμόζεται ο τύπος του σφαιρικού γειωτή με $D = 1,57\sqrt[3]{V}$			

### 7.4.1 Διάβρωση ηλεκτροδίων

Η διάβρωση που μπορεί να υποστεί ένα ηλεκτρόδιο γειώσεως στη γη είναι δύο ειδών :

**7.4.1.1 Ιδιοδιάβρωση**, όταν το μέταλλο υφίσταται την επίδραση μόνο του, λόγω του περιβάλλοντος του εδάφους και όχι άλλου μετάλλου γειώσεως.

Η βαθμιαία χημική διάβρωση π.χ. οξειδωση που προκαλεί το έδαφος εξαρτάται από το βαθμό pH, την υγρασία και τον αερισμό του χώματος.

Διαπιστώθηκε ότι ηλεκτρόδια γειώσεως από γαλβανισμένο χάλυβα μέσα σε σκυρόδεμα πρακτικά δεν διαβρώνονται,

έχουν αντέξει πάνω από 100 έτη χωρίς σοβαρές αλλοιώσεις.

- Έχουμε όμως ηλεκτροχημική διάβρωση όταν ηλεκτρόδιο χάλυβα βρίσκεται σε διαφορετικό περιβάλλον π.χ. εντός σκυροδέματος και μέσα σε χώμα.
- Αυτό διότι ο χάλυβας στο σκυρόδεμα και στο χώμα έχει διαφορετικό δυναμικό
- Έχουν παρατηρηθεί καταστρεπτικές διαβρώσεις γειωτών στο έδαφος που ήταν βραχυκυκλωμένοι με γειωτές σε σκυρόδεμα.

### 7.4.1.2. Διάβρωση επαφής ή ηλεκτροχημική διάβρωση ή ηλεκτρολυτική διάβρωση

όταν δυο μέταλλα είναι ενταφιασμένα σε αγώγιμο περιβάλλον και ενωμένα μεταξύ τους, Κάθε μέταλλο αναπτύσσει ένα ηλεκτροχημικό δυναμικό, μια τάση μεταξύ αυτού και της άπειρης γη, που εξαρτάται από το μέταλλο και το περιβάλλον έδαφος.

Αν ενωθούν δυο μέταλλα και υπάρχει διαφορά στην ηλεκτροχημική τους τάση , τότε ρέει ένα ρεύμα ιόντων μετάλλου του γειωτή μέσα στο έδαφος από το αρνητικό στο θετικό ηλεκτρόδιο. Στη γραμμή σύνδεσης το ρεύμα είναι από το θετικό προς το αρνητικό πόλο. Έτσι αφαιρείται μέταλλο από τον ηλεκτροαρνητικό γειωτή ή τον πλέον ηλεκτροαρνητικό γειωτή .

Ακόμα και αν δεν έχουμε σύνδεση των δυο γειωτών μέσω αγωγού, υπάρχει πάντα μια ασθενής σύνδεση μέσω του εδάφους, που προκαλεί καταστροφή του πλέον ηλεκτροαρνητικού γειωτή.

Πρέπει να αποφεύγεται:

- ο παραλληλισμός δυο ηλεκτροδίων από ανόμοια υλικά
- ή ίδιων ηλεκτροδίων σε διαφορετικά περιβάλλοντα εδάφους.
- Γειώσεις αλεξικέραυνων απομονώνονται από το υπόλοιπο δίκτυο με σπινθηριστές 1,5-2KV

#### Δυναμικά μετάλλων μετρημένα σε διαφορετικούς ηλεκτρολύτες με ηλεκτρόδιο Cu-CuSO<sub>4</sub>

Ψευδάργυρος / χάλυβας γαλβανισμένος	-0,7...-1,0	σε υγρό χώμα
Μόλυβδος	-0,5...-0,7	σε υγρό χώμα
χάλυβας	-0,5...-0,8	σε υγρό χώμα
χάλυβας οξειδωμένος	-0,5...-0,6	σε υγρό χώμα
χυτοσίδηρος οξειδωμένος	-0,2...-0,4	σε υγρό χώμα
χάλυβας σε μπετόν	-0,1...-0,3	σε υγρό μπετόν
ανοξειδωτος χάλυβας	-0,1...+0,3	σε υγρό χώμα

Προτείνεται ως υλικό ηλεκτροδίων στις θεμελιακές γειώσεις:

- χάλυβας γαλβανισμένος

Σε ηλεκτρόδια γειώσεως μέσα στο χώμα :

- χαλκός
- ηλεκτρόδια από χάλυβα με 1 mm επιχάλκωση ή επιμολύβδωση
- ανοξειδωτος χάλυβας τύπου V4A

(μπορούν όμως να προκαλέσουν διάβρωση σε παρακείμενα χαλύβδινα μέταλλα ή σωληνώσεις.)

#### **Ηλεκτροχημικά δυναμικά Μετάλλων**

Κάλιο	-2,92
Ασβέστιο	-2,87
Νάτριο	-2,71
Μαγνήσιο	-2,34
Αλουμίνιο (αργίλιο)	-1,67
Μαγγάνιο	-1,05
Ψευδάργυρος	-0,76

Χρώμιο	-0,71
Σίδηρος (χάλυβας)	-0,44
Κάδμιο	-0,40
Νικέλιο	-0,25
Κασσίτερος	-0,14
Μόλυβδος	-0,13
Υδρογόνο	0
Χαλκός	+ 0,35
Άργυρος	+0,81
Χρυσός	+1,42

### 74.1.3 Ηλεκτροχημική διάβρωση

• Έχουμε στις περιπτώσεις όταν:

- > έχουμε βραχυκύκλωμα μεταξύ δύο γειωτών και όταν επιπλέον έχουμε
- > ίδιο μέταλλο σε διαφορετικό περιβάλλον  
πχ σε χώμα και σε σκυρόδεμα.
- > διαφορετικά μέταλλα πχ. σίδηρος και χαλκός.
- > Όχι παράλληλη σύνδεση με γειωτές Cu ηλεκτροχημική διάβρωση Fe

## 7.5. ΒΕΛΤΙΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΓΕΙΩΣΕΩΝ

### 7.5.1 ΓΕΝΙΚΑ

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

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

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

### 7.5.2 TERRAFILL

Ένα βελτιωτικό γειώσεων το οποίο πετυχαίνει βελτίωση της αγωγιμότητας του εδάφους εκεί όπου η ειδική αντίστασή του είναι πολύ μεγάλη και οι απαιτήσεις για χαμηλή αντίσταση

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

## **7.6 Μέτρηση τιμής αντίστασης γείωσης**

(απαιτείται από το άρθρο 612.6.2 του ΕΛΟΤ HD 384)

### **7.6.1 Γενικά**

Η μέτρηση αυτή απαιτείται από το πρότυπο ΕΛΟΤ HD384 στην παράγραφο 612.6.2 ιδιαίτερα για τις εγκαταστάσεις που τροφοδοτούνται με σύστημα σύνδεσης των γειώσεων ΤΤ. Η ακρίβεια της μέτρησης αυτής εξαρτάται από ένα πλήθος παραγόντων που θα πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψη κατά τη μέτρηση όπως :

- Η υγρασία του εδάφους η οποία μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια του έτους και επηρεάζει την ειδική αντίσταση του εδάφους,
- Η ύπαρξη υπογείων μεταλλικών εγκαταστάσεων πλησίον της γείωσης ή των βοηθητικών ηλεκτροδίων όπως καλώδια, δίκτυα ύδρευσης, θεμελιώσεις, περιφράξεις,
- Η σύνδεση με άλλες μεταλλικές εγκαταστάσεις, καθοδικά ρεύματα που διαρρέουν τη γη,
- Η σύσταση του εδάφους στη θέση των βοηθητικών ηλεκτροδίων,
- Το μήκος του καλωδίου που συνδέει το όργανο μέτρησης με τη γείωση (πλέον σύγχρονα όργανα διαθέτουν αυτόματη αναίρεση του μήκους του καλωδίου).

Για να πραγματοποιηθεί η αποσύνδεση του αγωγού γείωσης από την εγκατάσταση ώστε να είναι εφικτή και αξιοποιήσιμη η μέτρηση αντίστασης της γείωσης θα πρέπει:

- Να έχει εξασφαλιστεί ότι η εγκατάσταση είναι τελείως απομονωμένη από οποιαδήποτε πηγή ενέργειας (π.χ. ΔΕΗ, ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος, UPS κλπ)
- Να έχουν ενημερωθεί οι καταναλωτές ότι δεν πρέπει να έλθουν σε επαφή με εκτεθειμένα αγωγίμα μέρη της εγκατάστασης ή ξένα αγωγίμα στοιχεία καθώς υπάρχει μεγάλος κίνδυνος κατά τη διάρκεια της αποσύνδεσης οι αγωγοί γείωσης & προστασίας να βρεθούν υπό τάση κυρίως όταν το σύστημα γείωσης είναι TN, που θα παραμείνουν αγείωτα.

Συνήθως οι μετρήσεις αντίστασης γείωσης αφορούν δύο είδη γειώσεων,

- Οι σημειακές, όπως ηλεκτρόδιο ράβδου/σταυρού, τρίγωνο, πλάκα γείωσης, γειωτής E, ταινία έως 10m μήκος
- Οι εκτεταμένες, όπως θεμελιακή ή περιμετρική γείωση, πλέγμα γείωσης κλπ.

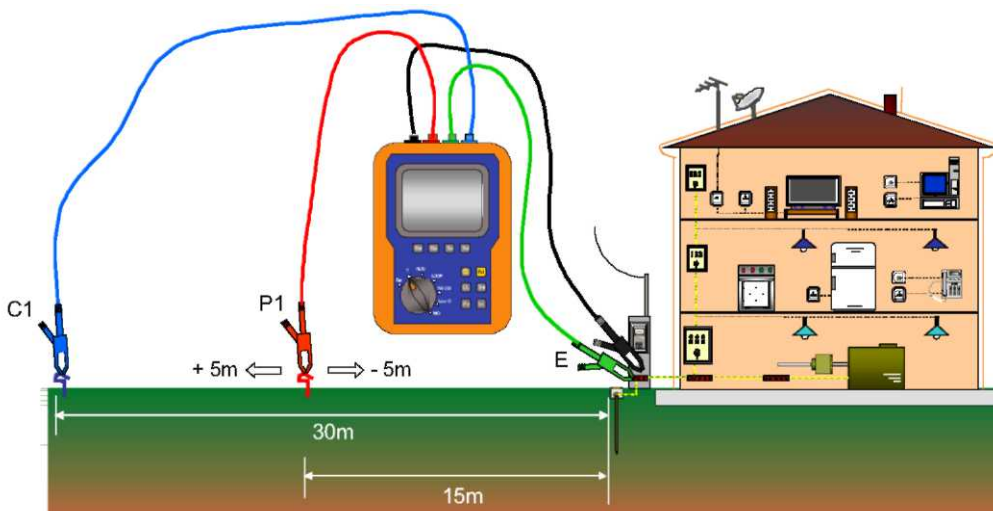


### 7.6.2 Τρόπος μέτρησης σημειακής γείωσης

Η συνδεσμολογία που ακολουθείται παριστάνεται στην Εικόνα 8, όπου E το προς μέτρηση σύστημα γείωσης, ενώ με C1 και P1 συμβολίζονται οι πάσσαλοι μέτρησης. Ο πάσσαλος C1 τοποθετείται σε απόσταση περίπου 30m από το σημείο E, ενώ ο P1 σε απόσταση 15m από το σημείο E ορίζοντας μία ευθεία (E C1).

Λαμβάνεται η πρώτη μέτρηση. Άλλες δύο μετρήσεις λαμβάνονται μετακινώντας πάντοτε επί της ίδια ευθείας EC1 τον πάσσαλο P1, κατά περίπου 5m από την αρχική του θέση, μία προς τη θέση της γείωσης E και μία προς τη θέση του πασσάλου C1. Εάν οι τιμές των τριών μετρήσεων έχουν απόκλιση έως 5% η μία από την άλλη, τότε μπορεί να ληφθεί ως τιμή της γείωσης E, ο μέσος όρος των τιμών. Εάν το αποτέλεσμα των τριών μετρήσεων δεν βρίσκεται στο εύρος των ανοχών που έχουν τεθεί (διακύμανση 5%), οι μετρήσεις θα πρέπει να επαναληφθούν τοποθετώντας το βοηθητικό ηλεκτρόδιο C1 σε μεγαλύτερες αποστάσεις έως ότου οι μετρήσεις κυμανθούν στο εύρος αυτό.

Μία ακρίβεια της μέτρησης 5%, όπως αναφέρεται ανωτέρω, θεωρείται πολύ ικανοποιητική. Παρόλα αυτά δεν είναι λίγες οι φορές που προσεγγίσεις  $\pm 20\%$ , ιδίως για μικρές τιμές αντίστασης γείωσης, γίνονται αποδεκτές.

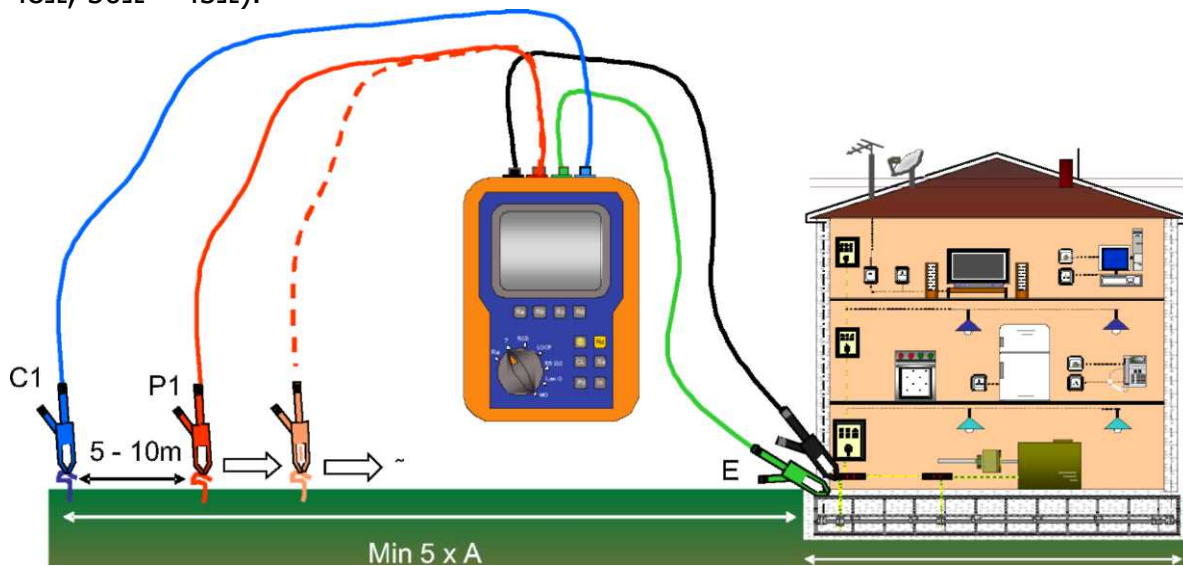


Εικόνα 8: Διάταξη μέτρησης σημειακής γείωσης

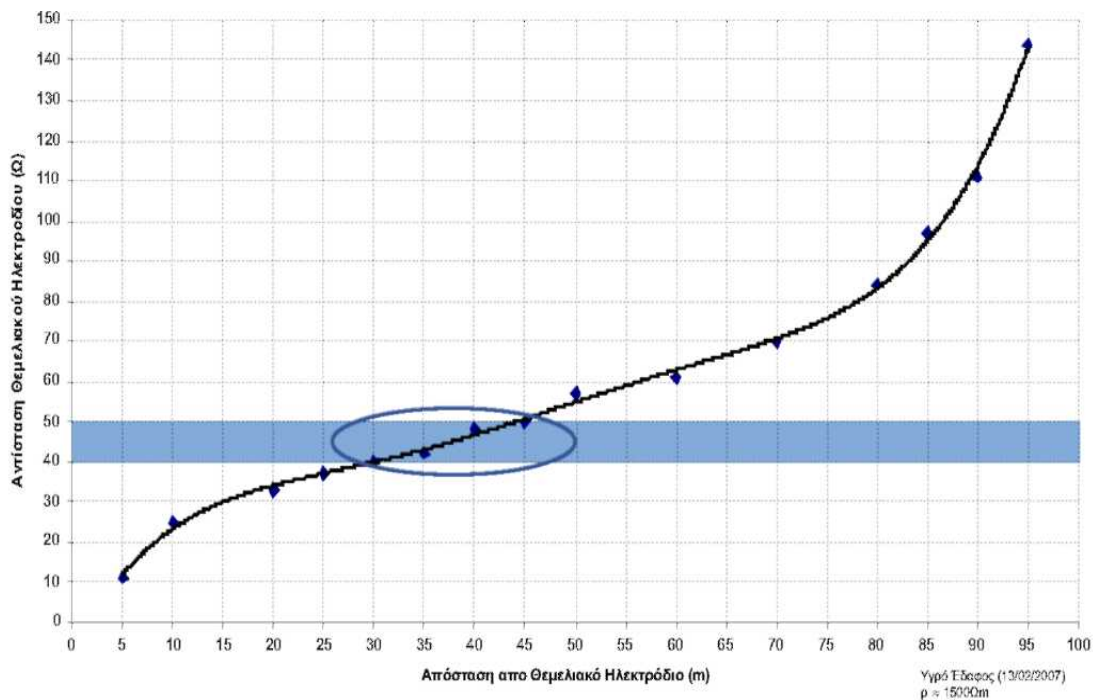
### 7.6.3 Τρόπος μέτρησης εκτεταμένης γείωσης

Η μέθοδος μέτρησης μίας εκτεταμένης γείωσης είναι ίδια με εκείνη που περιγράφεται για τη μέτρηση μίας σημειακής γείωσης με κάποιες διαφορές ως προς τη διάταξη των πασσάλων μέτρησης και του πλήθους των μετρήσεων. Ειδικότερα ο πάσσαλος ρεύματος C1, τοποθετείται από τη γείωση που πρέπει να μετρηθεί σε μια απόσταση, η οποία ορίζεται ως τουλάχιστον το πενταπλάσιο (και μπορεί να φτάσει και στο δεκαπλάσιο) της μεγαλύτερης διαγωνίου του κλειστού γεωμετρικού σχήματος που σχηματίζουν οι κορυφές των ράβδων γείωσης ή που σχηματίζει το περιμετρικό ηλεκτρόδιο γείωσης (π.χ. περιμετρική ή θεμελιακή γείωση). Στη συνέχεια λαμβάνονται όσο το δυνατόν περισσότερες μετρήσεις, μετακινώντας τον πάσσαλο της

τάσεως P1 επί της ευθείας με βήμα από 5 έως και 15m. Οι μετρήσεις μπορούν να ξεκινήσουν από τη θέση C1 μέχρι τη θέση E ή και αντίστροφα. Οι τιμές των μετρήσεων μπορούν να παρασταθούν με μια καμπύλη, όπως φαίνεται στην εικόνα 10. Παρατηρώντας την καμπύλη βλέπουμε ότι αποτελείται από τρία τμήματα. Στο πρώτο τμήμα οι τιμές αυξάνονται με μεγάλο ρυθμό (π.χ. 10Ω, 25Ω, 35Ω, 40Ω), στο δεύτερο τμήμα οι τιμές είναι σχεδόν σταθερές (τιμές σε γραμμοσκίαση, 40Ω, 43Ω, 48Ω, 50Ω) ενώ στο τρίτο τμήμα οι τιμές αυξάνονται! ξανά με μεγάλο ρυθμό (δηλ. 60Ω, 70Ω, 100Ω, 110Ω, 145Ω). Η τιμή της αντίστασης γείωσης προκύπτει από το μέσο όρο των τιμών όπου δεν παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις δηλαδή του δεύτερου μέρους (δηλ. 40Ω, 43Ω, 48Ω, 50Ω \* 45Ω).



Εικόνα 9: Διάταξη μέτρησης εκτεταμένης γείωσης, όπου A είναι η διαγώνιος του κτιρίου



Εικόνα 10 : Πραγματική απεικόνιση μετρήσεων τιμής αντίστασης γείωσης θεμελιακού ηλεκτροδίου σε κτίριο με διαγώνιο 18 μέτρα κατασκευασμένο σε βραχώδη περιοχή

#### ΠΡΟΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗ

Η ακρίβεια μέτρησης της γείωσης εξαρτάται από ένα πλήθος παραγόντων που θα πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψη κατά τη μέτρηση, όπως η υγρασία του εδάφους η οποία μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια του έτους και επηρεάζει την ειδική αντίσταση του εδάφους, η ύπαρξη υπόγειων μεταλλικών εγκαταστάσεων πλησίον της γείωσης ή των θέσεων τοποθέτησης των βοηθητικών ηλεκτροδίων όπως καλώδια, δίκτυα ύδρευσης, θεμελιώσεις, περιφράξεις, η σύνδεσή της με άλλες μεταλλικές εγκαταστάσεις, καθοδικά ρεύματα που διαρρέουν τη γη, η σύσταση του εδάφους στις θέσεις των βοηθητικών ηλεκτροδίων.

Οι κατασκευαστές οργάνων μέτρησης συνιστούν τη χρήση φυσικών στοιχείων (π.χ. ηλεκτρόδιο γείωσης ουδέτερου Μ/Σ, θαμμένους σωλήνες κτλ) ως βοηθητικών ηλεκτροδίων διευκολύνοντας τον ελεγκτή ώστε να μην χρειαστεί να καρφώσει δικά του βοηθητικά ηλεκτρόδια. Σε τέτοιες περιπτώσεις όμως δεν είναι γνωστό το σημείο που είναι εγκατεστημένα τα φυσικά

αυτά στοιχεία και μπορεί να είναι πολύ κοντά στο ηλεκτρόδιο γείωσης που θέλει να μετρήσει ο ελεγκτής επομένως η μέτρηση

να είναι εντελώς λανθασμένη και παραπλανητική. Ο μόνος αξιόπιστος τρόπος μέτρησης της αντίστασης γείωσης είναι με ανεξάρτητα βοηθητικά ηλεκτρόδια όπως άλλωστε περιγράφεται και στο παράρτημα Π.61 -Γ του ΕΛΟΤ HD 384.

#### ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΗ:

Σε περιπτώσεις επανελέγχων ή και αρχικών ελέγχων που είναι αναγκαία η μέτρηση της αντίστασης της γείωσης (π.χ. εγκαταστάσεις με σύστημα σύνδεσης των γειώσεων TT) και δεν υπάρχουν οι προϋποθέσεις που αναφέρθηκαν ώστε να προκύψει αξιόπιστο και αξιοποιήσιμο αποτέλεσμα μέτρησης της γείωσης, το πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384 δέχεται την αντίσταση του βρόγχου σφάλματος. Αυτό αναφέρεται στην σημείωση 2 στην παράγραφο 612.6.2.

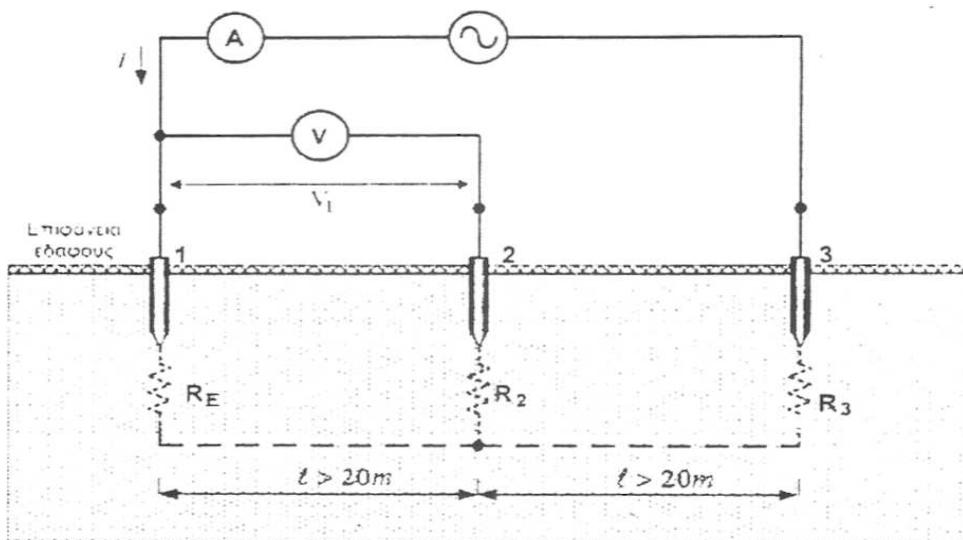
### 7.6.4 Μέθοδοι μέτρησης της αντίστασης γείωσης.

#### 7.6.4.1. Με βολτόμετρο και αμπερόμετρο.

Προκειμένου να γίνει εφαρμογή της μεθόδου αυτής εγκαθίστανται μέσα στο έδαφος δύο βοηθητικά ηλεκτρόδια σε ευθεία, που διέρχεται δια του κυρίου ηλεκτροδίου και σε αποστάσεις μεγαλύτερες από 20m και 40m αντίστοιχα από αυτό. Στο παρακάτω σχήμα εικονίζεται η διάταξη μέτρησης. Μία πηγή εναλλασσόμενης τάσης συνδέεται μεταξύ των ηλεκτροδίων (1) και (3). Μετράται η ένταση του διαβιβαζομένου ρεύματος  $I$  και η τάση  $V_E$  μεταξύ των ηλεκτροδίων (1) και (2). Η αντίσταση γείωσης του ηλεκτροδίου (1) βρίσκεται, σύμφωνα με όσα που αναφέρθηκαν παραπάνω, από τις ενδείξεις των δύο οργάνων βάσει της σχέσης :

$$R_E = \frac{V_E}{I}$$

$$R_E = \frac{V_E}{I} \quad (4-83)$$



### Διάταξη μέτρησης της αντίστασης γείωσης με βολτόμετρο και αμπερόμετρο.

$I$ , Κύριο ηλεκτρόδιο. 2,3, Βοηθητικά ηλεκτρόδια.  $R_E$  Αντίσταση γείωσης του κυρίου ηλεκτροδίου  $R_2, R_3$ . Αντιστάσεις γείωσης των βοηθητικών ηλεκτροδίων 2 και 3 αντίστοιχα.

#### 7.6.4.1.2 Μέτρηση αντίστασης γείωσης με το πολυόργανο MACROTEST

Την παραπάνω μέθοδο ακολουθήσαμε για την μέτρηση του τριγώνου γείωσης που εγκαταστήσαμε στο τμήμα της ΣΤΕΦ ηλεκτρολογίας.

Χρησιμοποιήσαμε το ψηφιακό πολυόργανο MACROTEST.

Η εταιρεία είναι πιστοποιημένη κατά ISO 9001 από το διεθνή φορέα πιστοποίησης IQNET.

Το όργανο έχει τη δυνατότητα να καταγράφει στη μνήμη του στοιχεία αυτά και στη συνέχεια να μεταφέρονται σε Η/Υ.

Τα γενικά χαρακτηριστικά όλων των ψηφιακών πολυοργάνων είναι τα ακόλουθα :

- Εύκολα στη χρήση.
- Για μεγαλύτερη ακρίβεια οι λειτουργίες τους ελέγχονται από μικροεπεξεργαστή.
- Διαθέτουν μεγάλο εύρος μέτρησης και η εκλογή της κλίμακας γίνεται αυτόματα.

- Είναι μικρών διαστάσεων και βάρους για εύκολη μεταφορά.
- Έχουν τη δυνατότητα αποθήκευσης των μετρήσεων και διαθέτουν θύρα RS-232 ή οπτική ίνα για τη μεταφορά - επεξεργασία των δεδομένων σε Η/Υ.
- Διατίθενται σε θήκη με όλα τα απαιτούμενα εξαρτήματα (ηλεκτρόδια μέτρησης, καλώδια κλπ) για την πραγματοποίηση των μετρήσεων .
- Συνοδεύονται με οδηγίες χρήσης στα Ελληνικά ή Αγγλικά.

Όλες οι ηλεκτρικές μετρήσεις και δοκιμές πρέπει να πραγματοποιούνται με ειδικά όργανα, τα οποία πρέπει να φέρουν πιστοποιητικά διακρίβωσης και να έχουν περάσει με επιτυχία όλες τις προβλεπόμενες δοκιμές. **Τα συνηθισμένα πολύμετρα δεν έχουν τις δυνατότητες πραγματοποίησης των μετρήσεων αυτών και κρίνονται μη επαρκή για την πραγματοποίηση των ελέγχων και επανελέγχων σύμφωνα με το πρότυπο HD 384.**

Με σκοπό την εξασφάλιση και την διατήρηση της αξιοπιστίας και ασφάλειας των Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων, πρέπει να διενεργούνται αρχικός έλεγχος και επανέλεγχος, σύμφωνα με τις τεχνικές απαιτήσεις και την μεθοδολογία του νέου Προτύπου.

Ο αρχικός έλεγχος πρέπει να πραγματοποιείται πριν από την πρώτη ηλεκτροδότηση κάθε εγκατάστασης ή μετά από σοβαρή τροποποίηση της.

Ο επανέλεγχος θα πρέπει να διενεργείται σε χρονικά διαστήματα, ανάλογα με την εγκατάσταση, ως εξής:

- Για κατοικίες και ανάλογους χώρους, τουλάχιστον κάθε δεκατέσσερα (14) χρόνια,
- για κλειστούς επαγγελματικούς χώρους που δεν έχουν εύφλεκτα υλικά, τουλάχιστον κάθε επτά (7) χρόνια,
- για κλειστούς επαγγελματικούς χώρους με εύφλεκτα υλικά, τουλάχιστον κάθε δύο (2) χρόνια,
- για χώρους ψυχαγωγίας και συνάθροισης κοινού, τουλάχιστον κάθε ένα (1) χρόνο,
- για Επαγγελματικές Εγκαταστάσεις στο ύπαιθρο (μαρίνες, πισίνες, κάμπινγκ) τουλάχιστον κάθε ένα (1) χρόνο και σε περίπτωση διακοπής της ηλεκτροδότησης, πριν από την επανασύνδεση,
- για όλες τις παραπάνω κατηγορίες εφόσον προκύπτει αλλαγή χρήσης της Εγκατάστασης,
- για όλες τις παραπάνω κατηγορίες εφόσον η Εγκατάσταση πληγεί από θεομηνίες (πλημμύρες, σεισμούς),
- μετά από σοβαρά ατυχήματα ή συμβάντα (πυρκαγιά, ηλεκτροπληξία),
- μετά από καταγγελία φυσικών ή νομικών προσώπων.

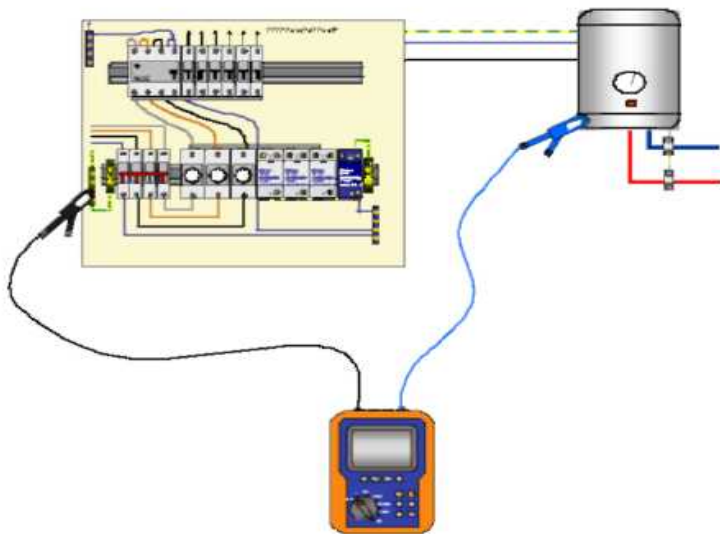
Οι αρχικοί έλεγχοι και επανέλεγχοι των Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων, θα διενεργούνται σύμφωνα με τις εκάστοτε ισχύουσες διατάξεις περί ελέγχου ηλεκτρικών εγκαταστάσεων.

Μετρήσεις και έλεγχος ηλεκτρικών εγκαταστάσεων βάσει του ΕΛΟΤ HD 384 - Μέρος 6

- Εξακρίβωση συνέχειας ισοδυναμικών συνδέσεων με ρεύμα ελέγχου >200mA έχοντας εν κενό τάση μεταξύ 4V και 24V.
- Μέτρηση αντίστασης μόνωσης της ηλεκτρικής εγκατάστασης.
- Μέτρηση ρεύματος λειτουργίας διάταξης διαφορικού ρεύματος (ρελέ).
- Μέτρηση σύνθετης αντίστασης βρόχου σφάλματος.
- Μέτρηση τιμής εκτεταμένης και σημειακής τιμής αντίστασης γείωσης.

#### **7.6.4.1.3 Βασικές μετρήσεις που πραγματοποιεί τα πολυόργανο ΗΤ είναι οι ακόλουθες:**

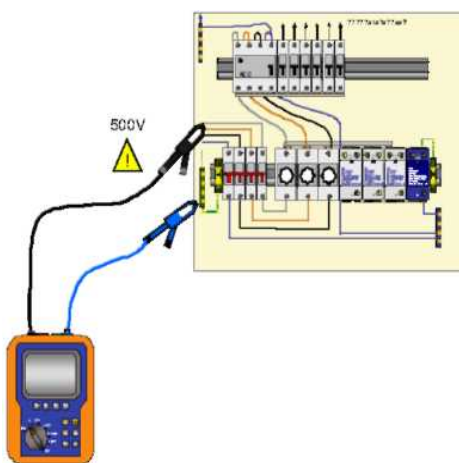
## ΔΟΚΙΜΗ ΣΥΝΕΧΕΙΑΣ ΙΣΟΔΥΝΑΜΙΚΩΝ ΣΥΝΔΕΣΕΩΝ



Η συνέχεια των αγωγών προστασίας και των ισοδυναμικών συνδέσεων (αντίσταση συνέχειας μεταξύ κύριου ισοδυναμικού ζυγού και αγωγίμων μερών του κτιρίου) πρέπει να εξακριβωθεί μετρώντας την με μια πηγή ρεύματος τουλάχιστον 200mA και τάση εν κενό μεταξύ 4 και 24 συνεχούς ρεύματος. Τέτοιες μετρήσεις συνέχειας γίνονται μεταξύ του κύριου ζυγού και των ακόλουθων αγωγίμων μερών:

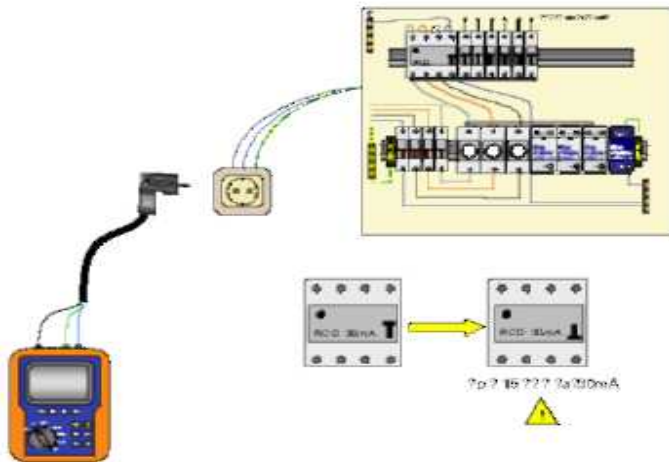
- Μεταλλικών σωληνώσεων παροχών (π.χ. νερού, αερίου).
- Μεταλλικών σωληνώσεων κεντρικής θέρμανσης και κλιματισμού.
- Μεταλλικών στοιχείων της κατασκευής του κτιρίου.
- Μεταλλικού οπλισμού του σκυροδέματος του κτιρίου (εφ' όσον είναι εφικτό).
- Μεταλλικού μανδύα του καλωδίου ηλεκτρικής τροφοδοσίας.
- Μεταλλικών μανδύων των καλωδίων τηλεπικοινωνίας.
- Αγωγών γείωσης των ρευματοδοτών (πριζών).

## ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΜΟΝΩΣΗΣ



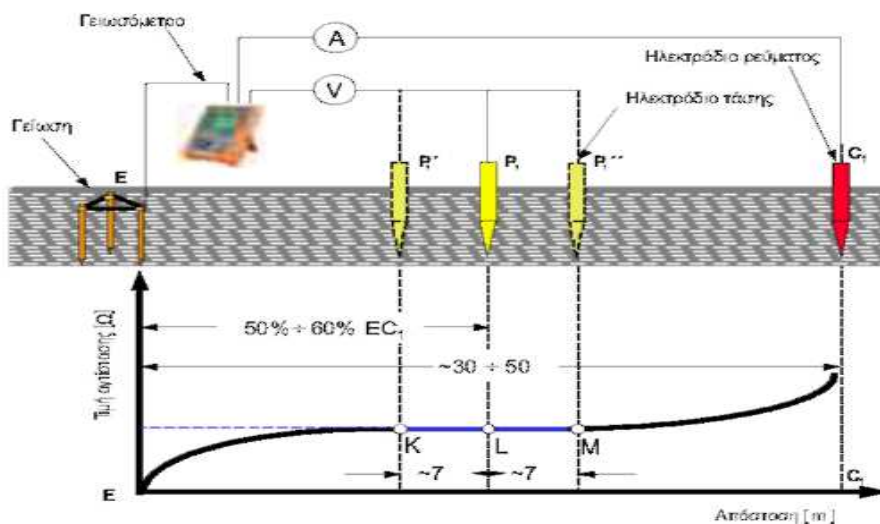
Η αντίσταση της μόνωσης μεταξύ κάθε ενεργού αγωγού και του αγωγού προστασίας πρέπει να μετρηθεί. Η τάση δοκιμής όπως και οι ελάχιστες τιμές της αντίστασης μόνωσης εξαρτώνται από την ονομαστική τάση του κυκλώματος.

**ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ**



Ο έλεγχος των συνθηκών προστασίας απαιτεί κυρίως τη δοκιμή και επαλήθευση του ρεύματος ενεργοποίησης της διάταξης διαφορικού ρεύματος (ρελέ) και τη μέτρηση της σύνθετης αντίστασης του βρόχου σφάλματος. Επίσης χωρίς να είναι υποχρεωτικό συνιστάται και η μέτρηση του χρόνου λειτουργίας της διάταξης διαφορικού ρεύματος. Οι παραπάνω μετρήσεις εξαρτώνται από το σύστημα σύνδεσης των γειώσεων της παροχής (TN ή TT). Η διάταξη διαφορικού ρεύματος έχει τη δυνατότητα να ελεγχθεί ή από ρευματοδότη ή από το γενικό πίνακα.

**ΤΡΟΠΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΣΗΜΕΙΑΚΩΝ ΓΕΙΩΣΕΩΝ (ΗΛΕΚΤΡΩΔΙΟ ΡΑΒΔΟΥ / ΣΤΑΥΡΟΥ, ΤΡΙΓΩΝΟ, ΠΛΑΚΑ, ΓΕΙΩΤΗΣ Ε)**



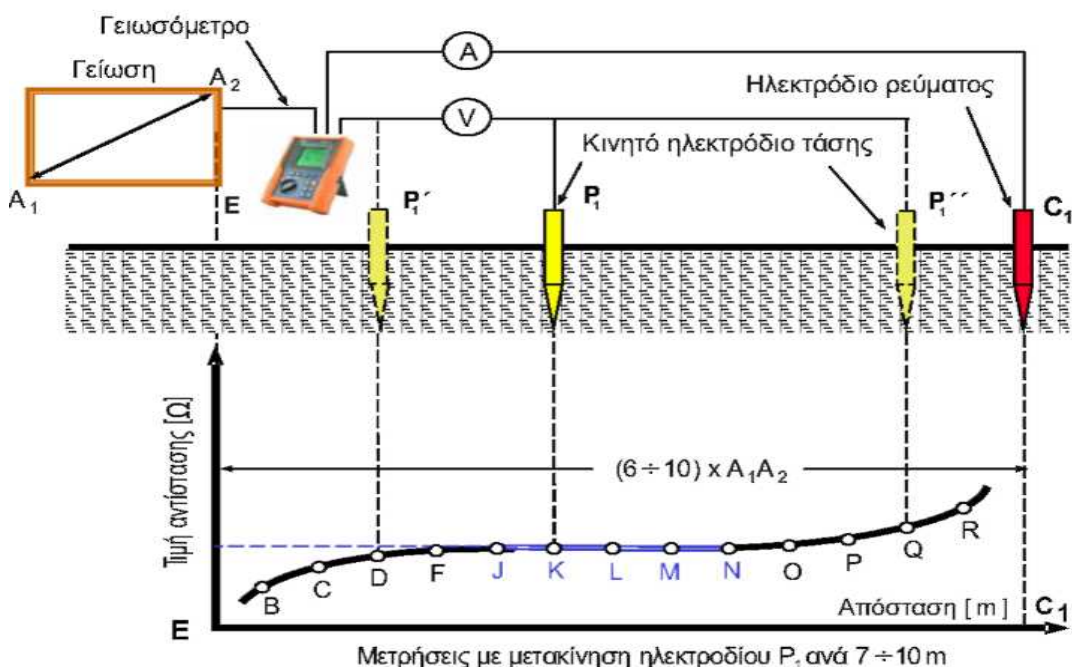
Για τη μέτρηση μίας σημειακής γείωσης όπως πχ μίας ράβδου, ενός τριγώνου, μίας πλάκας, τοποθετείται το ηλεκτρόδιο  $C_1$  σε απόσταση 30m έως 50m από τη γείωση που πρόκειται να μετρηθεί και επί της ίδιας ευθείας στο 50-60% της απόστασης  $E C_1$  τοποθετείται το ηλεκτρόδιο  $P_1$  και λαμβάνεται η πρώτη μέτρηση L. Άλλες δύο μετρήσεις λαμβάνονται μετακινώντας πάντα επί της ίδιας ευθείας  $E C_1$ , το ηλεκτρόδιο  $P_1$ , κατά περίπου 7m από την



αρχική του θέση, μία προς τη θέση της γείωσης E (μέτρηση K) και μία προς τη θέση του βοηθητικού ηλεκτροδίου C<sub>1</sub> (μέτρηση M). Εάν οι τιμές των τριών μετρήσεων κυμαίνονται 5% η μία από την άλλη τότε μπορεί να ληφθεί ως τιμή της γείωσης E, ο μέσος όρος των τριών μετρήσεων K, L, M.

Εάν το αποτέλεσμα των τριών μετρήσεων δεν βρίσκεται στο εύρος των ανοχών που έχουν τεθεί, θα πρέπει οι μετρήσεις να επαναληφθούν τοποθετώντας το ηλεκτρόδιο C<sub>1</sub> σε μεγαλύτερες αποστάσεις μέχρις ότου οι τρεις μετρήσεις κυμανθούν στο εύρος των ανοχών που έχουν τεθεί.

### ΤΡΟΠΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΕΚΤΕΤΑΜΕΝΩΝ ΓΕΙΩΣΕΩΝ (ΘΕΜΕΛΙΑΚΗ ΠΕΡΙΜΕΤΡΙΚΗ ΠΟΛΥΓΩΝΙΚΗ)

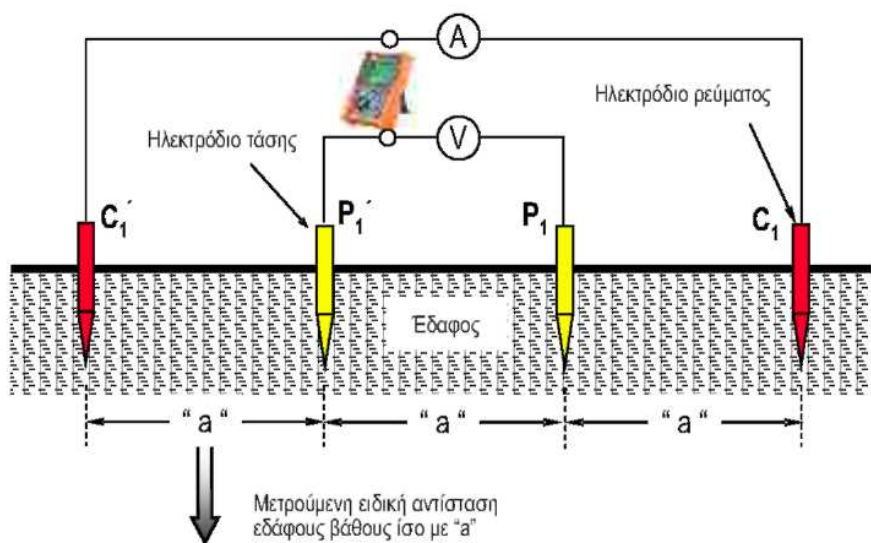


Στις εκτεταμένες γειώσεις το ηλεκτρόδιο ρεύματος C<sub>1</sub> τοποθετείται σε απόσταση από τη γείωση που πρόκειται να μετρηθεί 6 έως 10 φορές της μεγαλύτερης διαγωνίου του κλειστού γεωμετρικού σχήματος που σχηματίζουν οι κορυφές των ράβδων γείωσης ή που σχηματίζει το οριζόντιο ηλεκτρόδιο γείωσης. Στη συνέχεια λαμβάνονται μετρήσεις μετακινώντας το ηλεκτρόδιο τάσεως P<sub>1</sub> επί της ευθείας σε διαστήματα 1/25 του EC<sub>1</sub>, ξεκινώντας τις μετρήσεις από τη θέση C<sub>1</sub> μέχρι τη θέση E ή και αντίστροφα. Από την καμπύλη που σχηματίζεται από τις τιμές αντίστασης που λαμβάνονται κατά τη μετακίνηση του ηλεκτροδίου P<sub>1</sub> 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 δεξιά. Στην περίπτωση όπου δεν μπορούμε να κάνουμε μετρήσεις σε τόσο μεγάλη απόσταση λόγω χώρου, εργαζόμαστε ως εξής. Ξεκινώντας από



για απόσταση  $EC_1$  τουλάχιστον 100m, ενεργούμε όπως προαναφέραμε μετακινώντας το ηλεκτρόδιο  $P_1$  σε διαστήματα  $1/25$  του  $EC_1$ . Κάνουμε ακριβώς το ίδιο για  $EC_2$  π.χ. 80m, 60m, κλπ., δημιουργώντας κάθε φορά αντίστοιχες καμπύλες του διπλανού σχήματος. Παίρνουμε το 62% της τιμής της αντίστασης για κάθε μία από τις αποστάσεις  $EC_1$  και δημιουργούμε μία καμπύλη που προκύπτει από την ένωση αυτών των σημείων στα άκρα της οποίας κυμαίνεται η τιμή της αντίστασης της γείωσης.

#### ΤΡΟΠΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΤΙΜΗΣ ΤΗΣ ΕΙΔΙΚΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΕΔΑΦΟΥΣ



Η μέτρηση της ειδικής αντίστασης του εδάφους θα πρέπει να πραγματοποιείται πριν την κατασκευή της γείωσης διότι μέσω αυτής μπορούμε να καθορίσουμε τον τύπο (ηλεκτρόδια, πλάκες γείωσης, ταινία κλπ) και τις διαστάσεις (αριθμός ηλεκτροδίων, πλακών, μήκος ταινίας κλπ) του συστήματος γείωσης.

Παίρνοντας αρκετές μετρήσεις και μεταφέροντας αυτές σε μία γραφική παράσταση, μπορούμε να καθορίσουμε τον τύπο και τις διαστάσεις του συστήματος γείωσης που θα κατασκευάσουμε. Πχ αν η ειδική αντίσταση δεν μεταβάλλεται με το βάθος, είναι προτιμότερο να κατασκευάσουμε σύστημα γείωσης από ταινία κοντά στην επιφάνεια του εδάφους (0,5 - 1 m) ή αν μεταβάλλεται (πχ μειώνεται) με την αύξηση του βάθους είναι προτιμότερο να τοποθετήσουμε ηλεκτρόδια κατάλληλου μήκους για να φτάσουμε στο επιθυμητό βάθος.



#### Λειτουργίες – Μετρήσεις

- Δοκιμή συνέχειας ισοδυναμικών συνδέσεων με ρεύμα >200mA
- Μέτρηση αντίστασης μόνωσης με 50V, 100V, 250V, 500V και 1000VDC
- Μέτρηση χρόνου απόκρισης προστασίας διαφορικού ρεύματος (ρελέ)
- Μέτρηση ρεύματος λειτουργίας προστασίας διαφορικού ρεύματος (ρελέ)
- Μέτρηση σύνθετης αντίστασης βρόχου σφάλματος (L-L) (L-N) (L-PE)
- Υπολογισμός τάσης επαφής κατά τη λειτουργία του διαφορικού ρεύματος (ρελέ)
- Υπολογισμός αναμενόμενου ρεύματος βραχυκυκλώματος
- Έλεγχος πολικότητας και εύρεση φάσεων
- Συχνότητα
- Προσεγγιστική μέτρηση τιμής αντίστασης γείωσης χωρίς τη χρήση βοηθητικών ράβδων
- Μέτρηση τιμής εκτεταμένης και σημειακής τιμής αντίστασης γείωσης
- Μέτρηση ειδικής αντίστασης του εδάφους

Πρότυπα: EN 61326, EN 60204-1, EN 60439-1, EN 61008, EN 61009, EN 61010-1, EN 61557, HD 384 (16th edition)

Το MACROTEST περιλαμβάνει τα ακόλουθα εξαρτήματα:

- καλώδιο τριών αγωγών με ρευματολήπτη Shuko
- Σετ 4 καλωδίων 2m με ακροδέκτες banana - banana
- 4 ακροδέκτες (κροκοδειλάκια)
- 2 test probes
- θήκη με όλα τα απαιτούμενα εξαρτήματα για τη μέτρηση της ειδικής αντίστασης του εδάφους και αντίστασης γείωσης (ηλεκτρόδια μέτρησης, καλώδια κλπ)
- Λογισμικό και καλώδια σύνδεσης με Η/Υ
- θήκη μεταφοράς
- πιστοποιητικό διακρίβωσης.

## 7.7 Ειδικές αντιστάσεις εδαφών

### 7.7.1 Ειδική αντίσταση εδάφους

Η ειδική αντίσταση του εδάφους εξαρτάται από την υγρασία, τη θερμοκρασία, την περιεκτικότητα σε προσμίξεις, τη μορφή της τάσης και το ηλεκτρικό ρεύμα. Ανάλογα με την τιμή της καθορίζεται το είδος, το εμβαδόν της επιφάνειας και το βάθος του συστήματος γείωσης, ώστε να έχουμε την επιδιωκόμενη τιμή της αντίστασης γείωσης.

Υπάρχει ποικιλία εδαφών και ειδικών αντιστάσεων. Εδάφη χωμάτινα, αμμώδη, βραχώδη, υγρά, ξηρά, ανομοιογενή, κλπ. με αντίστοιχη ποικιλία τιμών ειδικών αντιστάσεων, ή αγωγιμοτήτων. Όσο ξηρότερο και πετρώδες το έδαφος, τόσο μεγαλύτερη η ειδική αντίστασή του,  $\rho$ , μετρούμενη συνήθως σε  $\Omega\text{m}$ . Σε ανισότροπα εδάφη η ειδική αντίσταση είναι διαφορετική, περιφερειακά του ηλεκτροδίου γείωσης και μη γραμμική. Ενδεικτικές τιμές της ειδικής αντίστασης για διάφορους τύπους εδαφών καταγράφονται στον Πίνακα 1.1 που ακολουθεί:

Τύπος εδάφους	Ειδική αντίσταση $\rho$ ( $\Omega\text{m}$ )
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 1.1: Ενδεικτικές τιμές ειδικής αντίστασης [8, 9]*

Σημαντική επίδραση έχει η υγρασία. Αναφέρεται ενδεικτικά, ότι σε ένα αργιλώδες έδαφος με 10% περιεχόμενο υγρασίας (κατά βάρος) η ειδική αντίσταση ήταν 30 φορές μεγαλύτερη από το ίδιο έδαφος με περιεχόμενο υγρασίας 20%. Παρόλα αυτά, η υγρασία από μόνη της δεν παίζει πρωτεύοντα ρόλο στην ειδική αντίσταση. Μόνο εάν η υγρασία περιέχει αρκετά φυσικά συστατικά για να αποτελέσει έναν αγωγίμο ηλεκτρολύτη θα συμβάλει σε σημαντική μείωση της αντίστασης του εδάφους [9].

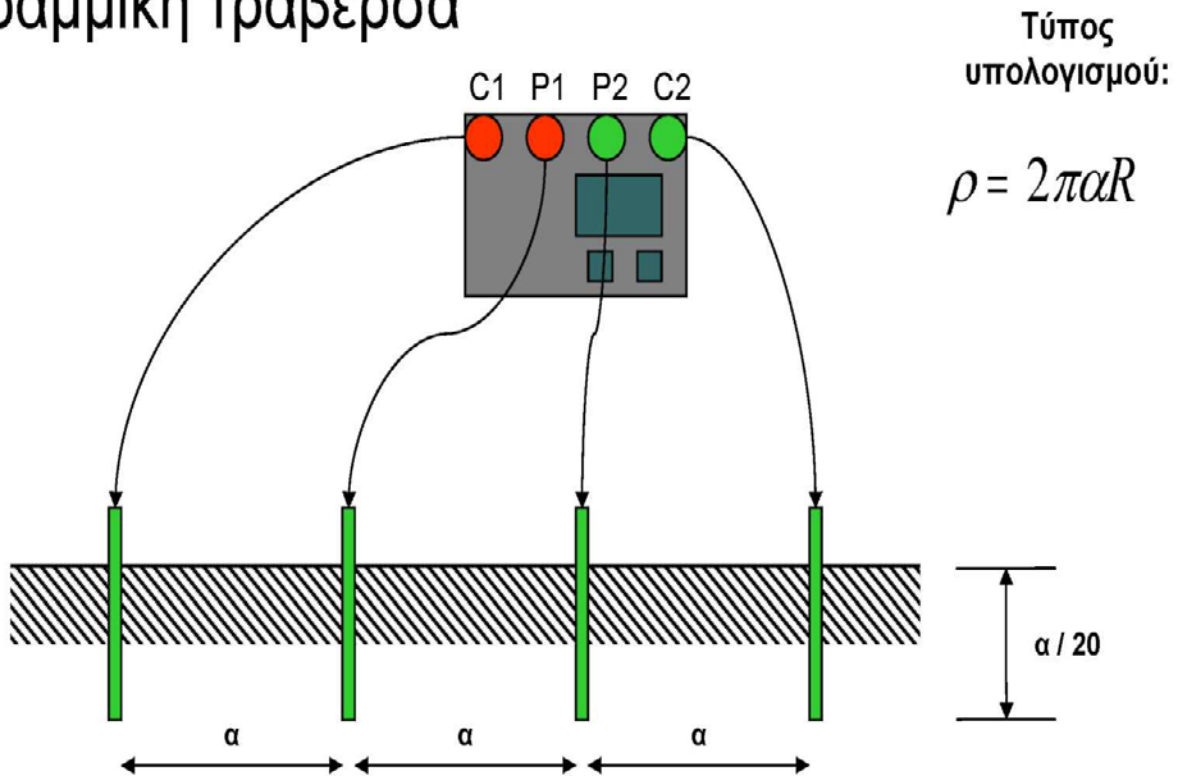
Οι εποχιακές μεταβολές της θερμοκρασίας οδηγούν σε κάποια διακύμανση της αντίστασης του εδάφους, ειδικότερα σε περιοχές όπου σημειώνεται παγετός.

Η ειδική αντίσταση στην περιοχή των ηλεκτροδίων γείωσης επηρεάζεται από τη ροή ρεύματος από τα ηλεκτρόδια προς το περιβάλλον έδαφος. Η επίδραση αυτή εξαρτάται από το ποσό υγρασίας στο έδαφος και τη θερμοκρασία του, καθώς και από το μέγεθος και τη διάρκεια της ροής ρεύματος που προκαλεί ξήρανση του εδάφους και επομένως αύξηση της αντίστασής του. Ανεκτό όριο για την πυκνότητα ρεύματος είναι τα  $200\text{A}/\text{m}^2$  με διάρκεια 1s [10].

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

## 7.7.2 Μέτρηση ειδικής αντίστασης εδάφους

### Γραμμική τραβέρσα



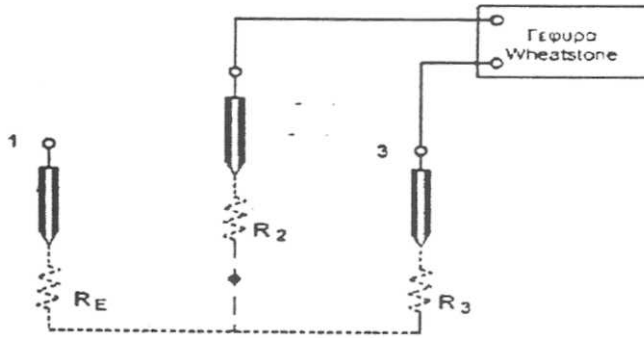
Το πολυόργανο MACROTEST™ (Κωδικός ΕΛΕΜΚΟ 6909010) είναι ένα καινοτομικό όργανο που συνδυάζει πολλαπλές μετρήσεις με τη χρήση μιας και μόνο συσκευής. Οι περισσότερες από αυτές τις μετρήσεις που πραγματοποιεί το MACROTEST™ είναι απαραίτητες όπως ορίζει το πρότυπο του ΕΛΟΤ HD 384 στο μέρος 6 με τίτλο "Έλεγχος των Εγκαταστάσεων". Οι δυνατότητές του είναι οι ακόλουθες:

- Μετρήσεις ελέγχου ασφάλειας εσωτερικών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων χαμηλής τάσης
- Μέτρηση της ειδικής αντίστασης του εδάφους και της αντίστασης σημειακής και εκτεταμένης γείωσης

## 7.8 Άλλες μέθοδοι μέτρησης αντίστασης γείωσης.

### 7.8.1. Με γέφυρα Wheatstone

Με την μέθοδο αυτή χρησιμοποιούνται μία κοινή γέφυρα Wheatstone και δύο βοηθητικά ηλεκτρόδια (2) και (3). τα οποία τοποθετούνται έτσι ώστε να σχηματίζουν με το κύριο ηλεκτρόδιο (1) τρίγωνο μεγάλων πλευρών



Διάταξη ηλεκτροδίων για την μέτρηση αντίστασης γείωσης με γέφυρα Wheatstone.  
 1, Κύριο ηλεκτρόδιο. 2. 3. Βοηθητικά ηλεκτρόδια.

Με την γέφυρα Wheastone μετρούνται, κατά τα γνωστά, διαδοχικά τα αθροίσματα των αναστάσεων των ηλεκτροδίων (1-2), (2-3) και (3-1). Θα είναι δε:

$$R_{12} = R_E + R_2$$

$$R_{23} = R_2 + R_3$$

$$R_{31} = R_3 + R_E$$

όπου  $R_E, R_2, R_3$  οι αντιστάσεις γείωσης των ηλεκτροδίων (1), (2), και (3) αντίστοιχα. Από τις παραπάνω σχέσεις προκύπτει ότι :

$$R_E = \frac{R_{12} - R_{23} + R_{31}}{2}$$

### 7.8.2. Με την μέθοδο Wiechert.

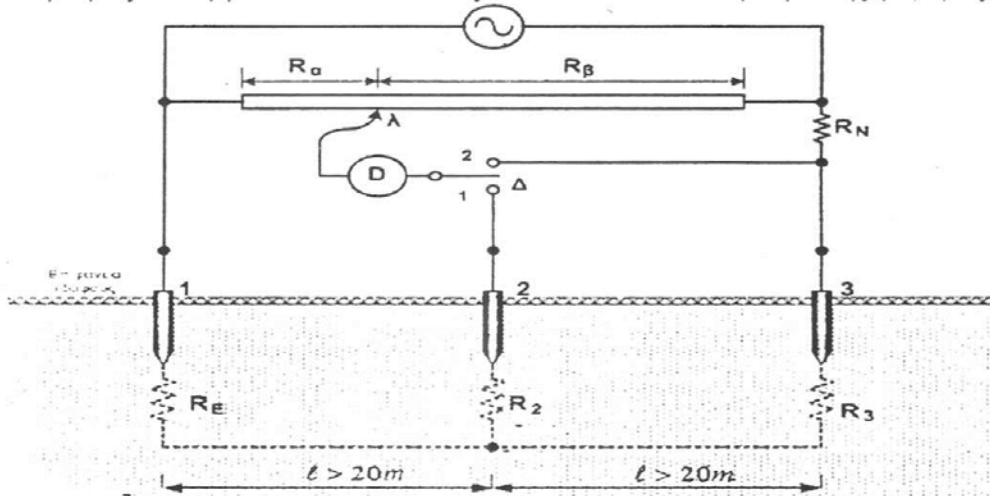
Η διάταξη μέτρησης κατά Wiechert, η οποία είναι ουσιαστικά διάταξη γέφυρας εναλλασσομένου ρεύματος, εικονίζεται στο παρακάτω σχήμα. Η πηγή που τροφοδοτεί τη γέφυρα μπορεί να είναι πηνίο με σφύρα και ως όργανο ελέγχου της κατάστασης ισορροπίας μπορεί να χρησιμοποιηθεί ακουστικό.

Για την θέση (1) του μεταγωγικού διακόπτη επιτυγχάνουμε με μετακίνηση του δρομέα ( $\lambda$ ) του ποτενσιόμετρου εξισορρόπηση της γέφυρας, οπότε θα έχουμε:

$$R_a (R_3 + R_N) = R_\beta R_E$$

$$\frac{R_a}{R_\beta} = \frac{R_E}{R_3 + R_N} = K \quad (4-89)$$

όπου ο αριθμός  $K$  λαμβάνεται απ' ευθείας πάνω στο ποτενσιόμετρο της γέφυρας.



Σχ. 4.37 Διάταξη μέτρησης της αντίστασης γείωσης με την μέθοδο Wiechert.  
1, Κύριο ηλεκτρόδιο. 2,3 Βοηθητικά ηλεκτρόδια.

Τοποθετούμε τον διακόπτη ( $\Delta$ ) στην θέση  
(2) και επιτυγχάνουμε πάλι εξισορρόπηση της γέφυρας με την μετακίνηση του δρομέα ( $\lambda$ ).  
Αν  $R'_a$  και  $R'_\beta$  οι νέες τιμές των αντιστάσεων των τμημάτων του ποτενσιόμετρου θα έχουμε:

$$R'_a R_N = R'_\beta (R_3 + R_E) \quad \text{ή}$$

$$\frac{R'_a}{R'_\beta} = \frac{R_3 + R_E}{R_N} =$$

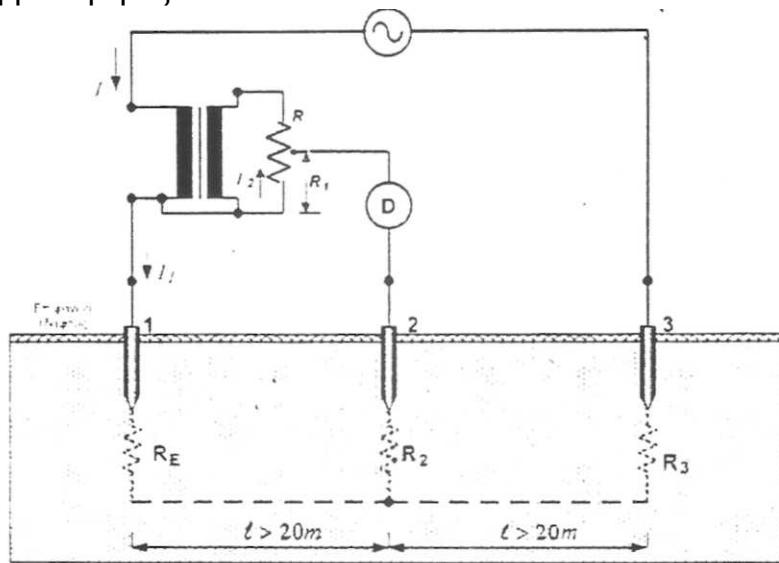
όπου επίσης ο αριθμός  $K'$  λαμβάνεται ομοίως απευθείας πάνω στο ποτενσιόμετρο της γέφυρας.

Από τις παραπάνω σχέσεις προκύπτει η τιμή της  $R_E$  ως:

$$R_E = K' \frac{K'+1}{K+1} R_N \quad (4-92)$$

**7.8.3. Με την μέθοδο Behrend.** Διάταξη μέτρησης αντίστασης γείωσης με τη μέθοδο Behrend εικονίζεται στο σχήμα μας. Η πηγή εναλλασσόμενου ρεύματος, που τροφοδοτεί τη διάταξη, μπορεί να είναι μικρή χειροκίνητη γεννήτρια ή και πηνίο με σφύρα. Ως όργανο

μηδενισμού μπορεί να χρησιμοποιηθεί ακουστικό ή ευαίσθητο όργανο στρεπτού πηνίου με ανορθωτική διάταξη. Ο μετασχηματιστής, που χρησιμοποιείται, έχει μεταβλητή, κατά βήματα, σχέση μεταφοράς.



Σχ. 4.38 Διάταξη μέτρησης αντίστασης γείωσης με την μέθοδο BEHREND.

1, Κύριο ηλεκτρόδιο. 2,3, Βοηθητικά ηλεκτρόδια.

Το ρεύμα  $I$  της πηγής διέρχεται από το πρωτεύον του μετασχηματιστή, μέσω της αντίστασης  $R_E$ , του κυρίου ηλεκτροδίου και της αντίστασης  $R_3$  του βοηθητικού ηλεκτροδίου (3).

Μέρος του ρεύματος του δευτερεύοντος του μετασχηματιστή κυκλοφορεί στην αντίσταση  $R_E$  του κυρίου ηλεκτροδίου στην αντίσταση  $R_2$  του βοηθητικού ηλεκτροδίου (2) και στο όργανο D. Για ορισμένη θέση του δρομέα της μεταβλητής αντίστασης  $R$ , μηδενίζεται το ρεύμα δια του οργάνου D.

Όταν αυτό συμβεί θα έχουμε:

$$R_E I_1 = R I I_2$$

από την οποία έπεται ότι :

$$R_E = \left( \frac{I_2}{I_1} \right) R$$

Συνεπώς από την  $R$  και την σχέση μεταφοράς του μετασχηματιστή βρίσκουμε την αντίσταση γείωσης  $R_E$ . Υπενθυμίζεται ότι για κάθε ιδανικό μετασχηματιστή ισχύει

$$\eta \frac{I_2}{\sigma \gamma \epsilon \sigma \eta} = \frac{N_1}{N_2}$$

#### 7.8.4. Με την μέθοδο Evershed και Vignoles.

Με την μέθοδο αυτή η τιμή της αντίστασης γείωσης παρέχεται απ' ευθείας πάνω στην κλίμακα του οργάνου. Στο σχήμα εικονίζεται απλοποιημένο το ηλεκτρικό κύκλωμα της διάταξης μέτρησης με την μέθοδο αυτή, το οποίο περιλαμβάνει:

- χειροκίνητη γεννήτρια συνεχούς ρεύματος πάνω στον άξονα της οποίας υπάρχουν δύο μηχανικοί εναλλακτήρες πόλων E<sub>1</sub> και E<sub>2</sub>, και
- όργανο διασταυρωμένων πηνίων.

Με τον μηχανικό εναλλακτήρα E<sub>1</sub> μετατρέπεται η συνεχής τάση της γεννήτριας σε εναλλασσόμενη και ακολούθως εφαρμόζεται στα ηλεκτρόδια (1) (κύριο ηλεκτρόδιο) και (3) (βοηθητικό ηλεκτρόδιο).

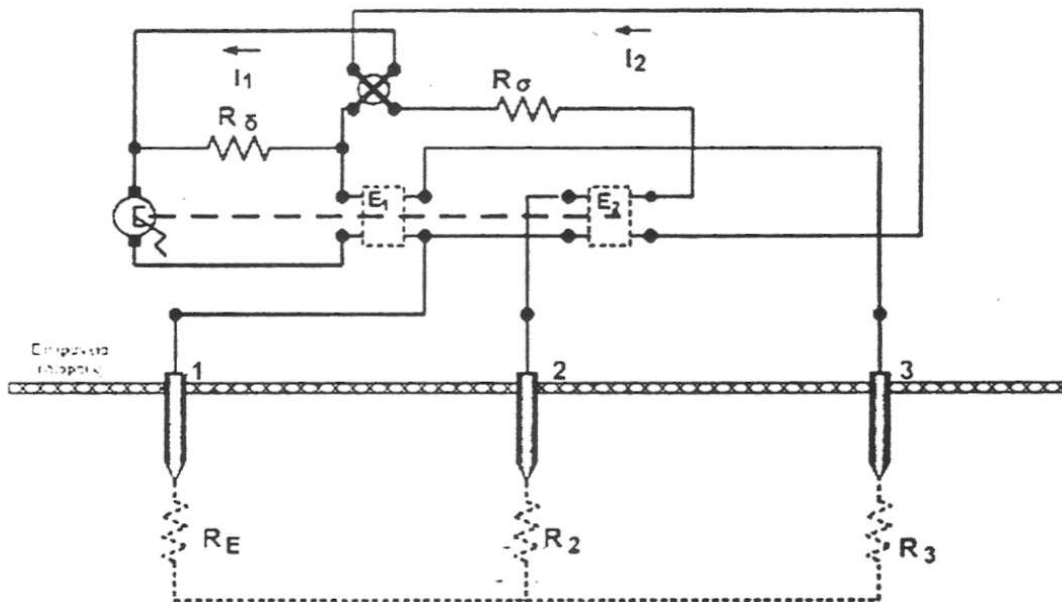
Με τον εναλλακτήρα E<sub>2</sub> μετατρέπεται η επικρατούσα εναλλασσόμενη τάση μεταξύ των ηλεκτροδίων (1) (κύριο ηλεκτρόδιο) και (2) (βοηθητικό ηλεκτρόδιο) σε συνεχή, δηλαδή ανορθώνεται και εφαρμόζεται στο ένα από τα πηνία του οργάνου. Το άλλο πηνίο του οργάνου διαρρέεται από ρεύμα έντασης I<sub>1</sub>, ανάλογης με το ρεύμα της γεννήτριας I. Έτσι τα πηνία του οργάνου διαρρέονται από συνεχές ρεύμα αντιστοίχων τιμών:

$$I_1 = K_1 I$$

και

$$I_2 = K_2 V_E$$

(4-96)



Διάταξη μέτρησης αντίστασης γείωσης με την μέθοδο EVERSLED και VIGNOLES.

1. Κύριο ηλεκτρόδιο. 2,3, Βοηθητικά ηλεκτρόδια. E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub>, Μηχανικοί εναλλακτήρες πόλων.

Από τις τελευταίες σχέσεις προκύπτει ότι:



$$\frac{I_2}{I_1} = K \frac{V_E}{I} = K \cdot R_E$$

Συνεπώς για την γωνία

απόκλισης του οργάνου θα έχουμε:

$$\vartheta = \arctan \frac{I_2}{I_1} = \arctan K R_E = f(R_E)$$

δηλαδή αυτή εξαρτάται από την  $R_E$ . Επομένως από την απόκλιση του κινητού συστήματος μπορεί να υπολογισθεί η  $R_E$ . Είναι επίσης δυνατόν και αυτό συμβαίνει στην πράξη, να βαθμονομήσουμε την κλίμακα του οργάνου σε  $\Omega$ .

Με μεταβολή των αντιστάσεων  $R_s$  και  $R_a$  επιτυγχάνουμε περισσότερες περιοχές μετρήσεων.

Η συχνότητα του ρεύματος, που κυκλοφορεί μέσα στο έδαφος ανέρχεται σε 35Hz περίπου για ταχύτητα περιστροφής της γεννήτριας 2 στροφές ανά δευτερόλεπτο.

## 8. ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΓΕΙΩΣΗΣ

### 8.1 Γενικά

Στο παρελθόν έχει μελετηθεί εκτενώς η συμπεριφορά γειώσεων με απλή γεωμετρία όταν από αυτές διαχέεται ρεύμα βιομηχανικής συχνότητας προς το έδαφος. Σε πολλά πρότυπα αλλά και επιστημονικές δημοσιεύσεις δίνονται μαθηματικές σχέσεις υπολογισμού της αντίστασης γείωσης αλλά και των αναπτυσσόμενων τάσεων στην επιφάνεια του εδάφους κοντά στο σύστημα γείωσης. Αναφορικά με τη μεταβατική συμπεριφορά των γειώσεων όμως στη βιβλιογραφία δίνονται συνήθως προσεγγιστικές σχέσεις υπολογισμού, όπου η επίδραση της χωρητικής και της επαγωγικής συνιστώσας συνήθως αμελείται, δίνοντας έτσι ακριβή αποτελέσματα μόνο στις περιπτώσεις όπου μήκος των συστημάτων γείωσης είναι γενικά μικρό σε σχέση με το μήκος κύματος στο έδαφος.

Στη μεταβατική κατάσταση λειτουργίας, λοιπόν, τα πράγματα είναι πιο πολύπλοκα, διότι η αντίσταση των συστημάτων γείωσης είναι πολύ μεγαλύτερη απ' ό,τι στη μόνιμη κατάσταση. Το φαινόμενο αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι κατά τη μεταβατική κατάσταση [13]:

- η αντίδραση (φανταστική αντίσταση) των αγωγών και των συνδέσεων γίνεται μεγαλύτερη λόγω της μικρής διάρκειας του φαινομένου: η μικρή διάρκεια του φαινομένου έχει ως συνέπεια την ανάπτυξη υψηλών συχνοτήτων και, επομένως, την αύξηση της σύνθετης αντίστασης της γείωσης
- η μείωση του χρόνου μετώπου της διέγερσης συντελεί στη μείωση του «αποτελεσματικού μήκους» (effective length) των μεγάλου μήκους αγωγών γείωσης
- το επιδερμικό φαινόμενο αυξάνει τη σύνθετη αντίσταση των αγωγών γείωσης, εξαιτίας της υψηλής συχνότητας κατά το μεταβατικό φαινόμενο
- η υψηλή τιμή του εγχυόμενου ρεύματος μπορεί να ξηράνει το έδαφος, με αποτέλεσμα την αύξηση της ειδικής αντίστασής του

Οι παράγοντες που επιδρούν στη μεταβατική συμπεριφορά των συστημάτων γείωσης είναι: η μορφή του συστήματος γείωσης, η ειδική αντίσταση του χώματος που το περιβάλλει, η ύπαρξη ή όχι ιονισμού στο έδαφος, το σημείο έγχυσης, καθώς και η κυματομορφή του εγχυόμενου ρεύματος.

Πέραν της μελέτης για τη μεταβατική συμπεριφορά ενός συστήματος γείωσης, πολλές

εργασίες έχουν ασχοληθεί με την ανάλυση της μεταβατικής συμπεριφοράς των ηλεκτροδίων γείωσης. Αυτή έχει ως αντικείμενο τα μεμονωμένα ηλεκτρόδια ανεξάρτητα από κάθε άλλο σύστημα ή μέρος συστήματος γείωσης. Ενδεικτική είναι η εργασία των S. S. Devgan και E. R. Whitehead [16], που αναφέρεται σε μεθοδολογία υπολογισμού της μεταβατικής απόκρισης ηλεκτροδίων γείωσης σε διπλοεκθετικής μορφής κρουστικό κύμα διέγερσης.

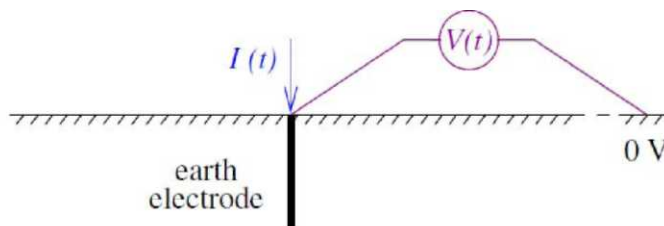
## 8.2 Κρουστική Σύνθετη Αντίσταση

Η κρουστική (μεταβατική) σύνθετη αντίσταση ενός συστήματος γείωσης ορίζεται ως ο λόγος της μεταβολής του δυναμικού του σημείου έγχυσης του ρεύματος ως προς την άπειρη γη προς το εγχεόμενο ρεύμα [13]:

$$Z(t) = u(t) / i(t)$$

Είναι μία συνάρτηση της γεωμετρίας του ηλεκτροδίου, των επικρατούσων συνθηκών εδάφους και της κυματομορφής του μεταβατικού ρεύματος. Μπορεί να καθοριστεί αν το ρεύμα και η απόλυτη τάση στο σημείο έγχυσης του ρεύματος είναι γνωστά για τη χρονική περίοδο που μας ενδιαφέρει, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.1, ενώ είναι σημαντικό οι μετρήσεις των  $u(t)$  και  $i(t)$  να είναι συγχρονισμένες, αλλιώς οποιαδήποτε χρονική καθυστέρηση πρέπει να ληφθεί υπόψη [17]:

Επειδή η κρουστική σύνθετη αντίσταση είναι χρονικά μεταβαλλόμενη, κρίνεται απαραίτητος ο ορισμός κάποιων παραμέτρων της. Οι σχέσεις (2.2.2)-(2.2.5) εκφράζουν τους ορισμούς



Σχήμα 2.1: Μέτρηση της μεταβατικής σύνθετης αντίστασης των παραμέτρων της κρουστικής σύνθετης αντίστασης  $Z_1, Z_2, Z_3, Z_4$  [13]:

$$Z_1 = \max(z(t))$$

$$Z_2 = \frac{U_{\max}}{i_{U_{\max}}}$$

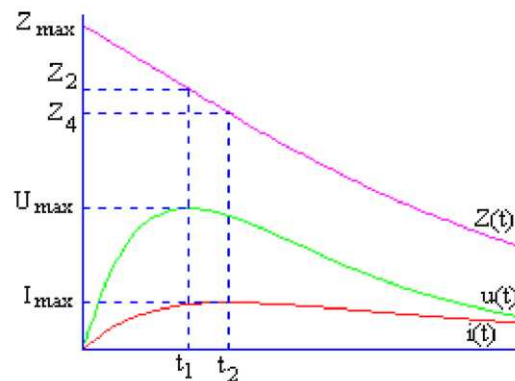
$$Z_3 = \frac{U_{\max}}{I_{\max}}$$

$$Z_4 = \frac{U_i \max}{I_{\max}}$$

όπου  $Z_1$  είναι η μέγιστη τιμή του λόγου της τάσης προς το ρεύμα

$Z_2$  είναι ο λόγος της μέγιστης τιμής της τάσης προς το ρεύμα τη στιγμή κατά την οποία η τάση λαμβάνει τη μέγιστη τιμή της  
 $Z_3$  είναι ο λόγος της μέγιστης τιμής της τάσης προς τη μέγιστη τιμή του ρεύματος  
 $Z_4$  είναι ο λόγος της τιμής της τάσης όταν το ρεύμα λαμβάνει τη μέγιστη τιμή προς τη μέγιστη τιμή του ρεύματος

Στο Σχήμα 2.2 παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά σημεία που χρησιμοποιήθηκαν για τον ορισμό των παραμέτρων της κρουστικής σύνθετης



**Σχήμα 2.2:** Προσδιορισμός των παραμέτρων της κρουστικής σύνθετης αντίστασης [13]

Μπορεί κανείς εύκολα να συμπεράνει ότι  $Z_t > Z_2 > Z_3 > Z_4$ . Ανάλογα με την εφαρμογή επιλέγεται η παράμετρος που θα μετρηθεί, π.χ. η παράμετρος  $Z_3$  προτιμάται πολλές φορές λόγω της απλότητάς της, ενώ στις περιπτώσεις εκείνες που το ρεύμα λαμβάνει τη μέγιστη τιμή του πριν από το μέγιστο της τάσης η παράμετρος  $Z_4$ , σύμφωνα με τον Κ. J. Νίχον [18], είναι η καταλληλότερη για να περιγράψει τη μεταβατική σύνθετη αντίσταση.

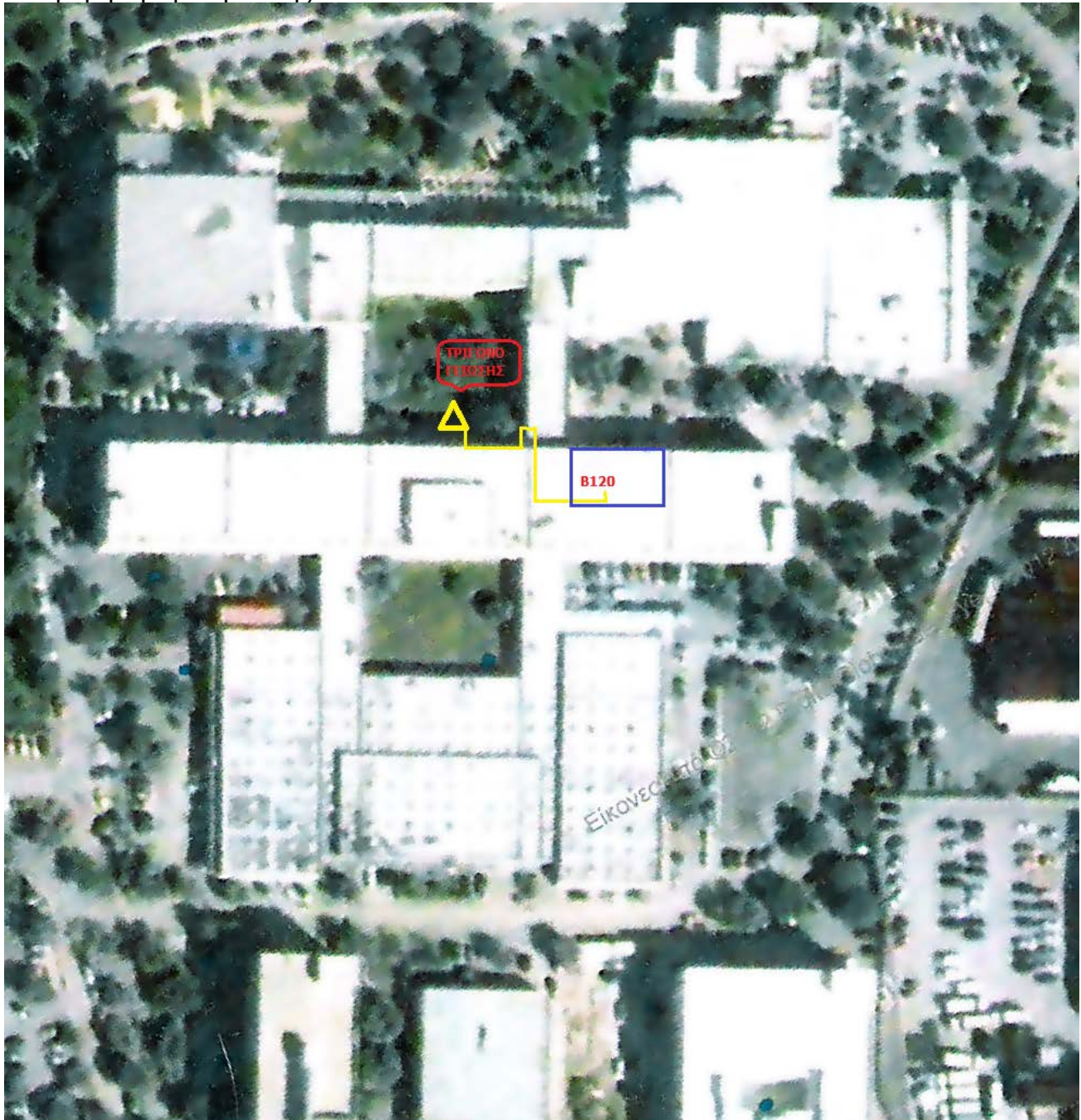
Στις περισσότερες πρακτικές εφαρμογές αντικεραυνικής προστασίας η μέτρηση της  $Z_3$  δεν είναι εφικτή και έτσι μετράται απλά η αντίσταση γείωσης. Επειδή η μέτρηση γίνεται με όργανα που συνήθως εφαρμόζουν ένα σήμα συχνότητας κάτω από 1kHz, η αντίσταση αυτή είναι γνωστή ως αντίσταση χαμηλής συχνότητας  $R_{LF}$ . Ο λόγος  $Z_3 / R_{LF}$  για μία δοθείσα διάταξη ηλεκτροδίων, γνωστός ως συντελεστής μετάβασης, χρησιμοποιείται για να εκτιμηθεί η παράμετρος  $Z_3$  από τη μετρηθείσα αντίσταση  $R_{LF}$ . Λαμβάνοντας υπόψη τις αβεβαιότητες σχετικά με το έδαφος, ο συντελεστής αυτός συχνά θεωρείται ίσος ή μεγαλύτερος της μονάδας, λόγω της συντηρητικής προσέγγισης που θέλει τη μεταβατική σύνθετη αντίσταση μεγαλύτερη της αντίστασης χαμηλής συχνότητας.

Σύμφωνα, όμως, με την πρόσφατη εργασία των S. Visacro και G. Rosado [19], φάνηκε ότι ο συντελεστής αυτός δεν είναι πάντα ίσος ή μεγαλύτερος της μονάδας, όπως δείχνουν τα αποτελέσματα πολλών προσομοιώσεων. Τα πειραματικά αποτελέσματα αυτής της εργασίας κατέληξαν σε συντελεστές σημαντικά μικρότερους της μονάδας για ηλεκτρόδια μικρότερα από το αποτελεσματικό μήκος, ακόμα και σε χαμηλής αντίστασης εδάφη. Συγκεκριμένα, ο λόγος  $Z_3 / R_{LF}$  κυμάνθηκε στις περιοχές 0.3-0.6 και 0.68-0.9, για ηλεκτρόδια θαμμένα σε εδάφη υψηλής (3,8-4kΩm) και χαμηλής (90-300Ωm) αντίστασης, αντίστοιχα. Τέλος, ηλεκτρόδια μακρύτερα του αποτελεσματικού μήκους LEF είχαν τιμές συντελεστή μετάβασης μεγαλύτερες της μονάδας, αν και εμφανώς μικρότερες από τις προβλεπόμενες μέσω προσομοιώσεων. Είναι φανερό πως η μέγιστη τιμή της κρουστικής σύνθετης αντίστασης είναι μεγαλύτερη από την τιμή της αντίστασης στη μόνιμη κατάσταση (η τιμή που μετριέται

με ένα γειωσόμετρο). Επομένως, το ζητούμενο για ένα κατασκευαστή συστημάτων γείωσης, δεν είναι η τιμή της αντίστασης στη μόνιμη κατάσταση, αλλά η χρονική μεταβολή της κρουστικής σύνθετης αντίστασης έως ότου καταλήξει, μετά από κάποιο χρονικό διάστημα, στην τιμή της μόνιμου καταστάσεως.

## Κεφάλαιο 9 ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΕΙΩΣΗΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ Β120

Διαδρομή αγωγού γείωσης



**Εικόνα 1 Κάτοψη χώρου κατασκευής γείωσης**

Απόσταση τριγώνου γείωσης 40 μ. μέχρι τον πίνακα στο εργαστήριο Β120 ΣΤΕΦ ΠΕΙΡΑΙΑ





**Εικόνα 2 Βασικό σκάμμα τριγώνου γείωσης**



**Εικόνα 3 Φρεάτιο με ηλεκτρόδιο τύπου ράβδου**





**Εικόνα 4** Όδευση αγωγού γείωσης προς το κτίριο



**Εικόνα 5** Κάτοψη τριγώνου (1)



**Εικόνα 6 Κάτοψη τριγώνου (2)**



**Εικόνα 7 Ένδειξη ειδικής αντίστασης εδάφους 21-11-2011, 12:52**



## 9.1 Υλικά που χρησιμοποιήθηκαν:

### 1. 40 ΜΕΤΡΑ ΝΥΑ 16 mm<sup>2</sup> , 15m ΑΓΩΓΟΣ 35 τ. χ. ΠΟΛΥΚΛΩΝΟΣ Cu



6420135 ΑΓΩΓΟΣ 35 τ. χ. ΠΟΛΥΚΛΩΝΟΣ Cu

Χάλκινος ηλεκτρολυτικός Cu-E

Εργαστηριακά δοκιμασμένος κατά BS-DIN-ΕΛΟΤ-NF-EN 50164-2

Οι χάλκινοι αγωγοί διατίθενται έως τη διατομή 300mm<sup>2</sup> κατόπιν παραγγελίας.

Οι χάλκινοι αγωγοί διατίθενται και επικασσιτερωμένοι στις ίδιες διατομές.

Χαρακτηριστικά

Διαστάσεις Φmm	7,56
Διαστάσεις mm <sup>2</sup>	35
Χρήση εντός εδάφους	✘
Χρήση εκτός εδάφους	✔
Βάρος kg/m	0,317
Συσκευασία(m)περίπου	200

### 2. 24 kg ΒΕΛΤΙΩΤΙΚΟ ΓΕΙΩΣΗΣ TERRAFILL



6400000 ΒΕΛΤΙΩΤΙΚΟ ΓΕΙΩΣΗΣ TERRAFILL

Εργαστηριακά δοκιμασμένο κατά BS-DIN-ΕΛΟΤ-NF-EN 50164-7

Βελτιωτικό γείωσης αποτελούμενο από συστατικά που βελτιώνουν την ειδική αντίσταση του εδάφους.

Χρησιμοποιείται σε έδαφος οποιασδήποτε σύστασης και προστατεύει το γειωτή από τη διάβρωση.

Δεν περιέχει κανένα οργανικό στοιχείο πχ. άνθρακα ή ενώσεις του.

Ανάλογα με τη σύσταση του εδάφους μπορεί να μειώσει έως και 14 φορές την αντίσταση γείωσης.

Χαρακτηριστικά

Βάρος Kg/τεμ	12
Συσκευασία	1 Δοχείο (12kg)

### 3. 3 τεμ. ΣΦΙΓΚΤΗΡΕΣ ΓΕΙΩΣΕΩΣ ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΟΥ Φ23 ΟΡΕΙΧΑΛΚΙΝΟΙ



6330123 ΣΦΙΓΚΤΗΡΑΣ ΓΕΙΩΣΕΩΣ ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΟΥ Φ23 ΟΡΕΙΧΑΛΚΙΝΟΣ

Κράμα Χαλκού

Εργαστηριακά δοκιμασμένος κατά BS-DIN-ΕΛΟΤ-NF-EN 50164-1

Σφιγκτήρας για σύνδεση επιχαλκωμένης ράβδου γείωσης αντίστοιχης διαμέτρου με χάλκινο μονόκλωνο αγωγό από 25mm<sup>2</sup> έως 70mm<sup>2</sup>

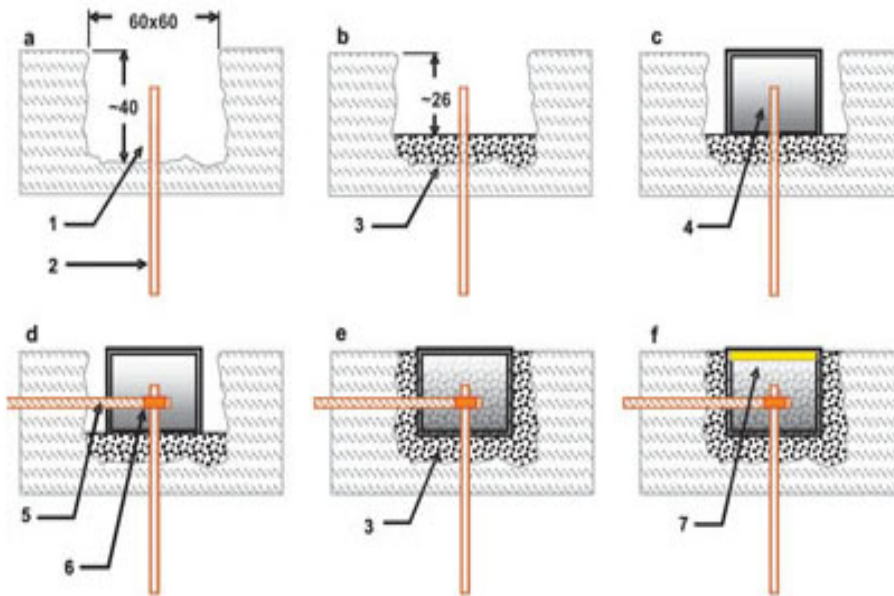
Χαρακτηριστικά

Τύπος	H-100kA
Διαστάσεις mm	Φ23
Βάρος Kg/τεμ	0,108
Συσκευασία	50



#### 4. 3 ΤΕΜ ΦΡΕΑΤΙΑ ΓΕΙΩΣΗΣ

Οδηγίες τοποθέτησης φρεατίου



1. Σκάμμα / Hole
2. Ράβδος / Earth rod
3. Σκυρόδεμα / Concrete
4. Φρέατο / Pit
5. Αγωγός γείωσης / Earth conductor
6. Σφικτήρας Ράβδου-Αγωγού / Earth Electrode Clamp
7. Κάλυμμα / Pit cover



6009030 ΦΡΕΑΤΙΟ ΓΕΙΩΣΗΣ  
Πολυβινύλιο PVC

Χρησιμοποιείται για τον οπτικό έλεγχο της γείωσης στο σημείο σύνδεσης της, τον έλεγχο της σύσφιξης του αγωγού με το γειωτή στο σημείο σύνδεσης και παρέχει δυνατότητα για τη σωστή μέτρηση της αντίστασης γείωσης.  
Φέρει ανάγλυφη τη σήμανση της γείωσης.

Χαρακτηριστικά

Διαστάσεις mm	25x25
Βάρος kg/τεμ	2,2

## 5. ΤΡΙΑ ΤΕΜ ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΟ ΓΕΙΩΣΗΣ Φ17 x 1500 mm E-Cu



6321715 ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΟ ΓΕΙΩΣΗΣ Φ17 x 1500 mm E-Cu (250μm)  
Επιχαλκωμένο με πάχος επιχάλκωσης 254μm St/e-Cu Τύπος A  
Εργαστηριακά δοκιμασμένη κατά BS-DIN-ΕΛΟΤ-NF-EN 50164-1 & 2

Με χαλύβδινη ψυχή ηλεκτρολυτικά επιχαλκωμένη με πάχος  
επιχάλκωσης τουλάχιστον 254μm.

### Χαρακτηριστικά

Τύπος	H-100kA
Διαστάσεις mm	Φ17x1500
Βάρος Kg/τεμ	2,878
Συσκευασία	5

**6. Διαφορά υλικά εσωτερικών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων που μας βοήθησαν να φτάσει ο αγωγός μέχρι το εργαστήριο.**

## Βιβλιογραφία

- [1] Σεμινάριο, "Γειώσεις δικτύων και εγκαταστάσεων", Σύνδεσμος Εργολάβων Εγκαταστατών Αθήνας ΣΕΗΕΑ
- [2] Σ.ΑΝΤΩΝΟΠΟΥΛΟΣ-Φ.ΔΗΜΟΠΟΥΛΟΣ, «ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ» Γ ΕΠΛ
- [3] ABB, "Shitchgear Manual"
- [4] ΣΤΥΛΙΑΝΟΣ ΜΑΝΩΛΑΣ, «ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ»
- [5] <http://www.elemko.gr>
- [6] Ν. Παναγιωτόπουλος: "Γειώσεις και αντικεραυνική προστασία δικτύων και εγκαταστάσεων", Σεμινάριο: "Γειώσεις και αντικεραυνική προστασία δικτύων και εγκαταστάσεων".
- [7] <http://faraday.ee.auth.gr/kosmanis/files/grounding.ppt>
- [8] Χατζηπαντελής Ε. Δημήτρης, "Επίδραση της ειδικής αντίστασης εδάφους στην κατανομή του δυναμικού εδάφους για διάφορα συστήματα γείωσης", Διπλωματική εργασία, Αθήνα 2001.
- [9] ΑΝΤΩΝΙΟΥ Κ. ΦΑΚΑΡΟΥ, «ΕΣΩΤΕΡΙΚΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ Ι»
- [10] ΓΕΩΡΓΙΟΣ Κ. ΓΟΥΝΑΡΙΔΗΣ, «ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ ΤΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ ΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΙΙ» 2<sup>Η</sup> ΕΚΔΟΣΗ
- [11] Π. Ντοκόπουλος, "Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις καταναλωτών σύμφωνα με το νέο κανονισμό ΕΛΟΤ HD 384", Εκδόσεις Ζήτη, Αθήνα, 2005.
- [12] Κανονισμοί Εσωτερικών Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων (Κ.Ε.Η.Ε.), Επιμέλεια Γεώργιος Παπασωτηρίου, Εκδόσεις Α. Παπασωτηρίου, Αθήνα 1980.
- [13] E. D. Sunde, "Earth conduction effects in transmission systems", Copyright 1949 by Bell Telephone Laboratories, Incorporated.
- [14] B. G. Gupta and B. Thapar, "Impulse impedance of grounding grids", IEEE Trans. Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-99, pp. 2357-2362, Nov/Dec. 1980.
- [15] A. P. Meliopoulos and M. G. Moharam, "Transient analysis of grounding systems", IEEE Trans. Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-102, No.2, pp.389-399, 1983.