

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, ΑΡΙΘΜΟΣ: 1229

ΜΕΘΟΔΟΙ ΓΕΙΩΣΕΩΝ

Σπουδαστές: Παπανικολάου Άγγελος
Παπανικολάου Αντώνης

Εισηγητής: κ. Σχοινάς Νικόλαος

Πάτρα, 2012

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Εισαγωγή.....	6
Ορολογία	
1.1 Ορισμοί βασικών εννοιών.....	16
1.1.1 Γείωση.....	16
1.1.2 Ηλεκτρόδιο Γείωσης	16
1.1.3 Πλέγμα γείωσης	16
1.1.4 Ράβδοι Γείωσης.....	16
1.1.5 Αντίσταση γείωσης (R_g)	17
1.1.6 Άπειρη γη	17
1.1.7 Αποτελεσματική γείωση	17
1.1.8 Πολυστρωματική δομή εδάφους.....	17
1.1.9 Ουδετέρωση.....	17
1.1.10 DC συνιστώσα	17
1.1.11 Ενεργό μη συμμετρικό ρεύμα σφάλματος, I_F	17
1.1.12 Λόγος X/R	18
1.1.13 Μέγιστο Δυναμικό Γείωσης (Ground Potential Rise, GPR)	18
1.1.14 Μέγιστο ρεύμα πλέγματος, I_G	19
1.1.15 Συμμετρικό ρεύμα πλέγματος, I_g	19
1.1.16 Συμμετρικό Ρεύμα Σφάλματος Γείωσης, I_f	19
1.1.17 Συντελεστής εξασθένησης, D_f	19
1.1.18 Αντίσταση ποδιού, R_f	19
1.1.19 Τάση Βρόχου, E_m	20
1.1.20 Βηματική Τάση, E_s	20
1.1.21 Τάση επαφής, E_t	20
1.1.22 Τάση επαφής μεταξύ μετάλλων	20
1.1.23 Τάση σφάλματος ή Δυναμικό προς άπειρη γη, U_f	20
1.1.24 Υλικό επιφανείας	20
1.1.25 Μεταφερόμενη τάση	20

Γείωση

2.1 Ανάγκη κατασκευής γείωσης.....	22
2.2 Είδη γειώσεων	24
2.2.1 Γείωση λειτουργίας	24
2.2.2 Γείωση προστασίας	24
2.2.2.1 Κύρια μέτρα προστασίας	25
2.2.2.2 Πρόσθετα μέτρα προστασίας	25
2.2.3 Γείωση προστασίας	25
2.3 Ηλεκτρολογική Γείωση	26
2.4 Γειωτές	28
2.5 Είδη γειωτών	28
2.5.1 Ραβδοειδής	29
2.5.2 Γειωτής πλάκας	30
2.5.3 Γειωτής ακτινικός	31
2.5.4 Γειωτής πλέγματος	31
2.5.5 Γειωτής ταινίας	31
2.5.5.1 Περιμετρική γείωση	32
2.5.5.2 Θεμελιακή γείωση	33
2.5.5.2.1 Τοποθέτηση θεμελιακού γειωτή	33
2.5.5.2.2 Πλεονεκτήματα θεμελιακής γείωσης	35
2.5.6 Γειωτής τύπου “E”	41
Ειδική Αντίσταση	
3.1 Παράγοντες που επηρεάζουν την ειδική αντίσταση εδάφους	47
3.1.1 Είδος του εδάφους – Προσμίξεις	47
3.1.2 Υγρασία	47
3.1.3 Θερμοκρασία	47
3.1.4 Μορφή της τάσης	49
3.1.5 Ηλεκτρικό ρεύμα	49
3.2 Μέτρηση ειδικής αντίστασης εδάφους	49
3.2.1 Μέθοδος Wenner	50
3.2.2 Μέθοδος των τριών ηλεκτροδίων ή πτώσης δυναμικού (fall – of – potential)	51
3.2.3 Σύγκριση μεθόδων μέτρησης της ειδικής αντίστασης	52
3.2.4 Μέτρηση της τιμής της αντίστασης γείωσης	52
3.2.4.1 Μέτρηση γείωσης με την χρήση τσιμπίδας	54

3.2.4.2 Μέτρηση αντίστασης βρόχου φάσεως-γης	54
3.2.5 Τύποι υπολογισμού τιμής της αντίστασης γείωσης	55
3.2.6 Υπολογισμός αντίστασης ομάδων ραβδοειδών γειωτών	56
3.2.7 Παράδειγμα υπολογισμού της τιμής της αντίστασης γείωσης κατά την χρήση θεμελιακού γειωτή (θεμελιακή γείωση)	57
3.2.8 Συγκριτικά αποτελέσματα των παραπάνω παραδειγμάτων	59
3.2.9 Βελτιωτικά υλικά γειώσεων	60
3.2.9.1 Τρόπος βελτίωσης της αγωγιμότητας του εδάφους - TERRAFILL	61
3.2.9.2 Τρόπος χρήσης του TERRAFILL	61
3.2.10 Επιθεώρηση-Συντήρηση	62
Σχεδίαση Συστημάτων Γείωσης	
4.1 Διαδικασία Σχεδιασμού Συστήματος Γείωσης.....	64
4.2 Ανάλυση της Διαδικασίας Σχεδιασμού Συστήματος Γείωσης.....	65
4.2.1 Επιλογή μοντέλου εδάφους.....	65
4.2.2 Επιλογή Αγωγών – Υλικό – Διατομή	65
4.2.2.1. Υλικό	65
4.2.2.2. Διατομή Αγωγών	65
4.2.3 Βασικές αρχές στη σχεδίαση του πλέγματος γείωσης	66
4.2.4 Επίδραση ηλεκτρικού ρεύματος στο ανθρώπινο σώμα.....	67
4.2.5 Αντίσταση ανθρώπινου σώματος.....	68
4.2.6 Τάση Επαφής	68
4.2.7 Βηματική Τάση.....	70
4.2.8 Υλικό Επιφάνειας	71
4.2.9 Επιτρεπτά Όρια Τάσης	72
4.2.10 Εκτίμηση της αντίστασης γείωσης	73
4.2.11 Προσδιορισμός μέγιστου ρεύματος πλέγματος	74
4.2.11.1 Είδη σφαλμάτων	75
4.2.11.2 Προσδιορισμός του συντελεστή καταμερισμού	76
4.2.11.3 Προσδιορισμός του συντελεστή εξασθένησης	77
4.3 Σύνοψη	78
SES CDEGS	
5.1 Εισαγωγή	80
5.2 Καταχώρηση Δεδομένων	81
5.2.1 RESAP	82
5.2.2 MALZ	85
5.3 Προσομοίωση	90

5.4 Παρουσίαση Αποτελεσμάτων	90
5.4.1 RESAP	90
5.4.2 MALZ	93
Γειώσεις που συναντώνται σε βιομηχανικά-επαγγελματικά κτίρια και Κατοικίες	
6.1 Γείωση Υποσταθμού	97
6.1.1 Γείωση των μεταλλικών στοιχείων Μέσης Τάσης (Μ.Τ.)	98
6.1.2 Γείωση Ουδέτερου κόμβου (γείωση λειτουργίας)	99
6.1.3 Κατασκευή γείωσης σε Υποσταθμό	99
6.1.3.1 Περίπτωση όπου η τιμή της αντίστασης της γείωσης είναι \leq του 1Ω	99
6.1.3.2 Περίπτωση όπου η τιμή της αντίστασης της γείωσης είναι μεγαλύτερη του 1Ω	100
6.1.4 Διαστασιολόγηση αγωγού γείωσης.....	102
6.1.5 Στην περίπτωση που δεν υπάρχει υποσταθμός	104
6.2 Γείωση Ηλεκτρολογικού Ζεύγους (H/Z)	104
6.2.1 Συστήματα σύνδεσης των γειώσεων κατά ΕΛΟΤ HD 384	104
6.2.2 Ουδετέρωση (TN)	107
6.2.3 Άμεση γείωση (TT)	108
6.2.4 Μονωμένου ουδέτερου (IT) κατά ΕΛΟΤ HD 384	109
6.3 Γείωση μονάδων αδιάλειπτης λειτουργίας (U.P.S)	111
6.4 Γείωση Συστήματος Αντικεραυνικής Προστασίας (ΣΑΠ)	111
6.4.1 Εξωτερικό ΣΑΠ	111
6.4.1.1 Συλλεκτήριο σύστημα	111
6.4.1.2 Αγωγοί καθόδου	112
6.4.1.3 Γείωση του κεραυνικού ρεύματος	112
6.4.1.3.1 Κατασκευή συστήματος γείωσης Αντικεραυνικής Προστασίας	113
6.4.1.3.2 Διαστασιολόγηση αγωγού γείωσης	114
6.4.2 Εσωτερικό σύστημα Αντικεραυνικής Προστασίας	114
6.4.3 Επιθεώρηση αντικεραυνικής γείωσης	118
6.5 Γείωση ιδιαίτερα ευαίσθητων ηλεκτρονικών συσκευών και δικτύων τηλεματικής	118
6.6 Γείωση τηλεφωνικού κέντρου	119
Ενοποίηση των γειώσεων	
7.1 Άμεση σύνδεση γειώσεων και ισοδυναμικών συνδέσεων	121
7.2 Έμμεση σύνδεση γειώσεων και ισοδυναμικών συνδέσεων με απαγωγούς κρουστικών υπερτάσεων.....	122
7.3 Ισοδυναμικές συνδέσεις	124
Πειραματικό μέρος	
8.1 Γειωσόμετρο	130

8.2 Μέτρηση αντιστάσεων	131
8.3 Μέτρηση της αντίστασης της γείωσης ανάλογα με το είδος της γείωση.....	131
8.4 Μέτρηση της αντίστασης της Θεμελιακής γείωσης σε κατοικία.....	134
Επίλογος	136
Συμπεράσματα	136
Παράρτημα	137
Συνομεύσεις	146
Βιβλιογραφία	147

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο ηλεκτρισμός σήμερα αποτελεί μία από τις πιο ήπιες μορφές ενέργειας. Η ύπαρξή του είναι απόλυτα συνυφασμένη με την ανθρώπινη ζωή και οι εφαρμογές του με τις συνθήκες διαβίωσης. Γενικά, κάθε μορφή ενέργειας έχει βιολογικές επιδράσεις. Ορισμένες λοιπόν εφαρμογές του ηλεκτρισμού χρησιμοποιούνται για διαγνωστικές εφαρμογές προκαλώντας βιολογικές επιδράσεις όπως οι ηλεκτρικές διεγέρσεις που προκαλούν μυϊκή συστολή και χρησιμοποιούνται στην ηλεκτρομυογραφία, η μέτρηση και καταγραφή βιοηλεκτρικών δυναμικών σε διάφορα σημεία του ανθρώπινου σώματος, κ.α.

Οι κυριότερες όμως βιολογικές επιδράσεις του ηλεκτρισμού είναι ηλεκτροπληξία και ορισμένες θεραπευτικές εφαρμογές.

Η ηλεκτροπληξία είναι ένα φαινόμενο το οποίο οφείλεται στην δίοδο ηλεκτρικού ρεύματος δια του ανθρώπινου σώματος. Η βαρύτητα του φαινομένου αυτού κυμαίνεται από ασήμαντη όπως π.χ. ένα αίσθημα μικρής εκτινάξεως, μέχρι πρόκληση θανάτου.

Οι φυσικοί παράγοντες που καθορίζουν την βαρύτητα της ηλεκτροπληξίας είναι η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το ανθρώπινο σώμα, η χρονική διάρκεια, η συχνότητα εναλλαγής του, η πορεία του και το είδος του.

Το ηλεκτρικό ρεύμα λοιπόν μπορεί να προκαλέσει διαταραχές του καρδιακού ρυθμού (ινιδισμό), του αναπνευστικού ρυθμού, βαριά εγκαύματα και παράλυση διαφόρων σημείων του σώματος. Όλοι οι μηχανισμοί αυτοί, μπορούν να προκαλέσουν άμεσα το θάνατο.

Ειδικότερα:

- Τα εναλλασσόμενα ρεύματα προκαλούν τετανικές συσπάσεις των γραμμωτών μυών και εφίδρωση
- Τα συνεχή ρεύματα προκαλούν ηλεκτρολυτικές διαταραχές των ιστών
- Το ηλεκτρικό ρεύμα που διέρχεται από το δέρμα προκαλεί μεγάλη τοπική αύξηση της θερμοκρασίας με αποτέλεσμα τα εγκαύματα

Οι θεραπευτικές εφαρμογές του ηλεκτρισμού βασίζονται σε εξωτερικές ηλεκτρικές διέγερσης που χρειάζονται πολλές φορές στην θεραπεία διαφόρων παθήσεως. Τέτοιες είναι οι διαθερμίες, η ηλεκτροσπασμοθεραπεία (ηλεκτρικά shocks), οι ηλεκτρικές διεγέρσεις των μυών, η ηλεκτρο-υποθεραπεία και η ιοντοφόρηση.

Για την προστασία λοιπόν των ατόμων από το φαινόμενο της ηλεκτροπληξίας θα πρέπει να ληφθούν ορισμένα μέτρα προστασίας με τα οποία να εξασφαλίζεται και να διατηρείται η ασφάλεια των ανθρώπων. Τα μέτρα αυτά ποικίλουν ανάλογα με το είδος της εγκατάστασης. **Ένα κοινό όμως μέτρο προστασίας το οποίο εφαρμόζεται σε όλες τις εγκαταστάσεις είναι οι γειώσεις.**

Οι **γειώσεις** καθορίζουν αν μία ηλεκτρολογική εγκατάσταση είναι επιτυχής. Με την βοήθεια των γειώσεων, «οδηγούμε» τυχόν ρεύματα που δημιουργούνται από βραχυκυκλώματα και μικροδιαρροές προς την γη, εξασφαλίζοντας έτσι και διατηρώντας την ασφάλεια των ατόμων στο χώρο αυτό. Υπάρχουν διάφορα είδη γειώσεων και η επιλογή της κατάλληλης γειώσης γίνεται ανάλογα με το είδος της εγκατάστασης (ηλεκτρολογική μελέτη) και τα πιθανά φαινόμενα ηλεκτροπληξίας που μπορεί να εμφανιστούν σε αυτή.

Ως πιθανά φαινόμενα ηλεκτροπληξίας θεωρούνται η βηματική τάση, η τάση επαφής ή και ακόμη η προσέγγιση προς τα ηλεκτροφόρα τμήματά του, λόγω πιθανών υπερπηδήσεων του τόξου. Η καταλληλότητα της επιλεγμένης γειώσης εξαρτάται από τα παραπάνω κυρίως πιθανά φαινόμενα ηλεκτροπληξίας.

Πριν όμως γίνει αυτή μελέτη, γίνεται μια προσπάθεια γενικής προσέγγισης των τμημάτων που την απαρτίζουν, δηλαδή της ηλεκτροπληξίας και των ηλεκτρικών κινδύνων για τον άνθρωπο, των μέτρων προστασίας που λαμβάνονται για την αντιμετώπισή τους κι ειδικότερα όσον αφορά το θέμα των γειώσεων.

Αποτελέσματα ηλεκτροπληξίας

Διακρίνουμε την τάση σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με την τιμή της:

- **Στην χαμηλή τάση**

Η τιμή της φτάνει μέχρι 1 KV και χρησιμοποιείται στην τροφοδότηση καταναλωτών.

- **Στην ενδιάμεση ή μέση τάση**

Η τιμή της κυμαίνεται από 1 KV έως 66 KV και χρησιμοποιείται σε γραμμές διανομής ηλεκτρικής ενέργειας.

- **Σε υψηλή και υπερυψηλή τάση**

Η τιμή της είναι 66 KV και πάνω και συναντάται στα εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και σε γραμμές μεταφοράς.

Ο τρόπος πρόκλησης ατυχημάτων και το αποτέλεσμα με θύμα του ανθρώπινο οργανισμό διαφέρει στην χαμηλή τάση από την μέση και υψηλή τάση.

Στην χαμηλή τάση η πρόκληση ατυχημάτων οφείλεται στην επαφή του ανθρώπινου σώματος με τον ηλεκτρισμό. Ως επικίνδυνα αποτελέσματα θεωρούνται η μαρμαρυγή ή αλλιώς καρδιακή προσβολή, κατά την οποία από την διέλευση του ρεύματος στον ανθρώπινο οργανισμό οι καρδιακοί παλμοί από περιοδικούς γίνονται άρρυθμοι, με αποτέλεσμα η καρδιά να μην μπορεί να κυκλοφορήσει επαρκώς το αίμα και να επέρχεται θάνατος ή μερική παράλυση λόγω βλάβης του εγκεφάλου από μειωμένη οξυγόνωση του και τα εγκαύματα

Στην μέση και υψηλή τάση η πρόκληση ατυχημάτων μπορεί να γίνει με απλή και μόνο προσέγγιση του ανθρώπινου σώματος χωρίς να υπάρξει επαφή. Ως επικίνδυνα αποτελέσματα εδώ θεωρούνται τα θανατηφόρα ατυχήματα που οφείλονται κυρίως στην παράλυση των πνευμόνων κατά την διάρκεια επαφής του σώματος με τον ηλεκτρισμό και κατά συνέπεια θάνατο από ασφυξία, ή από εγκαύματα τα οποία προέρχονται από την υψηλή θερμοκρασία του ηλεκτρικού τόξου που δημιουργείται μεταξύ των αγωγών κατά την προσέγγιση του ανθρώπινου σώματος, ή από την βηματική τάση η οποία μπορεί να αναπτυχθεί λόγω σφαλμάτων και μικροδιαφορών του ρεύματος (διαφορά δυναμικού στο άνοιγμα των ποδιών ενός ανθρώπου κατά το περπάτημα).

Παράγοντες που προσδιορίζουν τα αποτελέσματα μιας ηλεκτροπληξίας

Για μία δεδομένη διαδρομή του ρεύματος μέσα από τον ανθρώπινο σώμα, ο κίνδυνος της ηλεκτροπληξίας εξαρτάται κυρίως από το μέγεθος του ρεύματος και την χρονική διάρκεια ροής του.

Όμως τα δύο αυτά μεγέθη σε πολλές περιπτώσεις δεν είναι αρκετά ώστε να στηριχτεί πάνω σ' αυτά ο σχεδιασμός και τα μέτρα προστασίας κατά της ηλεκτροπληξίας αλλά θα πρέπει να ληφθεί υπόψιν και η τάση επαφής σε συνάρτηση με τον χρόνο.

Η σχέση μεταξύ ρεύματος και τάσης δεν είναι γραμμική αφού η συνολική αντίσταση του ανθρώπινου σώματος ποικίλει. Πιο συγκεκριμένα, τα διάφορα μέλη του ανθρώπινου σώματος όπως το δέρμα, οι μύες ή και το αίμα παρουσιάζουν μία σύνθετη αντίσταση η οποία αποτελείται τόσο από ωμικά όσο και χωρητικά στοιχεία. Η τιμή της σύνθεσης αυτής αντίστασης εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως την διαδρομή του ρεύματος δια του ανθρώπινου σώματος, την τάση επαφής, την διάρκεια της ροής του ρεύματος, την συχνότητα του ρεύματος, τον βαθμό υγρασίας του δέρματος, την επιφάνεια επαφής με το ρεύμα, την πίεση και την θερμοκρασία. Ο υπολογισμός της σύνθετης αυτής αντίστασης, έχει προέλθει από πειραματικές μετρήσεις οι οποίες έγιναν σε ανθρώπινα πτώματα αλλά και σε μερικούς ανθρώπους εν ζωή.

Μία άλλη διάκριση που μπορεί να γίνει όσον αφορά το αποτέλεσμα μιας ηλεκτροπληξίας είναι το είδος ρεύματος με το οποίο θα έρθει σε επαφή ο ανθρώπινος οργανισμός. Ατυχήματα με συνεχές ρεύμα έχουν πολύ μικρό ποσοστό εμφάνισης και θανατηφόρα ατυχήματα με συνεχές ρεύμα παρουσιάζονται μόνο υπό πολύ αντίξοες συνθήκες όπως για παράδειγμα σε ορυχεία.

Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι με το συνεχές ρεύμα, αποκόλληση των μελών του ανθρώπινου σώματος είναι πιο εύκολη από ότι στο εναλλασσόμενο ρεύμα και μάλιστα ακόμη και όταν η διάρκεια επαφής με το συνεχές ρεύμα είναι μεγαλύτερη από την περίοδο της καρδιακής λειτουργίας. Συμπερασματικά λοιπόν, μπορούμε να πούμε ότι το κατώτερο όριο τιμής του ρεύματος που απαιτείται για την σύσφιξη των ανθρώπινων μυών είναι μεγαλύτερο στο συνεχές ρεύμα από ότι στο εναλλασσόμενο.

Οι βασικές διαφορές όμως μεταξύ του συνεχούς και εναλλασσόμενου ρεύματος όσον αφορά τον ανθρώπινο παράγοντα είναι ότι τα αποτελέσματα της ροής του ρεύματος δηλαδή η σύσφιξη των μυών, η μη ομαλή καρδιακή λειτουργία κ.λπ., σχετίζονται κυρίως με τις αλλαγές στην τιμή του ρεύματος.

Παρακάτω εξετάζονται εκτενώς καθένας από τους παράγοντες που συνπροσδιορίζουν το αποτέλεσμα μιας ηλεκτροπληξίας.

Ηλεκτρική σύνθετη αντίσταση του ανθρώπινου σώματος

Η σύνθετη αντίσταση του ανθρώπινου σώματος, όπως προαναφέρθηκε, καθορίζεται από ένα πλήθος παραγόντων όπως είναι η τάση επαφής, η συχνότητα, ο βαθμός υγρασίας του δέρματος, η πορεία του ρεύματος, το μέγεθος της επιφάνειας επαφής.

Εσωτερική σύνθετη αντίσταση του ανθρώπινου σώματος

Η σύνθετη αυτή αντίσταση είναι η μεγαλύτερη σε τιμή που παρουσιάζεται στον ανθρώπινο οργανισμό. Η τιμή της εξαρτάται κυρίως από την πορεία του ρεύματος και κατά δεύτερο λόγο από την επιφάνεια επαφής. Το παρακάτω σχήμα δείχνει την κατανομή της εσωτερικής σύνθετης αντίστασης του ανθρώπου σε Ω , σαν ποσοστό της εσωτερικής σύνθετης αντίστασης που εμφανίζεται κατά την ροή ρεύματος από χέρι σε πόδι.

Για δεδομένη πορεία του ρεύματος από το χέρι στα πόδια, οι σύνθετες εσωτερικές αντιστάσεις έχουν τις μεγαλύτερες τιμές τους.

Σύνθετη αντίσταση του δέρματος

Η σύνθετη αυτή αντίσταση αποτελείται από ωμικά και χωρητικά στοιχεία. Περιλαμβάνει επίσης ένα ημιαγώγιμο στρώμα και μικρά αγωγίμα στοιχεία (πόρους).

Η σύνθετη αντίσταση του δέρματος παρουσιάζει πτώση στην τιμή της όταν αυξάνει η τιμή του ρεύματος. Ορισμένες φορές μάλιστα παρατηρούνται σημάδια από την ροή του ρεύματος πάνω στο δέρμα.

Η τιμή της σύνθετης αυτής αντίστασης στο δέρμα εξαρτάται από την συχνότητα της τάσης, την διάρκεια του ρεύματος, την περιοχή επαφής, την πίεση της επαφής, τον βαθμό υγρασίας του δέρματος, την θερμοκρασία και τον τύπο του δέρματος

Για τάση επαφής έως 50V A.C. η τιμή της σύνθετης αντίστασης του δέρματος ποικίλει ανάλογα με τους υπόλοιπους παραπάνω παράγοντες που την προσδιορίζουν. Για τάση επαφής πάνω από 50V A.C., η σύνθετη αντίσταση του δέρματος μειώνεται ανάλογα και γίνεται ελάχιστη όταν "σκάει" το δέρμα. Επίσης έχει αποδειχθεί ότι και η συχνότητα επιδρά αποφασιστικά στην σύνθετη αντίσταση του δέρματος και μάλιστα όσο αυξάνει η συχνότητα τόσο μειώνεται και η σύνθετη αυτή αντίσταση.

Συνολική σύνθετη αντίσταση του ανθρώπινου σώματος

Η συνολική σύνθετη αντίσταση αποτελείται από την σύνθετη αντίσταση του δέρματος και την εσωτερική αντίσταση του ανθρώπινου σώματος.

Για τάση επαφής έως 50V A.C. η συνολική σύνθετη αντίσταση εξαρτάται από τις μεταβολές της σύνθετης αντίστασης του δέρματος. Για τάση επαφής μεγαλύτερη των 50V A.C. η συνολική σύνθετη αντίσταση εξαρτάται όλο και λιγότερο από την σύνθετη αντίσταση του δέρματος και η τιμή της πλησιάζει την τιμή της σύνθετης εσωτερικής αντίστασης.

Όπως προκύπτει, επειδή η σύνθετη αντίσταση του δέρματος εξαρτάται από την συχνότητα και μάλιστα παρατηρείται μείωσή της κατά την αύξηση της συχνότητας, η συνολική σύνθετη αντίσταση του ανθρώπινου σώματος είναι μεγαλύτερη στο συνεχές ρεύμα.

Ωμική αντίσταση του ανθρώπινου σώματος

Την χρονική στιγμή κατά την οποία εφαρμόζουμε μία τάση επαφής, τα χωρητικά στοιχεία από τα οποία αποτελούνται οι συνθέτες αντιστάσεις δεν είναι φορτισμένα. Έτσι λοιπόν οι σύνθετες αντιστάσεις του δέρματος μπορούν να θεωρηθούν αμελητέες και η ωμική αντίσταση του ανθρώπινου οργανισμού ίση με την συνολική σύνθετη αντίσταση.

Η τιμή της ωμικής αντίστασης του ανθρώπου εξαρτάται κυρίως από την πορεία του ρεύματος και σε μικρότερο βαθμό από την επιφάνεια επαφής. Η ωμική αυτή αντίσταση περιορίζει τις μέγιστες τιμές ρευμάτων με γρήγορη εναλλαγή (μικρής περιόδου).

Χαρακτηριστικές τιμές της συνολικής σύνθετης αντίστασης του ανθρώπινου σώματος

Οι τιμές της συνολικής ανθρώπινης σύνθετης αντίστασης του πίνακα 1 αναφέρονται σε ζωντανούς ανθρώπινους οργανισμούς, στους οποίους η πορεία του ρεύματος είναι από το ένα χέρι στο άλλο και η επιφάνεια επαφής τους είναι μεγάλη (5'000 - 10'000 mm²) υπό ξηρές συνθήκες.

Τάση επαφής (V)	5%	50%	95%
25	1.750	3.250	6.100
50	1.450	2.625	4.375
75	1.250	2.200	3.500
100	1.200	1.875	3.200
125	1.125	1.625	2.875
220	1.000	1.350	2.125
700	750	1.100	1.550
1'000	700	1.050	1.500

Πίνακας 1: Πληθυσμός (%) Z_T (Ω)

Όλες οι τιμές που μετρήθηκαν με τάση έως και 50V με επιφάνεια επαφής υγρή είναι 10-25% μικρότερες από τις αντίστοιχες τιμές με επιφάνεια επαφής ξηρή. Δηλαδή επιφάνειες επαφής υγρές όταν τεθούν υπό τάση και μετρηθεί η σύνθετή τους αντίσταση τότε αυτή βρίσκεται ότι είναι μέχρι και η μισή τιμή της σύνθετης αντίστασης που θα είχαμε υπό τις ίδιες συνθήκες αλλά με ξηρή επιφάνεια επαφής.

Για τάσεις μεγαλύτερες των 150V η συνολική σύνθετη αντίσταση εξαρτάται όλο και λιγότερο από την υγρασία και την επιφάνεια επαφής.

Πορεία του ρεύματος δια του ανθρώπινου σώματος

Η σύνθετη ηλεκτρική αντίσταση του ανθρώπου όπως προαναφέρθηκε εξαρτάται κυρίως από την πορεία που θα ακολουθήσει το ρεύμα μέσα στο ανθρώπινο σώμα.

Για παράδειγμα στα 200V η σύνθετη αντίσταση ενός ποσοστού 5% των ατόμων είναι κάτω από 1.000 Ω ενώ για την ίδια τάση η αντίσταση του 50% των ατόμων είναι κάτω από 1.500 Ω . Ασυμπτωτικά φαίνεται ότι για ποσοστό 95% του πληθυσμού η ελάχιστη σύνθετη αντίσταση του ανθρώπινου σώματος είναι 650 Ω .

Όλα τα παραπάνω αντιστοιχούν σε πορεία του ρεύματος μεταξύ ενός χεριού και των ποδιών. Η αντίσταση που προβάλλει ο οργανισμός εάν το ρεύμα ακολουθήσει διαφορετική πορεία διαφέρει κατά + ή - 30%. Λαμβάνοντας λοιπόν κάθε φορά ως αντίσταση αναφοράς R_{ref} την αντίσταση που παρουσιάζει ο άνθρωπος για διαδρομή του ρεύματος από το ένα χέρι στα δύο

πόδια, μπορώ να βρίσκω την αντίσταση που παρουσιάζει το ανθρώπινο σώμα για οποιαδήποτε διαδρομή του ρεύματος σαν ποσοστό F_1 της R_{ref} .

$$R = R_{ref} \cdot F_1$$

Το ποσοστό F_1 καλείται σχετική αντίσταση και δίδεται για διάφορες διαδρομές του ρεύματος στον παρακάτω πίνακα:

ΠΟΡΕΙΑ	F_1
Δύο χέρια → Δύο πόδια	0,67
Αριστερό χέρι (δεξί)→Αριστερό πόδι (δεξί)	1,33
Δύο χέρια →Ένα πόδι	1,00
Αριστερό χέρι (δεξί)→Γοφός	0,40
Δύο χέρια→Γοφός	0,40
Ένα χέρι→Πλάτη	0,67
Δύο χέρια→Πλάτη	0,33
Ένα χέρι →Στήθος	0,60
Δύο χέρια→Στήθος	0,31
Χέρι→Χέρι	1,33

Πίνακας 2

Με βάση λοιπόν τα παραπάνω μπορούμε κάθε φορά να γνωρίζουμε την συνολική σύνθετη αντίσταση που θα προβάλλει ο ανθρώπινος οργανισμός ανάλογα με την διαδρομή που ακολουθεί το ρεύμα που τον διαρρέει.

Η επικινδυνότητα όμως της πορεία του ρεύματος προσδιορίζεται με βάση το ρεύμα αναφοράς. Ως ρεύμα αναφοράς, ορίζουμε το επικίνδυνο ρεύμα το οποίο ακολουθεί την διαδρομή από το αριστερό χέρι στα δύο πόδια γιατί διαρρέει και την καρδιά. Εάν λοιπόν, ένα ρεύμα είναι λιγότερο ακίνδυνο ή περισσότερο καθορίζεται από αυτό το ρεύμα αναφοράς.

Πιο συγκεκριμένα, ένα άλλο ρεύμα το οποίο ακολουθεί διαφορετική πορεία από το ρεύμα αναφοράς θα προκαλέσει το ίδιο αποτέλεσμα με ένα ρεύμα αναφοράς του οποίου η τιμή δίνεται

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

όπου F_2 : συντελεστής ρεύματος καρδιάς και εξαρτάται από την πορεία του ρεύματος.

Ο παρακάτω πίνακας, μας δίδει τιμές του συντελεστή ρεύματος καρδιάς για διάφορες διαδρομές του ρεύματος.

ΠΟΡΕΙΑ	F ₂
Αριστερό χέρι→Ένα ή δύο πόδια	1,0
Δύο χέρια→Δύο πόδια	1,0
Δεξί χέρι→Ένα ή δύο πόδια	0,8
Δεξί χέρι→Πλάτη	0,3
Δεξί χέρι→Στήθος	1,3
Αριστερό χέρι→Στήθος	1,5
Οπίσθια→Δύο χέρια ή ένα χέρι	0,7
Χέρι→Χέρι	0,4
Αριστερό χέρι→Πλάτη	0,7

Πίνακας 3

Ως πιο ακίνδυνη διαδρομή μπορεί να θεωρηθεί δεξί χέρι προς την πλάτη αφού παρουσιάζει τον μικρότερο συντελεστή καρδιάς F₂.

Αποτελέσματα του ηλεκτρισμού στο ανθρώπινο σώμα σε συνάρτηση με την επιφάνεια επαφής

Οι διάφορες αλλαγές που μπορεί να συμβούν στο ανθρώπινο σώμα οφείλονται κυρίως στην ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος ανά μονάδα επιφάνειας επαφής (mA/mm²) και στην διάρκεια ροής του ρεύματος.

Δίδονται ορισμένες ενδεικτικές τιμές της έντασης του ρεύματος ανά μονάδα επιφάνειας και τα αποτελέσματά της στο ανθρώπινο δέρμα. Έτσι προκύπτουν μετά από εργαστηριακές μετρήσεις τα παρακάτω:

- Για ένταση ρεύματος κάτω από 10mA/mm², σε γενικά πλαίσια δεν παρατηρούνται αλλαγές στο δέρμα. Για ρεύματα όμως της ίδιας εντάσεως αλλά σχετικά μεγάλης διάρκειας (δευτερολέπτων) παρατηρείται μια αλλαγή του χρώματος του δέρματος σε γκριζωπό και η επιφάνειά του γίνεται πιο σκληρή (πιο "άγρια").
- Για ένταση ρεύματος ανά μονάδα επιφάνειας από 10mA/mm² έως 20mA/mm² παρατηρούμε έναν ερεθισμό στο δέρμα με αποτέλεσμα να κοκκινίζει. Στον ερεθισμό αυτό μπορούμε να παρατηρήσουμε μία μικρή εναλλαγή του χρώματος του δέρματος από κόκκινο σε πιο ανοικτό κόκκινο.

- Για ένταση ρεύματος από $20\text{mA}/\text{mm}^2$ έως $50\text{mA}/\text{mm}^2$ παρατηρείται η αλλαγή του χρώματος του δέρματος εσωτερικά προς το καφέ χρώμα και για αρκετά μεγάλη διάρκεια ροής του ρεύματος παρατηρούνται σημάδια όπως φουσκάλες (φλύκταινες) δηλαδή μικροεγκαύματα.
- Για ένταση ρεύματος άνω των $50\text{mA}/\text{mm}^2$ μπορεί να παρατηρηθεί κάψιμο του δέρματος και πιο συγκεκριμένα απανθράκωση του δέρματος.

Όταν όμως η επιφάνεια επαφής με το ρεύμα είναι αρκετά μεγάλη, τότε η ένταση του ρεύματος είναι σε σχέση με την επιφάνεια επαφής μικρή, με αποτέλεσμα μεγάλης έντασης ρεύματα που σε μικρές επιφάνειες θα προκαλούσαν ανεπιθύμητα αποτελέσματα στο δέρμα, στην περίπτωση αυτή να μην προκαλούν καμία αλλαγή στο δέρμα.

Τέλος, σημαντικό ρόλο κατέχει και η φύση της επιφάνειας επαφής. Όταν το δέρμα είναι χοντρό και ξηρό, ενώ η επιφάνεια επαφής μικρή, παρατηρούμε μία υψηλή τιμή της αντίστασης του οργανισμού. Χαμηλές τιμές της αντίστασης του ανθρώπινου οργανισμού παρατηρούνται συνήθως όταν το δέρμα είναι λεπτό, υγρό και η επιφάνεια επαφής μεγάλη.

Είδος του ρεύματος

Συνεχές ρεύμα - Όριο αίσθησης του ρεύματος και όρια αντίδρασης του ανθρώπινου οργανισμού

Έχει αποδειχθεί ότι στον ανθρώπινο οργανισμό, ανεξάρτητα από την ηλικία και το βάρος, το συνεχές ρεύμα γίνεται αντιληπτό σε ένταση άνω των 2mA .

Η τιμή αυτή της έντασης του ρεύματος αποτελεί το όριο πέραν του οποίου ο οργανισμός αρχίζει και αισθάνεται την ύπαρξη του ρεύματος και αντιδρά. Για οποιαδήποτε τιμή του ρεύματος κάτω των 2mA και για οποιοδήποτε χρόνο ροής του, ο οργανισμός δεν αντιλαμβάνεται την ύπαρξη του παρά μόνο κατά την επαφή ή διακοπή της επαφής. Όταν η τιμή του ρεύματος ξεπεράσει τα 2mA , παρατηρείται συστολή των μυών και ίσως και οργανική βλάβη εάν υπάρξει απότομη μεταβολή της τιμής του (κατά την επαφή ή διακοπή της επαφής).

Λόγω έλλειψης όμως δεδομένων δεν έχει καθοριστεί η τιμή της έντασης του συνεχούς ρεύματος πέραν της οποίας είναι αδύνατη η αποκόλληση της ανθρώπινης επιφάνειας επαφής από το συνεχές ρεύμα.

Πιο συγκεκριμένα, όταν η τιμή του ρεύματος ξεπεράσει κατά πολύ τα 2mA και μάλιστα κοντά στην περιοχή των 100mA , παρατηρείται μία αίσθηση θερμότητας στον ανθρώπινο οργανισμό και αίσθηση πόνου εσωτερικά του δέρματος στην επιφάνεια επαφής. Μέχρι τα 150mA υπάρχει ο κίνδυνος καρδιακών διαταραχών με συμπτώματα όπως αρρυθμία της καρδιάς, ζαλάδες και ίσως λιποθυμία.

Ο κίνδυνος αυτός είναι υπαρκτός για ρεύματα μεγάλης διάρκειας ροής. Για ρεύματα μικρής διάρκειας, τα παραπάνω συμπτώματα είναι πιθανά έως τα 300mA . Για ρεύματα άνω των 300mA και μικρής διάρκειας ροής, η πιο πιθανή αντίδραση του οργανισμού είναι η λιποθυμία χωρίς να αποκλείεται η πιθανότητα μαρμαρυγής και εγκαυμάτων. Την ίδια αντίδραση παρατηρούμε στον ανθρώπινο οργανισμό, όταν υποβάλλεται σε ρεύματα άνω των 150mA , αλλά έχουν μεγάλη χρονική διάρκεια ροής.

Εάν θελήσουμε να συγκρίνουμε τα όρια της τιμής της έντασης του ρεύματος πέραν της οποίας παρατηρείται το φαινόμενο της καρδιακής προσβολής στο συνεχές και στο εναλλασσόμενο ρεύμα, θα καταλήξουμε στα παρακάτω:

- Για ρεύματα με χρονική διάρκεια μεγαλύτερη της περιόδου της καρδιακής λειτουργίας, το όριο έντασης του συνεχούς ρεύματος πέραν του οποίου υπάρχει ο κίνδυνος μαρμαρυγής, είναι πολύ μεγαλύτερο από το αντίστοιχο όριο που ισχύει για το εναλλασσόμενο ρεύμα.
- Για ρεύματα όμως D.C. με χρονική διάρκεια μικρότερη των 200ms, το όριο της τιμής της έντασης του συνεχούς πέραν του οποίου υπάρχει ο κίνδυνος μαρμαρυγής είναι σχεδόν το ίδιο με το αντίστοιχο όριο του εναλλασσόμενου ρεύματος.

Εναλλασσόμενο ρεύμα

Όριο αίσθησης και αντίδρασης του ανθρώπινου οργανισμού στο εναλλασσόμενο ρεύμα

Όπως γνωρίζουμε τα όρια της τιμής του ρεύματος πέρα των οποίων ο ανθρώπινος οργανισμός έχει διάφορες αντιδράσεις, δεν εξαρτάται μόνο από την τιμή του ρεύματος και την χρονική διάρκεια ροής του αλλά και από άλλες παραμέτρους όπως την επιφάνεια του σώματος που έρχεται σε επαφή με το ρεύμα, τόσο από άποψη μεγέθους όσο και από άποψη συνθηκών (υγρή, ξηρή, θερμοκρασία, πίεση), αλλά και από φυσιολογικά χαρακτηριστικά του ατόμου.

Μετά από σχετικά πειράματα που έχουν γίνει, έχουν δημοσιευθεί τα εξής συμπεράσματα σύμφωνα με ΕΛΟΤ HD384. Ως ασφαλή τάση στο εναλλασσόμενο ρεύμα για τον ανθρώπινο οργανισμό θεωρείται η τάση των 50V ενεργός τιμή (με συχνότητα 50Hz).

Η τιμή του ρεύματος, κάτω από την οποία το ρεύμα δεν είναι αντιληπτό στον ανθρώπινο οργανισμό για απεριόριστο χρόνο ροής του είναι 0,5mA. Πέραν της τιμής αυτής, παρατηρούνται διαφορετικές αντιδράσεις του οργανισμού, ανάλογα με την τιμή του ρεύματος και την διάρκεια ροής του.

Όριο αποκόλλησης του ανθρώπινου οργανισμού από το εναλλασσόμενο ρεύμα

Το όριο της τιμής του ρεύματος, πέραν της οποίας δεν είναι δυνατή η αποκόλληση του ανθρώπινου σώματος από τον ηλεκτρισμό, εξαρτάται και αυτό από διάφορες παραμέτρους όπως η επιφάνεια επαφής, το σχήμα των ηλεκτροδίων και το μέγεθος τους και επίσης από φυσιολογικά χαρακτηριστικά του ατόμου. Μία μέση τιμή του ρεύματος αυτού, δίδεται σύμφωνα με την δημοσίευση ΕΛΟΤ HD384 και είναι της τάξης των 10mA.

Αποτελέσματα του εναλλασσόμενου ρεύματος στον άνθρωπο ανάλογα με την τιμή του και την διάρκεια του

Έχει αποδειχθεί ότι το όριο της τιμής του εναλλασσόμενου ρεύματος πέραν του οποίου παρατηρείται καρδιακή μαρμαρυγή, μειώνεται όταν η διάρκεια ροής του είναι μικρότερη της περιόδου της καρδιακής λειτουργίας. Αυτό το συμπέρασμα προκύπτει λόγω της αύξηση της ομοιογένειας της υπάρχουσας κατάστασης της καρδιάς αφού το ρεύμα δημιουργεί περισσότερες συστολές στην καρδιά (ταχυπαλμία).

Πιο συγκεκριμένα, η περίοδος της λειτουργίας της καρδιάς όπως φαίνεται σ' ένα καρδιογράφημα, αποτελείται από τις πέντε φάσεις P,Q,R,S,T. Από τις φάσεις αυτές, η πιο

ευαίσθητη είναι η φάση T, η οποία έχει διάρκεια 0,14 sec. Όταν περάσει το ρεύμα στην καρδιά κατά την φάση αυτή τότε, το ποσοστό πρόκλησης καρδιακής μαρμαρυγής είναι αυξημένο. Επίσης όταν η διάρκεια ροής του ρεύματος είναι μεγαλύτερη από την περίοδο της καρδιακής λειτουργίας είναι πιθανή η πρόκληση καρδιακού εμφράγματος ή ασφυξίας

Διάφορα φυσιοπαθολογικά αποτελέσματα όπως συστολή των μυών, δυσκολία στην αναπνοή αύξηση της πίεσης του αίματος αρρυθμίες στην καρδιά, προβλήματα με τις αρτηρίες της καρδιάς και εμφράγματος του μυοκαρδίου μπορούν να συμβούν κατά την ροή εναλλασσομένου ηλεκτρικού ρεύματος από το ανθρώπινο σώμα.

Όλα τα παραπάνω μπορεί να μην προκαλέσουν μόνιμες βλάβες στον οργανισμό, όμως σε όλες τις παραπάνω περιπτώσεις μπορεί να συνοδεύονται και από εγκαύματα.

Ορολογία

1.1 Ορισμοί βασικών εννοιών

1.1.1 Γείωση

Η αγώγιμη σύνδεση, σκόπιμη ή τυχαία, μέσω της οποίας ένα ηλεκτρικό κύκλωμα ή μια συσκευή συνδέεται με τη γη ή με αγώγιμο σώμα τέτοιας έκτασης που να θεωρείται γη.

1.1.2 Ηλεκτρόδιο Γείωσης

Ηλεκτρόδιο τοποθετημένο μέσα στο έδαφος μέσω του οποίου γίνεται συλλογή και διάχυση των ηλεκτρικών ρευμάτων σφάλματος στη γη. Τα ηλεκτρόδια γείωσης (γειωτές) έχουν τις μορφές που παρουσιάζονται στο *Κεφάλαιο 2*. Οι ελάχιστες διαστάσεις των ηλεκτροδίων γείωσης δίνονται στο *Κεφάλαιο 2*, *Πίνακας 2.1* και στον *Πίνακα 2.2* αναφέρονται οι τύποι που δίνουν τις αντιστάσεις τους.

1.1.3 Πλέγμα γείωσης

Σύστημα από οριζόντια ηλεκτρόδια γείωσης που αποτελούνται από έναν αριθμό διασυνδεδεμένων αγωγών θαμμένων στο έδαφος και συνιστούν γείωση για ηλεκτρικές συσκευές ή μεταλλικές κατασκευές. Το σύστημα αυτό περιορίζεται σε μια ορισμένη περιοχή. Πλέγματα τοποθετημένα σε μικρό βάθος κάτω από την επιφάνεια της γης βοηθούν επίσης στον έλεγχο της κλίσης του δυναμικού στην επιφάνεια.

1.1.4 Ράβδοι Γείωσης

Μεταλλικοί ράβδοι θαμμένοι κατακόρυφα ή πλάγια μέσα στο έδαφος, συνήθως περιμετρικά του πλέγματος και αγωγιμα συνδεδεμένοι με αυτό, που εξασφαλίζουν μικρότερη αντίσταση γείωσης.

1.1.5 Αντίσταση γείωσης (R_g)

Η ωμική αντίσταση του συστήματος γείωσης προς την άπειρη γη. Εξαρτάται από την ειδική αντίσταση ρ του εδάφους όπου είναι εγκατεστημένη η γείωση, την επιφάνεια A που η γείωση καταλαμβάνει καθώς και το βάθος h όπου είναι τοποθετημένη. Ένα καλό σύστημα γείωσης χαρακτηρίζεται από χαμηλή αντίσταση προς μείωση του *μέγιστου δυναμικού γείωσης*. Συνήθεις τιμές για μεγάλους υποσταθμούς είναι μικρότερες του 1Ω και για υποσταθμούς διανομής από 1 ως 5Ω .

1.1.6 Άπειρη γη

Είναι ένα σημείο στην επιφάνεια του εδάφους σε άπειρη απόσταση από το γειωτή. Λαμβάνεται σαν σημείο αναφοράς των δυναμικών. Η τάση της άπειρης γης θεωρείται μηδενική. Για πρακτικούς σκοπούς η «άπειρη απόσταση» είναι 5-10 φορές επί την μεγαλύτερη διάσταση του γειωτή.

1.1.7 Αποτελεσματική γείωση

Έτσι ονομάζεται μια γείωση που καθιστά αδύνατη την εκδήλωση επικίνδυνων τάσεων επαφής και βηματικών τάσεων στην περιοχή που καλύπτει.

1.1.8 Πολυστρωματική δομή εδάφους

Ανομοιογενές έδαφος που μοντελοποιείται με τουλάχιστον δύο οριζόντια ή κατακόρυφα στρώματα. Κάθε στρώμα έχει ξεχωριστή ομοιογενή ειδική αντίσταση.

1.1.9 Ουδετέρωση

Η αγώγιμη σύνδεση των μεταλλικών τμημάτων των συσκευών ή των στοιχείων του δικτύου με τον ουδέτερο αγωγό.

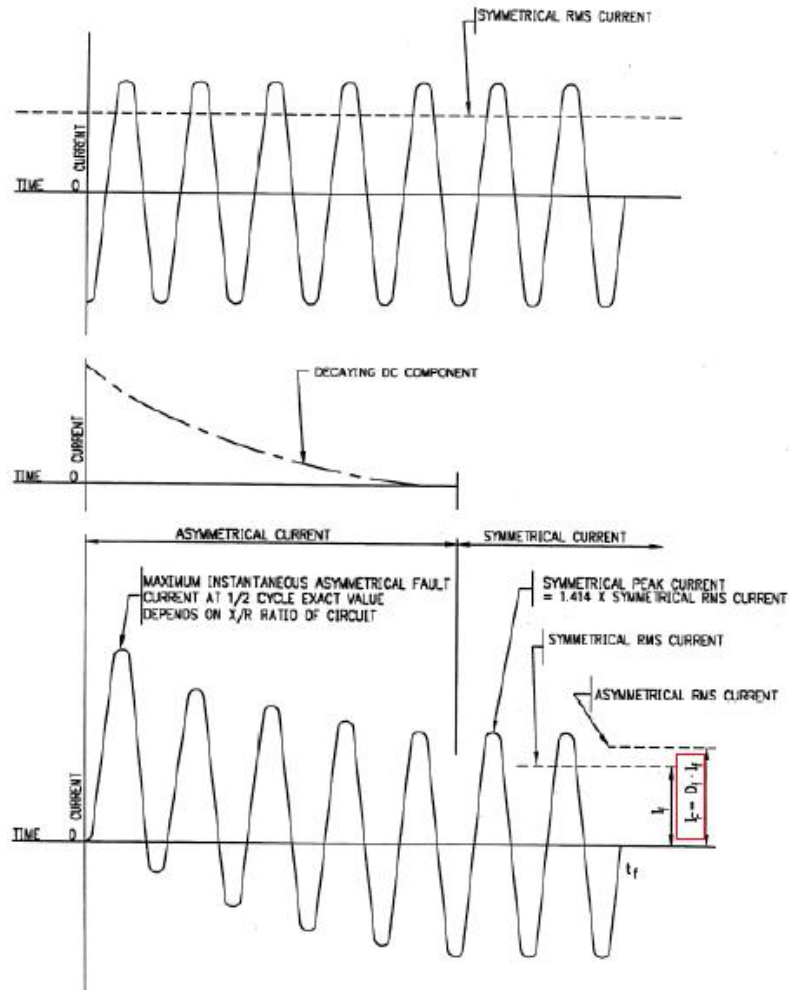
1.1.10 DC συνιστώσα

Η διαφορά του συμμετρικού ρεύματος σφάλματος από το συνολικό ρεύμα. Πρόκειται για έναν παράγοντα ενιαίας και σταθερής πολικότητας το πλάτος του οποίου μπορεί να μεταβάλλεται χρονικά με ορισμένο ρυθμό.

1.1.11 Ενεργό μη συμμετρικό ρεύμα σφάλματος, I_F

Προκύπτει από το γινόμενο του συντελεστή εξασθένησης, D_f , επί την ενεργό τιμή του συμμετρικού ρεύματος σφάλματος, I_f :

$$I_F = D_f \cdot I_f \quad (1.1)$$



Σχήμα 1

1.1.12 Λόγος X/R

Ο λόγος της αντίδρασης προς την αντίσταση του συστήματος. Είναι ενδεικτικός του βαθμού εξασθένησης της dc συνιστώσας. Αυτό σημαίνει ότι μεγάλος λόγος X/R αντιστοιχεί σε μεγάλη χρονική σταθερά και αργή εξασθένηση της dc συνιστώσας.

1.1.13 Μέγιστο Δυναμικό Γείωσης (Ground Potential Rise, GPR)

Το μέγιστο ηλεκτρικό δυναμικό που αποκτά το σύστημα γείωσης σε σχέση με ένα απομακρυσμένο σημείο, θεωρούμενο ως άπειρη γη. Το δυναμικό αυτό ισούται με το γινόμενο του μέγιστου ρεύματος γείωσης επί την αντίσταση γείωσης:

$$GPR = I_G \cdot R_g \quad (1.2)$$

Σε κανονικές συνθήκες το δυναμικό του συστήματος γείωσης είναι σχεδόν ίσο με το μηδέν. Κατά τη διάρκεια ενός σφάλματος προς γη το ρεύμα σφάλματος που άγεται μέσω της γείωσης στο έδαφος προκαλεί την αύξηση του εν λόγω δυναμικού.

1.1.14 Μέγιστο ρεύμα πλέγματος, I_G

Δίνεται από το γινόμενο του συντελεστή εξασθένησης, D_f , επί την ενεργό τιμή του ρεύματος πλέγματος, I_g :

$$I_G = D_f \cdot I_g \quad (1.3)$$

1.1.15 Συμμετρικό ρεύμα πλέγματος, I_g

Το μέρος εκείνο του ρεύματος σφάλματος γείωσης, I_f , που ρέει από το πλέγμα γείωσης στον περιβάλλοντα χώρο. Δίνεται από τον τύπο:

$$I_g = S_f \cdot I_f \quad (1.4)$$

όπου S_f είναι ο συντελεστής καταμερισμού του ρεύματος σφάλματος.

1.1.16 Συμμετρικό Ρεύμα Σφάλματος Γείωσης, I_f

Η μέγιστη ενεργός τιμή του συμμετρικού ρεύματος σφάλματος γείωσης αμέσως μόλις εκδηλωθεί το σφάλμα, δηλαδή τη στιγμή $t = 0+$. Για σφάλμα φάσης – γης

$$I_f = 3I_o \quad (1.5)$$

όπου I_o η ενεργός τιμή του ρεύματος μηδενικής ακολουθίας που ρέει αμέσως μετά την εκδήλωση του σφάλματος.

1.1.17 Συντελεστής εξασθένησης, D_f

Συντελεστής που προσδιορίζει το ενεργό ισοδύναμο του μη συμμετρικού ρεύματος σφάλματος για μια δεδομένη διάρκεια σφάλματος t_f , εκφράζοντας την επίδραση της παρουσίας dc offset στο ρεύμα σφάλματος και τη μείωσή του με την πάροδο του χρόνου. Ο συντελεστής αυτός χρησιμοποιείται στη μελέτη ασφάλειας του συστήματος γείωσης, όπως αναφέρεται στο.

1.1.18 Αντίσταση ποδιού, R_f

Η αντίσταση του ποδιού σε σχέση με τη γη, αμελώντας τις αντιστάσεις των υποδημάτων, και θεωρώντας ότι το πόδι προσεγγίζεται με έναν αγωγίμο μεταλλικό δίσκο, ακτίνας b σε m, που εφάπτεται σε επιφάνεια ομογενούς εδάφους, ειδικής αντίστασης ρ σε $\Omega \cdot m$. Η αντίσταση R_f υπό αυτές τις υποθέσεις δίνεται από τον τύπο

$$R_f = \frac{r}{4b} \quad (1.6)$$

Συνήθως η ακτίνα του μεταλλικού δίσκου λαμβάνεται ίση με 0.08m κι έτσι καταλήγουμε στη σχέση

$$I_f = 3.125r \quad (1.7)$$

1.1.19 Τάση Βρόχου, Em

Η μέγιστη τάση επαφής μέσα σε ένα βρόχο πλέγματος γείωσης, συγκεκριμένα στο μέσο του γωνιακού βρόχου σε περίπτωση συμμετρικού πλέγματος.

1.1.20 Βηματική Τάση, Es

Η διαφορά δυναμικού στην επιφάνεια της γης μεταξύ των ποδιών ενός ανθρώπου. Θεωρούμε άνοιγμα βήματος 1m και ότι ο άνθρωπος δεν έρχεται σε επαφή με γειωμένο αντικείμενο.

1.1.21 Τάση επαφής, Et

Η διαφορά δυναμικού μεταξύ του GPR και του δυναμικού στην επιφάνεια της γης τη στιγμή που ένας άνθρωπος στέκεται και ταυτόχρονα ακουμπά με το χέρι του τη γειωμένη εγκατάσταση

1.1.22 Τάση επαφής μεταξύ μετάλλων

Η διαφορά δυναμικού μεταξύ μεταλλικών κατασκευών ενός υποσταθμού σε περίπτωση έμμεσης σύνδεσής τους μέσω των μελών ενός ανθρώπου (χέρια, πόδια).

1.1.23 Τάση σφάλματος ή Δυναμικό προς άπειρη γη, Uf

Είναι η τάση που εμφανίζεται μεταξύ των προσιτών αγωγίων στοιχείων, τα οποία δεν αποτελούν τμήμα του κυκλώματος αλλά είναι δυνατόν να βρεθούν υπό τάση λόγω βλάβης της μόνωσης, και κάποιου σημείου της γης επαρκώς απομακρυσμένου.

1.1.24 Υλικό επιφανείας

Ένα υλικό που προστίθεται επάνω στο έδαφος και αποτελείται από χαλίκι ή άσφαλτο ή άλλο τεχνητό υλικό με σκοπό τη μείωση του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει το ανθρώπινο σώμα λόγω της τάσης επαφής και της βηματικής.

1.1.25 Μεταφερόμενη τάση

Ειδική περίπτωση της τάσης επαφής όταν μια τάση μεταφέρεται μέσα ή έξω από τον υποσταθμό από ή προς ένα απομακρυσμένο σημείο εκτός της περιοχής του υποσταθμού (εναέριες γραμμές μεταφοράς κλπ).

Γείωση

Ορισμός γείωσης

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

2.1 Ανάγκη κατασκευής γείωσης

Ως γνωστό η ΔΕΗ γειώνει τον ουδέτερο κόμβο των μετασχηματιστών (Μ/Σ) διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Ένας βασικός λόγος για τον οποίο η ΔΕΗ γειώνει τον ουδέτερο είναι για να εξασφαλίσει τη λειτουργία τω διατάξεων προστασίας των γραμμών διανομής των υποσταθμών (Υ/Σ).

Από την πλευρά της χαμηλής τάσης, στην περίπτωση που δεν είναι γειωμένος ο ουδέτερος, για να υποστεί κάποιος ηλεκτροπληξία θα έπρεπε να έρθει σε επαφή ταυτόχρονα με δυο αγωγούς (Φάση-φάση ή φάση ουδέτερο). Αν και στην περίπτωση του γειωμένου ουδέτερου αρκεί η επαφή μιας φάσης για να υποστεί κάποιος ηλεκτροπληξία, έχει επικρατήσει έναντι της πρώτης περίπτωσης.

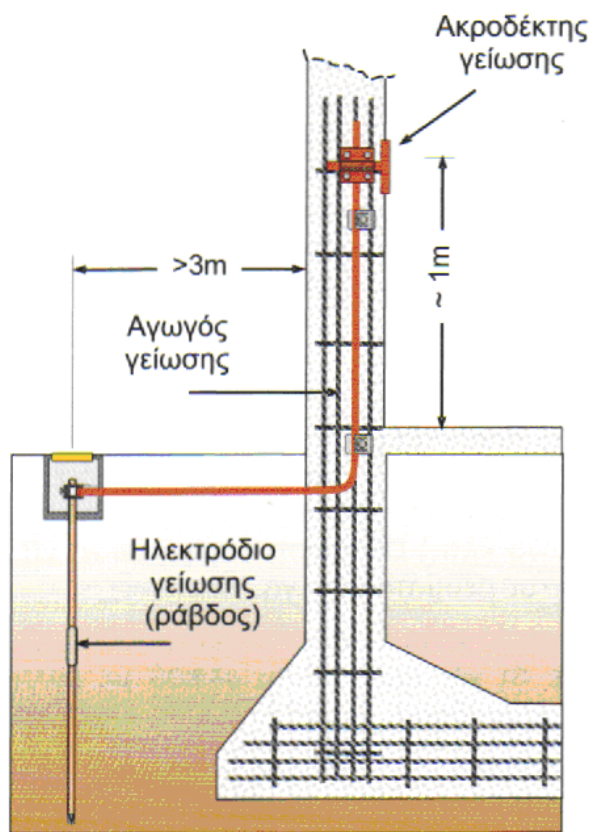
Ένα παράδειγμα για να γίνει κατανοητός ο κίνδυνος του αγείωτου δικτύου θα μπορούσε να είναι το εξής. Στην περίπτωση καταστροφής της ηλεκτρικής μόνωσης μιας συσκευής η οποία είναι αγείωτη, δεν θα τηχθεί η ασφάλεια της γραμμής που τροφοδοτεί με ρεύμα τη συσκευή διότι δεν προκαλείται διαρροή ρεύματος προς τη γη, με αποτέλεσμα, αν κάποιος έρθει σε επαφή με την συσκευή αυτή και ταυτόχρονα ακουμπήσει μια άλλη φάση θα τεθεί υπό τάση 400V.

Η γείωση του ουδέτερου κόμβου γίνεται κυρίως για λόγους ασφαλείας εφόσον ο κίνδυνος ηλεκτροπληξίας είναι μικρότερος σε γειωμένο δίκτυο που γνωρίζουμε την απειλή της φασικής τάσης 220V, έναντι μη γειωμένου δικτύου όπου ανυποψίαστοι θα βρεθούμε υπό πολική τάση 400V κατά πολύ πιο επικίνδυνη.

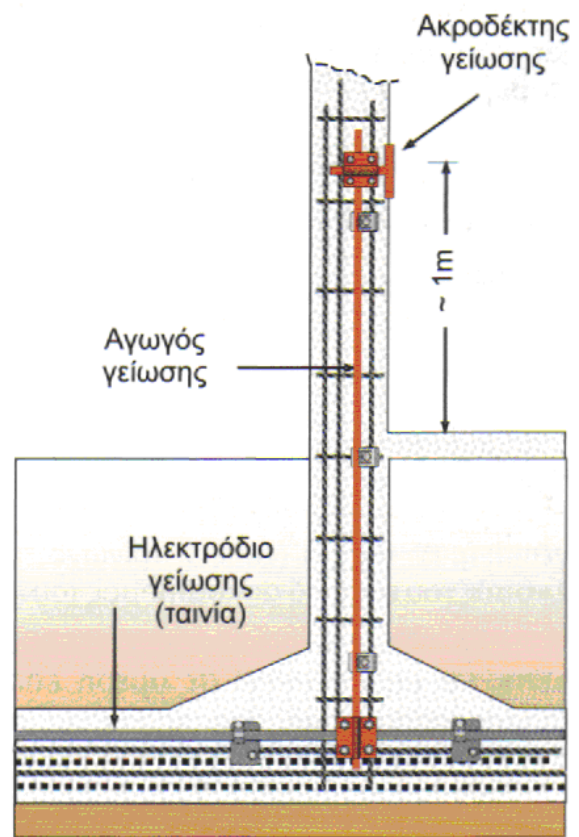
Διάταξη γείωσης

Μια διάταξη γείωσης αποτελείται από:

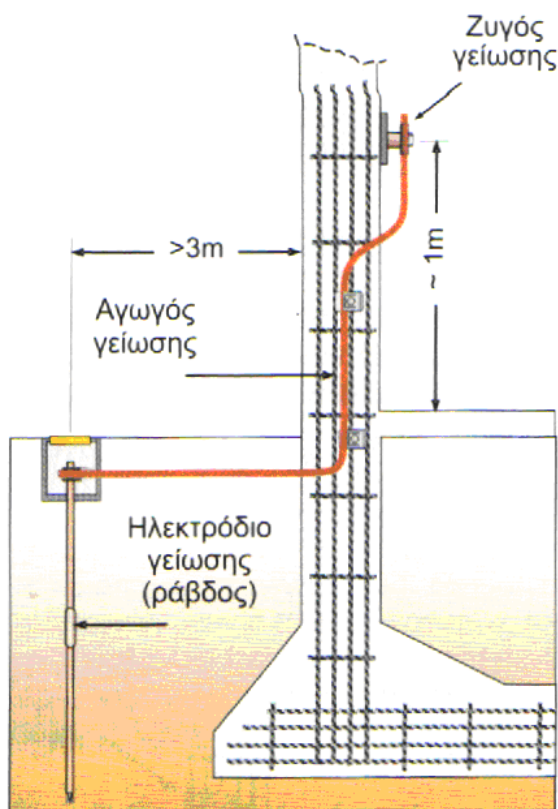
- Το ηλεκτρόδιο γείωσης
- Τον αγωγό γείωσης
- Και τον ακροδέκτη ή τον αγωγό γείωσης



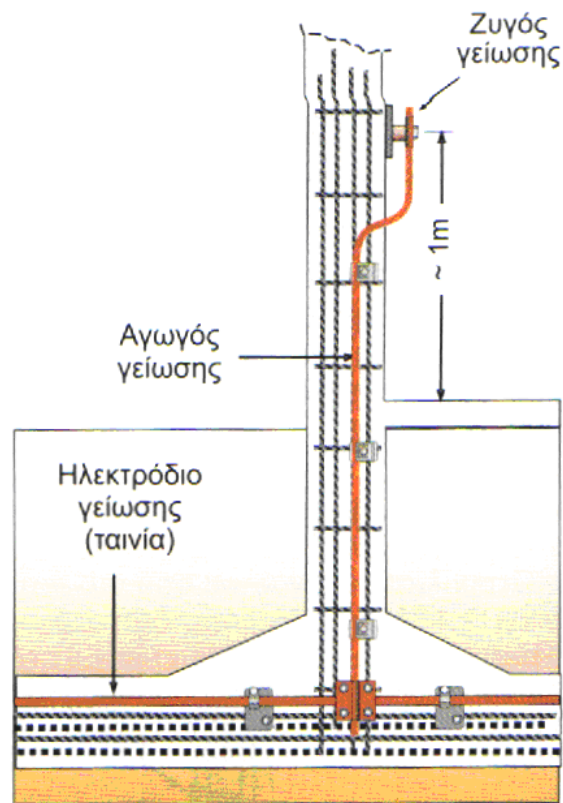
Εικόνα 2.1: Διάταξη γείωσης με κατακόρυφο ηλεκτρόδιο ηλεκτρόδιο ράβδου εντός του εδάφους και ακροδέκτη γείωσης



Εικόνα 2.2: Διάταξη γείωσης με το εγκιβωτισμένο στο θεμέλιο και ακροδέκτη γείωσης



Εικόνα 2.3: Διάταξη γείωσης με κατακόρυφο ηλεκτρόδιο ηλεκτρόδιο ράβδου εντός του εδάφους και ζυγό γείωσης



Εικόνα 2.4: Διάταξη γείωσης με το εγκιβωτισμένο στο θεμέλιο και ζυγό γείωσης

2.2 Είδη γειώσεων

2.2.1 Γείωση λειτουργίας

Η γείωση λειτουργίας γίνεται σε ένα σημείο ενός ενεργού κυκλώματος προκειμένου να εξασφαλίσει η εύρυθμος λειτουργία του Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας και των ασφαλιστικών του διατάξεων. Εφαρμόζεται δε στα ακόλουθα:

- Παροχή χαμηλής τάσης (στον κόμβο του αστέρα ενός μετασχηματιστή (Μ/Σ)), ενός ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους (Η/Ζ) εφεδρικής παροχής, σε μια μονάδα αδιάλειπτης λειτουργίας (U.P.S).
- Τηλεφωνικά κέντρα.
- Δίκτυα Τηλεματικής.

Σε ειδικές περιπτώσεις μεταξύ του αγωγού γείωσης και του γειωτή μπορεί να μεσολαβεί αυτεπαγωγή ή αντίσταση.

2.2.2 Γείωση προστασίας

Η γείωση προστασίας στοχεύει στην προστασία των ανθρώπων και των ζώων από ηλεκτροπληξία εξ επαφής, επιτυγχάνεται δε με τη γείωση ενός μεταλλικού μέρους που δεν είναι στοιχείο ενεργού κυκλώματος π.χ. η γείωση του μεταλλικού κελύφους μιας ηλεκτρικής συσκευής. Εφαρμόζεται δε στα ακόλουθα:

- Μεταλλικά στοιχεία μέσης και χαμηλής τάσης(Υποσταθμού), καταναλωτών, ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους (H/Z), συστημάτων αδιάλειπτης εφεδρικής λειτουργίας (U.P.S.) κ.λπ.
- Αντικεραυνική προστασία (αλλιώς γείωση ασφαλείας).
- Αντιστατική γείωση (Ηλεκτροστατική εκφόρτιση).

Η γείωση προστασίας μπορεί να υλοποιηθεί με μία από τις παρακάτω τρεις μεθόδους ή και με συνδυασμό τους:

1. Άμεση γείωση

Με απ'ευθείας αγωγήμη σύνδεση στο σύστημα γείωσης (πλάκα γείωσης, ηλεκτρόδιο,πλέγμα κλπ)

2. Ουδετέρωση

Η αγωγήμη σύνδεση με τον ουδέτερο αγωγό ή άλλο γειωμένο αγωγό φάσης δικτύου.

3. Χρήση διακόπτη διαφυγής

Γίνεται αυτόματη απομόνωση του προβληματικού μέρους της εγκατάστασης.

Στη γείωση προστασίας λαμβάνονται κύρια και πρόσθετα μέτρα. Τα μέτρα αυτά επιτυγχάνονται με κατάλληλες συνδέσεις (γεφυρώσεις) και θωρακίσεις.

2.2.2.1 Κύρια μέτρα προστασίας (κύριες ισοδυναμικές συνδέσεις)

Είναι τα μέτρα που λαμβάνονται για την αντιμετώπιση επικίνδυνων δυναμικών που μπορούν να αναπτυχθούν σε μη ενεργά κυκλώματα π.χ. μεταλλική σχάρα καλωδίων, μεταλλικά αντικείμενα (υδραυλική σωλήνα).

2.2.2.2 Πρόσθετα μέτρα προστασίας (συμπληρωματικές ισοδυναμικές συνδέσεις)

Είναι τα μέτρα που πρέπει να λαμβάνονται, προκειμένου να φέρουμε στο ίδιο δυναμικό όλα τα φυσικώς ή μη γειωμένα αντικείμενα π.χ. δίκτυο ύδρευσης, μεταλλικές κατασκευές γειωμένες σε χωριστές γειώσεις, καθώς επίσης για τη μείωση των ηλεκτρομαγνητικών επιδράσεων.

2.2.3 Γείωση ασφαλείας

Γείωση ασφαλείας ονομάζουμε κάθε γείωση η οποία χρησιμεύει για την μεταφορά στατικών ηλεκτρικών φορτίων προς της γη. Ως κυριότερη γείωση ασφάλειας θεωρείται η γείωση αλεξικέραυνου η οποία χρησιμοποιείται για την εκφόρτιση ηλεκτρισμένου νέφους μέσω αυτής προς τη γη.

Από τον τρόπο κατασκευής της μια γείωση μπορεί να χαρακτηριστεί ως ανοικτή γείωση ή συνεχής γείωση. Ανοικτή γείωση είναι η γείωση η οποία διακόπτεται και παρεμβάλλεται ένα διάκενο σπινθηριστή πριν το ηλεκτρόδιο γείωσης. Συνεχής είναι η γείωση η οποία δεν διακόπτεται. Το πλεονέκτημα της ανοικτής γείωσης ως προς την συνεχή είναι ότι υπάρχει μείωση της ηλεκτροχημικής διάβρωσης των υλικών. Παρ' όλα αυτά ανοικτή γείωση χρησιμοποιείται μόνο σε γειώσεις ασφαλείας. Ανοικτές γειώσεις δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε γειώσεις προστασίας και λειτουργίας.

Όλα τα παραπάνω είδη γειώσεων συνήθως συνυπάρχουν σε μία εγκατάσταση. Σκοπός του εγκαταστάτη μηχανικού είναι, αν είναι βέβαια δυνατόν, αυτές οι γειώσεις να καταλήγουν

στο ίδιο ηλεκτρόδιο γείωσης στην εγκατάσταση. Αυτό επιτυγχάνεται συνήθως αλλά υπό συνθήκες οι οποίες θα εξεταστούν παρακάτω.

Στις επόμενες παραγράφους, αφού γίνει αναφορά στα ηλεκτρόδια γείωσης που χρησιμοποιούνται, γίνεται μελέτη όλων των γειώσεων οι οποίες αναφέρθηκαν παραπάνω, όσον αφορά τον τρόπο λειτουργίας του και τους πιθανούς συνδυασμούς τους, που μπορούν να ληφθούν ως μέτρα προστασίας.

2.3 Γείωση των εκτιθέμενων μεταλλικών μερών μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης (Ηλεκτρολογική γείωση)

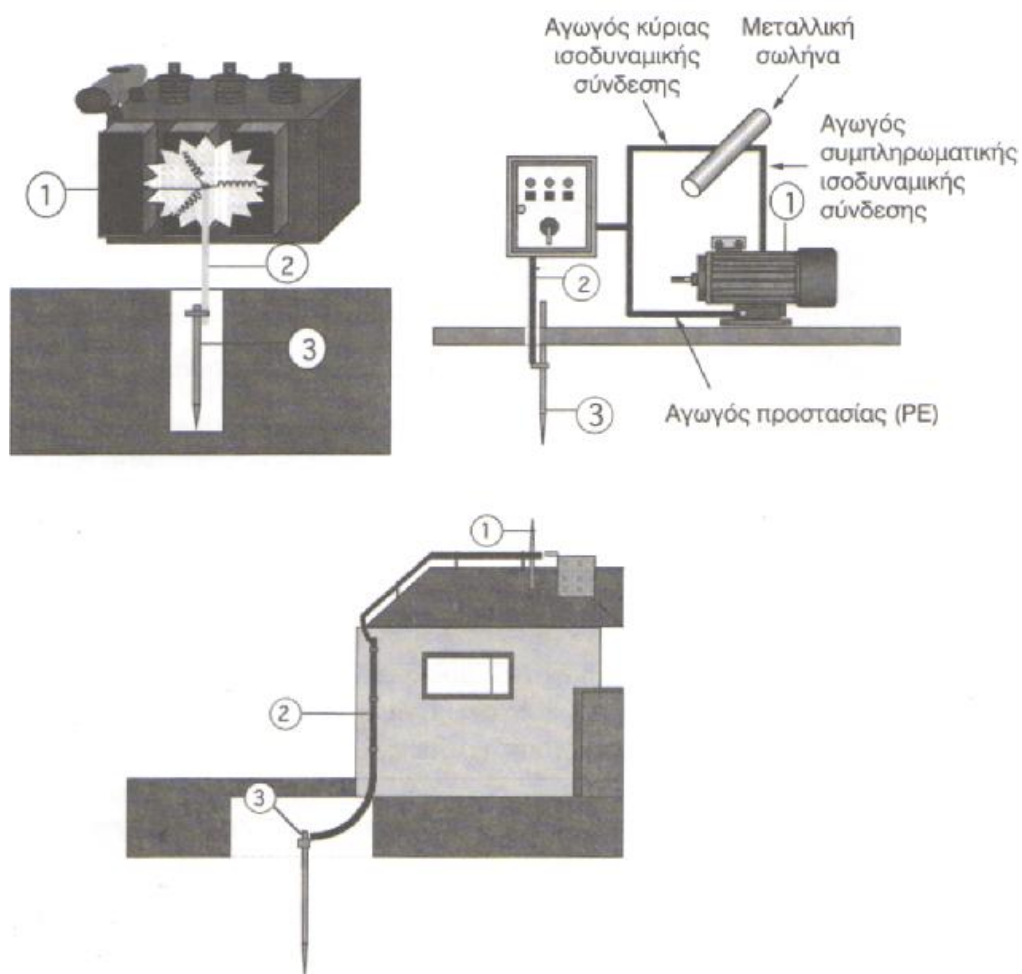
Οι εσωτερικές ηλεκτρικές εγκαταστάσεις, κατά συνέπεια και οι γειώσεις αυτών, θα πρέπει, βάσει του άρθρου 305 των ΚΕΗΕ, να ελέγχονται, ανά διαστήματα που ποικίλλουν ανάλογα της φύσης των χώρων, στις μηχανικές και διαβρωτικές δράσεις οι οποίες επενεργούν επί των εγκαταστάσεων και των κινδύνων που μπορεί να προξενηθούν από σφάλμα. Πέρα του αρχικού ελέγχου που θα πρέπει να πραγματοποιείται κατά την πρώτη ηλεκτροδότηση και φυσικά μετά από κάθε τροποποίηση της ηλεκτρικής εγκατάστασης, έλεγχοι θα πρέπει να διενεργούνται σε τακτά χρονικά διαστήματα. Τα διαστήματα των επιθεωρήσεων δεν θα πρέπει να υπερβαίνουν τα 2 έτη.

Για χώρους οι οποίοι είναι εκτεθειμένοι σε κινδύνους πυρκαγιάς, εκρήξεων κ.λ.π., θα πρέπει να γίνεται σε τακτά χρονικά διαστήματα, τουλάχιστον ανά έτος. Σύμφωνα πάντα με τους ΚΕΗΕ, θα πρέπει να δίδεται ιδιαίτερη σημασία στην διατήρηση των γειώσεων σε καλή κατάσταση. Ο έλεγχος δεν θα πρέπει να περιορίζεται μόνο στο ορατό μέρος των γειώσεων αλλά να συμπληρώνεται πάντα με μετρήσεις. Σύμφωνα με τον ΕΛΟΤ HD 384, πέραν των παραπάνω απαιτείται η δοκιμή εξακρίβωσης της συνέχειας και η μέτρηση της αντίστασης των αγωγών προστασίας (περιλαμβανομένου και των μεταλλικών σωληνώσεων και άλλων μεταλλικών περιβλημάτων που πληρούν τις απαιτήσεις ώστε να κάνουν χρήση αγωγού προστασίας) καθώς επίσης των αγωγών κύριας και συμπληρωματικής ισοδυναμικής σύνδεσης με πηγή ονομαστικής τάσης από 4V έως 24V και ρεύματος 0,2 A (είτε συνεχούς είτε εναλλασσομένου ρεύματος).

Γίνεται ιδιαίτερη αναφορά για οπτικούς ελέγχους για την καταλληλότητα των διατομών των αγωγών – καλωδίων, τη σωστή ρύθμιση των διατάξεων προστασίας, την καταλληλότητα των υλικών την αναγνώριση του ουδετέρου και του αγωγού γείωσης σε όλη την ηλεκτρική εγκατάσταση, την ύπαρξη σχεδίων, πυροφραγμάτων, κ.λ.π. Για το σύστημα σύνδεσης των γειώσεων TN, απαιτείται η μέτρηση της σύνθετης αντίστασης του βρόχου σφάλματος ή τη μέτρηση της αντίστασης των αγωγών προστασίας, εκτός και αν έχουν πραγματοποιηθεί οι κατάλληλοι υπολογισμοί και μπορούν να επαληθευθούν μέσα στην εγκατάσταση τα μήκη και οι διατομές των αγωγών προστασίας, οπτικός έλεγχος και δοκιμή r.c.d's. Για το σύστημα σύνδεσης των γειώσεων TT, απαιτείται η μέτρηση της αντίστασης της γείωσης των εκτεθειμένων μεταλλικών μερών, οπτικός έλεγχος και δοκιμή των r.c.d's, εξακρίβωση της συνέχειας των αγωγών προστασίας.

Για το σύστημα σύνδεσης των γειώσεων IT, θα πρέπει να μετρηθεί το ρεύμα πρώτου σφάλματος στην περίπτωση όπου δεν είναι δυνατός ο υπολογισμός αυτού. Κατά τη μέτρηση της σύνθετης αντίστασης του βρόχου σφάλματος απαιτείται η τοποθέτηση αμελητέας σύνθετης αντίστασης μεταξύ του ουδετέρου του κόμβου του συστήματος και του αγωγού προστασίας στην αρχή της ηλεκτρολογικής εγκατάστασης. Δεν απαιτείται η πραγματοποίηση μέτρησης στη περίπτωση όπου όλα τα εκτεθειμένα αγωγιμα μέρη είναι συνδεδεμένα στη γείωση του συστήματος τροφοδότησης.

Στη περίπτωση όπου με την εμφάνιση του δεύτερου σφάλματος οι συνθήκες είναι ανάλογες με εκείνες είτε του συστήματος σύνδεσης των γειώσεων TT ή TN ο έλεγχος γίνεται σύμφωνα με τα προαναφερόμενα για κάθε περίπτωση.



Εικόνα 2.5: Τα βασικά σημεία της γείωσης

Σημείο 1: Σημείο που μας ενδιαφέρει να έχει το ίδιο δυναμικό με τη γη.

Σημείο 2: Αγωγός γείωσης. Είναι η αγωγή σύνδεση μέσω της οποίας το σημείο 1 θα έρθει σε επαφή με τη γη. Στο παράδειγμα του κινητήρα, ως αγωγός προστασίας (PE) θεωρείται ο αγωγός από το σασί του κινητήρα έως τον ηλεκτρικό πίνακα ενώ ως αγωγός γείωσης από τον πίνακα έως τον γειωτή. Σε άλλες περιπτώσεις τη θέση του πίνακα μπορεί να πάρει ένας ισοδυναμικός ζυγός.

Σημείο 3: Γειωτής (ηλεκτρόδιο). Είναι ένας ή περισσότεροι αγωγοί κάποιου γεωμετρικού σχήματος οι οποίοι τοποθετούνται μέσα στο έδαφος προκειμένου να εξασφαλίσουν την καλύτερη δυνατή επαφή με τη γη και κατά συνέπεια την αποτελεσματικότερη διάχυση του ρεύματος σφάλματος στη γη.

2.4 ΓΕΙΩΤΕΣ

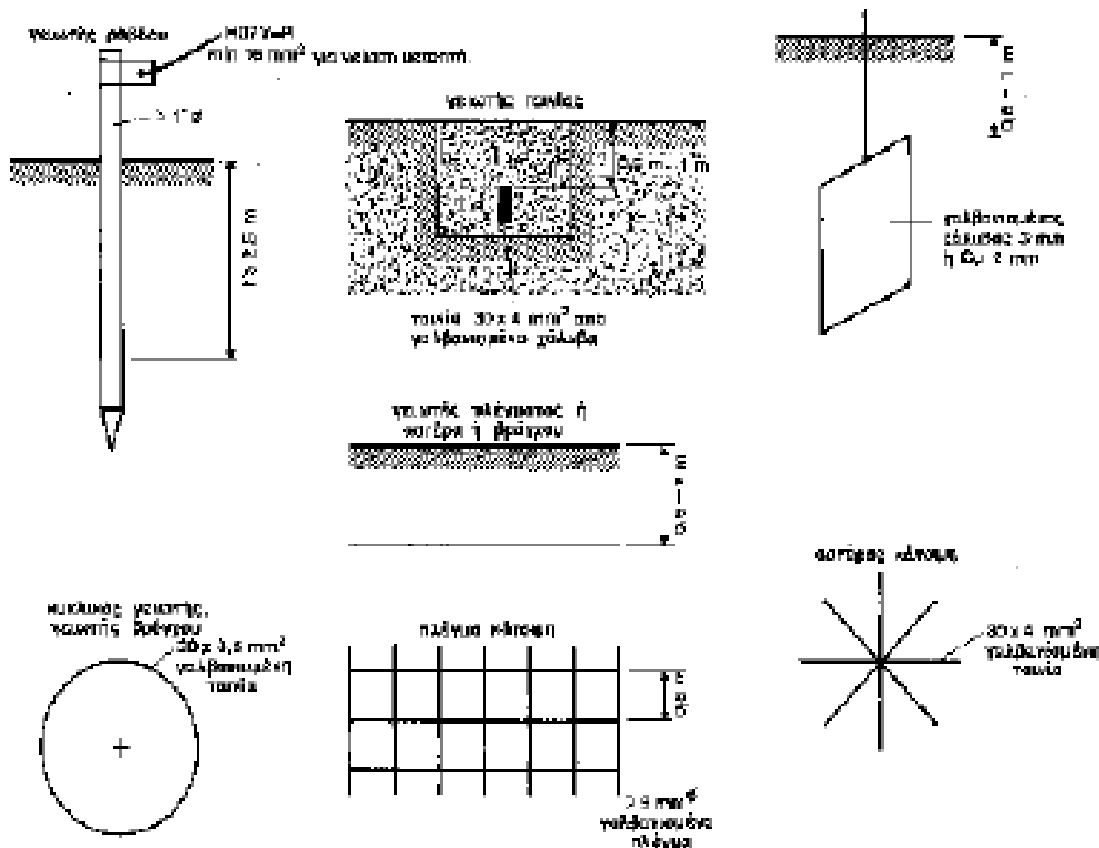
Ορισμός γειωτή

Είναι ένας ή περισσότεροι αγωγοί κάποιου γεωμετρικού σχήματος, οι οποίοι τοποθετούνται μέσα στο έδαφος, προκειμένου να εξασφαλίσουν την καλύτερη δυνατή επαφή με τη γη και κατ' επέκταση την αποτελεσματικότερη διάχυση του ρεύματος σφάλματος στη γη.

2.5 Είδη γειωτών

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

Ωστόσο, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ο μεταλλικός οπλισμός σκυροδέματος στο έδαφος (προσοχή στην περίπτωση προεντεταμένου σκυροδέματος) και μεταλλικές σωλήνες. Οι μεταλλικές σωλήνες ύδρευσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ηλεκτρόδια γείωσης κατόπιν συγκατάθεσης του φορέα και εφόσον ο χρήστης της ηλεκτρικής εγκατάστασης ενημερώνεται έγκαιρα για τυχόν αλλαγές στο σύστημα των σωληνώσεων ύδρευσης. Σωληνώσεις υγρών ή αερίων καυσίμων, θέρμανσης κ.λπ. δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται ως ηλεκτρόδια γείωσης. Μπορούν ωστόσο να χρησιμοποιηθούν στις ισοδυναμικές συνδέσεις.

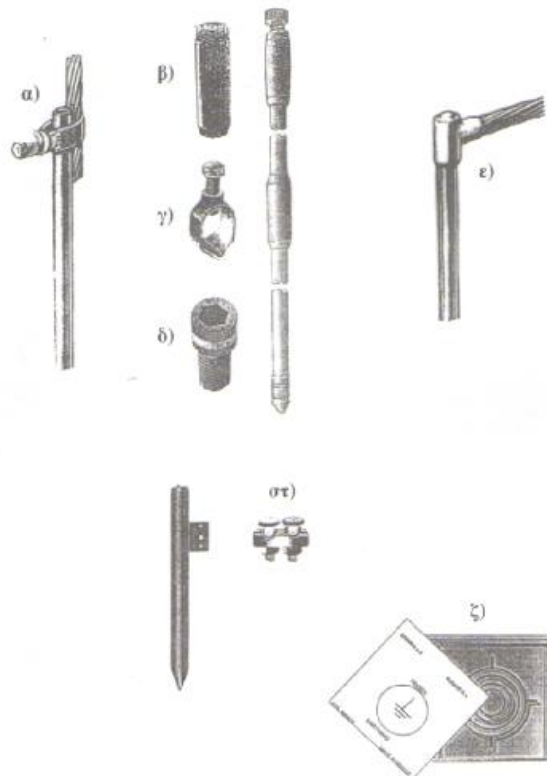


Εικόνα 2.6: Είδη γειωτών

2.5.1 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 που επιτυγχάνεται με τη χρήση ραβδοειδή γειωτή μειώνεται όσο μεγαλώνει το μήκος της ράβδου που τοποθετείται εντός του εδάφους, ενώ η διάμετρος της επιδρά ελάχιστα. Υπάρχουν τρία είδη ραβδοειδών γειωτών:

- Ραβδοειδής γειωτής κυκλικής διατομής, ο οποίος χωρίζεται σε δυο υποκατηγορίες ανάλογα με την κατασκευή του:
 - α) Χαλύβδινος επιχαλκωμένος
 - β) Χαλύβδινος θερμά επιψευδαργυρωμένος
- Ραβδοειδής γειωτής διατομής σταυρού
- Πολυγωνική διάταξη γείωσης



Εικόνα 2.7: Ραβδοειδής γειωτές και εξαρτήματα αυτών

- A) Σύνδεση ραβδοειδή γειωτή κυκλικής διατομής και αγωγού γείωσης με κοχλιωτό σφικτήρα**
- B) Σύνδεσμος επιμήκυνσης ραβδοειδούς γειωτή κυκλικής διατομής**
- Γ) Κοχλιωτός σφικτήρας**
- Δ) Επικρουστήρας**

Ε) Σύνδεση ραβδοειδούς γειωτή κυκλικής διατομής και αγωγού γείωσης και με αλουμινοθερμική

συγκόλληση

ΣΤ) Σφικτήρας σύνδεσης ραβδοειδούς γειωτή διατομής σταυρού-αγωγού γείωσης

Ζ) Φρεάτιο γείωσης, φέρει ανάγλυφο και ανεξίτηλο το σήμα της γείωσης

2.5.2 Γειωτής πλάκας

Σύμφωνα με τον ΕΛΟΤ EN 50164-2, ο γειωτής πλάκας από χαλκό πρέπει να έχει ελάχιστο πάχος 2 mm και ελάχιστες λοιπές διαστάσεων 500 mm x 500 mm, ενώ ο γειωτής πλάκας από χάλυβα θερμά επιψευδαργυρωμένο πρέπει να έχει ελάχιστο πάχος 3 mm και ελάχιστες λοιπές διαστάσεων 500 mm x 500 mm. Απαιτείται δε πάχος επιψευδαργύρωσης τουλάχιστον 70 μm. Τοποθετείται κατακόρυφα εντός του εδάφους, σε βάθος 100 cm τουλάχιστον. Η τιμή της αντίστασης της γείωσης που επιτυγχάνεται με τη χρήση γειωτή πλάκας μειώνεται όσο μεγαλώνουν οι διαστάσεις της.

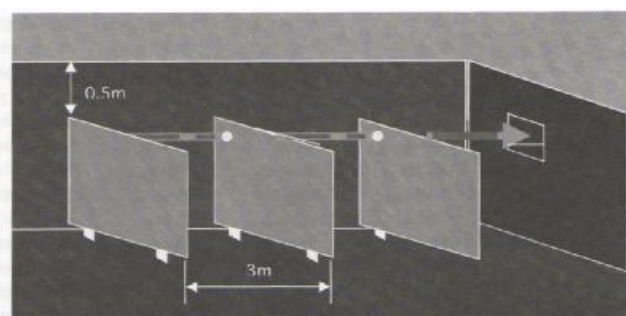
Η γείωση με γειωτές υπό μορφή πλάκας κατασκευάζεται από πλάκες οι οποίες τοποθετούνται σε τυχαία διάταξη. Η απόσταση μεταξύ τους συνίσταται να είναι τουλάχιστον 3 mm. Η σύνδεση μεταξύ των πλακών συνήθως γίνεται με χάλκινο αγωγό διατομής 50 mm² ή χαλύβδινο θερμά επιψευδαργυρωμένο διαμέτρου Φ10 mm για χάλκινες και χαλύβδινες θερμά επιψευδαργυρωμένες πλάκες αντίστοιχα.

Προς αποφυγή ηλεκτροχημικής διάβρωσης αφ' ενός δεν πρέπει να συνυπάρχουν στον ίδιο χώρο γειωτές από διαφορετικά υλικά και αφ' ετέρου δεν θα πρέπει να συνδέονται μεταξύ τους με αγωγούς από διαφορετικό υλικό. Απαγορεύεται η σύνδεση των πλακών με αγωγό αλουμινίου ή κράματος αυτού εντός του εδάφους.

Περιτύλιξη του αγωγού γείωσης με PVC ή θερμοσυστελόμενη σωλήνα μήκους 20 cm περίπου πριν την έξοδο του από το έδαφος ή το σκυρόδεμα και 20 cm περίπου μετά, θεωρείται απαραίτητη καθώς και πινακίδα σημάσεως του γειωτή αν δεν έχει τοποθετηθεί φρεάτιο επίσκεψης. Η διατομή του χάλκινου αγωγού γείωσης είναι 16 mm² ή ισοδύναμης για χαλύβδινο θερμά επιψευδαργυρωμένο, για απλές κτιριακές εγκαταστάσεις.

Στα σημεία όπου θα τοποθετηθούν οι πλάκες διανοίγονται σκάμματα διασπάσεων αναλόγων με το μέγεθος της πλάκας λαμβάνοντας υπόψη ότι η πλάκα πρέπει να τοποθετείται κατακόρυφα και η άνω της ακμή να είναι σε βάθος τουλάχιστον 100 cm από την τελική στάθμη του εδάφους. Συνιστάται η πλάκα να τοποθετείται επί ειδικών ορθοστατών εμπιγμένων στον πυθμένα του σκάμματος και της πλάκας γείωσης. Αυτό γίνεται για καλύτερη επαφή της πλάκας με το περιβάλλοντα χώρο μέσω του υλικού πληρώσεως, όσο και για τη λιγότερη δυνατή υγρασία που θα είχε σαν αποτέλεσμα τη γρήγορη διάβρωσή της.

Η πληρωμή του ορύγματος γίνεται με καλό χώμα (κηπευτικό, αργιλώδες κ.λπ.) ή με σκυρόδεμα. Στην περίπτωση που θέλουμε να επιτύχουμε ακόμη πιο χαμηλή τιμή αντίστασης και να προστατεύσουμε την ταινία από τυχόν διάβρωση μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε κάποιο βελτιωτικό γείωσης όπως για παράδειγμα το Terrafill της εταιρίας ΕΛΕΜΚΟ.



Εικόνα 2.8:
Γείωση με
πλάκες

2.5.3 Γειωτής ακτινικός

Είναι ταινίες ή ράβδοι που διαμορφώνονται υπό μορφή αστέρα με πολλές ακτίνες. Ο αστέρας βρίσκεται σε οριζόντια θέση, ενταφιασμένος σε βάθος τουλάχιστον 0,8 m. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται είναι όμοια, όπως στον γειωτή ταινίας.

2.5.4 Γειωτής πλέγματος

Πλέγμα από ταινίες με τετραγωνικά ανοίγματα πλάτους 3 – 7 m τοποθετείται οριζόντια σε βάθος 0,5 – 1,0 m. Τα ελάχιστα πάχη είναι όπως στους γειωτές ταινίας. Το πλεονέκτημα των γειωτών πλέγματος είναι ότι οι βηματικές τάσεις στο έδαφος, επάνω από το πλέγμα, είναι αμελητέες. Επιτρέπονται, προφανώς, και ανοίγματα μικρότερα από 3 m. Αυτά όμως δεν έχουν μικρότερες βηματικές τάσεις από ότι πλέγματα με ανοίγματα 3 m.

2.5.5 Γειωτής ταινίας

Ο γειωτής τύπου ταινίας αποτελείται από χαλκό ή θερμά επιψευδαργυρωμένο χάλυβα με ελάχιστη επιψευδαργύρωση 70 μm, τοποθετείται δε κάθετα σε μικρό βάθος μέσα στο έδαφος, από 50 έως 70 cm περίπου. Η τιμή της αντίστασης της γείωσης που επιτυγχάνεται με τη χρήση του συγκεκριμένου γειωτή μειώνεται όσο μεγαλώνει το μήκος του γειωτή 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 της ταινίας ισοδύναμου διατομής. Τέλος σύμφωνα με τους κανονισμούς ΚΕΗΕ, παρ' ότι επιτρέπεται η χρήση του συρματόσχοινου ως αντικατάσταση του γειωτή ταινίας δεν συνιστάται γιατί διαβρώνεται εύκολα. Για τον ίδιο λόγο δεν το συνιστούν οι κανονισμοί VDE 100.

§ **Ταινία χαλκού.** Κατασκευάζεται από καθαρό ηλεκτρολυτικό χαλκό και 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 mm, 30 x 3.5 mm, 40 x 4 mm.

Η ταινία ή σπανιότερα ο αγωγός κυκλικής διατομής για τους λόγους που ήδη αναφέραμε, τοποθετείται, είτε σε ευθύγραμμα τμήματα περιορισμού μήκους ή σε συνδυασμό ευθυγράμμων τμημάτων επίσης περιορισμένου μήκους, δημιουργώντας σχήματα όπως π.χ. το “πόδι της χήνας” υπό την έννοια ότι τρία ευθύγραμμα τμήματα ξεκινούν από το ίδιο σημείο και βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο (εντός εδάφους) σε γωνία 45° περίπου το ένα ως προς το άλλο.

Η ταινία γείωσης μπορεί επίσης να τοποθετηθεί υπό τη μορφή κλειστού δακτυλίου περιμετρικά της κατασκευής γνωστή ως “Περιμετρική γείωση” (Περιμετρικό ηλεκτρόδιο γείωσης κατά ΕΛΟΤ 1197/2002), είτε εντός των θεμελίων της κατασκευής υπό μορφή κλειστού δακτυλίου γνωστή ως “θεμελιακή γείωση” (Ηλεκτρόδιο θεμελιακής γείωσης κατά ΕΛΟΤ 1197/2002).

2.5.5.1 Περιμετρική γείωση (Περιμετρικό ηλεκτρόδιο γείωσης κατά ΕΛΟΤ)

Η περιμετρική γείωση κατασκευάζεται από γειωτή ταινίας και σπανιότερα από αγωγό κυκλικής διατομής. Τοποθετείται συνήθως σε όρυγμα εντός του εδάφους, για να υπάρχει υγρασία, περιμετρικά του κτιρίου και σε απόσταση από το κτίριο περίπου 2 m διότι τα χώματα κοντά στο κτίριο συνήθως δεν είναι αγωγίμα.

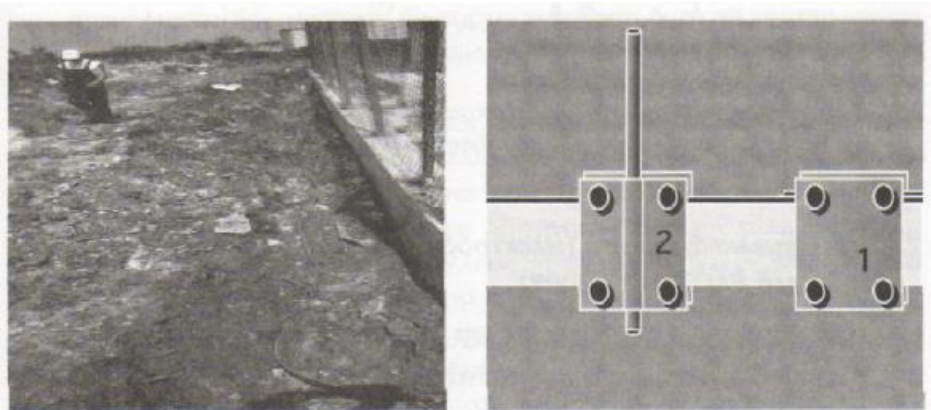
Στην περιοχή που θα τοποθετηθεί γειωτής ταινίας για την περιμετρική γείωση διανοίγεται όρυγμα βάθους 50 cm με 70 cm, πλάτους έως 030 cm (εξαρτάται από το σκαπτικό μέσο) και μήκους ανάλογα της περιμέτρου του κτιρίου. Στον πυθμένα του ορύγματος εμπίγνυνται ορθοστάτες (πασαλάκια) για τη στήριξη της ταινίας, σε απόσταση 2 m μεταξύ τους.

Η ταινία τοποθετείται στην ειδική εγκοπή που φέρουν οι ορθοστάτες, με τη μεγάλη της επιφάνεια κάθετη στην επιφάνεια του πυθμένα και σε απόσταση 5 cm απ' αυτή. Η τοποθέτηση αυτή εξασφαλίζει άριστη επαφή των επιφανειών της ταινίας με το υλικό επικάλυψης καθώς και τη λιγότερη δυνατή συγκράτηση υγρασίας, που θα είχε σαν αποτέλεσμα τη γρήγορη διάβρωση της. Η πλήρωση του ορύγματος γίνεται με καλό χώμα (κηπευτικό, αργιλώδες κ.λπ.) ή με σκυρόδεμα. Στην περίπτωση που θέλουμε να επιτύχουμε ακόμη πιο χαμηλή τιμή αντίστασης και να προστατεύσουμε την ταινία από τυχόν διάβρωση μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε κάποιο βελτιωτικό γείωσης όπως για παράδειγμα το Terrafill της εταιρείας ΕΛΕΜΚΟ.

Η επιμήκυνση της ταινίας του περιμετρικού γειωτή, καθώς και η σύνδεση της αρχής και του τέλους της δεν πρέπει να γίνεται με κοχλίες και περικόχλια διανοίγοντας οπές, αλλά με ειδικό σύνδεσμο-σφικτήρα χάλκινο για ταινία από καθαρό ηλεκτρολυτικό χαλκό ή χαλύβδινα θερμά επιψευδαργυρωμένο για ταινία χαλύβδινη θερμά επιψευδαργυρωμένη.

Ομοίως η σύνδεση της περιμετρικής ταινίας με τον αγωγό γείωσης θα πρέπει να γίνεται με ειδικό σύνδεσμο-σφικτήρα ιδίου υλικού με τα προς σύνδεση μέρη και όχι με τη χρήση κοχλιών ή περικοχλίων. Λόγω της μορφής της περιμετρικής γείωσης είναι εφικτό να αφεθούν αναμονές σε πολλαπλά σημεία αυτής, πράγμα που την καθιστά ιδανική για μελλοντική χρήση, ηλεκτρολυτικής γείωσης, αντικεραυνικής γείωσης, ισοδυναμικής προστασίας, κ.λπ.

Περιτύλιξη του αγωγού γείωσης με PVC ή θερμοσυστελόμενη σωλήνα μήκους 20 cm περίπου πριν την έξοδο του από το έδαφος ή το σκυρόδεμα και 20 cm περίπου μετά, θεωρείται απαραίτητη καθώς και πινακίδα σημάσεως του γειωτή αν δεν έχει τοποθετηθεί φρεάτιο επίσκεψης. Η διατομή του χάλκινου αγωγού είναι 16 mm² ή ισοδύναμης για χαλύβδινο θερμά επιψευδαργυρωμένο, απλές κτιριακές εγκαταστάσεις.



Εικόνα 2.9: Τοποθέτηση περιμετρικής ταινίας **Εικόνα 2.10:** Σύνδεση μέσω κατάλληλων σφικτήρων

- 1) Ταινίας-ταινίας (αρχή-τέλος), επιμήκυνσης
- 2) Ταινίας-αγωγού (αναμονές)

2.5.5.2 Θεμελιακή γείωση (Ηλεκτρόδιο θεμελιακής γείωσης κατά ΕΛΟΤ)

Η θεμελιακή γείωση συνήθως κατασκευάζεται από γειωτή ταινίας χαλύβδινη θερμά επιψευδαργυρωμένη και σπανιότερα αγωγού κυκλικής διατομής αντίστοιχου υλικού, τοποθετείται των συνδετήριων δοκαριών των πέδιλων ή στα περιμετρικά τοιχία των θεμελίων του κτιρίου, σε μορφή κλειστού δακτυλίου. Για κτίρια μεγάλης περιμέτρου συνίσταται η τοποθέτηση εγκαρσίων ή διαμηκών τμημάτων ταινίας (πάντα εντός σκυροδέματος θεμελίων), έτσι ώστε κανένα σημείο του υπογείου να μην απέχει περισσότερο από 10 m από το γειωτή.

Η τιμή της αντίστασης της γείωσης μειώνεται όσο μεγαλώνει η επιφάνεια που καλύπτει η ταινία, κατ' ανάλογο τρόπο όπως συμβαίνει και στην περίπτωση της περιμετρικής γείωσης. Στην που χρησιμοποιηθεί ο προσεγγιστικός τύπος για την τιμή της αντίστασης της γείωσης, ως D λαμβάνεται η διάμετρος ενός ισοδύναμου σε επιφάνεια κυκλικού γειωτή με αυτόν της θεμελιακής γείωσης και ως ειδική ηλεκτρική αντίσταση λαμβάνεται κατά VDE 0141 ή DIN 57141 η ειδική αντίσταση του περιβάλλοντος εδάφους και όχι του σκυροδέματος. Σύμφωνα με το άρθρο 27 των ΚΕΗΕ η διατομή της ταινίας πρέπει να είναι τουλάχιστον 100 mm^2 με ελάχιστο πάχος 3 mm .

Η περίπτωση χρήσης χάλκινης ταινίας ή αγωγού κυκλικής διατομής δεν αποκλείεται. Θα πρέπει σε αυτή την περίπτωση να γίνει σχολιαστική επίβλεψη κατά τη κατασκευή της θεμελιακής γείωσης έτσι ώστε να αποφευχθεί και η παραμικρή πιθανότητα κακοτεχνίας και κατά συνέπεια η μετέπειτα διάβρωση του οπλισμού.

2.5.5.2.1 Τοποθέτηση θεμελιακού γειωτή

Ο ορθός τρόπος τοποθέτησης της ταινίας ενός θεμελιακού γειωτή είναι επί του οπλισμού των θεμελίων με τη μεγάλη της επιφάνεια κάθετη στον πυθμένα του ορύγματος.

Η ταινία τοποθετείται με το πέρας των εργασιών οπλισμού και πριν την έγχυση του σκυροδέματος. Συνίσταται το σκυρόδεμα να είναι αντοχής B 225 ή περιεκτικότητας 300 Kgr ανά M^3 . Πρέπει να τονισθεί ότι βάσει των κανονισμών ΚΕΗΕ το ελάχιστο πάχος επικάλυψης της ταινίας με σκυρόδεμα είναι 5 cm , προκειμένου να αποφευχθεί κάθε πιθανότητα διάβρωσης. Στη περίπτωση που υπάρχουν αρμοί διαστολής-συστολής θα πρέπει να γίνεται διακοπή της ταινίας και τα άκρα της να συνδέονται μέσω εύκαμπτης ταινίας η οποία τοποθετείται έξω από τον ξυλότυπο.

Για την επιμήκυνση, την σύνδεση και τις αναμονές που πρέπει να αφεθούν στον θεμελιακό γειωτή (ταινία) ακολουθούμε τα ίδια ακριβώς βήματα με την περιμετρική γείωση. Πρέπει να αποφεύγεται η ηλεκτροσυγκόλληση της ταινίας στον οπλισμό χωρίς την άδεια του Πολιτικού Μηχανικού. Από την άλλη απαιτείται χρονοβόρος διαδικασία καθώς η συγκόλληση θα πρέπει να γίνει σε πολλά σημεία με κατάλληλο “γαζί” τόσο όσο αφορά το πάχος όσο και το βάθος, λαμβάνοντας μέτρα πριν τη συγκόλληση σχετικά με την απομάκρυνση του ψευδαργύρου όσο και μετά με την επίστρωση είτε αντιδιαβρωτικού χρώματος είτε ψυχρού γαλβανίσματος, ενέργειες οι οποίες δεν είναι σίγουρο ότι θα πραγματοποιηθούν εάν δεν υπάρχει σχετική επίβλεψη.

Ανάλογα με τη χρήση της θεμελιακής γείωσης και των διαστάσεων του κτιρίου επιλέγονται αναμονές από αγωγό συνήθως κυκλικής διατομής είτε χαλύβδινο θερμά επιψευδαργυρωμένο $\Phi 8$ mm είτε χάλκινο 50 mm^2 , τουλάχιστον μια αναμονή για την περίπτωση ηλεκτρολογικής γείωσης και περισσότερες για την περίπτωση αντικεραυνικής γείωσης.

Ο αγωγός αυτός συνδέεται με τη θεμελιακή ταινία μέσω κατάλληλου σφικτήρα ταινίας-αγωγού και οδεύει είτε προς την επιφάνεια του εδάφους για χρήση ηλεκτρολογικής γείωσης, είτε προς τη στέγη του κτιρίου για χρήση αντικεραυνικής γείωσης, εντός επιλεγμένων κολώνων και κατά συνέπεια εντός του σκυροδέματος. Η στήριξη του-σύνδεσή του γίνεται ανά 2 m με τον οπλισμό που υπάρχει στις κολώνες μέσω κατάλληλων σφικτήρων.

Στην περίπτωση που ο οπλισμός είναι πολύ πυκνός η τοποθέτηση της ταινίας ή του αγωγού κυκλικής διατομής εντός αυτού και η σύνδεσή τους μαζί γίνεται σχετικά δύσκολα. Για το λόγο αυτό οι σφικτήρες θα πρέπει αφ' ενός να ικανοποιούν τις απαιτήσεις των κανονισμών και των προτύπων, αφ' ετέρου να είναι εργονομικά κατασκευασμένοι για να διευκολύνεται ο τεχνίτης στη χρήση τους. Σε οποιοδήποτε σημείο επιθυμούμε μπορούμε να αφήσουμε αναμονές εντός του κτιρίου προς τη χρήση ισοδυναμικών συνδέσεων μέσω ισοδυναμικών ζυγών.

Συνιστάται για ακόμα καλύτερα η σύνδεση του θεμελιακού γειωτή με τον εκάστοτε ισοδυναμικό ζυγό, να πραγματοποιείται μέσω αγωγού όμοιου με αυτόν ή τουλάχιστον της ίδιας διατομής. Στην περίπτωση που επιθυμούμε μόνιμες θέσεις ισοδυναμικών ζυγών, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε κατάλληλες υποδοχές κατά τη φάση του ξυλότυπου, οι οποίες μετά την έκχυση του σκυροδέματος δεν εξέρχουν από την εσωτερική επιφάνεια είτε των τοίχων είτε των δαπέδων. Η λύση αυτή εκτός του ότι προσφέρει τα καλύτερα αποτελέσματα από την άποψη των ηλεκτρολογικών συνδέσεων αναβαθμίζει και τα κριτήρια αισθητικής του κτιρίου.

Περιτύλιξη του αγωγού γείωσης με PVC ή θερμοσυστελόμενη σωλήνα μήκους 20 cm περίπου την έξοδό του από το έδαφος ή το σκυρόδεμα και 20 cm περίπου μετά, θεωρείται απαραίτητη. Η διατομή του χάλκινου αγωγού γείωσης (περίπτωση ηλεκτρολογικής γείωσης) είναι 16 mm^2 ή ισοδύναμη για χαλύβδινο θερμά επιψευδαργυρωμένο, για απλές κτιριακές εγκαταστάσεις.

Μια εναλλακτική μορφή τοποθέτησης της θεμελιακής γείωσης, είναι αυτή που η ταινία τοποθετείται πάνω σε ειδικούς ορθοστάτες (πασαλάκια) καρφωμένα ανά 2 m στο μπετόν καθαριότητας και στα σημεία όπου θα κατασκευασθούν τα συνδετήρια δοκάρια των πέδινων, τοιχία θεμελίωσης. Μετά την τοποθέτηση της ταινίας, κατασκευάζεται ο ξυλότυπος, τοποθετείται ο οπλισμός και γίνεται έγχυση του σκυροδέματος. Επειδή όμως με τον τρόπο αυτό, δεν επιτυγχάνεται δεν επιτυγχάνεται σύνδεση μεταξύ της ταινίας και του οπλισμού των θεμελίων, θεωρείται μειωμένης αποτελεσματικότητας σχετικά με τον προαναφερόμενο τρόπο.

Στην περίπτωση όπου για λόγους υδατοστεγάνωσης της οικοδομής έχει χρησιμοποιηθεί κάτω από τα θεμέλια μονωτική μεμβράνη, δεν ενδείκνυται η θεμελιακή γείωση. Εναλλακτικά, μπορεί να γίνει τοποθέτηση χάλκινης ταινίας είτε χαλύβδινης θερμά επιψευδαργυρωμένης στον πυθμένα του ορύγματος θεμελίωσης του κτιρίου και έξω από τη μεμβράνη (προτιμάται η χάλκινη), επί ορθοστατών ανά 2 m περίπου όπως θα κατασκευάζαμε μια περιμετρική γείωση ή να χρησιμοποιηθεί οποιοσδήποτε άλλος τρόπος γείωσης από τους περιγραφόμενους σε αυτό το κεφάλαιο. Ανάλογα με τη χρήση της θεμελιακής γείωσης (ηλεκτρολογική γείωση, αντικεραυνική γείωση κ.λπ.) και των διαστάσεων του κτιρίου, επιλέγεται τουλάχιστον μια αναμονή από αγωγό κυκλικής διατομής, χάλκινο για την περίπτωση χάλκινης περιμετρικής ταινίας και χαλύβδινο θερμά επιψευδαργυρωμένο Φ10 mm για την περίπτωση χαλύβδινης θερμά επιψευδαργυρωμένης περιμετρικής ταινίας. Κατά την άφιξη του αγωγού γείωσης στην επιφάνεια του εδάφους ο αγωγός ακολουθεί την πορεία της μεμβράνης (πάντα μεταξύ αυτής και του εδάφους) έως το τέλος της μεμβράνης. Σε αυτό το σημείο τοποθετείται πάνω από την μεμβράνη και οδηγείται είτε προς τον μετρητή της ΔΕΗ (ηλεκτρολογική γείωση), είτε προς τον ξυλότυπο κάποιας επιλεγμένης κολώνας με σκοπό να γεφυρωθεί με τον αγωγό Φ8 mm που θα έχει τοποθετηθεί σε αυτή κατά την κατασκευή του ξυλότυπου στην περίπτωση κατασκευής αντικεραυνικής γείωσης.

2.5.5.2 Πλεονεκτήματα της θεμελιακής γείωσης

Η θεμελιακή γείωση έναντι των άλλων γειώσεων παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα:

A. Χαμηλή τιμή αντίστασης γείωσης

Οι μετρούμενες τιμές αντίστασης των θεμελιακών γειώσεων είναι συχνά κάτω του 1 Ω, λόγω του ότι στις περισσότερες περιπτώσεις η θεμελιακή γείωση εγκαθίσταται σε μεγάλο βάθος όπου η ύπαρξη υγρασίας στο υπέδαφος είναι πιθανότερη. Ένας άλλος λόγος που συντελεί στην επίτευξη χαμηλής αντίστασης γείωσης είναι το γεγονός ότι ο γειωτής συνδέεται και με τον οπλισμό των συνδετήριων δοκών, των πέδινων ή των τοιχίων αυξάνοντας έτσι τη συνολική επιφάνεια που περικλείει ο γειωτής η οποία έρχεται σε επαφή με το περιβάλλοντα χώρο.

B. Αντοχή στο χρόνο-Μηχανική προστασία

Λόγω του ότι η θεμελιακή γείωση τοποθετείται εντός σκυροδέματος αυτομάτως προστατεύεται έναντι κάθε μηχανικής καταπόνησης στις οποίες εκτίθενται οι άλλες γειώσεις που κατασκευάζονται στην επιφάνεια του εδάφους (π.χ. εκσκαφές, από συνεργεία ΟΤΕ, ΔΕΗ, κηπουρικές εργασίες κ.λπ.). Παράλληλα λόγω της έλλειψης υγρασίας εντός του σκυροδέματος δεν τίθεται θέμα διάβρωσης του γειωτή με αποτέλεσμα η διάρκεια ζωής της θεμελιακής γείωσης να είναι όση και του κτιρίου στο οποίο έχει εγκατασταθεί.

Γ. Εξάλειψη βηματικών τάσεων

Λόγω του βάθους τοποθέτησης της θεμελιακής γείωσης το φαινόμενο των βηματικών τάσεων στον περιβάλλοντα χώρο του κτιρίου είναι σημαντικά περιορισμένο έως ανύπαρκτο, πράγμα τι οποίο δεν συμβαίνει με τους άλλους γειωτές. Στους άλλους γειωτές, για τον περιορισμό των βηματικών τάσεων απαιτείται η τοποθέτηση του γειωτή σε μεγάλο βάθος (άνω των 70 cm) σε ακτίνα αρκετών μέτρων από το γειωτή.

Δ. Ισοδυναμικές συνδέσεις

Σύμφωνα με τη συνθήκη 3 του άρθρου 19 των Κανονισμών Εσωτερικών Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων (Κ.Ε.Η.Ε) «η επίτευξη χαμηλής αντίστασης γείωσης στην περιοχή κάθε οικοδομής, έχει ιδιαίτερη σημασία, για την αποτελεσματική προστασία των ατόμων έναντι των τάσεων επαφής που βρίσκονται μέσα στην οικοδομή. Τέτοια γείωση είναι δυνατόν να επιτευχθεί κατά την ανέγερση της οικοδομής με την εγκατάσταση γείωσης εντός θεμελίων της οικοδομής (θεμελιακή γείωση), στην οποία θα πρέπει να συνδέονται όλα τα στοιχεία της οικοδομής που πρέπει να γειωθούν, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η δημιουργία ισοδυναμικών επιφανειών στο σύνολο της οικοδομής».

Οι αναμονές γείωσης (αγωγοί οι οποίοι συνδέονται με το γειωτή της θεμελιακής γείωσης) μπορούν να εισέρθουν σε οποιοδήποτε σημείο του εσωτερικού χώρου του κτιρίου και να συνδεθούν με τα μεταλλικά μέρη μηχανημάτων, σωληνώσεων, ερμαρίων πινάκων, εσχαρών κ.λπ. Κατά αυτό τον τρόπο δημιουργούν μια “ισοδυναμική επιφάνεια” αποφεύγοντας επικίνδυνες διαφορές δυναμικών και κατά συνέπεια τάσεις επαφής.

Η θεμελιακή γείωση τείνει να παρομοιασθεί με ένα μεταλλικό κουτί μέσα στο οποίο προστατεύονται τόσο οι άνθρωποι όσο και ο ηλεκτρολογικός και ηλεκτρονικός εξοπλισμός.

Ε. Χαμηλό κόστος

Ένα άλλο σοβαρό πλεονέκτημα της θεμελιακής γείωσης είναι το χαμηλό της κόστος έναντι των άλλων τύπων γείωσης, λαμβάνοντας υπόψη ότι η σύγκριση θα πρέπει να γίνεται με το κοινό κριτήριο που είναι η επίτευξη της ίδιας “τιμής” της αντίστασης της γείωσης. Η εγκατάσταση μιας 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 κ.λπ.).

Στ. Πλεονεκτήματα κατά τη χρήση του θεμελιακού γειωτή ως γείωση των εκτεθειμένων μεταλλικών μερών (ηλεκτρολογική γείωση) και ως αντικεραυνική γείωση

Σημαντικότερο πλεονέκτημα παρουσιάζει η χρήση ηλεκτροδίου θεμελιακής γείωσης όταν πρόκειται να γίνει χρήση του ταυτόχρονα ως ηλεκτρολογική και αντικεραυνική γείωση διότι κατά αυτό τον τρόπο:

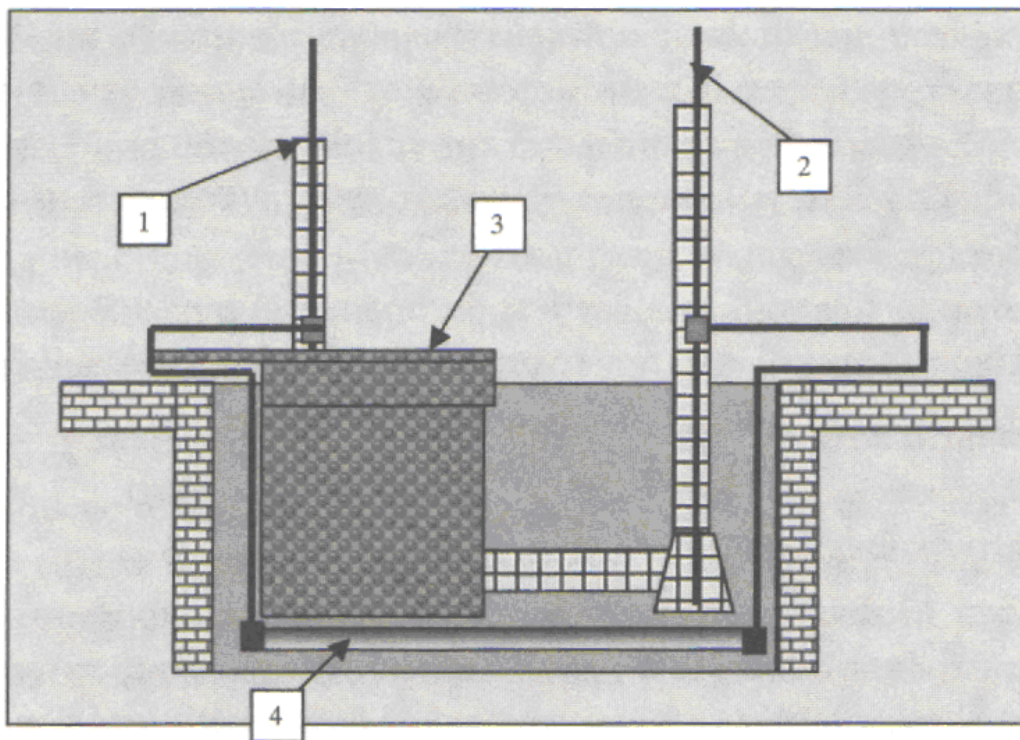
- Οι εγκαταστάσεις γείωσης ηλεκτρολογικής και αντικεραυνικής πραγματοποιούνται παράλληλα με την ανέγερση του κτιρίου αποφεύγοντας τις επιπλέον εργασίες μετά την ολοκλήρωση του κτιρίου όπου στις περισσότερες περιπτώσεις απαιτείται χρήση σκαλωσιάς, καλαθοφόρων, κ.λπ. Συνεπώς έχουμε σημαντική μείωση κόστους.
- Οι αγωγοί καθόδου είναι εγκλωβισμένοι, χωρίς να δημιουργούνται προβλήματα διάβρωσης.
- Αποφεύγονται οι δυσκολίες κατά την τοποθέτηση των αγωγών καθόδων της αντικεραυνικής γείωσης στις εξωτερικές επιφάνειες (όψεις) του κτιρίου, όταν αυτές μπορεί να είναι από γυαλί, υπάρχουν μπαλκόνια, βεράντες κ.λπ.
- Επίτευξη της καλύτερης δυνατής ισοδυναμικής προστασίας, αφού πλέον ολόκληρο το κτίριο θα βρεθεί στο ίδιο δυναμικό στη περίπτωση σφάλματος.

Σύμφωνα με τους κανονισμούς ΚΕΗΕ, στην περίπτωση όπου το ηλεκτρόδιο θεμελιακής γείωσης πρόκειται να παρέχει ταυτόχρονα χρήση ως ηλεκτρολογική και αντικεραυνική γείωση, θα πρέπει για κάθε αγωγό καθόδου της αντικεραυνικής γείωσης να προβλεφθούν

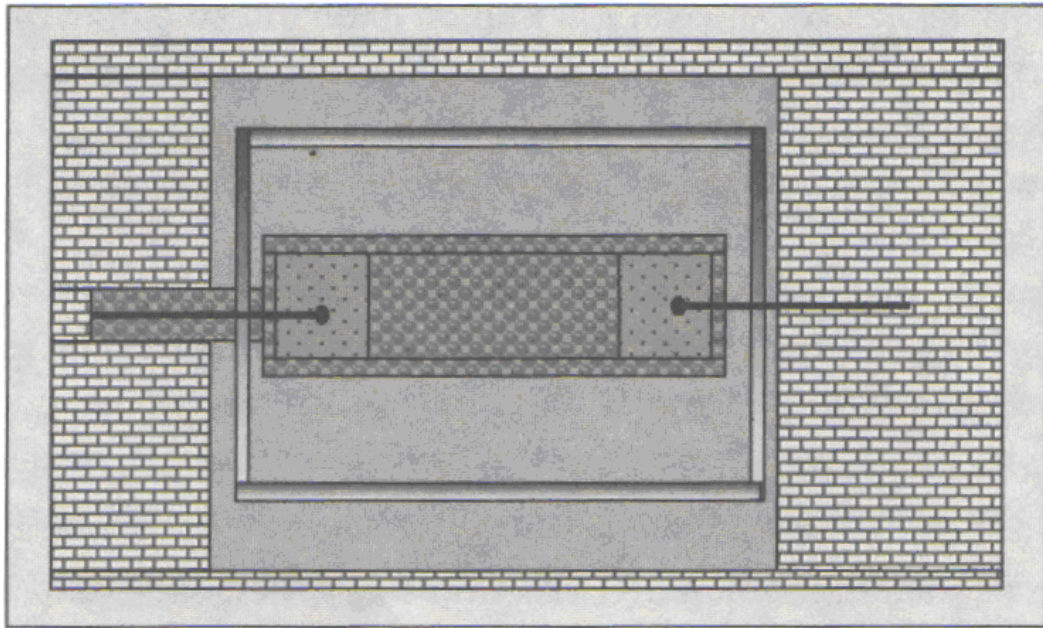
αγωγοί σύνδεσης μέσω ισοδυναμικού ζυγού με όλες τις μεταλλικές εγκαταστάσεις του κτιρίου π.χ. το δίκτυο ύδρευσης, θέρμανσης, τον αγωγό γείωσης των εκτεθειμένων μεταλλικών μερών της ηλεκτρικής εγκατάστασης.

Για τους παρακάτω λόγους, η εγκατάσταση θεμελιακής γείωσης “πρέπει να εφαρμόζεται ως βασική γείωση προστασίας και λειτουργίας όπου αυτό απαιτείται σε όλες τις νέες ηλεκτρικές εγκαταστάσεις. Σε περίπτωση που οι απαιτήσεις γείωσης δεν καλύπτονται από τη θεμελιακή γείωση, τότε μπορούν να χρησιμοποιούνται, συμπληρωματικά, και άλλες μέθοδοι γείωσης, όπως αναφέρονται στο Πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384” (άρθρο 2, Φ 7.5/1816/8827, αρ. φύλλου 470).

Για μια όμως ολοκληρωμένη προστασία, λόγω συνύπαρξης ηλεκτρολογικής και αντικεραυνικής γείωσης στο θεμελιακό ή οποιοδήποτε άλλο γειωτή πρέπει να συμπεριλαμβάνεται και η προστασία του ηλεκτρολογικού-ηλεκτρονικού εξοπλισμού. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση απαγωγών κρουστικών υπερτάσεων τοποθετούμενα σε κατάλληλα σημεία της ηλεκτρικής εγκατάστασης.



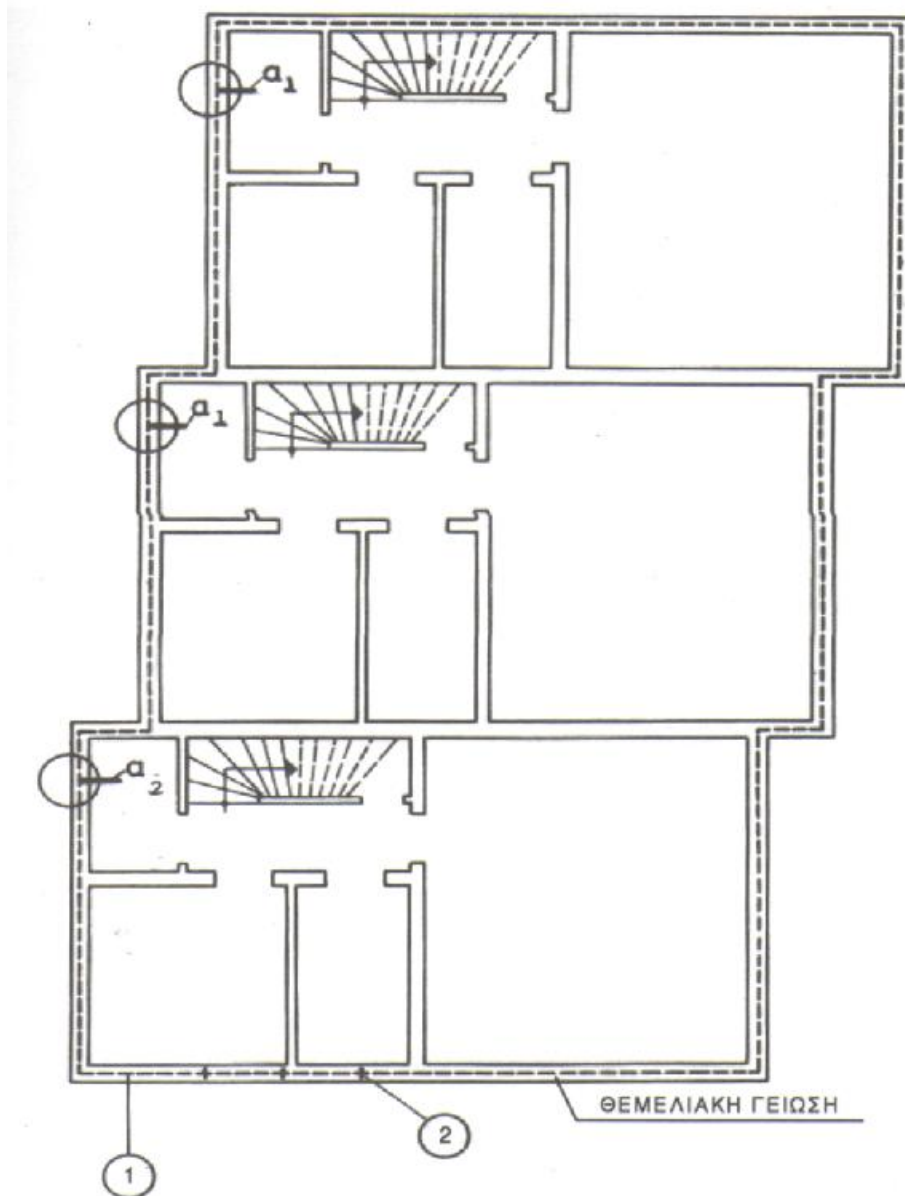
Εικόνα 2.11α



Εικόνα 2.11β

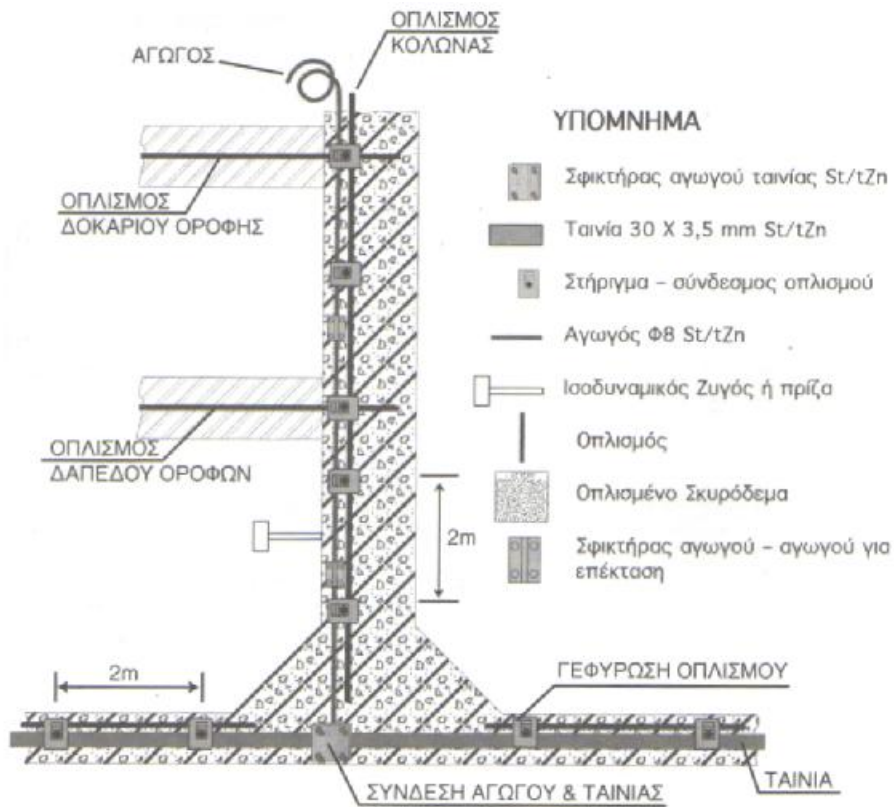
Εικόνα 2.11: Μεμβράνη υδατοστεγάνωσης (α. Τομή β. Κάτοψη)

1. Οπλισμός
2. Αγωγός ηλεκτρολογικής γείωσης ή καθόδου αντικεραυνικής προστασίας.
3. Μεμβράνη υδατοστεγάνωσης.
4. Γειωτής περιμετρικά τοποθετημένος στον πυθμένα του ορύγματος έξω από την μεμβράνη.

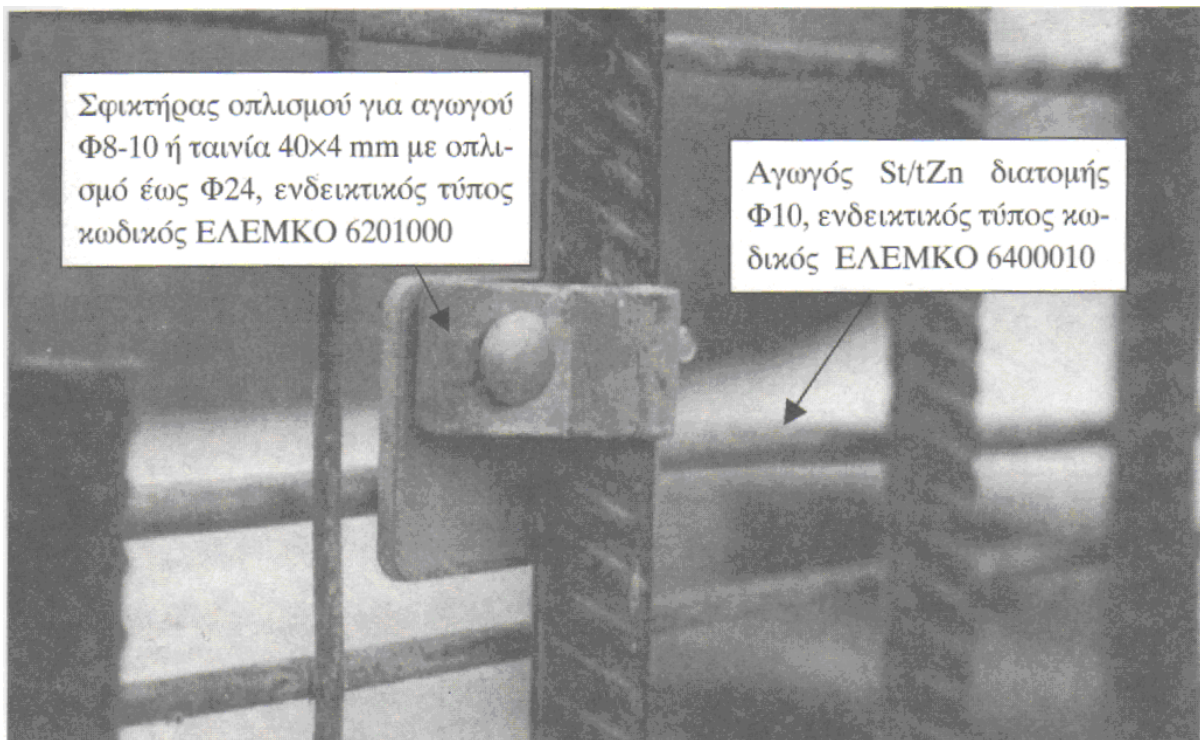


Εικόνα 2.12: Ηλεκτρόδιο θεμελιακής γείωσης (ΚΑΤΟΨΗ)

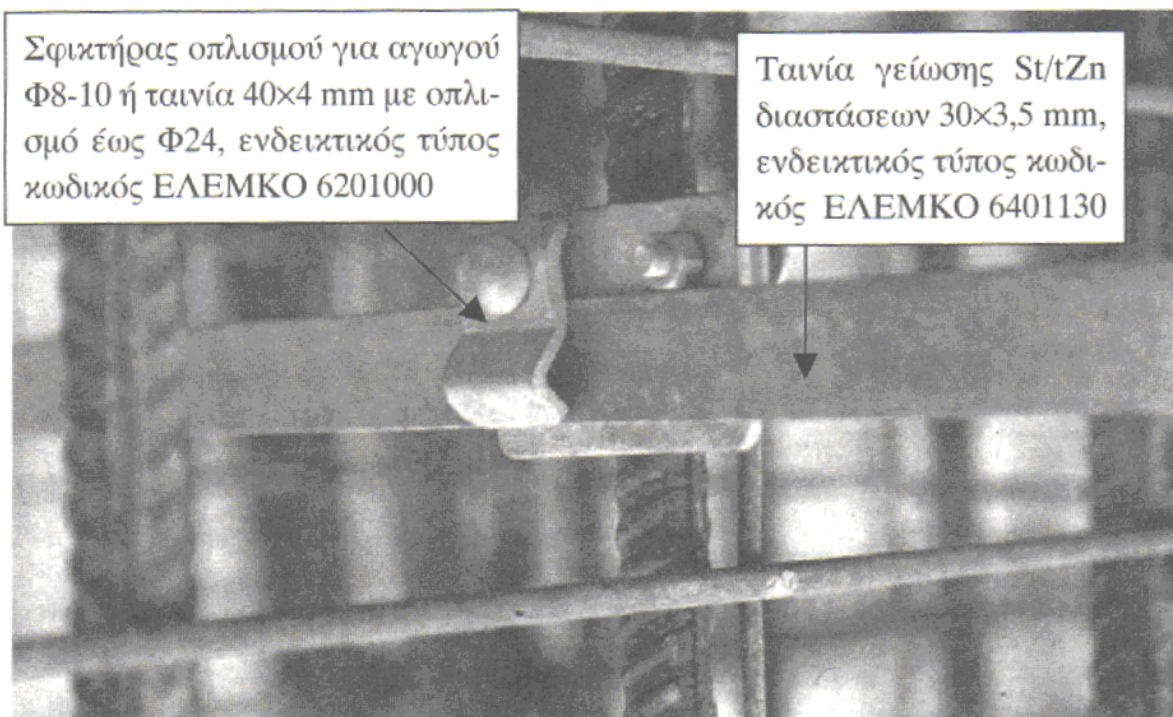
1. Ταινία
2. σφικτήρες οπλισμού (Σύνδεση – Στήριξη ταινίας με οπλισμό)
- α1. Αναμονή - Ισοδυναμικός ζυγός – πρίζα γείωσης
- α2. Αναμονή – Χώρος ηλεκτρικής παροχής ρεύματος



Εικόνα 2.13: Ηλεκτρόδιο θεμελιακής γείωσης (Τομή)



Εικόνα 2.14: Σύνδεση θεμελιακού γειωτή (αγωγού κυκλικής διατομής) με οπλισμό



Εικόνα 2.15: Σύνδεση θεμελιακού γειωτή (ταινίας) με οπλισμό

2.5.6 Γειωτής τύπου “Ε”

Ο γειωτής “Ε” αποτελείται ουσιαστικά από δύο στοιχεία. Το πρώτο είναι μορφής “Π” και το δεύτερο μορφής “Γ”. Τα δύο στοιχεία συναρμολογούνται με μεταλλικές γωνίες και κοχλίες-περικόγλια M8 ανοξείδωτα τύπου A2.

Κατασκευάζεται από καθαρό ηλεκτρολυτικό χαλκό ή χάλυβα θερμά επιψευδαργυρωμένο. Ο γειωτής τύπου “Ε” μπορεί να επεκταθεί με περισσότερα στοιχεία “Γ”. Η τιμή της αντίστασης γείωσης μειώνεται όσο προστίθενται στοιχεία “Γ”, όπως φαίνεται στον πίνακα 2.1.

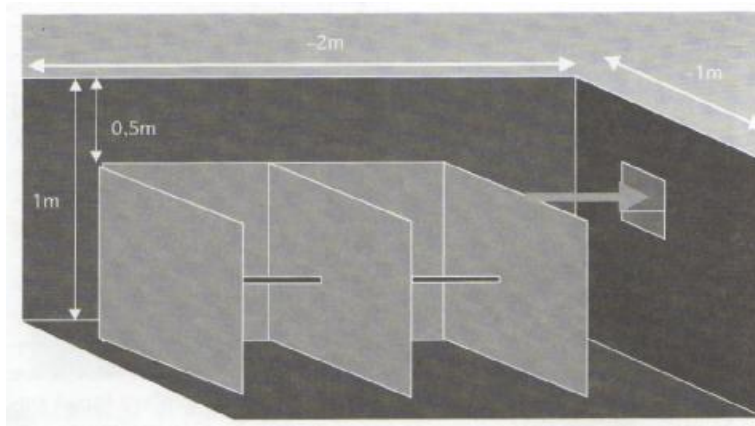
Τοποθετείται εντός σκάμματος βάθους τουλάχιστον 1 m, πλάτους τουλάχιστον 75 cm και μήκος αναλόγως του αριθμού των στοιχείων “Γ” που θα τοποθετηθούν. Η πλήρωση του σκάμματος της γείωσης, γίνεται με καλό χώμα (κηπευτικό, αργιλώδες κ.λπ.), σκυρόδεμα ή με κάποιο βελτιωτικό όπως για παράδειγμα το βελτιωτικό γείωσης Terrafill της εταιρείας ΕΛΕΜΚΟ ή συνδυασμό των παραπάνω. Σύμφωνα με τα παραπάνω δεν απαιτείται μεγάλη επιφάνεια για την τοποθέτησή του.

Περιτύλιξη του αγωγού γείωσης με PVC ή θερμοσυστελόμενη σωλήνα μήκους 20 cm περίπου πριν την έξοδο του από το έδαφος ή το σκυρόδεμα και 20 cm περίπου μετά, θεωρείται απαραίτητη καθώς και πινακίδα σημάσεως του γειωτή αν δεν έχει τοποθετηθεί φρεάτιο επίσκεψης. Η διατομή του χάλκινου αγωγού γείωσης είναι 16 mm² ή ισοδύναμης για χαλύβδινο θερμά επιψευδαργυρωμένο, για απλές κτιριακές εγκαταστάσεις.

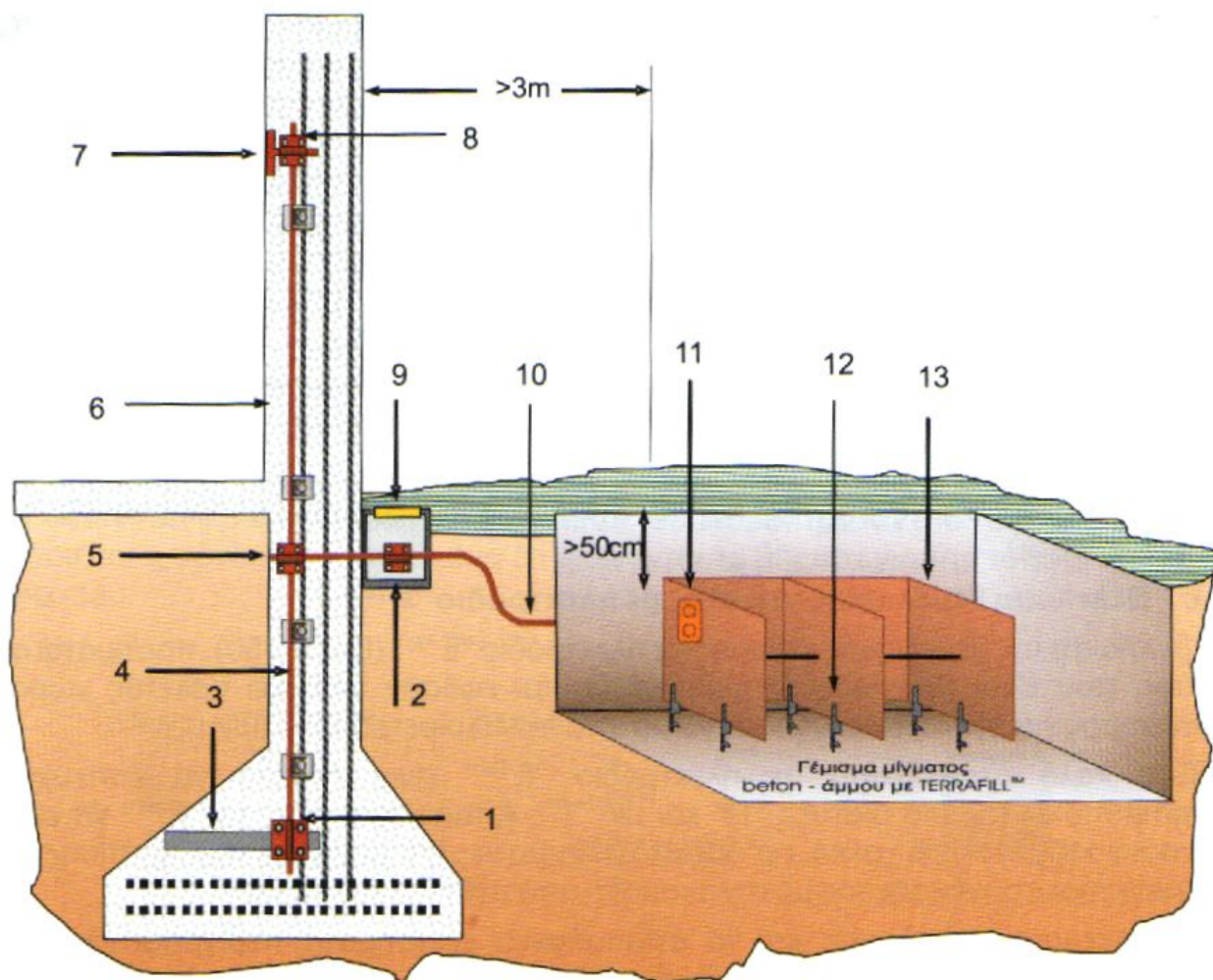
Το κόστος της εγκατάστασης είναι χαμηλό και μειώνεται σημαντικά όταν η εγκατάσταση γίνεται κατά τη φάση των χωματουργικών εργασιών της κατασκευής, έχοντας έτσι ως δεδομένο την παρουσία σκαπτικών μηχανημάτων τα οποία μπορούν σε ελάχιστο χρόνο να προχωρήσουν στη διάνοιξη του κατάλληλου ορύγματος.

Στοιχείο γειωτή	Ειδική Αντίσταση			
	Αντίσταση (Ω) ρ _ε =100 Ωm	Αντίσταση (Ω) ρ _ε =100 Ωm	Αντίσταση (Ω) ρ _ε =100 Ωm	Αντίσταση (Ω) ρ _ε =100 Ωm
1Π	17.5	35.0	70.0	87.6
1Π+1Γ	10.4	20.8	41.6	52.0
1Π+2Γ	7.4	14.8	29.6	37.0
1Π+3Γ	5.7	11.4	22.9	28.7
1Π+4Γ	4.6	9.3	18.7	23.4
1Π+5Γ	3.9	7.9	15.8	19.8
1Π+6Γ	3.4	6.8	13.7	17.1
1Π+7Γ	3.0	6.0	12.1	15.1
1Π+8Γ	2.7	5.4	10.8	13.5

Πίνακας 2.1: Τιμή επιτευχθείσας αντίστασης για διάφορες τιμές της ειδικής αντίστασης του εδάφους, σύμφωνα με την κατασκευάστρια εταιρία ΕΛΕΜΚΟ



Εικόνα 2.16: Γειωτής «E» (στοιχείο γειωτή 1Π+1Γ)

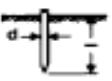


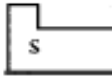
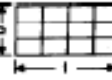
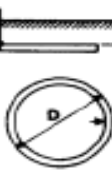


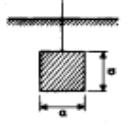
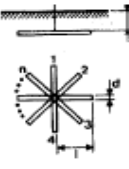
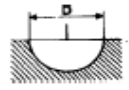
A/A	Εξαρτήματα	A/A	Εξαρτήματα
1	Σφιγκτήρας	9	Φρεάτιο
2	Σφιγκτήρας χάλκινος	10	Αγωγός Cu 8mm
3	Ηλεκτρόδιο γείωσης	11	Σφιγκτήρας
4	Αγωγός γείωσης	12	Σφιγκτήρας ταινίας
5	Σφιγκτήρας	13	Ηλεκτρόδιο "E™" Χάλκινο, ανοξειδωτο St/Zn
6	Σφιγκτήρας		
7	Ακροδέκτης		
8	Σφιγκτήρας		

Εικόνα 2.17: Υλικά και διαστάσεις ηλεκτροδίου τύπου "E"™ σε προέκταση θεμελιακής γείωσης

Μορφή γειωτή	Υλικό		
	Χάλυβας γαλβανισμένος (με 70 μm στρώμα)	Χάλυβας επιχαλκωμένος	Χαλκός
Ταινία	100 mm ² ελάχιστο πάχος 3 mm	50 mm ² ελάχιστο πάχος 2 mm	50 mm ² ελάχιστο πάχος 2 mm
Ράβδος στρογγυλή	78 mm ² = 10 φ	50 mm ² χάλυβα 35 mm ² χαλκός	35 mm ²
Συρματόσχοινο	95 mm ² χονδρόκλωνο (δε χρησιμοποιείται)		35 mm ² χονδρόκλωνο (ελάχιστο πάχος κλώνων 1,8 mm)
Σωλήνας για πασάλο-γειώσεις	Ονομαστική διάμετρος 1" (εσωτερική διάμετρος), ελάχιστο πάχος 2 mm		Εσωτερική διάμετρος 20mm, ελάχιστο πάχος 2 mm
Ράβδος L, U, T, I για πασσαλογειώσεις	Σύμφωνα με τη ΔΕΗ, 100 mm ² , ελάχιστο πάχος 3 mm.	50 mm ² στρογγυλή ράβδος	Σύμφωνα με τη ΔΕΗ, 35 mm ² , ελάχιστο πάχος 3 mm.
Πλάκα	Ελάχιστο πάχος 3 mm		Ελάχιστο πάχος 2 mm

Πίνακας 2.2: Ελάχιστες διατομές και πάχη γειωτών

	Γειωτής	Τύπος	Προσεγγιστικός τύπος
	Πάσσαλος (πλάγια όψη)	$R_{A1} = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l_{eff}} \cdot \ln\left(\frac{4 \cdot l_{eff}}{d}\right)$ $l_{eff} \approx l - 0.5 \text{ m}^*$	$R_A \approx \frac{\rho}{l_{eff}}$
	Πολύγωνο Πασάλων $\alpha \geq 1$ (κάτοψη)	$R_A \approx k \cdot \frac{1}{n} \cdot R_{A1}$ $\frac{\alpha}{l} = 3 : n = 5 : k \approx 1.2$ R_{A1} = αντίσταση ενός πασάλου	$K = (1 \dots 1.5)$ για $n = 10 : k \approx 1.25$
	Ταινία γείωσης ή επιφανειακός γειωτής, βάθος $h = 0.5 \dots 1.0 \text{ m}$ (πλάγια όψη)	$R_A = \frac{\rho}{\pi \cdot l} \cdot \ln\left(\frac{2 \cdot l}{d}\right)$	$R_A \approx \frac{2 \cdot \rho}{l}$
	Θεμελιακή γείωση $D = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}}$		$R_A = \frac{2}{\pi} \cdot \frac{\rho}{D}$
	Πλέγμα σε βάθος $0.5 - 1.0 \text{ m}$ $D = \sqrt{\frac{4 \cdot b \cdot l}{\pi}}$ (κάτοψη)	$R_A \approx \frac{\rho}{2 \cdot d} + \frac{\rho}{l \cdot g}$ $l \cdot g$ = συνολικό μήκος αγωγού	$R_A \approx \frac{\rho}{2 \cdot D}$
	Κυκλικός γειωτής (κάτοψη)	$R = \frac{\rho}{2 \cdot \pi^2 \cdot D} \cdot \ln \frac{8 \cdot D}{d}$ $\left(1 + \frac{\ln \frac{2 \cdot D}{l}}{\ln \frac{8 \cdot D}{d}} \right)$	$R = \frac{2 \cdot \rho}{\pi \cdot D}^{**}$

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

Πίνακας 2.3: Αντιστάσεις γειωτών

Ειδική Αντίσταση

3.1 Παράγοντες που επηρεάζουν την ειδική αντίσταση εδάφους

Η ειδική αντίσταση εδάφους εξαρτάται από την πυκνότητα και την σύστασή του. Υπάρχει ποικιλία εδαφών και ειδικών αντιστάσεων. Εδάφη χωματώδη, αμμώδη, βραχώδη, υγρά, ξηρά, ανομοιογενή, κλπ. Με αντίστοιχη ποικιλία τιμών ειδικών αντιστάσεων. Όσο ξηρότερο και πετρώδες το έδαφος, τόσο μεγαλύτερη η ειδική αντίστασή του, ρ , μετρούμενη συνήθως σε $\Omega \cdot m$. Σε ανισότροπα εδάφη η ειδική αντίσταση είναι διαφορετική, περιφερειακά του ηλεκτροδίου γειώσεως και μη γραμμική. Ειδικότερα, η υγρασία του εδάφους έχει σημαντική επίδραση στην ειδική αντίστασή του. 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. Η τεχνητή προσθήκη διαλυτών ουσιών στο νερό, όπως χλωριούχο νάτριο (αλάτι), χλωριούχο ασβέστιο ($CaCl_2$), θειικό χαλκό ($CuSO_4$), ή θειικό μαγνήσιο ($MgSO_4$) είναι ένας πρακτικός τρόπος μείωσης της ειδικής αντίστασης του εδάφους. Οι εποχιακές μεταβολές της θερμοκρασίας οδηγούν σε κάποια διακύμανση της αντίστασης του εδάφους, ειδικότερα σε περιοχές όπου σημειώνεται παγετός. Η επίδραση των διακυμάνσεων αυτών στην αποτελεσματικότητα της γείωσης μπορεί να ελαχιστοποιηθεί με τη χρήση ηλεκτροδίων γειώσεως σε μεγάλο βάθος. Συμπερασματικά, οι παράγοντες που επηρεάζουν την ειδική αντίσταση του εδάφους είναι οι εξής:

3.1.1 Είδος του εδάφους – Προσμίξεις

Στον Πίνακα 3.1 φαίνονται ενδεικτικά οι ειδικές αντιστάσεις ορισμένων εδαφών. Στο Διάγραμμα 3.1 φαίνεται η επίδραση της περιεκτικότητας του εδάφους σε αλάτι με υγρασία 30% στην ειδική αντίσταση εδάφους.

Είδος γης	Ειδική αντίσταση (Ωm)
Χουμώδες έδαφος – Βάλτος	30-100
Υγρή άμμος	200
Αμμώδες έδαφος – ξερό	500
Ξερή άμμος	1000
Πετρώδες έδαφος	3000

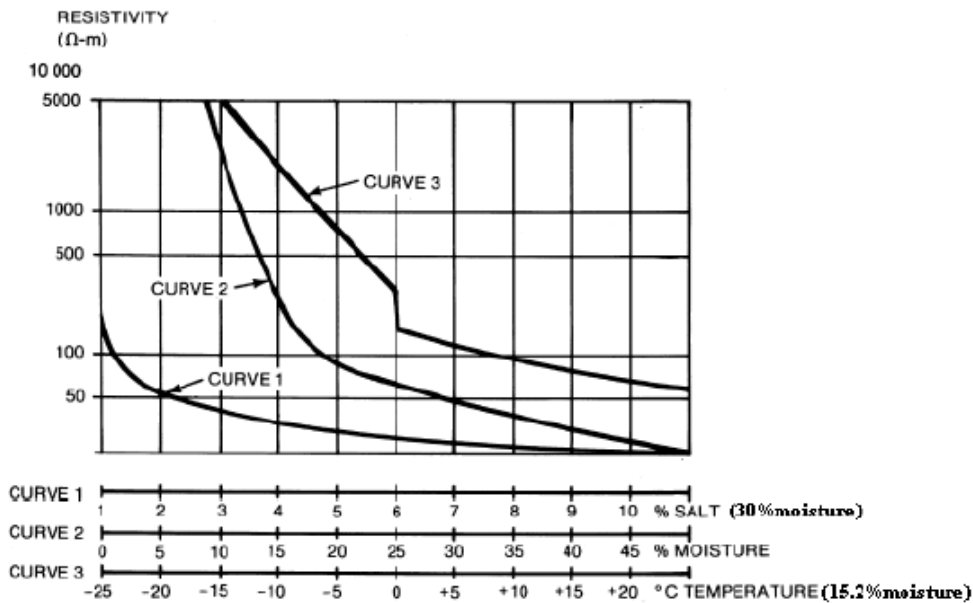
Πίνακας 3.1

3.1.2 Υγρασία

Η αντίσταση μειώνεται αυξανόμενης της υγρασίας του εδάφους. Πρέπει εδώ να επισημάνουμε ότι το έδαφος ξηραίνεται επιφανειακά, αλλά σε βάθος κάτω του μισού μέτρου (0,5 m) διατηρείται συνήθως υγρό, σε όλες τις εποχές του έτους. Έτσι, σε γειωτές ράβδων πασσαλωμένων λαμβάνεται σαν ενεργό μήκος αυτό που είναι κάτω από 0,5 m. Για τον ίδιο λόγο τοποθετούμε τους γειωτές ταινίας σε βάθη μεγαλύτερα από 0,5 m. Στο Διάγραμμα φαίνεται η επίδραση της υγρασίας στην ειδική αντίσταση. Επιπλέον, έχει μετρηθεί ότι η επίδραση της υγρασίας και της θερμοκρασίας στην ειδική αντίσταση του εδάφους είναι μεγαλύτερη σε μικρά βάθη (0,5-1 m). Έτσι, ο γειωτής ράβδου που φτάνει σε μεγάλο βάθος, σε σύγκριση με ένα επιφανειακό γειωτή, παρουσιάζει το πλεονέκτημα της σταθερότητας της αντίστασης κατά τη διάρκεια του έτους.

3.1.3 Θερμοκρασία

Η μεταβολή της ειδικής αντίστασης του εδάφους λόγω της μεταβολής της θερμοκρασίας φθάνει περίπου τα 130% κατά τη διάρκεια του έτους. Από τον Ιανουάριο έως τον Φεβρουάριο είναι υψηλότερη και από τον Ιούλιο έως τον Αύγουστο χαμηλότερη. Η ειδική αντίσταση μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας [21]. Στο Διάγραμμα 3.1 φαίνεται η επίδραση της θερμοκρασίας στην ειδική αντίσταση του εδάφους με υγρασία 15.2%. Παρατηρούμε ότι η επίδραση αυτή γίνεται αρκετά έντονη για θερμοκρασίες υπό του μηδενός.



Διάγραμμα 3.1

3.1.4 Μορφή της τάσης

Σε κρουστικές τάσεις και για γειωτές με μήκος μεγαλύτερο από 10 m, έχει παρατηρηθεί αύξηση της αντίστασης. Σε αρνητικές κρουστικές τάσεις 0,3/30 μs, η αντίσταση θεμελιακού γειωτή ανέρχεται από τα 3 Ω στα 26 Ω. Η άνοδος της αντίστασης γίνεται στο μέτωπο τάσης. Η αντίσταση υπό κρουστικές τάσεις χαρακτηρίζεται και σαν κρουστική αντίσταση.

3.1.5 Ηλεκτρικό ρεύμα

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 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 200A/m² με διάρκεια 1s.

3.2 Μέτρηση ειδικής αντίστασης του εδάφους

Ως ειδική αντίσταση του εδάφους ορίζεται η αντίσταση μεταξύ δύο απέναντι πλευρών ενός μοναδιαίου κύβου αυτού, μετρούμενη σε Ωm. Η αντίσταση αυτή εξαρτάται από :

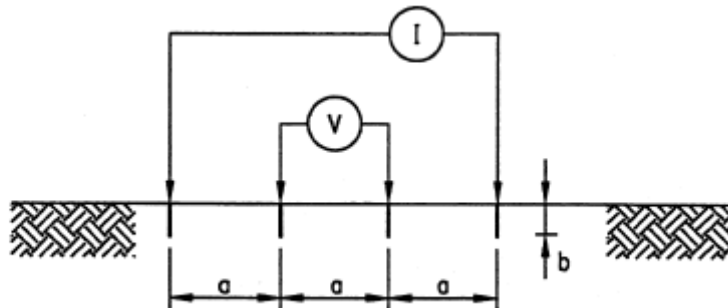
- Τον τύπο του εδάφους
- Τη συγκέντρωση των αλάτων και της χημικής σύνθεσης των διαλυμένων αλάτων στο νερό του εδάφους
- Την υγρασία του εδάφους
- Τη θερμοκρασία
- Την ομοιογένεια του εδάφους
- Το μέγεθος των κόκκων του εδάφους
- Το πόσο συμπιεσμένο είναι το έδαφος

- Το φαινόμενο Corona

Για να μετρηθεί η ειδική αντίσταση δεδομένης τοποθεσίας του εδάφους πραγματοποιούνται μετρήσεις με ειδικό για το σκοπό αυτό όργανο (γειωσόμετρο) που συνήθως είναι σχεδιασμένο να δέχεται 4 βοηθητικά ηλεκτρόδια μέτρησης μήκους 300 ή 500mm, τα οποία μπήγονται στο έδαφος διατεταγμένα σε ευθεία γραμμή διερχόμενη από το σημείο που επιλέγεται για την μέτρηση. Σε θέσεις όπου υπάρχει έντονη υπογία ότι η ειδική αντίσταση του εδάφους μεταβάλλεται με το βάθος οι μετρήσεις πιθανόν να μην είναι επαρκείς σε μόνο μία κατεύθυνση της γραμμής αλλά και σε διαφορετικές κατευθύνσεις. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί ώστε το επιλεγμένο σημείο να βρίσκεται όσο το δυνατόν μακρύτερα από θαμμένα αντικείμενα, κυρίως μεταλλικά. Η θερμοκρασία του εδάφους, η υγρασία που εμπεριέχει και τα άλατα είναι οι τρεις βασικοί παράμετροι που επηρεάζουν στο μεγαλύτερο βαθμό την ειδική αντίσταση του εδάφους. Για τον καθορισμό των στρωμάτων και της ειδικής αντίστασης καθενός έχουν αναπτυχθεί διάφορες μέθοδοι από τις οποίες αναφέρουμε τη μέθοδο **Wenner** και των **τριών ηλεκτροδίων** ή **πτώσης δυναμικού** (*fall - of - potential*).

3.2.1 Μέθοδος Wenner

Η μέθοδος αυτή είναι η πιο συχνά εφαρμοζόμενη. Χρησιμοποιεί τέσσερα ηλεκτρόδια θαμμένα στο έδαφος σε βάθος b , σε ευθεία και σε ίση απόσταση a μεταξύ τους, όπως φαίνεται στην *Εικόνα 3.1*. Η τάση μεταξύ των δύο μεσαίων ηλεκτροδίων μετριέται με βολτόμετρο και διαιρείται με το ρεύμα που διαρρέει τα δύο εξωτερικά ηλεκτρόδια και το οποίο μετριέται με αμπερόμετρο. Το πηλίκο δίνει την αντίσταση R .



Εικόνα 3.1: Μέθοδος Wenner τεσσάρων ηλεκτροδίων

Η ειδική αντίσταση του εδάφους δίνεται από τον τύπο:

$$r = \frac{4\rho aR}{1 + \frac{2a}{\sqrt{a^2 + 4b^2}} - \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}} \quad (3.1)$$

Όπου

- ρ η ειδική αντίσταση εδάφους σε $\Omega \cdot m$
- R η μετρούμενη αντίσταση σε Ω
- a η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών ηλεκτροδίων σε m
- b το βάθος όπου φτάνουν τα ηλεκτρόδια σε m

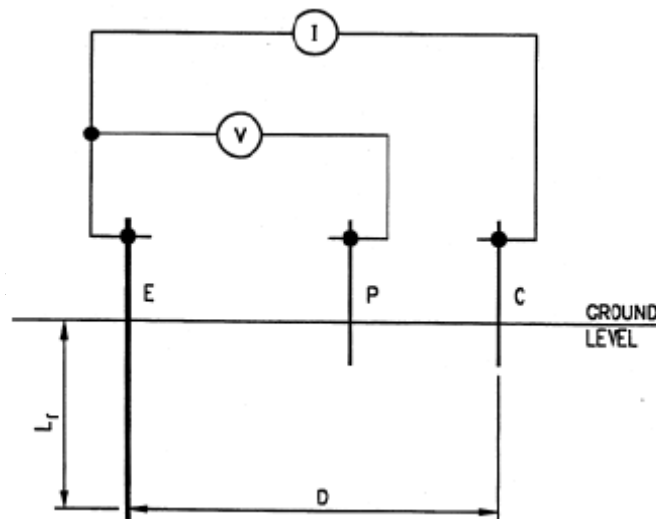
Αν $b \ll a$ η ειδική αντίσταση δίνεται από τον προσεγγιστικό τύπο:

$$\rho = 2\pi a R \quad (3.2)$$

Με τους παραπάνω τύπους υπολογίζουμε την ειδική αντίσταση ρ σε βάθος a σε περιπτώσεις όπου δεν υπάρχουν μεγάλες διαφορές στην ειδική αντίσταση από στρώμα σε στρώμα.

3.2.2 Μέθοδος των τριών ηλεκτροδίων ή πτώσης δυναμικού (fall-of-potential)

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιεί τρία ηλεκτρόδια, εκ των οποίων το ένα είναι θαμμένο σε βάθος L_r , μεταβαλλόμενο. Τα δύο άλλα ηλεκτρόδια, γνωστά ως ηλεκτρόδια αναφοράς, θάβονται σε μικρό βάθος, κατακόρυφα. Η σύνδεσή τους φαίνεται στην Εικόνα 3.2.



Εικόνα 3.2: Μέθοδος τριών ηλεκτροδίων

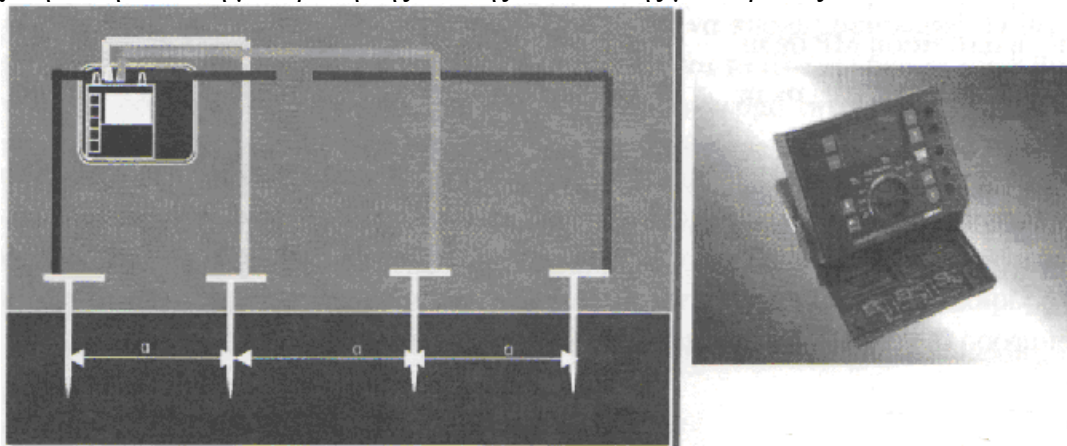
Η ειδική αντίσταση δίνεται από τον τύπο:

$$r = \frac{2\rho L_r R}{\ln\left(\frac{8L_r}{d}\right) - 1} \quad (3.3)$$

Όπου

- ρ η ειδική αντίσταση εδάφους σε $\Omega \cdot m$
- L_r το βάθος του ηλεκτροδίου E σε m
- d η διάμετρος του σε m
- R η μετρούμενη μέσω των οργάνων αντίσταση σε Ω

Η σχέση αυτή δίνει τη μεταβολή της ειδικής αντίστασης με το βάθος.



Εικόνα 3.3: Ψηφιακό όργανο μέτρησης της ειδικής αντίστασης

3.2.3 Σύγκριση μεθόδων μέτρησης της ειδικής αντίστασης

Η μέθοδος Wenner είναι η πιο δημοφιλής μέθοδος μέτρησης της ειδικής αντίστασης. Αυτό οφείλεται στην απλότητα της εφαρμογής της και του εξοπλισμού καθώς και στο γεγονός ότι δίνει τιμές της ειδικής αντίστασης σε στρώματα μεγάλου βάθους χωρίς την οδήγηση ηλεκτροδίων σε τέτοιο βάθος. Επιπλέον, οι μετρήσεις δεν επηρεάζονται σημαντικά από τις αντιστάσεις των ηλεκτροδίων. Ένα πλεονέκτημα της μεθόδου των τριών ηλεκτροδίων είναι ο προσδιορισμός του

βάθους όπου μπορεί να οδηγηθεί το ηλεκτρόδιο. Αυτό καθορίζει το εάν και με ποιον τρόπο είναι δυνατή η εγκατάσταση πλέγματος γείωσης σε αυτό το βάθος. Παρά το πλεονέκτημα αυτό, τεχνικής φύσεως, η εν λόγω μέθοδος αδυνατεί να εφαρμοστεί σε βραχώδη εδάφη και παρουσιάζει σφάλμα στις μετρήσεις της ειδικής αντίστασης όταν το ηλεκτρόδιο οδηγείται σε μεγάλο βάθος. Αυτό οφείλεται στην απώλεια επαφής του ηλεκτροδίου με το έδαφος εξαιτίας δονήσεων και μεγαλύτερης διαμέτρου συνδέσεων που οδηγούν σε μετρήσεις μεγαλύτερες του πραγματικού και επακόλουθα σε εγκατάσταση υπερεκτιμημένης γείωσης. Γενικά, στην εφαρμογή μεθόδου μέτρησης της ειδικής αντίστασης εδάφους πρέπει να καταγράφονται εκτός από τις μετρήσεις η θερμοκρασία και η υγρασία του εδάφους. Πρέπει επίσης να λαμβάνονται υπόψη οποιαδήποτε αγώγιμα αντικείμενα είναι θαμμένα στην περιοχή της μέτρησης, καθώς αυτά επηρεάζουν τη μετρούμενη ένταση ηλεκτρικού ρεύματος.

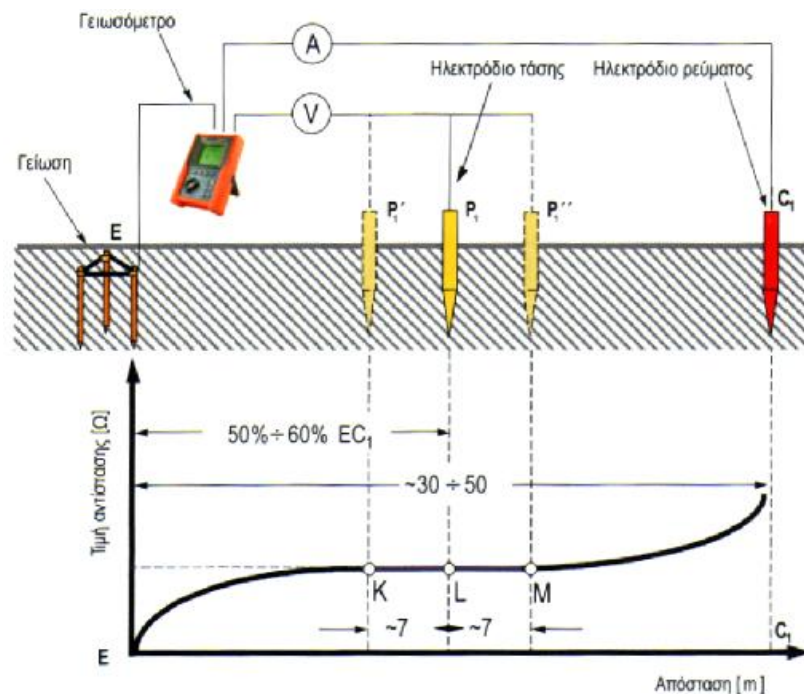
Συγκεκριμένα στην περίπτωση όπου πλέγμα γείωσης έχει ήδη εγκατασταθεί στην περιοχή, οι μετρήσεις ενδείκνυται να γίνονται σε μικρή απόσταση από το πλέγμα και με τέτοιο τρόπο (απόσταση μεταξύ των ηλεκτροδίων) ώστε το πλέγμα να μην επιδρά στο μετρούμενο ηλεκτρικό ρεύμα. Οι μετρήσεις αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν προσεγγιστικά για τον προσδιορισμό της ειδικής αντίστασης στην περιοχή του πλέγματος με την προϋπόθεση ότι το έδαφος θεωρείται ομογενές.

3.2.4 Μέτρηση της τιμής της αντίστασης γείωσης

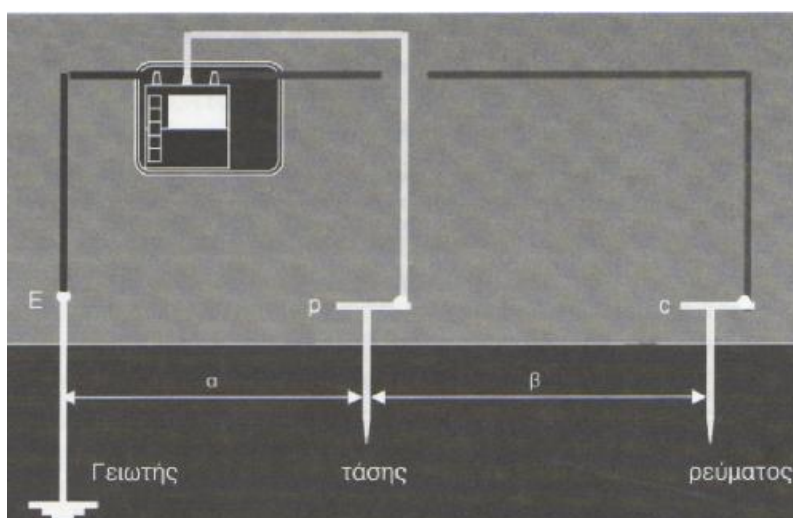
Ως αντίσταση γείωσης για ένα ηλεκτρόδιο ή σύστημα γείωσης ορίζεται η αντίσταση ως προς την άπειρη γη. Άπειρη γη είναι ένα σημείο στην επιφάνεια του εδάφους σε άπειρη απόσταση από το γειωτή όπου θεωρείται ότι το δυναμικό κατά την έγχυση του ρεύματος στο γειωτή είναι μηδέν. Στην πράξη, αυτή η απόσταση είναι περίπου 5-10 φορές της

μεγαλύτερης διάστασης του γειωτή. Για παράδειγμα, για έναν γειωτή μήκους 1,6m μήκος το δυναμικό μηδενίζεται σε απόσταση από την ράβδο περίπου στα 16 μέτρα.

Ωστόσο βασική παράμετρος είναι η ειδική αντίσταση του εδάφους. Η παραπάνω απόσταση μεγαλώνει ανάλογα με την αύξηση της ειδικής αντίστασης του εδάφους. Στον υπολογισμό της τιμής της αντίστασης της γείωσης, οι παράμετροι οι οποίες υπεισέρχονται είναι τόσες πολλές που προκειμένου να γνωρίζουμε ακριβώς την τιμή της, επιβάλλεται η μέτρηση της με το κατάλληλο όργανο. Πολλές φορές επίσης η άγνοια του σωστού τρόπου τοποθέτησης του γειωτή, επιφέρει μεγάλη απόκλιση μεταξύ της υπολογιζόμενης τιμής και της μετρούμενης τιμής της, έχοντας έτσι και οικονομική αστοχία. Το κατάλληλο όργανο για την συγκεκριμένη μέτρηση είναι το **γειωσόμετρο**. Το γειωσόμετρο φέρει 3 ακροδέκτες. Σε έναν εκ των τριών (ακροδέκτης E) συνδέουμε την προς μέτρηση γείωση. Στους άλλους δύο ακροδέκτες συνδέουμε είτε βοηθητικούς πασσάλους (βοηθητικά ηλεκτρόδια), είτε τσιμπίδα μέτρησης. Υπάρχουν δύο είδη γειώσεων, οι σημειακές π.χ. ραβδοειδής γειωτής, και οι εκτεταμένες γειώσεις π.χ. πολυγωνική, περιμετρική, θεμελιακή κ.λ.π.



Εικόνα 3.4: Διάταξη μέτρησης σημειακής γείωσης



Εικόνα 3.5: Μέτρηση αντίστασης γείωσης



(α)



(β)

Εικόνα 3.6: α) Αναλογικό όργανο μέτρησης γείωσης, β) ψηφιακό όργανο μέτρησης γείωσης

3.2.4.1 Μέτρηση γείωσης με την χρήση τσιμπίδας

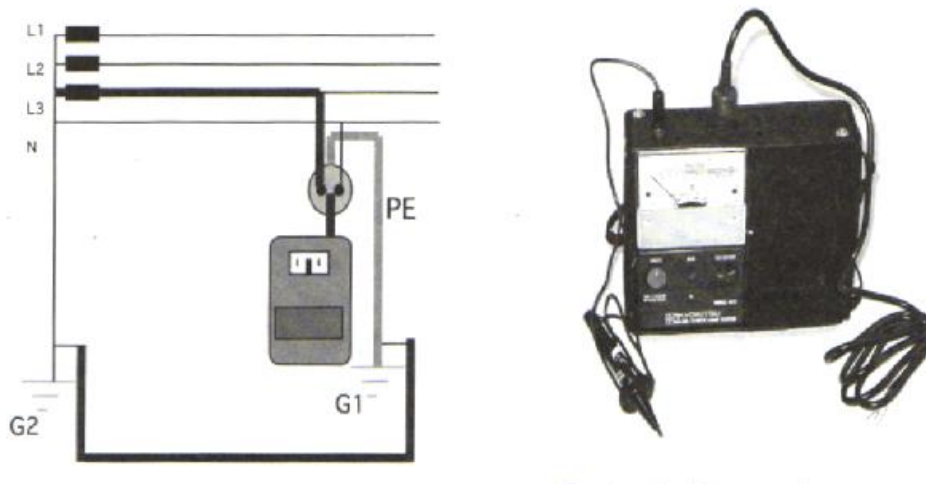
Ένας εναλλακτικός τρόπος μέτρησης της τιμής της αντίστασης της γείωσης, είναι η μέτρηση με τη βοήθεια όχι βοηθητικών ηλεκτροδίων αλλά με την τσιμπίδα. Η προϋπόθεση για να μπορέσει να γίνει η μέτρηση είναι να υπάρχει βρόχος. Μέσω της τσιμπίδας εξ επαγωγής δημιουργείται ρεύμα σε έναν από τους αγωγούς του βρόχου που είναι ανάλογο της αντίστασης του βρόχου. Το όργανο έχοντας σταθερή τάση δείχνει αυτόματα την τιμή της αντίστασης της γείωσης που στην ουσία είναι το πηλίκο της τάσης της πηγής προς το ρεύμα που περνάει από το βρόχο και που εξαρτάται από την αντίστασή του. Ο συγκεκριμένος τρόπος μέτρησης έχει το πλεονέκτημα να μετρά την τιμή της αντίστασης δίχως να απαιτείται διαθέσιμος χώρος για την έμπηξη των βοηθητικών πασσάλων και φυσικά δίχως την χρήση καλωδίων.

3.2.4.2 Μέτρηση αντίστασης βρόχου φάσεως – γης

Η αντίσταση βρόχου – γης, κυρίως σε μεγάλες εγκαταστάσεις πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη, διότι η αντίσταση γείωσης του κτιρίου αυξάνεται σημαντικά λόγω της μεγάλης απόστασης των μηχανημάτων από τον πίνακα παροχής ηλεκτρικής ενέργειας. Οι κανονισμοί

των Κ.Ε.Η.Ε ορίζουν την μέθοδο για την συγκεκριμένη μέτρηση. Επειδή ωστόσο είναι πολύπλοκη, εναλλακτικά προτείνουν τη μέτρηση με ειδικό όργανο το οποίο καθορίζει και την ονομαστική ένταση του φυσιγγίου της ασφάλειας το οποίο θα τηχθεί σε χρόνο μικρότερο των 5sec σε περίπτωση βραχυκυκλώματος φάσης προς γη.

Το όργανο μέτρησης βρόχου μετράει την αντίσταση του βρόχου που είναι το άθροισμα των αντιστάσεων του πηνίου του Μ/Σ, του αγωγού φάσης και του αγωγού γείωσης σε μια πρίζα της ηλεκτρικής εγκατάστασης. Με τη χρήση εξωτερικού probe μπορούμε να πραγματοποιήσουμε τη μέτρηση ακουμπώντας το στο ηλεκτρόδιο ή σε οποιοδήποτε εκτεθειμένο μεταλλικό μέρος των εγκαταστημένων μηχανημάτων. Η μέτρηση της αντίστασης μόνωσης κάθε ενεργού αγωγού και γης γίνεται με ειδικό όργανο, το “μεγγόμετρο”, όπου για ονομαστική τάση κυκλώματος έως 500V πρέπει να έχουμε τάση δοκιμής 500V, ρεύμα συνεχές 1mA και να έχουμε ελάχιστη αντίσταση μόνωσης 0,5ΜΩ.



Εικόνα 3.7: Όργανο μέτρησης αντίστασης βρόχου φάσεως-γης

3.2.5 Τύποι υπολογισμού τιμής της αντίστασης γείωσης

Η τιμή της αντίστασης γείωσης διαφόρων γειωτών μπορεί να υπολογισθεί χρησιμοποιώντας τους τύπους του πίνακα 3.2.

ΜΟΡΦΗ ΓΕΙΩΣΗΣ	ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ	ΕΜΠΕΙΡΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ	ΒΟΗΘΗΤΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ
Επίπεδος γειωτής	$R_A = \frac{re}{2pL} \ln \frac{2L}{d}$	$R_A \approx \frac{2re}{L}$	
Ραβδοειδής γειωτής	$R_A = \frac{re}{2pL} \ln \frac{2L}{d}$	$R_A \approx \frac{re}{L}$	

Δακτυλιοειδής γειωτής	$R_A = \frac{re}{p^2 D} \ln \frac{2pD}{d}$	$R_A \approx \frac{2re}{3D}$	$D = 1.13\sqrt{A^{**}}$
Πλακοειδής γειωτής	$R_A = \frac{re}{4pL} \ln \left(\frac{4L}{d} + 2.5 \right)$	$R_A \approx \frac{2re}{4,5\sqrt{a,b}}$	
Βροχοειδής γειωτής	$R_A = \frac{re}{4pL} \ln \left(\frac{4L}{d} + 2.5 \right)$	$R_A \approx \frac{2re}{2D}$	$D = 1.13\sqrt{A^{**}}$
Θεμελιακή γείωση ή ημισφαιρικός γειωτής	$R_A = \frac{re^*}{pD}$	$R_A \approx \frac{re}{pD}$	$D = 1.57\sqrt[3]{A}$

Πίνακας 3.2

Όπου :

R_A Αντίσταση γειώσεως (Ω)

ρ_ε Ειδική αντίσταση γειώσεως (Ωm)

L Μήκος γειωτή (m)

D Διάμετρος δακτυλιοειδή γειωτή ή διάμετρος της ισοδυναμικής κυκλικής επιφάνειας ενός ακτινωτού γειωτή ή διάμετρος ενός ημισφαιρικού γειωτή (m)

A Εμβαδόν επιφάνειας που περιβάλλεται από ένα δακτυλιοειδή ή βραχοειδή γειωτή (m²)

A,b Τα μήκη ακμών ενός πλακοειδή γειωτή (m)

V Όγκος ενός μεμονωμένου θεμελίου (m³)

d Το ήμισυ του πλάτους της ταινίας ή διάμετρος του κυκλικού αγωγού(m)

* Μαθηματικός τύπος ημισφαιρικού γειωτή

$$** D = \sqrt[3]{\frac{A * 4}{p}}$$

3.2.6 Υπολογισμός αντίστασης ομάδων ραβδοειδών γειωτών

Στην πράξη συμβαίνει, είτε λόγω του κόστους των επιφανειακών γειωτών(γειωτές ταινίας ή κυκλικής διατομής που τοποθετούνται οριζόντια) είτε λόγω της μη δυνατής εγκατάστασης

ενός ραβδοειδούς γειωτή στο απαιτούμενο βάθος, να καταφεύγουμε σε συνδυασμούς ομάδων ραβδοειδών γειωτών. Η ολική αντίσταση ομάδων ραβδοειδών γειωτών (R_g) είναι :

$$R_g = \frac{R_A}{q} \quad (3.4)$$

Όπου

d η απόσταση μεταξύ των γειωτών

n αριθμός γειωτών

q παράμετρος παράλληλων συνδεδεμένων γειωτών

Ακολουθεί παράδειγμα υπολογισμού της αντίστασης ομάδων ραβδοειδών γειωτών.

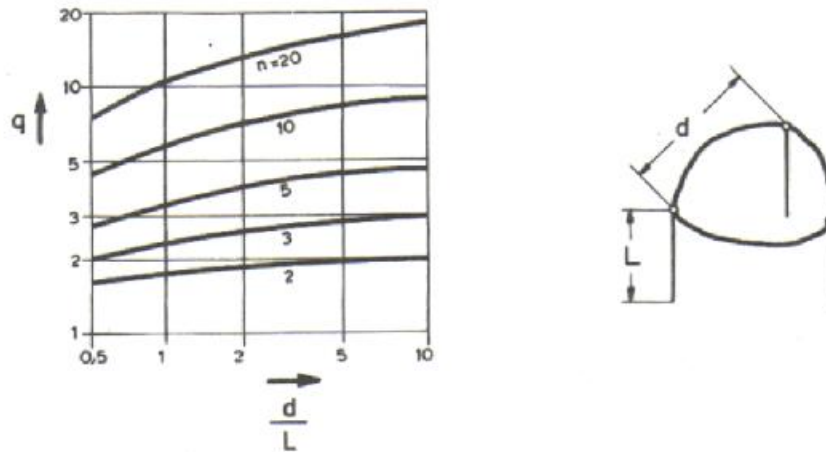
3.2.7 Παράδειγμα

Σύμφωνα με τον εμπειρικό τύπο του παραπάνω πίνακα για έδαφος με ειδική αντίσταση **200Ωm** για ένα ραβδοειδή γειωτή μήκους **L= 1.5m** υπολογίζουμε τη τιμή της αντίστασης γείωσης σε **$R_A=133.33 \Omega$** . Έστω d=2m η απόσταση μεταξύ των ραβδοειδών γειωτών στην περίπτωση που τοποθετηθούν περισσότεροι του ενός.

Υπολογίζουμε την σχέση
$$\frac{d}{L} = \frac{2}{1.5} = 1.33. \quad (3.4)$$

Από το διάγραμμα 3.2 προκύπτει ότι εάν τοποθετηθούν για παράδειγμα n=10 γειωτές η τιμή της αντίστασης που θα επιτευχθεί δίδεται από την σχέση

$$R_g = \frac{R_A}{q} = \frac{133.33}{6} = 22\Omega. \quad (3.5)$$



Διάγραμμα 3.2 - Εικόνα 3.8: Παράλληλα συνδεδεμένοι ραβδοειδής γειωτές

Στην περίπτωση που αυξήσουμε την απόσταση μεταξύ των γειωτών σε **d=10m**, η τιμή της αντίστασης γείωσης που θα επιτύχουμε με τον ίδιο αριθμό γειωτών θα είναι περίπου **14Ω**. Από τις καμπύλες του διαγράμματος παρατηρούμε ότι από ένα σημείο και μετά όσο και αν αυξήσουμε την απόσταση μεταξύ των γειωτών (διατηρώντας σταθερό των αριθμό αυτών), δεν μειώνεται άλλο η τιμή της επιτυγχανόμενης αντίστασης, συνεπώς επέρχεται κορεσμός.

Στην περίπτωση τώρα που τοποθετήσουμε **n=20** γειωτές η τιμή της αντίστασης θα είναι περίπου **11Ω** κατά την τοποθέτησης μεταξύ τους σε απόσταση **d=2m** και περίπου **8Ω** για **d=10m** αντίστοιχα.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Ο αριθμός των γειωτών σε συνάρτηση με την τιμή της αντίστασης της γείωσης που επιθυμούμε να επιτύχουμε είναι ένα τεχνοοικονομικό πρόβλημα εφόσον πέρα των άλλων υπεισέρχεται και η παράμετρος του διαθέσιμου χώρου.

Παράδειγμα υπολογισμού της τιμής της αντίστασης γείωσης κατά την χρήση θεμελιακού γειωτή (θεμελιακή γείωση) και σύγκριση αυτής με την επιταχυνόμενη τιμή της αντίστασης γείωσης κατά την χρήση ραβδοειδή γειωτή.

Το αριθμητικό συγκριτικό παράδειγμα που ακολουθεί θα βοηθήσει στην κατανόηση του τρόπου υπολογισμού της τιμής αντίστασης της θεμελιακής γείωσης.

Έστω ότι θέλουμε να υπολογίσουμε την τιμή της αντίστασης της γείωσης ενός θεμελιακού γειωτή σε μία θεμελίωση με διαστάσεις για παράδειγμα 12m*18m, όπου το έδαφος παρουσιάζει ειδική αντίσταση **$\rho_e=100\Omega\text{m}$** .

Η τιμή της αντίστασης της γείωσης του θεμελιακού γειωτή σύμφωνα με τον πίνακα υπολογίζεται από τον παρακάτω προσεγγιστικό τύπο

$$R_A \approx \frac{\rho_e}{\rho D}, \quad \text{όπου} \quad D = 1.57^3 \sqrt{A}$$

Εάν **A = 12*18 = 216m²**, τότε $D = 1.57^3 \sqrt{216\text{m}^2} = 9.42\text{m}$

Ολοκληρώνοντας τον υπολογισμό:

$$R_A = \frac{100}{3,14 * 9,42} \cong 3,4\Omega$$

Έτσι η τιμή της αντίστασης της θεμελιακής γείωσης υπολογίζεται περίπου 3,4Ω. Ας προσπαθήσουμε να επιτύχουμε την ίδια τιμή της αντίστασης γείωσης των 3,4Ω κάνοντας χρήση άλλων τύπων γειωτών. Ας επιλέξουμε τον ραβδοειδή γειωτή.

Σύμφωνα με το προηγούμενο παράδειγμα που αναφερόταν σε ραβδοειδή γειωτή θα ισχύουν τα παρακάτω:

$$R_A \approx \frac{r_e}{L}, \quad L \approx \frac{r_e}{R_A}, \quad \text{όπου } L \text{ το μήκος του γειωτή}$$

Για την επιθυμητή τιμή αντίστασης των 3,4Ω προκύπτει:

$$L \approx \frac{100}{3.4} \cong 30m$$

Δηλαδή, για να εξασφαλίσουμε την επιθυμητή τιμή των **3,4Ω** περίπου, θα πρέπει να εγκαταστήσουμε έναν ραβδοειδή γειωτή μήκους περίπου **30m**. Επειδή αυτό δεν είναι εφικτό θα προσπαθήσουμε να τοποθετήσουμε περισσότερους ραβδοειδής με μήκος των **1,5m** αντίστοιχα συνδέοντάς τους σε πολυγωνική μορφή.

Για **n= 20** ραβδοειδής γειωτές μήκους **L=1,5m** ο καθένας και σύνδεση μεταξύ τους σε απόσταση **d= 3m** η επιτυγχανόμενη τιμή της αντίστασης γείωσης θα είναι **R_g=4,4Ω**, ενώ για σύνδεση μεταξύ τους σε απόσταση **d=15m** θα είναι **R_g=3,5Ω**.

Πράγματι η περίπτωση πολλών μικρότερων ραβδοειδών γειωτών απαιτεί μεγάλη επιπλέον επιφάνεια παραπλεύρως του κτιρίου αδύνατο να επιτευχθεί στην πράξη.

Από τα παραπάνω αποτελέσματα γίνεται αντιληπτό το πλεονέκτημα της θεμελιακής γείωσης ως προς το κόστος (υλικών και εργατικών).

3.2.8 Συγκριτικά αποτελέσματα των παραπάνω παραδειγμάτων

Στο πίνακα 3.3 δίδονται τα συνοπτικά αποτελέσματα απαιτούμενων γειωτών για την επίτευξη αντίστασης γείωσης περίπου 3,4Ω. σε ειδική αντίσταση εδάφους 100Ωm.

Είδος γείωσης	Απαιτούμενοι γειωτές	Τιμή αντίστασης γείωσης που επιτυγχάνεται
Θεμελιακή γείωση	60 m ταινία	3,4 Ω
Ραβδοειδής γείωση	20 ράβδοι σε απόσταση d=15 m ένας από τον άλλον	3,4 Ω

Πίνακας 3.3

ΠΡΟΣΟΧΗ !!!

Στα παραπάνω παραδείγματα οι τιμές της αντίστασης γείωσης που υπολογίζονται είναι θεωρητικές. Στην πράξη οι επιτυγχάνόμενες τιμές γείωσης είναι συνήθως μεγαλύτερες ή διαφέρουν. Για να τείνει η τιμή της αντίστασης γείωσης που θα επιτύχουμε να προσεγγίζει την αντίστοιχη υπολογισθείσα, θα πρέπει ο γειωτής ή οι γειωτές να έρχονται σε επαφή με το έδαφος με τον καλύτερο δυνατό τρόπο. Για τον λόγο αυτό συνίσταται η προσθήκη **βελτιωτικού**. Επίσης θα πρέπει να τηρούνται οι πρόπουσες αποστάσεις μεταξύ των γειωτών ώστε να θεωρούνται “ανεξάρτητοι μεταξύ τους.”

3.2.9 Βελτιωτικά υλικά γειώσεων

Πολλές φορές για την επίτευξη μεγαλύτερης αγωγιμότητας του εδάφους κατά την επίτευξη ενός συστήματος γείωσης είναι απαραίτητη η χρήση βελτιωτικού υλικού. Οι λόγοι που οδηγούν στη χρήση του είναι :

- 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

Στην πράξη χρησιμοποιούνται πολλές φορές διάφορα υλικά που ενώ βελτιώνουν πρόσκαιρα την τιμή της αντίστασης γείωσης, με την πάροδο του χρόνου προκαλούν τελείως αντίθετα αποτελέσματα από τα επιθυμητά. Π.χ. η χρήση NaCl (χονδρό αλάτι) προς συγκράτηση υγρασίας διαβρώνει το ηλεκτρόδιο αυξάνοντας την αντίσταση διάχυσης, δηλαδή τη δυσκολία με την οποία διαχέεται το ρεύμα σφάλματος προς την γη. Το βρόχινο νερό που θα διαπεράσει το έδαφος θα παρασύρει το αλάτι με αποτέλεσμα μετά από ένα χρονικό διάστημα να μην υφίσταται πια. Επίσης η χρήση ρινισμάτων σιδήρου λόγω οξείδωσης των, προκαλεί με την πάροδο του χρόνου επίσης αρνητικά αποτελέσματα.

3.2.9.1 Τρόπος βελτίωσης της αγωγιμότητας του εδάφους - TERRAFILL

Το Terrafill είναι ένα βελτιωτικό υλικό που επιτυγχάνει τη βελτίωση της αγωγιμότητας του εδάφους. Προκειμένου να γίνει κατανοητή η μέθοδος βελτίωσης της γείωσης με το βελτιωτικό Terrafill αξίζει να επισημανθούν τα εξής :

- Η αντίσταση του εδάφους είναι το άθροισμα της συνεισφοράς των διαφόρων στρωμάτων εκ των οποίων το πρώτο διαδραματίζει και το σπουδαιότερο λόγο.
- Η αντίσταση του πρώτου στρώματος του εδάφους που έρχεται σε επαφή με το γειωτή είναι μεγαλύτερη εκείνης του αμέσως επόμενου στρώματος.
- Η αντίσταση γείωσης μικραίνει με την ελάττωση της ειδικής αντίστασης του στρώματος του εδάφους που έρχεται σε άμεση επαφή με το γειωτή.

Το TERRAFILL πετυχαίνει τη βελτίωση της αγωγιμότητας του εδάφους εκεί όπου η ειδική αντίσταση του είναι πολύ μεγάλη και οι απαιτήσεις για χαμηλή αντίσταση διαχύσεως είναι πολύ υψηλές. Το TERRAFILL αποτελείται από μία ουδέτερη ουσία αναμεμειγμένη με νερό. Λόγω της πολύ χαμηλής ειδικής αντίστασής του, που οφείλεται κυρίως στην ηλεκτρολυτική διεργασία του νερού και των ορυκτών αλάτων , τα οποία ιονιζόμενα σχηματίζουν έναν ισχυρό ηλεκτρολύτη. Το δε PH του κυμαίνεται μεταξύ 8 έως 10 γεγονός που του επιτρέπει να συμπεριφέρεται ουδέτερα και όχι όξινα ώστε να υπάρχει κίνδυνος της διάβρωσης του ηλεκτροδίου. Επιπλέον, ο ηλεκτρολύτης αυτός δεν απορροφάται αφού γίνεται μέρος του περιβάλλοντος εδάφους, αντιθέτως προσκολλάται σε οποιαδήποτε επιφάνεια εδάφους που το περιβάλλει πετυχαίνοντας έτσι τέλεια ηλεκτρική επαφή του γειωτή με αυτό. Εάν εκτεθεί άμεσα στην ακτινοβολία του ήλιου, τείνει να αυτοπροστατευθεί, εμποδίζοντας την εξάτμιση του περιεχόμενου νερού να προχωρήσει πέρα από την επιφάνεια του, σχηματίζοντας μία αδιαπέραστη μεμβράνη μερικών χιλιοστών, 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 από μακρά περίοδο ξηρασίας φθάνει μέχρι και 600% του όγκου του ενώ παράλληλα μειώνει την τιμή της αντίστασης της γείωσης.



Εικόνα 3.9: Γειωτής «Ε» με βελτιωτικό TERRAFILL

3.2.9.2 Τρόπος χρήσης του TERRAFILL

Το TERRAFILL, χρησιμοποιείται σε κάθε τύπο γειωτή και κατ' επέκταση σε κάθε σύστημα γείωσης. Είναι απλό στη χρήση του μιας και διατίθεται σε μορφή πολτού ο οποίος ρέει εύκολα γεμίζοντας τις οπές που τοποθετούνται οι ραβδοειδής γειωτές. Συνίσταται οι οπές που θα τοποθετηθούν οι ράβδοι – γειωτές να έχουν διάμετρο τουλάχιστον 50mm. Αυξάνοντας την διάμετρο της οπής μέχρι 100mm η αντίσταση της αντίστασης διάβασης της γείωσης είναι σημαντική. Εάν ο γειωτής είναι μορφής πλάκας ή ταινίας ή τύπου 'Ε', θα πρέπει να αναμιχθεί με δομική άμμο σε αναλογία 70% άμμος και 30% TERRAFILL (σε

αναλογία όγκου), πριν χρησιμοποιηθεί για την κάλυψη του γειωτή. Η κάλυψη του γειωτή θα πρέπει να γίνει με το μείγμα αυτό υπερκαλύπτοντάς τον τουλάχιστον κατά 10cm, απαραίτητο για προστασία από διάβρωση.

3.2.10 Επιθεώρηση-Συντήρηση

Η επιθεώρηση, η προληπτική και διορθωτική συντήρηση βοηθούν :

- ✓ Στη διατήρηση της καλής λειτουργίας του εξοπλισμού – συστήματος.
- ✓ Στην ελαχιστοποίηση της εκτός λειτουργίας παραμονής του εξοπλισμού – συστήματος.
- ✓ Στην αύξηση της αξιοπιστίας και της διαθεσιμότητας του εξοπλισμού – συστήματος με το μικρότερο κόστος.

Ως **αξιοπιστία** ορίζεται η πιθανότητα με την οποία ο εξοπλισμός ή το σύστημα θα εκτελούν επαρκώς τη λειτουργία για την οποία σχεδιάστηκαν για την προδιαγεγραμμένη χρονική περίοδο και τις επικρατούσες λειτουργικές συνθήκες. Το κόστος και η μέθοδος συντήρησης πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τον σχεδιασμό του εξοπλισμού – συστήματος. Δεν μπορεί η συντήρηση να αντισταθμίσει, είτε τον κακό σχεδιασμό, είτε την κακή ποιότητα των υλικών, είτε την κακή χρήση καλών υλικών.

Σχεδίαση Συστημάτων Γείωσης

Ο σχεδιασμός ενός αποτελεσματικού συστήματος γείωσης έχει ως στόχο:

- Ø Να παρέχει δίοδο στο ηλεκτρικό ρεύμα προς τη γη σε κανονικές και συνθήκες σφάλματος χωρίς να προκαλεί υπέρβαση των ορίων λειτουργίας του εξοπλισμού του υποσταθμού.
- Ø Να εξασφαλίζει ότι ένας άνθρωπος στην περιοχή της γείωσης δεν εκτίθεται στον κίνδυνο ηλεκτροπληξίας.

Σχετικά με τη δεύτερη προϋπόθεση που καθιστά ένα σύστημα γείωσης αποτελεσματικό, επισημαίνουμε τους παράγοντες που επιφέρουν ηλεκτροπληξία:

- i. Μεγάλο ρεύμα σφάλματος προς γη σε σχέση με το σύστημα γείωσης και την αντίστασή του προς άπειρη γη.
- ii. Αντίσταση εδάφους τέτοια που η ροή του ρεύματος να δημιουργεί μεγάλες τάσεις στην επιφάνεια.
- iii. Ύπαρξη ανθρώπου στην επιφάνεια με τρόπο τέτοιο που το σώμα του να βρίσκεται υπό υψηλή διαφορά δυναμικού.
- iv. Απουσία αντίστασης σε επαφή με το σώμα που στις παραπάνω περιπτώσεις μειώνει το διαρρέον ηλεκτρικό ρεύμα.
- v. Διάρκεια ροής ηλεκτρικού ρεύματος μέσω του ανθρωπίνου σώματος τέτοια που να προκαλεί σωματική βλάβη ή θάνατο.

4.1 Διαδικασία Σχεδιασμού Συστήματος Γείωσης

Αποτελείται από τα εξής βήματα:

- a. Συλλογή πληροφοριών για την περιοχή όπου θα γίνει η εγκατάσταση. Μετρήσεις της ειδικής αντίστασης του εδάφους, όπως περιγράφεται στο *Κεφάλαιο 3* και ανάλογη επιλογή του μοντέλου εδάφους που θα χρησιμοποιηθεί στο σχεδιασμό (ομοιογενές, διστρωματικό κλπ).
- b. Προσδιορισμός των γεωμετρικών χαρακτηριστικών του αγωγού, θεωρώντας ως ρεύμα σφάλματος $3I_0$ το μεγαλύτερο αναμενόμενο ρεύμα σφάλματος και χρόνο t_c το μέγιστο πιθανό χρόνο απόσβεσης.
- c. Έλεγχος της τάσης επαφής και της βηματικής τάσης ως προς τα επιτρεπτά όρια. Επιλογή του χρόνου έκθεσης στο σφάλμα, t_s .
- d. Ένα πρόχειρο σχέδιο πρέπει να περιλαμβάνει έναν αγωγίμο βρόχο που περικλείει ολόκληρη την περιοχή προς γείωση καθώς και τους απαραίτητους συνδέσμους της γείωσης με τις συσκευές του υποσταθμού. Η εκτίμηση των αποστάσεων μεταξύ των αγωγών γείωσης και της θέσης των ράβδων γείωσης πρέπει να γίνει βάσει της τιμής του μέγιστου ρεύματος γείωσης, I_G .
- e. Εκτίμηση της αντίστασης γείωσης, για ομοιογενές έδαφος αρχικά και υπολογισμός της με μεγαλύτερη ακρίβεια στη συνέχεια, δεδομένου του μοντέλου εδάφους και με τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή.
- f. Για το τελικό σχέδιο του συστήματος γείωσης το ρεύμα I_G πρέπει να υπολογιστεί βάσει της πιθανής επέκτασης του υποσταθμού στο μέλλον, του συντελεστή εξασθένησης D_f και του μέγιστου αναμενόμενου μελλοντικά ρεύματος σφάλματος το οποίο διέρχεται από το σύστημα γείωσης προς την άπειρη γη. Αυτό σημαίνει ότι πρέπει να ληφθεί υπόψη και η κατανομή του ρεύματος σφάλματος, ώστε η υλοποίηση να μην είναι υπερεκτιμημένη.
- g. Αν στο πρόχειρο σχέδιο η τιμή της GPR είναι μικρότερη του επιτρεπτού ορίου για την τάση επαφής, περαιτέρω ανάλυση δεν είναι απαραίτητη. Ακολουθεί η προσθήκη επιπλέον αγωγών για τη σύνδεση των διαφόρων συσκευών του υποσταθμού με τη γείωση.
- h. Υπολογισμός της τάσης βρόχου και της βηματικής τάσης. Αν οι τιμές των τάσεων αυτών είναι μικρότερες των επιτρεπτών ορίων η σχεδίαση προχωρά στο βήμα 9, αλλιώς στο βήμα 10.
- i. Αν οι τάσεις επαφής και βηματική είναι μικρότερες των επιτρεπτών ορίων, η ολοκλήρωση της σχεδίασης απαιτεί μόνο την προσθήκη συνδέσεων των συσκευών του υποσταθμού στο σύστημα γείωσης.
- j. Αν οι τάσεις επαφής και βηματική ξεπερνούν τα επιτρεπτά όρια, απαιτείται αναθεώρηση της σχεδίασης, που μπορεί να περιλαμβάνει επιπρόσθετες ράβδους γείωσης, μείωση της απόστασης μεταξύ των αγωγών του πλέγματος γείωσης κλπ.
- k. Ακόμα και όταν επιτευχθούν οι κατάλληλες τάσεις επαφής και βηματική, μπορεί να χρειάζεται η προσθήκη επιπλέον ράβδων γείωσης και αγωγών στο πλέγμα. Οι αγωγοί αυτοί είναι απαραίτητοι στην περίπτωση όπου το πλέγμα είναι σε μεγάλη απόσταση από τις συσκευές του υποσταθμού και είναι δύσκολη η σύνδεσή τους με αυτό. Οι ράβδοι γείωσης μπορεί να είναι αναγκαίοι στη βάση αλεξικέραυνων, στη γείωση των ουδετέρων μετασχηματιστών κλπ. Για το τελικό σχέδιο πρέπει να ληφθεί επίσης υπόψη η τάση από μεταφορά μέσω πχ εναέριων γραμμών.

4.2 Ανάλυση της Διαδικασίας Σχεδιασμού Συστήματος Γείωσης

4.2.1 Επιλογή μοντέλου εδάφους

Η επιλογή του κατάλληλου μοντέλου εδάφους με βάση τις μετρήσεις της ειδικής αντίστασης (οι μέθοδοι μέτρησης περιγράφονται στο Κεφάλαιο 3) είναι από τα δυσκολότερα μέρη της μελέτης. Στόχος είναι η προσέγγιση του εδάφους με ένα ή περισσότερα στρώματα, ώστε η απόκλιση της ειδικής αντίστασης σε κάθε σημείο του μοντέλου εδάφους από τις πειραματικές μετρήσεις να είναι η ελάχιστη. Τα πιο διαδεδομένα μοντέλα εδάφους είναι το ομοιογενές και το διστρωματικό. Το πολυστρωματικό μοντέλο χρησιμοποιείται στην περίπτωση όπου η διακύμανση της ειδικής αντίστασης συναρτήσει του βάθους παρουσιάζει μέγιστα και ελάχιστα. Το μοντέλο ομοιογενούς εδάφους χρησιμοποιείται για εδάφη με ομοιόμορφη ειδική αντίσταση ή ακόμα για μετρήσεις ειδικής αντίστασης που δεν απέχουν πολύ μεταξύ τους.

4.2.2 Επιλογή Αγωγών – Υλικό – Διατομή

Κάθε στοιχείο του συστήματος γείωσης, περιλαμβανομένων των αγωγών πλέγματος, συνδέσεων, ηλεκτροδίων πρέπει να σχεδιαστεί σύμφωνα με τον επιθυμητό χρόνο ζωής της εγκατάστασης. Πρέπει να έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- Ø Κατάλληλη αγωγιμότητα ώστε να μην προκαλεί αυξομειώσεις της τάσης.
- Ø Αντοχή στην τήξη και τη μηχανική καταπόνηση στη χειρότερη περίπτωση ρεύματος σφάλματος και διάρκειας αυτού.
- Ø Μηχανική αξιοπιστία.
- Ø Αμετάβλητες ηλεκτρικές ιδιότητες ακόμα και σε περίπτωση διάβρωσης ή άλλης βλάβης από φυσικά αίτια.

4.2.2.1. Υλικό

Ο χαλκός είναι μια συνήθης επιλογή για το υλικό της γείωσης. Έχει υψηλή αγωγιμότητα και είναι ανθεκτικός στη διάβρωση. Ο χάλυβας είναι επιρρεπής στη διάβρωση. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται γαλβανισμένος ή επιχαλκωμένος. Ο επιχαλκωμένος χάλυβας χρησιμοποιείται συνήθως στην κατασκευή των ράβδων γείωσης και σπανιότερα στο πλέγμα γείωσης. Το αλουμίνιο χρησιμοποιείται σπάνια στην κατασκευή πλέγματος γείωσης, λόγω της ευαισθησίας του στη διάβρωση από ορισμένα είδη εδαφών και από εναλλασσόμενα ρεύματα σφάλματος. Η διαβρωμένη επιφάνεια του αγωγού από αλουμίνιο δεν είναι αγωγίμη. Το μέρος των στοιχείων του συστήματος γείωσης που προεξέχει από το έδαφος μονώνεται κατά της υγρασίας με πίσσα ή άλλα μονωτικά και μάλιστα 30 cm μέσα και 30 cm έξω από το έδαφος.

4.2.2.2. Διατομή Αγωγών

Η επιλογή της διατομής του αγωγού γείωσης γίνεται με βάση τα κριτήρια που προαναφέρθηκαν καθώς και των περιορισμών στην αναπτυσσόμενη θερμοκρασία του αγωγού. Η ενδεικνυόμενη διατομή του αγωγού γείωσης δίνεται από τη σχέση:

$$A_{mm^2} = I \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{TCAP \cdot 10^{-4}}{t_c a_r r_r}\right) \ln\left(\frac{K_0 + T_m}{K_0 + T_a}\right)}} \quad (4.1)$$

όπου

A_{mm^2} η διατομή του αγωγού σε mm^2

I η rms τιμή του ρεύματος σφάλματος σε kA

t_c ο χρόνος απόσβεσης του ρεύματος σφάλματος

T_m η μέγιστη επιτρεπόμενη θερμοκρασία σε $^{\circ}C$

T_a η θερμοκρασία περιβάλλοντος σε $^{\circ}C$

T_r η θερμοκρασία αφορά για τον προσδιορισμό των σταθερών του υλικού σε $^{\circ}C$

α_0 ο θερμικός συντελεστής ειδικής αντίστασης στους $0^{\circ}C$ σε $(^{\circ}C)^{-1}$

a_r ο θερμικός συντελεστής ειδικής αντίστασης σε θερμοκρασία T_r σε $(^{\circ}C)^{-1}$

r_r η ειδική αντίσταση του αγωγού γείωσης σε θερμοκρασία T_a σε $\mu\Omega\text{-cm}$

K_0 ισούται με $1/\alpha_0$ ή $(1/a_r) - T_r$ σε $^{\circ}C$

$TCAP$ η θερμοχωρητικότητα ανά μονάδα όγκου σε $J/(cm^3 \cdot ^{\circ}C)$

Οι παράμετροι a_r , K_0 , T_m , r_r και $TCAP$ δίνονται από πίνακες ανάλογα με το υλικό του αγωγού.

4.2.3 Βασικές αρχές στη σχεδίαση του πλέγματος γείωσης

Για τη σχεδίαση του πλέγματος γείωσης ακολουθούνται τα ακόλουθα βασικά βήματα:

- Ø Ένας συνεχόμενος αγωγίμος βρόχος πρέπει να περιβάλλει όσο δυνατόν μεγαλύτερη επιφάνεια στην περιοχή του υποσταθμού. Με τον τρόπο αυτό μειώνεται η αντίσταση γείωσης και αποφεύγεται η συγκέντρωση υψηλών ρευμάτων.
- Ø Μέσα στο βρόχο οι αγωγοί γείωσης είναι τοποθετημένοι παράλληλα ή κάθετα κατά μήκος του εξοπλισμού για την καλύτερη αντιμετώπιση βραχυκυκλωμάτων.
- Ø Ένα σύνηθες πλέγμα γείωσης περιλαμβάνει αγωγούς γυμνού χαλκού θαμμένους σε βάθος 0.3 – 0.5m από την επιφάνεια, σε απόσταση 3 – 7m μεταξύ τους. Οι συνδέσεις μεταξύ των αγωγών στους κόμβους του πλέγματος πρέπει να είναι σταθερές.

Οι ράβδοι γείωσης τοποθετούνται στις γωνίες του πλέγματος και στους κόμβους κατά μήκος της περιμέτρου του ώστε να περιορίζουν τις απότομες αυξήσεις της τάσης κατά μήκος της περιμέτρου του πλέγματος γείωσης, και σε τέτοιο βάθος ώστε να εισχωρούν στο στρώμα εδάφους με τη μικρότερη ειδική αντίσταση, στην περίπτωση όπου έχουμε επιλέξει διστρωματικό ή πολυστρωματικό μοντέλο. Ράβδοι γείωσης εγκαθίστανται επίσης σε ειδικές περιπτώσεις, κυρίως σε καθοδικά αλεξικέραυνα.

- Ø Στις περιπτώσεις όπου εμφανίζονται υψηλές συγκεντρώσεις ρευμάτων, όπως για παράδειγμα στη σύνδεση ουδετέρου – γης γεννήτριας ή μετασχηματιστή, απαιτείται αύξηση των διαστάσεων των αγωγών γείωσης, πολλαπλοί αγωγοί γείωσης, καθώς και επέκταση του συστήματος γείωσης ακόμη και εκτός του φράχτη γύρω από τον υποσταθμό.

Ø Ο λόγος των διαστάσεων των βρόχων του πλέγματος γείωσης κυμαίνεται συνήθως από 1:1 έως 1:3.

4.2.4 Επίδραση ηλεκτρικού ρεύματος στο ανθρώπινο σώμα

Η επίδραση του ηλεκτρικού ρεύματος στο ανθρώπινο σώμα εξαρτάται από το πλάτος του, τη διάρκεια και τη συχνότητά του. Αυξανόμενων των παραμέτρων αυτών, ροή ηλεκτρικού ρεύματος από το ανθρώπινο σώμα προκαλεί σύσπαση των μυών, απώλεια των αισθήσεων, καρδιακή ινίδωση, φραγή των αναπνευστικών οδών και ανάφλεξη. Σχετικά με την επίδραση της συχνότητας, στα 50 ή 60Hz, ρεύμα 0.1A μπορεί να αποβεί θανάσιμο. Αντίθετα για συχνότητες 0 – 25Hz και 3000 – 10000Hz η ανεκτή ένταση ρεύματος είναι μεγαλύτερη. Σχετικά με την επίδραση της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος βιομηχανικής συχνότητας στο ανθρώπινο σώμα, έχει δειχθεί ότι 1mA γίνεται αντιληπτό από τον άνθρωπο, 1 – 6mA προκαλούν δυσφορία με ταυτόχρονα ικανότητα ελέγχου των μυών, 9 – 25mA μπορεί να προκαλέσουν πόνο και απώλεια ελέγχου των μυών, ενώ ακόμα μεγαλύτερες εντάσεις επιφέρουν αναπνευστικά προβλήματα. Παρόλα αυτά οι παραπάνω επιπτώσεις είναι συνήθως αναστρέψιμες. Ρεύμα έντασης 60 – 100mA μπορεί να προκαλέσει ινίδωση των καρδιακών κοιλιών και θάνατο. Σε πρόσφατες έρευνες γίνεται λόγος για δύο όρια έντασης ρεύματος: ένα όπου η διάρκεια έκθεσης είναι μικρότερη της διάρκειας του καρδιακού παλμού και ένα για διάρκεια μεγαλύτερη του καρδιακού παλμού. Συγκεκριμένα για έναν ενήλικα βάρους 50kg τα δύο όρια είναι 500mA και 50mA αντίστοιχα. Στην ανάλυση που ακολουθεί ο σχεδιασμός συστημάτων γείωσης λαμβάνει ως όριο για την ένταση του ρεύματος αυτή της καρδιακής ινίδωσης, ανεξάρτητα της διάρκειας έκθεσης, καθώς για εντάσεις μικρότερες αυτής ο θάνατος μπορεί να αποφευχθεί. Η διάρκεια διαρροής του σώματος από ηλεκτρικό ρεύμα, t_s , καθορίζεται από την εξίσωση:

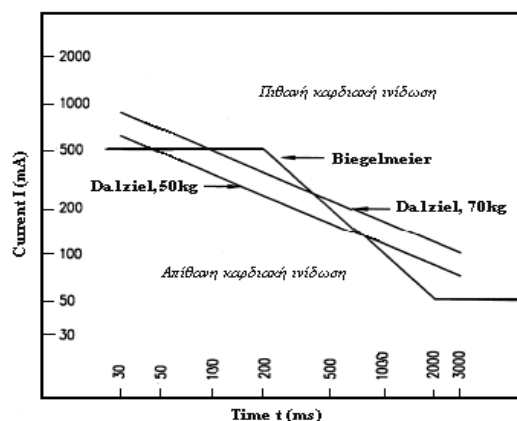
$$S_B = (I_B)^2 \cdot t_s \quad (4.2)$$

όπου

SB εμπειρική σταθερά που σχετίζεται με την ανεκτή ενέργεια ηλεκτροπληξίας

IB η rms τιμή του ρεύματος που διαρρέει το σώμα σε A

Ενδεικτικά, για βάρος σώματος 50kg έχει μετρηθεί $S_B = 0.0135$ και για 70kg $S_B = 0.0246$. Η επιτρεπόμενη ένταση ηλεκτρικού ρεύματος συναρτηθεί του χρόνου έκθεσης στο σφάλμα φαίνεται στο Διάγραμμα 4.1, σε τρεις καμπύλες: δύο για σωματικό βάρος 50kg και 70kg που προκύπτουν από την παραπάνω εξίσωση και τις προαναφερθείσες τιμές της S_B , σύμφωνα με τον Dalziel, και μία που προκύπτει από τη μελέτη του Biegelmeier για την εξάρτηση της ανεκτής έντασης από τη σχέση χρόνου έκθεσης και καρδιακού παλμού.



Διάγραμμα 4.1: $I_B - t_s$

Πρέπει επίσης να επισημανθεί ότι η ενέργεια SB έχει προκύψει από πειράματα για χρόνο έκθεσης στο σφάλμα από 0.03 έως 3.0s. Για το λόγο αυτό η παραπάνω εξίσωση δεν ισχύει για μικρότερους ή μεγαλύτερους χρόνους.

Είναι φανερό ότι μικρός χρόνος έκθεσης μειώνει την πιθανότητα σοβαρής σωματικής βλάβης. Συγκεκριμένα για την καρδιακή ινίδωση έχει αποδειχθεί ότι ο κίνδυνος είναι σημαντικά μικρότερος όταν ο χρόνος έκθεσης κυμαίνεται μεταξύ 0.06 και 0.3s. Ο χρόνος αυτός έχει άμεση σχέση με το χρόνο αντίδρασης του συστήματος γείωσης.

4.2.5 Αντίσταση ανθρώπινου σώματος

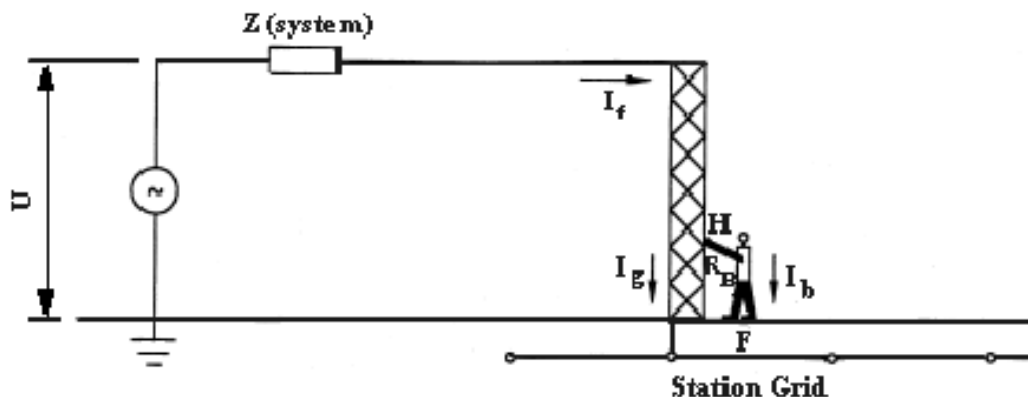
Για ρεύμα συνεχές ή βιομηχανικής συχνότητας το ανθρώπινο σώμα μπορεί να θεωρηθεί ισοδύναμο μιας ωμικής αντίστασης. Η τιμή αυτής, συμπεριλαμβανομένου του δέρματος υπολογίζεται από 500Ω έως 3000Ω, ενώ μειώνεται σε περίπτωση εκδοράς του δέρματος στο σημείο επαφής. Η τιμή της μάλιστα διαφοροποιείται ανάλογα με τη διαδρομή που ακολουθεί το ρεύμα μέσω του σώματος. Συγκεκριμένα, υπάρχουν δύο δρόμοι για το ρεύμα, είτε από χέρι σε πόδι είτε από το ένα πόδι στο άλλο. Στη δεύτερη περίπτωση η αντίσταση εκτιμάται σημαντικά μεγαλύτερη της πρώτης, έως και 25 φορές. Στην παρούσα μελέτη η αντίσταση σώματος θεωρείται ίση με 1000Ω, για διαδρομή ρεύματος από χέρι σε πόδι. Για ροή ρεύματος από το ένα πόδι στο άλλο, παρόλο που η αντίσταση θεωρείται υψηλότερη κι επομένως η ένταση του ρεύματος και συγχρόνως ο κίνδυνος θανάτου μειώνεται, υπάρχει μια περίπτωση που πρέπει να ληφθεί υπόψη στο σχεδιασμό του συστήματος γείωσης.

Τάση μεταξύ των ποδιών επιφέρει πόνο και μπορεί να προκαλέσει πτώση του ατόμου, που έρχεται σε επαφή, στο έδαφος. Άμεσα ο κίνδυνος αυξάνεται καθώς προκαλείται ροή ρεύματος στην περιοχή των ζωτικών οργάνων.

Καθώς έχουν καταγραφεί θάνατοι αυτής της αιτίας, θεωρείται απαραίτητος ο έλεγχος και της τάσης μεταξύ των ποδιών (βηματική τάση) εκτός της τάσης μεταξύ ποδιού και χεριού σε επαφή με γειωμένο αντικείμενο (τάση επαφής).

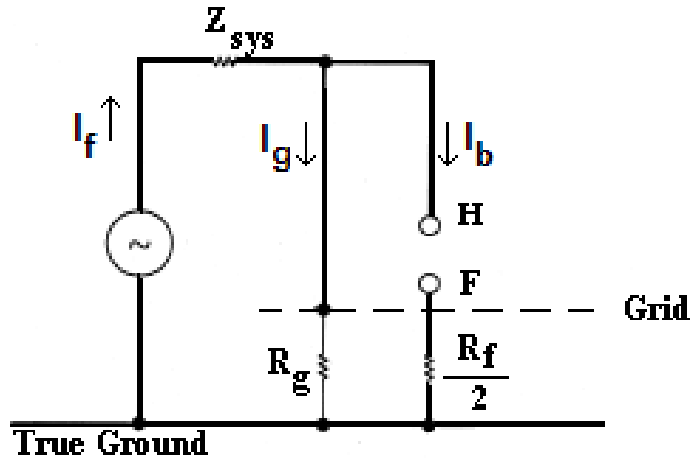
4.2.6 Τάση Επαφής

Η τάση επαφής αναπτύσσεται μεταξύ χεριού που έρχεται σε επαφή με γειωμένο αντικείμενο και ποδιού στη γη, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.1.



Σχήμα 4.1: Τάση Επαφής

Οι αντιστάσεις του κυκλώματος που δημιουργείται φαίνονται στο Σχήμα 4.2.

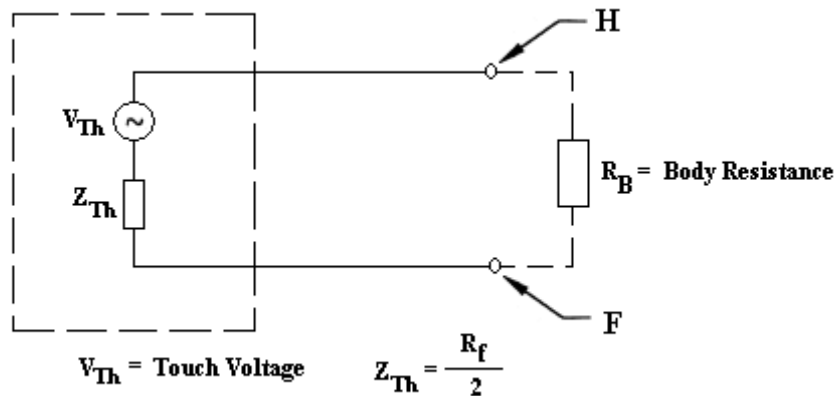


Σχήμα 4.2: Αντιστάσεις στο κύκλωμα για την τάση επαφής

Η αντίσταση R_g είναι η αντίσταση γείωσης και η R_f είναι η αντίσταση του ποδιού σε σχέση με τη γη. Σύμφωνα με το Θεώρημα Thevenin, η τάση Thevenin, V_{th} , είναι η τάση μεταξύ των σημείων H και F όπου το άτομο εφάπτεται. Η αντίσταση Thevenin, Z_{th} , είναι η αντίσταση του συστήματος όπως φαίνεται από τα σημεία H και F με τις πηγές τάσης. Το ρεύμα που διαρρέει το άτομο σε επαφή, I_b , δίνεται από τη σχέση

$$I_b = \frac{V_{TH}}{Z_{TH} + R_B} \quad (4.3)$$

Στο Σχήμα 4.3 φαίνεται το ισοδύναμο Thevenin.



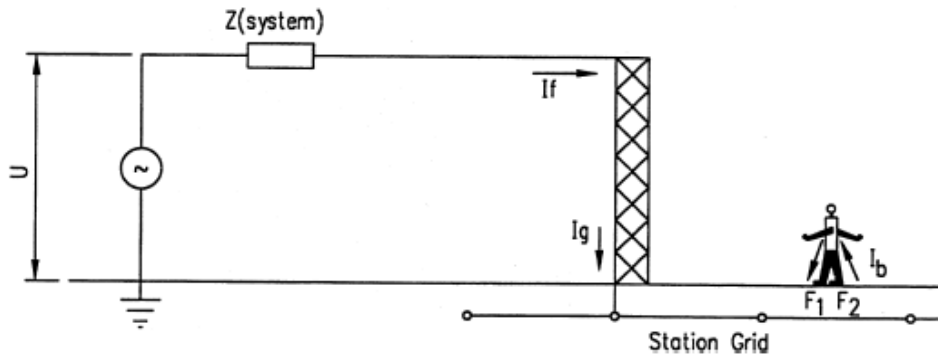
Σχήμα 4.3: Ισοδύναμο Thevenin – Τάση Επαφής

Η αντίσταση Thevenin υπολογίζεται ίση με $R_f / 2$ λόγω της παραλληλίας των αντιστάσεων των ποδιών. Εφαρμόζοντας τη Σχέση 1.6 στην 4.2 και για ρεύμα I_b ίσο με το ανεκτό, I_B , καταλήγουμε στη σχέση:

$$E_{touch} = I_B (R_B + 1.5 r) \quad (4.4)$$

4.2.7 Βηματική Τάση

Η τάση επαφής αναπτύσσεται μεταξύ των δύο ποδιών ανθρώπου που στέκεται στην επιφάνεια της γης, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.4.

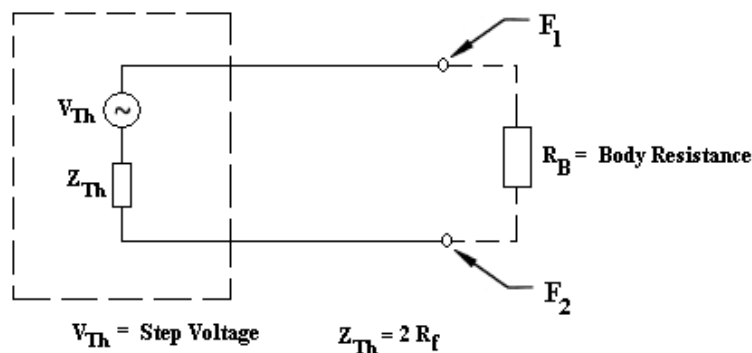


Σχήμα 4.4: Βηματική Τάση

Η τάση Thevenin αναπτύσσεται ανάμεσα στα σημεία F1 και F2. Το ρεύμα που διαρρέει το σώμα του ατόμου σε επαφή δίνεται από τη σχέση (1.2)

$$I_b = \frac{V_{TH}}{Z_{TH} + R_B} \quad (4.5)$$

Στο Σχήμα 4.5 εικονίζεται το ισοδύναμο Thevenin.



Σχήμα 4.5: Ισοδύναμο Thevenin – Βηματική Τάση

Εφαρμόζοντας τη Σχέση 1.2 στην 4.3 και για ρεύμα I_B ίσο με το ανεκτό, I_B , καταλήγουμε στη σχέση:

$$E_{step} = I_B (R_B + 6.0r) \quad (4.6)$$

4.2.8 Υλικό Επιφάνειας

Η Σχέση 1.6 που δίνει την αντίσταση ποδιού συναρτήσει της ειδικής αντίστασης εδάφους βασίζεται στην υπόθεση ομογενούς εδάφους. Πολλές φορές όμως στην επιφάνεια του εδάφους τοποθετείται το λεγόμενο υλικό επιφάνειας σε στρώμα πάχους 0.08 – 0.15m με σκοπό την αύξηση της αντίστασης επαφής. Έτσι, σε περίπτωση που το έδαφος κάτω από το υλικό επιφάνειας έχει μικρότερη ειδική αντίσταση από αυτό, μόνο ένα μικρό μέρος του ρεύματος σφάλματος θα κινηθεί προς τα επάνω και το I_B θα μειωθεί. Η μείωση αυτή εξαρτάται τόσο από τη διαφορά των ειδικών αντιστάσεων του υλικού επιφάνειας και του υποκείμενου στρώματος εδάφους όσο και από το πάχος του υλικού επιφάνειας.

Η επίδραση των δύο αυτών παραγόντων εκφράζεται από ένα συντελεστή, C_s , ο εμπειρικός τύπος του οποίου ακολουθεί:

$$C_s = 1 - \frac{0.09 \left(1 - \frac{r}{r_s} \right)}{2h_s + 0.09} \quad (4.7)$$

όπου

- ρ η ειδική αντίσταση του εδάφους σε $\Omega \cdot m$
- ρ_s η ειδική αντίσταση του υλικού επιφάνειας σε $\Omega \cdot m$
- h_s το πάχος του υλικού επιφάνειας σε m

Η αντίσταση ποδιού δίνεται από τη σχέση:

$$R_f = \left(\frac{r_s}{4b} \right) C_s = \left(\frac{r_s}{4b} \right) \left[1 - \frac{0.09 \left(\frac{r}{r_s} \right)}{2h_s + 0.09} \right] \quad (4.8)$$

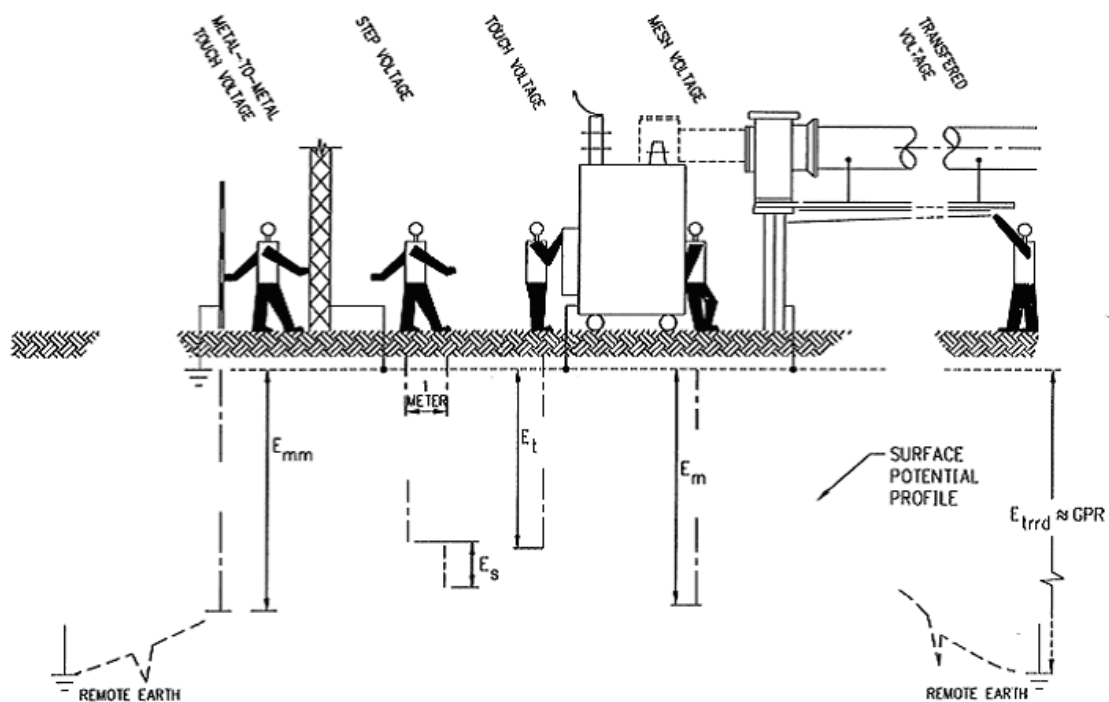
$$R_f = \frac{1}{4b} \left[r_s - \frac{0.09(r_s - r)}{2h_s + 0.09} \right]$$

Παρατηρούμε ότι για δεδομένο πάχος του υλικού επιφάνειας και ειδική αντίσταση του υποκείμενου στρώματος, αύξηση της ειδικής αντίστασης ρ_s σε σχέση με την ειδική

αντίσταση εδάφους ρ προκαλεί αύξηση στην αντίσταση ποδιού. Το ρεύμα I_b τότε μειώνεται και συγχρόνως μειώνεται η τάση επαφής και η βηματική, γεγονός επιθυμητό για την ασφάλεια του ατόμου που βρίσκεται στην επιφάνεια, στην περιοχή του πλέγματος γείωσης.

4.2.9 Επιτρεπτά Όρια Τάσης

Στο Σχήμα 4.6 παριστάνονται οι τάσεις επαφής, βηματική, βρόχου, επαφής μεταξύ μετάλλων και τάσης από μεταφορά.



Σχήμα 4.6: Τάσεις επαφής, βηματική, βρόχου, επαφής μεταξύ μετάλλων και από μεταφορά

Τα επιτρεπτά όρια για τη βηματική και την τάση επαφής σε Volt δίνονται βάσει των Σχέσεων 4.8, 4.9, 4.10, 4.11, 4.12, 4.13 για σωματικό βάρος 50kg και 70kg:

$$E_{step50} = (1000 + 9C_s \cdot r_s) \frac{0.116}{\sqrt{t_s}} \quad (4.9)$$

$$E_{touch50} = (1000 + 1.5C_s \cdot r_s) \frac{0.116}{\sqrt{t_s}} \quad (4.10)$$

$$E_{step70} = (1000 + 9C_s \cdot r_s) \frac{0.157}{\sqrt{t_s}} \quad (4.11)$$

$$E_{touch70} = (1000 + 1.5C_s \cdot r_s) \frac{0.157}{\sqrt{t_s}} \quad (4.12)$$

Αν δε χρησιμοποιείται υλικό επιφάνειας, $C_s = 1$ και $r_s = \rho$.

Το επιτρεπτό όριο για την τάση επαφής μεταξύ μετάλλων προκύπτει για $r_s = 0$, που σημαίνει ότι η αντίσταση Thevenin ισούται μόνο με αυτή του σώματος. Ακολουθούν οι σχέσεις που δίνουν το επιτρεπτό όριο για την τάση επαφής μεταξύ μετάλλων σε Volt για σωματικό βάρος 50kg και 70kg.

$$E_{mm,touch50} = \frac{116}{\sqrt{t_s}} \quad (4.13)$$

$$E_{mm,touch70} = \frac{157}{\sqrt{t_s}} \quad (4.14)$$

4.2.10 Εκτίμηση της αντίστασης γείωσης

Η τιμή της αντίστασης γείωσης μας απασχολεί στον υπολογισμό του μέγιστου δυναμικού γείωσης. Για σύστημα γείωσης πλέγματος χωρίς ράβδους και ομοιογενές έδαφος ειδικής αντίστασης ρ , η αντίσταση γείωσης, R_g , δίνεται από τη σχέση:

$$R_g = r \left[\frac{1}{L_T} + \frac{1}{\sqrt{20A}} \left(1 + \frac{1}{1 + h\sqrt{20/A}} \right) \right] \quad (4.15)$$

όπου

L_T το συνολικό μήκος των αγωγών γείωσης σε m

A το εμβαδό της επιφάνειας που καταλαμβάνει το πλέγμα γείωσης σε m^2

H το βάθος όπου είναι τοποθετημένο το πλέγμα γείωσης σε m

Για σύστημα γείωσης με πλέγμα και ράβδους γείωσης η σχέση που δίνει την αντίσταση γείωσης είναι πιο πολύπλοκη:

$$R_g = \frac{R_1 R_2 - R_m^2}{R_1 + R_2 - 2R_m} \quad (4.16)$$

$$R_1 = \frac{r}{\rho L_c} \left[\ln \left(\frac{2L_c}{a} \right) + \frac{k_1 L_c}{\sqrt{A}} - k_2 \right] \quad (4.17)$$

$$R_2 = \frac{r}{2\rho n_R L_R} \left[\ln \left(\frac{4L_R}{b} \right) - 1 + \frac{2k_1 \cdot L_c}{\sqrt{A}} (\sqrt{n_R} - 1)^2 \right] \quad (4.18)$$

$$R_m = \frac{r}{\rho L_c} \left[\ln \left(\frac{2L_c}{L_r} \right) + \frac{k_1 \cdot L_c}{\sqrt{A}} - k_2 + 1 \right] \quad (4.19)$$

όπου

- ρ η ειδική αντίσταση του εδάφους σε $\Omega \cdot m$
- L_c το συνολικό μήκος των αγωγών πλέγματος σε m
- $2a$ η διάμετρος του αγωγού γείωσης σε m
- a' ισούται με $\sqrt{a \cdot 2h}$ για αγωγούς γείωσης σε βάθος h, σε m ή με a για αγωγούς γείωσης τοποθετημένους στην επιφάνεια του εδάφους, σε m
- A το εμβαδό της επιφάνειας που καταλαμβάνει το πλέγμα γείωσης σε m^2
- k_1, k_2 συντελεστές, υπολογίζονται από διαγράμματα
- L_R το μήκος κάθε ράβδου γείωσης σε m
- $2b$ η διάμετρος της ράβδου σε m^2
- n_R ο αριθμός των ράβδων στο σύστημα γείωσης

Οι παραπάνω σχέσεις δεν περιλαμβάνουν την εξάρτηση της αντίστασης γείωσης από τη συχνότητα του ρεύματος σφάλματος. Στην περίπτωση όπου το σφάλμα εκδηλώνεται μέσα στον υποσταθμό (πχ βραχυκύκλωμα), η συχνότητα του ρεύματος σφάλματος είναι η βιομηχανική. Στην περίπτωση όμως που το σφάλμα οφείλεται σε κεραυνό, το ρεύμα σφάλματος αναλύεται σε περισσότερες της μιας συνιστώσες σε συχνότητες έως την τάξη του MHz.

4.2.11 Προσδιορισμός μέγιστου ρεύματος πλέγματος

Για τον υπολογισμό του μέγιστου ρεύματος πλέγματος ακολουθούμε τα παρακάτω βήματα:

- Εντοπίζουμε το είδος και το σημείο εκδήλωσης των σφαλμάτων προς γη που προκαλούν τη μεγαλύτερη ροή ρεύματος μεταξύ του συστήματος γείωσης και του περιβάλλοντος εδάφους κι επομένως τη μεγαλύτερη τιμή του GPR και της κλίσης του δυναμικού στην επιφάνεια της γης.
- Υπολογίζουμε το συντελεστή καταμερισμού Sf για το σφάλμα του Βήματος 1 και μετέπειτα προσδιορίζουμε το ρεύμα Ig.
- Υπολογίζουμε για κάθε σφάλμα το συντελεστή εξασθένησης Df βάσει του χρόνου tf.
- Επιλέγουμε το μεγαλύτερο από τα γινόμενο Df × Ig (= IG) που αντιπροσωπεύει τη χειρότερη περίπτωση.

4.2.11.1 Είδη σφαλμάτων

Υπάρχουν πολλοί τύποι σφαλμάτων που μπορεί να συμβούν σε έναν υποσταθμό. Στο σχεδιασμό του συστήματος γείωσης πρέπει να ληφθεί όμως υπόψη η πιθανότητα εκδήλωσης κάθε τύπου σφάλματος. Ταυτόχρονα σφάλματα δεν εξετάζονται αν η πιθανότητα να συμβούν συγχρόνως είναι αμελητέα, παρόλο που προκαλούν την εμφάνιση μεγάλων ρευμάτων. Για πρακτικούς λοιπόν λόγους εξετάζονται το μονοφασικό σφάλμα προς γη και το διφασικό σφάλμα προς γη. Η ενεργός τιμή του ρεύματος μηδενικής ακολουθίας, I₀, για μονοφασικό σφάλμα προς γη υπολογίζεται σύμφωνα με τον τύπο:

$$I_0 = \frac{E}{3R_f + R_1 + R_2 + R_0 + j(X_1 + X_2 + X_0)} \quad (4.20)$$

Η ενεργός τιμή του ρεύματος μηδενικής ακολουθίας, I₀, για διφασικό σφάλμα προς γη σύμφωνα με τον τύπο:

$$I_0 = \frac{E(R_2 + jX_2)}{(R_1 + jX_1) \cdot [R_0 + R_2 + 3R_f + j(X_0 + X_2)] + (R_2 + jX_2) \cdot [R_0 + 3R_f + jX_0]} \quad (4.21)$$

όπου

- | | |
|----------------|--|
| E | η φασική τάση σε V |
| R _f | η αντίσταση σφάλματος σε Ω (συνήθως λαμβάνεται ίση με μηδέν) |
| R ₁ | η αντίσταση θετικής ακολουθίας σε Ω |
| R ₂ | η αντίσταση αρνητικής ακολουθίας σε Ω |
| R ₀ | η αντίσταση μηδενικής ακολουθίας σε Ω |
| X ₁ | η αντίδραση θετικής ακολουθίας σε Ω |
| X ₂ | η αντίδραση αρνητικής ακολουθίας σε Ω |
| X ₀ | η αντίδραση μηδενικής ακολουθίας σε Ω |

Αν αμελήσουμε τις ωμικές αντιστάσεις καταλήγουμε στους παρακάτω τύπους για το ρεύμα μηδενικής ακολουθίας, μονοφασικού (Σχέση 4.22) και διφασικού σφάλματος προς γη (Σχέση 4.23):

$$I_0 = \frac{E}{X_1 + X_2 + X_0} \quad (4.22)$$

$$I_0 = \frac{EX_2}{X_1(X_0 + X_2) + X_2X_0} \quad (4.23)$$

Αμελώντας την ωμική αντίσταση του συστήματος και την αντίσταση γείωσης προκύπτει ένα μικρό σφάλμα στον υπολογισμό του μέγιστου ρεύματος πλέγματος, από την πλευρά της ασφάλειας.

Η αντίσταση σφάλματος μπορεί να αμεληθεί στην περίπτωση σφάλματος λόγω βλάβης στη μόνωση εντός του υποσταθμού. Στην περίπτωση που το σφάλμα εκδηλώνεται εκτός του υποσταθμού και μεταφέρεται μέσω της γραμμής στην περιοχή του μπορεί να προσδιοριστεί η τιμή της αντίστασης σφάλματος και να ληφθεί υπόψη στον υπολογισμό του ρεύματος μηδενικής ακολουθίας.

Βάσει των τύπων υπολογισμού του ρεύματος μηδενικής ακολουθίας που προαναφέρθηκαν μπορούμε να προσδιορίσουμε τη χειρότερη περίπτωση σφάλματος, όπου το ρεύμα μηδενικής ακολουθίας γίνεται μέγιστο. Προκύπτει ότι οδηγούμαστε στην περίπτωση αυτή όταν σε μονοφασικό σφάλμα ισχύει η ανισότητα $Z_1Z_0 > Z_2^2$ και σε διφασικό σφάλμα προς γη η ανισότητα $Z_1Z_0 < Z_2^2$. Θεωρώντας $Z_i = R_i + jX_i$, $i = 0, 1, 2$.

4.2.11.2 Προσδιορισμός του συντελεστή καταμερισμού

Ο συντελεστής καταμερισμού, S_f , δίνεται από τη σχέση:

$$S_f = \frac{I_g}{I_f} \quad (4.24)$$

όπου

I_g είναι η rms τιμή του συμμετρικού ρεύματος πλέγματος σε A

I_f είναι η rms τιμή του συμμετρικού ρεύματος σφάλματος γείωσης σε A

Ο συντελεστής καταμερισμού εξαρτάται από τους εξής παράγοντες:

- Ø Τοποθεσία εκδήλωσης του σφάλματος.
- Ø Πλάτος αντίστασης συστήματος γείωσης.
- Ø Θαμμένοι αγωγοί και σωλήνες στην περιοχή του συστήματος γείωσης.
- Ø Εναέριοι αγωγοί γείωσης και ουδετέρου.

4.2.11.3 Προσδιορισμός του συντελεστή εξασθένησης

Το μη συμμετρικό ρεύμα σφάλματος μπορεί να εκφραστεί από την ακόλουθη σχέση:

$$i_f(t) = \sqrt{2}E \cdot Y_{ac} [\sin(\omega t + a - q) - e^{-t/T_a} \cdot \sin(a - q)] \quad (4.25)$$

όπου

$i_f(t)$ η στιγμιαία τιμή του μη συμμετρικού ρεύματος σφάλματος σε A τη χρονική στιγμή

t, t σε s

E η rms τιμή της φασικής τάσης πριν το σφάλμα σε V

ω κυκλική συχνότητα σε rad/s

a η γωνία της τάσης κατά την εκδήλωση του σφάλματος σε rad

θ η φάση του ρεύματος σε rad

Y_{ac} η ισοδύναμη ac αγωγιμότητα του συστήματος σε mhos

T_a η σταθερά χρόνου του dc offset σε s [$T_a = X/(\omega R)$]

Για τον προσδιορισμό του λόγου X/R χρησιμοποιούνται το φανταστικό (X) και πραγματικό (R) μέρος της υπομεταβατικής εμπέδησης σφάλματος.

Εξετάζουμε τη χειρότερη περίπτωση που αφορά τη μεγιστοποίηση του dc offset, δηλαδή την περίπτωση όπου $(a - \theta) = -\pi/2$.

Τότε η Σχέση 4.25 γίνεται:

$$i_f(t) = \sqrt{2}E \cdot Y_{ac} [e^{-t/T_a} - \cos(\omega t)] \quad (4.26)$$

Ορίζουμε την ενεργό τιμή του μη συμμετρικού ρεύματος, I_F , ως εξής:

$$I_F = \sqrt{\frac{1}{t_f} \int_0^{t_f} [i_f(t)]^2 dt} \quad (4.27)$$

όπου

t_f η διάρκεια του σφάλματος σε s

Ορίζοντας $I_F = E \cdot Y_{ac}$, ο συντελεστής εξασθένησης D_f δίνεται από τη σχέση:

$$D_f = \frac{I_F}{I_f} \quad (4.28)$$

Υπολογίζουμε το ολοκλήρωμα της Σχέσης 4.28 και καταλήγουμε στον ακόλουθο τύπο για το συντελεστή εξασθένησης:

$$D_f = \sqrt{1 + \frac{T_a}{t_f} \left(1 - e^{-\frac{2t_f}{T_a}} \right)} \quad (4.29)$$

Για μεγάλη διάρκεια σφάλματος (μεγαλύτερη των 30 κύκλων) ο συντελεστής εξασθένησης θεωρείται ίσος με τη μονάδα.

4.3 Σύνοψη

Συνοψίζοντας την περιγραφή σχεδίασης ενός συστήματος γείωσης επισημαίνουμε τη σπουδαιότητα ορισμένων παραμέτρων:

Ø Μέγιστο ρεύμα πλέγματος (IG)

Για τον προσδιορισμό του ρεύματος που ρέει μέσω του πλέγματος γείωσης του υποσταθμού στη γη λαμβάνονται υπόψη η αντίσταση γείωσης, ο συντελεστής καταμερισμού του ρεύματος σφάλματος καθώς και ο συντελεστής εξασθένησης.

Ø Διάρκεια σφάλματος (tf) και διάρκεια έκθεσης στο σφάλμα (ts)

Οι δύο αυτοί χρόνοι συνήθως λαμβάνονται ίσοι. Η επιλογή τους πρέπει να εκφράζει τη χειρότερη περίπτωση σε σχέση με το συντελεστή εξασθένησης και τη μέγιστη τιμή του ανεκτού από το ανθρώπινο σώμα ρεύματος.

Ø Ειδική αντίσταση εδάφους (ρ)

Η αντίσταση γείωσης και η κλίση της τάσης εξαρτώνται άμεσα από την ειδική αντίσταση εδάφους. Για το λόγο αυτό είναι απαραίτητος ο προσδιορισμός της (βλ. Κεφάλαιο 3) και η επιλογή του καταλληλότερου μοντέλου εδάφους (ομοιογενές, διστρωματικό, πολυστρωματικό).

Ø Ειδική αντίσταση υλικού επιφανείας (ρs)

Το πρόσθετο υλικό επιφανείας μειώνει το ρεύμα που ρέει μέσα από το ανθρώπινο σώμα αυξάνοντας την αντίστασή του.

Ø Γεωμετρία πλέγματος

Γενικά η γεωμετρία του πλέγματος γείωσης εξαρτάται από τον προϋπολογισμό της κατασκευής και το χώρο όπου γίνεται η εγκατάσταση. Οι παράγοντες που σχετίζονται με τη

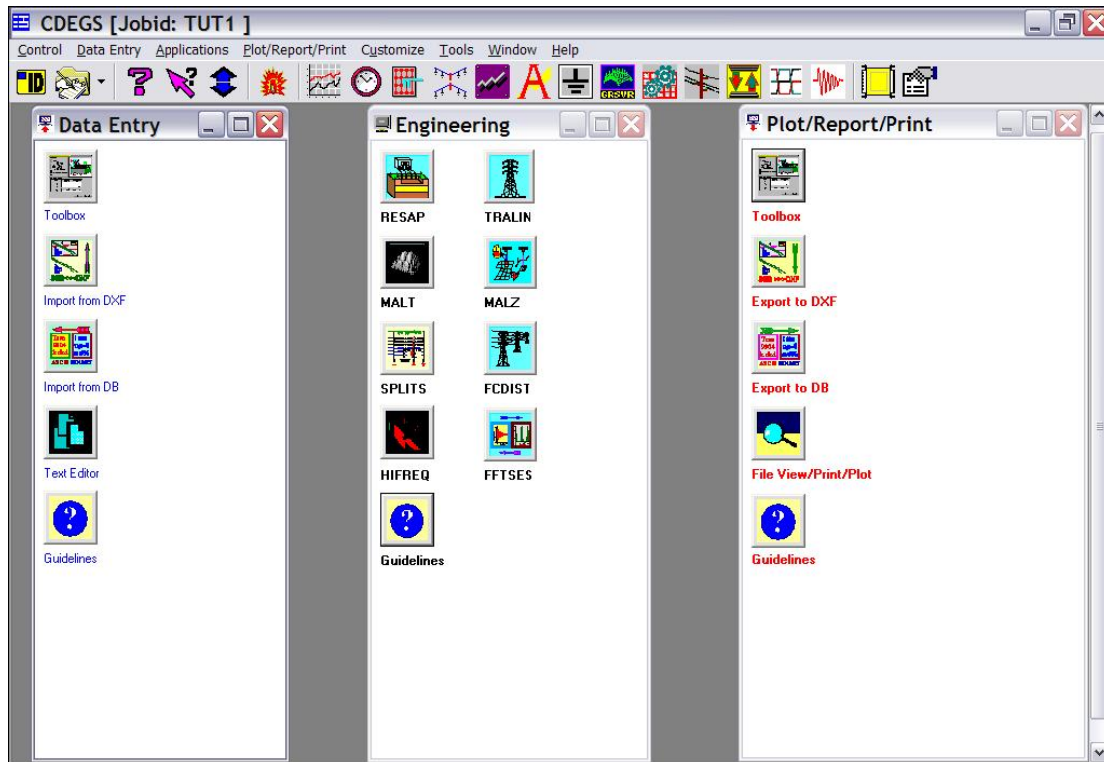
γεωμετρία του πλέγματος και επηρεάζουν την τιμή της τάσης επαφής είναι το εμβαδό της περιοχής που καλύπτει το πλέγμα, η απόσταση μεταξύ των αγωγών καθώς και το βάθος στο οποίο τοποθετείται το πλέγμα. Παράγοντες όπως η διάμετρος των αγωγών γείωσης είναι λιγότερο σημαντικοί.

SES CDEGS

Το πακέτο λογισμικού CDEGS (Current Distribution Electromagnetic Interference Grounding and Soil Structure Analysis, Version 11.0.54) της εταιρείας SES χρησιμοποιήθηκε για την προσομοίωση συστήματος γείωσης. Η διαδικασία που ακολουθείται διακρίνεται σε τρία μέρη, την καταχώρηση δεδομένων, όπου γίνεται ο ορισμός των παραμέτρων του εδάφους και του συστήματος γείωσης, την προσομοίωση της λειτουργίας του συστήματος υπό τις συνθήκες που ορίσαμε στο πρώτο μέρος και την παρουσίαση των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης, αριθμητικά και με τη μορφή γραφημάτων.

5.1 Εισαγωγή

Εκτελούμε το πρόγραμμα CDEGS.exe. Μας ζητείται να επιλέξουμε ένα JobID. Η φράση αυτή εισάγεται στο όνομα των αρχείων εισόδου και εξόδου ώστε να αναγνωρίζονται εύκολα από το χρήστη. Αφού επιλεγεί, η εικόνα του προγράμματος είναι η ακόλουθη:



Εικόνα 5.1

5.2 Καταχώρηση Δεδομένων

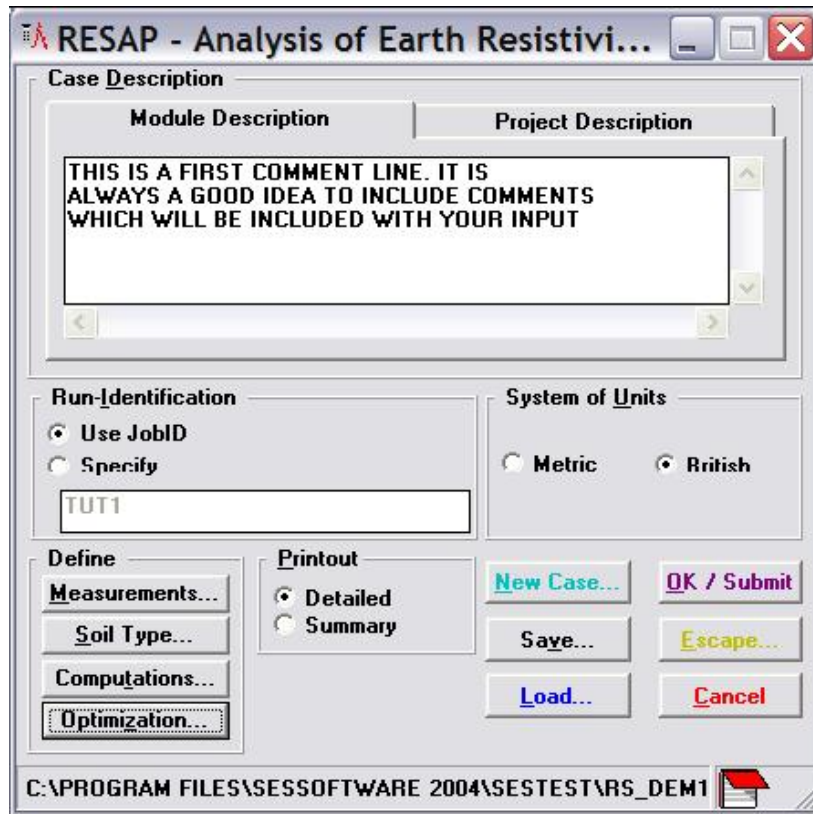
Στο πλαίσιο με την επιγραφή Data Entry επιλέγουμε το Toolbox:



Εικόνα 5.2

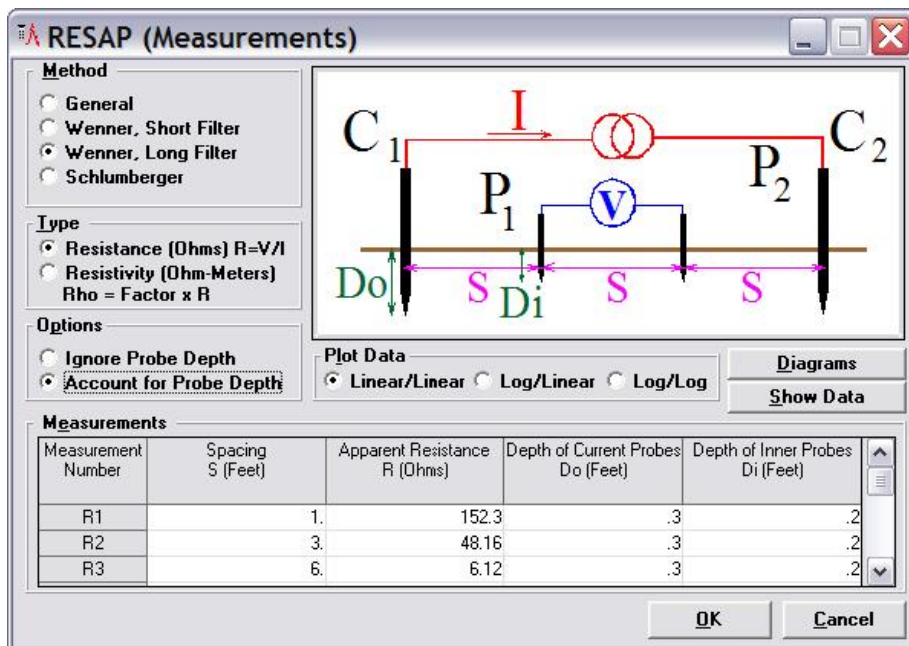
Εδώ, οι εφαρμογές που μας ενδιαφέρουν είναι η RESAP και η MALZ.

5.2.1 RESAP



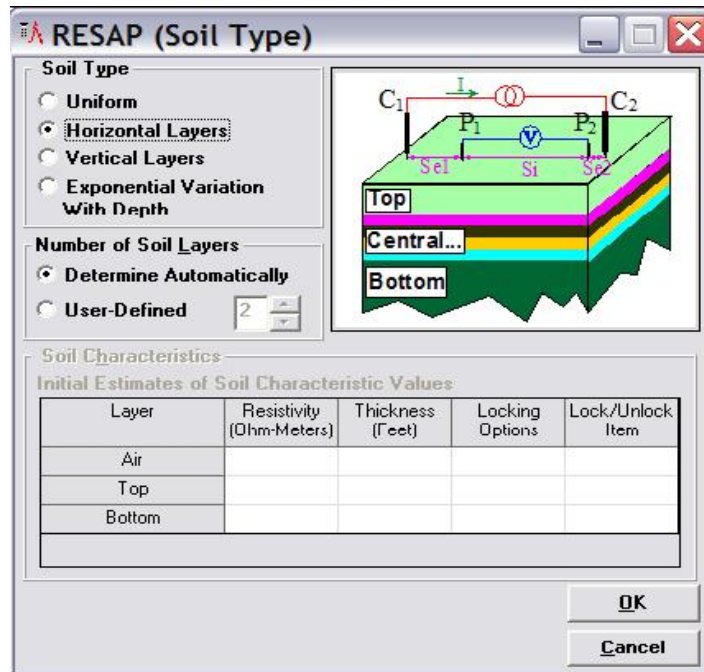
Εικόνα 5.3

Επιλέγοντας τη RESAP εισάγουμε μετρήσεις για την ειδική αντίσταση εδάφους οι οποίες έχουν γίνει είτε με τη μέθοδο Wenner (βλ. Κεφάλαιο 3) είτε με τη μέθοδο Schlumberger.



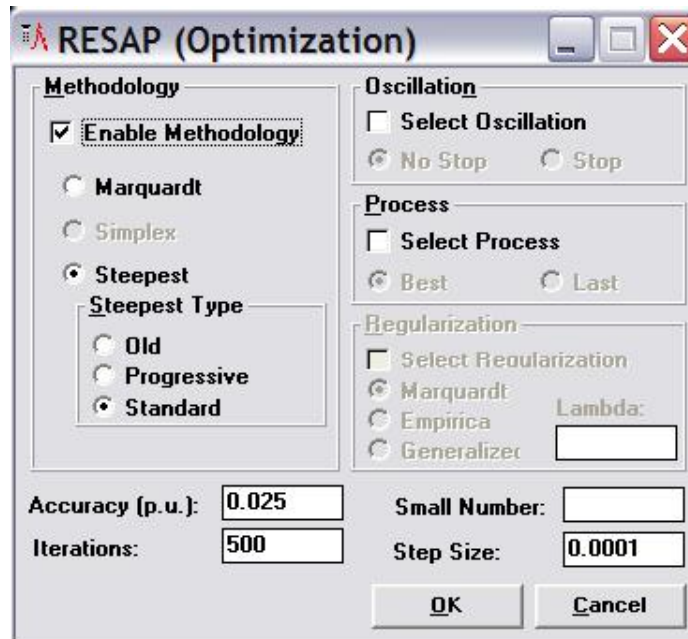
Εικόνα 5.4

Αφού εισάγουμε τις μετρήσεις, με την επιλογή Soil Type προσδιορίζουμε το μοντέλο που πιστεύουμε ότι προσεγγίζει το εν λόγω έδαφος, πχ οριζόντια πολυστρωματικό:



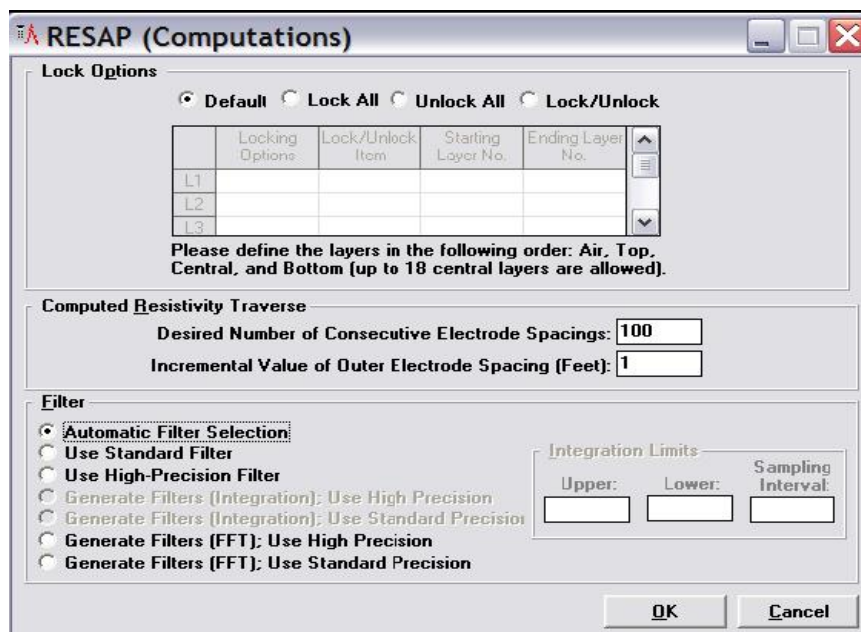
Εικόνα 5.5

Η εφαρμογή RESAP στη συνέχεια υπολογίζει αυτόματα (ή καθορισμό του χρήστη) πόσα στρώματα περιλαμβάνει το μοντέλο και την ειδική αντίσταση καθενός. Με την επιλογή Optimization επιλέγουμε τη μέθοδο ελαχιστοποίησης για τον υπολογισμό των παραμέτρων του μοντέλου εδάφους και ρυθμίζουμε την ακρίβεια των υπολογισμών (η μέθοδος Marquardt περιορίζεται στον προσδιορισμό των παραμέτρων πολυστρωματικού μοντέλου οριζόντιων στρωμάτων):



Εικόνα 5.6

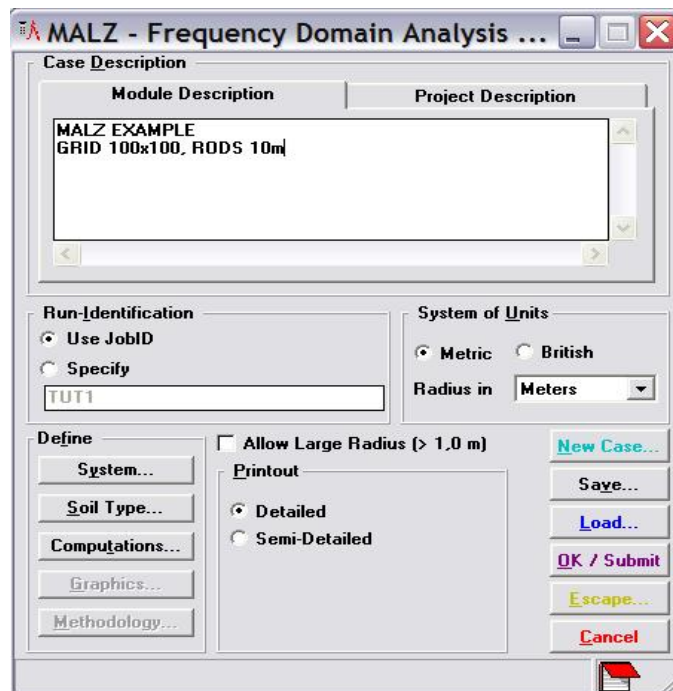
Με την επιλογή Computations μπορούμε να επιλέξουμε ορισμένες μετρήσεις τις οποίες επιθυμούμε να ακολουθήσει το μοντέλο εδάφους (επιλογή Lock), όπως επίσης να επιλέξουμε το κατάλληλο φίλτρο για τους υπολογισμούς. Συνήθως επιλέγεται το Standard Filter, ενώ το High Precision Filter επιλέγεται μόνο σε περιπτώσεις όπου η ειδική αντίσταση εδάφους παρουσιάζει πολύ μεγάλες διαφορές.



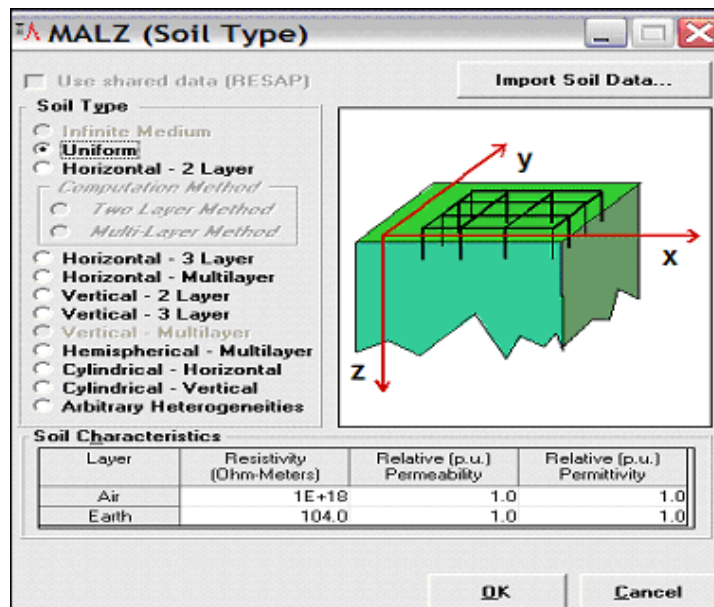
Εικόνα 5.7

Επιστρέφουμε στο αρχικό παράθυρο του RESAP και επιλέγουμε OK / Submit.

5.2.2 MALZ

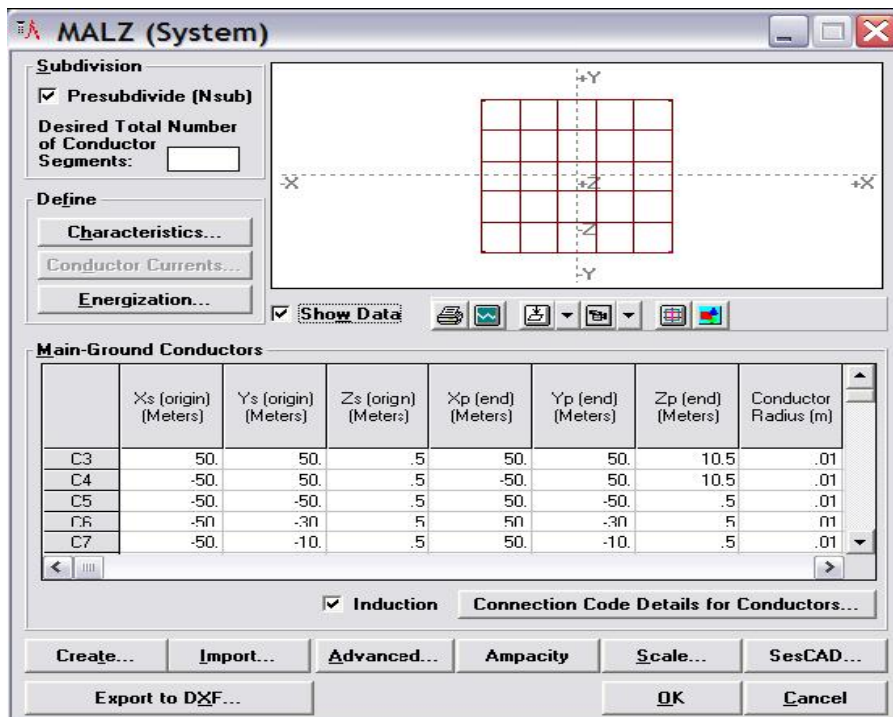


Επιλέγοντας αυτή την εφαρμογή έχουμε τη δυνατότητα σχεδιασμού του συστήματος γείωσης. Αρχικά, επιλέγουμε το σύστημα μονάδων που θα χρησιμοποιήσουμε, δηλαδή το μετρικό ή το βρετανικό σύστημα μονάδων. Με την επιλογή Soil Type ορίζουμε το μοντέλο εδάφους που χρησιμοποιούμε προσδιορίζοντας τις τιμές για την ειδική αντίσταση και το πάχος κάθε στρώματος ή εισάγοντας αυτόματα τις πληροφορίες αυτές με την επιλογή Import Soil Data από την εφαρμογή RESAP:



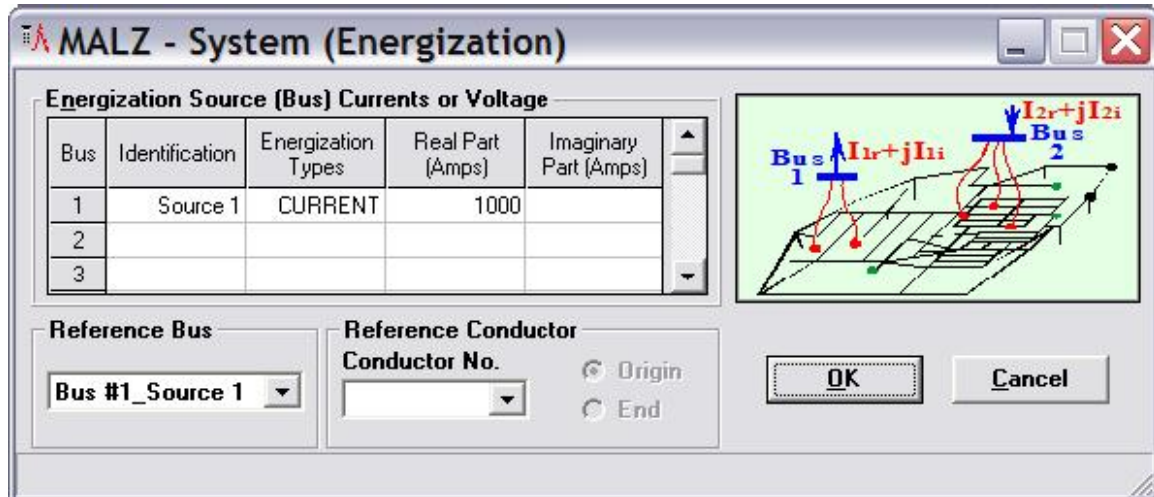
Εικόνα 5.9

Στη συνέχεια σχεδιάζουμε το σύστημα γείωσης επιλέγοντας System.



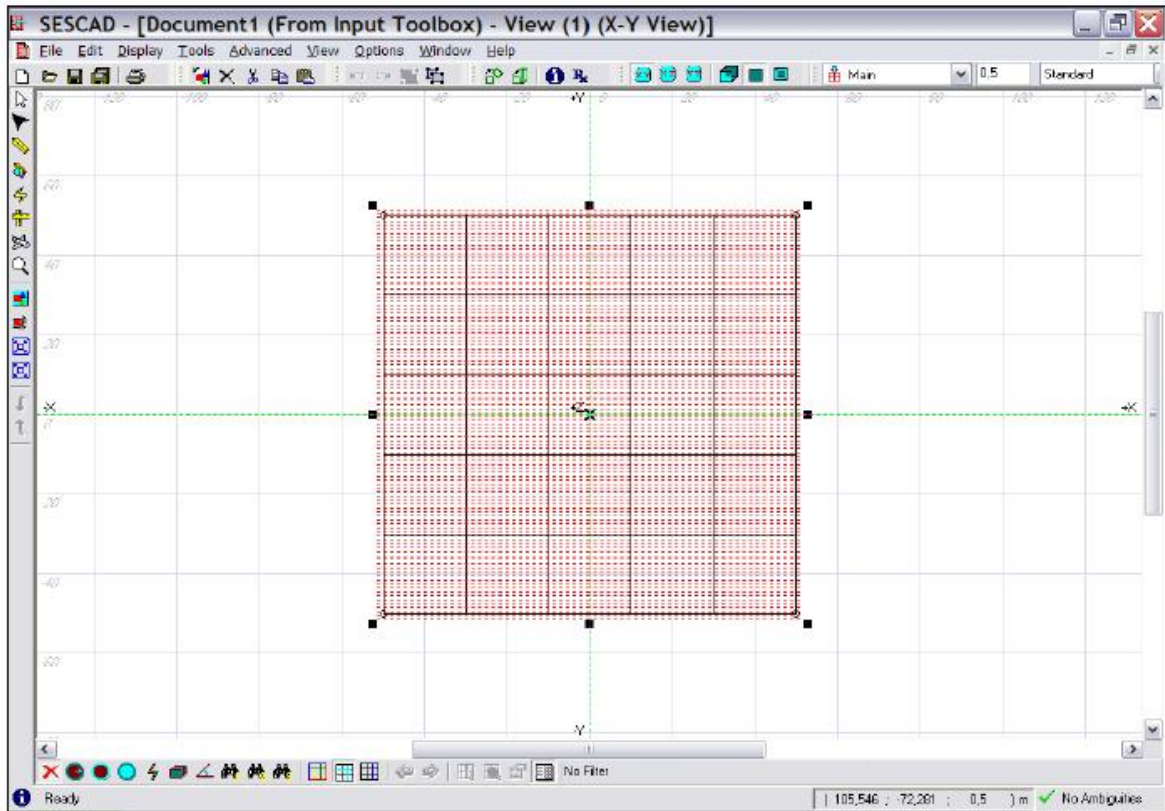
Εικόνα 5.10

Εδώ προσδιορίζουμε τις διαστάσεις των αγωγών ή του πλέγματος, τη διάταξή τους, το υλικό τους, καθώς και το ρεύμα ενεργοποίησης (ρεύμα σφάλματος που διαρρέει το σύστημα γείωσης):



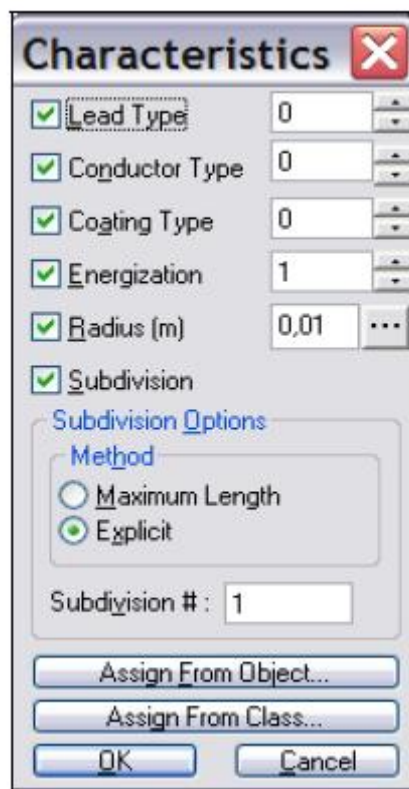
Εικόνα 5.11

Η διαδικασία αυτή μπορεί να γίνει με χειροκίνητη εισαγωγή των στοιχείων στον πίνακα που εικονίζεται παραπάνω είτε με γραφικό τρόπο με την επιλογή SesCAD:



Εικόνα 5.12

Στο παράδειγμα που παρουσιάζεται στις *Εικόνες 5.10 και 5.12* το σύστημα γείωσης αποτελείται από ένα τετραγωνικό πλέγμα διαστάσεων $100\text{m} \times 100\text{m}$ και τέσσερις ράβδους στις γωνίες του πλέγματος, μήκους 10m . Στο γραφικό περιβάλλον SesCAD ο σχεδιασμός του πλέγματος και των αγωγών γίνεται επιλέγοντας *Edit* → *Create Object* και στη συνέχεια *Grid* ή *Simple Conductor* αντίστοιχα και ο σχεδιασμός των ράβδων επιλέγοντας *Tools* → *Create Rods*. Επιλέγοντας *Detailed Grid* προσδιορίζουμε την ακριβή θέση του πλέγματος ενώ με την επιλογή *Simple Grid* ορίζουμε τις διαστάσεις του πλέγματος, το οποίο τοποθετείται αυτόματα συμμετρικά του άξονα yy' . Το υλικό των αγωγών ορίζεται στο πεδίο *Characteristics*, όπου έχουμε τη δυνατότητα επιλογής του τύπου σύνδεσης των αγωγών (*Lead Type*), του τύπου αγωγού (*Conductor Type*), τον τύπο του επικαλυπτικού στρώματος του αγωγού (*Coating Type*) και της ακτίνας διατομής του αγωγού (*Radius*), η οποία μπορεί να επιλεγεί από μια λίστα τυποποιημένων αγωγών (επιλογή κουμπιού).



Εικόνα 5.13

Το πεδίο Energization σχετίζεται με τον ορισμό του ρεύματος ενεργοποίησης που γίνεται στο System, όπως φαίνεται στην *Εικόνα 5.11* και το Subdivision με την διαίρεση του αγωγού σε όσα κομμάτια προσδιορίσουμε με την επιλογή explicit, στο πεδίο Subdivision #. Η διαίρεση του αγωγού γίνεται επίσης αυτόματα στις συνδέσεις του με τους υπόλοιπους αγωγούς με την επιλογή Presubdivide (Nsub) στο System (*Εικόνα 5.10*). Η διαίρεση του αγωγού αποσκοπεί στον ακριβή υπολογισμό της κατανομής του ρεύματος διαρροής προς γη στο πλέγμα γείωσης σε περίπτωση μη ομογενούς εδάφους. Στην περίπτωση όπου εξετάζουμε την απόκριση του συστήματος γείωσης σε υψηλές συχνότητες πρέπει να λαμβάνουμε υπόψη τον εξής περιορισμό για την κατάτμηση του αγωγού:

$$segm \leq \frac{1}{6} 3160 \cdot \sqrt{\frac{r}{f}} \Rightarrow segm \leq 527 \cdot \sqrt{\frac{r}{f}} \quad (5.1)$$

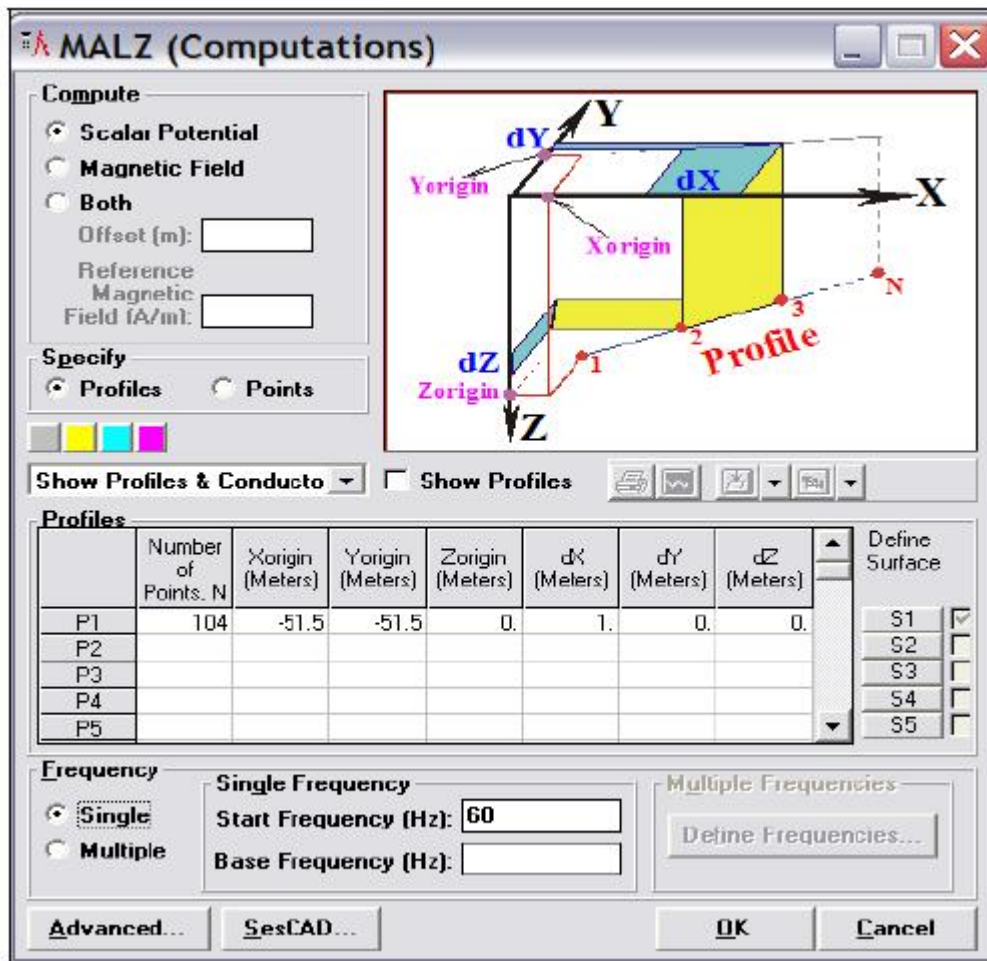
όπου

segm το μήκος των κομματιών στα οποία χωρίζεται ο αγωγός, σε m

ρ η ειδική αντίσταση σε Ωm

f η συχνότητα σε Hz

Επιπλέον, γενικά, θα πρέπει το μήκος του κομματιού, *segm*, να είναι τουλάχιστον πέντε φορές μεγαλύτερο της ακτίνας του αγωγού πλέγματος. Για την πραγματοποίηση της προσομοίωσης απαραίτητη είναι η δημιουργία ενός Profile (κόκκινο πλέγμα στην *Εικόνα 5.12*). Αυτό ορίζεται είτε στο SesCAD επιλέγοντας Edit → Create Object → Profiles είτε επιλέγοντας Computations στο αρχικό παράθυρο της εφαρμογής MALZ:



Εικόνα 5.14

Το Profile ορίζει «σημεία παρατήρησης» για τον υπολογισμό της τάσης επαφής και της βηματικής και είναι απαραίτητο να επεκτείνεται κατά περίπου 3 μέτρα εκτός του υποσταθμού που μελετάμε [20]. Στα πεδία dX, dY, dZ καθορίζεται η απόσταση μεταξύ των Profiles στους τρεις άξονες. Με την επιλογή Computations μπορούμε, όπως φαίνεται στην Εικόνα 5.14 να εξετάσουμε τη συμπεριφορά του συστήματος γείωσης σε διάφορες συχνότητες, επιλέγοντας Multiple στο πεδίο Frequency και ορίζοντας τις συχνότητες που μας ενδιαφέρουν στο πεδίο Define Frequencies. Η επιλογή αυτή χρησιμοποιείται στην ανάλυση σφαλμάτων με ευρύ φάσμα συχνοτήτων, όπως είναι οι κεραυνοί. Επιστρέφουμε στο αρχικό παράθυρο του MALZ και επιλέγουμε OK / Submit.

5.3 Προσομοίωση

Αφού επιλέξουμε Submit All στο Toolbox, πατάμε στο κουμπί RESAP ή MALZ στο παράθυρο Engineering. Με αυτόν τον τρόπο γίνεται η προσομοίωση του συστήματος γείωσης που σχεδιάσαμε, στις συνθήκες που ορίσαμε και υπολογίζονται η ειδική αντίσταση και το μοντέλο εδάφους (RESAP) και η εμπέδηση γείωσης, το GPR, η βηματική και η τάση επαφής κοκ (MALZ).

5.4 Παρουσίαση Αποτελεσμάτων

Στο πλαίσιο με την επιγραφή Plot / Report / Print επιλέγουμε το Toolbox:

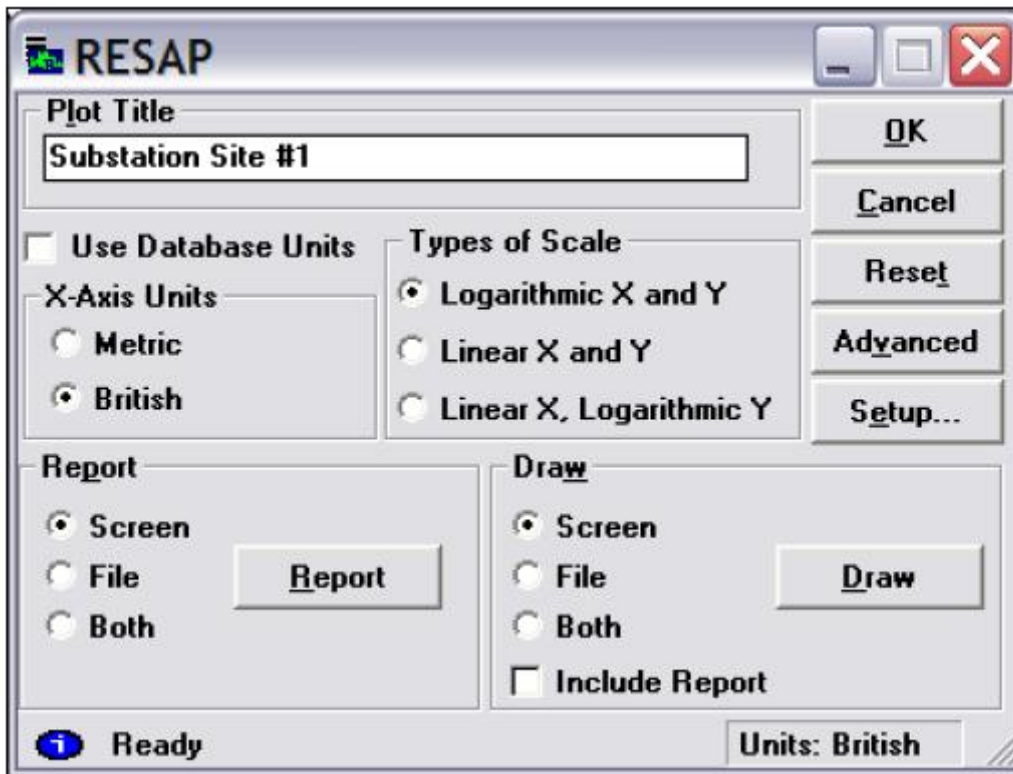


Εικόνα 5.15

Εδώ μας ενδιαφέρουν οι εφαρμογές RESAP και MALZ.

5.4.1 RESAP

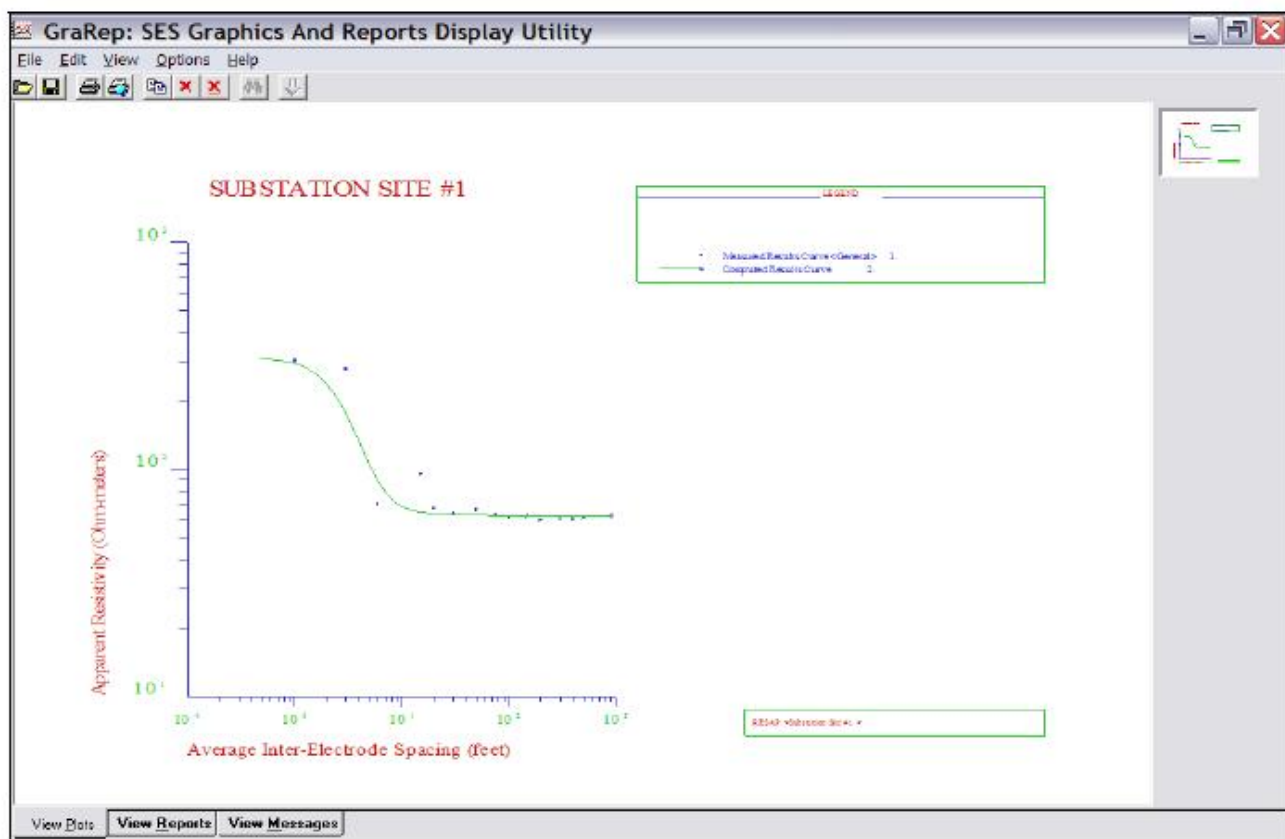
Επιλέγοντας την εφαρμογή RESAP εμφανίζεται το παρακάτω παράθυρο επιλογών:



Εικόνα 5.16

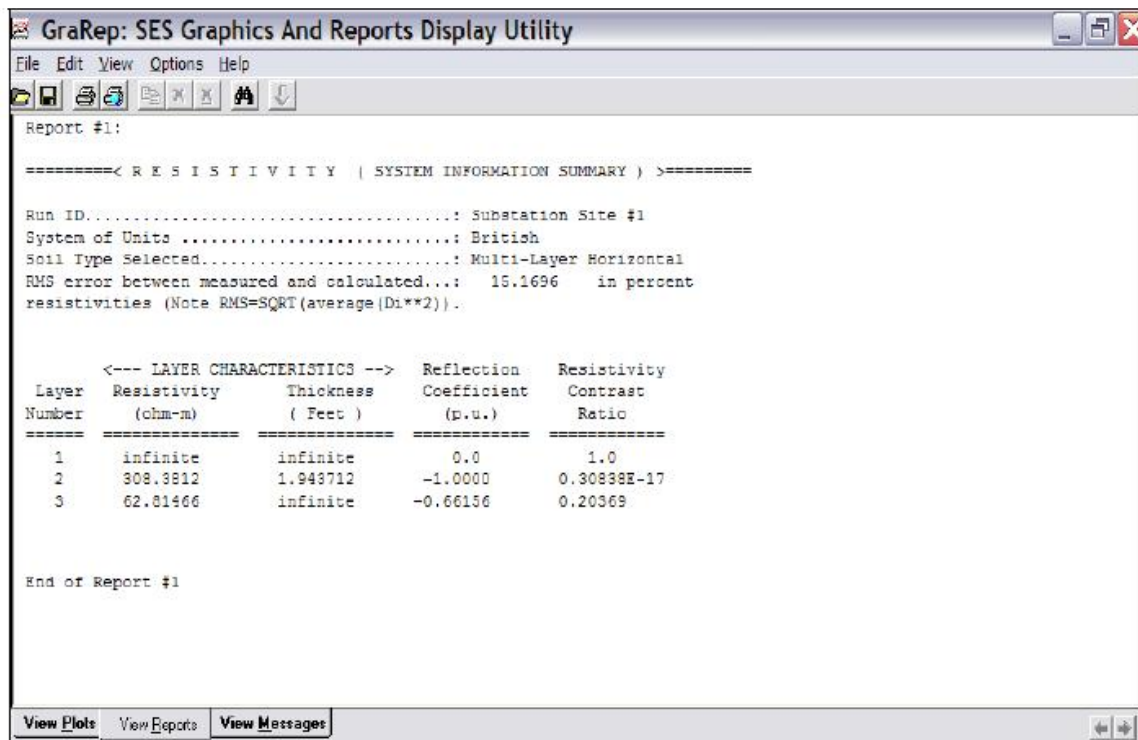
Ορίζουμε τον τίτλο του γραφήματος ώστε να ξεχωρίζουμε τις διάφορες περιπτώσεις μετρήσεων και πατώντας στο κουμπί Draw σχεδιάζεται με τη βοήθεια του εργαλείου GraRep το γράφημα της φαινόμενης ειδικής αντίστασης εδάφους. Σημειώνουμε ότι στον οριζόντιο άξονα του γραφήματος, μεταβλητή είναι η απόσταση μεταξύ των ηλεκτροδίων μέτρησης. Όπως επισημαίνουμε όμως στο *Κεφάλαιο 3* η ειδική αντίσταση σε βάθος a δίνεται από τη σχέση 3.1 ή 3.2 του *Κεφαλαίου* για απόσταση μεταξύ ηλεκτροδίων ίση με a .

Γίνεται φανερό λοιπόν ότι η μεταβλητή στον οριζόντιο άξονα αναφέρεται είτε στην απόσταση μεταξύ ηλεκτροδίων είτε στο βάθος. Σημειώνουμε ότι η ειδική αντίσταση που δίνεται από τη σχέση 3.2 λέγεται «φαινόμενη» στην περίπτωση μη ομοιογενούς εδάφους.



Εικόνα 5.17

Πατώντας στο κουμπί Report στο παράθυρο RESAP (Εικόνα 5.16) παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της προσομοίωσης σε μορφή κειμένου:

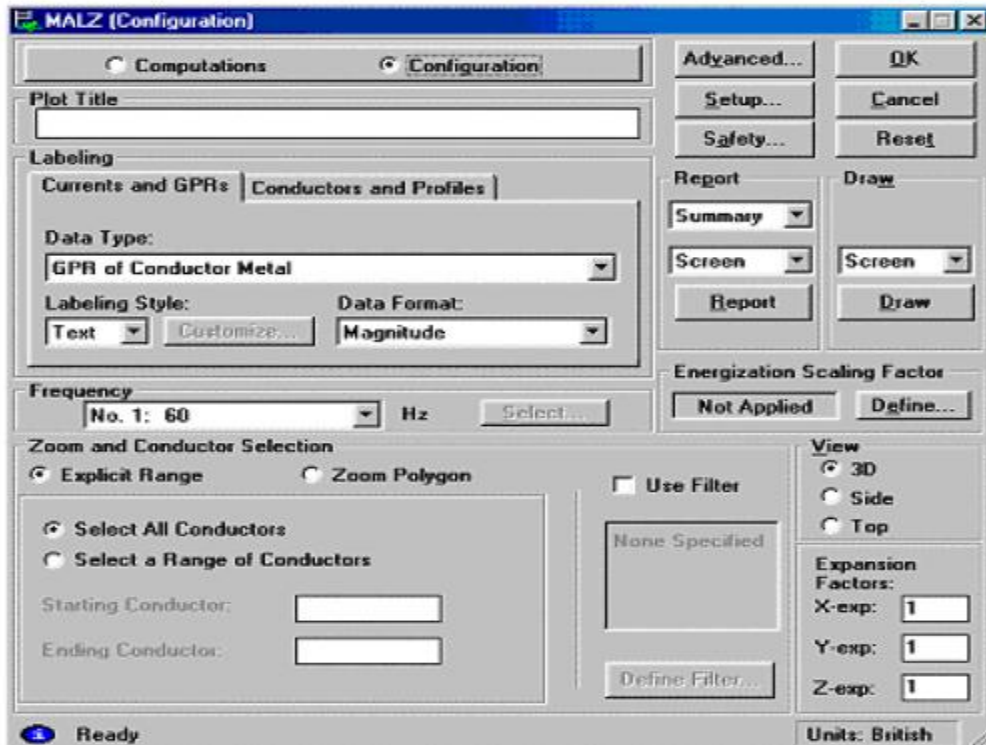


Et

κόνα 5.18

5.4.2 MALZ

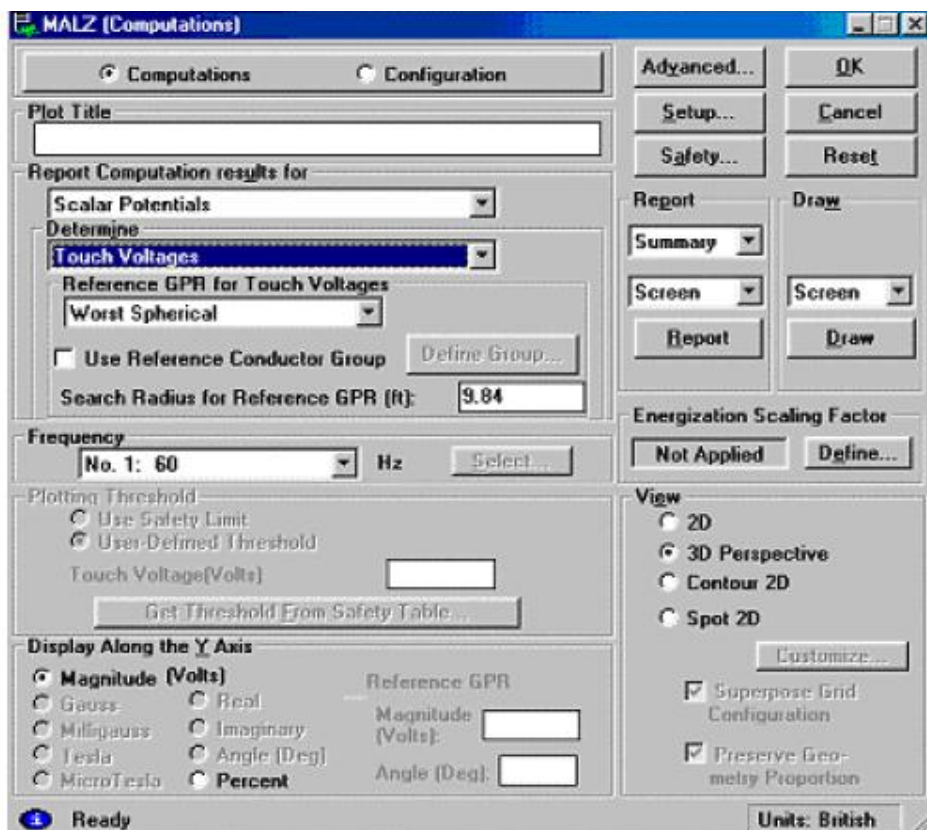
Επιλέγοντας την εφαρμογή MALZ εμφανίζεται το παρακάτω παράθυρο επιλογών:



Εικόνα 5.19

Εισάγουμε τον τίτλο του διαγράμματος στο πεδίο Plot Title. Με την επιλογή Report εμφανίζονται σε μορφή κειμένου τα δεδομένα που εισάγουμε στο πρώτο μέρος, σε σχέση με τις διαστάσεις του πλέγματος και τα χαρακτηριστικά του εδάφους, καθώς επίσης η τιμή της σύνθετης αντίστασης γείωσης για μία ή περισσότερες συχνότητες (πεδίο Frequency → Select). Επίσης με την επιλογή Select a Range of Conductors εξετάζουμε ένα μέρος μόνο του πλέγματος όπως και με την επιλογή Zoom, ενώ με την επιλογή Energization Scaling Factor έχουμε τη δυνατότητα αλλαγής του ρεύματος ενεργοποίησης χωρίς να είναι απαραίτητη η εκ νέου προσομοίωση. Πατώντας στο κουμπί Draw εμφανίζεται το διάγραμμα του δυναμικού, του ρεύματος διαρροής ή διαφόρων χαρακτηριστικών των αγωγών γείωσης (επιλέγουμε το μέγεθος που μας ενδιαφέρει στο πεδίο Data Type).

Επιλέγοντας Computations έχουμε την παρακάτω εικόνα:

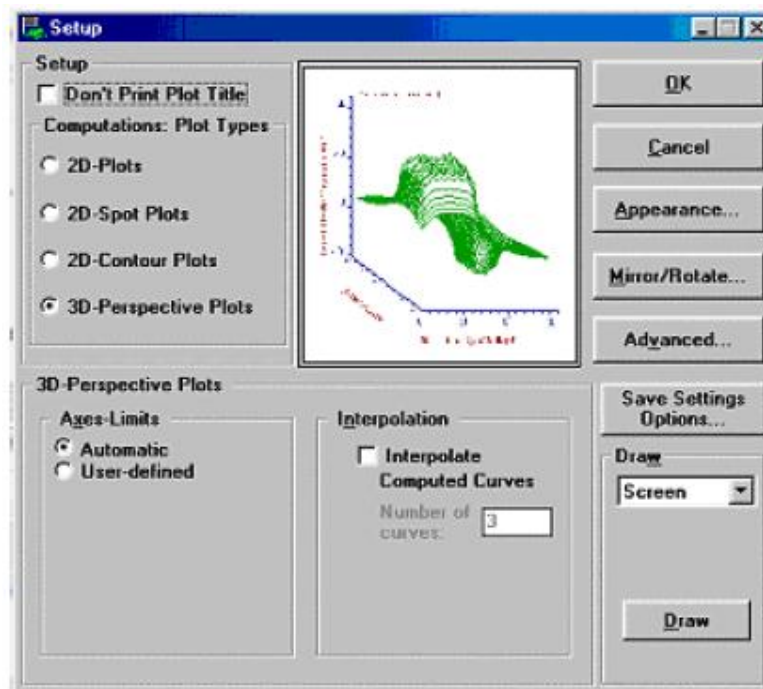


Εικόνα 5.20

Εδώ υπάρχει η δυνατότητα υπολογισμού του δυναμικού σε οποιοδήποτε σημείο του profile, της τάσης επαφής και της βηματικής, οι οποίες υπολογίζονται ως η διαφορά του GPR από το δυναμικό στην επιφάνεια του εδάφους και η διαφορά δυναμικού ανάμεσα σε δυο σημεία της επιφάνειας αντίστοιχα. Τα μεγέθη αυτά απεικονίζονται συναρτήσει των διαστάσεων του profile σε φυσικές μονάδες ή ποσοστό (%) σε δισδιάστατο ή τρισδιάστατο διάγραμμα.

Οι γραφικές παραστάσεις σχεδιάζονται με την επιλογή Draw. Με την επιλογή Advanced έχουμε στη διάθεσή μας ένα ολοκληρωμένο report της προσομοίωσης, όπου καταγράφονται αναλυτικά οι υπολογιζόμενες τιμές της τάσης σε κάθε σημείο του profile.

Με την επιλογή Setup επιλέγουμε τον τρόπο απεικόνισης των διαγραμμάτων, πχ δισδιάστατο, τρισδιάστατο, με ισουψείς:



Εικόνα 5.21

Τέλος, η επιλογή Safety, μας δίνει τη δυνατότητα του υπολογισμού της αντίστασης ποδιού καθώς και των επιτρεπόμενων τάσεων βηματικής και επαφής (επιλογή Report) σύμφωνα με τους διεθνείς κανονισμούς (IEEE, IEC):

SAFETY

Sample of 3 Fault Clearing Times (sec):

Fibrillation Current Calculation Method:

Body Resistance: IEEE IEC User-Defined

IEC Percentage: Percentage: %
 100% (hand-to-hand)
 75% (hand-to-2 feet)
 50% (2 hands-to-2 feet)

Resistivity: Sub-Surface Uniform Soil Layer Resistivity:

Frequency:

Foot Resistance Calculation Method: Extra Resistance (shoe, glove, etc):
 Foot Resistance:
 Soil Surface Covering Resistivity:

Report: Screen File Both

IEC Curve: Body Resistance of 95% of Population Exceeds Curve
 Body Resistance of 50% of Population Exceeds Curve
 Body Resistance of 5% of Population Exceeds Curve

Insulating Surface Layer: Thickness: Centimeters Meters Inches Feet
 Number of Surface Resistivities:
 Surface Layer Thickness:
 Starting Surface Resistivity:
 Incremental Surface Resistivity:
 (Resistivities in Ohm-m)

Decrement Factor: Default User-Defined Computed
 X/R Ratio:
 Decr. 1:
 Decr. 2:
 Decr. 3:

Safety Limits: Safe Touch Voltage (Volts): Safe Step Voltage (Volts):

Save Settings: for MALT Only for MALT, MALZ and HIFREQ

Εικόνα 5.22

Γειώσεις που συναντώνται σε βιομηχανικά-επαγγελματικά κτίρια και κατοικίες

Σε βιομηχανικά και επαγγελματικά κτίρια οι γειώσεις που Πρέπει να κατασκευάσουμε (για κατοικίες συνήθως κατασκευάζουμε τη λεγόμενη ηλεκτρολογική ή αλλιώς τη γείωση των αγώγιμων εκτεθειμένων μερών της ηλεκτρικής εγκατάστασης της κατοικίας) είναι οι εξής:

1. Γείωση Υποσταθμού (Υ/Σ)-ηλεκτρολογική γείωση.
2. Γείωση Ηλεκτροπαραγωγών Ζευγών (Η/Ζ)
3. Γείωση μονάδων αδιάλειπτης λειτουργίας (U.P.S.)
4. Γείωση Συστήματος Αντικεραυνικής Προστασίας (ΣΑΣΙ)
5. Γείωση ιδιαίτερα ευαίσθητων ηλεκτρονικών συσκευών και δικτύων τηλεματικής, εξοπλισμός
πληροφορικής κ.λπ. (καθαρή γείωση)
6. Γείωση τηλεφωνικού κέντρου.
7. Αντιστατική Γείωση.

6.1 Γείωση Υποσταθμού

Δύο είδη γειώσεων συναντούμε σε ένα Υ/Σ: τη γείωση των μεταλλικών στοιχείων της Μ.Τ. με την προϋπόθεση η τιμή της αντίστασης γείωσης να είναι μικρότερη των 40 Ω και τη γείωση του ουδετέρου κόμβου του Μ/Σ με την προϋπόθεση η τιμή της αντίστασης γείωσης να είναι μικρότερη των 10 Ω.

Σύμφωνα με τους ΚΕΗΕ, οδηγίες της ΔΕΗ και τα πρότυπα που ασχολούνται με τη γείωση των Υ/Σ, θα πρέπει να επιδιώκεται αφ' ενός η κατασκευή γείωσης με η μικρότερη δυνατή τιμή αντίστασης και αφ' ετέρου οι καλύτερες ισοδυναμικές συνδέσεις για η μεγαλύτερη δυνατή προστασία τόσο των ανθρώπων που επισκέπτονται τον υποσταθμό (Υ/Σ) όσο και του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού. Κατά το διαχωρισμό των γειώσεων (μεταλλικών και κόμβου), οι μονώσεις του Μ/Σ Καταπονούνται περισσότερο από τις υπερτάσεις που προέρχονται από το δίκτυο της ΜΙ. Γι' αυτό το λόγο θα πρέπει να καταβάλλεται προσπάθεια επίτευξης μίας κοινής γείωσης μικρότερης του 1 Ω. Η ΔΕΗ έχει τυποποιήσει τέσσερις τύπους παροχών με

σκοπό τη μεγαλύτερη δυνατή απλοποίηση των παροχών και τη μείωση του κοστολογίου των.

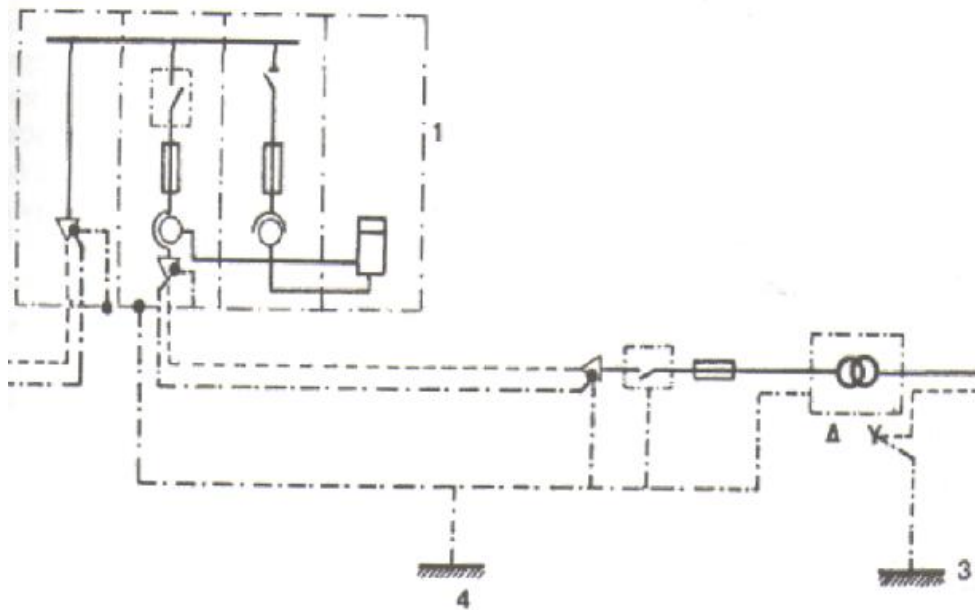
Τύπος	Εγκατάσταση μέτρησης	Μέγιστη ισχύς Υ/Σ
A1	Εξωτερικά (υπαίθρια)	Ένας ή περισσότεροι Μ/Σ ολικής ισχύος μέχρι 630 kVA
A2	Εξωτερικά (υπαίθρια)	Μεγαλύτερη από 630 kVA. Κάθε Μ/Σ όμως μικρότερος των 800 kVA
B1	Εσωτερικά (στεγασμένα)	Ένας ή περισσότεροι Μ/Σ ολικής ισχύος μέχρι 800 kVA
B2	Εσωτερικά (στεγασμένα)	Περιορισμένη μόνο από το δίκτυο Μ.Τ.

Πίνακας 6.1: Τύποι παροχών Υ/Σ

6.1.1 Γείωση των μεταλλικών στοιχείων Μέσης Τάσης (Μ.Τ)

Ο σκοπός της γείωσης των μεταλλικών στοιχείων είναι η αποφυγή επικίνδυνων τάσεων επαφής και βηματικών τάσεων που παρουσιάζονται σε βραχυκυκλώματα μεταξύ φάσεων και γης στη Μέση Τάση (Μ.Τ.). Αυτά ονομάζονται και “σφάλματα γης ή υπερπηδήσεων Μ.Τ.”. Τέτοια σφάλματα γης μπορούν να δημιουργηθούν από το δίκτυο μεταφοράς της ηλεκτρικής Ενέργειας γενικά ή από υπερπηδήσεις τόξου όπως μεταξύ φάσης και δοχείου διαστολής του Μ/Σ ή και άλλων μεταλλικών μερών του Υ/Σ.

Ουσιαστικά η γείωση των μεταλλικών και κατά συνέπεια η προϋπόθεση των 40 Ω, συμπεριλαμβάνει, τη γείωση των μεταλλικών του Υ/Σ, τη γείωση του μεταλλικού μανδύα των καλωδίων Μ.Τ. ή του αγωγού γείωσης που τοποθετείται αντί αυτού και των μεταλλικών του δικτύου παροχής του Υ/Σ (πριν τον Υ/Σ).



Εικόνα 6.1: Διάταξη γείωσης για συνολική αντίσταση γείωσης μεγαλύτερη του 1Ω . Στην περίπτωση όπου η γείωση ήταν $< 1 \Omega$ θα ήταν κοινές οι γειώσεις του ουδέτερου (3) και των μεταλλικών στοιχείων (4).

6.1.2 Γείωση Ουδέτερου κόμβου (γείωση λειτουργίας)

Θα πρέπει να αποσαφηνισθεί ότι στον υπολογισμό της τιμής της αντίστασης γείωσης του ουδέτερου κόμβου του Μ/Σ και κατά συνέπεια η τιμή των 10Ω , λαμβάνεται υπόψη η αντίσταση που επιτυγχάνεται από το σύνολο των γειώσεων του ουδέτερου κόμβου. Στα δίκτυα μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας για π.χ. ο ουδέτερος γειώνεται περισσότερο από μία φορά τόσο στις κολώνες μεταφοράς όσο στους μετρητές της ηλεκτρικής ενέργειας στους καταναλωτές στη περίπτωση της ουδετέρωσης (TN-S ή TN-C). Είναι λοιπόν η συνολική τιμή της αντίστασης της γείωσης που βλέπουμε λύνοντας τον αγωγό από τον ουδέτερο κόμβο του Μ/Σ έως τους καταναλωτές ή το καταναλωτή.

6.1.3 Κατασκευή γείωσης σε Υποσταθμό

Στην περίπτωση κατασκευής νέου κτιρίου Υ/Σ επωφελούμαστε του γεγονότος κατασκευάζοντας Θεμελιακή γείωση, όπως άλλωστε γίνεται σε όλα τα νεοανεγερθέντα κτίρια. Στην περίπτωση παλαιού κτιρίου όπου υπάρχει ήδη ο χώρος του Υ/Σ θα πρέπει να προτιμηθεί η κατασκευή περιμετρικής γείωσης, χωρίς να αποκλείεται η τοποθέτηση άλλου τύπου γειωτή.

Σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να γίνεται προσπάθεια ώστε κατά τη κατασκευή της γείωσης να επιτευχθεί τιμή αντίστασης μικρότερης ή ίσης του 1Ω ώστε να επιτευχθεί η δυνατότητα κοινής γείωσης μεταλλικών στοιχείων του Υ/Σ Και του ουδέτερου κόμβου του Μ/Σ.

6.1.3.1 Περίπτωση όπου η τιμή της αντίστασης της γείωσης είναι μικρότερη ή ίση του 1Ω

Γίνεται αντιληπτό ότι στην τιμή της αντίστασης γείωσης του Υ/Σ ($R \leq 1 \Omega$), συμπεριλαμβάνονται και συνυπολογίζονται όλες μαζί οι γειώσεις από τη γείωση που κατασκευάσαμε στο χώρο τοποθέτησης του Υ/Σ και που δεν γνωρίζουμε ακόμα αν θα τη

χρησιμοποιήσουμε ως γείωση των μεταλλικών ή του ουδέτερου ή ως κοινή γείωση, τη γείωση των μεταλλικών στοιχείων τροφοδοσίας του Υ/Σ, τη γείωση του μεταλλικού μανδύα των καλωδίων Μ.Τ. ή του αγωγού γείωσης που τοποθετήσαμε αντί αυτού, τη γείωση των υπογείων καλωδίων που τροφοδοτούν τον Υ/Σ καθώς επίσης και η αντίσταση γείωσης των υπογείων καλωδίων που ο Υ/Σ τροφοδοτεί τους πίνακες διανομής Χ.Τ. εφόσον αυτά τα υπόγεια καλώδια εμπεριέχονται σε μεταλλικά περιβλήματα. Είναι σαφές ότι εάν το αθροιστικό μήκος των αναφερομένων καλωδίων είναι μεγαλύτερο από 1200 m, διευκολύνεται η απαίτηση του 1 Ω για κοινή γείωση, χωρίς να αίρεται η κατασκευή γείωσης στο χώρο του Υ/Σ. Στην περίπτωση που οι ανωτέρω αναφερόμενοι υπόγειοι αγωγοί τροφοδοσίας, ανεξαρτήτου του μήκους των, εμπεριέχονται σε πλαστικό μανδύα, το προαναφερθέν πλεονέκτημα του μεταλλικού μανδύα στη μείωση της αντίστασης γείωσης δεν υφίσταται.

Ο ουδέτερος κόμβος του Μ/Σ, μέσω αγωγού που καλείται ουδέτερος, καταλήγει στη μπάρα του ουδέτερου στο Γενικό Πίνακα Χαμηλής Τάσης (Γ.Π.Χ.Τ.), στους υποπίνακες διανομής.

Αν μετά το Γ.Π.Χ.Τ ή τους υποπίνακες διανομής, ο παραπάνω αγωγός εκτελεί χρέη και αγωγού προστασίας των μεταλλικών στοιχείων της Χ.Τ τότε έχουμε TN-C σύστημα. Στη περίπτωση που αναχωρούν ξεχωριστά ουδέτερος και αγωγός προστασίας των μεταλλικών στοιχείων της Χ.Τ, έχουμε TN-S σύστημα.

6.1.3.2 Περίπτωση όπου η τιμή της αντίστασης της γείωσης είναι μεγαλύτερη του 1 Ω

Εάν οι συνολικές γειώσεις όπως αυτές αναφέρονται στη προηγούμενη παράγραφο δεν δώσουν τιμή αντίστασης μικρότερης του 1 Ω, σύμφωνα με τους κανονισμούς είμαστε υποχρεωμένοι να κατασκευάσουμε δύο ανεξάρτητες γειώσεις σε αρκετή απόσταση η μία από την άλλη (εξαρτάται από το είδος του ή των γειωτών που χρησιμοποιήσαμε). Συνιστάται η γείωση που ήδη έχουμε κατασκευάσει και που μαζί με τις άλλες όπως προαναφέραμε ξεπερνούν τη τιμή του 1 Ω, να τη χρησιμοποιούμε ως γείωση των μεταλλικών και να κατασκευάζουμε άλλη σε αρκετή απόσταση (περίπου 30 m) και να τη χρησιμοποιούμε ως γείωση του ουδέτερου. Σε αυτή τη περίπτωση η σύνδεση του γειωτή με τον ουδέτερο κόμβο του Μ/Σ γίνεται με μονωμένο αγωγό και μάλιστα ΝΥΥ.

Διακρίνουμε δύο περιπτώσεις στη γείωση του ουδέτερου κόμβου του Μ/Σ:

1. Όταν η αντίσταση γείωσης του ουδέτερου κόμβου $\leq 10 \Omega$

Σε αυτή την περίπτωση όπου η αντίσταση γείωσης του ουδέτερου κόμβου είναι μικρότερη ή ίση με 10 Ω, ως μέθοδος προστασίας επιτρέπεται από τους ΚΕΝΕ η ουδετέρωση (σύστημα σύνδεσης των γειώσεων TN-S ή TN-C κατά ΕΛΟΤ HD 384) στο εσωτερικό ης ηλεκτρικής εγκατάστασης Χ.Τ. Μπορούμε να διακρίνουμε τις εξής δύο περιπτώσεις:

α) Τα μεταλλικά στοιχεία της Χ.Τ. συμπεριλαμβανομένου και του ερμαρίου του Γενικού Πίνακα Χαμηλής Τάσης (Γ.Π.Χ.Τ.) που είτε βρίσκονται στον ίδιο χώρο με τα μεταλλικά στοιχεία της Μ.Τ. είτε είναι γαλβανικά συνδεδεμένα με αυτά, θα πρέπει να συνδεθούν μεταξύ τους στη γείωση των μεταλλικών στοιχείων Μ.Τ. και όχι στη γείωση του ουδέτερου κόμβου.

β) Όταν τα μεταλλικά στοιχεία της Χ.Τ. συμπεριλαμβανομένου και του ερμαρίου του Γ.Π.Χ.Τ., δεν βρίσκονται στο χώρο του Υ/Σ ή έχει επιτευχθεί γαλβανικός διαχωρισμός

μεταξύ αυτών και των μεταλλικών στοιχείων της Μ.Τ., μπορούν να συνδεθούν με τη γείωση του ουδετέρου κόμβου του Μ/Σ.

Σε κάθε περίπτωση εξυπακούεται ότι στη γείωση του ουδετέρου κόμβου μπορεί να συνδεθεί η γείωση των μεταλλικών στοιχείων της Χ.Τ. που έχει κατασκευασθεί σε άλλους χώρους του κτιριακού συγκροτήματος, εφ' όσον θεωρείται ότι υπάρχει γαλβανικός διαχωρισμός μεταξύ αυτών και των μεταλλικών στοιχείων της Μ.Τ. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η γείωση που κατασκευάζουμε σε ένα κτίριο, αφού καταλήξει μέσω του αγωγού γείωσης στο μετρητή της ΔΕΗ αυτός με τη σειρά του συνδέεται με τον ουδέτερο ης ΔΕΗ (περίπτωση ουδετέρωσης ή TN).

Στην αντίθετη περίπτωση και προκειμένου να επιτυγχάνεται ο διαχωρισμός μεταξύ μεταλλικών Μ.Τ. και ουδετέρου (απαίτηση των Κανονισμών όταν δεν έχει επιτευχθεί συνολική γείωση στον Υ/Σ μικρότερη ή ίση του 1 Ω), υπάρχει μεγάλος κίνδυνος για τον άνθρωπο όταν βρίσκεται σε επαφή για παράδειγμα με το ερμάριο του Γ.Π.Χ.Τ και δεν βρίσκεται στο ίδιο δυναμικό με τη γείωση των μεταλλικών Μ.Τ.

Συγκεκριμένα στην περίπτωση που έχει επιτευχθεί ο γαλβανικός διαχωρισμός μεταξύ των μεταλλικών στοιχείων Μ.Τ. από τα μεταλλικά στοιχεία της Χ.Τ, συμπεριλαμβανομένου και του Γ.Π.Χ.Τ, αλλά βρίσκονται στον ίδιο χώρο του Υ/Σ, υπάρχει κίνδυνος για τον άνθρωπο σε περίπτωση μονοφασικού βραχυκυκλώματος από την πλευρά της Μ.Τ.

Σε μια τέτοια περίπτωση αν π.χ. το ένα χέρι ενός ανθρώπου βρίσκεται σε επαφή με κάποιο μεταλλικό στοιχείο που φέρει το δυναμικό κατά τη στιγμή ης βλάβης της Μ.Τ και το άλλο του άκρο π.χ. με το ερμάριο Γ.Π.Χ.Τ το οποίο θα φέρει το δυναμικό κάποιας άλλης γείωσης που θα έχει κατασκευασθεί για η γείωση των μεταλλικών στοιχείων της Χ.Τ. ο άνθρωπος θα βρεθεί σε επικίνδυνη διαφορά δυναμικού. Αυτός είναι άλλωστε ο λόγος όπου στη γείωση Μ.Τ συνδέουμε και την αντικεραυνική από τη στιγμή που εύκολα μπορεί να έρθει κάποιος σε επαφή με τις δύο γειώσεις όταν συνυπάρχουν στον ίδιο χώρο και έχει κατασκευασθεί γείωση για τον ουδέτερο κόμβο σε ικανή απόσταση ώστε να θεωρούνται γαλβανικά ανεξάρτητες.

2. Όταν η αντίσταση γείωσης του ουδετέρου κόμβου >10 Ω

Στην περίπτωση όπου η τιμή της αντίστασης γείωσης του ουδέτερου κόμβου του Μ/Σ είναι μεγαλύτερη των 10 Ω συνιστάται η τοποθέτηση ισοδυναμικού πλέγματος στο χώρο που έχει κατασκευασθεί η γείωσή του εάν δεν υπάρχει θεμελιακή γείωση.

Σε αυτή την περίπτωση δεν επιτρέπεται η εφαρμογή της ουδετέρωσης. Ο ουδέτερος κόμβος του Μ/Σ μέσω αγωγού που καλείται ουδέτερος καταλήγει στη μπάρα του ουδέτερου του Γ.Π.Χ.Τ. και στους υποπίνακες διανομής όπως και αυτήν προηγούμενη περίπτωση. Τα μεταλλικά Χ.Τ. που βρίσκονται στο χώρο του Υ/Σ και που δεν έχει επιτευχθεί γαλβανικός διαχωρισμός αυτών με τα μεταλλικά ης Μ.Τ., τα συνδέουμε στα μεταλλικά Μ.Τ.

Στην περίπτωση όπου τα μεταλλικά Χ.Τ. δεν βρίσκονται στον ίδιο χώρο ή έχει εξασφαλισθεί ο γαλβανικός διαχωρισμός αυτών με τα μεταλλικά Μ.Τ., δεν συνδέονται με τη γείωση του ουδετέρου κόμβου. Σε αυτή τη περίπτωση απαιτείται ξεχωριστή γείωση.

Στην περίπτωση που έχουν κατασκευασθεί γειώσεις για τα μεταλλικά Χ.Τ. σε άλλα κτίρια, δεν συνδέονται με τη γείωση του ουδετέρου κόμβου. Μπορούν όμως να συνδεθούν μετά μεταλλικά στοιχεία Χ.Τ. του Υ/Σ που έχουν διαχωριστεί γαλβανικά ή βρίσκονται σε άλλο χώρο από τα μεταλλικά στοιχεία ΜΕ (περίπτωση άμεσης γείωσης ή TT). Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η γείωση που κατασκευάζουμε σε ένα κτίριο αφού

καταλήξει μέσω του αγωγού γείωσης στο μετρητή ης ΔΕΗ αυτός με τη σειρά του δεν συνδέεται με τον ουδέτερο ης ΔΕΗ (περίπτωση άμεσης γείωσης ή TT) κατόπιν απαίτησης της ΔΕΗ, εφόσον η ΔΕΗ δεν έχει καταφέρει να επιτύχει συνολική γείωση του ουδέτερου κάτω των 10 Ω. Για την απλοποίηση του συστήματος θα πρέπει πάντα να γίνεται προσπάθεια επίτευξης συνολικής αντίστασης του ουδέτερου μικρότερη ή ίση των 10 Ω εάν δεν μπορεί να επιτευχθεί συνολική τιμή γείωσης μικρότερη του 1 Ω.

6.1.4 Διαστασιολόγηση αγωγού γείωσης

Γενικά η διατομή του αγωγού γείωσης καθορίζεται από την αντοχή του αγωγού σε μονοφασικό ρεύμα βραχυκύκλωσης και από το χρόνο που απαιτείται από το μέσο προστασίας του κυκλώματος να διακόψει το βραχυκύκλωμα.

Στην Οδηγία 34 της ΔΕΗ αναφέρονται ενδεικτικές τιμές διατομών-ρευμάτων για μονοφασικό βραχυκύκλωμα ως προς γη διάρκειας 1 sec και ανύψωση θερμοκρασίας κατά 200°C.

Δύναται να γίνει αποδεκτή και η ανύψωση της θερμοκρασίας μέχρι 300°C εφόσον δεν υπάρχει κίνδυνος ανάφλεξης παρακείμενων υλικών, οπότε οι τιμές του πίνακα 3 που ακολουθεί αυξάνονται κατά 20%.

Για Μ/Σ μέχρι 630 KVA και τροφοδοσία από διακλάδωση με ασφάλειες, ο αγωγός γείωσης μπορεί να είναι Ιό πυυ2, Πέραν του ορίου αυτού αυξάνει αναλογικά. Στην πράξη η ελάχιστη διατομή αγωγού γείωσης είναι 50 mm².

Ο αγωγός γείωσης του κόμβου Θα πρέπει να είναι μονωμένος και μάλιστα εάν απαιτείται να τοποθετηθεί εντός του εδάφους Θα πρέπει να φέρει ειδική μόνωση π.χ. NYΥ στη περίπτωση που ο Υ/Σ δεν έχει συνολική τιμή αντίστασης γείωσης μικρότερη του 1 Ω και κατά συνέπεια απαιτούνται ξεχωριστές γειώσεις των μεταλλικών και του ουδέτερου κόμβου.

Ο αγωγός γείωσης των μεταλλικών στοιχείων μπορεί να είναι γυμνός μονόκλωνος είτε πολύκλωνος χάλκινος ή ισοδύναμης διατομής επιψευδαργυρωμένου χάλυβα.

Διατομή (mm ²)	Επιτρεπόμενη ένταση (kA)
16	2.5
25	4
35	5.5
50	8
70	11.5

Πίνακας 6.2: Ενδεικτικές τιμές διατομών (Οδηγία 34-ΔΕΗ)

Γενικά η διατομή του αγωγού καθορίζεται από την αντοχή του αγωγού σε ρεύμα βραχυκύκλωσης μονοφασικό ως προς τη γη, για διάρκεια όσο ο χρόνος λειτουργίας των μέσων προστασίας. Σύμφωνα με το πρότυπο **ΕΛΟΤ HD384**, υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο:

$$S = \frac{\sqrt{I^2 * t}}{k} \text{ mm}^2 \quad (6.1)$$

Όπου:

I το μέγιστο ρεύμα στερεού βραχυκυκλώματος (ενεργός τιμή σε A)

t χρόνος απόξευξης του οργάνου προστασίας

k συντελεστής

Ο συντελεστής **k** εξαρτάται από το υλικό και την μόνωση του αγωγού προστασίας καθώς και την αρχική και τελική θερμοκρασία πριν και μετά το σφάλμα.

Η διατομή κάθε αγωγού προστασίας που δεν περιλαμβάνεται στο ίδιο περίβλημα με τους αγωγούς φάσεων ή δεν αποτελεί πόλο καλωδίου, πρέπει να είναι μεγαλύτερη από $2,5\text{mm}^2$, εάν προβλέπεται μηχανική προστασία, 4mm^2 , σε αντίθετη περίπτωση. Στην περίπτωση χάλκινου αγωγού από PVC το **k=143**. Σύμφωνα, επίσης, με το πρότυπο **ΕΛΟΤ HD384**, οι ελάχιστες διατομές των αγωγών γείωσης θαμμένων στο έδαφος δίδονται στον πίνακα 6.3.

	Με μηχανική προστασία	Χωρίς μηχανική προστασία
Με προστασία έναντι διάβρωσης*	Σύμφωνα με τους παραπάνω τύπους	$16\text{ mm}^2\text{ Cu}$ $16\text{ mm}^2\text{ St/tZn}$
Χωρίς προστασία έναντι διάβρωσης	25mm^2 50mm^2	25mm^2 50mm^2

Πίνακας 6.3

*Για παράδειγμα με την χρήση μανδύα.

Τέλος, μπορεί να γίνει επιλογή της διατομής του αγωγού προστασίας σύμφωνα με τον πίνακα 6.4.

Διατομή των αγωγών των φάσεων της εγκατάστασης, $S(\text{mm}^2)$	Ελάχιστη διατομή του αντίστοιχου αγωγού προστασίας, $S_p(\text{mm}^2)$
$S \leq 16$	$S_p=S$
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	$S/2$

Πίνακας 6.4

Οι παραπάνω τιμές ισχύουν για αγωγό προστασίας κατασκευασμένο από το ίδιο μέταλλο των αγωγών φάσεων. Σε άλλη περίπτωση, θα πρέπει να προσδιορισθεί η ισοδύναμη

αγωγιμότητα. Αγωγός προστασίας κοινός με περισσότερα κυκλώματα, η διατομή του θα αντιστοιχεί προς τη μεγαλύτερη διατομή αγωγού φάσης αυτών των κυκλωμάτων.

6.1.5 Στην περίπτωση που στους βιομηχανικούς-επαγγελματικούς χώρους και κτίρια δεν υπάρχει υποσταθμός

Στην περίπτωση που δεν υπάρχει υποσταθμός, ο καταναλωτής Χαμηλής Τάσης είναι υποχρεωμένος να κατασκευάσει τοπική γείωση (γείωση των εκτεθειμένων αγωγίμων μερών) η οποία θα καταλήγει μέσω αγωγού γείωσης στο μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας της ΔΕΗ. Για απλές οικιακές κτιριακές εγκαταστάσεις η διατομή του αγωγού γείωσης προς το ρολόι θα πρέπει να είναι κατ' ελάχιστον 16 mm² ΝΥΑ. Η επιχείρηση στην οποία ανήκει το δίκτυο διανομής (π.χ. ΔΕΗ) είναι υπεύθυνη για τον τύπο δικτύου που θα ακολουθήσει, δηλαδή άμεση ή TT, έμμεση (ουδετέρωση ή TN), ενώ ο καταναλωτής είναι υποχρεωμένος να ακολουθήσει τους Κ.Ε.Η.Ε και το πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384.

Όταν υπάρχουν μετρητές περισσότεροι του ενός, π.χ. πολλά διαμερίσματα σε πολυκατοικία, απαιτείται επίσης η κατασκευή μίας τοπικής γείωσης και ο αγωγός γείωσης (τουλάχιστον 16 mm²) ενώνεται με τον πρώτο μετρητή. Οι άλλοι μετρητές ενώνονται με τον πρώτο στους κόμβους γείωσης των, μέσω αγωγού ίδιας διατομής με τον αγωγό γείωσης.

6.2 Γείωση Ηλεκτρολογικού Ζεύγους (H/Z)

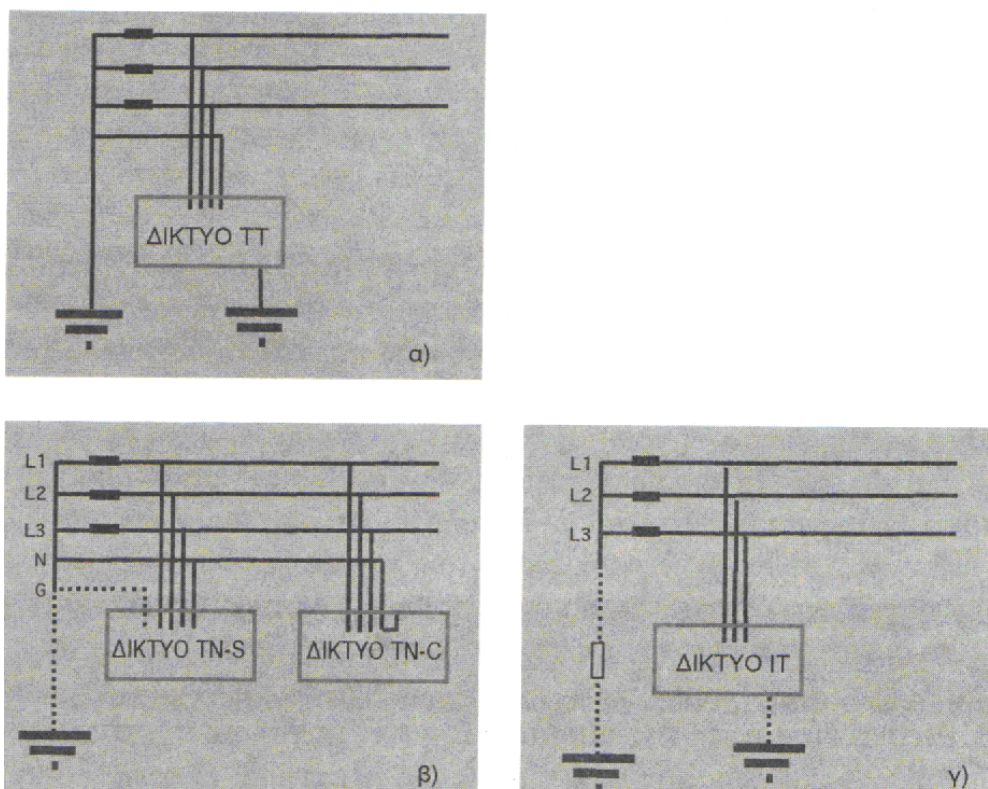
Αφορά τη περίπτωση όπου ο καταναλωτής έχει H/Z ως εφεδρεία και Κύρια τροφοδότηση το δίκτυο της ΔΕΗ. Οι γεννήτριες και τα εξαρτήματα αυτών, θα πρέπει να γίνεται προσπάθεια να εγκαθίστανται σε ειδικούς χώρους. Στις περιπτώσεις που δεν μπορεί να συμβεί θα πρέπει να περιφράσσονται κάγκελα.

Σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384, θα πρέπει να υπολογίζονται τα ρεύματα βραχυκύκλωσης και ως προς γη, για κάθε δυνατή κατάσταση τροφοδότησης, έτσι ώστε σε κάθε σημείο της εγκατάστασης το αναμενόμενο ρεύμα βραχυκύκλωσης να μην υπερβαίνει την αντοχή των διατάξεων προστασίας ή άλλων υλικών. Για λόγους ασφάλειας θα πρέπει να προβλέπονται μία ηλεκτρική ή μηχανική ή ηλεκτρομηχανική αλληλομανδάλωση μεταξύ των μηχανισμών λειτουργίας ή των κυκλωμάτων ελέγχου ης διάταξης μεταγωγής, σύστημα κλειδώματος με κοινό κλειδί, ένας μεταγωγικός διακόπτης Τριών Θέσεων κάθε άλλο μέσο ισοδύναμου βαθμού ασφαλείας. Για τη γείωση του H/Z θα πρέπει να διακρίνουμε δύο βασικές περιπτώσεις ανάλογα με το αν υπάρχει ουδετέρωση (TN) ή άμεση γείωση (TT).

6.2.1 Συστήματα σύνδεσης των γειώσεων κατά ΕΛΟΤ HD 384

Οι βασικοί τύποι χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες (Εικόνα 6.2):

- ο TN (Terra - Neutral)
- ο TT (Terra - Terra)
- ο IT (Insulate - Terra)



Εικόνα 6.2: Μέθοδοι προστασίας κατά ΚΕΗΕ (α,β)-Συστήματα σύνδεσης γειώσεων κατά ΕΛΟΤ HD 384 (α,β,γ)

Σε κάθε μία εκ των παραπάνω περιπτώσεων, το πρώτο γράμμα δηλώνει πάντοτε την γείωση της πηγής παροχής ρεύματος και το δεύτερο την γείωση των σωμάτων (σασί) στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις καταναλώσεως.

∅ Αν το πρώτο γράμμα είναι :

T : δηλώνει την άμεση γείωση ης πηγής παροχής ρεύματος (ουδέτερου)

I : δηλώνει την μόνωση τασικών ενεργών τμημάτων έναντι γης ή την σύνδεση ενός τασικού τμήματος μέσω μιας αντιστάσεως με την γη.

∅ Αν το δεύτερο γράμμα είναι :

T : δηλώνει ότι τα εκτεθειμένα αγώγιμα μέρη (μεταλλικό σασί κ.λπ.) είναι άμεσα γειωμένα ανεξάρτητα από την γείωση της πηγής παροχής ρεύματος (του ουδέτερου).

N : δηλώνει ότι τα εκτεθειμένα αγωγιμα μέρη (μεταλλικό σασί κ.λπ.) είναι άμεσα συνδεδεμένα με τον ουδέτερο του συστήματος τροφοδότησης.

Στους προαναφερόμενους βασικούς τύπους εμπεριέχονται δύο επιπλέον παραλλαγές στο σύστημα σύνδεσης των γειώσεων TN. Αυτές οι παραλλαγές διαφέρουν μεταξύ τους στην διάταξη του ουδέτερου αγωγού **N** και του αγωγού προστασίας **PE (Protection Earthing)**, του αγωγού δηλαδή που προορίζεται για την ηλεκτρική σύνδεση των εκτεθειμένων αγωγικών μερών με άλλα ξένα αγωγικά στοιχεία, ή με το κύριο ακροδέκτη γείωσης, ή με κάποιο ηλεκτρόδιο γείωσης, ή με κάποιο γειωμένο σημείο της πηγής τροφοδότησης ή τεχνητού ουδέτερου κόμβου.

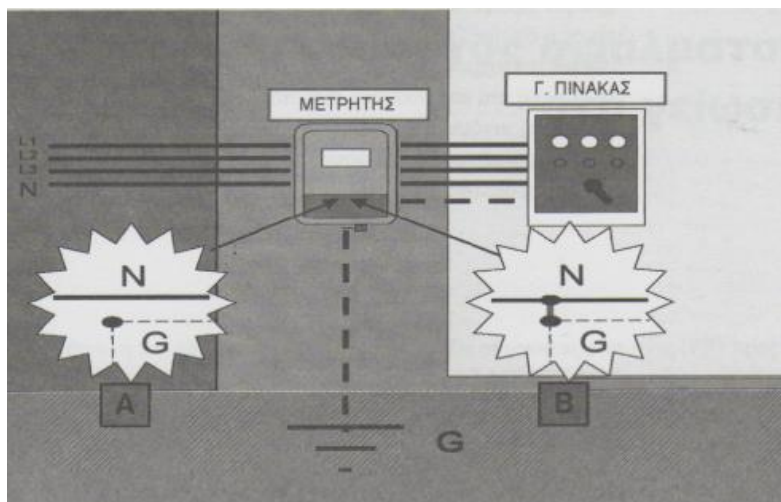
Σύμφωνα λοιπόν με τα παραπάνω το σύστημα σύνδεσης των γειώσεων **TN** θα το συναντούμε ως **TN-S** ή **TN-C**.

∅ Στην τρίτη θέση χρησιμοποιούνται τα παρακάτω γράμματα που δηλώνουν:

- Το **S** δηλώνει ότι ο ουδέτερος αγωγός (N) και αγωγός προστασίας (PE) είναι δύο ξεχωριστοί αγωγοί (Separate).
- Το **C** δηλώνει ότι ο ουδέτερος αγωγός και αγωγός προστασίας είναι ένας αγωγός κοινός (Common) ή αλλιώς αγωγός **PEN (Protection Earth & Neautral)**.

Σύμφωνα με τα παραπάνω ισχύουν:

- **TN-S:** Ουδετέρωση όπου στο εσωτερικό της εγκατάστασης εισχωρούν ξεχωριστοί αγωγοί ουδέτερου και γείωσης (N και PE).
- **TN-C:** Ουδετέρωση όπου στο εσωτερικό της εγκατάστασης εισχωρεί ένας αγωγός που κάνει χρήση ουδέτερου και γείωσης ταυτόχρονα (PEN).



Εικόνα 6.3

A άμεση γείωση (TT)

B έμμεση γείωση (ουδετέρωση – TN) (εφόσον στην εγκατάσταση εισέρχονται ανεξάρτητα ο αγωγός της γείωσης (προστασίας PE) και ο ουδέτερος, πρόκειται για TN- S.

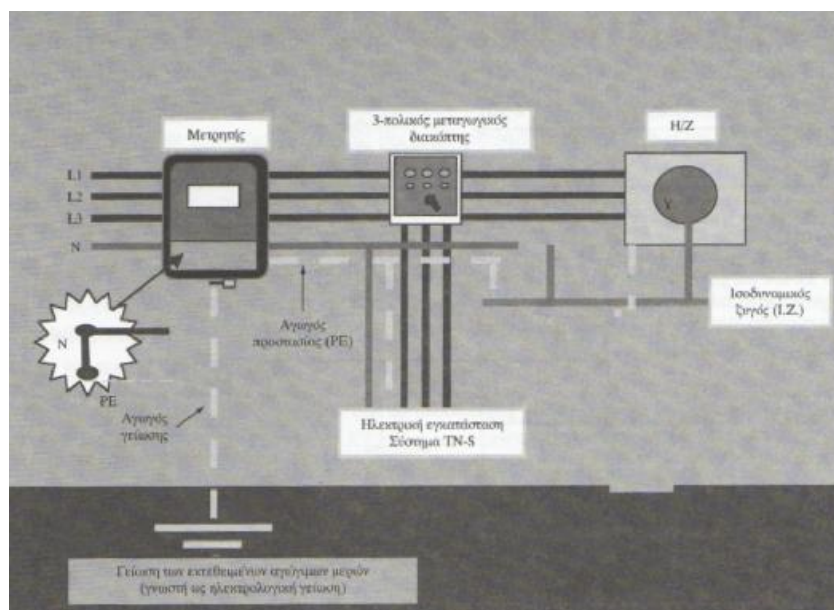
G τοπική γείωση (υποχρέωση καταναλωτή) για τα εκτιθέμενα αγωγίμα μέρη. Αλλιώς γνωστή ως ‘ηλεκτρολογική γείωση’.

- **Αγωγός γείωσης :** συνδέει G με το μετρητή της ΔΕΗ
- **Αγωγός προστασίας :** συνδέει τη μπάρα της γείωσης του μετρητή της ΔΕΗ με τα εκτεθειμένα αγωγίμα μέρη.

6.2.2 Ουδετέρωση (TN)

Σύμφωνα με την οδηγία της ΔΕΗ (No 35) έχει γενικευθεί σε όλη τη χώρα ως μέθοδος προστασίας-γείωσης η ουδετέρωση (TN), πλην της Αθήνας όπου υπάρχει ακόμα η άμεση γείωση (TT). Εφαρμόζοντας την ουδετέρωση, προτιμάται η χρήση 3-πολικού μεταγωγικού διακόπτη για η μεταγωγή των καταναλώσεων από η ΔΕΗ σε K/Z και αντίστροφα ως η απλούστερη και ασφαλέστερη λύση. Θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί και 4-πολικός. Όσο αφορά η γείωση των μεταλλικών στοιχείων και του ουδέτερου του H/Z Θα πρέπει να διακρίνουμε τις εξής δύο υποπεριπτώσεις.

Σε αυτή τη περίπτωση τα μεταλλικά του H/Z και ο ουδέτερος αυτού συνδέονται με τη γείωση των εκτιθέμενων αγωγίμων μερών της ηλεκτρικής εγκατάστασης (αλλιώς γνωστή ως ηλεκτρολογική γείωση) του κτιρίου που υπάρχει το H/Z. Δηλαδή δεν απαιτείται να κατασκευασθεί και άλλη γείωση. Θα πρέπει ωστόσο η τιμή της συνολικής αντίστασης γείωσης που απαρτίζεται από τις επιμέρους γειώσεις του ουδέτερου από η πλευρά του δικτύου μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας ης ΔΕΗ, και της γείωσης που θα κατασκευασθεί για τα των εκτιθέμενα αγωγίμα μέρη ης ηλεκτρικής εγκατάστασης (αλλιώς γνωστή ως ηλεκτρολογική γείωση) η οποία μέσω του αγωγού γείωσης καταλήγει στο μετρητή της ΔΕΗ (με η σειρά του συνδέεται στον ουδέτερο ης ΔΕΗ), να είναι μικρότερη των 10 Ω.



Εικόνα 6.4: Ουδέτερωση (TN-S). Χρήση 3-πολικού μεταγωγικού διακόπτη

Στην αντίθετη περίπτωση θα πρέπει να εγκατασταθεί ηλεκτρονόμος επιτήρησης της τάσεως του ουδέτερου ως προς γη. Σε αυτή τη περίπτωση απαιτείται ανεξάρτητη γείωση (συνεπώς σε απόσταση που να μην επηρεάζεται από την προηγούμενη) και με τιμή τέτοια ώστε να λειτουργεί ο ηλεκτρονόμος. Η λύση αυτή καλό είναι να υιοθετείται όταν κρίνεται αντιοικονομική η μείωση της συνολικής αντίστασης κάτω των 10 Ω. Σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384, η προστασία έναντι ηλεκτροπληξίας από έμμεση επαφή δεν θα πρέπει να βασίζεται στη σύνδεση προς το γειωμένο ουδέτερο αγωγό του δικτύου που τροφοδοτεί την ηλεκτρική εγκατάσταση στην οποία υπάρχει το H/Z ως εφεδρική μονάδα. Πρέπει να προβλέπεται ένα κατάλληλο ηλεκτρόδιο γείωσης. Επίσης σε TN-S σύστημα και όταν ο ουδέτερος δεν απομονώνεται, στη περίπτωση που τοποθετηθεί προστασία διαφορικού ρεύματος θα πρέπει να προσεχθεί ο τρόπος εγκατάστασης αυτής έτσι ώστε να αποφεύγεται η λανθασμένη λειτουργία της εξαιτίας της παράλληλης σύνδεσης του ουδέτερου και της γης. Τέλος σε συστήματα TN αν θέλουμε να αποφύγουμε τις τυχόν διαταραχές λόγω επαγόμενων υπερτάσεων από κεραυνούς κ.λπ., συνιστάται η αποσύνδεση του ουδέτερου της εγκατάστασης από αυτή του δημοσίου δικτύου διανομής.

6.2.3 Άμεση γείωση (TT)

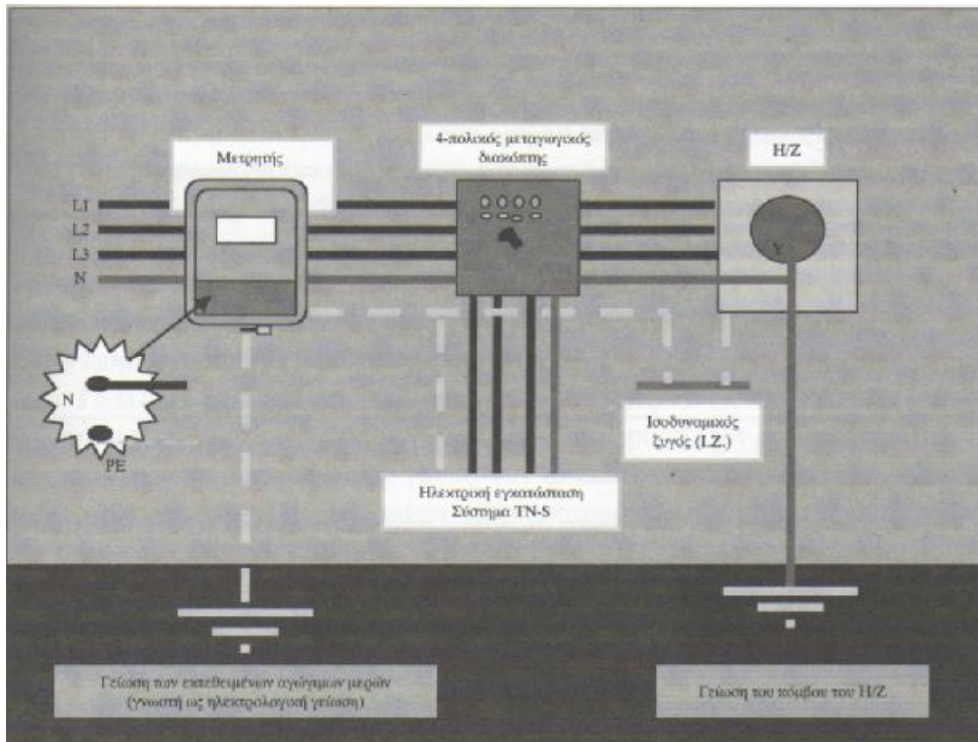
Για την περιοχή των Αθηνών και έως ότου επιτραπεί η ουδετέρωση, προτιμάται η χρήση 4-πολικού μεταγωγικού διακόπτη. Θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί και 3-πολικός. Στην περίπτωση της χρήσης του 4-πολικού διακόπτη ο καταναλωτής μπορεί να επιλέξει μεταξύ δύο περιπτώσεων:

α) την εγκατάσταση στη γεννήτρια διάταξης που να ανιχνεύει τα σφάλματα φάσης-γης για τη

περίπτωση της μεταγωγής στο H/Z

β) εναλλακτικά θα πρέπει να γειωθεί ο ουδέτερος σε μία ανεξάρτητη γείωση.

Για τη γείωση του ουδέτερου κόμβου της γεννήτριας απαιτείται μονωμένος αγωγός, στην περίπτωση δε που ενταφιαστεί, ΝΥΥ.



Εικόνα 6.5: Άμεση γείωση (TT). Χρήση 4-πολικού μεταγωγικού διακόπτη και κατασκευή ανεξάρτητης γείωσης του κόμβου του Η/Ζ

6.2.4 Μονωμένου ουδέτερου (IT) κατά ΕΛΟΤ HD 384

Το σύστημα σύνδεσης των γειώσεων IT (σχήμα 1γ) εφαρμόζεται σε ειδικές περιπτώσεις ηλεκτρικών εγκαταστάσεων όπου για παράδειγμα η Παρουσία υγρασίας είναι ιδιαίτερα έντονη, υπάρχει επικίνδυνο περιβάλλον, όπως χειρουργεία, ειδικές βιομηχανικές μονάδες, σφαγεία. Ο ουδέτερος κόμβος του Μ/Σ παραμένει αγειώτος ή γειώνεται μέσω μιας συνθέτου αντιστάσεως μεγάλης τιμής ενώ γίνονται επιμελώς ισοδυναμικές συνδέσεις.

Μπορούν να χρησιμοποιηθούν διατάξεις επιτήρησης της μόνωσης για την εμφάνιση ενός πρώτου σφάλματος παρέχοντας και/ή ηχητικό σήμα, προστασίας έναντι υπερεντάσεων, προστασίας διαφορικού ρεύματος. Στη περίπτωση πρώτου σφάλματος προς γη δεν επιβάλλεται η διακοπή της τροφοδοσίας της ηλεκτρικής ενέργειας εάν τηρείται η συνθήκη $R_A * I_d \leq 50V$ όπου:

R_A : το άθροισμα των αντιστάσεων γείωσης των εκτεθειμένων αγωγίων μερών (ηλεκτροδίου

και αγωγών προστασίας).

I_d : το ρεύμα σφάλματος πολύ μικρής σύνθετης αντίστασης μεταξύ κάποιου αγωγού φάσης και

τυχαίου εκτεθειμένου αγωγίου μέρους ή ενός αγωγού προστασίας.

Στην περίπτωση όμως δεύτερου σφάλματος Θα πρέπει να γίνεται αυτόματη διακοπή η οποία εξαρτάται από τον τρόπο γείωσης των εκτεθειμένων αγωγίων μερών. Η σύνηθες περίπτωση είναι αυτή όπου τα αγωγή εκτεθειμένα μέρη είναι γειωμένα όλα μαζί οπότε Και διακρίνουμε δύο περιπτώσεις ανάλογα με το αν διανέμεται ή όχι ο ουδέτερος.

- Όταν διανέμεται ισχύει η σχέση
$$\frac{U}{2I_a} \geq Z_s \quad (6.2)$$

- Όταν δεν διανέμεται ισχύει η σχέση
$$\frac{U_o}{2I_a} \geq Z'_s \quad (6.3)$$

όπου

U ονομαστική τάση μεταξύ φάσεων (ενεργός τιμή)

U_o η ονομαστική τάση μεταξύ φάσης και ουδέτερου (ενεργός τιμή)

Z_s η σύνθετη αντίσταση του βρόχου του σφάλματος (μεταξύ αγωγών φάσης και προστασίας του κυκλώματος)

Z'_s η σύνθετη αντίσταση του βρόχου του σφάλματος (μεταξύ ουδέτερου αγωγού και αγωγού προστασίας του κυκλώματος)

I_a το ρεύμα που ενεργοποιεί διάταξη προστασίας σε ένα χρόνο 5 δευτερολέπτων για κυκλώματα διανομής (τροφοδότηση πινάκων), για Τερματικά κυκλώματα, τα οποία τροφοδοτούν μόνο ακίνητες συσκευές. Ορίζονται επίσης και ως αποδεκτοί χρόνοι διακοπής, για τάσεις 230/400V, τα 0,4 και 0,8 δευτερόλεπτα για τη περίπτωση μη διανεμόμενου και διανεμόμενου ουδέτερου αντίστοιχα, σε περιπτώσεις τερματικών κυκλωμάτων που τροφοδοτούν ή μπορούν να τροφοδοτήσουν είτε μέσω ρευματοδοτών είτε απευθείας χωρίς ρευματοδότες, φορητές συσκευές ή κινητές κλάσης I. Στη περίπτωση όπου δεν είναι δυνατή η διακοπή της τροφοδότησης, Πρέπει να πραγματοποιηθούν συμπληρωματικές ισοδυναμικές συνδέσεις. Σε άλλη περίπτωση, η προστασία πραγματοποιείται με διατάξεις προστασίας διαφορικού ρεύματος για κάθε χρησιμοποιούμενη συσκευή.

Όσον αφορά τον ουδέτερο αγωγό, συνιστάται έντονα να μη διανέμεται. Στην αντίθετη περίπτωση απαιτείται αντίσταση υπερέντασης του αγωγού για κάθε κύκλωμα, η οποία να προκαλεί τη διακοπή τροφοδότησης όλων των αγωγών φάσεων του αντίστοιχου κυκλώματος συμπεριλαμβανομένου και του ουδέτερου εκτός και εάν ο υπόψη ουδέτερος προστατεύεται αποτελεσματικά έναντι βραχυκυκλωμάτων από μία διάταξη προστασίας για π.χ στην αρχή της εγκατάστασης, είτε αν το υπόψη κύκλωμα προστατεύεται με διάταξη προστασίας διαφορικού ρεύματος με ονομαστική τιμή που δεν υπερβαίνει το 15% του επιτρεπόμενου ρεύματος του αντίστοιχου ουδέτερου αγωγού. Στη περίπτωση που λειτουργήσει, η διάταξη Θα πρέπει να διακόπτει τους ενεργούς αγωγούς και τον ουδέτερο.

6.3 Γείωση μονάδων αδιάλειπτης λειτουργίας (U.P.S)

Τα μεταλλικά μέρη των μονάδων αδιάλειπτης λειτουργίας, καθώς και ο θετικός συνήθως πόλος των ανορθωτών (κοινός αγωγός προστασίας και λειτουργίας) συνδέεται μέσω ΣΔΑΓ στην ηλεκτρολογική γείωση του κτιρίου. Πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή, στα υλικά τα οποία θα χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή της γείωσης, η Θέση της συγκεκριμένης γείωσης και το πόλο που Θα πρέπει να γειώσουμε, διότι λόγω της πολικότητας, υπάρχουν έντονα προβλήματα ηλεκτρόλυσης. Αυτό έχει σαν συνέπεια η γρήγορη διάβρωση η οποία μπορεί να επεκταθεί στα γεινιάζοντα υπόγεια μεταλλικά αντικείμενα ή στη γείωση. Αποφυγή του φαινομένου επιτυγχάνεται επίσης με τη λύση της καθοδικής προστασίας.

Σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384, θα πρέπει να υπολογίζονται τα ρεύματα βραχυκύκλωσης και ως προς γη, για κάθε δυνατή κατάσταση τροφοδότησης, έτσι ώστε σε κάθε σημείο της εγκατάστασης το αναμενόμενο ρεύμα βραχυκύκλωσης να μην υπερβαίνει την αντοχή των διατάξεων προστασίας ή άλλων υλικών. Η επιλογή της διατομής του κοινού αγωγού προστασίας και λειτουργίας γίνεται βάση του υπολογισμού του αναμενόμενου μονοφασικού ρεύματος βραχυκυκλώματος ως προς γη. Συνήθως χρησιμοποιείται ως ελάχιστη διατομή 50 mm² χάλκινος μονωμένος αγωγός (ΝΥΑ). Η γείωση δε του ερμαρίου με τον πόλο που έχουμε συνδέσει μέσω του ΣΔΑΓ στην ηλεκτρική γείωση γίνεται με χάλκινο αγωγό τουλάχιστον 6 mm², πρέπει να επισημάνουμε ότι στη περίπτωση χρήσης του αγωγού γείωσης προστασίας και ως γείωση λειτουργίας, στη περίπτωση της διακοπής του στα άκρα του δεν Θα πρέπει να εμφανισθεί τάση πάνω από 50V για AC και 120V για DC.

6.4 Γείωση Συστήματος Αντικεραυνικής Προστασίας (ΣΑΠ)

Προκειμένου να αποφανθούμε για το εάν απαιτείται αντικεραυνική προστασία σε μία κατασκευή και αν απαιτείται πόσο αυστηρός θα πρέπει να είναι ο σχεδιασμός ή αλλιώς σε ποια στάθμη προστασίας θα εντάξουμε το σχεδιασμό, θα πρέπει να προηγηθεί η “εκτίμηση κινδύνου” σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ 1412 και ΕΛΟΤ 1197/2002. Το πλήρες σύστημα που χρησιμοποιείται για να προστατεύσει μία κτιριακή εγκατάσταση ή μία κατασκευή από άμεσο κεραυνικό πλήγμα ονομάζεται Σύστημα Αντικεραυνικής Προστασίας (ΣΑΠ). Αυτό αποτελείται τόσο από εξωτερικές όσο και εσωτερικές εγκαταστάσεις αντικεραυνικής προστασίας (Εξωτερικό ΣΑΠ, Εσωτερικό ΣΑΠ).

6.4.1 Εξωτερικό ΣΑΠ

Το Εξωτερικό ΣΑΠ αποτελείται από το συλλεκτήριο σύστημα, τους αγωγούς καθόδου και το σύστημα γείωσης.

6.4.1.1 Συλλεκτήριο σύστημα

Είναι το τμήμα του εξωτερικού ΣΑΠ που προορίζεται να δέχεται τους κεραυνούς. Η πιθανότητα ένας κεραυνός να προξενήσει ζημιά σε μια κατασκευή, μειώνεται σημαντικά λόγω της παρουσίας ενός κατάλληλα μελετημένου συλλεκτηρίου συστήματος. Το συλλεκτήριο σύστημα σκοπό έχει να συλλέξει το κεραυνικό ρεύμα Και να το διοχετεύσει με ασφάλεια μέσω των αγωγών καθόδου στο σύστημα γείωσης. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για το συλλεκτήριο σύστημα θα πρέπει να είναι κατασκευασμένα, είτε από χαλκό (Cu), είτε από χάλυβα θερμά επιψευδαργυρωμένο (St/tZn), είτε από κράμα αλουμινίου (AlMgSi).

Στάθμη Προστασίας	Μέγεθος Βρόγχου (σε m)
I	5 x 5
II	10 x 10
III	15 x 15
IV	20 x 20

Πίνακας 6.5: Μέγεθος βρόγχου συλλεκτηρίου συστήματος ανάλογα με τη στάθμη προστασίας

6.4.1.2 Αγωγοί καθόδου

Είναι το τμήμα του εξωτερικού ΣΑΠ που χρησιμεύει για να διοχετεύει το ρεύμα του κεραυνού από το συλλεκτήριο σύστημα προς το σύστημα γείωσης. Οι αγωγοί καθόδου κατανέμονται είτε περιμετρικά στις εξωτερικές παράπλευρες επιφάνειες του προστατευόμενου χώρου, είτε εγκιβωτίζονται στα στοιχεία ή στις κολώνες του κτιρίου έτσι ώστε η μεταξύ τους απόσταση να μην είναι μεγαλύτερη από τις τιμές που δίδονται στον παρακάτω πίνακα. Στη περίπτωση της εξωτερικής τοποθέτησης των αγωγών καθόδου θα πρέπει να συνδέονται μεταξύ τους με αγωγό (περιμετρικό δακτύλιο) σε αποστάσεις που επίσης φαίνονται στο παρακάτω πίνακα.

Στάθμη Προστασίας	Τυπικές αποστάσεις (m) μεταξύ των αγωγών καθόδου και των περιμετρικών δακτυλίων
I	10
II	15
III	20
IV	25

Πίνακας 6.6: Μέση απόσταση αγωγών καθόδου, ανάλογα με τη στάθμη προστασίας, για την περίπτωση που το συλλεκτήριο σύστημα κατασκευάζεται από πλέγμα αγωγών

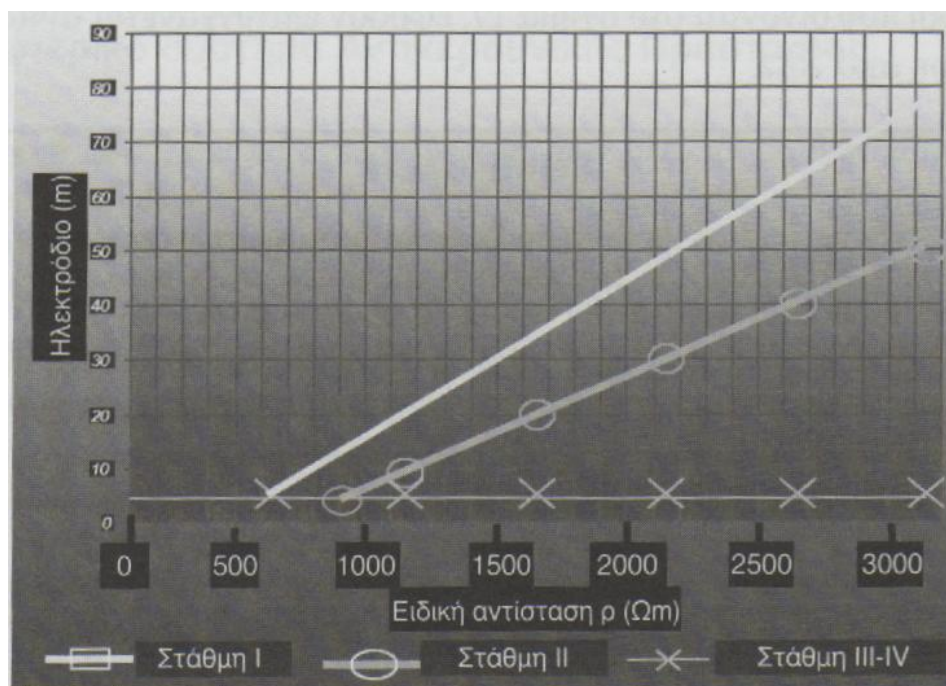
6.4.1.3 Γείωση του κεραυνικού ρεύματος

Σκοπός του συστήματος γείωσης σε ένα σύστημα αντικεραυνικής Προστασίας είναι να επιτευχθεί με ασφάλεια η διάχυση του κεραυνικού ρεύματος μέσα στη γη, χωρίς να δημιουργούνται επικίνδυνες τάσεις.

Η απαίτηση της τιμής της αντίστασης του συστήματος γείωσης είναι:

- είτε κάτω από 10 Ω σε κάθε κάθοδο,
- είτε ένα ελάχιστο μήκος γειωτή σε κάθε κάθοδο

Σύμφωνα με το άρθρο 31 του Κτιριοδομικού Κανονισμού 3046/304 “περί αλεξικέραυνων”, η εγκατάσταση αλεξικέραυνων περιλαμβάνει ξεχωριστή γείωση η οποία υποχρεωτικά συνδέεται με τις υπόλοιπες γειώσεις του κτιρίου.



Εικόνα 6.6: Ελάχιστο μήκος ηλεκτροδίων γείωσης ανάλογα με τη στάθμη προστασίας και την ειδική αντίσταση του εδάφους σύμφωνα με το Πρότυπο του ΕΛΟΤ 1197/2002

6.4.1.3.1 Κατασκευή συστήματος γείωσης Αντικεραυνικής Προστασίας

Η αντικεραυνική γείωση μπορεί να κατασκευασθεί κάποιους από τους γειωτές. Σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ 1197/2002 διακρίνουμε δυο βασικούς τρόπους γείωσης:

α) Διατάξεις γειώσεων για συνήθεις συνθήκες

Η διάταξη γείωσης για συνήθεις συνθήκες αποτελείται από ακτινικούς ή κατακόρυφους γειωτές. Κάθε αγωγός καθόδου πρέπει να συνδέεται τουλάχιστον σ' έναν ανεξάρτητο γειωτή ακτινικό ή κατακόρυφο.

Ο ελάχιστος αριθμός των γειωτών είναι δύο. Το ελάχιστο μήκος κάθε γειωτή είναι:

- L1 για ακτινικά οριζόντιους γειωτές ή
- 0.5L1 για κατακόρυφους γειωτές

Όπου L1 είναι το ελάχιστο μήκος του ακτινικού γειωτή. Εάν η περιοχή εγκυμονεί κινδύνους για ανθρώπους και ζώα και χρησιμοποιούνται κατακόρυφοι γειωτές Πρέπει να λαμβάνονται ειδικά μέτρα για τη μείωση των βηματικών τάσεων όπως τοποθέτηση πλέγματος τύπου Δαρινγκ, πίσσας, κροκάλων στο σημείο σύνδεσης του αγωγού καθόδου με το/ους γειωτή/ες. Σε εδάφη μικρής ειδικής αντίστασης μπορούν να μη λαμβάνονται υπόψη τα ελάχιστα μήκη, εφόσον επιτυγχάνεται αντίσταση γείωσης μικρότερη από 10 Ω.

β) Δακτυλιοειδής γειωτής

Στην περίπτωση που επιλεγεί η περιμετρική γείωση (δακτυλιοειδής γειωτής) για τη γείωση ενός συστήματος Αντικεραυνικής Προστασίας, η μέση ακτίνα της περιοχής που περικλείεται από το δακτύλιο γείωσης δεν πρέπει να είναι μικρότερη από την τιμή $L1$.

$$r \geq L1 \quad (6.4)$$

Οι τιμές $L1$ παρουσιάζονται σύμφωνα με τις στάθμες προστασίας I έως IV αντιστοίχως. Όταν η απαιτούμενη τιμή του $L1$ είναι μεγαλύτερη από την τιμή της μέσης ακτίνας r , πρέπει να προστεθούν επιπλέον ακτινικοί (Lr) ή κατακόρυφοι (Lv) γειωτές, το μήκος των οποίων υπολογίζεται βάσει των εξισώσεων:

$$Lr = L1 - r \quad (6.5) \quad Lv = \frac{L1 - r}{2} \quad (6.6)$$

Η μέση ακτίνα r υπολογίζεται ως εξής. Έστω κτίριο όπου η γείωση περιμετρικά δημιουργεί για παράδειγμα παραλληλόγραμμο με διαστάσεις $\alpha \times \beta$ μέτρα. Θα πρέπει να εξισώσουμε το παραπάνω εμβαδόν, με ένα κύκλο που θα έχει το ίδιο εμβαδόν. Συνεπώς $\alpha \times \beta = \pi * r^2$. Από τη σχέση αυτή λύνουμε ως προς τον άγνωστο r .

6.4.1.3.2 Διαστασιολόγηση αγωγού γείωσης

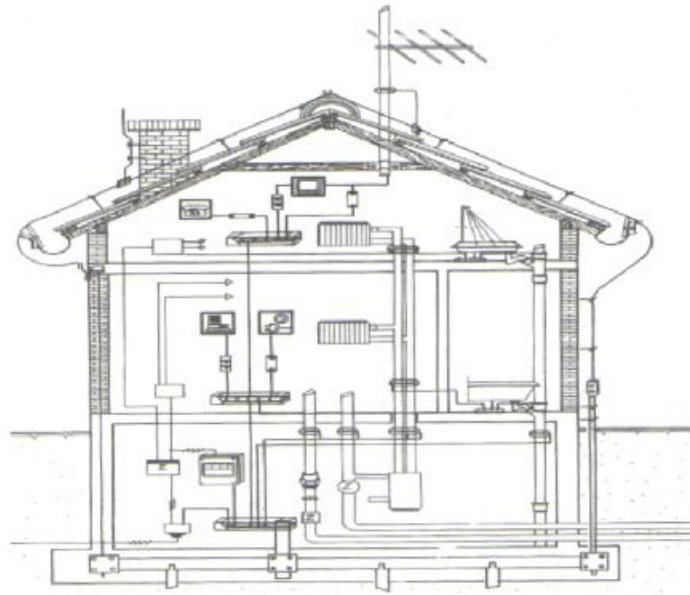
Οι αγωγοί σύνδεσης των γειωτών (αγωγοί γείωσης) μπορεί να είναι χαλύβδινοι θερμά επιψευδαργυρωμένοι ή χάλκινοι. Στην περίπτωση ενταφιασμού των αγωγών σύνδεσης, απαγορεύεται η χρήση αγωγού αλουμινίου ή κράματα αυτού. Οι διαστάσεις των αγωγών γείωσης είναι $\Phi 10\text{mm}$ για αγωγούς κυκλικής διατομής χαλύβδινους θερμά επιψευδαργυρωμένους και 50mm για αγωγούς κυκλικής διατομής χάλκινους. Οι διαστάσεις των ταινιών είναι $30 \times 2\text{mm}$ για χάλκινες ταινίες και $30 \times 3\text{mm}$ για χαλύβδινες θερμά επιψευδαργυρωμένες ταινίες.

6.4.2 Εσωτερικό σύστημα Αντικεραυνικής Προστασίας

Το Εσωτερικό ΣΑΠ, σκοπό έχει τη μείωση των ηλεκτρομαγνητικών επιδράσεων του κεραυνικού ρεύματος στο εσωτερικό του προστατευόμενου χώρου. Το εσωτερικό ΣΑΠ πρέπει να αποκλείει τη δημιουργία σπινθήρα μέσα στην κατασκευή που χρήζει προστασίας λόγω της ροής του ρεύματος του κεραυνού στο εξωτερικό ΣΑΠ.

Αυτό επιτυγχάνεται με ισοδυναμικές συνδέσεις όπου Πέρα των παραπάνω μειώνουν τις διαφορές δυναμικού που οφείλονται στο ρεύμα του κεραυνού και με διατάξεις προστασίας (απαγωγούς κρουστικών υπερτάσεων-SPD's) του ηλεκτρολογικού-ηλεκτρονικού εξοπλισμού.

Το Εσωτερικό ΣΑΠ είναι εξίσου σημαντικό όπως και το Εξωτερικό ΣΑΠ και μπορεί να υπάρξει ανεξάρτητα του Εξωτερικού, πράγμα που δεν ισχύει με το Εξωτερικό ΣΑΠ.



Εικόνα 6.7: Σύστημα Αντικεραυνικής Προστασίας κτιρίου. Διακρίνονται τόσο το Εξωτερικό ΣΑΠ (συλλεκτήριο σύστημα επί της στέγης, κάθοδοι τοποθετημένοι είτε εσωτερικά είτε εγκιβωτισμένοι στα δομικά στοιχεία του κτιρίου, γείωση όσο και το Εσωτερικό ΣΑΠ (από το γειωτή μέσω επίσης ταινίας στον ισοδυναμικό ζυγό και επί αυτού συνδέσεις όλων των μεταλλικών στοιχείων του κτιρίου, των απαγωγών κλπ.).

Υλικό	Μορφή	Ελάχιστη Διατομή	Σημειώσεις
Χαλκός	Ταινία	50 mm ²	2mm min πάχους
	Στρογγυλός ¹	50 mm ²	8mm διαμέτρου
	Πολύκλωνος	50 mm ²	1,7mm min διάμετρος συρματιδίου
	Στρογγυλός ^{2,3}	200 mm ²	16mm διαμέτρου
Χαλκός ⁷ επικασσιτερωμένος	Ταινία	50 mm ²	2mm min πάχους
	Στρογγυλός ¹	50 mm ²	8mm διαμέτρου
	Πολύκλωνος	50 mm ²	1,7mm min διάμετρος συρματιδίου
	Στρογγυλός ^{2,3}	200 mm ²	16mm διαμέτρου
Αλουμίνιο	Ταινία	70 mm ²	3mm min πάχους
	Στρογγυλός	50 mm ²	8mm διαμέτρου
	Πολύκλωνος	50 mm ²	1,7mm min διάμετρος συρματιδίου
Κράμα αλουμινίου	Ταινία	50 mm ²	2,5mm min πάχους
	Στρογγυλός	50 mm ²	8mm διαμέτρου
	Πολύκλωνος	50 mm ²	1,7mm min διάμετρος συρματιδίου
	Στρογγυλός ²	200 mm ²	16mm διαμέτρου
Χάλυβας θερμά ⁴ επιψευδαργυρωμένος	Ταινία	50 mm ²	2,5mm min πάχους
	Στρογγυλός	50 mm ²	8mm διαμέτρου
	Πολύκλωνος	50 mm ²	1,7mm min διάμετρος συρματιδίου
	Στρογγυλός ^{2,3}	200 mm ²	16mm διαμέτρου
Ανοξείδωτος χάλυβας ²	Ταινία ⁵	50 mm ²	2mm min πάχους
	Στρογγυλός ⁵	50 mm ²	8mm διαμέτρου
	Πολύκλωνος	70 mm ²	1,7mm min διάμετρος συρματιδίου
	Στρογγυλός ^{2,3}	200 mm ²	16 mm διαμέτρου

Πίνακας 6.7: Ελάχιστες διαστάσεις αγωγών συλλεκτηρίου συστήματος και ορατών αγωγών καθόδου.

				επιφανειακή χλωριούχα άλατα.		
Χάλυβας θερμά επιψευδαγωγωμένος	Συμπαγής Πολύκλωνος ¹	Συμπαγής	Συμπαγής Πολύκλωνος ¹	Στον αέρα, στο σκυρόδεμα και σε ξηρά ουδέτερα εδάφη.	Σε περιβάλλον με χλωριούχα άλατα.	Σε επιφάνεια χαλκού.
Ανοξειδωτος χάλυβας	Συμπαγής Πολύκλωνος	Συμπαγής Πολύκλωνος	Συμπαγής Πολύκλωνος	Σε κάθε περιβάλλον πλην ολίγων εξαιρέσεων.	Σε περιβάλλον με χλωριούχα άλατα.	
Αλουμίνιο	Συμπαγής Πολύκλωνος	Ακατάλληλη	Ακατάλληλη	Σε ατμόσφαιρα με μικρή συγκέντρωση διοξειδίου του θείου και χλωριούχων αλάτων.	Σε αλκαλικό περιβάλλον.	Σε επιφάνεια χαλκού.
Μόλυβδος	Συμπαγής Ως επικάλυψη ²	Συμπαγής Ως επικάλυψη ²	Ακατάλληλη	Σε ατμόσφαιρα με μεγάλη συγκέντρωση διοξειδίου του θείου.	Σε όξινα εδάφη.	Σε επιφάνεια χαλκού ή ανοξειδωτου χάλυβα.

Πίνακας 6.8: Υλικό εξαρτημάτων ΣΑΠ και συνθήκες χρήσης

6.4.3 Επιθεώρηση αντικεραυνικής γείωσης

Οι επιθεωρήσεις των αντικεραυνικών γειώσεων πρέπει να γίνονται σε τακτά χρονικά διαστήματα που καθορίζονται ανάλογα με την φύση του χώρου που χρήζει προστασίας και των προβλημάτων διάβρωσης σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα που ακολουθεί. Εάν κατά την επιθεώρηση του συστήματος διαπιστωθούν σφάλματα ή παρατυπίες θα πρέπει να διορθώνονται αμέσως.

ΣΤΑΘΜΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ	ΓΙΑ ΣΥΝΗΘΕΙΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ	ΓΙΑ ΒΙΟΜ.ΠΕΡΙΟΧΕΣ-ΕΓΚΑΤ.ΣΠΟΥΔΑΙΟΤΗΤΑΣ
ΣΤΑΘΜΗ I	2 ΧΡΟΝΙΑ	6 ΜΗΝΕΣ
ΣΤΑΘΜΗ II	4 ΧΡΟΝΙΑ	12 ΜΗΝΕΣ
ΣΤΑΘΜΗ III	6 ΧΡΟΝΙΑ	12 ΜΗΝΕΣ
ΣΤΑΘΜΗ IV	6 ΧΡΟΝΙΑ	12 ΜΗΝΕΣ

Πίνακας 6.9: Χρονικά διαστήματα επιθεωρήσεων σε συνάρτηση με τη στάθμη προστασίας

Η επιθεώρηση περιλαμβάνει :

- Μέτρηση της τιμής της αντίστασης της εκάστοτε γείωσης.
- Καταγραφή αυτής με σκοπό την παρακολούθησή της σε τακτά χρονικά διαστήματα.
- Επιθεωρήσεις για τυχόν ζημιές στα θαμμένα ηλεκτρόδια κατά την διάρκεια της κατασκευής του κτίσματος.
- Μέτρηση ηλεκτρικής συνέχειας(όπου απαιτείται).
- Αν διατηρείται ο αρχικός σχεδιασμός του συστήματος.
- Έλεγχος πιθανών αλλαγών του σχεδιασμού
- Οπτικός έλεγχος της κατάστασης των υλικών που αποτελούν το σύστημα γείωσης.
- Αν έχουν χρησιμοποιηθεί τα κατάλληλα υλικά.
- Επιθεώρηση συνδέσεων και συνδέσμων ως προς την σύσφιξη και διάβρωση αυτών.
- Έλεγχος ασφαλών ισοδυναμικών συνδέσεων.
- Αν υπάρχει διάβρωση από το περιβάλλον ιδιαίτερα στις περιοχές κοντά στη γη.
- Αν υπάρχει σφάλμα στους απαγωγούς κρουστικής υπέρτασης.

6.5 Γείωση ιδιαίτερα ευαίσθητων ηλεκτρονικών συσκευών και δικτύων τηλεματικής (“Καθαρή γείωση”)

Τα τελευταία χρόνια οι εγκαταστάσεις περιέχουν υπερευαίσθητες ηλεκτρονικές συσκευές π.χ. μεταφοράς και λήψης δεδομένων data, επιρρεπής στις υπερτάσεις ακόμα και στο στατικό ηλεκτρισμό. Για το λόγο αυτό απαγορεύεται η χρήση κοινής γραμμής γείωσης και κοινών γειωτών με τις εγκαταστάσεις ισχυρών ρευμάτων. Ωστόσο μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι μεταλλικές σωλήνες ύδρευσης ως κοινοί γειωτές εφ’ όσον πληρούνται οι όροι των άρθρων 24 έως 26 των ΚΕΗΕ όσο αφορά τη διατομή των την ηλεκτρική συνέχεια αυτών κ.λπ.

Η καθαρή γείωση πρέπει να κατασκευάζεται σε απόσταση περίπου 8 έως 10 φορές της διάστασης του μεγαλύτερου γειωτή του πλησιέστερου συστήματος γείωσης των εκτεθειμένων αγωγίμων

μερών της ηλεκτρικής εγκατάστασης. Το άνω μέρος του γειωτή θα πρέπει να βρίσκεται σε βάθος μεγαλύτερο των 50 cm ώστε να μην επηρεάζεται από τα ρεύματα που κυκλοφορούν στην επιφάνεια του εδάφους και λίγο κάτω από αυτή.

Για την αποφυγή στατικού ηλεκτρισμού και θορύβου ο αγωγός γείωσης πρέπει να είναι μονωμένος με μόνωση κατάλληλη για χρήση εντός εδάφους (π.χ. NYF). Για λόγους μηχανικής αντοχής η διατομή του γειωτή πρέπει να είναι 25 mm² κατ' ελάχιστο.

Ειδικότερα σε κτίρια όπου υπάρχουν μηχανήματα επεξεργασίας πληροφοριών δεν πρέπει να εφαρμόζεται το σύστημα σύνδεσης των γειώσεων TN-C.

Ακόμα και στη περίπτωση που εφαρμόζεται πριν την ηλεκτρική εγκατάσταση του κτιρίου θα πρέπει αμέσως μετά να γίνεται TN-S για λόγους αποφυγής τυχών προβλημάτων ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας. Με το συγκεκριμένο Θέμα δεν θα ασχοληθούμε στο συγκεκριμένο βιβλίο. Συνήθως τοποθετείται συγκεντρωτικός δακτύλιος γείωσης κατά ανάλογο τρόπο όπως σε Y/Σ διατομής όχι μικρότερη από το μισό της μεγαλύτερης διατομής αγωγού προστασίας ης εγκατάστασης με ελάχιστο όριο όπτι² για χάλκινο αγωγό ή ισοδύναμης διατομής για χαλύβδινο θερμά επιψευδαργυρωμένο. Αν και δεν απαιτείται διατομή μεγαλύτερη από 25 mm² (χάλκινο αγωγό) συνήθως χρησιμοποιείται ταινία (διότι παρουσιάζει η μικρότερη αυτεπαγωγή) 25x2mm². Σε αυτό συνδέονται οπλισμοί ή Θωρακίσεις καλωδίων μεταφοράς των σημάτων, εξοπλισμός τηλεπικοινωνιών κ.λπ., τυχών αγωγίματα πλέγματα, αγωγοί γείωσης λειτουργίας, αντικεραυνική γείωση, ισοδυναμικές γειώσεις, γείωσης U.P.S, γείωσης κεραίων ραδιοφωνικής εκπομπής, μεταλλικές σωληνώσεις νερού, κεντρικής θέρμανσης κ.λπ., μεταλλικά στοιχεία ης κατασκευής κ.λπ.

6.6 Γείωση τηλεφωνικού κέντρου

Για την εγκατάσταση τηλεφωνικού κέντρου απαιτείται συνήθως ιδιαίτερη γείωση, με χαμηλή και σταθερή τιμή αντίστασης, η οποία να μην επηρεάζεται από έρποντα ρεύματα επιφανείας ή άλλες γειώσεις. Απαιτείται δηλαδή μια “καθαρή γείωση”, έτσι ώστε να μη δημιουργούνται προ βλήματα κατά τη λειτουργία τού κέντρου. Πολλές φορές όταν η γείωση του κτιρίου είναι της τάξης των 1 Ω ή όταν υπάρχει θεμελιακή γείωση, δεν κατασκευάζεται ξεχωριστή γείωση για το τηλεφωνικό κέντρο. Αυτό ισχύει εφόσον δεν υπάρχουν προβλήματα από στατικό ηλεκτρισμό ή από θόρυβο αν και σύμφωνα με τους ΚΕΗΕ απαιτείται ιδιαίτερη γείωση. Για τη γείωση τηλεφωνικού κέντρου χρησιμοποιείται κοινός αγωγός λειτουργίας και προστασία όπως περιγράφεται στην περίπτωση ης γείωσης των U.P.S.

Ενοποίηση των γειώσεων

Οι συνθήκες διαχωρισμού ή σύνδεσης των γειώσεων που αναφέρονται στα εισαγωγικά του κεφαλαίου 4 καθορίζονται συνήθως από τις αρμόδιες εθνικές αρχές υπό τη μορφή Κανονισμών και Προτύπων.

Κάθε γείωση κατασκευάζεται με σκοπό να εξυπηρετήσει συγκεκριμένες απαιτήσεις. Σύμφωνα, για παράδειγμα, με τον Κτιριοδομικό Κανονισμό στο άρθρο 31 περί αλεξικέραυνων, αναφέρεται ότι σε κτίριο ή δομικό έργο που βρίσκεται σε έξαρση¹ σε σχέση με τον περιβάλλοντα χώρο, επιβάλλεται η εγκατάσταση αλεξικέραυνου η οποία θα περιλαμβάνει και ειδική ξεχωριστή γείωση, η οποία όμως θα συνδέεται υποχρεωτικά και με τις υπόλοιπες γειώσεις του κτιρίου. Ωστόσο στην πράξη λόγω έλλειψης χώρου η κατασκευή περισσότερων μίας γείωσης δεν είναι πάντα δυνατή.

Συνιστάται λοιπόν η κατασκευή ενοποιημένου συστήματος γείωσης με όσο το δυνατό χαμηλή τιμή αντίστασης γείωσης και πολύ καλές ισοδυναμικές συνδέσεις. Άλλωστε η ασφαλής λειτουργία μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης από τη πλευρά των τάσεων επαφής και των βηματικών τάσεων, δεν επηρεάζεται τελικά από την επιτευχθείσα τιμή της αντίστασης της γείωσης όσο από τη μείωση των τιμών, της τάσης επαφής και των βηματικών τάσεων σε όρια χαμηλότερα από τα επικίνδυνα που ορίζουν οι κανονισμοί και τα πρότυπα και της διαφοράς δυναμικού που μπορεί να προκύψει από στοιχείο σε στοιχείο της εγκατάστασης. Από τη πλευρά όμως του ηλεκτρολογικού — ηλεκτρονικού εξοπλισμού θα πρέπει να ληφθεί μέριμνα τοποθέτησης κατάλληλων απαγωγών όπου σκοπό έχουν να μειώσουν τις διαφορές δυναμικών που καταπονούν τις μονώσεις των και κατά συνέπεια να μειώσουν στο μέγιστο δυνατό τη πιθανότητα της διάτρησής των.

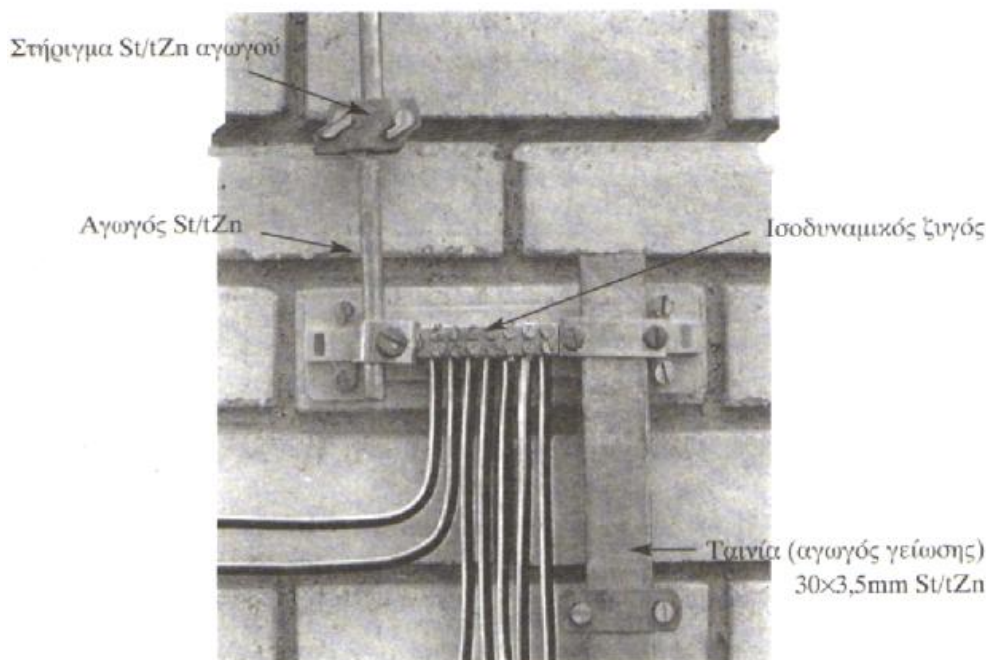
Γειώσεις λοιπόν που Πρέπει να είναι ανεξάρτητες² για συγκεκριμένους λόγους, Θα πρέπει να **συνδέονται σε ένα κοινό σύστημα γείωσης με ισοδυναμικές συνδέσεις είτε άμεσα, είτε έμμεσα μέσω απαγωγών κρουστικών υπερτάσεων (Surge Protection Devices).**

¹ Υψηλότερα έναντι άλλων γειτνιαζόντων κτιρίων ή δομικών έργων.

² Σύμφωνα με την επεξήγηση της συνθήκης 4 του άρθρου 19 των Κανονισμών Εσωτερικών Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων (ΚΕΗΕ), οι γειώσεις θεωρούνται ανεξάρτητες μεταξύ τους, όταν βρίσκονται σε επαρκή απόσταση, ώστε το Πεδίο ροής της μίας πρακτικά να μηδενίζεται στη Θέση της άλλης. Δεδομένου όμως ότι η επίτευξη Και ιδίως η διατήρηση της ανεξαρτησίας των γειώσεων είναι συχνά δύσκολη, συνιστάται να επιδιώκεται η επίτευξη επαρκώς χαμηλής αντίστασης γείωσης με πολύ καλές ισοδυναμικές συνδέσεις, ώστε να πραγματοποιείται «κοινή» γείωση. Σύμφωνα, τέλος, με τη συνθήκη 3 του ίδιου άρθρου «η επίτευξη χαμηλής αντίστασης γείωσης στην περιοχή κάθε οικοδομής, έχει ιδιαίτερη σημασία, για την αποτελεσματική προστασία των ατόμων έναντι των τάσεων επαφής που βρίσκονται μέσα στην οικοδομή. Τέτοια γείωση είναι δυνατόν να επιτευχθεί κατά την ανέγερση της οικοδομής με την εγκατάσταση γείωσης εντός των θεμελίων της οικοδομής (Θεμελιακή γείωση), στην οποία Θα πρέπει “α συνδέονται όλα τα στοιχεία της οικοδομής που πρέπει να γειωθούν, ώστε έτσι να επιτυγχάνεται η δημιουργία ισοδυναμικών επιφανειών στο σύνολο της οικοδομής».

7.1 Άμεση σύνδεση γειώσεων και ισοδυναμικών συνδέσεων

Στην περίπτωση που δεν συντρέχουν λόγοι απομόνωσης των επιμέρους γειώσεων μπορούν να συνδεθούν όλες σε έναν τουλάχιστον ισοδυναμικό ζυγό. Ο ισοδυναμικός ζυγός προτείνεται να τοποθετηθεί στο υπόγειο του κτιρίου, εκεί που συνήθως εισέρχονται οι σωληνώσεις ύδρευσης, φυσικού αερίου και τοποθετούνται κυρίως εγκαταστάσεις όπως θέρμανση, κλιματισμός κ.λπ. Θα πρέπει δε να είναι κατάλληλα κατασκευασμένος έτσι ώστε να μπορεί να δέχεται τις απολήξεις των επιμέρους αγωγών γειώσεων και των αγωγών κυρίων ισοδυναμικών συνδέσεων (εικόνες 1 και 2).



Εικόνα 7.1: Ενοποίηση γειώσεων άμεσα

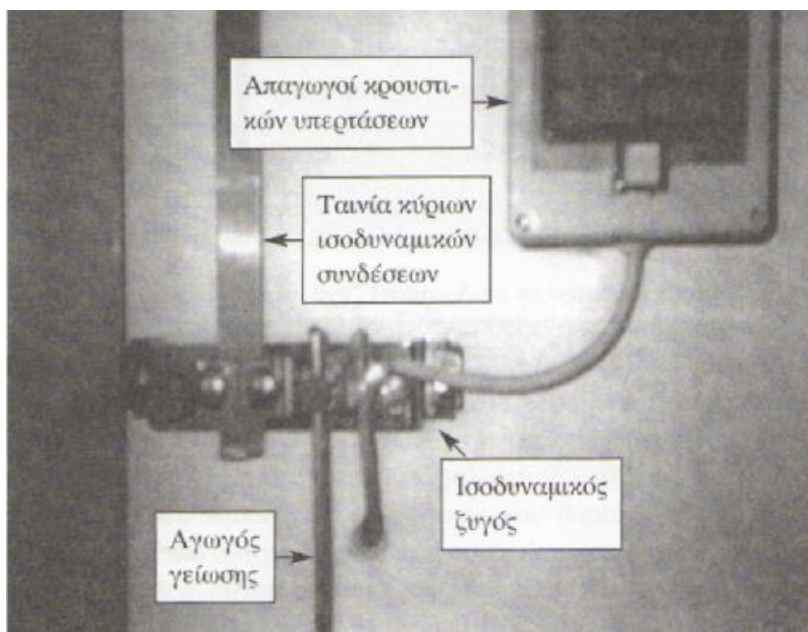
7.2 Έμμεση σύνδεση γειώσεων και ισοδυναμικών συνδέσεων με απαγωγούς κρουστικών υπερτάσεων

Στην περίπτωση που συντρέχουν λόγοι απομόνωσης των επί μέρους γειώσεων και ισοδυναμικών συνδέσεων, μπορούν να συνδεθούν στον ισοδυναμικό ζυγό μέσω απαγωγών κρουστικών υπερτάσεων ημιαγωγικού τύπου ή σπινθηριστή που είναι και η συνήθης περίπτωση.

Οι λόγοι απομόνωσης των γειώσεων πολλές φορές είναι η συνύπαρξη υλικών με διαφορετικό ηλεκτροχημικό δυναμικό, η αποφυγή παρεμβολών, η συνύπαρξη στην εγκατάσταση καθοδικής προστασίας, η αποφυγή επιστροφών όταν υπάρχουν περισσότερες από μία πηγή ηλεκτρικής ενέργειας στο ίδιο δίκτυο κ.λπ.

Η απομόνωση των επιμέρους γειώσεων επιτυγχάνεται με την τοποθέτηση απαγωγών κρουστικών υπερτάσεων μεταξύ ισοδυναμικού ζυγού και των αγωγών γείωσης αυτών όπως φαίνεται στο σχήμα 1 και στην εικόνα 2. Σε κανονικές συνθήκες οι απαγωγοί παρουσιάζουν άπειρη αντίσταση (ανοικτό κύκλωμα), ενώ στην περίπτωση του “σφάλματος” (βραχυκύκλωμα, κεραυνικό ρεύμα κ.λπ.) στιγμιαία και όσο διαρκεί το φαινόμενο συμβαίνει η ενοποίηση των επί μέρους γειώσεων, αφού η αντίστασή τους τείνει στο μηδέν.

Πρέπει να σημειωθεί ότι κατά τη στιγμή της ενοποίησης των γειώσεων επέρχεται ανύψωση του δυναμικού της γης και σε κάποιες εκ των επιμέρους γειώσεων που κανονικά θα έπρεπε να έχουν μηδέν δυναμικό, δημιουργεί το ενδεχόμενο πιθανής βλάβης του εξοπλισμού που γειώνεται σε αυτή. Η πιθανότητα αυτή αυξάνει τείνοντας να πάρει την τιμή ένα, στην περίπτωση του ηλεκτρονικού εξοπλισμού. Προς αποφυγή αυτού του ενδεχόμενου, τοποθετούνται επιλεκτικά κατάλληλοι απαγωγοί κρουστικών υπερτάσεων σε κατάλληλες θέσεις εντός της ηλεκτρικής — ηλεκτρονικής εγκατάστασης.



Εικόνα 7.2: Ενοποίηση γειώσεων έμμεσα

Κατ’ αυτόν τον τρόπο, ενώ πριν το “σφάλμα” οι γειώσεις λειτουργούν ανεξάρτητα, κατά τη στιγμή του “σφάλματος” οι διαφορές δυναμικών στα άκρα των μονωτικών υλικών που περιβάλλουν τους ρευματοφόρους αγωγούς μηδενίζονται και κατά συνέπεια μηδενίζονται και οι ενδεχόμενες τάσεις που μπορεί να είναι επικίνδυνες για τον άνθρωπο και για τον ηλεκτρολογικό — ηλεκτρονικό εξοπλισμό.

Οι απαγωγοί κρουστικών υπερτάσεων (SPD's), προστατεύουν τις Εγκαταστάσεις στην πλευρά της Μέσης Τάσης (Μ.Τ), Χαμηλής Τάσης (Χ.Τ), μεταφοράς δεδομένων (data), πομποδέκτες, ομοαξονικά καλώδια κεραιών κ.λπ. Τοποθετούνται δε κοντά στην υπό προστασία συσκευή (ή δυνατόν επί αυτής) και γειώνονται με το συντομότερο δρόμο αποφεύγοντας ελιγμούς.

Στην περίπτωση του διαχωρισμού των γειώσεων ενός Υ/Σ (όταν η επιτευχθείσα γείωση είναι μεγαλύτερη του 1Ω), οι μονώσεις του Μ/Σ καταπονούνται περισσότερο από υπερτάσεις που προέρχονται από το δίκτυο Μ.Τ. Οδηγίες της ΔΕΗ προτείνουν ότι στην περίπτωση υπόγειου παροχικού καλωδίου του οποίου το μήκος είναι μικρότερο των 500 m από τη μετρητική διάταξη έως τον Υ/Σ, να τοποθετούνται απαγωγοί κρουστικών υπερτάσεων (SPD's) ανεξάρτητα με αυτά της ΔΕΗ. Κάθε Μ/Σ κατασκευάζεται έτσι ώστε να αντέχει μία συγκεκριμένη τάση τα μονωτικά του, γνωστή ως τάση Β.Ι.Λ. (Basic Insulating Level). Η τάση με την οποία τελικά καταπονείται η μόνωση του Μ/Σ μετά από κεραυνικό ρεύμα στην περίπτωση που έχουν τοποθετηθεί SPD's στην πλευρά της Μ.Τ. είναι μικρότερη από την τάση Β.Ι.Λ. (αντοχής του). Με αυτό τον τρόπο προστατεύεται ο Μ/Σ. Η τοποθέτηση των απαγωγών πρέπει να γίνεται όσο δυνατόν πλησίον του Μετασχηματιστή.



Εικόνα 7.3: Ενοποίηση γειώσεων σε ισοδυναμικό ζυγό. Άμεση σύνδεση των Αγωγών ηλεκτρολογικής και αντικεραυνικής γείωσης. Έμμεση σύνδεση της "καθαρής" γείωσης.

Γενικά λόγω έντονων μεταβατικών φαινομένων, υπεισέρχεται η κυματική αντίδραση του γειωτή και όχι μία λογισμη σταθερή τιμή. Για την επιλογή των απαγωγών Μ.Τ λαμβάνεται υπόψη το IEC 99-4/1991, όπου για το δίκτυο διανομής υπολογίζονται ρεύματα ως 10 kA κρουστικής μορφής 8/20μs. Κυματομορφή 8/20μs, σημαίνει ότι, σε χρόνο 8 εκατομμυριοστά του δευτερολέπτου μs, η τάση φθάνει στο περίπου 100% της τιμής της (στο μέγιστο), ενώ σε 20 μs θα μειωθεί στο μισό της μέγιστης τιμής της. Η δοκιμή που υπόκεινται οι Μ/Σ σε κρουστικές τάσεις είναι 125 KV σε κυματομορφή 1,2 / 50 μs.

Στην προκειμένη περίπτωση αξίζει να αναφερθούν δύο θέματα.

- **Το πρώτο Θέμα αφορά τη γήρανση των μονωτικών.** Ως γνωστό τα μονωτικά γηράσκουν και χάνουν τη μονωτική τους ικανότητα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να επέρχεται η διάτρησή τους σε μικρότερη τάση από τη μέγιστη τάση Που Θα άντεχαν υπό κανονικές συνθήκες. Πολλές αστοχίες μονωτικών οφείλονται σε αυτή την περίπτωση, γι' αυτό θα πρέπει να τοποθετούνται SPD's αυξάνοντας έτσι την αξιοπιστία των μονωτικών, μειώνοντας τον αριθμό των καταπονήσεών τους από υπερτάσεις και πιο συγκεκριμένα από κρουστικές υπερτάσεις. Τάσεις δηλαδή που θεωρητικά σε πάρα πολύ μικρό χρόνο μs, παίρνουν άπειρη τιμή.
- **Το δεύτερο Θέμα «φορά την προστασία των μονωτικών της Χ.Τ. τον Μ/Σ.** Το γεγονός ότι τοποθετούνται SPD's σε αυτήν πλευρά Μ.Τ. του Μ/Σ, δεν εξασφαλίζει την προστασία της

μόνωσης της Χ.Τ. αυτού. Η παραμένουσα τάση των SPD's Μ.Τ. (δηλ. η τάση που αφήνουν τα SPD's μετά από κρουστική υπέρταση και που τελικά καταπονεί τη μόνωση του Μ/Σ) είναι μεγαλύτερη από τη διηλεκτρική ικανότητα της μόνωσης της Χ.Τ. με αποτέλεσμα την καταστροφή της. Γι' αυτό συνιστάται η τοποθέτηση απαγωγών (SPD's) και στην πλευρά της Χ.Τ. του Μ/Σ.

Η τοποθέτηση των απαγωγών σε συνδυασμό με τις ισοδυναμικές συνδέσεις που Θα πρέπει να υπάρχουν ούτως ή άλλως σε κάθε ηλεκτρική εγκατάσταση (σύμφωνα με τους ΚΕΗΕ και ΕΛΟΤ HD 384) 384), διατηρούν την πιθανότητα να δημιουργηθούν επικίνδυνες τάσεις σε πολύ χαμηλά επίπεδα.

7.3 Ισοδυναμικές συνδέσεις

Με τις ισοδυναμικές συνδέσεις γίνεται προσπάθεια σύνδεσης όλων των μεταλλικών αντικειμένων που μπορεί Κάτω από ορισμένες συνθήκες (διάτρηση της μόνωσης, βραχυκύκλωμα κ.λπ.) να βρεθούν υπό τάση, έτσι ώστε στην χρονική στιγμή Του «σφάλματος» να μην δημιουργηθούν διαφορές δυναμικών (Ι4σα» δυναμικά) και Κατά συνέπεια τάσεις επικίνδυνες για τον άνθρωπο.

Σε περίπτωση σφάλματος της μόνωσης κάποιου καλωδίου το οποίο έρχεται σε επαφή με μεταλλικό αντικείμενο (Π.χ. σωλήνα η οποία είναι αγείωτη), αν κάποιος έρθει σε επαφή ταυτόχρονα με την προαναφερόμενη σωλήνα και ένα άλλο γειωμένο μεταλλικό αντικείμενο, Θα υποστεί την διαφορά δυναμικού στα άκρα του, με ενδεχόμενες Θανατηφόρες συνέπειες. Το παραπάνω βέβαια ισχύει στην περίπτωση όπου το δάπεδο είναι μονωμένο ως προς τα κάτω άκρα του αλλιώς θα κινδύνευε από τάση επαφής.

Για την αποφυγή τέτοιων περιπτώσεων συνιστάται η πραγματοποίηση μιας κύριας ισοδυναμικής σύνδεσης. Συγκεκριμένα σε κάποιο ισοδυναμικό ζυγό πρέπει να καταλήγουν τα ακόλουθα:

- Οι επί μέρους αγωγοί γειώσεων που συνυπάρχουν σε ένα κτίριο με τους κύριους αγωγούς προστασίας¹ των.
- Ο οπλισμός του κτιρίου. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με το καλύτερο δυνατό τρόπο μέσω της θεμελιακής γείωσης.
- Οι μεταλλικές σωληνώσεις νερού, θέρμανσης, φυσικού αερίου. (Συνιστάται, στη περίπτωση που η υδραυλική εγκατάσταση είναι μεταλλική, η τοποθέτηση πλέγματος τύπου Δαρινγκ στο χώρο του 'λ'.(το οποίο με τη σειρά του Θα πρέπει να συνδεθεί αγωγή με Τις σωληνώσεις ζεστού — κρύου, του θερμοσίφωνα, του νεροχύτη, του τηλεφώνου της μπανιέρας, ή δυνατό του οπλισμού του χώρου αν δεν υπάρχει στο κτίριο θεμελιακή γείωση).

¹Ως αγωγούς προστασίας μπορούν να χρησιμοποιηθούν αγωγοί πολυπολικών καλωδίων, μονωμένοι ή γυμνοί αγωγοί μέσα σε Κοινό περιβλήμα με τους ενεργούς αγωγούς, ή χωριστά από αυτούς, μεταλλικά περιβλήματα Καλωδίων π.χ. μανδύες, πλέγματα οπλισμοί κ.λπ., μεταλλικά περιβλήματα αγωγών, μεταλλικοί σωλήνες, ξένα αγωγή στοιχεία εφόσον:

- η ηλεκτρική τους συνέχεια εξασφαλίζεται είτε από την κατασκευή τους είτε με κατάλληλες συνδέσεις λαμβάνοντας κατάλληλα μέτρα έναντι μηχανικών ή χημικών ή ηλεκτροχημικών αλλοιώσεων,
- έχουν αγωγιμότητα τουλάχιστον όπως αυτή προκύπτει από τους υπολογισμούς της διατομής του αγωγού γείωσης.
- έχουν προβλεφθεί Ι τα κατάλληλα μέτρα αντικατάστασης των στη περίπτωση της αφαίρεσής.

- **έχουν μελετηθεί και προσαρμοσθεί για αυτή τη χρήση. Για παράδειγμα οι σωληνώσεις νερού δεν πληρούν αυτές τις προϋποθέσεις ενώ οι σωληνώσεις αερίου δεν επιτρέπεται να χρησιμοποιούνται, ως αγωγοί προστασίας.**
- Οι μεταλλικοί μανδύες των καλωδίων ηλεκτρικής τροφοδότησης και μετά τη συγκατάθεση του φορέα τηλεπικοινωνίας, των καλωδίων τηλεπικοινωνίας.

Στην περίπτωση όπου δεν μπορεί να επιτευχθεί η αυτόματη διακοπή της τροφοδοσίας μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης ή τμήματος αυτής όταν αυτή υπερβαίνει 50 V για τάσεις Αί ή τα 120 V για Τάσεις ΙΧ στα εκτεθειμένα αγωγικά μέρη, θα πρέπει να πραγματοποιηθούν και συμπληρωματικές ισοδυναμικές συνδέσεις όλων των ταυτόχρονα προσιτών αγωγικών μερών, όπως του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού, των ξένων αγωγικών μερών καταβάλλοντας κάθε δυνατή προσπάθεια να συμπεριληφθεί και ο οπλισμός του κτιρίου, των ακροδεκτών γείωσης των ρευματοδοτών, των αγωγικών δαπέδων των σωληνώσεων ζεστού-κρύου του θερμοσίφωνα, των σωληνώσεων των μαγειρείων, κλιβάνων κ.λπ.

Όταν η αντίσταση μεταξύ δύο ταυτόχρονα αγωγικών προσιτών μερών είναι μικρότερη ή ίση από το πηλίκο των 50 προς, είτε το ονομαστικό διαφορικό ρεύμα της Προστασίας διαφορικού ρεύματος (συνήθως 30mA), είτε το ρεύμα που μπορεί να τήξει μία διάταξη προστασίας έναντι υπερεντάσεων σε χρόνο 5 δευτερολέπτων, τότε η συμπληρωματική ισοδυναμική σύνδεση θεωρείται αποτελεσματική.

Στην περίπτωση του σωλήνα του φυσικού αερίου θα πρέπει να πραγματοποιηθεί ισοδυναμική σύνδεση με τον κύριο σωλήνα κατόπιν συνεννόησης με την Υπηρεσία παροχέτευσης του φυσικού αερίου. Ωστόσο σύμφωνα με τους κανονισμούς NY 0100 τμήμα 410, απαιτείται γενικά η ισοδυναμική προστασία με τον κύριο αγωγό φυσικού αερίου. Στην περίπτωση που υπάρχει στο δίκτυο καθοδική προστασία, Προκειμένου να αποφευχθεί η άμεση ισοδυναμική σύνδεση, προτείνεται η σύνδεση μέσω σπινθηριστή.

Ο υδρομετρητής θα πρέπει να γεφυρώνεται με αγωγό κατάλληλης διατομής ανάλογα με τη χρήση του ως αγωγού Προστασίας ως αγωγού ισοδυναμικής σύνδεσης ή ως αγωγού γείωσης λειτουργίας. Συνήθως χρησιμοποιείται καλώδιο NYA τουλάχιστον 16mm².

Η ανάγκη ισοδυναμικής σύνδεσης συμπεριλαμβανομένου πλέγματος τύπου Δαρινγκ είναι ιδιαίτερα επιτακτική σε υγρούς χώρους, π.χ. στο μαγειρείο, στο w.c, σε εργοστάσια καθώς επίσης σε χώρους εκτροφής ή φύλαξης ζώων. Θα πρέπει να επισημανθεί ότι ζώα όπως για το TERRAFILL είναι ένα βελτιωτικό υλικό που επιτυγχάνει τη βελτίωση της αγωγιμότητάς του εδάφους π.χ. τα άλογα, λόγω της μεγάλης απόστασης των Κάτω άκρων τους κινδυνεύουν από βηματικές τάσεις πιο πολύ από τους ανθρώπους. Γενικά, στους χώρους που προορίζονται για τα ζώα θα πρέπει να γίνονται συμπληρωματικές ισοδυναμικές συνδέσεις μεταξύ όλων των μεταλλικών εκτεθειμένων μερών και των ξένων αγωγικών μερών που θα μπορούσαν να έρθουν σε επαφή τα ζώα.

Σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384 τα λουτρά πρέπει να αντιμετωπίζονται ως χώροι με ειδικές απαιτήσεις. Συγκεκριμένα θα πρέπει να ταξινομούνται σε τέσσερις ζώνες (0,1,2,3), με κέντρο τη ζώνη 0, όπου είναι στην ουσία το εσωτερικό του λουτήρα ή της λεκάνης ή του καταιονιστήρα κ.λπ. δηλαδή ο χώρος που μπορεί να γεμίσει με νερό. Για κάθε μία από τις παραπάνω ζώνες απαιτούνται μέτρα προστασίας έναντι ηλεκτροπληξίας και η συμπληρωματική ισοδυναμική σύνδεση πραγματοποιώντας αγωγικές συνδέσεις μεταξύ μεταλλικών σωληνώσεων τροφοδότησης ή αποχέτευσης ή κ. θέρμανσης ή κλιματισμού, προσιτών μεταλλικών μερών του κτιρίου κ.λπ. (περισσότερες πληροφορίες στο κεφάλαιο 701 του προτύπου).

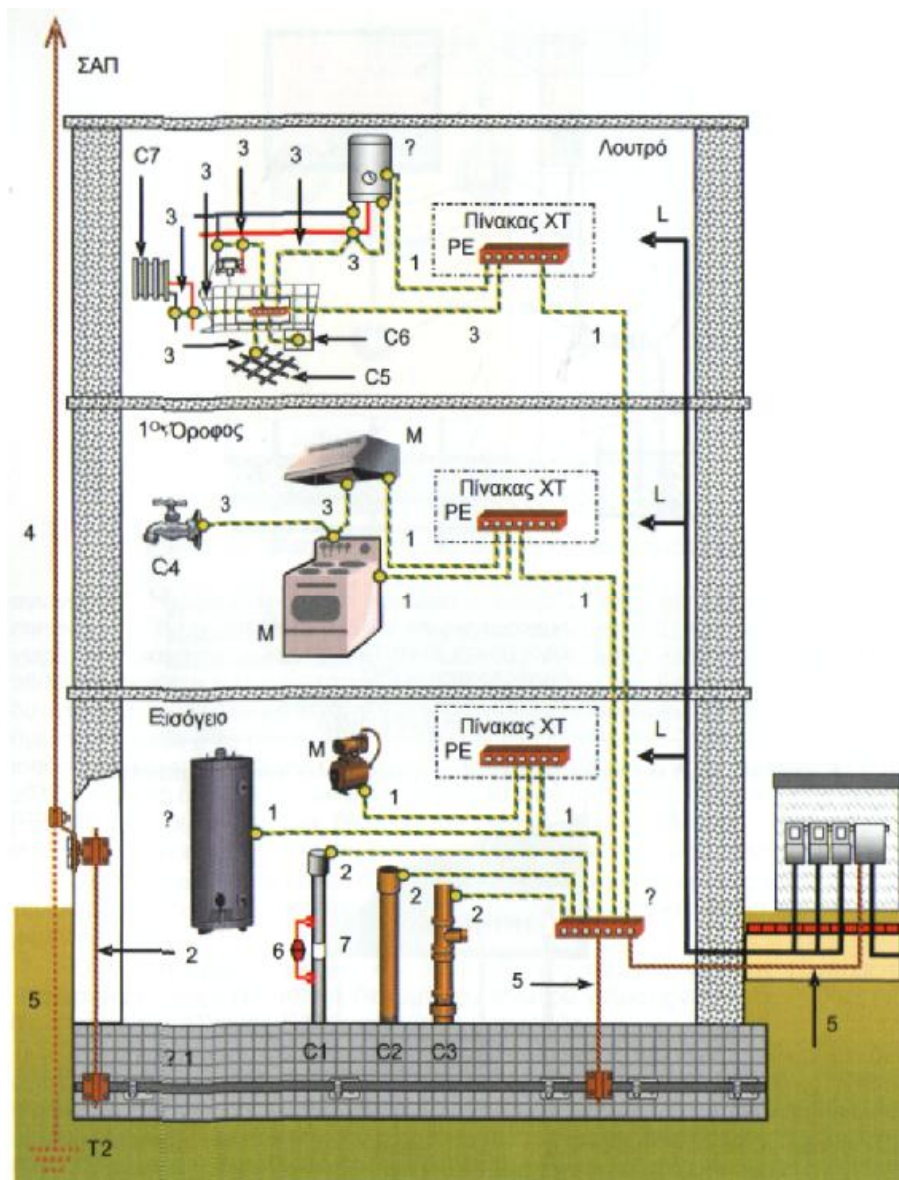
Ο έλεγχος των συσφίξεων — γεφυρώσεων και κατά συνέπεια των περιλαίμιων κατά κύριο λόγο σε θερμοσίφωνες, λουτήρες κ.λπ., όπως αναφέρεται στο κεφάλαιο περί Επιθεώρησης — Συντήρησης, θα πρέπει να γίνεται με προσοχή και επιμέλεια γιατί είναι η βασική αιτία από όπου προκύπτουν

σοβαροί κίνδυνοι ηλεκτροπληξίας. Η αντικατάσταση των παλαιών ή πρόχειρων περιλαίμιων με καινούργια τα οποία είναι κατασκευασμένα σύμφωνα με τους νόμους και τα πρότυπα, είναι επιτακτική ανάγκη. Οι κύριες ισοδυναμικές συνδέσεις γίνονται με αγωγό συνήθως H 07V-R(NYA) ελάχιστης διατομής 6 mm^2 και μέγιστης 25 mm^2 . Μπορεί επίσης να τεθεί ίση με το 50% της μεγαλύτερης διατομής του αγωγού Προστασίας της εγκατάστασης.

Στο Εσωτερικό Σύστημα Αντικεραυνικής Προστασίας (Εσωτερικό ΣΑΠ), Θα πρέπει να τηρείται η ελάχιστη απόσταση μεταξύ δύο αγωγίμων τμημάτων μέσα στην κατασκευή που χρήζει προστασίας ώστε να αποκλείεται η εμφάνιση επικίνδυνων σπινθήρων μεταξύ των τμημάτων αυτών και κατ' επέκταση να αποφευχθεί η δημιουργία επικίνδυνου σπινθήρα (ηλεκτρική εκκένωση). Θα πρέπει είτε να τηρείται μία ικανοποιητική απόσταση μεταξύ δύο μεταλλικών στοιχείων αν δεν μπορούν ή δεν πρέπει να συνδέονται αγωγή μεταξύ τους, είτε να παρεμβάλλονται διαχωριστικά υλικά με αντοχή σε κρουστική τάση $U \geq 500S$.

Όπου S , η απόσταση που Θα έπρεπε να τηρήσουμε για να αποτρέψουμε το τόξο.

Η απόσταση S , είναι ανάλογη της επιλεγόμενης στάθμης Προστασίας του ΣΑΠ (K_i), του κεραυνικού ρεύματος που ρέει στους αγωγούς καθόδου (K_e) και από το μήκος αγωγού καθόδου από το σημείο που πρόκειται να ελεγχθεί η γειτνίαση μέχρι το πλησιέστερο σημείο ισοδυναμικής σύνδεσης. Είναι δε αντιστρόφως ανάλογη από το συντελεστή (K_m) που αφορά το διαχωριστικό υλικό μεταξύ των υπό εξέταση μεταλλικών αντικειμένων.

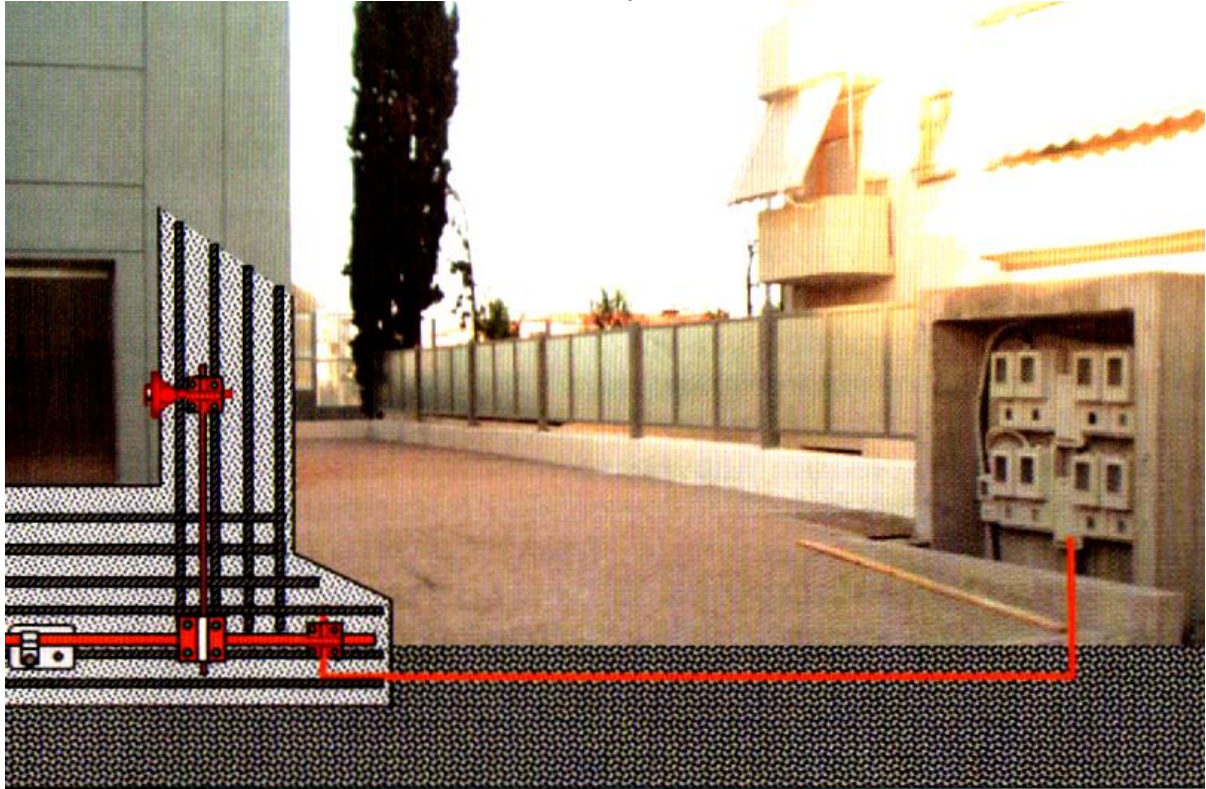


Εικόνα 7.4: Διάταξη γείωσης, αγωγοί γείωσης, αγωγοί προστασίας και αγωγοί ισοδυναμικών συνδέσεων

A/A	Περιγραφή	A/A	Περιγραφή
M	Εκτεθειμένα αγώγιμα μέρη (Αγώγιμα μέρη ηλεκτρικών συσκευών τα οποία υπό κανονικές συνθήκες δεν είναι ενεργά, αλλά μπορεί να γίνουν ενεργά όταν η μόνωσή τους αστοχήσει)	C	Ξένα αγώγιμα στοιχεία (Αγώγιμα μέρη που δεν αποτελούν μέρος ηλεκτρικής εγκατάστασης αλλά μπορούν να μεταφέρουν ένα δυναμικό, συνήθως της γης)
C1	Παροχή φυσικού αερίου	ΣΑΠ	Σύστημα Αντικεραυνικής Προστασίας
C2	Παροχή νερού	PE	Ζυγός πίνακα σύνδεσης αγωγών προστασίας [PE]
C3	Μεταλλική αποχέτευση	1	Αγωγός προστασίας [PE]
C4	Εσωτερικό δίκτυο ύδρευσης	2	Αγωγός κύριων ισοδυναμικών συνδέσεων
C5	Οπλισμός δαπέδου λουτρού	3	Αγωγός συμπληρωματικών ισοδυναμικών συνδέσεων
C6	Μεταλλικός λουτήρας		

C7	Σώμα θέρμανσης	4	Αγωγός καθόδου ΣΑΠ
B	Κύριος ζυγός γείωσης	5	Αγωγός γείωσης
T1	Θεμελιακή γείωση	6	Σπινθηριστής
T2	Γείωση ΣΑΠ. Πρόσθετο μήκος ηλεκτροδίου αν απαιτείται	7	Μονωτική φλάντζα

Πίνακας 7.1



Εικόνα 7.5: Σύνδεση θεμελιακής γείωσης με παροχές ΔΕΗ

Στους Πίνακες 7.2α και 7.2β που ακολουθούν δίδονται οι συντελεστές K_i , K_m .

Για το συντελεστή K_c υπάρχουν πολλές διακριτές περιπτώσεις. Με το παρακάτω τύπο καλύπτονται οι συνηθεις περιπτώσεις.

Στάθμη προστασίας	K_i
I	0.1
II	0.075
III και IV	0.05

Πίνακας 7.2α

Υλικό	Km
Αέρας	1
Στερεά	0.5

Πίνακας 7.2β

$$K_c = \frac{1}{2n} + 0.1 + 0.2 * \sqrt[3]{\frac{c}{h}} \quad (7.1)$$

όπου:

- n ο συνολικός αριθμός των αγωγών καθόδου
- c η απόσταση από τον πλησιέστερο αγωγό καθόδου
- h η απόσταση μεταξύ των περιμετρικών δακτυλιδιών.

Η διατομή του αγωγού συμπληρωματικής ισοδυναμικής σύνδεσης που συνδέεται είτε ένα αγωγίμο μέρος προς ένα ξένο αγωγίμο στοιχείο είτε δύο εκτεθειμένα αγωγίμα μέρη θα είναι τουλάχιστον όσο η μικρότερη διατομή του αγωγού προστασίας που συνδέεται σε αυτά.

Πειραματικό μέρος

8.1 Γειωσόμετρο

Γειωσόμετρο είναι η συσκευή μέτρησης γειώσεων. Συνοδεύεται από τρεις αγωγούς μαύρο-κόκκινο-κίτρινο και δύο βοηθητικά ηλεκτρόδια (B.H). Έχει πάνω τρεις ακροδέκτες με ενδείξεις E-P-C, ένα γαλβανόμετρο, ένα μπουτόν πορτοκαλί χρώματος, ένα διαχωριστικό διακόπτη με τις ενδείξεις 2 και 3, ένα διακόπτη επιλογής 5 θέσεων ($\times 1\Omega$ - $\times 10\Omega$ - $\times 100\Omega$ -AC και θέση μπαταρίας), ένα δίσκο περιστρεφόμενο (χειροκίνητο), βαθμολογημένο από 1-10.



Εικόνα 8.1: Γειωσόμετρο

]

8.2 Μέτρηση αντιστάσεων

A) Μέθοδος τριών ηλεκτροδίων

α) Έλεγχος βολτάζ μπαταρίας

Ο διαχωριστικός διακόπτης τοποθετείται στη θέση 3 και ο διακόπτης επιλογής στη θέση μπαταρία. Πιέζουμε το πορτοκαλί μπουτόν. Αν η μπαταρία είναι εντάξει, η βελόνα του γαλβανομέτρου θα μετακινηθεί προς τα αριστερά, από τη θέση ισορροπίας (0).

β) Συνδέουμε το ένα άκρο του μαύρου αγωγού στην επαφή E και το άλλο άκρο του υπό μέτρηση ηλεκτρόδιο (Rx). Το ένα άκρο του κίτρινου αγωγού στην επαφή P και το άλλο άκρο του στο ένα από τα δύο βοηθητικά ηλεκτρόδια. Το ένα άκρο του κόκκινου αγωγού στην επαφή C και το άλλο άκρο του στο άλλο βοηθητικό ηλεκτρόδιο. Τοποθετούμε και τα δύο βοηθητικά ηλεκτρόδια στο έδαφος. Φροντίζουμε κύριο και βοηθητικά ηλεκτρόδια να είναι σχεδόν σε ευθεία γραμμή και μεταξύ τους απόσταση μεγαλύτερη από 5 μέτρα.

Κατόπιν κάνουμε τις εξής ενέργειες. Ο διακόπτης επιλογής τοποθετείτε σε μια από τις τρεις θέσεις ($x1\Omega$ - $x10\Omega$ - $x100\Omega$) και ο διαχωριστικός διακόπτης στη θέση 3. Πιέζουμε (συνέχεια) το πορτοκαλί μπουτόν. Η βελόνα του γαλβανομέτρου θα μετακινηθεί από τη θέση ηρεμίας (0) προς τα αριστερά. Περιστρέφουμε σιγά-σιγά προς τα δεξιά τον χειροκίνητο δίσκο, μέχρις ότου η βελόνα του γαλβανομέτρου σταθεροποιηθεί και πάλι στην ένδειξη μηδέν (0). Τότε μετράμε την ένδειξη στον περιστρεφόμενο δίσκο και πολλαπλασιάζουμε αυτή με την ένδειξη του διακόπτη επιλογής. Το αποτέλεσμα είναι η αντίσταση του Rx απ' ευθείας σε Ωμ.

Αν π.χ. η βελόνα μηδενίσει όταν ο περιστρεφόμενος δίσκος δείχνει τον αριθμό 2 και ο διακόπτης επιλογής είναι στη θέση $x1\Omega$ τότε η ζητούμενη αντίσταση είναι $2x1=2\Omega$.

8.3 Μέτρηση της αντίστασης της γείωσης ανάλογα με το είδος της γείωσης

Οι μετρήσεις αυτού του πειράματος πάρθηκαν στο χώρο έξω από το εργαστήριο Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων όπου στεγάζονταν τα φρεάτια με τις γειώσεις. Μετρήσαμε την αντίσταση γείωσης ανάλογα με το είδος της γείωσης και τα αποτελέσματα καταγράφονται στον παρακάτω Πίνακα:

Είδος Γείωσης	Αντίσταση Γείωσης (Rg)
Τριγωνική γείωση	2.5 Ω
Γείωση με ηλεκτρόδιο γείωσης χαλκού	1.0 Ω
Γείωση μεταλλικής πλάκας	0.5 Ω

Πίνακας 8.1

ΤΡΙΓΩΝΙΚΗ ΓΕΙΩΣΗ



ΓΕΙΩΣΗ ΜΕΤΑΛΛΙΚΗΣ ΠΛΑΚΑΣ



ΓΕΙΩΣΗ ΜΕ ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΟ ΤΥΠΟΥ ΧΑΛΚΟΥ



8.4 Μέτρηση της αντίστασης της Θεμελιακής γείωσης σε κατοικία

Η μέτρηση της συγκεκριμένης αντίστασης γείωσης πραγματοποιήθηκε σε κατοικία του νομού Λάρισας και συγκεκριμένα στην περιοχή της Νέας Πολιτείας. Η μέτρηση έγινε με τον μέθοδο που αναλύθηκε στην παράγραφο 8.2 χρησιμοποιώντας το γειωσόμετρο (εικόνα 8.1). Παρουσιάζεται στην συνέχεια ο περιβάλλον χώρος της κατοικίας καθώς και ο τρόπος που έγινε η μέτρηση της γείωσης της κατοικίας.





Μετά το πέρας της μέτρησης στην αντίσταση γείωσης της κατοικίας βρέθηκε ότι η τιμή της ήταν περίπου **0,5Ω**. Έχοντας υπόψη τους κανονισμούς του ΕΛΟΤ 384 η τιμή της κρίνεται ικανοποιητική και παρέχει μέγιστο βαθμό ασφάλειας στους ανθρώπους που περιβάλλουν τον χώρο από τυχόν διαρροές ρευμάτων.

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Δεν θα ήταν καθόλου ευχάριστο να έρθει κανείς σε επαφή με το μεταλλικό κέλυφος – ερμάριο σασί κάποιου κινητήρα όπου για κάποιο λόγο από κάποιο σφάλμα βρέθηκε στο δυναμικό των 220V και η γείωση της εγκατάστασης δεν είναι ηρέπυσα.

Καλό θα είναι να μην περιμένουμε την τύχη να καλύψει την επιπολαιότητά μας ή την άγνοιά μας. Θα πρέπει να μας γίνει συνείδηση να μη κόβουμε τα ραβδοειδή ηλεκτρόδια όταν δεν μπορούμε με μία απλή σφύρα να τα μπήξουμε στο έδαφος. Θα πρέπει να επιλέγουμε υλικά όχι πάντα με γνώμονα το όσο δυνατό περισσότερο κέρδος αλλά και με την ποιότητα .

Πολλές φορές ακόμη μία κακή γείωση έχει σαν συνέπεια την καταστροφή των ευαίσθητων ηλεκτρονικών συσκευών με αποτέλεσμα την αύξηση του κόστους αντικατάστασης αυτών, χαμένες εργατοώρες κλπ.

Η κατασκευή μιας γείωσης **θα πρέπει** να ικανοποιεί τις απαιτήσεις των κανονισμών και των προτύπων ώστε να είναι **ΑΣΦΑΛΗΣ και ΑΞΙΟΠΙΣΤΗ**.

Η ΑΣΦΑΛΕΙΑ και η ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ της γείωσης θα πρέπει να εξασφαλίζεται κάθε χρονική στιγμή αφού η πιθανότητα να συμβεί το «σφάλμα» είναι απρόβλεπτη.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Η μελέτη και ο σχεδιασμός των γειώσεων και των ισοδυναμικών συνδέσεων κατά το στάδιο της μελέτης της κατασκευής, επίλυει τεχνικά προβλήματα, κάνει την προστασία αποτελεσματική και κάνει εφικτή τη χρησιμοποίηση φυσικών στοιχείων της κατασκευής, πχ φέρων οπλισμός του κτιρίου τα οποία συμβάλλουν με το καλύτερο δυνατό τρόπο στη δημιουργία, από τη μία χαμηλής τιμής αντίστασης γείωσης και ανύψωσης δυναμικού στη περίπτωση σφάλματος και από την άλλη στη δημιουργία ισοδυναμικών επιφανειών απαραίτητες καταρχήν για τους ανθρώπους και τα ζώα που υπάρχουν στην κατασκευή και στα περίξ αυτής, αλλά και για τον ηλεκτρολογικό – ηλεκτρονικό εξοπλισμό.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Ευρωπαϊκό Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 50164— 1

Το Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 50164 — 1 καθορίζει τις απαιτήσεις εξαρτημάτων σύσφιξης — σύνδεσης συστήματος αντικεραυνικής προστασίας, τις ηλεκτρικές και περιβαλλοντικής γήρανσης εργαστηριακές δοκιμές, χωριστές για κάθε περίπτωση, όπως:

- ο ανάλογα με την πρώτη ύλη που κατασκευάζεται το εξάρτημα, (χάλυβας, χαλκός, κράματα χαλκού κ.λπ.)
- τη γεωμετρική μορφή των συνδεδεμένων αγωγών (ταινίας, κυκλικής)
- διάσταση των αγωγών που συνδέονται (Φ8τιπι, Φίθιπι, 30Χ3,5ιπι, κ.λπ.)
- το υλικό των αγωγών,
- τη μορφολογική διάταξη σύνδεσης (υπό γωνία, ευθύγραμμη κ.λπ.),
- για εγκατάσταση εντός ή εκτός εδάφους ή εγκιβωτισμένων.

Για τη χρήση ενός εξαρτήματος σε περισσότερες από μία των παραπάνω εφαρμογών το Πρότυπο απαιτεί χωριστές εργαστηριακές δοκιμές για κάθε εφαρμογή τις οποίες λεπτομερώς διατυπώνει.

Λόγω της αυστηρότητας του, το Πρότυπο καθορίζει συγκεκριμένα τη διάταξη του δοκιμίου ανάλογα με κάθε εφαρμογή, που θα υποστεί τις εργαστηριακές δοκιμές που είναι:

- Ηλεκτρικές δοκιμές με καταπόνηση κεραυνικού 100kA ή 50kA κυματομορφής 10/350μs, ανάλογα τον τύπο του εξαρτήματος (για heavy type 100 kA, για Normal Type 50kA)
- Περιβαλλοντικής γήρανσης κατά EN 60068 — 2 — 52, EN ISO 6988, ISO 6957 κ.λπ. διάρκειας μέχρι 28 ημερών σε ειδικούς θαλάμους τεχνητής γήρανσης.

Στο Πρότυπο διατυπώνονται και τα κριτήρια που πρέπει να ικανοποιούν τα δοκίμια μετά την ολοκλήρωση των εργαστηριακών δοκιμών, προκειμένου να θεωρηθεί η καταλληλότητα χρήσης του εξαρτήματος για κάθε εφαρμογή.

Ευρωπαϊκό Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 50164-2

Το Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 50164— 2 καθορίζει τις απαιτήσεις των ράβδων σύλληψης, αγωγών και των γειωτών συστήματος αντικεραυνικής προστασίας, μηχανικές και περιβαλλοντικής γήρανσης εργαστηριακές δοκιμές, χωριστές για κάθε περίπτωση, όπως:

- ανάλογα με την πρώτη ύλη που κατασκευάζονται οι ράβδοι σύλληψης, οι αγωγοί και οι γειωτές (χάλυβας, χαλκός, κράματα χαλκού, αλουμινίου κ.λπ.)
- τη γεωμετρική μορφή των αγωγών (κυκλικής, ορθογωνικής, πολύκλωνος κ.λπ.)
- διάσταση των αγωγών που συνδέονται (Φ8mm, Φ10 mm, 30*3,5 mm, κ.λπ.)
- για εγκατάσταση εντός ή εκτός εδάφους ή εγκιβωτισμένων.

Για τη χρήση ενός αγωγού σε περισσότερες από μία των παραπάνω εφαρμογών το Πρότυπο απαιτεί χωριστές εργαστηριακές δοκιμές για κάθε εφαρμογή τις οποίες λεπτομερώς διατυπώνει.

Λόγω της αυστηρότητας του, το Πρότυπο καθορίζει συγκεκριμένα τη διάταξη του δοκιμίου ανάλογα με κάθε εφαρμογή, που θα υποστεί τις εργαστηριακές δοκιμές που είναι:

- Περιβαλλοντικής γήρανσης Κατά EN 60068 -2 - 52, EN ISO 6988, ISO 6957 κ.λπ. διάρκειας μέχρι 28 ημερών σε ειδικούς θαλάμους τεχνητής γήρανσης.
- Μηχανική δοκιμή καταλληλότητας της επιμετάλλωσης ραβδοειδών γειωτών.
- Μηχανικές δοκιμές θλίψης, κάμψης εφελκυσμού, κρούσης κ.λπ.

Στο Πρότυπο διατυπώνονται και τα κριτήρια που πρέπει να ικανοποιούν τα δοκίμια μετά την ολοκλήρωση των εργαστηριακών δοκιμών, προκειμένου να θεωρηθεί η καταλληλότητα χρήσης του εξαρτήματος για κάθε εφαρμογή.

Στον πίνακα που ακολουθεί αναφέρονται οι βασικές διαφορές μεταξύ των ελληνικών κανονισμών ΚΕΗΕ και του προτύπου ΕΛΟΤ HD 384.









Ως προς		Σύγκριση
Την τάση λειτουργίας	ΚΕΗΕ	<ul style="list-style-type: none"> Εάν είναι μικρότερη από 50V(AC,DC), τότε η εγκατάσταση θεωρείται ασφαλής. Εάν είναι μεγαλύτερη από 50V(AC,DC) τότε: <ol style="list-style-type: none"> Το ρεύμα που περνά από το ανθρώπινο σώμα πρέπει να είναι μικρότερο ή ίσο από 0,5A (έως 60Hz). Η τάση επαφής πρέπει να είναι μικρότερη ή ίση από 50V. Στην περίπτωση που η τάση επαφής υπερβαίνει τα 50V, να μην μπορεί να διατηρηθεί για περισσότερο από 5 sec.
	ΕΛΟΤ HD 384	<ul style="list-style-type: none"> Εάν είναι μικρότερη από 50V για AC και από 120 V για DC, τότε η εγκατάσταση θεωρείται ασφαλής. Για περιπτώσεις που είναι μεγαλύτερη από 50V(AC), ο χρόνος διακοπής πρέπει να είναι μικρότερος από 0,4 sec στα 230V και 0,2sec στα 400V για συσκευές που τροφοδοτούνται ή τροφοδοτούν, μέσω ρευματοδοτών. Χρόνος 5sec για κυκλώματα διανομής (τροφοδότηση πινάκων), για τερματικά κυκλώματα που τροφοδοτούν μόνο ακίνητες συσκευές κ.λπ.
Τη μόνωση Ηλεκτρικών στοιχείων	ΚΕΗΕ	<ul style="list-style-type: none"> Διπλή μόνωση.
	ΕΛΟΤ HD 384	<ul style="list-style-type: none"> Διπλή μόνωση. Η τάση δοκιμής απλής μόνωσης για συσκευές 380/220V είναι 2kV ενώ για διπλή μόνωση είναι 4kV.
Την απομόνωση	ΚΕΗΕ ΕΛΟΤ HD 384	<ul style="list-style-type: none"> Με περίφραξη ή περίβλημα στα κυκλώματα. Γαλβανική απομόνωση μέσω Μ/Τα 1:1
Την εγκατάσταση επί δαπέδου	ΚΕΗΕ	<ul style="list-style-type: none"> Εγκατάσταση επί μονωμένου δαπέδου.
	ΕΛΟΤ HD 384	<ul style="list-style-type: none"> Όπως ΚΕΗΕ. Επίσης : <ul style="list-style-type: none"> Όταν υπάρχει μεταλλική συσκευή που γειτνιάζει με τοίχο θα μονώνεται κατάλληλη επιφάνεια του τοίχου. Όταν γειτνιάζουν μεταλλικές συσκευές θα πρέπει να γίνεται ισοδυναμική σύνδεση αυτών. Η μόνωση του δαπέδου θα πρέπει να είναι 50kΩ για τάση μικρότερη ή ίση των 500 V (AC) ή 100 kΩ για τάση μεγαλύτερη των 500 V (AC).
Τις ισοδυναμικές συνδέσεις	ΚΕΗΕ	<ul style="list-style-type: none"> Μπάνια, μαγειρεία, υγροί χώροι κλπ.
	ΕΛΟΤ HD 384	<ul style="list-style-type: none"> Όπως ΚΕΗΕ. Επίσης προβλέπουν την τοπική ισοδυναμική σύνδεση.
Την γείωση	ΚΕΗΕ	<ul style="list-style-type: none"> Διακόπτης Διαφυγής Τάσης (ΔΔΤ). Απαιτείται ανεξάρτητη γείωση μέσω ραβδοειδή γειωτή 12,5μμ² * 1500μμ είτε πλάκας 0,5 * 0,5μ², είτε ταινίας μήκους 10μ. Ο χρόνος αποσύνδεσης είναι μικρότερος από

μέσω διακοπών ¹		<p>μερικά δέκατα του δευτερολέπτου. Μόνο εάν το επιτρέπει η ΔΕΗ και όταν δεν εφαρμόζεται η ουδετέρωση ή όταν η άμεση γείωση κρίνεται δαπανηρή.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Διακόπτης Διαφυγής Έντασης (ΔΔΕ).
	ΕΛΟΤ HD 384	<ul style="list-style-type: none"> • Διακόπτης Διαφυγής Τάσης (ΔΔΤ). • Διακόπτης Διαφυγής Έντασης (ΔΔΕ). Ο συγκεκριμένος με διαφορικό ρεύμα λειτουργίας μικρότερο ή ίσο των 30mA επιβάλλεται ανεξάρτητα από το σύστημα σύνδεσης των γειωτών TT, TN, IT .
Τη γείωση	ΚΕΗΕ	<p>Αναφέρονται ως μέθοδοι προστασίας</p> <ul style="list-style-type: none"> • Άμεση γείωση. • Ουδετέρωση(έμμεση γείωση).
	ΕΛΟΤ HD 384	<p>Αναφέρονται ως σύστημα σύνδεσης των γειώσεων</p> <ul style="list-style-type: none"> • TT • TN • IT. Μονωμένου ουδετέρου για χώρους όπως σφαγεία, ειδικές βιομηχανικές μονάδες, χειρουργεία.

¹ Δεν έχουν καθιερωθεί ως γενικά μέσα προστασίας των καταναλωτών ηλεκτρικής ενέργειας, πράγμα που ισχύει για τις μεθόδους προστασίας άμεσης γείωσης και έμμεσης γείωσης (Ουδετέρωση) γείωσης.

6009030	Το κάλυμμα του είναι κίτρινο και φέρει ανάγλυφο το σύμβολο της γείωσης. Το άνοιγμα του καλύμματος είναι 25x25cm και κατασκευάζεται από PVC.	
6103015	Στήριγμα για ηλεκτρόδιο γείωσης ταινίας ή για στρογγυλό αγωγό σε ημιβραχώδες έδαφος, για την κατασκευή περιμετρικής ή θεμελιακής γείωσης. Διατρεί την ταινία σε κατακόρυφη θέση, καθώς και σε σταθερή απόσταση 50mm από τον πυθμένα του σκάμματος. Κατασκευάζεται από χάλυβα, θερμά γαλβανισμένο.	
6103030	Στήριγμα για ηλεκτρόδιο γείωσης ταινίας ή για στρογγυλό αγωγό σε μαλακό έδαφος, για την κατασκευή περιμετρικής ή θεμελιακής γείωσης. Διατρεί την ταινία σε κατακόρυφη θέση, καθώς και σε σταθερή απόσταση 50mm από τον πυθμένα του σκάμματος. Κατασκευάζεται από χάλυβα, θερμά γαλβανισμένο.	
6201000	Σφιγκτήρας - στήριγμα ηλεκτροδίου, θεμελιακής γείωσης, ταινίας με οπλισμό, διαμέτρου μέχρι και 24mm. Παρέχει σωστή ηλεκτρική σύνδεση με τον οπλισμό και μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως σφιγκτήρας επιμήκυνσης ή διασταύρωσης. Συνδέεται με τον οπλισμό παράλληλα και κάθετα. Κατασκευάζεται από χάλυβα, θερμά γαλβανισμένο και μπορεί να συνδέσει μέσα στο σκυρόδεμα ηλεκτρόδιο γείωσης από χαλκό, ή χάλυβα, θερμά επιμεταλλωμένο. Έχει εργαστηριακά δοκιμαστεί με το EN 50164-1.	
6201001	Σφιγκτήρας - στήριγμα ηλεκτροδίου, θεμελιακής γείωσης, ταινίας με οπλισμό, διαμέτρου μέχρι και 17mm. Παρέχει σωστή ηλεκτρική σύνδεση με τον οπλισμό και μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως σύνδεσμος ισοδυναμικής σύνδεσης ηλεκτροδίου γείωσης από χαλκό ή χάλυβα, θερμά γαλβανισμένο με τον οπλισμό. Μπορεί να συνδεθεί με αυτόν σε παράλληλη διάταξη. Κατασκευάζεται από χάλυβα θερμά γαλβανισμένο και έχει εργαστηριακά δοκιμαστεί με το EN 50164-1.	

	Κατασκευάζεται από χάλυβα θερμά γαλβανισμένο και έχει εργαστηριακά δοκιμαστεί με το EN 50164-1.	
6201004	Σφιγκτήρας για την ηλεκτρική συνέχεια οπλισμού Ø10-20mm, εγκιβωτισμένου στο σκυρόδεμα και την σύνδεση - στήριξη του αγωγού γείωσης, πολυκλωνού χαλκίνου, διατομής 16+50mm ² . Κατασκευάζεται από χάλυβα θερμά γαλβανισμένο και έχει εργαστηριακά δοκιμαστεί με το EN 50164-1.	
6201810	Σφιγκτήρας κατάλληλος για σύνδεση αγωγών Φ8-10mm, σε διασταύρωση ή ευθεία σύνδεση. Κατασκευάζεται από χάλυβα θερμά γαλβανισμένο και η σύσφιξη επιτυγχάνεται με βίδες M6, ανοξείδωτες V2A. Έχει εργαστηριακά δοκιμαστεί με το EN 50164-1.	
6201830	Σφιγκτήρας κατάλληλος για σύνδεση ταινίας πλάτους 25+30x5 και αγωγών Φ8-10mm, (50+70mm ²), σε διασταύρωση ή ευθεία σύνδεση. Κατασκευάζεται από χάλυβα θερμά γαλβανισμένο και η σύσφιξη επιτυγχάνεται με βίδες M6, ανοξείδωτες V2A. Έχει εργαστηριακά δοκιμαστεί με το EN 50164-1.	
6201833	Σφιγκτήρας κατάλληλος για σύνδεση ταινιών πλάτους έως 30mm, σε "T", ευθεία ή διασταύρωση. Κατασκευάζεται από χάλυβα θερμά γαλβανισμένο και η σύσφιξη επιτυγχάνεται με 4 βίδες M6, ανοξείδωτες V2A. Έχει εργαστηριακά δοκιμαστεί με το EN 50164-1.	
6204130	Σφιγκτήρας βαρέως τύπου με ενδιάμεση πλάκα, για σύνδεση ταινιών πλάτους έως 30mm, σε "T", ευθεία ή διασταύρωση. Κατασκευάζεται από χάλυβα θερμά γαλβανισμένο και η σύσφιξη επιτυγχάνεται με 4 βίδες M8, θερμά γαλβανισμένες. Έχει εργαστηριακά δοκιμαστεί με το EN 50164-1.	
6221810	Σφιγκτήρας κατάλληλος για σύνδεση αγωγών Φ8-10mm, (50+70mm ²), σε διασταύρωση ή ευθεία σύνδεση. Κατασκευάζεται από χαλκό και η σύσφιξη επιτυγχάνεται με βίδες M6, ανοξείδωτες V2A. Έχει εργαστηριακά δοκιμαστεί με το EN 50164-1.	

	η συσκευή επιτυγχάνεται με βίδες που επιγράφονται V2A. Έχει εργαστηριακά δοκιμαστεί με το EN 50164-1.	
6221833	Σφιγκτήρας κατάλληλος για σύνδεση ταινιών πλάτους έως 30mm, σε "T", ευθεία ή διασταύρωση. Κατασκευάζεται από χαλκό και η σύσφιξη επιτυγχάνεται με 4 βίδες M6, ανοξείδιωτες V2A. Έχει εργαστηριακά δοκιμαστεί με το EN 50164-1.	
6221835	Σφιγκτήρας κατάλληλος για σύνδεση ταινίας πλάτους 25-30x5mm και αγωγών (16-35mm ²), σε διασταύρωση ή ευθεία σύνδεση. Κατασκευάζεται από χαλκό και η σύσφιξη επιτυγχάνεται με βίδες M6, ανοξείδιωτες V2A. Έχει εργαστηριακά δοκιμαστεί με το EN 50164-1.	
6221837	Σφιγκτήρας κατάλληλος για σύνδεση αγωγών Ø8-10mm, (50-70mm ²) και αγωγών χάλκινων πολυκλώνων, διατομής 16-35mm ² σε διασταύρωση ή ευθεία σύνδεση. Κατασκευάζεται από χαλκό και η σύσφιξη επιτυγχάνεται με βίδες M6, ανοξείδιωτες V2A. Έχει εργαστηριακά δοκιμαστεί με το EN 50164-1.	
6224025	Σφιγκτήρας κατάλληλος για σύνδεση ταινιών πλάτους έως 25mm, σε "T", ευθεία ή διασταύρωση. Κατασκευάζεται από χαλκό και η σύσφιξη επιτυγχάνεται με 4 βίδες M6, ανοξείδιωτες V2A. Έχει εργαστηριακά δοκιμαστεί με το EN 50164-1.	
6225200	Διπλός σφιγκτήρας πολλαπλής χρήσης, κατάλληλος για σύνδεση αγωγών χαλκού Ø8-10mm. Συνδέει αγωγούς σε ευθεία ή σύνδεση "T". Κατασκευάζεται από κράμα χαλκού, περιεκτικότητας >80% και έχει εργαστηριακά δοκιμαστεί με το EN 50164-1.	
6225400	Γωνιακός ακροδέκτης κατάλληλος για σύνδεση με ακροδέκτες γείωσης 8514408, ή 8524408 και με αγωγό χαλκού Ø8-10mm. Κατασκευάζεται από κράμα χαλκού, περιεκτικότητας >80% και έχει εργαστηριακά δοκιμαστεί με το EN 50164-1.	
6226108	Σφιγκτήρας ηλεκτρικής σύνδεσης χάλκινων αγωγών, διατομής 16-50mm ² σε επίπεδες μεταλλικές επιφάνειες, σε ακροδέκτες μεταλλικών πλάκων γείωσης ή για ισοδυναμικές συνδέσεις. Η σύνδεση - σύσφιξη επιτυγχάνεται με μία καρόβίδα ανοξείδιωτου χάλυβα V2A.	

	κατασκευάζεται από ανθεκτικό χαλκό και η σύσφιξη επιτυγχάνεται με βίδες M6, ανοξείδιωτες V2A. Έχει εργαστηριακά δοκιμαστεί με το EN 50164-1.	
6261835	Σφιγκτήρας κατάλληλος για σύνδεση ταινίας πλάτους 25-30x5mm και αγωγών (16-35mm ²), σε διασταύρωση ή ευθεία σύνδεση. Κατασκευάζεται από ανοξείδωτο χάλυβα και η σύσφιξη επιτυγχάνεται με βίδες M6, ανοξείδιωτες V2A. Έχει εργαστηριακά δοκιμαστεί με το EN 50164-1.	
6320502	Πλάκα γείωσης διαστάσεων 500x500x2mm, χάλκινη. Συνδεύεται με πολυκλώνο αγωγό 35mm ² με μήκος περίπου 1m, συγκολλημένο με αλουμινοθερμική κόλληση. Είναι κατάλληλη για να χρησιμοποιηθεί σαν πρόσθετο ηλεκτρόδιο βελτίωσης της θεμελιακής γείωσης.	
6321001	Στοιχείο "T" γειωτή "E" TM , πλήρες, με όλα τα στοιχεία συναρμολόγησής του (6321001). Στοιχείο "T" γειωτή "E" TM , πλήρες, με όλα τα στοιχεία συναρμολόγησής του με το στοιχείο "Π" (6321002). Κατασκευάζονται από χαλκό και τα στοιχεία σύνδεσης είναι χάλκινα ή ανοξείδωτου χάλυβα V2A. Έχει εργαστηριακά δοκιμαστεί με το EN 50164-1 και το EN 50164-2.	
6321002	Για τη σύνδεσή τους με αγωγούς γείωσης διατομών 16-50mm ² , χρησιμοποιούνται δύο σφιγκτήρες 6226108 και για τη σύνδεσή τους με αγωγούς γείωσης διατομών 50-70mm ² , χρησιμοποιείται ο διπλός σφιγκτήρας 6225200. Οι σφιγκτήρες δεν περιλαμβάνονται στη συσκευασία και πρέπει να παραγγέλλονται χωριστά. Η σύνδεση με τον αγωγό γείωσης 16-50mm ² , πραγματοποιείται με το διπλό σφιγκτήρα 6225200, (δεν περιλαμβάνεται). Κατασκευάζεται από χαλκό και τα στοιχεία σύνδεσης είναι χάλκινα ή ανοξείδιωτου χάλυβα V2A. Έχει εργαστηριακά δοκιμαστεί με το EN 50164-1 και το EN 50164-2.	

6321415	<p>Κατασκευάζεται από χάλυβα ηλεκτρολυτικά επικαλυμμένο, ελάχιστου πάχους 250μm. Έχει εργαστηριακά δοκιμαστεί με το EN 50164-1 και το EN 50164-2.</p>	
6330014	<p>Σύνδεσμος επιμήκυνσης με βωπερικό σπείρωμα, για τη σύνδεση-επιμήκυνση του ηλεκτροδίου 6321415.</p> <p>Κατασκευάζεται από κράμα χαλκού και έχει εργαστηριακά δοκιμαστεί με το EN 50164-1.</p>	
6330114	<p>Κοχλιώδης σφικτήρας για τη σύνδεση αγωγού γείωσης Φ8-10mm, ή 50-70mm², με το ηλεκτρόδιο 6321415.</p> <p>Κατασκευάζεται από κράμα χαλκού και έχει εργαστηριακά δοκιμαστεί με το EN 50164-1.</p>	
6321001	<p>Στοιχείο "Π" γειωτή "Ε"TM, πλήρες, με όλα τα στοιχεία συναρμολόγησής του (6361001).</p> <p>Στοιχείο "Γ" γειωτή "Ε"TM, πλήρες, με όλα τα στοιχεία συναρμολόγησής του με το στοιχείο "Π" (6361002).</p> <p>Κατασκευάζονται από ανοξείδωτο χάλυβα V2A και τα στοιχεία σύνδεσης είναι και αυτά ανοξείδωτου χάλυβα V2A. Έχει εργαστηριακά δοκιμαστεί με το EN 50164-1 και το EN 50164-2.</p> <p>Για τη σύνδεσή τους με αγωγούς γείωσης διατομών 16+ 50mm², χρησιμοποιούνται δύο σφικτήρες 6226108 και για τη σύνδεσή του με αγωγούς γείωσης διατομών 50+ 70mm², χρησιμοποιείται ο διπλός σφικτήρας 6225200. Οι σφικτήρες δεν περιλαμβάνονται στη συσκευασία και πρέπει να παραγγέλλονται χωριστά.</p> <p>Η σύνδεση με τον αγωγό γείωσης 16+ 50mm², πραγματοποιείται με το διπλό σφικτήρα 6225200. (δεν περιλαμβάνεται).</p> <p>Κατασκευάζεται από χαλκό και τα στοιχεία σύνδεσης είναι χάλκινα ή ανοξείδωτου χάλυβα V2A. Έχει εργαστηριακά δοκιμαστεί με το EN 50164-1 και το EN 50164-2.</p>	
6321002		

6400000	<p>Αρτηροπλαστική σε ελαφρύ σπασοκίτηρο σύστημα και προστατεύει το ηλεκτρόδιο γείωσης από τη διάβρωση.</p> <p>ΠΡΟΣΟΧΗ! Δεν πρέπει να αναμιγνύεται με το σκυρόδεμα της θεμελίωσης διότι μειώνει τις μηχανικές ιδιότητες του σκυροδέματος. Χρησιμοποιείται μόνο για ηλεκτρόδια γείωσης που τοποθετούνται στα φυσικά έδαφος.</p>	
6400008	<p>Στρογγυλός αγωγός Ø8mm για την κατασκευή αγωγού γείωσης, εγκιβωτισμένου στο σκυρόδεμα.</p> <p>Είναι κατασκευασμένος από χάλυβα, θερμά γαλβανισμένο, ελάχιστου βάρους επικάλυψης ψευδαργύρου, 300gr/m². Έχει εργαστηριακά δοκιμαστεί με το EN 50164-2.</p>	
6400010	<p>Στρογγυλός αγωγός Ø10mm για την κατασκευή ηλεκτροδίου θεμελιακής γείωσης.</p> <p>Είναι κατασκευασμένος από χάλυβα, θερμά γαλβανισμένο, ελάχιστου βάρους επικάλυψης ψευδαργύρου, 300gr/m². Έχει εργαστηριακά δοκιμαστεί με το EN 50164-2.</p>	
6401130	<p>Ταινία 30x3,5mm για την κατασκευή ηλεκτροδίου γείωσης, εγκιβωτισμένου στο σκυρόδεμα.</p> <p>Είναι κατασκευασμένη από χάλυβα, θερμά γαλβανισμένο, ελάχιστου βάρους επικάλυψης ψευδαργύρου, 500gr/m². Έχει εργαστηριακά δοκιμαστεί με το EN 50164-2.</p>	
6401330	<p>Ταινία 30x3mm για την κατασκευή ηλεκτροδίου γείωσης, εγκιβωτισμένου στο σκυρόδεμα.</p> <p>Είναι κατασκευασμένη από χάλυβα, θερμά γαλβανισμένη, ελάχιστου πάχους 500gr/m². Έχει εργαστηριακά δοκιμαστεί με το EN 50164-2.</p>	
6420008	<p>Στρογγυλός αγωγός Ø8mm για την κατασκευή αγωγού γείωσης, εγκιβωτισμένου στο σκυρόδεμα ή θαμμένου στο έδαφος.</p> <p>Είναι κατασκευασμένος από χαλκό και έχει εργαστηριακά δοκιμαστεί με το EN 50164-2.</p>	
6420018	<p>Στρογγυλός αγωγός Ø8mm για την κατασκευή ηλεκτροδίου θεμελιακής γείωσης, εγκιβωτισμένου στο σκυρόδεμα ή θαμμένου στο έδαφος.</p> <p>Είναι κατασκευασμένος από χάλυβα επικαλυμμένο, με πάχος επικάλυψης 250μm. Έχει εργαστηριακά δοκιμαστεί με το EN 50164-2.</p>	

Κωδικός	Περιγραφή	Μορφή
6420030	Ταινία 30x2mm για την κατασκευή ηλεκτροδίου γείωσης, εγκιβωτισμένου στο σκυρόδεμα ή θαμμένου στο έδαφος. Είναι κατασκευασμένη από χαλκό και έχει εργαστηριακά δοκιμαστεί με το EN 50164-2.	
6420108	Αγωγός χάλκινος πολύκλωνος 50mm ² , κατάλληλος να χρησιμοποιηθεί σαν αγωγός γείωσης. Μπορεί να εγκιβωτισθεί στο σκυρόδεμα ή να θαφτεί στο έδαφος.	
6420116	Αγωγός χάλκινος πολύκλωνος 16mm ² , κατάλληλος να χρησιμοποιηθεί σαν αγωγός γείωσης. Μπορεί να εγκιβωτισθεί στο σκυρόδεμα ή να θαφτεί στο έδαφος.	
6420125	Αγωγός χάλκινος πολύκλωνος 25mm ² , κατάλληλος να χρησιμοποιηθεί σαν αγωγός γείωσης. Μπορεί να εγκιβωτισθεί στο σκυρόδεμα ή να θαφτεί στο έδαφος.	
6420135	Αγωγός χάλκινος πολύκλωνος 35mm ² , κατάλληλος να χρησιμοποιηθεί σαν αγωγός γείωσης. Μπορεί να εγκιβωτισθεί στο σκυρόδεμα ή να θαφτεί στο έδαφος.	
6420252	Ταινία 25x2mm για την κατασκευή ηλεκτροδίου γείωσης, εγκιβωτισμένου στο σκυρόδεμα ή θαμμένου στο έδαφος. Είναι κατασκευασμένη από χαλκό και έχει εργαστηριακά δοκιμαστεί με το EN 50164-2.	
6422008	Στρογγυλός χάλκινος αγωγός \varnothing 8mm επικασπεριμένος για την κατασκευή αγωγού γείωσης, εγκιβωτισμένου στο σκυρόδεμα ή θαμμένου στο έδαφος. Έχει εργαστηριακά δοκιμαστεί με το EN 50164-2.	
6422252	Ταινία χάλκινη επικασπεριωμένη 25x2mm, για την κατασκευή ηλεκτροδίου γείωσης, εγκιβωτισμένου στο σκυρόδεμα ή θαμμένου στο έδαφος. Έχει εργαστηριακά δοκιμαστεί με το EN 50164-2.	
6429011	Εύκαμπτος, πολύκλωνος, χάλκινος αγωγός, επικασπεριωμένος Φ 11mm, 50mm ² , κατάλληλος για ισοδυναμικές συνδέσεις ή για τη σύνδεση ακροδεκτών σε αρμούς διαστολής.	
6460010	Στρογγυλός, ανοξείδωτος, χαλύβδινος αγωγός \varnothing 10mm, για την κατασκευή αγωγού γείωσης, εγκιβωτισμένου στο σκυρόδεμα. Έχει εργαστηριακά δοκιμαστεί με το EN 50164-2.	

Κωδικός	Περιγραφή	Μορφή
6461130	Ταινία 30x3,5mm για την κατασκευή ηλεκτροδίου γείωσης, εγκιβωτισμένου στο σκυρόδεμα ή θαμμένου στο έδαφος. Είναι κατασκευασμένη από ανοξείδωτο χάλυβα, με περιεκτικότητα, Χρωμίου \geq 16%, Νικελίου \geq 5%, Μολυβδαίνιου \geq 2%, Άνθρακα \leq 0,07%. Είναι κατάλληλη για ηλεκτρόδιο γείωσης ΣΑΠ. Ικανοποιεί τις απαιτήσεις του προτύπου ΕΛΟΤ EN 62305-3 και ΕΛΟΤ EN 50164-2.	
6461335	Ταινία 30x3,5mm για την κατασκευή ηλεκτροδίου γείωσης, εγκιβωτισμένου στο σκυρόδεμα ή θαμμένου στο έδαφος. Είναι κατασκευασμένη από ανοξείδωτο χάλυβα, με περιεκτικότητα, Χρωμίου \geq 16%, Νικελίου \geq 5%, Άνθρακα \leq 0,07%. Είναι κατάλληλη για ηλεκτρόδιο γείωσης ηλεκτρικών εγκαταστάσεων και ικανοποιεί τις απαιτήσεις του προτύπου ΕΛΟΤ HD 60364-5-54.	
6524208	Ακροδέκτης γείωσης για τη σύνδεση με εγκιβωτισμένο σε σκυρόδεμα αγωγό γείωσης ταινίας, ή με στρογγυλό αγωγό χαλκού ή γαλβανισμένου χαλκού, ή γαλβανισμένο με ένα σπειρίωμα M8, στην εξωτερική του επιφάνεια για τη σύνδεση ορατού αγωγού PE, ή για τη σύνδεση συλλεκτήριου συστήματος ΣΑΠ. Κατασκευάζεται από κράμα χαλκού και έχει εργαστηριακά δοκιμαστεί με το EN 50164-1.	
6524408	Ακροδέκτης γείωσης για τη σύνδεση με εγκιβωτισμένο σε σκυρόδεμα αγωγό γείωσης, ταινίας ή με στρογγυλό αγωγό χαλκού, ή γαλβανισμένο με δύο σπειρώματα M8 στην εξωτερική του επιφάνεια, για τη σύνδεσή του ορατού αγωγού PE, ή για τη σύνδεση συλλεκτήριου συστήματος ΣΑΠ, με γωνιακό ακροδέκτη 6225400. Κατασκευάζεται από κράμα χαλκού, και έχει εργαστηριακά δοκιμαστεί με το EN 50164-1.	
6600000	Ζυγός γείωσης αποτελούμενος από: <ul style="list-style-type: none"> • πλαστικό κάλυμμα και βάση, • ζυγό κράματος χαλκού, επινικελωμένο, • 1 υποδοχή αγωγού, Φ8-10mm, • 7 υποδοχές αγωγών, 2,5-25mm², • 1 υποδοχή ταινίας, πλάτους 30mm. Έχει εργαστηριακά δοκιμαστεί με το EN 50164-1.	
6600001	Ζυγός γείωσης αποτελούμενος από: <ul style="list-style-type: none"> • ζυγό χάλκινο, επινικελωμένο, • 2 μονωτήρες μόνωσης του ζυγού, • μεταλλική βάση στήριξης, • 1 υποδοχή ταινίας, πλάτους 30mm, • 3 υποδοχές αγωγών Φ8mm, • 1 υποδοχή αγωγού Φ10mm. Έχει εργαστηριακά δοκιμαστεί με το EN 50164-1.	

Κωδικός	Περιγραφή	Μορφή
6600002	<p>Ζυγός γείωσης αποτελούμενος από:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ζυγό χάλκινο, επινικελωμένο, αυτοστηριζόμενο στον τοίχο, • 2 υποδοχές αγωγών Φ10mm, • 2 υποδοχές αγωγών Φ8mm, • 2 υποδοχές αγωγών 35mm². <p>Έχει εργαστηριακά δοκιμαστεί με το EN 50164-1.</p>	
6601101	<p>Σπινθηριστής γαλβανικής απομόνωσης αντιαεκρηκτικού τύπου για την ισοδυναμική σύνδεση μεταλλικών σωλήνων εγκαταστάσεων καυσίμων ή φυσικού αερίου με τον ζυγό γείωσης, τάσης διάσπασης 100V.</p> <p>Ο σπινθηριστής είναι πιστοποιημένος κατά ATEX / SKTC 10 και έχει εργαστηριακά δοκιμαστεί με το EN 50164-3.</p>	
6909033	<p>Το GEOTEST™ είναι ένα όργανο που συνδυάζει τη μέτρηση της ειδικής αντίστασης του εδάφους και τη μέτρηση της αντίστασης γείωσης.</p> <p>Οι δυνατότητές του είναι:</p> <ul style="list-style-type: none"> • μέτρηση εκτεταμένης και σημειακής τιμής αντίστασης γείωσης, • μέτρηση ειδικής αντίστασης του εδάφους, • προσεγγιστική μέτρηση τιμής αντίστασης γείωσης, χωρίς την χρήση βοηθητικών ράβδων. 	

ΣΥΝΤΟΜΕΥΣΕΙΣ

ΑΡΧΙΚΑ	ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ
Ε Η Ε	Εσωτερικές Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις
Η / Ζ	Ηλεκτροπαραγωγό Ζεύγος
Κ.Ε.Η.Ε	Κανονισμοί Εσωτερικών Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων
Μ / Σ	Μετασχηματιστής
Μ.Τ.	Μέση Τάση
ΣΔΔΓ	Συγκεντρωτικός Δακτύλιος Γείωσης
Υ / Σ	Υποσταθμός
Χ.Τ.	Χαμηλή Τάση
st / tZn	Επιψευδαργυρωμένος εν θερμώ χάλυβας
U.P.S	Μονάδα αδιάλειπτης λειτουργίας

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Βάρλα Δήμητρα Π. , Υπολογιστική μελέτη συστημάτων γείωσης, Διπλωματική εργασία, Αθήνα 2004
- [2] Κάπος Μιλτιάδης Μ. , Ασφάλεια ηλεκτρικών εγκαταστάσεων, Κάπος Μιλτιάδης Μ. , Αθήνα 1993
- [3] Κάπος Μιλτιάδης Μ. , Γειώσεις και αλεξικέραυνα, Κάπος Μιλτιάδης Μ. , Αθήνα, 1988
- [4] Κάπος Μιλτιάδης Μ. , Θεμελιακές γειώσεις, κατασκευαστικές λεπτομέρειες και μέτρα ασφαλείας τους, Κάπος Μιλτιάδης Μ. , Αθήνα, 2006
- [5] Καρακίτσιος Ιωάννης, Επίδραση βελτιωτικών υλικών εδάφους στη χρονική μεταβολή της αντίστασης γείωσης κατακόρυφων ηλεκτροδίων, Διπλωματική εργασία, Αθήνα, 2011
- [6] Κονταργύρη Βασιλική Β. , Κυκλωματική επίλυση συστημάτων γείωσης, Διπλωματική εργασία, Αθήνα, 2002
- [7] Κουτσορόδη Δάφνη Α. , Υπολογιστική προσομοίωση συστημάτων γείωσης, Διπλωματική εργασία, Αθήνα, 2004
- [8] Ντοκόπουλος Πέτρος, Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις καταναλωτών μέσης και χαμηλής τάσης, Ζήτη (2^η έκδοση), Θεσσαλονίκη, 1992
- [9] Παναγιωτόπουλος Νικόλαος, Γειώσεις βιομηχανικών – επαγγελματικών κτιρίων και κατοικιών, Παπασωτηρίου, Αθήνα, 2004
- [10] Φώτης Γεώργιος, Μεταβατική συμπεριφορά συστημάτων γείωσης, Διπλωματική εργασία, Αθήνα, 2002
- [11] Χάλαρης, Πέρης Γ. , Γειώσεις – νομοθεσία και κανονισμοί, Σεμινάριο: Γειώσεις και αντικεραυνική προστασία δικένων και εγκαταστάσεων
- [12] Χριστοδούλου Προκόπης, Συστήματα γείωσης, θεωρητική προσέγγιση, Διπλωματική εργασία, Αθήνα, 2000
- [13] Κανονισμοί εσωτερικών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων, επιμέλεια Παπασωτηρίου Γεώργιος, Παπασωτηρίου Α. , Αθήνα, 1980
- [14] CDEGS Documentation, Toolbox Edition, SES Release, 2004