



Α.Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ

“Συστήματα Γειώσεων”



Επιβλέπων Καθηγητής: ΠΑΝΤΕΛΗΣ ΜΑΛΑΤΕΣΤΑΣ
Σπουδαστής: ΝΙΚΟΣ ΜΑΝΩΛΑΣ

Πειραιάς

Φεβρουάριος-2012

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περιεχόμενα.....	
Λίστα σχημάτων.....	
Λίστα πινάκων.....	
Πρόλογος.....	1
1^ο Κεφάλαιο “ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΕΙΩΣΕΩΝ”.....	2
1.1 Γενικά Στοιχεία.....	2
1.1.1 Ορισμός της «γείωσης».....	2
1.1.2 Σκοπός της εγκατάστασης των συστημάτων γείωσης.....	2
1.1.3 Προστασία από Ηλεκτροπληξία.....	2
1.1.4 Κρούσματα ηλεκτροπληξίας στην Ελλάδα.....	4
1.2 Βασικές έννοιες.....	7
1.2.1 Γείωση.....	7
1.2.2 Άπειρη γη.....	7
1.2.3 Αντίσταση Γείωσης.....	8
1.2.4 Ειδική αντίσταση του εδάφους.....	8
1.2.5 Γειωτής.....	8
1.2.6 Θεμελιακή Γείωση.....	9
1.2.7 Ηλεκτρική Αγωγιμότητα.....	9
1.2.8 Ρεύμα βραχυκυκλώματος.....	9
1.2.9 Τάση Επαφής.....	9
1.2.10 Βηματική Τάση.....	10
1.2.11 Ισοδυναμική σύνδεση.....	10
1.3 Πρότυπα και Κανονισμοί.....	10
1.3.1 Πρότυπα και κανονισμοί Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων.....	10
1.3.2 Πρότυπα και κανονισμοί Συστημάτων Γείωσης.....	11
2^ο Κεφάλαιο “ΜΕΘΟΔΟΙ ΓΕΙΩΣΗΣ ΔΙΚΤΥΩΝ ΚΑΙ ΣΦΑΛΜΑΤΑ”.....	13
2.1 Συστήματα Γείωσης στα Δίκτυα.....	13
2.1.1 Συστήματα ουδετέρωσης.....	13
2.1.2 Δίκτυο TN-S.....	14
2.1.3 Δίκτυο TN-C.....	15
2.1.4 Δίκτυο TN-C-S.....	16
2.1.5 Δίκτυο TT.....	16
2.1.6 Δίκτυο IT.....	18
2.2 Είδη Σφαλμάτων.....	19
2.2.1 Τριφασικό βραχυκύκλωμα.....	20
2.2.2 Διφασικό βραχυκύκλωμα χωρίς επαφή με τη γη.....	21
2.2.3 Μονοφασικό βραχυκύκλωμα.....	22
2.3 Ανάλυση Σφαλμάτων.....	23
2.3.1 Σφάλμα Φάσης – Αγωγού Προστασίας (PE) σε δίκτυα με ουδετέρωση.....	24
2.3.2 Σφάλμα Φάσης – Αγωγού Προστασίας (PE) σε δίκτυα με άμεση γείωση.....	25
2.3.3 Σφάλμα Φάσης – Γης σε Ουδετερογειωμένα Δίκτυα (TNS).....	27
3^ο Κεφάλαιο “ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΕΙΩΣΕΩΝ ”.....	29
3.1 Είδη Γείωσης.....	29
3.1.1 Γείωση προστασίας.....	31
3.1.2 Γείωση Λειτουργίας.....	31
3.1.3 Γείωση Αντικεραυνικής Προστασίας.....	31
3.2 Είδη Γειωτών.....	32
.....	33
3.2.1 Γειωτής Ράβδου.....	33

3.2.2	Γειωτής Ταινίας.....	36
3.2.3	Γειωτής Πλάκας	37
3.2.4	Ακτινικός Γειωτής.....	38
3.2.5	Γειωτής πλέγματος	39
3.2.6	Το δίκτυο ύδρευσης ως γειωτής.....	40
3.3	Συστήματα Γειώσεων	40
3.3.1	Σύστημα τύπου Α.....	40
3.3.2	Σύστημα τύπου Β.....	41
3.3.3	Περιμετρική Γείωση.....	41
3.3.4	Τρίγωνο Γείωσης.....	41
3.3.5	Γειωτής τύπου «Ε».....	43
3.4	Θεμελιακή Γείωση	44
3.4.1	Ιδιότητες και πλεονεκτήματα θεμελιακής γείωσης.....	45
3.4.2	Απαιτήσεις για σχεδιασμό θεμελιακής γείωσης.....	46
3.4.3	Σχεδιασμός θεμελιακής γείωσης.....	47
3.4.4	Αρμοί διαστολής	49
3.4.5	Αγωγός Γείωσης.....	50
3.4.6	Κύριος ακροδέκτης και ζυγός γείωσης	52
3.4.7	Τιμή αντίστασης θεμελιακής γείωσης.....	53
3.5	Σχεδιασμός ισοδυναμικών συνδέσεων	54
3.5.1	Κύρια Ισοδυναμική Σύνδεση	54
3.5.2	ΚΙΣ σε κτίρια με σημειακή γείωση	55
3.5.3	ΚΙΣ σε κτίρια με θεμελιακή γείωση.....	56
3.5.4	Συμπληρωματική Ισοδυναμική Σύνδεση	56
3.6	Υλικά και εξαρτήματα της θεμελιακής γείωσης.....	58
3.6.1	Υλικά και στήριξη ηλεκτροδίου Θεμελιακής Γείωσης.....	59
3.6.2	Υλικά και στήριξη του αγωγού γείωσης	61
3.6.3	Υλικά και στήριξη του ακροδέκτη ή του ζυγού γείωσης.....	62
3.6.4	Βελτίωση του συστήματος γείωσης.....	63
4^ο	Κεφάλαιο “ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ”	65
4.1	Εισαγωγή	65
4.2	Γενικά περί κεραυνοπληξίας.....	66
4.3	Σχεδιασμός Εξωτερικού Συστήματος Αντικεραυνικής προστασίας	68
4.3.1	Εξωτερικό Σύστημα Αντικεραυνικής Προστασίας.....	68
4.3.2	Το συλλεκτήριο Σύστημα.....	69
4.3.3	Το σύστημα αγωγών καθόδου.....	71
4.3.4	Το σύστημα γείωσης	72
4.4	Σχεδιασμός Εσωτερικού Συστήματος Αντικεραυνικής προστασίας.....	72
4.4.1	Ηλεκτρική απομόνωση.....	73
4.4.2	Ισοδυναμικές συνδέσεις	74
4.4.3	Απαγωγοί κρουστικών υπερτάσεων.....	75
4.4.4	Απαγωγοί ενεργειακών δικτύων Χαμηλής Τάσεως	76
4.4.5	Βασικές απαιτήσεις για εξαρτήματα συστήματος αντικεραυνικής προστασίας	78
4.4.6	Περιγραφή δοκιμών υλικού	79
5^ο	Κεφάλαιο “ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΓΕΙΩΣΗΣ ”	81
5.1	Μέθοδος μέτρησης τιμής αντίστασης.....	81
5.2	Μέτρηση σημειακής γείωσης	82
5.3	Μέτρηση εκτεταμένης γείωσης	83
5.4	Μέτρηση τιμής ειδικής αντίστασης του εδάφους.....	84
6^ο	Κεφάλαιο “ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΓΕΙΩΣΕΩΝ ΣΕ ΚΑΤΟΙΚΙΑ ”	86
6.1	Γενικά στοιχεία μελέτης	86
6.2	Κριτήρια σχεδιασμού.....	86
6.3	Παρουσίαση της μελέτης	87
6.4	Κανονισμοί	87
6.5	Προστασία των Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων.....	88

6.6	Σύστημα Γείωσης.....	88
6.7	Σύστημα Αντικεραυνικής Προστασίας.....	89
6.8	Εκτίμηση κινδύνου κεραυνοπληξίας και επιλογή επιπέδου προστασίας	89
6.9	Εσωτερικό Δίκτυο Γειώσεων Προστασίας	91
6.10	Προστασία ηλεκτρονικών οργάνων και συσκευών τροφοδοτούμενων από το δίκτυο χαμηλής τάσης	91
6.11	Σύνδεση Μεταλλικών Μερών.....	91
6.12	Κατασκευαστικά Στοιχεία - Ποιότητα Υλικών	91
6.13	Υπολογισμός Αντίστασης Θεμελιακής Γείωσης	95
6.14	Σχέδια κατόψεων	97
	Βιβλιογραφία	100

ΛΙΣΤΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1.1: Ηλεκτοπληξία με άμεση και έμμεση επαφή ^[1]	3
Σχήμα 1.2: Θανατηφόρες ηλεκτροπληξίες στο σύνολο του πληθυσμού κατά τη διάρκεια της δεκαπενταετίας 1980-1995. ^[2]	5
Σχήμα 1.3: Θανατηφόρες ηλεκτροπληξίες στην Ελλάδα και στη Γερμανία ανά 10 εκατ. κατοίκους και ανά έτος κατά τη διάρκεια της δεκαπενταετίας 1980-1995. ^[2]	5
Σχήμα 1.4: Σχηματική διάταξη θεμελιακής γείωσης ^[2]	7
Σχήμα 2.1: Δίκτυο ουδετερογείωσης με τέσσερεις αγωγούς και ξεχωριστό αγωγό προστασίας, τύπου TN-S ^[1]	14
Σχήμα 2.2: Δίκτυο ουδετερογείωσης με συνδυασμένο αγωγό προστασίας και ουδετέρου, τύπου TN-C ^[1]	15
Σχήμα 2.3: Δίκτυο ουδετερογείωσης εν μέρει με συνδυασμένο αγωγό προστασίας και ουδετέρου και εν μέρει με ξεχωριστούς αγωγούς, τύπου TN-C-S ^[1]	16
Σχήμα 2.4: Δίκτυο άμεσης γείωσης TT με τέσσερεις αγωγούς (R,S,T,N) ^[1]	17
Σχήμα 2.5: Δίκτυο άμεσης γείωσης TT με τρεις αγωγούς (R,S,T) ^[1]	17
Σχήμα 2.6: Δίκτυο γείωσης IT με τέσσερεις αγωγούς (R,S,T,N) ^[1]	18
Σχήμα 2.7: Δίκτυο γείωσης IT με τρεις αγωγούς (R,S,T) ^[1]	18
Σχήμα 2.8: Ρεύμα βραχυκύκλωσης (Ik)σε συνάρτηση με το χρόνο (t), (a) Βραχυκύκλωμα μακριά από την πηγή, (b) Βραχυκύκλωμα κοντά στην πηγή ^[17]	20
Σχήμα 2.9: Ισοδύναμο κύκλωμα για τον υπολογισμό του τριφασικού βραχυκυκλώματος με ισοδύναμη πηγή τάσης. ^[17]	21
Σχήμα 2.10: Ισοδύναμο κύκλωμα για τον υπολογισμό του διφασικού βραχυκυκλώματος μεταξύ φάσεων, χωρίς επαφή με γη, με ισοδύναμη πηγή τάσης. ^[17]	22
Σχήμα 2.11: Ισοδύναμο κύκλωμα για τον υπολογισμό του μονοφασικού βραχυκυκλώματος μεταξύ φάσης και γης, με ισοδύναμη πηγή τάσης. ^[17]	23
Σχήμα 2.12: Το κύκλωμα σφάλματος σε δίκτυα TN ^[1]	24
Σχήμα 2.13: Το δίκτυο άμεσης γείωσης TT ^[1]	25
Σχήμα 2.14: Τάσεις επαφής σε σφάλμα φάσης-γης σε δίκτυο TNS ^[1]	27
Σχήμα 3.1: Τα τρία είδη γειώσεων, λειτουργίας, προστασίας, αντικεραυνικής προστασίας ^[1]	30
Σχήμα 3.2: Τα βασικότερα είδη γειωτών ^[26]	33
Σχήμα 3.3: Διάγραμμα εξάρτησης αντίστασης γείωσης από το μήκος του γειωτή ^[20]	35

Σχήμα 3.4: Ηλεκτρόδιο Ράβδου πριν την εγκατάσταση και μετά την εγκατάσταση, ενώ έχει υποστεί διάβρωση ^[20]	35
Σχήμα 3.5: Ταινία Γείωσης ^[22]	36
Σχήμα 3.6: Διάγραμμα εξάρτησης αντίστασης γείωσης από το βάθος εγκατάστασης του γειωτή ^[20]	37
Σχήμα 3.7: Πλάκα γείωσης ^[23]	38
Σχήμα 3.8: Ακτινικός γειωτής και τα εξαρτήματα κατασκευής του ^[15]	39
Σχήμα 3.9: Πλέγμα γείωσης ^[15]	40
Σχήμα 3.10: Κατασκευή Τριγώνου Γείωσης ^[15]	42
Σχήμα 3.11: Σχηματική αναπαράσταση κατασκευής του τριγώνου γείωσης ^[23]	42
Σχήμα 3.12: Γειωτής Τύπου «E» ^[25]	43
Σχήμα 3.13: Κατασκευή Θεμελιακής Γείωσης ^[25]	45
Σχήμα 3.14: Τυπική Διάταξη Θεμελιακής Γείωσης ^[21]	48
Σχήμα 3.15: Αρμός διατολής ^[21]	49
Σχήμα 3.16: Τομή και πρόσοψη διάταξης γείωσης με ζυγό και ακροδέκτη ^[15]	53
Σχήμα 3.17: Κύριες ισοδυναμικές συνδέσεις εισερχομένων δικτύων με αντίστοιχη πρόβλεψη ακροδεκτών γείωσης στις θέσεις εισόδου τους ^[15]	55
Σχήμα 3.18: Διάταξη Συμπληρωματικής Ισοδυναμική Συνδέσης ειδικού χώρου χειρουργείου ^[27]	58
Σχήμα 3.19: Ηλεκτρόδιο θεμελιακής γείωσης με χάλκινη ταινία ^[15]	61
Σχήμα 3.20: Απαιτούμενα υλικά και διαστάσεις για επέκταση της θεμελιακής γείωσης με ράβδους	64
Σχήμα 4.1: Τυπική μορφή μεταβολής κρουστικού ρεύματος. ^[20]	67
Σχήμα 4.2: Κύρια μέρη εξωτερικού συστήματος αντικεραυνικής προστασίας ^[28]	68
Σχήμα 4.3: Βασικές μέθοδοι σχεδιασμού συλλεκτηρίου συστήματος αντικεραυνικής προστασίας κατά ΕΛΟΤ EN 62305 ^[28]	69
Σχήμα 4.4: Διάγραμμα υπολογισμού ύψους διάταξης προστασίας ανάλογα με τη στάθμη προστασίας ^[28]	70
Σχήμα 4.5: Ζώνες αντικεραυνικής προστασίας ^[29]	75
Σχήμα 4.6: Σύνδεση απαγωγών κρουστικών υπερτάσεων στα όρια των ζωνών και σε αποστάσεις μικρότερες των 10m από την υπό προστασία συσκευή, όπου Η είναι η ένταση του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου ^[29]	76
Σχήμα 5.1: Διάταξη μέτρησης σημειακής γείωσης ^[30]	82
Σχήμα 5.2: Διάταξη μέτρησης εκτεταμένης γείωσης ^[30]	84
Σχήμα 5.3: Διάταξη μέτρησης ειδικής αντίστασης εδάφους ^[30]	85

Σχήμα 6.1: Εκτίμηση κινδύνου κεραυνοπληξίας σύμφωνα με τον ΕΛΟΤ 1412/98.....	90
Σχήμα 6.2: Θέση τοποθέτησης της ταινίας γείωσης εντός του σκυροδέματος για προστασία από διάβρωση.....	92
Σχήμα 6.3: Λεπτομέρεια σύνδεσης του αγωγού καθόδου στην θεμελιακή γείωση.....	93
Σχήμα 6.4: Λεπτομέρεια σφικτήρα σύνδεσης της ταινίας θεμελιακής γείωσης με τον οπλισμό της θεμελίωσης.....	93
Σχήμα 6.5: Λεπτομέρεια σφικτήρα σύνδεσης της ταινίας θεμελιακής γείωσης με τον αγωγό καθόδου.....	93
Σχήμα 6.6: Λεπτομέρεια αναμονής ισοδυναμικών συνδέσεων εντός του χώρου του λεβητοστασίου και του φρεατίου ανελκυστήρα.....	94
Σχήμα 6.7: Λεπτομέρεια σφικτήρα επιμήκυνσης χαλύβδινης θερμά επιψευδαργυρωμένης ταινίας.....	95

ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1.1: Ειδικές αντιστάσεις εδαφών, ενδεικτικές μέσες τιμές ^[1]	8
Πίνακας 3.1: Ελάχιστες διατομές ηλεκτροδίων γειωτών κατά VDE 0141. ^[1]	32
Πίνακας 3.2: Υπολογισμός αντίστασης γείωσης σύμφωνα με το μήκος του ηλεκτροδίου ^[23]	42
Πίνακας 3.3: Ελάχιστη διατομή αγωγού γείωσης και αγωγού προστασίας ^[1]	50
Πίνακας 3.4: Πίνακας υπολογισμού ισοδύναμης διατομής για αγωγό από ανοξείδωτο χάλυβα ^[1]	51
Πίνακας 3.5: Ελάχιστη διατομή αγωγού γείωσης για σύνδεση με ακροδέκτη ή αγωγό γείωσης ^[1]	52
Πίνακας 3.6: Συνιστώμενη χρήση υλικού ηλεκτροδίου γείωσης ως προς την αντοχή του σε διάβρωση σύμφωνα με τα Ευρωπαϊκά Πρότυπα ΕΛΟΤ EN 50164-3:2006 και Διεθνή IEC 62305-3:2006 ^[15]	59
Πίνακας 3.7: Πίνακας ενδεικτικών απαιτούμενων υλικών για την κατασκευή της θεμελιακής γείωσης με χάλκινη ταινία βάσει της περιμέτρου της θεμελίωσης ^[15]	64
Πίνακας 4.1: Πίνακας απαιτήσεων σχεδίασης συστήματος αντικεραυνικής προστασίας ανάλογα τη Risk Analysis ^[28]	70
Πίνακας 4.2: Τυπικές αποστάσεις μεταξύ αγωγών καθόδου ^[28]	71

Πίνακας 4.3: Ηλεκτρική απομόνωση ΣΑΠ, τιμές συντελεστή κI, ανάλογα με τη στάθμη προστασίας.....	73
Πίνακας 4.4: Ηλεκτρική απομόνωση ΣΑΠ, τιμές συντελεστή κc, ανάλογα με τον αριθμό των αγωγών καθόδου ^[28]	73
Πίνακας 4.5: Ηλεκτρική απομόνωση ΣΑΠ, τιμές συντελεστή κm, ανάλογα με το υλικό μεταξύ ΣΑΠ και μεταλλικών στοιχείων της κατασκευής ^[28]	74
Πίνακας 4.6: Ελάχιστες διαστάσεις, υλικό και μορφή συλλεκτήριων αγωγών και αγωγών καθόδου συστήματος αντικεραυνικής προστασίας ^[28]	78
Πίνακας 4.7: Βήματα απαιτούμενων δοκιμών ^[28]	80

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Με τον όρο γείωση ορίζεται η αγώγιμη σύνδεση ενός σημείου κάποιου κυκλώματος ή ενός μεταλλικού αντικειμένου με το έδαφος, ώστε να αποκτήσουν το ίδιο δυναμικό με τη γη, της οποίας το δυναμικό θεωρείται μηδέν. Η κατασκευή σύμφωνα με τα πρότυπα και τους κανονισμούς ενός συστήματος γείωσης μίας ηλεκτρικής εγκατάστασης εξασφαλίζει την προστασία των χρηστών της και την ακεραιότητα και σωστή λειτουργία του εξοπλισμού, όταν συμβεί κάποιο σφάλμα. Επίσης, παρέχει μια αγώγιμη διαδρομή απαγωγής του ρεύματος προς τη γη σε περίπτωση εμφάνισης κεραυνικού πλήγματος στην ίδια την εγκατάσταση ή πλησίον της. Στο πρώτο κεφάλαιο της πτυχιακής περιγράφονται οι κίνδυνοι από ηλεκτροπληξία για τους χρήστες μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης. Επίσης, γίνεται αναφορά στις βασικές έννοιες και τα πρότυπα και τους κανονισμούς που διέπουν τα συστήματα γειώσεων. Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα σφάλματα που είναι πιθανό να εμφανιστούν σε μία ηλεκτρική εγκατάσταση. Ακόμα αναλύονται τα συστήματα γείωσης των δικτύων. Στο τρίτο κεφαλαίο περιγράφονται τα ηλεκτρόδια γείωσης, τα συστήματα γείωσης και τα υλικά κατασκευής τους. Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζεται το σύστημα αντικεραυνικής προστασίας του κτιρίου. Στο πέμπτο κεφάλαιο περιγράφονται οι βασικότερες μέθοδοι μέτρησης της αντίστασης γείωσης. Τέλος, σχεδιάζεται το σύστημα θεμελιακής γείωσης και αντικεραυνικής προστασίας κατοικίας με αποτέλεσμα την εφαρμογή όσων αναφέρθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια της πτυχιακής.

Λέξεις κλειδιά: Συστήματα γείωσης, γειωτής, ηλεκτρόδιο γείωσης, μέθοδος γείωσης, θεμελιακή γείωση, σύστημα αντικεραυνικής προστασίας, ισοδυναμική σύνδεση, βραχυκύκλωμα, σφάλμα, αντίσταση γείωσης, μέτρηση γείωσης.

1 ^οΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΕΙΩΣΕΩΝ”

1.1 Γενικά Στοιχεία

1.1.1 Ορισμός της «γείωσης»

Γείωση μιας εγκατάστασης ορίζεται ως η σύνδεση όλων των αγωγίμων μερών της ηλεκτρικής εγκατάστασης με τη Γη, δηλαδή το έδαφος, μέσω αγωγού. Η αντίσταση του συστήματος γείωσης, του μέσου δηλαδή σύνδεσης της ηλεκτρικής εγκατάστασης με τη Γη, πρέπει να είναι η ελάχιστη δυνατή, ώστε το ρεύμα βραχυκύκλωσης που εν δυνάμει διαρρέει τον αγωγό να διοχετεύεται στη Γη άμεσα από τον «ευκολότερο δρόμο».

1.1.2 Σκοπός της εγκατάστασης των συστημάτων γείωσης.

Η ανάγκη εγκατάστασης συστημάτων γείωσης έγινε επιτακτική για δύο βασικούς λόγους. Πρώτον για την προστασία από ηλεκτροπληξία των ανθρώπων λόγω άμεσης ή έμμεσης επαφής με τα αγωγίμα μέρη της ηλεκτρικής εγκατάστασης και δεύτερον για την εξασφάλιση της ακεραιότητας του εξοπλισμού και την διατήρηση της ασφαλούς και συνεχούς λειτουργίας του.

Η ανάγκη αυτή θεσμοθετήθηκε και επιβλήθηκε με τους ισχύοντες κανονισμούς. Το βασικότερο πλαίσιο κανονισμών που διέπει τις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις γενικότερα στην Ελλάδα είναι ο ΕΛΟΤ HD384. Με τον ΕΛΟΤ HD384 περιγράφονται οι διατάξεις προστασίας από ηλεκτροπληξία.

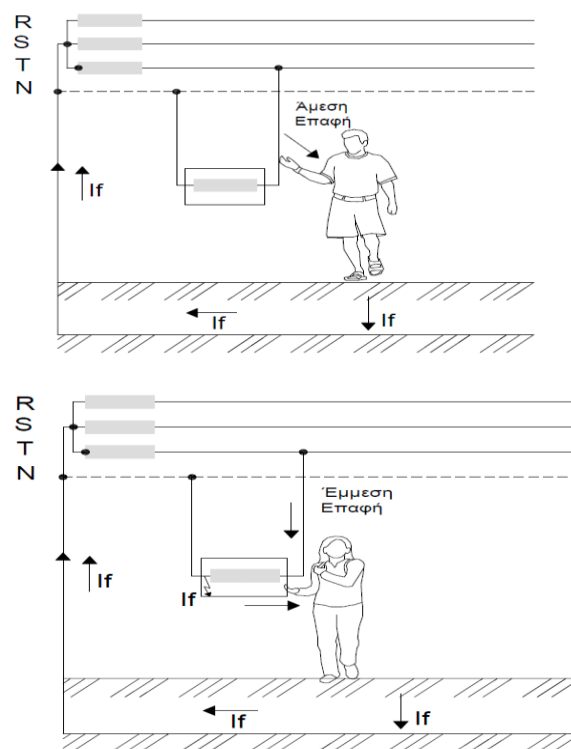
1.1.3 Προστασία από Ηλεκτροπληξία

Το ανθρώπινο σώμα είναι ιδιαίτερα αγωγίμο μέσο. Συνεπώς κατά την επαφή ενός ανθρώπου με δύο σημεία τα οποία έχουν διαφορετικό δυναμικό, ουσιαστικά το ανθρώπινο σώμα λόγω της μικρής αντίστασης που διαθέτει γίνεται το μέσο για την ροή των ηλεκτρονίων. Έτσι το ρεύμα διέρχεται μέσα από το ανθρώπινο σώμα προκαλώντας στον άτομο ηλεκτροπληξία με ολέθριες συνέπειες αν το ρεύμα είναι μεγαλύτερο των 50 mA.

Η ηλεκτροπληξία είναι δυνατόν να προκληθεί με δύο τρόπους επαφής. Ο πρώτος τρόπος είναι όταν το άτομο ακουμπήσει ένα ενεργό στοιχείο μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης

απευθείας με κάποιο σημείο του σώματος του (π.χ. χέρια) και τη Γη με κάποιο άλλο (π.χ. πόδια). Τότε, το ρεύμα διέρχεται από το σώμα του και προκαλείται ηλεκτροπληξία έτσι με άμεση επαφή. Επίσης, ηλεκτροπληξία είναι δυνατόν να επέλθει κατά την επαφή του ατόμου με εκτεθειμένα μεταλλικά αντικείμενα, τα οποία έχουν δυναμικό λόγω διαρροής ή λόγω καταστροφής μόνωσης. Η ηλεκτροπληξία σε αυτή την περίπτωση προκαλείται από έμμεση επαφή.

Η τάση που εμφανίζεται μεταξύ δύο σημείων και είναι δυνατόν να παρουσιαστεί η ροή ρεύματος διαμέσου του ανθρώπου, σε περίπτωση που έρθει σε ταυτόχρονη επαφή με τα δύο αυτά σημεία, ονομάζεται τάση επαφής και συμβολίζεται U_T .



Σχήμα 1.1: Ηλεκτροπληξία με άμεση και έμμεση επαφή^[1]

Η προστασία κατά της ηλεκτροπληξίας επιτυγχάνεται με διάφορα μέτρα. Τα μέτρα αυτά κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες:

- A. Εξίσωση του δυναμικού, ώστε η τάση επαφής U_T να είναι μηδενική.
- B. Χρήση πολύ χαμηλών τάσεων λειτουργίας της ηλεκτρικής εγκατάστασης σε χώρους με ειδικές συνθήκες λειτουργίας όπως υγροί χώροι, εγκαταστάσεις σε εξωτερικούς χώρους κ.α.

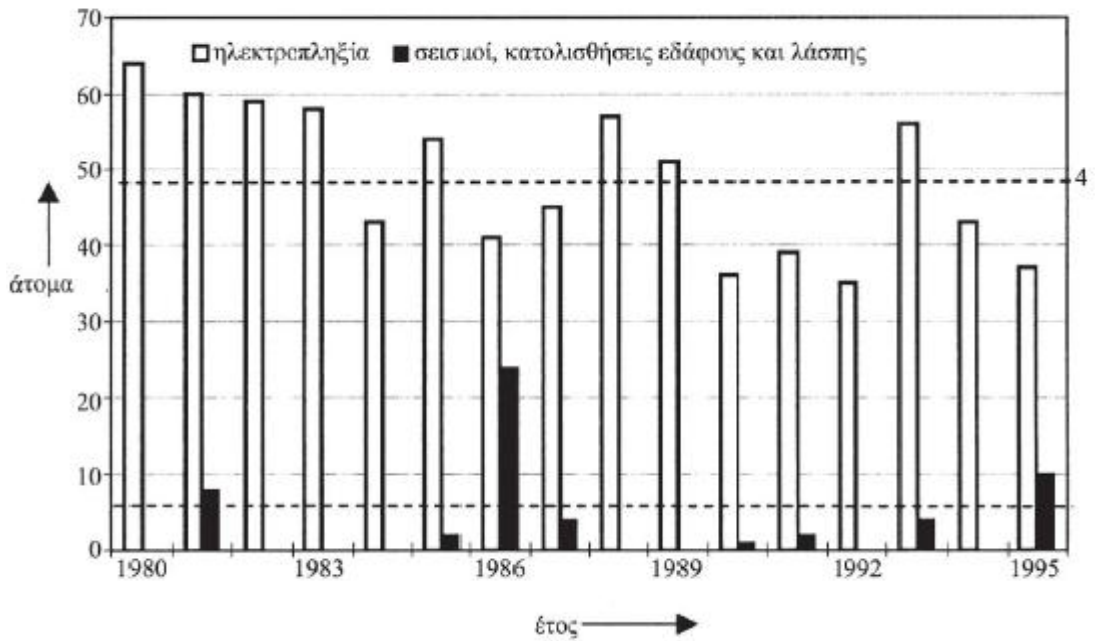
Γ. Ταχεία απόξεση με τη χρήση αυτόματων διακοπών διαφορικού ρεύματος, ασφάλειες και μικροαυτόματους διακόπτες.

Η γείωση της ηλεκτρικής εγκατάστασης αποτελεί το κυριότερο μέσο προστασίας της πρώτης κατηγορίας. Με την γείωση όλων των εκτεθειμένων μεταλλικών μερών, όπως τα μεταλλικά περιβλήματα συσκευών, επιτυγχάνεται η εξίσωση του δυναμικού και έτσι σε περίπτωση εμφάνισης ρεύματος διαρροής λόγω σφάλματος στη μόνωση της συσκευής δεν δημιουργείται τάση επαφής (U_T) ικανή να προκαλέσει ηλεκτροπληξία στο άτομο που θα έρθει σε επαφή εκείνη τη στιγμή με τη συσκευή.

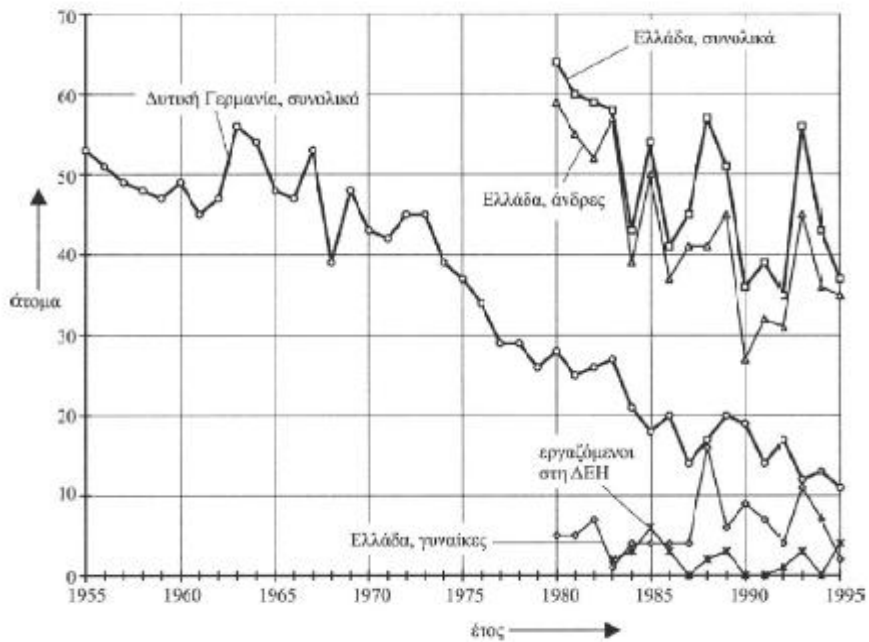
Η προστασία από την *άμεση επαφή*, δηλαδή την επαφή με τα ενεργά μέρη της εγκατάστασης, όπως για παράδειγμα τους αγωγούς των φάσεων, επιτυγχάνεται κατά κύριο λόγο με την ισχυρή μόνωση των καλωδίων των αγωγών και την τοποθέτηση εμποδίων, έτσι ώστε να μην είναι προσβάσιμα στον άνθρωπο τα ενεργά μέρη της εγκατάστασης σε κατάσταση κανονικής λειτουργίας τους.

1.1.4 Κρούσματα ηλεκτροπληξίας στην Ελλάδα

Τα κρούσματα θανάτων λόγω ηλεκτροπληξίας στην Ελλάδα παρά το γεγονός ότι μειώνονται με την πάροδο του χρόνου, σύμφωνα με τα τελευταία στοιχεία παραμένουν σε υψηλά επίπεδα σε σχέση με τα Ευρωπαϊκά δεδομένα. Δυστυχώς δεν υπάρχουν σύγχρονα στατιστικά στοιχεία σχετικά με τους θανάτους λόγω ηλεκτροπληξίας. Σύμφωνα τα στοιχεία της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας των ετών 1980-1995, τα κρούσματα παρουσίαζαν σταδιακή και σταθερή μείωση, αλλά το συνολικό τους άθροισμα παρέμενε σε υψηλότερα επίπεδα από το αντίστοιχο σε άλλες χώρες της Ευρώπης, όπως η Γερμανία. Ακολουθούν τα διαγράμματα μετά στοιχεία των θανατηφόρων ηλεκτρικών ατυχημάτων στην Ελλάδα, σε σύγκριση με το αντίστοιχο διάγραμμα για τη Γερμανία.



Σχήμα 1.2: Θανατηφόρες ηλεκτροπληξίες στο σύνολο του πληθυσμού κατά τη διάρκεια της δεκαπενταετίας 1980-1995.^[2]



Σχήμα 1.3: Θανατηφόρες ηλεκτροπληξίες στην Ελλάδα και στη Γερμανία ανά 10 εκατ. κατοίκους και ανά έτος κατά τη διάρκεια της δεκαπενταετίας 1980-1995^[2]

Η ασφάλεια των χρηστών μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης καθορίζεται κατά κύριο λόγο από τρεις βασικούς παράγοντες:

- Την σωστά κατασκευασμένη ηλεκτρική εγκατάσταση, σύμφωνα με τα ισχύοντα πρότυπα και τους κανονισμούς.
- Τις ηλεκτρικές συσκευές, των οποίων οι κατασκευάστριες εταιρίες πρέπει να τηρούν όλα τα πρότυπα κατά την κατασκευή τους.
- Την ενημέρωση και την προσοχή των χρηστών κατά τη λειτουργία της ηλεκτρικής εγκατάστασης.

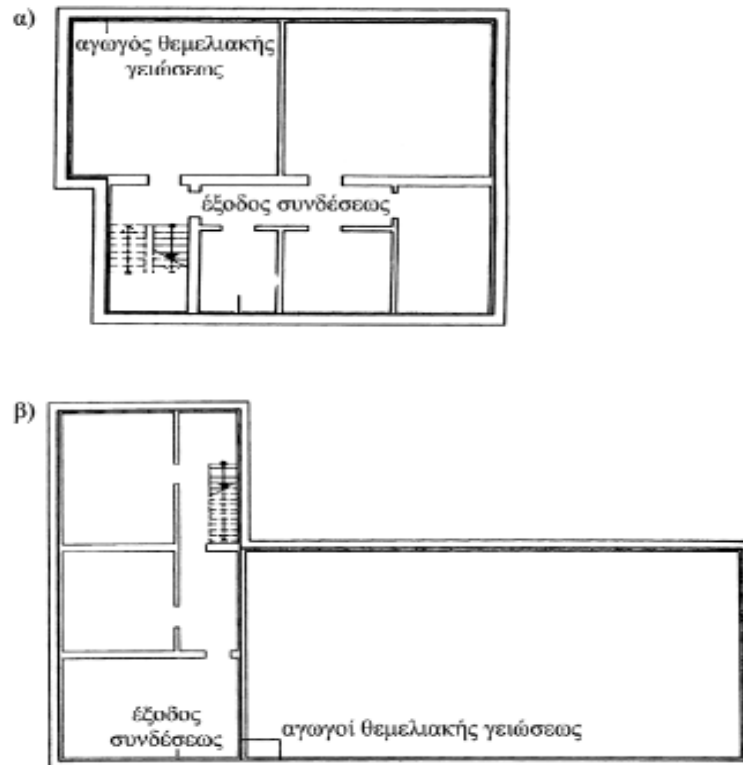
Για την ασφάλεια των χρηστών και την προστασία τους από την ηλεκτροπληξία, όπως αναφέρθηκε και ανωτέρω, είναι απαραίτητη η γείωση της ηλεκτρικής εγκατάστασης, ιδιαίτερα όταν η μέθοδος γείωσης του δικτύου τροφοδοσίας της εγκατάστασης είναι η άμεση γείωση και η χρήση διακοπών διαφορικού ρεύματος.

Έτσι, το 2006 έγινε επιτακτική η ανάγκη να θεσπιστεί το νομικό πλαίσιο σύμφωνα με το οποίο στις νέες ηλεκτρικές εγκαταστάσεις θα είναι υποχρεωτική η λήψη των βέλτιστων δυνατών μέτρων για την προστασία των ατόμων από την ηλεκτροπληξία.

Με την Κοινή Υπουργική Απόφαση (ΚΥΑ) με αριθ. ΦΑ' 50/12081/642 της 26/07/2006 ορίζεται:

1. Η υποχρέωση εγκατάστασης διατάξεων διαφορικού ρεύματος για την κάλυψη όλων των κυκλωμάτων ισχύος σε παλιές και νέες ηλεκτρικές εγκαταστάσεις.
2. Η θεμελιακή γείωση ως βασική γείωση των νεόδμητων κτιριακών εγκαταστάσεων.

Έννοιες όπως θεμελιακή γείωση, μέθοδος γείωσης δικτύου παροχής, άμεση γείωση θα αναλυθούν σε επόμενα κεφάλαια.^{[1],[2],[3],[4],[5],[6]}



Σχήμα 1.4: Σχηματική διάταξη θεμελιακής γείωσης^[2]

1.2 Βασικές έννοιες

1.2.1 Γείωση

Γείωση ονομάζεται η αγώγιμη σύνδεση ενός σημείου μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης ή των εκτεθειμένων μεταλλικών στοιχείων μιας εγκατάστασης με τη γη, μέσω της εγκατάστασης γείωσης. Η εγκατάσταση γείωσης αποτελείται από τους γειωτές, οι οποίοι μπορεί να έχουν διάφορες μορφές. Τα είδη των γειωτών θα παρουσιαστούν αναλυτικά σε επόμενο κεφάλαιο.^[1]

1.2.2 Άπειρη γη

Η άπειρη γη ορίζεται ως ένα σημείο στην επιφάνεια σε άπειρη απόσταση από τον γειωτή. Ονομάζεται η αγώγιμη σύνδεση ενός σημείου μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης ή των εκτεθειμένων μεταλλικών στοιχείων μιας εγκατάστασης με τη γη, μέσω της εγκατάστασης γείωσης., το οποίο λαμβάνεται σαν σημείο αναφοράς των δυναμικών. Για πρακτικούς λόγους θεωρούμε ότι άπειρη απόσταση είναι 5-10 φορές η μεγαλύτερη διάσταση του γειωτή.^[1]

1.2.3 Αντίσταση Γείωσης

Η αντίσταση γείωσης ορίζεται ως η αντίσταση από τον γειωτή έως την άπειρη γη όταν δεν υπάρχουν άλλοι γειωτές στο έδαφος. Η αντίσταση γείωσης εξαρτάται από την ειδική αντίσταση του εδάφους, την επιφάνεια που καταλαμβάνει το σύστημα της γείωσης και τέλος το βάθος όπου είναι τοποθετημένο. Ένα σύστημα γείωσης πρέπει να έχει το δυνατόν μικρότερη τιμή αντίστασης γείωσης, ιδιαίτερα όταν η μέθοδος γείωσης του συστήματος τροφοδοσίας είναι η άμεση γείωση (TT). Η τιμή της αντίστασης γείωσης πρέπει να είναι κατ' ελάχιστον τέτοια ώστε σε περίπτωση σφάλματος η τάσης επαφής U_T να μην ξεπερνάει τα 50V.^{[1],[8],[9]}

1.2.4 Ειδική αντίσταση του εδάφους

Η ειδική αντίσταση του εδάφους (ρ) ορίζεται ως η αντίσταση που έχει το έδαφος ανά μονάδα όγκου και μονάδα μέτρησης είναι Ωm . Οι βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν την τιμή της ειδικής αντίστασης είναι:

- Το είδος του εδάφους
- Η θερμοκρασία
- Η υγρασία
- Η μορφή της τάσης που εφαρμόζεται
- Το βάθος από την επιφάνεια του εδάφους, στο οποίο γίνεται η μέτρηση της ειδικής αντίστασης.

Ενδεικτικά στον πίνακα που ακολουθεί, παρουσιάζονται τιμές της ειδικής αντίστασης ανάλογα με το είδος του εδάφους.^{[1],[8],[9],[10]}

Πίνακας 1.1: Ειδικές αντιστάσεις εδαφών, ενδεικτικές μέσες τιμές^[1]

Έδαφος	Ελώδες υγρό	Άργιλος	Υγρή άμμος	Υγρά χαλίκια	Ξηρή άμμος	Βράχος
$\rho(\Omega\text{m})$	5-40	20-200	-300	300-600	2000-	2000-

1.2.5 Γειωτής

Γειωτής ή ηλεκτρόδιο γείωσης είναι ένα ηλεκτρικά αγωγίμο στοιχείο κάποιου γεωμετρικού σχήματος, το οποίο τοποθετείται μέσα στο έδαφος, προκειμένου να εξασφαλιστεί η βέλτιστη δυνατή επαφή με την γη και κατά συνέπεια η αποτελεσματικότερη διοχέτευση του ρεύματος που

εμφανίζεται σε μία ηλεκτρική εγκατάσταση λόγω σφάλματος προς τη γη. Οι διάφοροι τύποι γειωτών θα εξεταστούν αναλυτικά σε επόμενο κεφάλαιο.^{[1],[10]}

1.2.6 Θεμελιακή Γείωση

Η θεμελιακή γείωση είναι ένας γειωτής ταινίας, ο οποίος τοποθετείται εντός του σκυροδέματος κατά τη θεμελίωση του φέροντος οργανισμού των κτιρίων. Η κατασκευή της θεμελιακής γείωσης είναι υποχρεωτική σύμφωνα με την Κ.Υ.Α με αριθ. ΦΑ' 50/12081/642 της 26/07/2006. Η ταινία του γειωτή τοποθετείται περιμετρικά στα θεμέλια του κτιρίου, έτσι ώστε να κλείσει ο βρόγχος, και στηρίζεται με ειδικά στηρίγματα στον οπλισμό του κτιρίου. Αν κάποια διάσταση του κτιρίου είναι μεγαλύτερη από 10 μέτρα εγκαθίστανται και εγκάρσιες συνδέσεις με σκοπό κανένα σημείο της περιμέτρου των θεμελίων να μην απέχει περισσότερο των δέκα μέτρων από το κοντινότερο σε αυτό σημείο της θεμελιακής γείωσης. Με την θεμελιακή γείωση επιτυγχάνεται η βέλτιστη δυνατή αντίσταση γείωσης, η τιμή της οποίας συνήθως κυμαίνεται περί των 2Ω , ανάλογα το είδος του εδάφους.^[1]

1.2.7 Ηλεκτρική Αγωγιμότητα

Ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι η ιδιότητα ενός υλικού που εκφράζει την απόκριση του όταν εφαρμοστεί σε αυτό μία διαφορά δυναμικού. Η ροή του ρεύματος είναι ανάλογη με την αγωγιμότητα του υλικού. Συνεπώς η αγωγιμότητα είναι αντιστρόφως ανάλογο μέγεθος με την ηλεκτρική αντίσταση του υλικού. Σε ένα σύστημα γείωσης όσο μεγαλύτερη είναι η αγωγιμότητα τόσο μικρότερη είναι η αντίσταση γείωσης, άρα τόσο καλύτερος είναι ο γειωτής.^[11]

1.2.8 Ρεύμα βραχυκυκλώματος

Ρεύμα βραχυκυκλώματος ονομάζεται η υπερένταση που παρουσιάζεται σε περίπτωση εμφάνισης σφάλματος στη μόνωση ενός αγωγού ή ενός υλικού μεταξύ δύο ενεργών στοιχείων ενός κυκλώματος, τα οποία σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας θα είχαν διαφορά δυναμικού.^[12]

1.2.9 Τάση Επαφής

Τάση Επαφής ονομάζεται η διαφορά δυναμικού που εμφανίζεται ταυτόχρονα σε δύο σημεία, τα οποία είναι προσβάσιμα στους χρήστες μια ηλεκτρικής εγκατάστασης, λόγω

σφάλματος στη μόνωση ενός ενεργού στοιχείου (αγωγού ρεύματος) ή κάποιας ηλεκτρικής συσκευής.^{[1],[12]}

1.2.10 Βηματική Τάση

Βηματική Τάση ονομάζεται η διαφορά δυναμικού που εμφανίζεται μεταξύ των ποδιών ενός ανθρώπου. Ορίζεται ως η διαφορά δυναμικού μεταξύ δύο σημείων που απέχουν 1m στο έδαφος και είναι δυνατόν να καταπονήσει τον ανθρώπινο οργανισμό χωρίς να υπάρχει επαφή με εκτεθειμένο μεταλλικό ή αγώγιμο στοιχείο.^{[10],[12]}

1.2.11 Ισοδυναμική σύνδεση

Ισοδυναμική ονομάζεται η ηλεκτρική σύνδεση των εκτεθειμένων μεταλλικών ή αγώγιμων μερών και των ξένων στοιχείων με σκοπό την εξίσωση του δυναμικού τους. Οι ισοδυναμικές συνδέσεις πραγματοποιούνται σε χώρους με ειδικές απαιτήσεις κατά την εγκατάσταση, όπως υγροί χώροι, λουτρά, υποσταθμοί Μ.Τ./Χ.Τ.^[15]

1.3 Πρότυπα και Κανονισμοί

1.3.1 Πρότυπα και κανονισμοί Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων

Οι ηλεκτρικές εγκαταστάσεις στη χώρα μας, μελετώνται, υπολογίζονται και κατασκευάζονται σύμφωνα με τις αρχές του προτύπου ΕΛΟΤ HD384. Ένα μεγάλο ερώτημα που δημιουργείται είναι γιατί πρότυπα και όχι κανονισμοί; Η υιοθέτηση προτύπων έναντι κανονισμών, αποτελεί ευρωπαϊκή υποχρέωση της χώρας. Σε ευρωπαϊκό επίπεδο ότι αφορά τις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις θεσπίζεται από πρότυπα, τα οποία διαφέρουν από τους κανονισμούς κυρίως στη δομή τους και στη δυνατότητα αναπροσαρμογής τους σύμφωνα με τις ανάγκες που δημιουργούνται λόγω της ταχείας τεχνολογικής εξέλιξης που παρουσιάζεται στην εποχή μας.^[13]

Για τα θέματα που δεν καλύπτονται από το πρότυπο ΕΛΟΤ HD384 ισχύουν οι Ευρωπαϊκοί Κανονισμοί, όπως αυτοί καθορίζονται από την IEC (International Electrotechnical Commission) και τη CENELEC (Comite Europeen de Normalisation Electrotechnique).

Επίσης, ισχύουν οι ακόλουθοι κανονισμοί:

- Γερμανικοί Κανονισμοί εσωτερικών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων VDE 100 ή DIN 57 100.
- Αυστριακοί κανονισμοί OVE- EN1 και UVE-EN2.
- NationalElectricalCode, Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής.
- NF C 15-100 (Norm Francaisehomologuee), Γαλλία.
- IEE Wiring Regulations, AMD 14905/3-2004.
- IEC-60364, International Electro technical Commission.

Για τα υλικά και τις συσκευές Χαμηλής Τάσης καθορίζονται προδιαγραφές κατασκευής και δοκιμές ελέγχου λειτουργίας από πρότυπα τα οποία καθορίζονται από του εξής φορείς τυποποίησης:^{[5],[14],[16]}

- ΕΛΟΤ (Ελληνικός Οργανισμός Τυποποιήσεων),
- VDE (κυρίως για εγκαταστάσεις, ηλεκτρολογικά στοιχεία και δοκιμές),
- DIN Deutsche Industrie Normen,
- BSI British Standards,
- NF Γαλλικά πρότυπα,
- OVE Αυστριακά πρότυπα.

1.3.2Πρότυπα και κανονισμοί Συστημάτων Γείωσης

Το πρότυπο ΕΛΟΤ HD384 καθορίζει τη θεμελιακή γείωση ως τη βασική γείωση προστασίας σε όλες τις νεόδμητες κατασκευές. Επίσης, καθορίζει ως υποχρεωτική την ισοδυναμική προστασία όλων των αγωγίμων μερών. Με την Κοινή Υπουργική Απόφαση με αριθ. ΦΑ' 50/12081/642 της 26/07/2006, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, η θεμελιακή γείωση ορίστηκε ως υποχρεωτική σε όλες τις νεόδμητες κατασκευές. Στη Γερμανία η υποχρέωση αυτή θεσπίστηκε το 1976 με τον Κανονισμό DIN 18015/Teil 1.

Τα συστήματα αντικεραυνικής προστασίας διέπονται από τα Ευρωπαϊκά Πρότυπα ΕΛΟΤ EN 62305 «Προστασία από Κεραυνούς», καθώς επίσης και από τα διεθνή της σειράς IEC 62305. Τα πρότυπα αυτά καθορίζουν επίσης τη γείωση ισοδυναμικών συνδέσεων και τη γείωση συστημάτων πληροφορίας, παράλληλα με το ελληνικό πρότυπο ΕΛΟΤ HD384.

Τα υλικά και τα εξαρτήματα που χρησιμοποιούνται στα συστήματα γειώσεων οφείλουν να ικανοποιούν τα πρότυπα ΕΛΟΤ HD384, ΕΛΟΤ EN σειράς 50164 και ΕΛΟΤ EN σειράς 61643, να άγουν το αναμενόμενο ηλεκτρικό ρεύμα, να αντέχουν στη διάβρωση και να αντέχουν σε ηλεκτροδυναμικές και μηχανικές καταπονήσεις που υφίστανται. Συγκεκριμένα, τα υλικά της θεμελιακής γείωσης θα πρέπει αν είναι δοκιμασμένα κατά το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 50164-1 και ΕΛΟΤ 50164-2 και να διαθέτουν πιστοποιητικό δοκιμών ελέγχου.^{[15],[16]}

2^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ΜΕΘΟΔΟΙ ΓΕΙΩΣΗΣ ΔΙΚΤΥΩΝ ΚΑΙ ΣΦΑΛΜΑΤΑ”

2.1 Συστήματα Γειώσεων στα Δίκτυα

Το δίκτυο διανομής του ηλεκτρικού ρεύματος σε μία περιοχή, χαρακτηρίζεται από δύο βασικές παραμέτρους:

1. Τον αριθμό των αγωγών που χρησιμοποιούνται για τη διανομή της ισχύος.
2. Το σύστημα γείωσης του δικτύου.

Ανάλογα με το σύστημα γείωσης του, το δίκτυο χαρακτηρίζεται ως TT, TN-C, TN-S, TN-C-S, IT. Τα γράμματα των συμβολισμών προκύπτουν από τους εξής γαλλικούς όρους:^[1]

T = Terre (γη)

N = neutral (ουδέτερος)

S = securite (ασφάλεια)

C = combine (συνδυασμός)

I = isolee (μονωμένος)

2.1.1 Συστήματα ουδετέρωσης

Τα δίκτυα TN ονομάζονται δίκτυα ουδετερογείωσης ή ουδετέρωσης. Το βασικό κοινό χαρακτηριστικό των δικτύων αυτών είναι ότι το μεταλλικό περίβλημα των συσκευών συνδέεται με αγώγιμη σύνδεση με τον ουδέτερο της εγκατάστασης. Σε περίπτωση βλάβης στη μόνωση της συσκευής, κλείνει κύκλωμα μέσω του ουδετέρου και το σφάλμα επιστρέφει στη Γη. Επειδή, όμως συνδέεται με το περίβλημα των συσκευών, οι οποίες είναι προσβάσιμες στους ανθρώπους, το δυναμικό του πρέπει κατά τη διάρκεια λειτουργίας της εγκατάστασης σε κάθε στιγμή να είναι μηδέν.

Για το λόγο αυτό τα συστήματα ουδετέρωσης εφαρμόζονται μόνο αν οι εγκαταστάσεις τηρούν τις ακόλουθες συνθήκες:

1. Σε περίπτωση στερεού βραχυκυκλώματος, δηλαδή με μηδενική αντίσταση βραχυκύκλωσης, πρέπει να πραγματοποιηθεί διακοπή της τροφοδότησης εντός 5 sec.

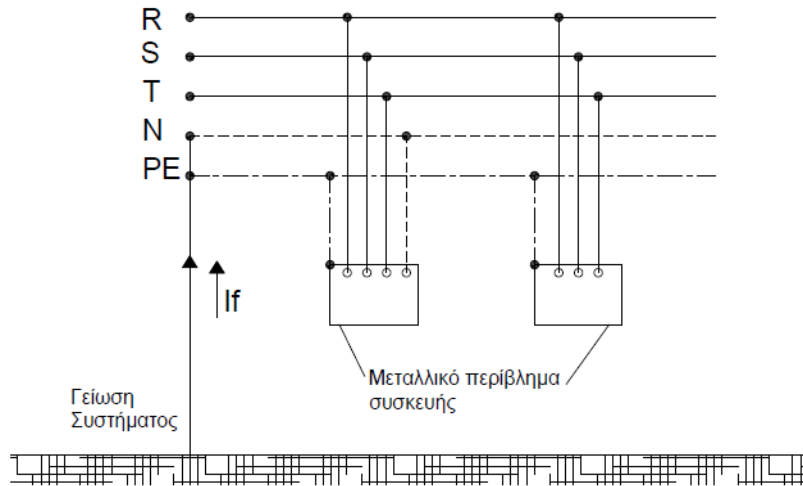
2. Η αγωγιμότητα του ουδετέρου πρέπει να είναι η ίδια με αυτή των αγωγών φάσεων σε όλη την έκταση της εγκατάστασης για διατομές αγωγού έως 16mm² ή 50mm² για εναέριες γραμμές διανομής.
3. Ο ουδέτερος αγωγός γειώνεται στους υποσταθμούς διανομής, στα τέρματα των εναέριων γραμμών και κάθε 300m, στα εναέρια και υπόγεια δίκτυα σε κάθε παροχέτευση.
4. Η συνολική αντίσταση γείωσης του ουδετέρου δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 10ΜΩ.
5. Πρέπει να εξασφαλίζεται η συνέχεια του ουδετέρου και να μην διακόπτεται με αυτόματες διακόπτες, διακόπτες φορτίου, αποζεύκτες και ασφάλειες.

Στην Ελλάδα εξασφαλίζονται οι προϋποθέσεις αυτές στις περισσότερες περιοχές στη χώρα, όπου οι εγκαταστάσεις του δικτύου διανομής είναι νεότερες. Στο κέντρο της Αθήνας, του Πειραιά και σε μερικές περιοχές της Θεσσαλονίκης εφαρμόζεται το σύστημα άμεσης γείωσης, διότι δεν εξασφαλίζονται οι παραπάνω συνθήκες, όπως η συνέχεια του ουδετέρου.

Τα δίκτυα όπου εφαρμόζεται η μέθοδος της ουδετέρωσης είναι τα TN-S, TN-C και TN-C-S και αναλύονται παρακάτω.^[2]

2.1.2 Δίκτυο TN-S

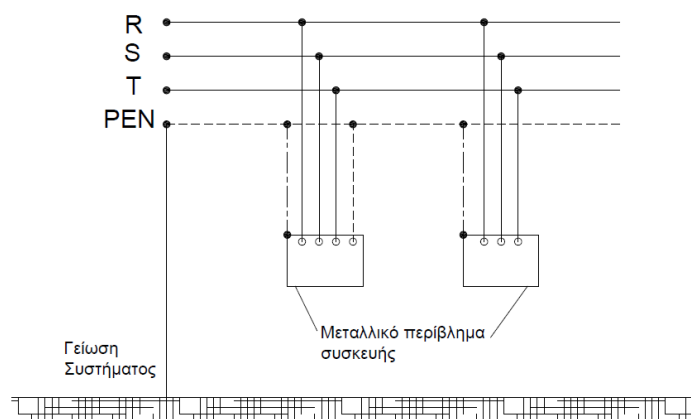
Στο δίκτυο TN-S χρησιμοποιούνται πέντε (5) αγωγοί για τη διανομή ισχύος. Οι τρεις αγωγοί είναι ενεργοί και αποτελούν τις φάσεις του δικτύου (R, S, T ή L1, L2, L3), ο τέταρτος αγωγός είναι ο ουδέτερος (N) και ο πέμπτος αγωγός είναι ο αγωγός προστασίας (PE). Σε αυτή τη μορφή δικτύου, ο ουδέτερος και ο αγωγός προστασίας συνδέονται με τη Γη, αλλά είναι ξεχωριστοί αγωγοί σε όλη την έκταση του δικτύου. Η μορφή αυτή του δικτύου είναι η πλέον συνηθισμένη σε οικιακούς και βιομηχανικούς καταναλωτές.



Σχήμα 2.1: Δίκτυο ουδετερογείωσης με τέσσερις αγωγούς και ξεχωριστό αγωγό προστασίας, τύπου TN-S^[1]

2.1.3 Δίκτυο TN-C

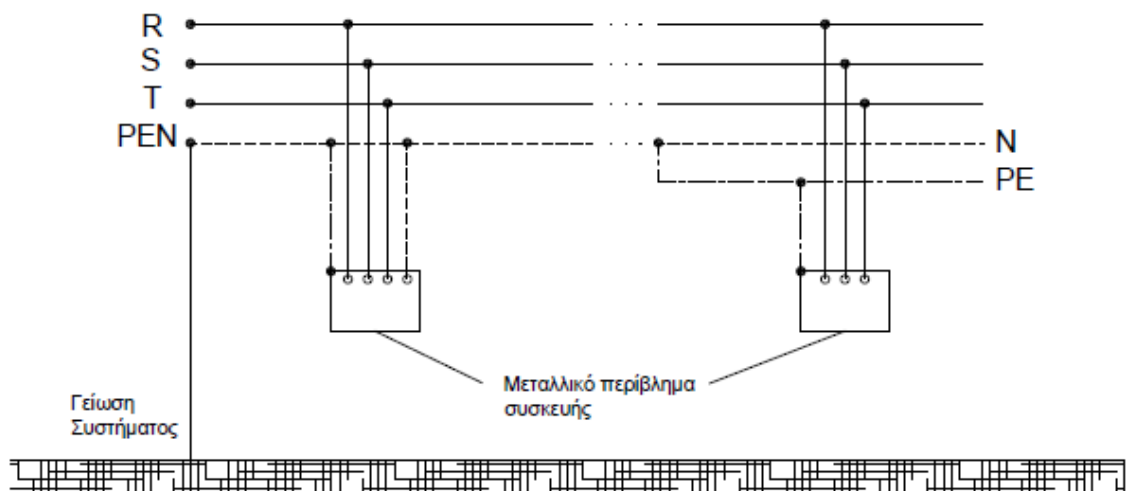
Στο δίκτυο TN-C χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο τέσσερις αγωγοί (4) αγωγοί για τη διανομή ισχύος. Στο δίκτυο αυτό, ο ουδέτερος ταυτίζεται με τον αγωγό προστασίας. Συνεπώς, απαρτίζεται από τρεις ενεργούς αγωγούς, τις φάσεις του δικτύου (R, S, T ή L1, L2, L3), ενώ ο τέταρτος αγωγός είναι ο ουδέτερος και ο αγωγός προστασίας (PEN). Η μορφή αυτή του δικτύου συναντάται σε εγκαταστάσεις υψηλής ισχύος με διατομές ουδετέρου μεγαλύτερες των 10mm².



Σχήμα 2.2: Δίκτυο ουδετερογείωσης με συνδυασμένο αγωγό προστασίας και ουδετέρου, τύπου TN-C^[1]

2.1.4 Δίκτυο TN-C-S

Το δίκτυο TN-C-S είναι ο συνδυασμός των δικτύων TN-S και TN-C. Σε αυτό τον τύπο δικτύου, σε ορισμένα τμήματα της εγκατάστασης ο αγωγός προστασίας είναι ξεχωριστός από τον ουδέτερο, ενώ σε άλλα τμήματα ο ουδέτερος χρησιμοποιείται και σαν αγωγός προστασίας, χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο τέσσερις αγωγοί (4) αγωγοί για τη διανομή ισχύος. Η μορφή αυτή του δικτύου συναντάται κυρίως σε μεγάλα κτίρια και βιομηχανίες.



Σχήμα 2.3: Δίκτυο ουδετερογείωσης εν μέρει με συνδυασμένο αγωγό προστασίας και ουδέτερου και εν μέρει με ξεχωριστούς αγωγούς, τύπου TN-C-S^[1]

2.1.5 Δίκτυο TT

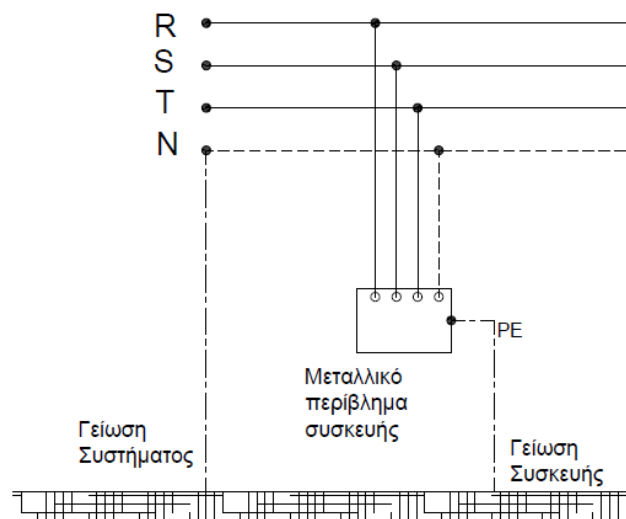
Με τον χαρακτηρισμό TT προσδιορίζονται τα δίκτυα με άμεση γείωση. Το πρώτο γράμμα χαρακτηρίζει την άμεση σύνδεση του ουδέτερου με τη Γη και το δεύτερο γράμμα την άμεση γείωση των μεταλλικών περιβλημάτων των διαφόρων συσκευών των εγκαταστάσεων. Ο μετασχηματιστής και τα μεταλλικά μέρη των συσκευών γειώνονται σε διαφορετικά, μη συνδεδεμένα συστήματα γειώσεων. Άμεση γείωση συνεπώς είναι η απευθείας αγωγή σύνδεση των συσκευών με το ηλεκτρόδιο της γείωσης και όχι η σύνδεσή τους με τον ουδέτερο.

Όλα τα μεταλλικά στοιχεία που είναι προσβάσιμα στον άνθρωπο και προστατεύονται από κοινή διάταξη προστασίας πρέπει να συνδέονται στο ίδιο ηλεκτρόδιο γείωσης, ώστε να

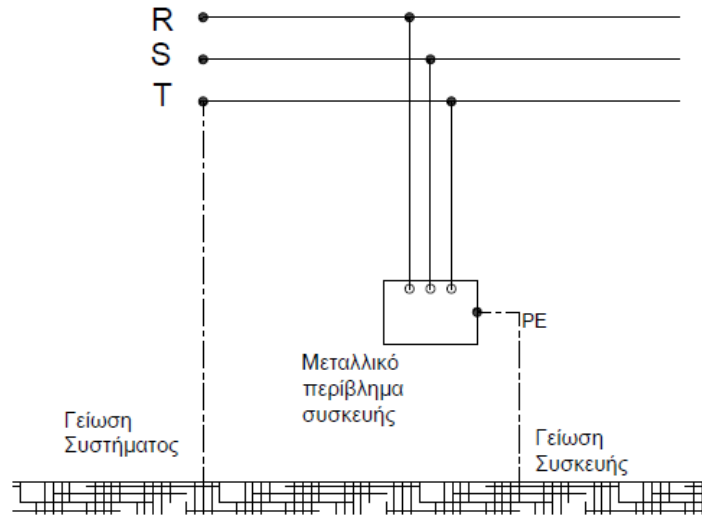
έχουν ίδιο δυναμικό και σε περίπτωση εμφάνισης σφάλματος να μην εμφανιστεί τάση επαφής ικανή να προκαλέσει ηλεκτροπληξία στον άνθρωπο.

Η μορφή αυτή του δικτύου χρησιμοποιήθηκε σε μεγάλη έκταση στο κέντρο της Αθήνας, του Πειραιά και της Θεσσαλονίκης. Το δίκτυο ύδρευσης χρησιμοποιήθηκε σαν ηλεκτρόδιο γείωσης διότι παλαιότερα κατασκευαζόταν αποκλειστικά από μεταλλικές σωληνώσεις. Έτσι, όλες οι εγκαταστάσεις συνδεόταν στο δίκτυο ύδρευσης προκειμένου να γειωθούν. Σήμερα όμως, τμήματα του δικτύου ύδρευσης αποτελούνται από πλαστικές σωληνώσεις με αποτέλεσμα να διακόπτεται η συνέχεια του συστήματος γείωσης. Για το λόγο αυτό και εγκαταλείφθηκε αυτή η μέθοδος γείωσης.^{[1],[2]}

Στα δίκτυα TT είναι ιδιαίτερα σημαντικό να εξασφαλίζεται σωστό σύστημα γείωσης στις εγκαταστάσεις, δηλαδή η τιμή της αντίστασης γείωσης να είναι μικρότερη των 10Ω και να διατηρείται η συνέχεια του γειωτή σε όλη την έκταση του, καθώς το ρεύμα βραχυκύκλωσης επιστρέφει μέσω του συστήματος γείωσης στη Γη.



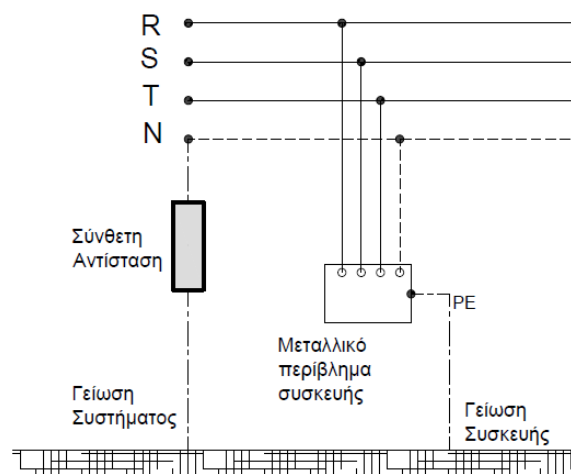
Σχήμα 2.4: Δίκτυο άμεσης γείωσης TT με τέσσερις αγωγούς (R,S,T,N)^[1]



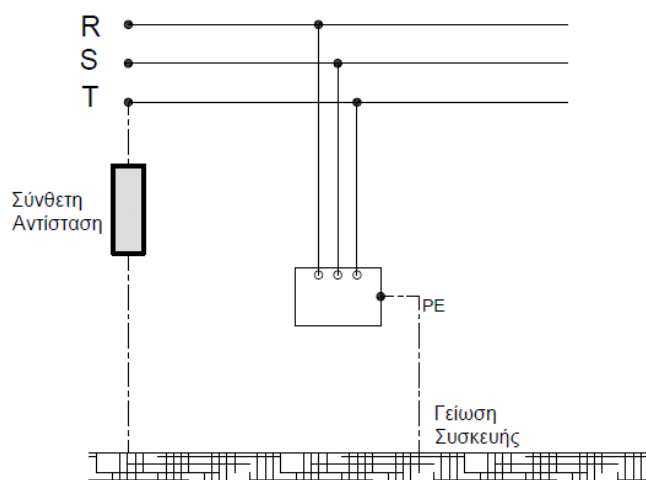
Σχήμα 2.5: Δίκτυο άμεσης γείωσης TT με τρεις αγωγούς (R,S,T) ^[1]

2.1.6 Δίκτυο IT

Με τον χαρακτηρισμό IT προσδιορίζονται τα δίκτυα των οποίων ο μετασχηματιστής δεν γειώνεται, ενώ τα μεταλλικά περιβλήματα των συσκευών γειώνονται. Το πρώτο γράμμα χαρακτηρίζει την απομόνωση του ουδέτερου και τη μη σύνδεση του με τη Γη και το δεύτερο γράμμα την αγωγή σύνδεση των μεταλλικών περιβλημάτων των διαφόρων συσκευών της εγκατάστασης με τη Γη. Το δίκτυο αυτό εμφανίζεται σε εγκαταστάσεις, όπου η εμφάνιση ηλεκτροπληξίας είναι ιδιαίτερα πιθανή και έχει ολέθριες συνέπειες, όπως τα χειρουργεία νοσοκομείων, γι αυτό επιβάλλονται τα αυξημένα μέτρα προστασίας. ^[1]



Σχήμα 2.6: Δίκτυο γείωσης IT με τέσσερις αγωγούς (R,S,T,N) ^[1]



Σχήμα 2.7: Δίκτυο γείωσης IT με τρεις αγωγούς (R,S,T) ^[1]

2.2 Είδη Σφαλμάτων

Το βραχυκύκλωμα ορίζεται ως η αγώγιμη επαφή μεταξύ δύο ή περισσότερων σημείων, ενός κυκλώματος, τα οποία κατά την κανονική λειτουργία του κυκλώματος έχουν διαφορετικό δυναμικό, μέσω αμελητέας ή πολύ μικρής είτε ωμικής είτε σύνθετης αντίστασης. Το ρεύμα βραχυκύκλωσης που εμφανίζεται λόγω του βραχυκυκλώματος, εξαιτίας της αμελητέας αντίστασης είναι εξαιρετικά μεγάλο και αποτελεί σημαντικό κίνδυνο για τους χρήστες της ηλεκτρικής εγκατάστασης και τον εξοπλισμό.

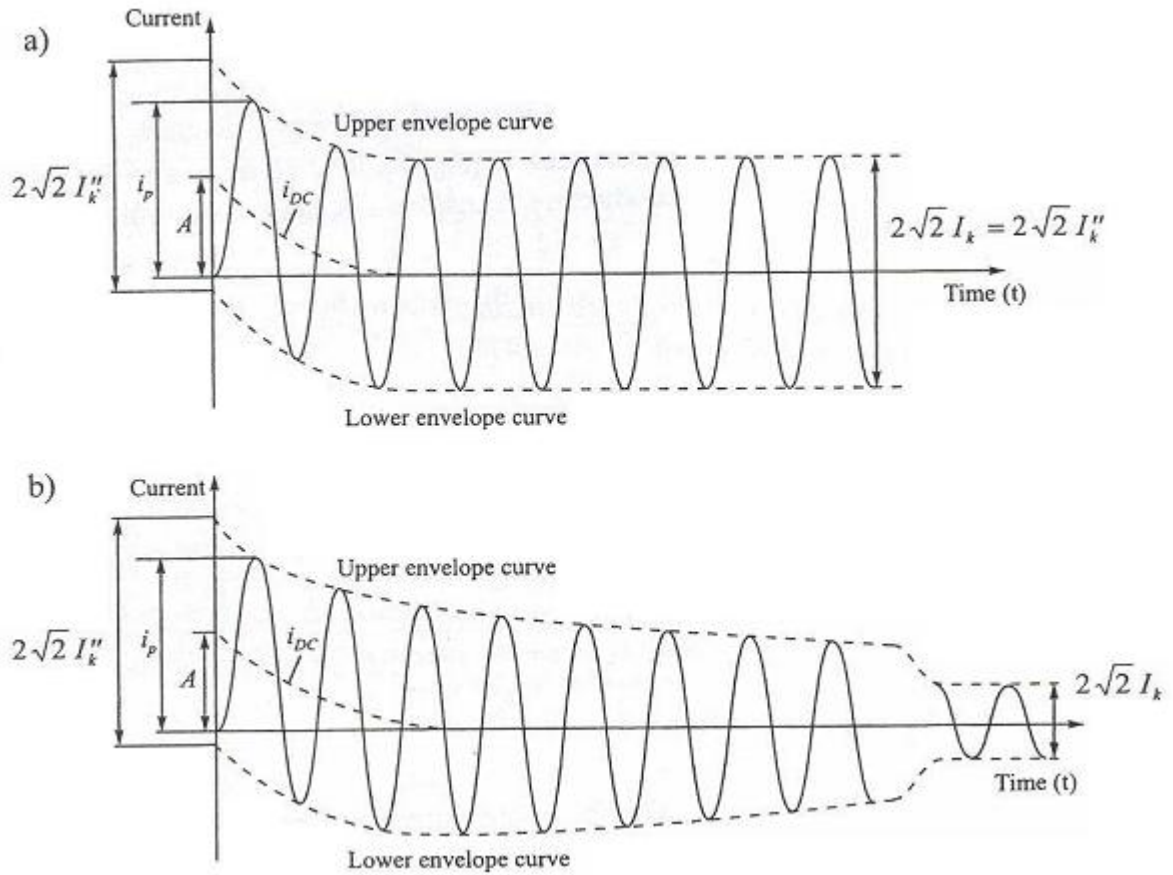
Αποτέλεσμα της εμφάνισης του βραχυκυκλώματος είναι η απότομη αλλαγή της κατάστασης του συστήματος. Το βραχυκύκλωμα ενδέχεται να προκαλέσει σοβαρές και μόνιμες βλάβες στο σύστημα, δηλαδή στον εξοπλισμό της ηλεκτρικής εγκατάστασης, αν οι αυτόματοι διακόπτες που προστατεύουν από τις υπερεντάσεις δεν λειτουργήσουν άμεσα.

Τα βραχυκυκλώματα μπορεί να είναι είτε συμμετρικά είτε ασύμμετρα. Συμμετρικό είναι το τριφασικό βραχυκύκλωμα, το οποίο εμφανίζεται όταν έρθουν σε επαφή οι τρεις φάσεις μεταξύ τους. Το τριφασικό είναι η σοβαρότερη μορφή βραχυκυκλώματος, για το λόγο αυτό ο εξοπλισμός υπολογίζεται, έτσι ώστε να μπορεί να αντέξει τις καταπονήσεις από το βραχυκύκλωμα αυτό. Ασύμμετρα είναι το διφασικό και το μονοφασικό βραχυκύκλωμα. Οι μορφές αυτές βραχυκυκλώματος είναι οι συνηθέστερες, αλλά είναι λιγότερες σοβαρές από το τριφασικό βραχυκύκλωμα.

Μερικές από τις βασικότερες αιτίες εμφάνισης του βραχυκυκλώματος είναι οι εξής:

- Καταστροφή της μόνωσης των υλικών λόγω κακής κατασκευής ή γήρανσης.
- Υπερθερμάνσεις λόγω παρουσίας υπερρευμάτων για μεγάλο χρονικό διάστημα

- Εκφορτίσεις από διασπάσεις λόγω υπερτάσεων
- Δημιουργία ηλεκτρικών τόξων λόγω ταυτόχρονης παρουσίας υγρασίας με μη καθαρό αέρα, ειδικά στους μονωτήρες.^{[17],[18]}



Σχήμα 2.8: Ρεύμα βραχυκύκλωσης (I_k) σε συνάρτηση με το χρόνο (t), (a) Βραχυκύκλωμα μακριά από την πηγή, (b) Βραχυκύκλωμα κοντά στην πηγή^[17]

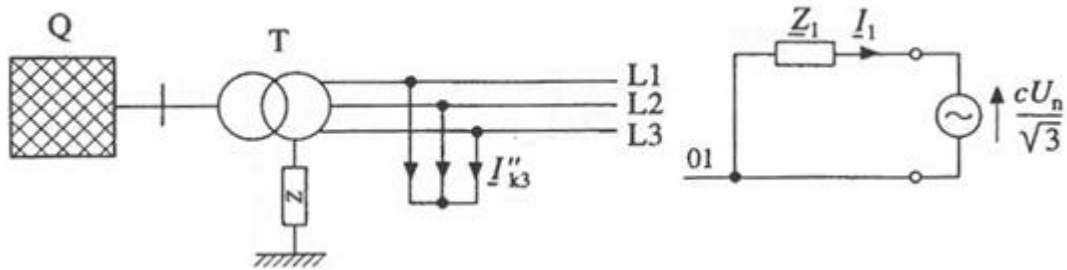
2.2.1 Τριφασικό βραχυκύκλωμα

Το τριφασικό βραχυκύκλωμα είναι το συμμετρικό σφάλμα κατά το οποίο εμφανίζεται μηδενική διαφορά δυναμικού μεταξύ των φάσεων. Οι συνθήκες που παρουσιάζονται κατά το τριφασικό βραχυκύκλωμα είναι οι ακόλουθες:

$$(2.1) \quad U_R = U_S = U_T = 0$$

$$(2.2) \quad I_R + I_S + I_T = 0$$

Ο υπολογισμός του τριφασικού βραχυκυκλώματος είναι σημαντικός για την διαστασιολόγηση του ηλεκτρικού συστήματος και την επιλογή του εξοπλισμού, η οποία πρέπει να γίνει έτσι ώστε ο επιλεγμένος εξοπλισμός να αντέχει τις θερμικές και μηχανικές καταπονήσεις που υφίστανται σε περίπτωση που εμφανιστεί βραχυκύκλωμα



Σχήμα 2.9: Ισοδύναμο κύκλωμα για τον υπολογισμό του τριφασικού βραχυκυκλώματος με ισοδύναμη πηγή τάσης. ^[17]

Στη θέση που εμφανίζεται το σφάλμα ρέουν ρεύματα βραχυκύκλωσης από κάθε ηλεκτρική πηγή που είναι συνδεδεμένη με το σύστημα. Στο συμμετρικό ρεύμα βραχυκύκλωσης, το συνολικό ρεύμα είναι το άθροισμα των στιγμιαίων τιμών των επί μέρους ρευμάτων του συστήματος. Η στάθμη βραχυκύκλωσης ορίζεται ως το γινόμενο του μέτρου της τάσης του ζυγού πριν συμβεί το σφάλμα, και του ρεύματος βραχυκύκλωσης. Η ισχύς αυτή συνήθως αναφέρεται σε ολόκληρο το σύστημα. Το σύστημα θεωρείται ισχυρότερο, όσο μεγαλύτερη είναι η στάθμη βραχυκύκλωσης επειδή είναι αντιστρόφως ανάλογη με την αντίσταση του δικτύου. Η αύξηση της ισχύος όμως, εκτός από το θετικό αποτέλεσμα της σταθεροποίησης της τάσης, έχει και δυσμενείς συνέπειες. Συγκεκριμένα, συνεπάγεται αυξημένες θερμικές και δυναμικές καταπονήσεις για τον εξοπλισμό και τις εγκαταστάσεις του δικτύου και απαίτηση για αυξημένη ικανότητα διακοπής των διακοπών ισχύος. ^[18]

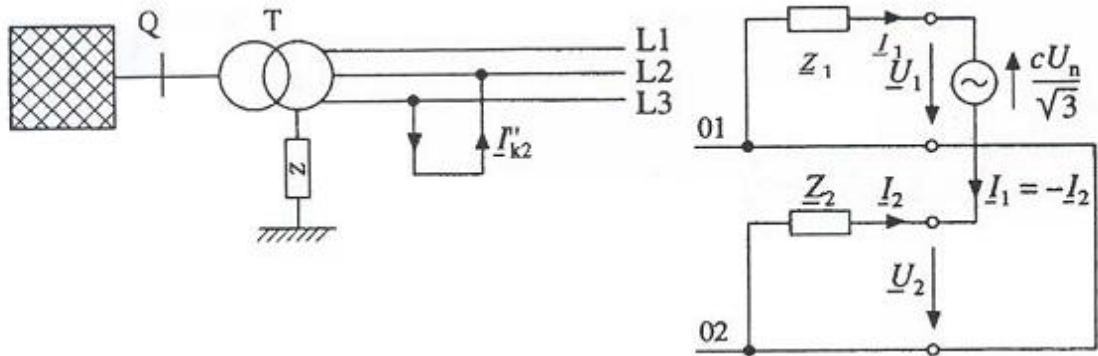
2.2.2 Διφασικό βραχυκύκλωμα χωρίς επαφή με τη γη

Το διφασικό βραχυκύκλωμα είναι το ασύμμετρο σφάλμα, το οποίο εμφανίζεται μεταξύ των αγωγών των δύο εκ των τριών φάσεων. Οι συνθήκες που παρουσιάζονται κατά το διφασικό βραχυκύκλωμα είναι οι ακόλουθες:

$$(2.3) \quad I_S = -I_T$$

$$(2.4) \quad I_R = 0$$

Η ομοιοπολική συνιστώσα του ρεύματος είναι ίση με το μηδέν εφόσον δεν διέρχεται ρεύμα διαμέσου της γης. Η τάση στον τρίτο αγωγό παραμένει αμετάβλητη και ίση με U_R .



Σχήμα 2.10: Ισοδύναμο κύκλωμα για τον υπολογισμό του διφασικού βραχυκυκλώματος μεταξύ φάσεων, χωρίς επαφή με γη, με ισοδύναμη πηγή τάσης.^[17]

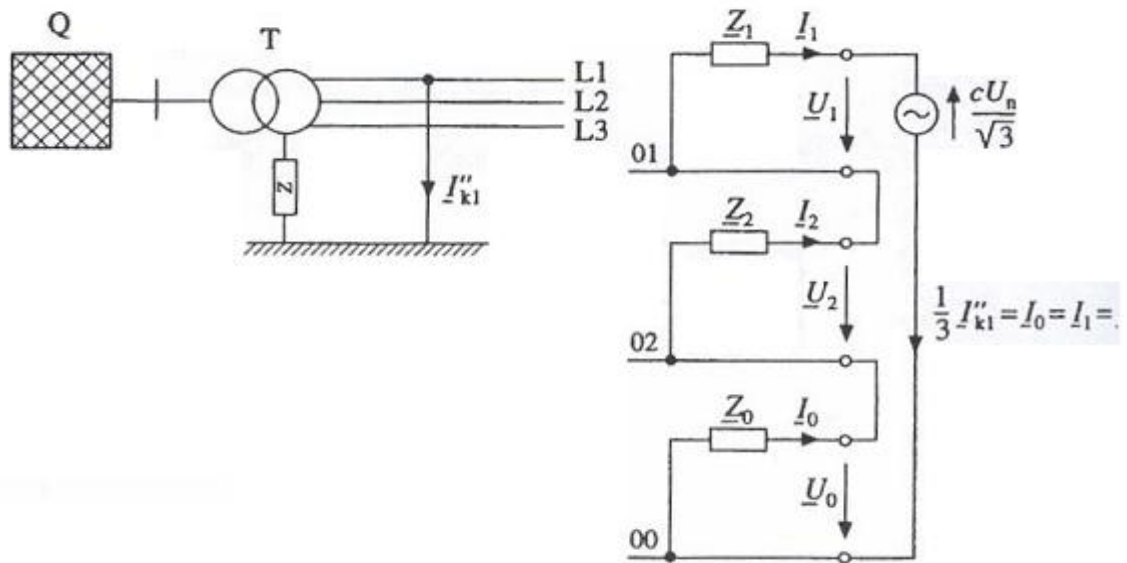
2.2.3 Μονοφασικό βραχυκύκλωμα

Το μονοφασικό βραχυκύκλωμα ορίζεται ως η αγώγιμη σύνδεση μεταξύ φάσης και γης. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, είναι το ασύμμετρο σφάλμα κατά το οποίο εμφανίζεται μηδενική διαφορά δυναμικού μεταξύ της μίας φάσης και της γης. Οι συνθήκες που παρουσιάζονται είναι οι ακόλουθες:

$$(2.5) \quad U_R = 0$$

$$(2.6) \quad I_R = I_{kl}''$$

$$(2.7) \quad I_S = I_T = 0$$



Σχήμα 2.11: Ισοδύναμο κύκλωμα για τον υπολογισμό του μονοφασικού βραχυκυκλώματος μεταξύ φάσης και γης, με ισοδύναμη πηγή τάσης. ^[17]

Το μονοφασικό είναι η πλέον συνηθισμένη μορφή βραχυκυκλώματος που εμφανίζεται στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις. Ο υπολογισμός του είναι απαραίτητος ώστε να καθοριστεί το μέγιστος μήκος των αγωγών, οι προστασίες έναντι των θερμικών πιέσεων και οι προστασία από έμμεση επαφή. ^[17]

2.3 Ανάλυση Σφαλμάτων

Στο κεφάλαιο που ακολουθεί θα γίνει ανάλυση σφαλμάτων σε δίκτυα με ουδετέρωση και σε δίκτυα με άμεση γείωση. Τα βασικότερα είδη σφαλμάτων που μπορούν να θέσουν σε κίνδυνο ανθρώπινη ζωή λόγω επικίνδυνης τάσης είναι τρία:

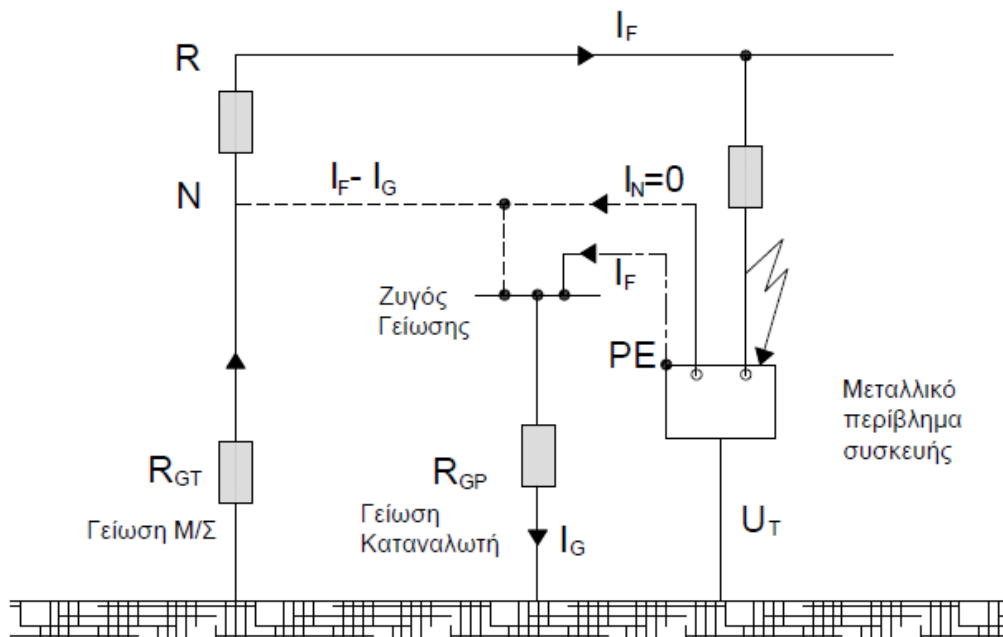
- Σφάλμα υποσταθμού
- Μονοφασικό βραχυκύκλωμα μεταξύ φάσης και γης
- Σφάλμα ως προς το μεταλλικό κέλυφος κάποιας συσκευής

Το εθνικό σύστημα ηλεκτρικής τροφοδότησης απαρτίζεται κατά κύριο λόγο από μετασχηματιστές 20kV/400kV με αγείωτη Μέση Τάση και γειωμένο ουδέτερο στην πλευρά της Χαμηλής Τάσης.

2.3.1 Σφάλμα Φάσης – Αγωγού Προστασίας (PE) σε δίκτυα με ουδετέρωση

Το σφάλμα μεταξύ φάσης και αγωγού προστασίας εμφανίζεται συνήθως λόγω καταστροφής της μόνωσης της συσκευής, οπότε δημιουργείται αγωγή με σύνδεση μεταξύ του μεταλλικού περιβλήματος, το οποίο είναι συνδεδεμένο με τον αγωγό προστασίας προκειμένου να γειωθεί και της φάσης. Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζεται το κύκλωμα προσομοίωσης του σφάλματος. Η αντίσταση που παρουσιάζεται κατά το σφάλμα Z_F είναι πολύ μικρή γι αυτό το ρεύμα σφάλματος είναι μεγάλο. Το ρεύμα σφάλματος ρέει από τη φάση μέσω του μεταλλικού περιβλήματος της συσκευής προς τον αγωγό προστασίας.

Στα ουδετερωμένα δίκτυα όμως ο αγωγός προστασίας συνδέεται με τον ουδέτερο μέσω του ζυγού γείωσης, συνεπώς το ρεύμα σφάλματος επιστρέφει στην πηγή, δηλαδή στον μετασχηματιστή. Το τμήμα του ρεύματος που ρέει μέσω της αντίστασης I_G προς τη γη είναι αμελητέο, λόγω της μεγάλης αντίστασης γείωσης, η οποία είναι της τάξεως των μερικών Ω , σε αντίθεση με την αντίσταση του ουδετέρου και του αγωγού προστασίας που είναι της τάξεως του $0,01\Omega$.



Σχήμα 2.12: Το κύκλωμα σφάλματος σε δίκτυα TN⁽¹¹⁾

Οι σχέσεις ρεύματος σφάλματος, τάσεων και αντιστάσεων περιγράφονται ακολούθως:

$$(2.8) \quad U_R = Z_R \times I_F$$

$$(2.9) \quad U_N = Z_N \times I_F$$

$$(2.10) \quad U_{PE} = Z_{PE} \times I_F$$

$$(2.11) \quad U_N + U_{PE} = (Z_N + Z_{PE}) \times I_F$$

$$(2.12) \quad U_N + U_{PE} + U_R = U_0$$

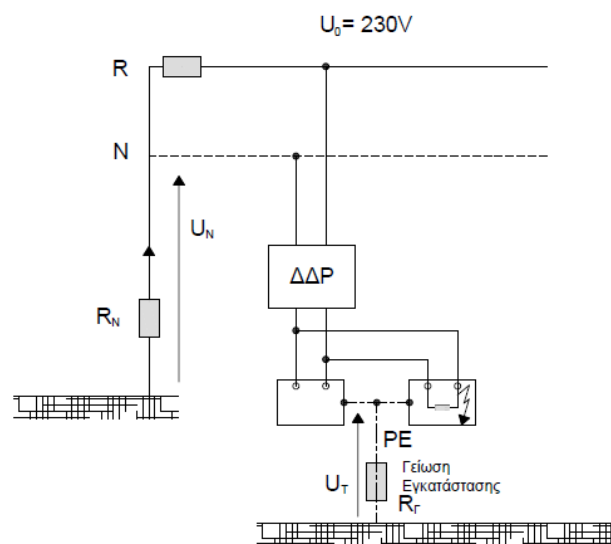
Όπου U_R , U_N , U_{PE} οι τάσεις κατά μήκος των αγωγών φάσης, ουδετέρου και αγωγού προστασίας αντίστοιχα, ενώ U_0 η συνολική τάση του δικτύου.

$$(2.13) \quad U_T = U_N \times \frac{R_{GP}}{R_{GP} + R_{GT}}$$

2.3.2 Σφάλμα Φάσης – Αγωγού Προστασίας (PE) σε δίκτυα με άμεση γείωση

Το σχήμα που ακολουθεί αναφέρεται σε δίκτυα με άμεση γείωση. Η τάση επαφής τη στιγμή του σφάλματος υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$(2.14) \quad U_T = U_0 \frac{R_\Gamma}{R_N + R_\Gamma} = R_\Gamma * I_a$$



Σχήμα 2.13: Το δίκτυο άμεσης γείωσης TT^[1]

Η τάση επαφής για να μην είναι επικίνδυνη για τον άνθρωπο σε περίπτωση που έρθει σε επαφή με το μεταλλικό κέλυφος της συσκευής τη στιγμή που εμφανίζεται το σφάλμα πρέπει να είναι μικρότερη από 50V.

Έτσι το στοιχείο προστασίας πρέπει να πραγματοποιεί την απόζευξη σε χρόνο τέτοιο ώστε το ρεύμα σφάλματος I_a να είναι τέτοιο ώστε :

$$(2.15) \quad I_a * R_T < 50V$$

Επίσης, ρεύματα άνω των 50 mA που ρέουν μέσω του ανθρωπίνου σώματος μπορούν να προκαλέσουν σοβαρές βλάβες, ακόμα και θάνατο. Συνεπώς για τάση επαφής $U_T = 50V$ κατά μέγιστο και ρεύμα σφάλματος $I_a = 50 \text{ mA}$, η μέγιστη αντίσταση γείωσης που προκύπτει είναι:

$$(2.16) \quad R_T = \frac{U_T}{I_a} = \frac{50V}{50mA} = 1000\Omega$$

Συνεπώς η τοπική γείωση πρέπει να είναι :

$$(2.17) \quad R_T < 1000\Omega$$

Η Τάση του ουδετέρου ως προς τη γη είναι:

$$(2.18) \quad U_N = U_o - U_T$$

Από την παραπάνω σχέση προκύπτει το συμπέρασμα ότι κατά τη διάρκεια του σφάλματος ο ουδέτερος N έχει υπερυψωμένη τάση. Έτσι αν θεωρηθεί ότι $U_T = 50V$, τότε :

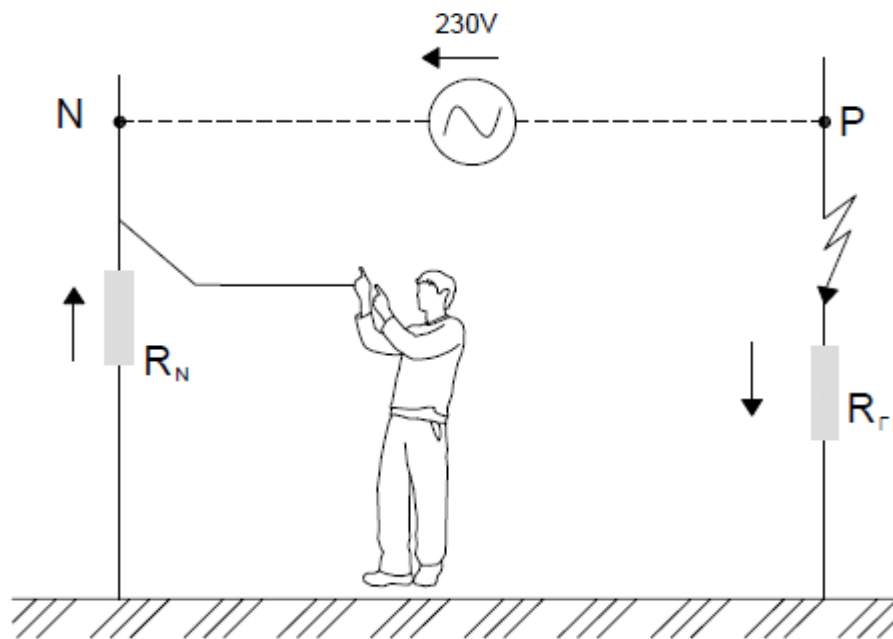
$$(2.19) \quad U_N = U_o - U_T = 230 - 50 = 180V$$

Σε περίπτωση που λόγω σφάλματος σε κάποιο σύστημα έχει εφαρμοστεί ταυτόχρονα άμεση γείωση και ουδετερογείωση, τότε η τάση στις ουδετερογειωμένες συσκευές είναι 180V, δηλαδή σημαντικά υψηλή και επικίνδυνη για τον άνθρωπο. Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο απαγορεύεται ρητά η ταυτόχρονη εφαρμογή των συστημάτων.^[1]

2.3.3 Σφάλμα Φάσης – Γης σε Ουδετερογειωμένα Δίκτυα (TNS)

Τα σφάλματα μεταξύ φάσης – γης (R - G) είναι πιο επικίνδυνα σε σχέση με τα σφάλματα φάσης – αγωγού προστασίας (R-PE), διότι δεν οδηγούν πάντα σε απόζευξη των οργάνων προστασίας.

Το σχήμα που ακολουθεί αποτελεί το ισοδύναμο κύκλωμα του σφάλματος φάσης- γης. Το ρεύμα ρέει προς τη Γη μέσω της αντίστασης του συστήματος γείωσης R_T . Η τάση επαφής που φαίνεται στο παρακάτω σχήμα ισούται με την τάση του ουδετέρου.



Σχήμα 2.14: Τάσεις επαφής σε σφάλμα φάσης-γης σε δίκτυο TNS^[1]

Από τα ρεύματα που ρέουν στο βρόγχο ισχύει:

$$(2.20) \quad (U_T * R_N) + (U_T * R_T) = U_o * R_N$$

Άρα για την τάση επαφής ισχύει:

$$(2.21) \quad U_T = U_o * \frac{R_N}{R_N + R_T} = 230 * \frac{R_N}{R_N + R_T}$$

Ισχύουν οι εξής συνθήκες:

1. $U_T < 50V$, για λόγους ασφαλείας των χρηστών του συστήματος
2. $R_T < 10\Omega$, σύμφωνα με το πρότυπο του ΕΛΟΤ HD 384

Συνεπώς, από την επίλυση της σχέσης (2.21) ως προς R_N , προκύπτει ότι:

$$(2.22) \quad \frac{R_N}{R_N + R_T} < \frac{50}{230}$$

$$(2.23) \quad \frac{R_N}{R_N + R_T} < 0,22$$

και για $R_T = 10\Omega$

$$(2.24) \quad R_N < 2,82\Omega$$

Η προστασία από τα σφάλματα αυτά πραγματοποιείται με διακόπτες διαφορικού ρεύματος, η χρήση των οποίων έγινε υποχρεωτική σύμφωνα με την Κοινή Υπουργική Απόφαση (ΚΥΑ) με αριθ. ΦΑ' 50/12081/642 της 26/07/2006, όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο.^{[1],[6]}

3^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΕΙΩΣΕΩΝ”

3.1 Είδη Γειώσεων

Τα συστήματα γειώσεων διακρίνονται σε τρεις βασικές κατηγορίες ανάλογα με τη λειτουργίας τους. Έτσι έχουμε:

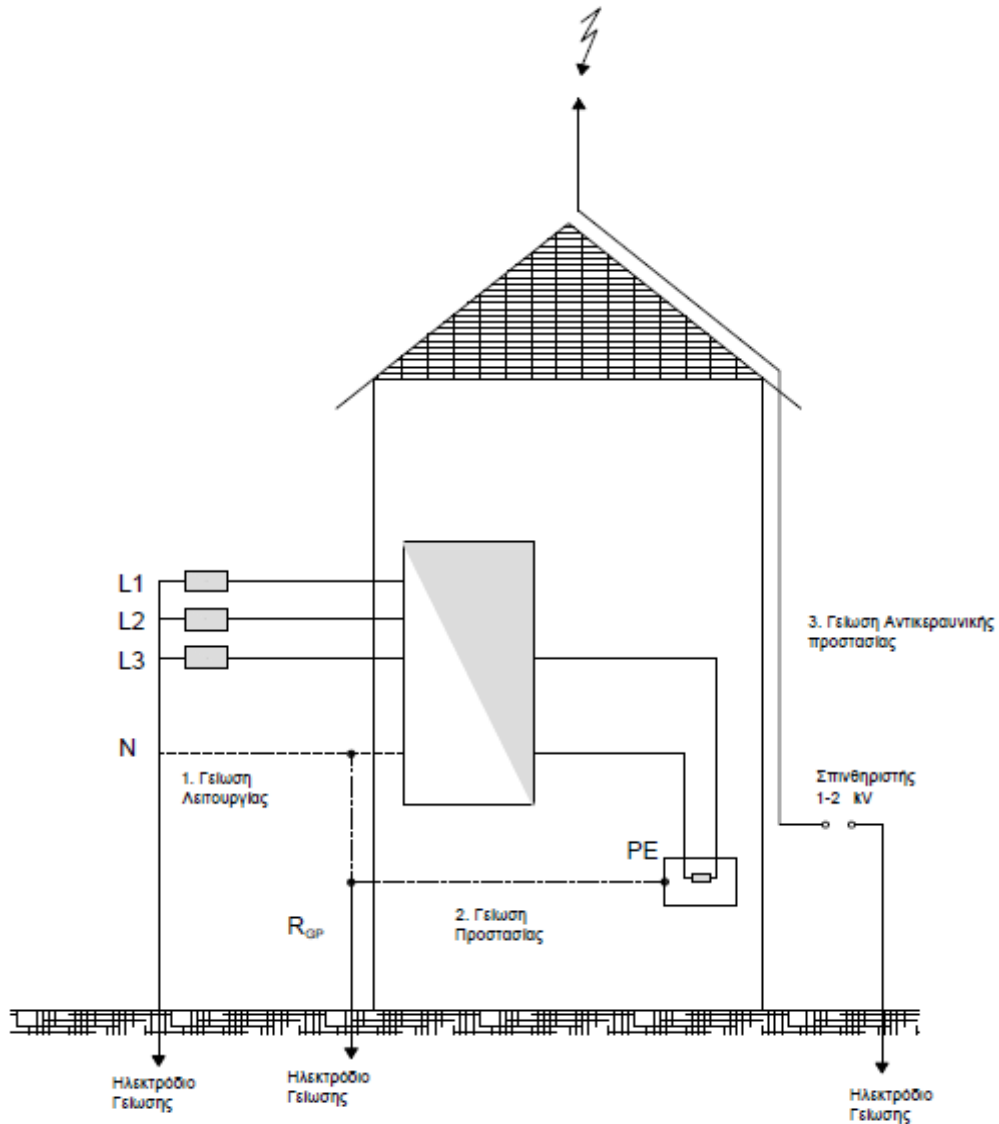
1. Γείωση προστασίας
2. Γείωση λειτουργίας
3. Γείωση αντικεραυνικής προστασίας.

Τα τρία είδη που αναφέρθηκαν παραπάνω υπάρχουν ταυτόχρονα στις σύγχρονες εγκαταστάσεις. Επίσης, είναι πιθανό το σύστημα γείωσης που χρησιμοποιείται να είναι κοινό και για τα τρία είδη γειώσεων. Οι κανονισμοί ξένων χωρών (IEE – Wiring Regulations 16th Edition, UK) και οι συνήθειες πρακτικές επιβάλλουν ως βέλτιστη λύση τη χρήση κοινού γειωτή ή ηλεκτροδίου γείωσης σε ένα κτίριο, ώστε να υπάρχει το ίδιο δυναμικό σε όλα τα σημεία και στα τρία συστήματα γειώσεων.

Ορισμένα βασικά θέματα που γενικώς πρέπει να αποτελούν σημεία ιδιαίτερης προσοχής κατά την κατασκευή της γείωσης είναι τα ακόλουθα:

1. Το βάθος έμπτυξης του γειωτή πρέπει να είναι μεγαλύτερο από 0,5m, ώστε να αποφεύγεται το πάγωμα του εδάφους κατά τους χειμερινούς μήνες κάτι που οδηγεί σε αύξηση της αντίστασης.
2. Η θερμοκρασία και η υγρασία μειώνουν την αντίσταση της γείωσης, συνεπώς το βέλτιστο είναι ο γειωτής να εγκαθίσταται σε υγρό έδαφος, όπως παρτέρια. Επίσης, από την εξάρτηση της αντίστασης με τη θερμοκρασία συμπεραίνουμε ότι η τιμή της αντίστασης γείωσης δύναται να μεταβάλλεται από εποχή σε εποχή.
3. Οι ηλεκτροχημικές δράσεις και η διάβρωση οδηγούν σε καταστροφή του γειωτή. Για το λόγο αυτό πρέπει να εξετάζονται οι ιδιότητες του εδάφους και η ύπαρξη μεταλλικών στοιχείων πλησίον στο σημείο εγκατάστασης του γειωτή.
4. Η τιμή της αντίστασης γείωσης δεν εξαρτάται από την ειδική αντίσταση του μετάλλου. Η επιλογή του μετάλλου πραγματοποιείται με κριτήριο την αντοχή στη διάβρωση.

5. Οι σωλήνες του δικτύου ύδρευσης επιτρέπεται να χρησιμοποιηθούν σαν γειωτής, κατά κύριο λόγο σαν επέκταση του βασικού συστήματος γείωσης και όχι ως κύριο ηλεκτρόδιο γείωσης. Αυτό γιατί τα τελευταία χρόνια διαδίδεται όλο και περισσότερο η χρήση πλαστικών σωλήνων σε κάποια τμήματα του δικτύου ύδρευσης με αποτέλεσμα να δημιουργούνται διάκενα και να διακόπτεται η συνέχεια του συστήματος γείωσης, λόγω των μονωτικών ιδιοτήτων του πλαστικού.^{[1],[19],[20]}



Σχήμα 3.1: Τα τρία είδη γειώσεων, λειτουργίας, προστασίας, αντικεραυνικής προστασίας

[1]

3.1.1 Γείωση προστασίας

Γείωση προστασίας είναι η γείωση ενός στοιχείου που δεν αποτελεί μέρος του ενεργού κυκλώματος, όπως για παράδειγμα το μεταλλικό κέλυφος μιας ηλεκτρικής συσκευής. Η γείωση προστασίας χρησιμοποιείται σε ευρεία έκταση επειδή μειώνει σημαντικά τις εμφανιζόμενες λόγω σφαλμάτων τάσεις επαφής, με αποτέλεσμα να προστατεύονται επαρκώς οι χρήστες της εγκατάστασης. Απαραίτητο κατασκευαστικό χαρακτηριστικό για τη γείωση προστασίας είναι να εξασφαλίζεται η συνέχεια της, δηλαδή να μην παρεμβάλλονται διάκενα.

Παράδειγμα της γείωσης προστασίας είναι η γείωση των μεταλλικών μερών ενός υποσταθμού Μέσης Τάσης / Χαμηλής Τάσης.^[19]

3.1.2 Γείωση Λειτουργίας

Γείωση λειτουργίας ονομάζεται η γείωση ενός σημείου σε ένα ενεργό κύκλωμα. Η γείωση λειτουργίας στα δίκτυα ουδετερογείωσης (TN), που όπως αναφέρθηκε και παραπάνω είναι τα πλέον συνηθισμένα στη χώρα μας αποτελείται από συνεχή αγωγό, ενώ μπορεί να έχει αυτεπαγωγές ή αντιστάσεις όπως στα δίκτυα μονωμένου ουδετέρου (IT).

Παραδείγματα γείωσης λειτουργίας είναι η γείωση του ουδετέρου ενός Μετασχηματιστή ή Γεννήτριας, η γείωση στοιχείων συνδεδεμένων σε αστέρα, η γείωση του ουδέτερου αγωγού ενός συστήματος.^[19]

3.1.3 Γείωση Αντικεραυνικής Προστασίας

Γείωση αντικεραυνικής προστασίας είναι το πλήρες σύστημα συνεχούς κατά κύριο λόγο γείωσης, μέσω του οποίου το ρεύμα που εμφανίζεται σε μια εγκατάσταση λόγω κεραυνοπληξίας οδηγείται στην Γη. Η γείωση αντικεραυνικής προστασίας απαρτίζεται από το συλλεκτήριο σύστημα, τους αγωγούς καθόδου και το σύστημα γείωσης, μέσω του οποίου γίνεται η τελική διοχέτευση του ρεύματος κεραυνοπληξίας προς τη Γη. Επίσης, στο σύστημα αυτό περιλαμβάνονται οι απαγωγοί κρουστικών υπερτάσεων. Οι απαγωγοί κρουστικών υπερτάσεων (Surge Protection Devices ή SPDs) είναι οι συσκευές αυτές που τοποθετούνται σε συγκεκριμένα σημεία μέσα στο δίκτυο, συνήθως στους ηλεκτρικούς πίνακες της εγκατάστασης με στόχο να μειώσουν το ρεύμα από τις κρουστικές υπερτάσεις άμεσα σε μεγέθη ακίνδυνα.

Το σύστημα αντικεραυνικής προστασίας θα εξεταστεί εκτενέστερα σε επόμενο κεφάλαιο.^[20]

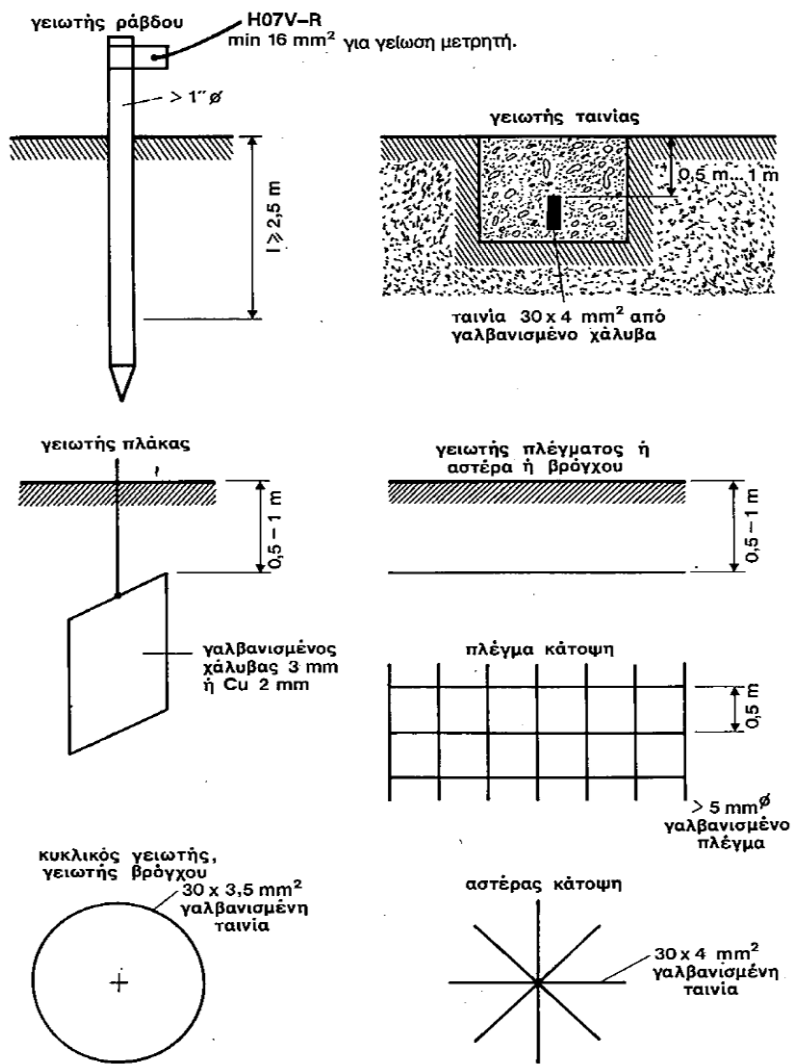
3.2 Είδη Γειωτών

Τα κυριότερα είδη γειωτών φαίνονται στο σχήμα που ακολουθεί. Αυτά είναι:

1. Ράβδος γείωσης, ο οποίος συνήθως χρησιμοποιείται για την κατασκευή του τριγώνου γείωσης ή για τη τοπική γείωση του μετρητή.
2. Ταινία γείωσης, η οποία χρησιμοποιείται κατά την κατασκευή της θεμελιακής γείωσης ή της περιμετρικής γείωσης.
3. Γειωτής πλάκας, ο οποίος χρησιμοποιείται για την κατασκευή τοπικών γειώσεων όπως είναι ο γειωτής E, όταν δεν είναι δυνατή η κατασκευή της θεμελιακής (π.χ. υφιστάμενο κτίριο).
4. Γειωτής πλέγματος ή βρόγχου, ο οποίος χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο για την ισοδυναμική σύνδεση εντός χώρων με ειδικές απαιτήσεις, όπως Υποσταθμοί ΜΤ/ΧΤ.
5. Κυκλικός γειωτής
6. Γειωτής αστέρα
7. Σφαίρα επιμολυβδωμένη^{[1],[26]}

Πίνακας 3.1: Ελάχιστες διατομές ηλεκτροδίων γειωτών κατά VDE 0141.^[1]

Μορφή Γειωτή	Υλικό		
	Γαλβανισμένος Χάλυβας	Επιχαλκωμένος Χάλυβας	Χαλκός
Ταινία	100mm ² ελάχ. πάχος 3mm	50mm ² ελάχ. πάχος 2mm	50mm ² ελάχ. πάχος 2mm
Στρογγυλή Ράβδος	78 mm ² (Ø10mm)	50 mm ²	35 mm ²
Σωλήνας	Εσωτερική διάμετρος 1” ελάχ. πάχος 2mm	50mm ² Στρογγυλή ράβδος	Εσωτερική διάμετρος 20mm ελάχ. πάχος 2mm
Ράβδος για πασαλογειώσεις	100mm ² ελάχ. πάχος 3mm		35 mm ² ελάχ. πάχος 3mm
Πλάκα	ελάχ. πάχος 3mmv		ελάχ. πάχος 2mm



Σχήμα 3.2: Τα βασικότερα είδη γειωτών^[26]

3.2.1 Γειωτής Ράβδου

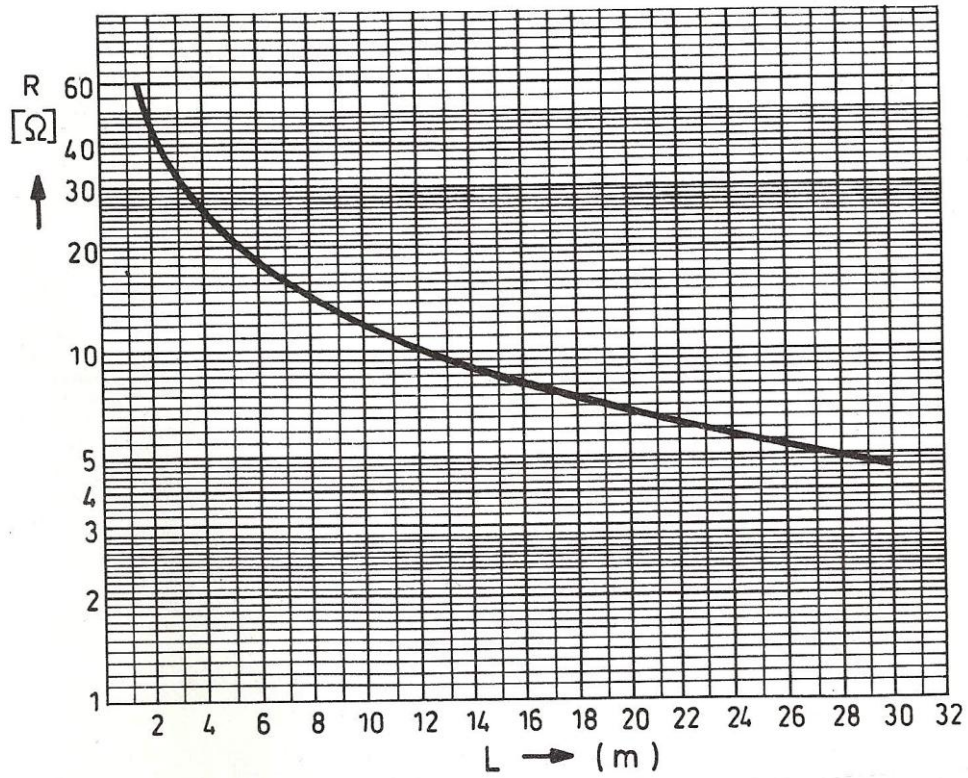
Η ράβδος είναι είτε κυκλικής διατομής είτε διατομής σταυρού και έχει διάφορα μήκη. Ο τρόπος εγκατάστασης είναι η κατακόρυφη έμπηξη στο έδαφος. Το άνω άκρος της ράβδου και σε μήκος περίπου 25cm παραμένει πάνω από το έδαφος και μπαίνει σε ειδικό φρεάτιο, ώστε να διατηρείται η επισκεψιμότητα του δικτύου γείωσης. Η τιμή της αντίστασης γείωσης εξαρτάται από το μήκος της ράβδου. Όσο μεγαλύτερο είναι το μήκος της ράβδου, τόσο μικραίνει η τιμή της αντίστασης γείωσης. Η διάμετρος της ράβδου επιδρά ελάχιστα στην τιμή της αντίστασης.

Η ράβδος κυκλικής διατομής κατασκευάζεται από χάλυβα ηλεκτρολυτικά επιχάλκωμένο, με πάχος επιχάλκωσης τουλάχιστον 250μm. Το πάχος επιχάλκωσης είναι αρκετά αυξημένο, ώστε κατά την έμπηξη της ράβδου στο έδαφος ανεξάρτητα από τη σκληρότητα του να αποφεύγεται η απογύμνωση της χαλύβδινης ψυχής, γιατί κάτι τέτοιο θα είχε σαν αποτέλεσμα την γρήγορη διάβρωσή της.

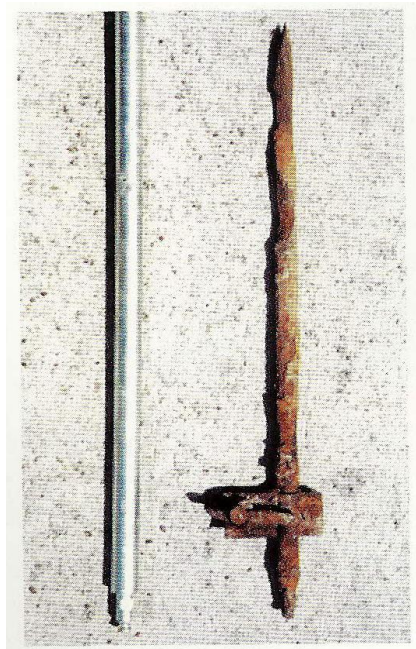
Ράβδοι με μικρότερο πάχος ηλεκτρολυτικής επιχάλκωσης ή επιχάλκωμένες μηχανικά με μανδύα χαλκού πρέπει να αποφεύγονται, οι μεν πρώτες για τον παραπάνω αναφερόμενο λόγο, οι δεύτερες διότι κατά την έμπηξη, ο χάλκινος μανδύας είναι δυνατόν να αποκολληθεί με αποτέλεσμα την αποκάλυψη της χαλύβδινης ψυχής και την γρήγορη διάβρωσή της ράβδου.

Οι συνήθεις διαστάσεις των ραβδοειδών γειωτών κυκλικής διατομής κυμαίνονται σε διάμετρο από 12mm έως 23 mm και 1,2m έως 3 m σε μήκος. Οι ράβδοι κυκλικής διατομής συνήθως φέρουν σπείρωμα στο άνω και κάτω άκρο, το οποίο πρέπει να δημιουργείται με διαμόρφωση και όχι με κοπή. Έτσι, οι ράβδοι μπορούν να επιμηκυνθούν με την χρήση ορειχάλκινων συνδέσμων επιμήκυνσης (μούφες). Οι σύνδεσμοι αυτοί δεν επιτρέπεται να κατασκευάζονται από άλλο υλικό όπως Αλουμίνιο ώστε να έχουν την κατάλληλη αντοχή στη μηχανική διάβρωση ή Χάλυβα, διότι σε αυτή την περίπτωση δεν έχουν μικρή αντίσταση διαβάσεως του ρεύματος σφάλματος.

Η ράβδος με διατομή σταυρού κατασκευάζεται από χάλυβα θερμά επιψευδαργυρωμένο, με πάχος επιψευδαργύρωσης τουλάχιστον 50μm. Η αντοχή του γειωτή στη διάβρωση είναι ανάλογη με το πάχος επιψευδαργύρωσης του. Οι συνήθεις διαστάσεις του γειωτή είναι 5 cm διάμετρος και το μήκος της ράβδου κυμαίνεται μεταξύ 1,5m , 2m και 2,5m. Το πάχος των ελασμάτων που δημιουργούν την σταυροειδή διατομή είναι 3mm.^{[1],[19]}



Σχήμα 3.3: Διάγραμμα εξάρτησης αντίστασης γείωσης από το μήκος του γειωτή^[20]



Σχήμα 3.4: Ηλεκτρόδιο Ράβδου πριν την εγκατάσταση και μετά την εγκατάσταση, ενώ έχει υποστεί διάβρωση^[20]

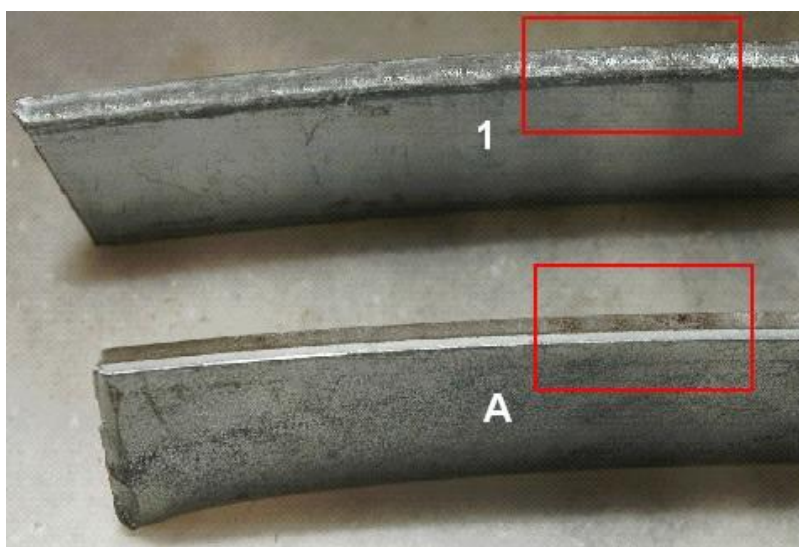
3.2.2 Γειωτής Ταινίας

Ο γειωτής ταινίας μπορεί να είναι διαφόρων διαστάσεων. Συνήθως κατασκευάζεται από χαλκό ή θερμά επιψευδαργυρωμένο χάλυβα, όπως θα μελετηθεί αναλυτικά και σε επόμενο κεφάλαιο. Εγκαθίσταται κάθετα σε μικρό βάθος μέσα στο έδαφος, της τάξεως των 50 έως 70cm. Η τιμή της αντίστασης της γείωσης είναι αντιστρόφως ανάλογη με το μήκος της ταινίας που βρίσκεται εντός του εδάφους.

Ο γειωτής ταινίας συνήθως χρησιμοποιείται για την κατασκευή της περιμετρικής και της θεμελιακής γείωσης. Εναλλακτικά, όπου δεν είναι δυνατή η χρήση της ταινίας μπορεί να χρησιμοποιηθεί αγωγός κυκλικής διατομής. Ο αγωγός κυκλικής διατομής λόγω της μικρότερης επιφάνειας επαφής του με το έδαφος έχει μεγαλύτερη τιμή μετρούμενης αντίστασης γείωσης από την αντίστοιχη ταινία ισοδύναμης επιφάνειας διατομής.

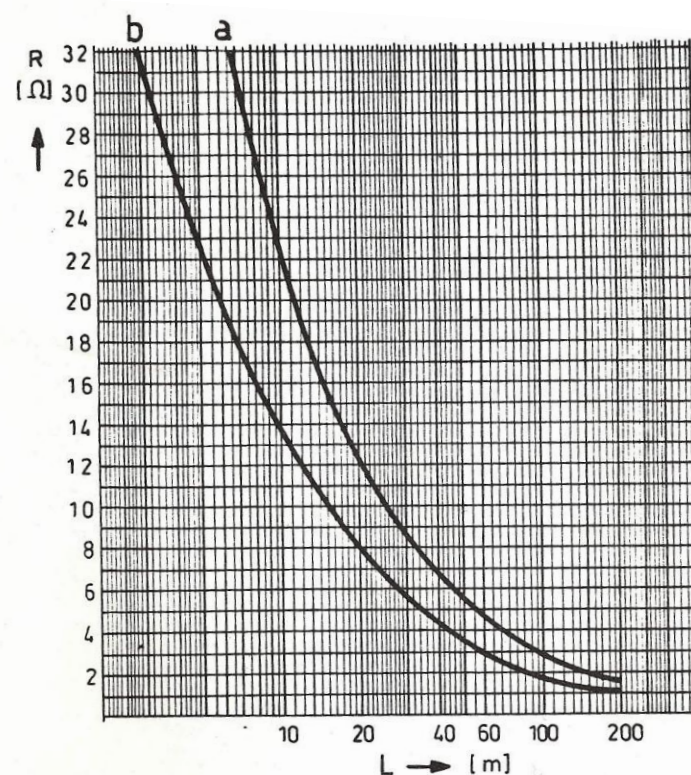
Η ταινία χαλκού κατασκευάζεται από καθαρό ηλεκτρολυτικό χαλκό οι δε διαστάσεις της είναι συνήθως 30 x 3 mm και 40 x 3 mm.

Η χαλύβδινη θερμά επιψευδαργυρωμένη ταινία κατασκευάζεται με επιψευδαργύρωση 500 ή 300gr/m². Οι συνήθεις διαστάσεις της είναι 30 x 3,5mm και 40 x 4 mm .^{[1],[19],[22]}



Ταινία 1: Γαλβανισμένη σε όλες τις πλευρές
Ταινία Α: Από κομμένη γαλβανιζέ λαμαρίνα με αγαλβάνιστη την πλευρά του πάχους

Σχήμα 3.5: Ταινία Γείωσης^[22]



Αντίσταση γείωσης γειωτή ταινίας σε βάθος
 $a = 0 \text{ m}$
 $b > 1 \text{ m}$
για $\rho_s = 100 \Omega \cdot \text{m}$

Σχήμα 3.6: Διάγραμμα εξάρτησης αντίστασης γείωσης από το βάθος εγκατάστασης του γειωτή^[20]

3.2.3 Γειωτής Πλάκας

Ο γειωτής πλάκας σε μορφή παραλληλογράμμου κατασκευάζεται από καθαρό ηλεκτρολυτικό χαλκό και έχει ελάχιστο πάχος 2mm ή από θερμά επιψευδαργυρωμένο χάλυβα ή μολύβδο με ελάχιστο πάχος 3mm. Οι διαστάσεις της πλάκας ποικίλλουν, αλλά συνήθως είναι 0,5m x 0,5m. Η πλάκα τοποθετείται κατακόρυφα εντός του εδάφους, ώστε η μεγαλύτερη επιφάνεια της πλάκας να βρίσκεται στη μέγιστη δυνατή επαφή με το έδαφος. Το βάθος εγκατάστασης της πλάκας είναι τουλάχιστον 0,5m. Η τιμή της αντίστασης της γείωσης είναι αντιστρόφως ανάλογη με τις διαστάσεις της πλάκας και το βάθος τοποθέτησης της στο έδαφος.

Το σύστημα γείωσης με πλάκες κατασκευάζεται από πλάκες οι οποίες τοποθετούνται σε τυχαία διάταξη αρκεί η απόσταση μεταξύ των να είναι τουλάχιστον 3 m. Στη συνέχεια, οι

πλάκες συνδέονται μεταξύ τους με αγωγό γείωσης αναλόγου διατομής με τις απαιτήσεις της εγκατάστασης, δηλαδή τέτοιο ώστε να αντέχει το αναμενόμενο ρεύμα βραχυκύκλωσης της εγκατάστασης, συνήθως χάλκινος αγωγός 50 mm².^{[1],[19],[22],[20]}



Σχήμα 3.7: Πλάκα γείωσης^[23]

3.2.4 Ακτινικός Γειωτής

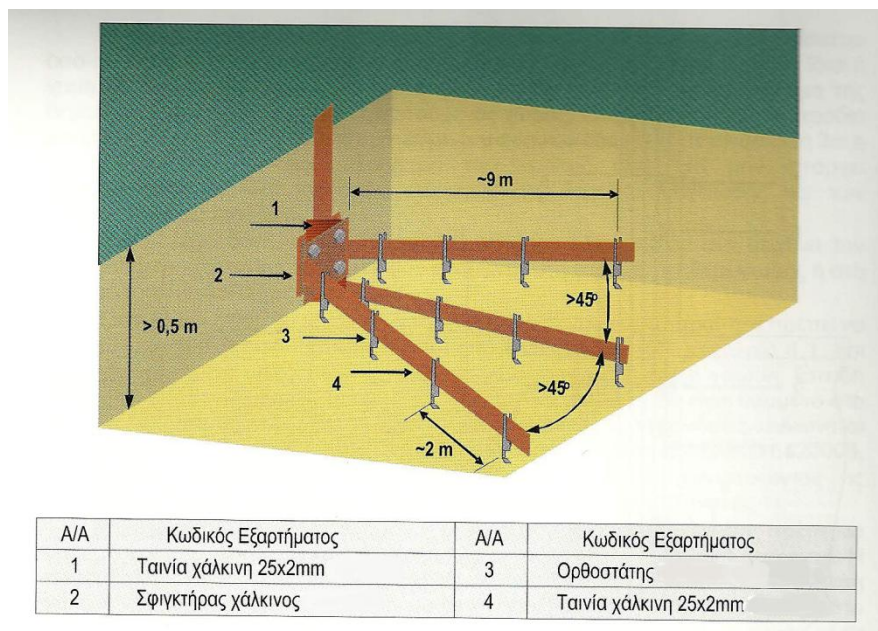
Ο ακτινικός γειωτής ή γειωτής αστέρα απαρτίζεται από ταινίες ή ράβδους, οι οποίες διαμορφώνεται έτσι ώστε να παίρνουν τη μορφή αυτή. Οι ταινίες ή οι ράβδοι πρέπει να είναι τουλάχιστον τρεις και τοποθετούνται έτσι ώστε να σχηματίζουν γωνία 45° μεταξύ τους. Το υλικό του συστήματος πρέπει να έχει περάσει με επιτυχία όλες τις εργαστηριακές δοκιμές που ορίζει το πρότυπο EN 50164-2. Ο αστέρας ενταφιάζεται σε βάθος τουλάχιστον 0,8m. Τα υλικά και τα πάχη τους είναι όμοια με αυτά του γειωτή ταινίας, ενώ το μήκος τους είναι συνήθως 9m.

Για την καλύτερη απόδοση του συστήματος η τοποθέτηση των ταινιών πραγματοποιείται με κάθετη την μεγαλύτερη πλευρά και αυτό επιτυγχάνεται με ειδικά στηρίγματα. Η τιμή της αντίστασης της γείωσης είναι αντιστρόφως ανάλογη με το πλήθος των ακτινών και το μήκος των ταινιών.

Εναλλακτικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί αγωγός κυκλικής διατομής. Στον ακτινικό γειωτή με αγωγό κυκλικής διατομής παρατηρείται σημαντική διαφορά στην τιμή της αντίστασης γείωσης λόγω της μικρής επιφάνειας επαφής του προς το έδαφος, σε σχέση με τον αντίστοιχο γειωτή με ταινία ισοδυνάμου διατομής. Τέλος δεν συνιστάται η χρήση του

συρματόσχοινου ως αντικατάσταση της ταινίας γιατί διαβρώνετε εύκολα και δεν το συνιστούν Ευρωπαϊκά και Διεθνή Πρότυπα.

Το ακτινικό σύστημα κατασκευάζεται επίσης και από πλάκες με ελάχιστες διαστάσεις 0,5x0,5X0,002m από καθαρό ηλεκτρολυτικό χαλκό ή χάλυβα επιψευδαργυρωμένο ελαχίστων διαστάσεων 0,5x0,5X0,003m. Τοποθετείται κατακόρυφα εντός του εδάφους με ειδικά στηρίγματα σε βάθος τουλάχιστον 0,50m από την επιφάνεια του εδάφους. [1],[19],[22],[20]



Σχήμα 3.8: Ακτινικός γειωτής και τα εξαρτήματα κατασκευής του^[15]

3.2.5 Γειωτής πλέγματος

Το πλέγμα γείωσης τοποθετείται οριζόντια σε βάθος 0,5m - 1,0m. Το πλέγμα αποτελεί είτε από αγωγούς κυκλικής διατομής με τετραγωνικά ανοίγματα διαστάσεων 0,7m-2m. Το ελάχιστο πάχος κατασκευής του πλέγματος είναι όμοιο με αυτό του γειωτή ταινίας, ανάλογα το υλικό κατασκευής.

Το βασικότερο πλεονέκτημα των γειωτών πλέγματος είναι ότι οι βηματικές τάσεις στο έδαφος και επάνω από το πλέγμα είναι αμελητέες. Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο χρησιμοποιούνται για τη γείωση των επί μέρους χώρων ενός Υποσταθμού. Όσο μεγαλύτερο είναι το τετραγωνικό άνοιγμα του πλέγματος, τόσο μεγαλύτερη είναι και η βηματική τάση που εφαρμόζεται. [1],[19],[22],[20]



Σχήμα 3.9: Πλέγμα γείωσης^[15]

3.2.6 Το δίκτυο ύδρευσης ως γειωτής

Η χρήση των μεταλλικών μερών του δικτύου ύδρευσης επιτρέπεται χωρίς την απαίτηση ειδικής άδειας για εγκατάσταση ονομαστικής τάσης ίση ή μικρότερη με 250V, με απλή συγκατάθεση του Οργανισμού Ύδρευσης. Για τάσεις λειτουργίας μεγαλύτερες των 250V, τότε χρειάζεται ειδική άδεια. Η γραμμή γείωσης συνδέεται κατά προτίμηση πριν από τον μετρητή. Αν η σύνδεση πραγματοποιηθεί μετά το μετρητή τότε ο μετρητής πρέπει να βραχυκυκλωθεί μονίμως με χάλκινο αγωγό διατομής 6mm².^[1]

3.3 Συστήματα Γειώσεων

3.3.1 Σύστημα τύπου Α

Το σύστημα γείωσης τύπου "Α" αποτελείται από ακτινικά ή κατακόρυφα ηλεκτρόδια γείωσης. Στο σύστημα αντικεραυνικής προστασίας κάθε αγωγός καθόδου πρέπει να συνδέεται κατά την απόληξη του στο έδαφος με τουλάχιστον ένα ακτινικό ή κατακόρυφο σύστημα γείωσης. Οι υπόλοιπες εγκαταστάσεις που απαιτούν σύνδεση με σύστημα γείωσης είναι δυνατόν να συνδεθούν σε περισσότερα από ένα συστήματα γείωσης.^[19]

3.3.2 Σύστημα τύπου B

Το σύστημα γείωσης τύπου "B", περιλαμβάνει κυκλικούς βρόγχους, δακτυλίους, όπως την περιμετρική και την θεμελιακή γείωση. Η εγκατάσταση βρόγχων συνίσταται σε σκληρά και βραχώδη εδάφη και αυτό γιατί η ειδική αντίσταση του εδάφους είναι μεγάλη οπότε χρειάζεται σύστημα γείωσης με μεγάλη επιφάνεια επαφής με το έδαφος. Κατασκευάζεται από ταινίες και αγωγούς. ^[19]

3.3.3 Περιμετρική Γείωση

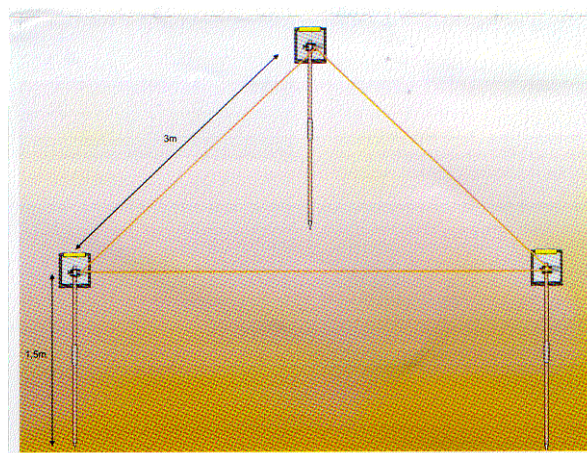
Η περιμετρική γείωση κατασκευάζεται από γειωτή ταινία και σπανιότερα αγωγού κυκλικής διατομής, όταν δεν είναι δυνατή η τοποθέτηση ταινίας, ο οποίος τοποθετείται σε όρυγμα βάθους 0,5m έως 0,7m συνήθως και σε απόσταση 1m από το κτίριο περίπου. Η ταινία τοποθετείται με τη μεγαλύτερη πλευρά κάθετα ώστε να μεγιστοποιείται η επιφάνεια επαφής και να επιτυγχάνεται βέλτιστη απόδοση. Η ταινία στηρίζεται σε αυτή τη θέση με ειδικά στηρίγματα, τα οποία θα παρουσιαστούν σε επόμενο κεφάλαιο. Η τιμή της αντίστασης γείωσης μειώνεται όσο μεγαλώνει η μέση τιμή του δακτυλίου. ^[19]

3.3.4 Τρίγωνο Γείωσης

Το τρίγωνο γείωσης πριν την καθιέρωση βάσει Νόμου της κατασκευής θεμελιακής γείωσης, αποτελούσε το πλέον συνηθισμένο σύστημα γείωσης. Κατασκευάζεται από ραβδοειδής γειωτές οι οποίοι τοποθετούνται στις κορυφές ισόπλευρου τριγώνου (τριγωνική γείωση). Οι ράβδοι συνδέονται μεταξύ τους με αγωγό γείωσης αναλόγου διατομής, σύμφωνα με τις απαιτήσεις της εγκατάστασης, δηλαδή σύμφωνα με το αναμενόμενο ρεύμα βραχυκύκλωσης, συνήθως χάλκινος αγωγός διατομής 50 mm². Η απόσταση μεταξύ των ράβδων πρέπει να είναι τουλάχιστον 1,5 φορά του βάθους έμπηξης. Επίσης, όταν υπάρχει θέμα έλλειψης χώρου ή δυσκολίας στην εγκατάσταση, αντί της πολυγωνικής διάταξης, οι ράβδοι μπορούν να τοποθετηθούν σε ευθεία διάταξη, σε "T" διάταξη. Σε κάθε περίπτωση όμως θα πρέπει η απόσταση μεταξύ των να είναι τουλάχιστον 1,5 φορά του βάθους έμπηξης των ηλεκτροδίων. ^{[1],[19],[22],[20],[24],[26]}



Σχήμα 3.10: Κατασκευή Τριγώνου Γείωσης^[15]



Σχήμα 3.11: Σχηματική αναπαράσταση κατασκευής του τριγώνου γείωσης^[23]

Πίνακας 3.2: Υπολογισμός αντίστασης γείωσης σύμφωνα με το μήκος του ηλεκτροδίου^[23]

	Απόσταση μεταξύ ηλεκτροδίων		
	3m	1m	0,2m
R_g με τον αγωγό σύνδεσης πάνω από το έδαφος	25Ω	28Ω	39Ω
R_g με τον αγωγό σύνδεσης κάτω από το έδαφος σε βάθος τουλάχιστον 30cm	14Ω	21Ω	34Ω

3.3.5 Γειωτής τύπου «Ε»

Ο γειωτής τύπου «Ε» είναι ένα τυποποιημένο προϊόν. Η κατασκευή του γίνεται από πλάκες ηλεκτρολυτικού χαλκού ή χάλυβα θερμά επιψευδαργυρωμένου. Οι πλάκες αυτές διαμορφώνονται από δύο στοιχεία. Το πρώτο στοιχείο παίρνει την μορφή «Π» και το δεύτερο την μορφή «Γ». Τα δύο αυτά στοιχεία στη συνέχεια συναρμολογούνται με τη χρήση κοχλιών και περικοχλίων υψηλής ποιότητας, ώστε να αποφευχθεί η οξείδωση και στη συνέχεια η διάβρωση και παίρνουν την τελική μορφή του «Ε». Ο γειωτής «Ε» τοποθετείται σε όρυγμα διαστάσεων 1,7x0,7m και βάθος τουλάχιστον 0,5m από την επιφάνεια του εδάφους. Η εγκατάσταση του γειωτή «Ε» προϋποθέτει ότι το υλικό έχει υποστεί με επιτυχία όλες τις προβλεπόμενες εργαστηριακές δοκιμές κλάσης «Η» (δηλ. βαρέας κλάσης) με αντοχή σε κρουστική υπέρταση 100 kA 10/350μs.

Οι μετρήσεις και οι δοκιμές απέδειξαν ότι η τιμή της αντίστασης γείωσης που επιτυγχάνεται με ένα γειωτή τύπου «Ε» αντιστοιχεί με εκείνη 5 πλακών ιδίων διαστάσεων σε απόσταση 3m η μία από την άλλη ή 6 ράβδων μήκους 1,5m και απόσταση 4m η μία από την άλλη. ^{[22],[15]}



Σχήμα 3.12: Γειωτής Τύπου «Ε»^[25]

3.4 Θεμελιακή Γείωση

Η γείωση στα κτίρια μέχρι το 2006 κατασκευαζόταν με τη χρήση των γειωτών που περιγράφηκαν αναλυτικά παραπάνω. Οι γειωτές μπήγονται ή θάβονται σε κατάλληλο βάθος στο έδαφος με τέτοιο τρόπο ώστε να σχηματίζουν κάποιο γεωμετρικό ή ακανόνιστο σχηματισμό, όπως για παράδειγμα ακτινικό, τρίγωνο, τύπου «E», όπως περιγράφηκε παραπάνω. Τα υλικά κατασκευής των ηλεκτροδίων γείωσης είναι ο χαλκός, ο ηλεκτρολυτικά επιχαλωμένος χάλυβας, ο θερμά επιψευδαργυρωμένος χάλυβας ή ο ανοξείδωτος χάλυβας. Με σκοπό η αγώγιμη σύνδεση τους με τη Γη να είναι η βέλτιστη δυνατή, επιδιώκεται η τοποθέτηση τους σε μαλακά και υγρά εδάφη ή αν κάτι τέτοιο δεν είναι δυνατό να περιβάλλονται με φυσικά βελτιωτικά υλικά, όπως χώμα χουμώδες ή με βιομηχανικά βελτιωτικά υλικά με πρόσθετες ιδιότητες, που κυκλοφορούν στην αγορά, όπως το TERRAFILL ή το TERASOIL.

Η θεμελιακή γείωση κατασκευάζεται στα θεμέλια του κτιρίου και κατά κύριο λόγο στους περιμετρικούς πεδιλοδοκούς. Γενικά, το καλύτερο είναι ο σχεδιασμός της θεμελιακής γείωσης να προηγείται της κατασκευής, ώστε να προβλέπονται από πριν οι απαιτούμενες αναμονές για την σύνδεση των ισοδυναμικών συνδέσεων και τη σύνδεση όλων των στοιχείων που πρέπει να γειωθούν.

Συνήθως το ηλεκτρόδιο γείωσης που χρησιμοποιείται για την κατασκευή της θεμελιακής είναι ταινία ορθογώνιας διατομής από χαλκό διαστάσεων 30x2mm ή θερμά επιψευδαργυρωμένος χάλυβας διαστάσεων 30x3mm, η οποία αποτελεί μια πιο οικονομική λύση.



Σχήμα 3.13:Κατασκευή Θεμελιακής Γείωσης^[25]

3.4.1 Ιδιότητες και πλεονεκτήματα θεμελιακής γείωσης

Η θεμελιακή γείωση , αποτελεί το ιδανικό σύστημα γείωσης καθώς επειδή συνδέεται με τον οπλισμό του κτιρίου αποκτά σχεδόν πάντα τη μικρότερη δυνατή τιμή αντίστασης γείωσης σε σχέση με την τιμή αντίστασης γείωσης οποιουδήποτε άλλου συστήματος γείωσης.

Τα πλεονεκτήματα της θεμελιακής έναντι των άλλων συστημάτων είναι τα ακόλουθα:

1. Η χαμηλή τιμή αντίστασης γείωσης. Αυτό συμβαίνει γιατί συνδέεται με τον οπλισμό του κτιρίου και κατά συνέπεια προστίθεται στο μήκος της, όλο το μήκος του οπλισμού. Επίσης, εγκαθίσταται σε μεγάλο βάθος, δηλαδή στο βάθος εκσκαφής των θεμελίων, με αποτέλεσμα η συγκέντρωση υγρασίας του να είναι μεγάλη και η τιμή της αντίστασης να είναι η μικρότερη δυνατή.
2. Η σταθερότητα της τιμής αντίστασης της γείωσης. Αυτό οφείλεται επίσης στο βάθος εγκατάστασης της θεμελιακής, καθώς σε μεγάλο βάθος η υγρασία του υπεδάφους παραμένει σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου.

3. Η πλήρης μηχανική προστασία του συστήματος γείωσης από εκσκαφές και εργασίες συνεργείων Ο.Τ.Ε., Δ.Ε.Η., Δ.Ε.Π.Α., κηπουρών κ.α., λόγω του εγκιβωτισμού της εντός του σκυροδέματος.
4. Η αντοχή σε διάβρωση που παρέχει ο εγκιβωτισμός στο σκυρόδεμα, λόγω της αλκαλικής φύσης του.
5. Το γεγονός ότι δεν εμφανίζονται βηματικές τάσεις σε τιμές εκτός των επιτρεπόμενων ορίων στον περιβάλλοντα χώρο εκτός του κτιρίου, λόγω του μεγάλου βάθους εγκατάστασης της θεμελιακής, ενώ ταυτόχρονα στο εσωτερικό του κτιρίου εξαλείφονται πλήρως λόγω της ισοδυναμικής σύνδεσης με τον οπλισμό του κτιρίου.
6. Η πλήρης και καθολική προστασία από τάσεις επαφής, καθώς οι δημιουργούμενες ισοδυναμικές επιφάνειες δεν επιτρέπουν την ανάπτυξη επικίνδυνων τάσεων στα μεταλλικά κελύφη του εξοπλισμού ή γενικότερα στα μεταλλικά στοιχεία του κτιρίου.
7. Η ευκολία στην πρόβλεψη αναμονών για την ισοδυναμική σύνδεση των μεταλλικών στοιχείων του κτιρίου στους χώρους όπου αναμένεται να υπάρχουν, όπως λεβητοστάσιο, μηχανοστάσιο ανελκυστήρα, φρεάτιο ανελκυστήρα κ.λπ.
8. Η ευελιξία που παρουσιάζει καθώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως σύστημα γείωσης αντικεραυνικής προστασίας, λόγω της μικρής τιμής αντίστασης που παρουσιάζει, μειώνοντας έτσι σημαντικά το κόστος κατασκευής του κτιρίου.
9. Το κόστος κατασκευής είναι γενικά χαμηλότερο από το κόστος κατασκευής άλλων συστημάτων γείωσης, καθώς δεν απαιτούνται επιπλέον εκσκαφές και επιχωματώσεις από αυτές που έχουν ήδη πραγματοποιηθεί για την κατασκευή των θεμελίων.

3.4.2 Απαιτήσεις για σχεδιασμό θεμελιακής γείωσης

Ο τρόπος σχεδίασης και οι απαιτήσεις της θεμελιακής γείωσης, η οποία εφαρμόζεται σε θεμελίωση κτιρίου σε άμεση επαφή με το έδαφος ορίζονται από :

1. Το πρότυπο ΕΛΟΤ HD384 «Απαιτήσεις για ηλεκτρικές εγκαταστάσεις» για τη γείωση ηλεκτρικής εγκατάστασης.
2. Το πρότυπο ΕΛΟΤ HD384 «Απαιτήσεις για ηλεκτρικές εγκαταστάσεις» για ισοδυναμικές γειώσεις.

3. Το πρότυπο ΕΛΟΤ HD60364-5-54 «Επιλογή και κατασκευή διατάξεων γείωσης»
4. Το πρότυπο ΕΛΟΤ HD384, τα Ευρωπαϊκά πρότυπα ΕΛΟΤ EN 62305 και τα Διεθνή πρότυπα IEC 62305 για τη γείωση συστημάτων επικοινωνίας.
5. Το πρότυπο ΕΛΟΤ HD384, τα Ευρωπαϊκά πρότυπα ΕΛΟΤ EN 62305 και τα Διεθνή πρότυπα IEC 62305 για τη γείωση συστημάτων αντικεραυνικής προστασίας.

3.4.3 Σχεδιασμός θεμελιακής γείωσης

Ο σχεδιασμός της θεμελιακής γείωσης καθορίζεται από τη θέση των περιμετρικών πεδילוδοκών που ορίζεται από το σχέδιο ξυλοτύπου της θεμελίωσης, το οποίο εκπονείται από τον Πολιτικό Μηχανικό. Οι περιμετρικοί πεδילוδοκοί θα πρέπει να είναι θαμμένοι και να βρίσκονται σε άμεση επαφή με το έδαφος. Η θέση και η γεωμετρία τους αποτελούν τον καθοριστικό παράγοντα για τη σχεδίαση της όδευσης του ηλεκτροδίου γείωσης, των κλειστών βρόγχων και του τρόπου εγκιβωτισμού και στήριξης της στο οπλισμένο σκυρόδεμα.

Στο ξυλοτυπικό σχέδιο πρέπει να απεικονίζονται:

- Οι περιμετρικές πεδילוδοκοί
- Οι εγκάρσιες πεδילוδοκοί
- Τα υποστυλώματα
- Οι αρμοί διαστολής

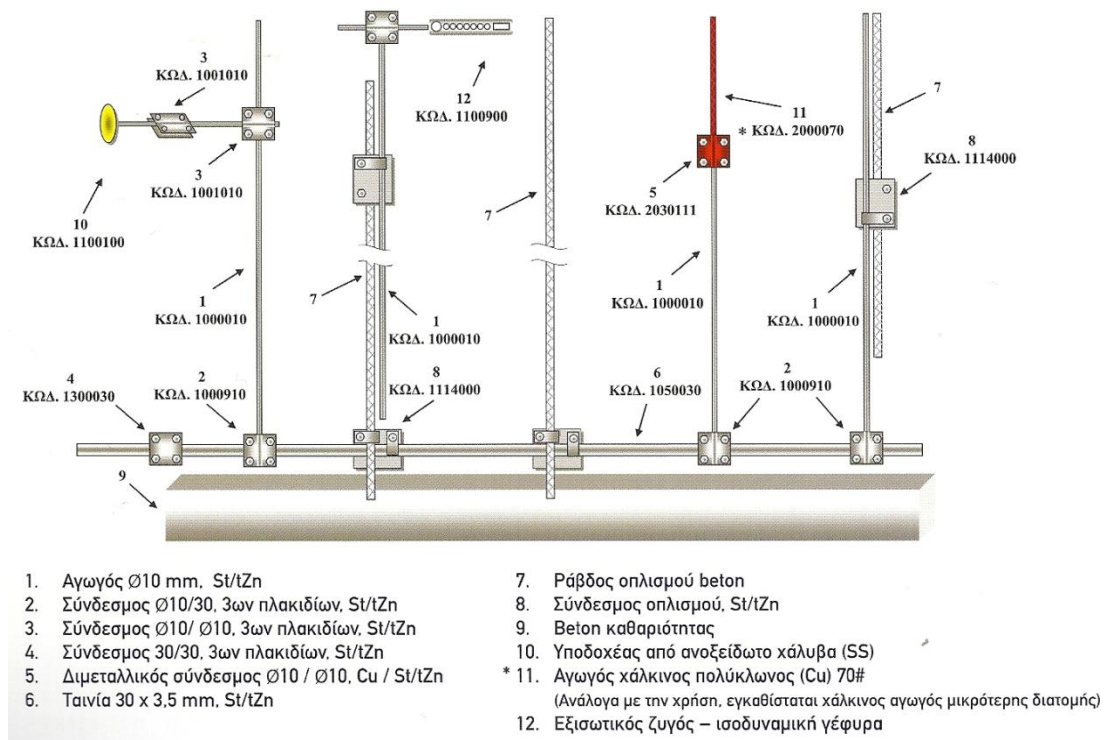
Η όδευση του ηλεκτροδίου γείωσης και συγκεκριμένα της ταινίας γείωσης πρέπει να σχεδιάζεται με τέτοιο τρόπο ώστε η σύνδεση με τα διάφορα στοιχεία της εγκατάστασης, όπως είναι ο κύριος αγωγός προστασίας ή ο ουδέτερος να πραγματοποιείται με το ελάχιστο δυνατό μήκος αγωγού. Για το λόγο αυτό συνήθως εκτός από την περιμετρική όδευση της ταινίας είναι δυνατόν να απαιτείται και όδευση εντός των εγκάρσιων πεδילוδοκών, ώστε ο γειωτής να πλησιάζει στο κοντινότερο δυνατό σημείο με τον ακροδέκτη γείωσης.

Η σύνδεση του κύριου αγωγού προστασίας (PE), του ουδετέρου (N) ή του συνδυασμένου αγωγού ουδετέρου και προστασίας (PEN) με τη θεμελιακή γείωση γίνεται μέσω του κύριου ακροδέκτη ή του κύριου ζυγού γείωσης. Κατά συνέπεια είναι πολύ

σημαντικό κατά τη φάση του σχεδιασμού να προβλεφτούν οι κατάλληλες θέσεις τοποθέτησης του ακροδέκτη ή του ζυγού γείωσης.

Έτσι κατά τη σχεδίαση και τη μελέτη πρέπει να καθορίζονται από τον Μηχανικό οι θέσεις του μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας της Δ.Ε.Η. και του Γενικού Πίνακα Διανομής, ώστε να χαραχθεί στη συνέχεια η βέλτιστη όδευση της θεμελιακής για τη γείωση τους.

ΤΥΠΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ ΘΕΜΕΛΙΑΚΗΣ ΓΕΙΩΣΗΣ



Σχήμα 3.14: Τυπική Διάταξη Θεμελιακής Γείωσης^[21]

Σε κτίρια με μεγαλύτερες απαιτήσεις, όπως νοσοκομεία, κτίρια γραφείων, βιομηχανίες πρέπει να καθορίζονται οι εγκαταστάσεις, οι οποίες απαιτούν σύνδεση με τη θεμελιακή γείωση, όπως:

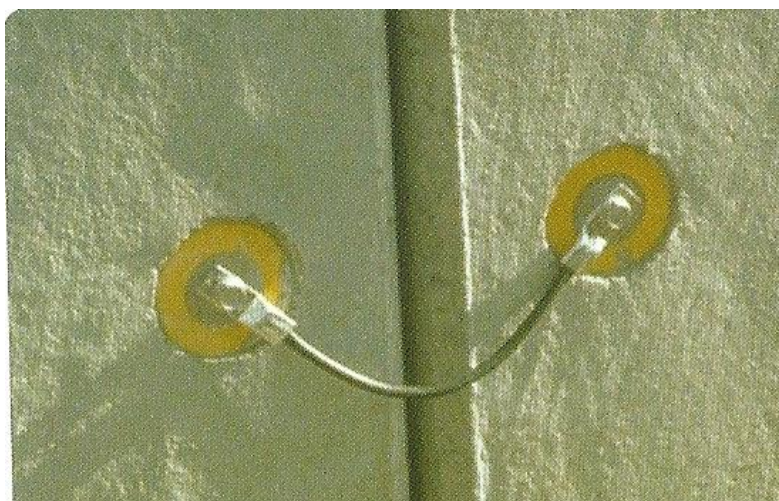
- Ο Υποσταθμός του κτιρίου
- Το μηχανοστάσιο του Ηλεκτροπαραγωγού Ζεύγους
- Το σύστημα αδιάλειπτης λειτουργίας UPS
- Το Control Room του κτιρίου

Σύμφωνα με τα ισχύοντα πρότυπα δεν υπάρχει η απαίτηση για κατασκευή βρόγχων 20m x 20m σε μία θεμελιακή γείωση εγκιβωτισμένη εντός οπλισμένου σκυροδέματος για ηλεκτρική εγκατάσταση έως 1000V.

Έπειτα από μετρήσεις, αλλά και υπολογισμούς αποδείχτηκε ότι η κατασκευή πρόσθετων βρόγχων δεν βελτιώνουν την τιμή της αντίστασης. Η τιμή της αντίστασης είναι εφικτό να βελτιωθεί μόνο με την προσθήκη ηλεκτροδίων εξωτερικά του περιμετρικού ηλεκτροδίου. Έτσι οι επιπλέον βρόγχοι εξυπηρετούν στην κατασκευή ισοδυναμικών συνδέσεων, καθώς η όδευση στις εγκάρσιες πεδילוδοκούς μπορεί να εξασφαλίσει τη σύνδεση των ακροδεκτών ή ζυγών γείωσης με τη θεμελιακή μέσω της συντομότερης διαδρομής.

3.4.4 Αρμοί διαστολής

Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται στους αρμούς διαστολής του κτιρίου, όπου αυτοί υπάρχουν. Εκεί θα πρέπει να διακόπτεται το ηλεκτρόδιο γείωσης και η ισοδυναμική σύνδεση να πραγματοποιείται εκτός του σκυροδέματος και εντός του κτιρίου σε σημείο προσβάσιμο και ορατό. Η σύνδεση δεν πραγματοποιείται με ταινία, αλλά με εύκαμπτο αγωγό ισοδύναμης διατομής με την ταινία, που χρησιμοποιείται στο υπόλοιπο μήκος του βρόγχου, ο οποίος συνδέεται με ακροδέκτες γείωσης εκατέρωθεν του αρμού διαστολής, όπως φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί.



Σχήμα 3.15: Αρμός διαστολής^[21]

3.4.5 Αγωγός Γείωσης

Η σύνδεση του κύριου ακροδέκτη ή ζυγού γείωσης με το ηλεκτρόδιο γείωσης, δηλαδή την ταινία, γίνεται με τον αγωγό γείωσης. Ο αγωγός γείωσης μπορεί να είναι θαμμένος στο έδαφος, εγκιβωτισμένος σε σκυρόδεμα ή ακόμα στηριγμένος σε ορατό σημείο στον τοίχο.

Η διατομή του αγωγού εξαρτάται από:

- Το αναμενόμενο ρεύμα σφάλματος ως προς τη γη.
- Το υλικό κατασκευής του.
- Το σύστημα γείωσης του δικτύου TT ή TN.
- Την προστασία από διάβρωση .
- Την προστασία από μηχανικές καταπονήσεις.

Τα απαραίτητα χαρακτηριστικά ενός αγωγού γείωσης είναι:

- Η ικανότητα να άγει το αναμενόμενο ρεύμα βραχυκυκλώματος.
- Η αντοχή στη διάβρωση.
- Αντοχή σε ηλεκτροδυναμικές και μηχανικές καταπονήσεις.

Έτσι ο αγωγός γείωσης σύμφωνα με το πρότυπο πρέπει να έχει ανάλογη διατομή με τον αγωγό προστασίας (PE). Το υλικό κατασκευής του αγωγού γείωσης μπορεί να είναι χαλκός και θερμά επιψευδαργυρωμένος χάλυβας στις περισσότερες περιπτώσεις, ενώ αγωγός αλουμινίου μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο αν είναι ορατός και εξασφαλίζεται η προστασία από τη διάβρωση.

Πίνακας 3.3: Ελάχιστη διατομή αγωγού γείωσης και αγωγού προστασίας^[1]

Διατομή αγωγού Φάσης[mm ²]- S	Ελάχιστη διατομή αγωγού γείωσης και αγωγού προστασίας (βάσει της διατομής των φάσεων)	
	Με προστασία από διάβρωση (PVC ή εγκιβωτισμένος στο σκυρόδεμα)- Cu ⁽¹⁾	Χωρίς προστασία από διάβρωση (θαμμένος στο έδαφος) - Cu ⁽¹⁾
S≤16	S ^{(3),(4)}	25
16<S≤35	16	25
S=50	25	25
S=70	35	35
S=95	50	50

1.Χάλκινος αγωγός
 2.Εάν η θεμελιακή γείωση εξυπηρετεί περισσότερες παροχές η διατομή του αγωγού γείωσης επιλέγεται βάσει της μεγαλύτερης διατομής αγωγού φάσης παροχής.
 3.Για συστήματα TT η ελάχιστη διατομή είναι 25mm².
 4. Ελάχιστη διατομή σύμφωνα με τη Δ.Ε.Η. είναι 16mm² ανεξάρτητα από το σύστημα γείωσης.

Επίσης, ο αγωγός γείωσης είναι δυνατόν να κατασκευαστεί από ανοξείδωτο χάλυβα. Η διατομή του αγωγού στην περίπτωση αυτή υπολογίζεται σύμφωνα με τη διατομή του χαλκού και παρουσιάζεται στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 3.4: Πίνακας υπολογισμού ισοδύναμης διατομής για αγωγό από ανοξείδωτο χάλυβα^[1]

Διατομή χάλκινου αγωγού[mm ²]	Ισοδύναμη διατομή αγωγού ανοξείδωτου χάλυβα [mm ²]
16	100
25	150
35	220
50	310

3.4.6 Κύριος ακροδέκτης και ζυγός γείωσης

Σύμφωνα με τα πρότυπα σε κάθε ηλεκτρική εγκατάσταση είναι απαραίτητο να υπάρχει ένας κύριος ακροδέκτης ή κύριος ζυγός πάνω στον οποίο συνδέονται ο αγωγός γείωσης προστασίας (PE), ο αγωγός γείωσης, ο αγωγός γείωσης λειτουργίας (N), οι αγωγοί των κύριων ισοδυναμικών συνδέσεων (ΚΙΣ), εάν το ηλεκτρόδιο σύνδεσης έχει σχετικά μικρό μήκος.

Για το λόγο αυτό πλησίον στο σημείο εγκατάστασης του Γενικού Πίνακα διανομής της Χαμηλής Τάσης, προβλέπεται κατά την μελέτη και την εγκατάσταση η τοποθέτηση του κύριου ζυγού ή του κύριου ακροδέκτη γείωσης.

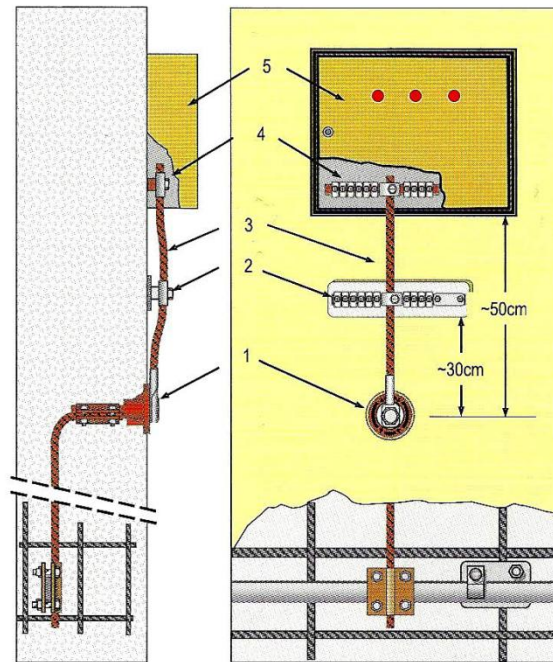
Η σύνδεση του ακροδέκτη ή του ζυγού με τον αγωγό γείωσης πραγματοποιείται με ειδικό σφικτήρα. Προκειμένου να εξασφαλιστεί η ποιότητα της σύνδεσης και η αγωγή συνεχής σε περίπτωση που ο ακροδέκτης ή ο ζυγός και ο αγωγός είναι χάλκινος ή από κράμα χαλκού τότε πρέπει να είναι χάλκινος και ο σφικτήρας.

Σε περίπτωση που δεν είναι δυνατόν να συνδεθούν όλα τα μεταλλικά στοιχεία του κτιρίου στον ίδιο ζυγό γείωσης λόγω της μεγάλης απόστασης, τότε προβλέπονται ακροδέκτες και ζυγοί σε κατάλληλα σημεία ανάλογα με τη λειτουργία του χώρου.

Οι βασικές ιδιότητες του κύριου ακροδέκτη και του κύριου ζυγού γείωσης είναι η αντοχή στο αναμενόμενο ρεύμα βραχυκυκλώματος, η αντοχή στη διάβρωση και η αντοχή στις μηχανικές και ηλεκτροδυναμικές καταπονήσεις.

Πίνακας 3.5: Ελάχιστη διατομή αγωγού γείωσης για σύνδεση με ακροδέκτη ή αγωγό γείωσης^[1]

Αγωγός γείωσης	Ελάχιστη διατομή [mm ²]	
	Cu	St/Zn
Χωρίς προστασία από διάβρωση (γυμνός)	25	50
Σημ. Αν απαιτείται η όδευση του αγωγού εκτός σκυροδέματος και εντός του εδάφους, ο αγωγός πρέπει να είναι αποκλειστικά χάλκινος. Συνίσταται για λόγους προστασίας να είναι είτε μονόκλωνος 8mm ² είτε 50mm ² πολύκλωνος.		



A/A	Περιγραφή
1	Ακροδέκτης γείωσης
2	Ζυγός γείωσης
3	Αγωγός προστασίας [PE]
4	Ζυγός [PE] γενικού πίνακα διανομής
5	Γενικός Πίνακας Χαμηλής Τάσης

Σχήμα 3.16: Τομή και πρόσοψη διάταξης γείωσης με ζυγό και ακροδέκτη^[15]

3.4.7 Τιμή αντίστασης θεμελιακής γείωσης

Η τιμή της αντίστασης γείωσης στα κτίρια, όπου το δίκτυο τροφοδοσίας τους είναι τύπου TN, αν η ηλεκτρική εγκατάσταση έχει πραγματοποιηθεί σύμφωνα με τα Πρότυπα και τους κανονισμούς, δεν είναι καθοριστική για την ομαλή λειτουργία των διατάξεων προστασίας σε περίπτωση σφάλματος. Αυτό συμβαίνει, διότι σε περίπτωση σφάλματος το ρεύμα βραχυκυκλώματος ρέει μέσω του αγωγού προστασίας και του ουδέτερου προς το σημείο γείωσης της πηγής. Σε αυτές τις περιπτώσεις η κατασκευή της θεμελιακής γείωσης στους καταναλωτές του δικτύου έχει ως αποτέλεσμα τη συνολική βελτίωση της τιμής αντίστασης του δικτύου και κατά συνέπεια την ομαλότερη λειτουργία συνολικά του δικτύου.

Αντίθετα σε συστήματα με δίκτυο TT, η τιμή της αντίστασης επηρεάζει καθοριστικά την ομαλή λειτουργία των διατάξεων προστασίας που προβλέπονται από το Πρότυπο ΕΛΟΤ HD384.^{[7],[12],[15],[24]}

3.5 Σχεδιασμός ισοδυναμικών συνδέσεων

Η πραγματοποίηση των Κύριων και των συμπληρωματικών ισοδυναμικών γειώσεων είναι εξαιρετικά εύκολη με την κατασκευή της θεμελιακής γείωσης, αρκεί να προβλεφτούν σε κατάλληλες θέσεις στους χώρους όπου θα κατασκευαστούν ισοδυναμικές γειώσεις ακροδέκτες ή ζυγοί γείωσης.

3.5.1 Κύρια Ισοδυναμική Σύνδεση

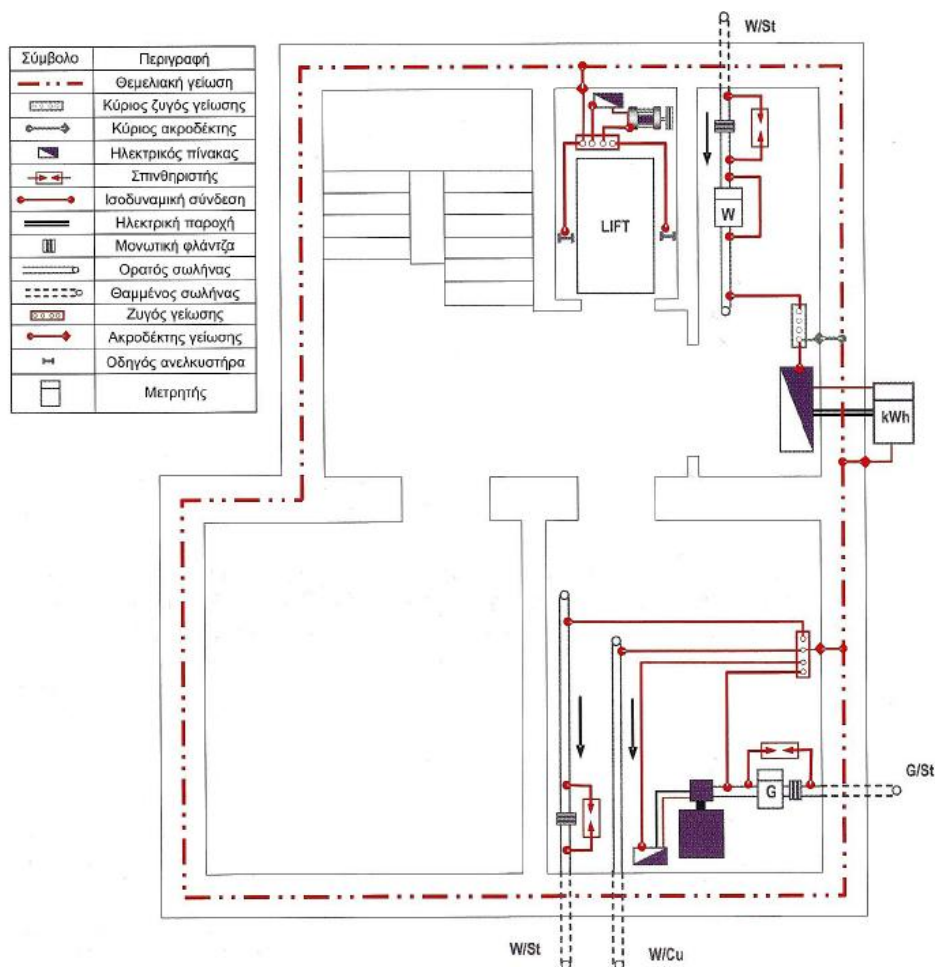
Κύρια Ισοδυναμική σύνδεση είναι η αγωγή ή μέσω σπινθηριστή σύνδεση σε ακροδέκτη ή ζυγό γείωσης των ακόλουθων στοιχείων:

- Του κύριου αγωγού προστασίας (PE), μέσω αγωγικής σύνδεσης
- Των μεταλλικών σωληνώσεων των διαφόρων εγκαταστάσεων του κτιρίου, όπως :
 - ✓ Χαλύβδινοι σωλήνες δικτύου ύδρευσης, μέσω σπινθηριστή
 - ✓ Χαλύβδινοι σωλήνες δικτύου πυρόσβεσης, μέσω σπινθηριστή
 - ✓ Χαλύβδινοι σωλήνες δικτύου φυσικού αερίου, μέσω σπινθηριστή
 - ✓ Μεταλλικοί σωλήνες δικτύου θέρμανσης με αγωγή σύνδεση
 - ✓ Μεταλλικοί αεραγωγοί κλιματισμού με αγωγή σύνδεση
- Οι μεταλλικοί οδηγοί του ανελκυστήρα με αγωγή σύνδεση
- Οι μεταλλικοί μανδύες καλωδίων ηλεκτρικής παροχής με αγωγή σύνδεση
- Οι μεταλλικοί μανδύες καλωδίων τηλεφωνικής σύνδεσης, μέσω σπινθηριστών

Η αγωγή σύνδεση των δικτύων με τη θεμελιακή γείωση πρέπει να πραγματοποιείται αμέσως μόλις εισέρχονται στο κτίριο και με τη δυνατόν μικρότερη διαδρομή ισοδυναμικού αγωγού μέχρι τον ακροδέκτη ή τον ζυγό γείωσης. Όπου προβλέπεται από τους κανονισμούς η σύνδεση πρέπει να γίνεται με σπινθηριστές ώστε να αποφεύγεται η διάβρωση των χαλύβδινων σωλήνων.

Αν τα σημεία προς σύνδεση στη θεμελιακή γείωση είναι έως δύο και έχουν μικρή απόσταση σε ένα κτίριο είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί ένας ακροδέκτης γείωσης. Αν το πλήθος των προς σύνδεση σημείων είναι μεγαλύτερο από δύο και η σύνδεση με τη θεμελιακή

γίνει στο ίδιο ή κοντινό σημείο, τότε στο σημείο αυτό προβλέπεται η εγκατάσταση ζυγού γείωσης, ο οποίος διαθέτει περισσότερες υποδοχές για σύνδεση.



Σχήμα 3.17: Κύριες ισοδυναμικές συνδέσεις εισερχομένων δικτύων με αντίστοιχη πρόβλεψη ακροδεκτών γείωσης στις θέσεις εισόδου τους^[15]

3.5.2 ΚΙΣ σε κτίρια με σημειακή γείωση

Στα κτίρια με σημειακή γείωση ο κύριος ακροδέκτης επεκτείνεται με ορατό αγωγό γείωσης εσωτερικά του κτιρίου. Η βέλτιστη τεχνοοικονομική λύση για τη σύνδεση του κτιρίου με τους κοινωφελείς οργανισμούς είναι η πραγματοποίηση των συνδέσεων αυτών σε κοντινά σημεία. Με τον τρόπο αυτό μειώνεται σημαντικά και το κόστος της εγκατάστασης του συστήματος γείωσης, ενώ παράλληλα το αποτέλεσμα είναι το πλέον ποιοτικό και έλεγχος της εγκατάστασης ο βέλτιστος.

3.5.3 ΚΙΣ σε κτίρια με θεμελιακή γείωση

Στα κτίρια με θεμελιακή γείωση συνήθως στη φάση της μελέτης προβλέπεται κατάλληλη όδευση του ηλεκτροδίου γείωσης έτσι ώστε η σύνδεση των ακροδεκτών και ζυγών γείωσης στις θέσεις που απαιτείται κύρια ισοδυναμική σύνδεση να πραγματοποιείται με το μικρότερο δυνατό μήκος. Αν ο ακροδέκτης ή ο ζυγός δεν βρίσκεται πλησίον της περιμετρικής όδευσης του ηλεκτροδίου γείωσης, τότε η όδευση του ηλεκτροδίου συνεχίζεται εντός εγκάρσιων πεδιλοδοκών.

Οι ισοδυναμικές συνδέσεις που πραγματοποιούνται με εξωτερικά δίκτυα είναι η σύνδεση με το δίκτυο ύδρευσης, το δίκτυο πυρόσβεσης, το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας και το δίκτυο τηλεφωνίας. Επίσης, ισοδυναμικές συνδέσεις πραγματοποιούνται στους χώρους του λεβητοστασίου, του μηχανοστασίου κλιματισμού, του μηχανοστασίου του ανελκυστήρα.

Τέλος, σε μεγάλα κτίρια επαγγελματικής χρήσης ισοδυναμικές συνδέσεις πραγματοποιούνται στους χώρους του υποσταθμού, του μηχανοστασίου του ΗΖ, του UPS, του τηλεφωνικού κέντρου, του μεγαφωνικού κέντρου, των ανυψωτικών μηχανημάτων, του κέντρου Συστημάτων Επεξεργασίας Πληροφοριών, του αντλιοστασίου πυρόσβεσης, του Χειρουργείου, των ειδικών ιατρικών χώρων κ.α. Για το λόγο αυτό είναι απαραίτητα στους χώρους αυτούς να προβλέπονται ακροδέκτες ή ζυγοί γείωσης για τη σύνδεση με τη θεμελιακή.

3.5.4 Συμπληρωματική Ισοδυναμική Σύνδεση

Η συμπληρωματική ισοδυναμική σύνδεση εφαρμόζεται τοπικά σε ειδικούς χώρους είτε όταν δεν είναι δυνατή η εφαρμογή μέτρων αυτόματης προστασίας για τάσης επαφής 50VAC ή 120VDC είτε όταν πρέπει λόγω ειδικών απαιτήσεων να εφαρμοστούν αυστηρότερα μέτρα για τάσεις επαφής ακόμα χαμηλότερα.

Σύμφωνα με το πρότυπο του ΕΛΟΤ HD384 είναι αποδεκτή η χρήση του οπλισμού του κτιρίου για τη σύνδεση της Σ.Ι.Σ με τη θεμελιακή. Παρόλα αυτά συνίσταται να προβλέπεται η εγκατάσταση ενός αγωγού γείωσης που να συνδέει τη θεμελιακή γείωση με τους ζυγούς και τους ακροδέκτες των συμπληρωματικών συνδέσεων.

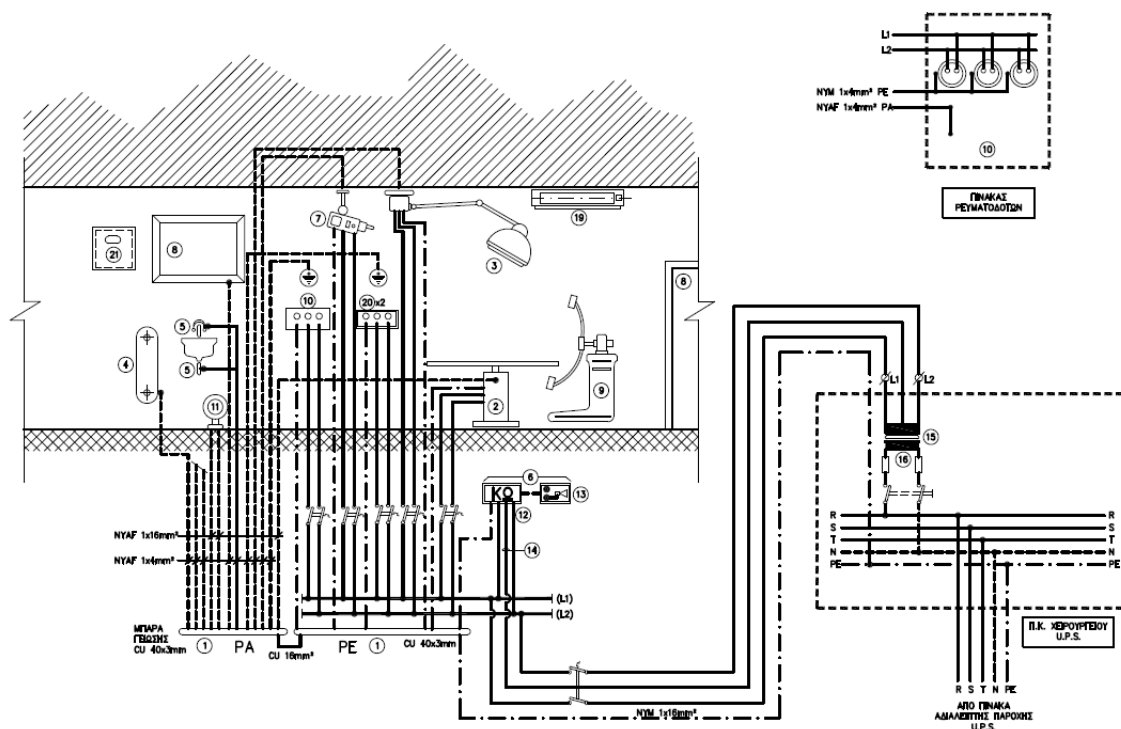
Οι πλέον συνηθισμένοι χώροι που απαιτείται Σ.Ι.Σ. είναι τα λουτρά, οι κολυμβητικές δεξαμενές, τα χειρουργεία, οι γεωργικές και κτηνοτροφικές μονάδες, οι ειδικοί ιατρικοί

χώροι. Στο ζυγό της ισοδυναμικής σύνδεσης συνδέονται τα εκτεθειμένα μέρη των ηλεκτρικών συσκευών, τα ξένα αγωγή στοιχεία, ο αγωγός προστασίας του τοπικού πίνακα, οι αγωγοί προστασίας των ρευματοδοτών, ο οπλισμός του χώρου που εφαρμόζεται η ισοδυναμική σύνδεση.

Στα συνήθη κτίρια κατασκευή Σ.Ι.Σ. απαιτείται στο χώρο των λουτρών. Η κατακόρυφη όδευση του αγωγού γείωση πραγματοποιείται συνήθως εντός κατακόρυφου υποστρώματος το οποίο διέρχεται εντός του χώρου του λουτρού, αφήνοντας αναμονή για τη σύνδεση του ζυγού γείωσης στον τοίχο κάθε λουτρού.

Στα λουτρά τα αγωγή μέρη, τα οποία συνδέονται στον τοπικό ζυγό γείωσης είναι:^{[15],[12],[27]}

- Οι αγωγοί γείωσης σταθερών ηλεκτρικών συσκευών εγκατεστημένων στο χώρο (θερμοσίφωνες).
- Ο κύριος αγωγός προστασίας του τοπικού πίνακα.
- Οι αγωγοί γείωσης των ρευματοδοτών του χώρου.
- Ο οπλισμός του σκυροδέματος στο χώρο.
- Οι σωλήνες ύδρευσης αν είναι μεταλλικοί.
- Οι σωλήνες θέρμανσης αν είναι μεταλλικοί.
- Οι σωλήνες φυσικού αερίου, αν υπάρχουν εντός του χώρου.
- Ο λουτήρας αν είναι μεταλλικός.
- Η λεκάνη του καταιονητήρα αν είναι μεταλλική .



ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΗ ΤΟΜΗ ΔΙΑΤΑΞΗΣ ΕΙΔΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΓΕΙΩΣΕΩΣ ΧΕΙΡΟΥΡΓΕΙΟΥ

Σχήμα 3.18: Διάταξη Συμπληρωματικής Ισοδυναμική Σύνδεσης ειδικού χώρου χειρουργείου^[27]

3.6 Υλικά και εξαρτήματα της θεμελιακής γείωσης

Τα υλικά και τα εξαρτήματα από τα οποία κατασκευάζεται μία διάταξη θεμελιακής γείωσης πρέπει απαραίτητως να έχουν την ικανότητα να άγουν το αναμενόμενο ηλεκτρικό ρεύμα σφάλματος, το οποίο υπολογίζεται με τον τρόπο που περιγράφηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο. Η ικανότητα τους ελέγχεται με την διεξαγωγή των εργαστηριακών ηλεκτρικών δοκιμών. Οι ηλεκτρικές δοκιμές αυτές εξασφαλίζουν ικανή αντοχή σε διάβρωση, σε ηλεκτροδυναμικές και μηχανικές καταπονήσεις και διενεργούνται σύμφωνα με τα πρότυπα και τους κανονισμούς.

Τα υλικά και τα εξαρτήματα που θα χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή του συστήματος αντικεραυνικής προστασίας θα πρέπει εκτός από το ρεύμα σφάλματος να αντέχουν και την κρουστική υπερένταση λόγω κεραυνικού πλήγματος. Συνεπώς, πρέπει να αντέχουν τις ηλεκτροδυναμικές και μηχανικές καταπονήσεις από τις κρουστικές υπερεντάσεις χωρίς να αλλοιώνονται.

3.6.1 Υλικά και στήριξη ηλεκτροδίου Θεμελιακής Γείωσης

Το ηλεκτρόδιο της θεμελιακής γείωσης αποτελείται κατά κύριο λόγο από γυμνούς αγωγούς, οι οποίοι θα πρέπει να άγουν το αναμενόμενο ρεύμα βραχυκυκλώματος, να αντέχουν στη διάβρωση και να έχουν τις απαιτούμενες μηχανικές ιδιότητες. Επίσης, το ηλεκτρόδιο πρέπει να εγκιβωτιστεί εντός του σκυροδέματος της θεμελίωσης ή να βρίσκεται σε άμεση επαφή με το έδαφος.

Ο γειωτής πρέπει να έχει το δυνατόν λιγότερες ενώσεις και για αυτό πρέπει να αποτελείται από όσο το δυνατόν μεγαλύτερα μήκη της τάξης των 40m – 50m. Αν απαιτείται επιμήκυνση του ηλεκτροδίου πρέπει να χρησιμοποιούνται κατάλληλοι σφικτήρες ίδιου υλικού με το ηλεκτρόδιο γείωσης, ώστε να μην υπάρξει διάβρωση και να μην αλλοιώνονται οι ιδιότητες του. Το ηλεκτρόδιο γείωσης συνήθως είναι ταινία από θερμά επιψευδαργυρωμένο χάλυβα ή χαλκό ελαχίστων διαστάσεων 30x3mm. Το υλικό αυτό καλύπτει όλες τις απαιτούμενες ηλεκτρικές και μηχανικές ιδιότητες του ηλεκτροδίου γείωσης, σύμφωνα με το πρότυπο του ΕΛΟΤ HD384.

Πίνακας 3.6: Συνιστώμενη χρήση υλικού ηλεκτροδίου γείωσης ως προς την αντοχή του σε διάβρωση σύμφωνα με τα Ευρωπαϊκά Πρότυπα ΕΛΟΤ EN 50164-3:2006 και Διεθνή IEC 62305-3:2006^[15]

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

			θείου		
<p>1. Οι πολύκλωνοι αγωγοί είναι ευπαθέστεροι σε διάβρωση από τους συμπαγείς αγωγούς.</p> <p>2. Επικάλυψη μόνο ηλεκτρολυτικά και με ελάχιστο πάχος 250μm.</p> <p>3. Ο επιψευδαργυρωμένος χάλυβας διαβρώνεται σε υγρά εδάφη.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ο επιψευδαργυρωμένος χάλυβας στη θεμελιακή γείωση δεν επιτρέπεται να εκτίνεται εκτός του σκυροδέματος και εντός του εδάφους, διότι στο τμήμα αυτό παρατηρούνται φαινόμενα έντονης διάβρωσης. • Χαλκός και επιψευδαργυρωμένος χάλυβας σε επαφή εντός του σκυροδέματος έχουν άριστη αντοχή στη διάβρωση. • Χαλκός και χάλυβας οπλισμού θεμελίωσης σε επαφή εντός σκυροδέματος έχουν άριστη αντοχή στη διάβρωση. 					

Για τη σύνδεση και τη στήριξη του ηλεκτροδίου στον οπλισμό χρησιμοποιούνται χαλύβδινοι θερμά επιψευδαργυρωμένοι σφικτήρες. Οι σφικτήρες αυτοί παρέχουν την αναγκαία στήριξη του ηλεκτροδίου στον εξοπλισμό, τέτοια ώστε με τη χρήση του ειδικού δονητή κατά τη σκυροδέτηση να μην είναι δυνατή η μετακίνηση του από την αρχική θέση εγκατάστασης του. Παράλληλα, η στήριξη και η σύνδεση πρέπει να γίνει με τέτοιο τρόπο ώστε να μην είναι δυνατή η δημιουργία σπινθήρων μεταξύ ηλεκτροδίου και οπλισμού.

Ο χάλυβας είτε είναι θερμά επιψευδαργυρωμένος είτε όχι, εντός του σκυροδέματος αποκτά το ίδιο ηλεκτροχημικό δυναμικό με το χαλκό. Για το λόγο αυτό είναι εξαιρετικά σημαντικό το ηλεκτρόδιο κατά την τοποθέτηση του εντός της θεμελίωσης να περιβάλλεται με συμπαγές σκυρόδεμα πάχους τουλάχιστον 50mm. Αυτό, γιατί σε διαφορετική περίπτωση τα τμήματα του ηλεκτροδίου που βρίσκονται σε άμεση επαφή με το φυσικό έδαφος θα διαβρωθούν σε ελάχιστο χρόνο και θα διακοπεί ηλεκτρική συνέχεια του υλικού.

Επίσης, είναι απαραίτητη η τοποθέτηση του ηλεκτροδίου σε ύψος 50mm από τον πυθμένα του σκάμματος διατηρώντας τη μεγαλύτερη επιφάνεια του κατακόρυφη, τόσο στο φυσικό έδαφος, όσο και στο σκυρόδεμα, καθώς έτσι εξασφαλίζεται η στενή επαφή του γειωτή με το υλικό που το περιβάλλει. Οι σφικτήρες επιτυγχάνουν την ασφαλή στήριξη του γειωτή σε ράβδους του οπλισμού με διάμετρο Φ10mm έως Φ24mm που βρίσκονται σε οριζόντια ή κατακόρυφη θέση. Ο κάθε σφικτήρας μπορεί να στηρίξει και να συνδέσει ταινία ή αγωγό κυκλικής διατομής σε οπλισμό, αλλά να χρησιμοποιηθεί και για την επιμήκυνση του ηλεκτροδίου γείωσης. Οι σφικτήρες έχει αποδειχθεί έπειτα από εργαστηριακές δοκιμές ότι πρέπει να τοποθετούνται ανά 2m περίπου, ώστε να διατηρείται πλήρως και ασφαλώς η λειτουργία της θεμελιακής γείωσης.



Σχήμα 3.19: Ηλεκτρόδιο θεμελιακής γείωσης με χάλκινη ταινία^[15]

3.6.2 Υλικά και στήριξη του αγωγού γείωσης

Ο αγωγός γείωσης αποτελείται ως επί το πλείστον από γυμνό αγωγό, ο οποίος συνδέει το ηλεκτρόδιο γείωσης με τον ακροδέκτη ή τον ζυγό γείωσης. Ο αγωγός αυτός πρέπει να έχει την ικανότητα αγωγής του ρεύματος σφάλματος της εγκατάστασης, να αντέχει τις μηχανικές καταπονήσεις και να μην υπόκειται σε διάβρωση.

Ο αγωγός γείωσης, όπως και το ηλεκτρόδιο γείωσης πρέπει να αποτελείται από ενιαίο γυμνό αγωγό και να αποφεύγονται οι ενώσεις, ώστε να εξασφαλίζεται η ηλεκτρική συνέχεια του υλικού. Αν κάτι τέτοιο δεν είναι εφικτό, τότε πρέπει οι ενώσεις να είναι το δυνατόν λιγότερες και οι σύνδεσμοι που χρησιμοποιούνται να είναι από το ίδιο υλικό, να έχουν την ικανότητα να άγουν το αναμενόμενο ρεύμα βραχυκυκλώματος και να μην αλλοιώνουν τις λειτουργικές ιδιότητες του υλικού του αγωγού γείωσης.

Αντίστοιχα με το ηλεκτρόδιο γείωσης, έτσι και ο αγωγός γείωσης αν εγκιβωτίζεται εντός του σκυροδέματος και στηρίζεται στον οπλισμό ανά 2m με τους ειδικούς σφικτήρες,

επιτυγχάνεται η βέλτιστη ισοδυναμική σύνδεση γείωσης και οπλισμού του κτιρίου. Επίσης, ο αγωγός προστατεύεται από τη διάβρωση και τις μηχανικές καταπονήσεις. Η διαδρομή του αγωγού γείωσης από το ηλεκτρόδιο ως τον ακροδέκτη ή το ζυγό πρέπει να έχει το μικρότερο δυνατό μήκος.

Η επιλογή του υλικού του αγωγού γείωσης γίνεται με κριτήριο την αποφυγή του γαλβανικού φαινομένου μεταξύ του αγωγού και των υπόλοιπων στοιχείων της διάταξης της θεμελιακής γείωσης με τα οποία θα συνδεθεί, όπως οι σφικτήρες, οι ακροδέκτες, οι ζυγοί και το ηλεκτρόδιο γείωσης. Αν πρέπει ο αγωγός να εξέλθει του σκυροδέματος και να θαφτεί εντός του εδάφους μέχρι να φτάσει στον ακροδέκτη γείωσης, τότε επιλέγεται αποκλειστικά χάλκινος αγωγός, ανεξάρτητα από το υλικό του ηλεκτροδίου γείωσης.

Η σύνδεση του αγωγού γείωσης με το ηλεκτρόδιο γείωσης και τον ακροδέκτη συνήθως γίνεται με σφικτήρα ιδίου υλικού με εκείνου του αγωγού, ώστε να επιτυγχάνεται η βέλτιστη ποιότητα σύνδεσης. Η μηχανική σύνδεση των επιμέρους μερών πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να μην προξενούνται φθορές ή βλάβες στα υπό σύνδεση σημεία και η διέλευση του ρεύματος σφάλματος να μην προκαλεί σπινθήρες ή υπερθέρμανση στην επαφή σύνδεσης.

3.6.3 Υλικά και στήριξη του ακροδέκτη ή του ζυγού γείωσης

Ο κύριος ακροδέκτης γείωσης είναι το μέσο σύνδεσης του αγωγού γείωσης με τον κύριο αγωγό προστασίας και τους αγωγούς των ισοδυναμικών συνδέσεων. Ο κύριος ακροδέκτης πρέπει να έχει την ικανότητα να άγει το ηλεκτρικό ρεύμα σφάλματος της εγκατάστασης, καθώς επίσης και να φέρει τις κατάλληλες υποδοχές για τη σύνδεση των αγωγών χωρίς την ύπαρξη μηχανικών καταπονήσεων. Η σύνδεση και αποσύνδεση των αγωγών πρέπει να γίνεται μόνο με εργαλείο, έτσι ώστε να αποφεύγεται η τυχαία αποσύνδεση τους.

Η πλέον κατάλληλη λύση για την κατασκευή του ακροδέκτη γείωσης, ώστε να μην καταστραφεί κατά την πραγματοποίηση των διαφόρων οικοδομικών εργασιών, είναι να τοποθετείται ένας ακροδέκτης γείωσης σε κάθε προβλεπόμενη θέση, ο οποίος λόγω της στιβαρής κατασκευής του και μορφής του δεν προεξέχει από το σκυρόδεμα, οπότε δεν είναι εύκολη η καταστροφή του. Στη συνέχεια, μετά την ολοκλήρωση των οικοδομικών εργασιών, μπορεί να πραγματοποιηθεί η άμεση σύνδεση των αγωγών .

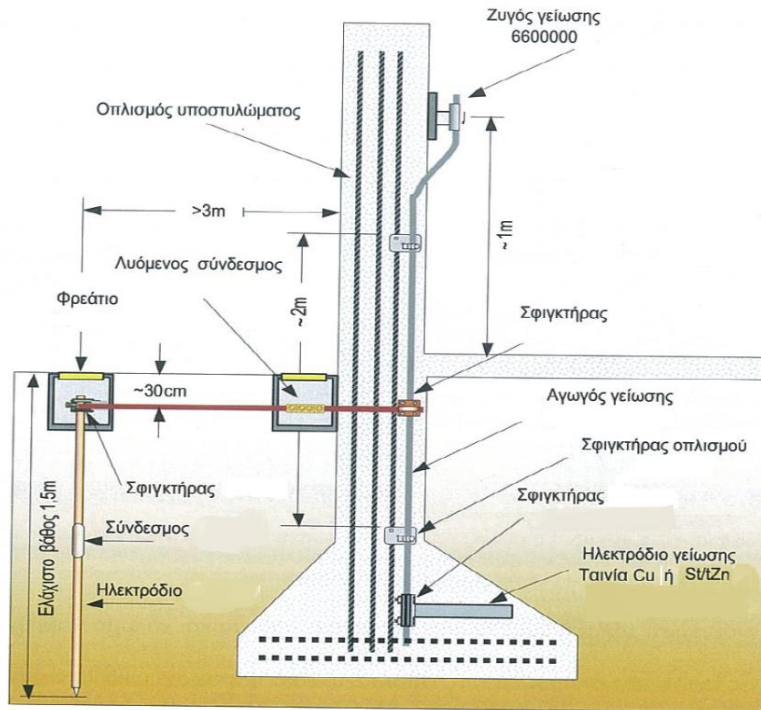
Η θέση του ακροδέκτη πρέπει να επιλέγεται ώστε να είναι επισκέψιμος και ελέγξιμος. Συνήθως τοποθετείται σε απόσταση 1m από το έδαφος εγκιβωτισμένος εντός του σκυροδέματος υποστυλώματος ή τοιχίου. Αν η χρήση που προορίζεται είναι ως κύριος ακροδέκτης γείωσης, τότε συνήθως εγκαθίσταται περίπου 50cm κάτω από τη βάση του γενικού ηλεκτρικού πίνακα της εγκατάστασης. Αν πρόκειται να χρησιμοποιηθεί απλά για ισοδυναμικές συνδέσεις, τότε τοποθετείται εκεί που ελαχιστοποιούνται τα μήκη των αγωγών.

3.6.4 Βελτίωση του συστήματος γείωσης

Σε περίπτωση που πρέπει να βελτιωθεί η τιμή της αντίστασης γείωσης, τοποθετείται διάταξη γείωσης εκτός της θεμελίωσης. Η σύνδεση του επιπλέον συστήματος γείωσης με τη θεμελιακή πραγματοποιείται μόνο μέσω αναμονών από χάλκινους αγωγούς ή χάλκινες ταινίες γείωσης, ώστε να προστατεύεται η σύνδεση από διάβρωση, στη στάθμη του φυσικού εδάφους ή στη στάθμη θεμελίωσης, ανάλογα με το στάδιο κατασκευής.

Η προέκταση της θεμελιακής γείωσης μπορεί να γίνει με την κατασκευή διαφόρων συστημάτων. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν ακτινικά ηλεκτρόδια, ηλεκτρόδια τύπου ράβδου ή γειωτές τύπου «Ε». Επίσης, σε περίπτωση που η τιμή της ειδικής αντίστασης του εδάφους είναι εξαιρετικά υψηλή, συνίσταται η χρήση μίγματος ειδικών βελτιωτικών με σκυρόδεμα ή άμμο εντός του ρήγματος ή της οπής τοποθέτησης των γειωτών.

Για τη βέλτιστη απόδοση της πρόσθετης γείωσης θα πρέπει η ταινία να διατηρεί την κατακορυφότητα της σε κάθε περίπτωση. Έτσι η ταινία στηρίζεται ανά 2m με ορθοστάτες – στηρίγματα από θερμά επιψευδαργυρωμένο χάλυβα. Η ειδική μορφή των ορθοστατών, η στιβαρότητα τους και ο οδηγός έμπηξης τους επιτρέπουν τη διατήρηση σταθερού ύψους 50mm από το έδαφος της ταινίας.



Σχήμα 3.20: Απαιτούμενα υλικά και διαστάσεις για επέκταση της θεμελιακής γείωσης με ράβδους^[15]

Πίνακας 3.7: Πίνακας ενδεικτικών απαιτούμενων υλικών για την κατασκευή της θεμελιακής γείωσης με χάλκινη ταινία βάσει της περιμέτρου της θεμελίωσης^[15]

Ταινία χαλκού	Περίμετρος κτιρίου [m]	Κουλούρες ταινίας [τμχ]	Σφικτήρες οπλισμού [τμχ]	Σφικτήρες ταινίας 30mm [τμχ]	Αγωγός χάλκινος 35mm ² [m]	Σφικτήρες οπλισμού-αγωγού [τμχ]	Ακροδέκτες γείωσης [τμχ]	Σφικτήρες ταινίας/αγωγού ή 35mm ² [τμχ]	Σφικτήρες αγωγού 35mm ² [τμχ]
25x2mm	1÷18	1x20m	10	2	5	5	2	5	2
	19÷45	1x20m + 1x30m	20	3	10	10	5	5	5
	46÷55	2x30m	25	3	10	10	5	5	5
	56÷75	1x20m + 2x30m	30	4	10	10	5	5	5
	76÷115	4x30m	55	5	10	10	5	5	5
30x2mm	1÷18	1x20m	10	2	10	5	2	5	2
	19÷45	1x20m + 1x30m	20	3	10	10	5	5	5
	46÷55	2x30m	25	3	10	10	5	5	5
	56÷75	1x20m + 2x30m	30	4	10	10	5	5	5
	76÷115	4x30m	55	5	10	10	5	5	5

Έχουν προβλεφθεί δύο ακροδέκτες γείωσης για τον γενικό πίνακα διανομής και τα μεταλλικά δίκτυα. Για τα μεγάλα κτίρια έχουν προβλεφθεί τρεις επιπλέον ακροδέκτες, ένας για το λεβητοστάσιο, ένας στο φρεάτιο του ανελκυστήρα και ένας για τη Δ.Ε.Η., εάν απαιτηθεί.

4^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ”

4.1 Εισαγωγή

Το πρότυπο που ορίζει την αναγκαιότητα της κατασκευής ενός συστήματος αντικεραυνικής προστασίας είναι το Ευρωπαϊκό Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 62305-2:2006. Σύμφωνα με το πρότυπο αυτό, οι κυριότεροι παράμετροι, οι οποίοι καθορίζουν την αναγκαιότητα, αλλά και τη στάθμη προστασίας του συστήματος αντικεραυνικής προστασίας είναι η γεωγραφική θέση της κατασκευής και η γειτνίαση της με φυσικά ή τεχνητά στοιχεία ιδίου ή μεγαλύτερου ύψους, οι διαστάσεις της κατασκευής, το περιεχόμενο και η χρήση της. Από τη στιγμή που θα κριθεί απαραίτητη η κατασκευή του συστήματος για προστασία από κεραυνοπληξία, τότε βάσει του ίδιου προτύπου υπολογίζεται η στάθμη προστασίας που απαιτείται να εφαρμοστεί. Οι στάθμες προστασίας είναι τέσσερεις (I, II, III, IV) με αυστηρότερη και πλέον απαιτητική την πρώτη στάθμη (I).

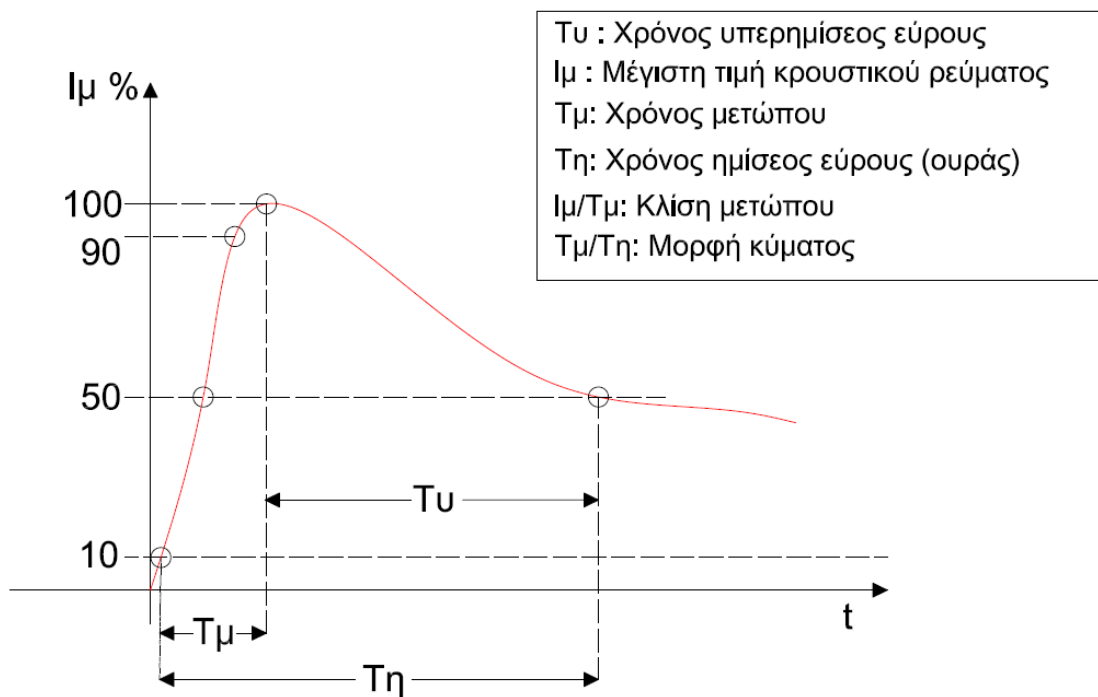
Το σύστημα αντικεραυνικής προστασίας σχεδιάζεται όπως ορίζουν τα Ευρωπαϊκά Πρότυπα σειράς ΕΛΟΤ EN 62305 και ΕΛΟΤ EN 61643, σύμφωνα με τη στάθμη προστασίας που υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψη τα κριτήρια που αναφέρθηκαν παραπάνω.

Το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 62305-3:2006 ορίζει τον τρόπο σχεδίασης του εξωτερικού συστήματος αντικεραυνικής προστασίας και σκοπός του είναι να προστατεύει το δομικά στοιχεία της κατασκευής από άμεσα και πλευρικά κεραυνικά πλήγματα. Αφού συλληφθεί ο κεραυνός, πρέπει το κεραυνικό ρεύμα να διοχετεύεται στη γη με ασφάλεια, χωρίς την εμφάνιση τάσεων επαφής σε προσβάσιμα από τον άνθρωπο σημεία της εγκατάστασης, ηλεκτρικά τόξα ή επικίνδυνοι σπινθηριστές. Στις περισσότερες περιπτώσεις το σύστημα αντικεραυνικής προστασίας εγκαθίσταται πάνω στην κατασκευή και μόνο σε περιπτώσεις που η κατασκευή είναι εύφλεκτη ή περιέχει εύφλεκτα υλικά προτείνεται να κατασκευάζεται απομονωμένο εξωτερικό σύστημα προστασίας.^[28]

4.2 Γενικά περί κεραυνοπληξίας

Υπάρχουν δύο τύποι κεραυνού. Ο γραμμικός, ο οποίος είναι ο πλέον συνηθισμένος και ο σφαιρικός, του οποίου η συμπεριφορά είναι εξαιρετικά απρόβλεπτη και δεν είναι γνωστά πολλά πράγματα για αυτόν. Οι σφαιρικοί κεραυνοί εμφανίζονται με μορφή σφαίρας αερίων διαμέτρου περίπου 20cm. Οι κεραυνοί αυτοί είναι ακίνδυνοι για τον άνθρωπο και προκαλούν κατά κύριο λόγο μόνο υλικές ζημιές. Ο πλέον συνηθισμένος τύπος κεραυνού είναι ο γραμμικός. Η εκκένωση αυτή ονομάζεται και ολισθαίνουσα. Για τον αρχικό σχηματισμό της αρκεί η τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου να κυμαίνεται μεταξύ 8 με 10 kV/m. Έτσι, όταν η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου της ατμόσφαιρας ξεπεράσει τα 8 περίπου kV/m τότε από το σύννεφο σχηματίζεται ο οχετός, ο οποίος κατευθύνεται προς τη Γη με ταχύτητα 20.000km/sec.

Το ρεύμα της κύριας εκκένωσης του κεραυνού έχει τη μορφή απεριοδικής ταλάντωσης, δηλαδή μοιάζει με ένα κρουστικό ρεύμα. Η μέγιστη τιμή του ρεύματος της κύριας εκκένωσης παίρνει εξαιρετικά μεγάλες τιμές, παρά το γεγονός ότι το ρεύμα του οδηγού του οχετού είναι της τάξεως των μερικών Amperes. Έχει μετρηθεί κρουστικό ρεύμα κεραυνοπληξίας 200kA, ενώ υπολογίζεται ότι έχουν υπάρξει κεραυνοί της τάξεως των 500kA. Συνήθως όμως οι εντάσεις των κρουστικών ρευμάτων των κεραυνών είναι της τάξεως των 20kA και κάτω, ενώ το 85% των κεραυνικών πληγμάτων παρουσιάζουν ρεύμα κάτω των 60kA. Τα δευτερεύοντα ρεύματα διαρκούν μερικά δέκατα του δευτερολέπτου με εντάσεις 20A με 100A.



Σχήμα 4.1: Τυπική μορφή μεταβολής κρουστικού ρεύματος.^[20]

Οι συνέπειες της πτώσης του κεραυνού είναι όμοιες με αυτές από τη διέλευση ενός πολύ ισχυρού ρεύματος διαμέσω κάποιου αγωγού, ημιαγωγού ή μονωτήρα. Τα φαινόμενα αυτά είναι:

1. Θερμικά φαινόμενα: Η θερμότητα που παράγεται από τη διέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος διαμέσου ενός αγωγού είναι ανάλογη του τετραγώνου της έντασης. Συνεπώς, κατά το κεραυνικό πλήγμα παράγονται εξαιρετικά μεγάλες ποσότητες θερμότητας, με αποτέλεσμα συχνά να παρατηρούνται τήξεις ραδιοφωνικών κεραιών και λεπτών σιδερένιων συρμάτων.
2. Ηλεκτροδυναμικά φαινόμενα: Οι δυνάμεις που μπορούν να αναπτυχθούν κατά την πτώση του κεραυνού μπορεί να είναι ηλεκτρομαγνητικές ή ηλεκτροδυναμικές. Οι δυνάμεις που δημιουργούνται από το ρεύμα μέσα από το μαγνητικό πεδίο φτάνουν μέχρι το 1kg/m και είναι εντελώς ακίνδυνες. Ισχυρές όμως δυνάμεις μπορούν να αναπτυχθούν σε θέσεις όπου το ρεύμα του κεραυνού διακλαδίζεται σε δύο αγωγούς καθένας εκ των οποίων βρίσκεται στο μαγνητικό πεδίο που δημιουργείται από τον άλλον.

3. Ηλεκτροχημικές δράσεις: Το φαινόμενο αυτό ακολουθεί γενικά τους νόμους της ηλεκτροχημείας. Για παράδειγμα κεραυνικό φορτίο 100A προκαλεί ηλεκτρολυτική αποσύνθεση 30mgf σιδήρου ή ισοδύναμης ποσότητας ψευδαργύρου ή μολύβδου στα σημεία εξόδου του κεραυνού, δηλαδή στα σημεία γείωσης. Για το λόγο αυτό κατά την κατασκευή του συστήματος γείωσης πρέπει να λαμβάνονται προληπτικά μέτρα ώστε να αποφεύγονται οι αποσυνθέσεις αυτές.

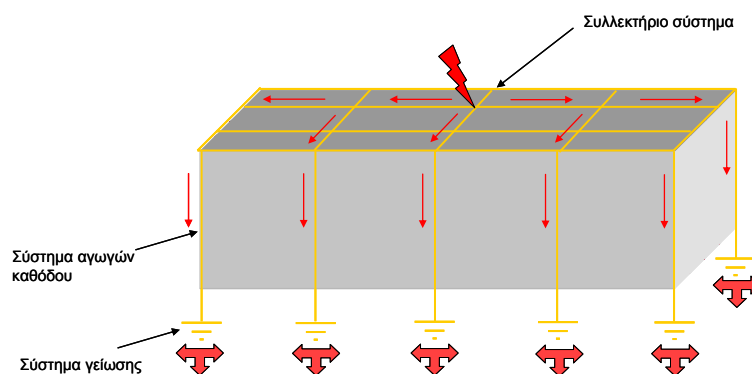
4.3 Σχεδιασμός Εξωτερικού Συστήματος Αντικεραυνικής προστασίας

Ο σχεδιασμός ενός Συστήματος Αντικεραυνικής Προστασίας (ΣΑΠ) σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 62305 – 3:2006 μειώνει στο ελάχιστο δυνατό τον κίνδυνο ζημιών στην κατασκευή και στο περιεχόμενό της. Παράλληλα, μειώνεται ο κίνδυνος τραυματισμού ή απώλειας ανθρώπινης ζωής σε περιπτώσεις αυξημένης πιθανότητας εμφάνισης κεραυνικού πλήγματος. Το Σύστημα Αντικεραυνικής Προστασίας χωρίζεται σε εξωτερικό και εσωτερικό.

4.3.1 Εξωτερικό Σύστημα Αντικεραυνικής Προστασίας

Ένα εξωτερικό ΣΑΠ αποτελείται από τρία γενικά μέρη:

1. Το συλλεκτήριο σύστημα
2. Το σύστημα αγωγών καθόδου
3. Το σύστημα γείωσης



Σχήμα 4.2:Κύρια μέρη εξωτερικού συστήματος αντικεραυνικής προστασίας^[28]

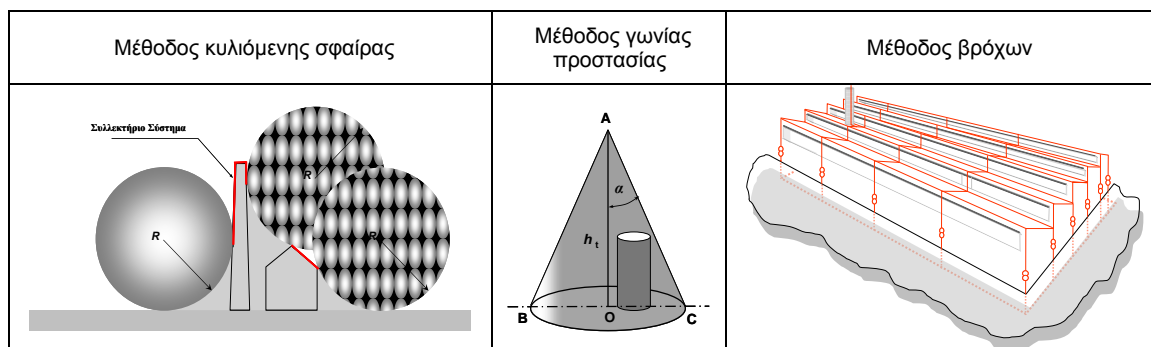
4.3.2 Το συλλεκτήριο Σύστημα

Το συλλεκτήριο παρεμβάλλεται μεταξύ του κεραυνού και της κατασκευής, προστατεύοντας τα δομικά μέρη της από καταστροφή. Το συλλεκτήριο σύστημα εγκαθίσταται σε σημεία της κατασκευής που μπορούν να δεχτούν άμεσο πλήγμα και κυρίως τις γωνίες, τις ακμές και τις προεξοχές της κατασκευής.

Ο σχεδιασμός του συλλεκτηρίου συστήματος πραγματοποιείται με την εφαρμογή μίας από τις παρακάτω μεθόδους:

1. **Μέθοδος της κυλιόμενης σφαίρας:** Η μέθοδος της κυλιόμενης σφαίρας αποτελεί το θεωρητικό μοντέλο σχεδιασμού και μπορεί να εφαρμοστεί σε οποιαδήποτε κατασκευή. Εφαρμόζοντας αυτή τη μέθοδο, η χωροθέτηση του συλλεκτηρίου συστήματος είναι κατάλληλη, εάν κανένα σημείο της υπό προστασία κατασκευής, δεν έρχεται σε επαφή με μία σφαίρα ακτίνας R , που κυλιέται στο έδαφος, γύρω και στην κορυφή της κατασκευής προς όλες τις διευθύνσεις. Η σφαίρα πρέπει να εφάπτεται μόνο στο έδαφος και στο συλλεκτήριο σύστημα.
2. **Μέθοδος της γωνίας προστασίας:** Η μέθοδος της γωνίας προστασίας εφαρμόζεται σε απλές κατασκευές αλλά περιορίζεται σε μέγιστο ύψος των 60 μέτρων (για στάθμη προστασίας IV)
3. **Μέθοδος των βρόχων:** Η μέθοδος των βρόχων εφαρμόζεται σε κατασκευές με επίπεδες ή επικλινείς οροφές μεγάλου εμβαδού.

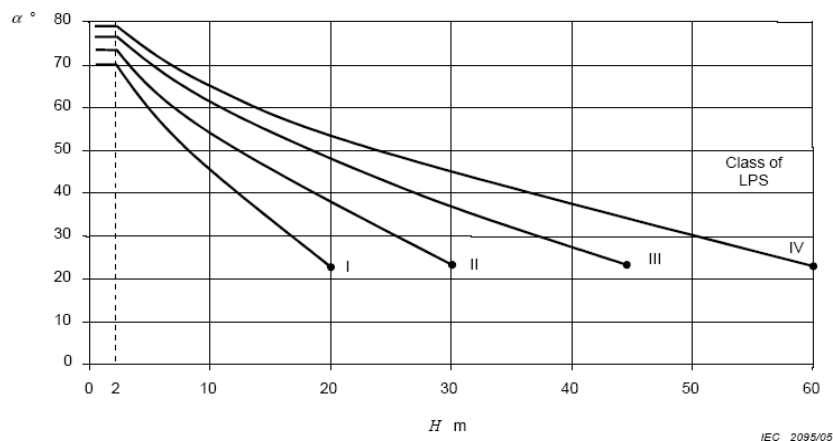
Η ακτίνα της κυλιόμενης σφαίρας, η γωνία προστασίας καθώς και οι διαστάσεις των βρόχων εξαρτώνται από την στάθμη προστασίας που έχει προκύψει από την εκτίμηση/διαχείριση του κινδύνου (Risk analysis).



Σχήμα 4.3: Βασικές μέθοδοι σχεδιασμού συλλεκτηρίου συστήματος αντικεραυνικής προστασίας κατά ΕΛΟΤ EN 62305 – 3

Πίνακας 4.1: Πίνακας απαιτήσεων σχεδίασης συστήματος αντικεραυνικής προστασίας ανάλογα τη Risk Analysis^[28]

Στάθμη Προστασίας	Ακτίνα κυλιόμενης Σφαίρας R(m)	Ύψος Κατασκευής h(m)				Διαστάσεις Βρόχων (m)
		20	30	45	60	
		Γωνία προστασίας (min)				
I	20	Το ύψος κατασκευής προκύπτει από το διάγραμμα που ακολουθεί				5
II	30					10
III	45					15
IV	60					20



Σχήμα 4.4: Διάγραμμα υπολογισμού ύψους διάταξης προστασίας ανάλογα με τη στάθμη προστασίας

Η κατασκευή του συλλεκτηρίου συστήματος πραγματοποιείται με τη χρήση μεταλλικών ράβδων (ακίδων) ή αγωγών, οι οποίοι τοποθετούνται είτε τεταμένοι είτε σε μορφή κλειστού βρόχου. Παράλληλα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ιστοί για την προστασία ειδικών κατασκευών ή εκτεθειμένων επίπεδων περιοχών.

Επίσης για όλα τα μεταλλικά μέρη της κατασκευής θα πρέπει να τηρούνται αποστάσεις ασφαλείας από το συλλεκτήριο σύστημα, σύμφωνα με τις απαιτήσεις του προτύπου ΕΛΟΤ EN 62305-3:2006. Σε αντίθετη περίπτωση τα μεταλλικά μέρη θα πρέπει να συνδέονται ισοδυναμικά με το συλλεκτήριο σύστημα.

4.3.3 Το σύστημα αγωγών καθόδου

Το σύστημα αγωγών καθόδου συνδέει με την πιο σύντομη διαδρομή το συλλεκτήριο σύστημα με το σύστημα γείωσης. Οι αγωγοί καθόδου τοποθετούνται περιμετρικά της κατασκευής και είτε εγκιβωτίζονται στο σκυρόδεμα των υποστυλωμάτων της είτε είναι ορατοί.

Σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 62305–3:2006 το πλήθος των αγωγών καθόδου εξαρτάται από τις διαστάσεις του κτιρίου. Το ελάχιστο πλήθος αγωγών είναι δύο αγωγοί καθόδου. Οι τυπικές αποστάσεις μεταξύ τους καθορίζονται από την στάθμη προστασίας που έχει προκύψει από την εκτίμηση/διαχείριση του κινδύνου. Η χρήση πολλών αγωγών καθόδου βοηθάει στον καλύτερο καταμερισμό του κεραυνικού ρεύματος, μειώνει τον κίνδυνο δημιουργίας ηλεκτρικών τόξων, ενώ παράλληλα ελαττώνει την επίδραση του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου στο εσωτερικό της κατασκευής που οφείλεται στην ένταση του κεραυνού.

Η σύνδεση των αγωγών καθόδου μεταξύ τους στο επίπεδο του εδάφους διευκολύνει την ισομερή κατανομή του κεραυνικού ρεύματος ανεξάρτητα από το σημείο κεραυνικού πλήγματος στην κατασκευή. Επίσης, σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 62305 – 3 σε κατασκευές με ύψους μεγαλύτερο από 20m προτείνεται να υπάρχει περιμετρική σύνδεση των καθόδων ανά 10 έως 20 μέτρα. Όπως και με το σχεδιασμό του συλλεκτηρίου συστήματος έτσι και στο σύστημα καθόδου για όλα τα μεταλλικά μέρη της κατασκευής θα πρέπει να τηρούνται αποστάσεις ασφαλείας, σύμφωνα με τις απαιτήσεις του προτύπου ΕΛΟΤ EN 62305 – 3 ή σε αντίθετη περίπτωση να πραγματοποιούνται ισοδυναμικές συνδέσεις με τους αγωγούς καθόδου.

Πίνακας 4.2: Τυπικές αποστάσεις μεταξύ αγωγών καθόδου ^[28]

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

4.3.4 Το σύστημα γείωσης

Η γείωση του συστήματος αντικεραυνικής προστασίας είναι σημαντικό να πετύχει την εκφόρτιση του κεραυνικού ρεύματος δημιουργώντας μικρές διαφορές δυναμικού μεταξύ των αγωγίων μερών μιας κατασκευής και να έχει τη δυνατότητα να περιορίσει τις βηματικές τάσεις και τις τάσεις επαφής (σε συνδυασμό με την εφαρμογή ισοδυναμικών συνδέσεων) που μπορούν να αναπτυχθούν.

Σημαντικό στοιχείο στο σύστημα γείωσης της αντικεραυνικής προστασίας είναι η σύνθετη αντίσταση του, αφού το κεραυνικό ρεύμα περιέχει υψηλές συχνότητες. Η σύνθετη αντίσταση επηρεάζεται από το μήκος και τη γεωμετρία του ηλεκτροδίου γείωσης και για το λόγο αυτό έχει περισσότερη σημασία η μορφή και οι διαστάσεις του συστήματος γείωσης, παρά η τιμή της αντίστασης γείωσης. Παρόλα αυτά, συνιστάται μια χαμηλή τιμή της αντίστασης γείωσης.

Ένα αποτελεσματικό σύστημα γείωσης αντικεραυνικής προστασίας έχει ως βασική προϋπόθεση το ηλεκτρόδιο να βρίσκεται εγκατεστημένο κοντά στους αγωγούς καθόδου. Ένα σύστημα γείωσης το οποίο έχει χαμηλή τιμή αντίστασης, δηλαδή της τάξεως των 10Ω , αλλά είναι σε μια μεγάλη απόσταση από τους αγωγούς καθόδου δεν είναι αποτελεσματικό στην εκφόρτιση κεραυνικού ρεύματος.

Από την άποψη της αντικεραυνικής προστασίας την καλύτερη λύση αποτελεί μια ενιαία γείωση ενσωματωμένη στο κτίριο, η οποία μπορεί να προσφέρει πλήρη προστασία, δηλαδή αντικεραυνική προστασία, προστασία των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων χαμηλής τάσης και των τηλεπικοινωνιακών συστημάτων. Ένα τέτοιο σύστημα γείωσης μπορεί να είναι η θεμελιακή γείωση.

4.4 Σχεδιασμός Εσωτερικού Συστήματος Αντικεραυνικής προστασίας

Σκοπός του εσωτερικού συστήματος αντικεραυνικής προστασίας είναι να προστατεύσει ανθρώπους και ηλεκτρικές, ηλεκτρονικές διατάξεις και συσκευές από υπερτάσεις που οφείλονται σε κεραυνικά πλήγματα.

Οι υπερτάσεις αυτές μπορούν να αποφευχθούν είτε:

- Με ηλεκτρική απομόνωση μεταξύ των μεταλλικών στοιχείων της κατασκευής και του συστήματος αντικεραυνικής προστασίας.
- Με ισοδυναμικές συνδέσεις.

4.4.1 Ηλεκτρική απομόνωση

Η ηλεκτρική απομόνωση επιτυγχάνεται εφόσον η απόσταση $[d]$ μεταξύ του συλλεκτηρίου συστήματος ή των αγωγών καθόδου και των μεταλλικών στοιχείων της εγκατάστασης είναι μεγαλύτερη από την απόσταση ασφαλείας $[s]$:

$$(4.25) \quad s = k_i \frac{k_c}{k_m} l$$

Όπου:

- k_i Εξαρτάται από την επιλεγείσα στάθμη προστασίας .
- k_c Εξαρτάται από το κεραυνικό ρεύμα που εκτιμάται ότι θα διέλθει διαμέσου των αγωγών καθόδου .
- k_m Εξαρτάται από το υλικό μεταξύ του συστήματος αντικεραυνικής προστασίας και των μεταλλικών στοιχείων της κατασκευής.
- L Είναι το μήκος, σε μέτρα, μεταξύ του σημείου που εξετάζεται και του πλησιέστερου σημείου ισοδυναμικής σύνδεσης.

Πίνακας 4.3: Ηλεκτρική απομόνωση ΣΑΠ, τιμές συντελεστή k_i , ανάλογα με τη στάθμη προστασίας

Στάθμη προστασίας	k_i
I	0,08
II	0,06
III & IV	0,04

Πίνακας 4.4: Ηλεκτρική απομόνωση ΣΑΠ, τιμές συντελεστή k_c , ανάλογα με τον αριθμό των αγωγών καθόδου

Αριθμός αγωγών καθόδου	k_c (Για περισσότερες πληροφορίες ανατρέξτε στον πίνακα C.1 του Προτύπου ΕΛΟΤ EN 62305 – 3)
1	1
2	1 0,5
4 ή περισσότεροι	1 1/n

Πίνακας 4.4: Ηλεκτρική απομόνωση ΣΑΠ, τιμές συντελεστή k_m , ανάλογα με το υλικό μεταξύ ΣΑΠ και μεταλλικών στοιχείων της κατασκευής

Υλικό	k_m
Αέρας	1
Άοπλο σκυρόδεμα, Τούβλα	0,5
<u>Σημείωση 1</u> : Όταν παρεμβάλλονται πολλά μονωτικά υλικά στη σειρά, συνιστάται να χρησιμοποιείται η μικρότερη τιμή. <u>Σημείωση 2</u> : Η χρήση άλλων μονωτικών υλικών είναι υπό εξέταση.	

4.4.2 Ισοδυναμικές συνδέσεις

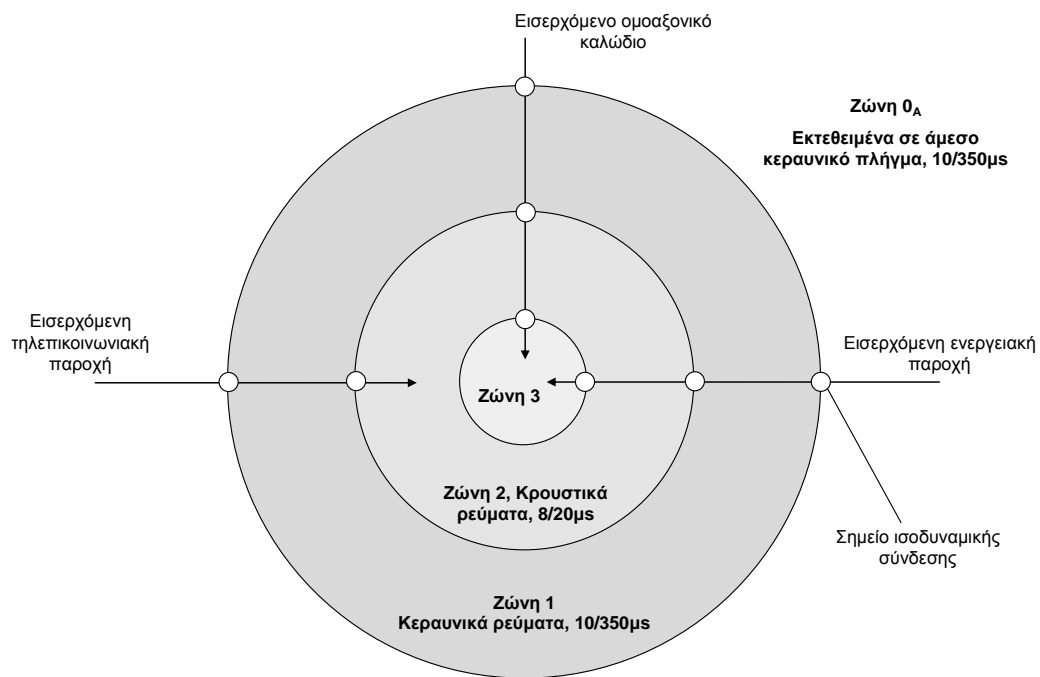
Το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 62305–4:2006 προβλέπει ότι πρέπει ο όγκος της κατασκευής που πρόκειται να προστατευθεί να χωρίζεται σε ζώνες αντικεραυνικής προστασίας (Lightning Protection Zones – LPZ), σε συνάρτηση κυρίως της έντασης των κεραυνικών επιδράσεων στο χώρο και δευτερευόντως της διηλεκτρικής αντοχής των υπό προστασία ηλεκτρικών συσκευών και εγκαταστάσεων.

Οι βασικές ζώνες προστασίας είναι οι ακόλουθες:

- Ζώνη 0_A -LPZ 0_A: Στη ζώνη αυτή τα αντικείμενα υπόκεινται σε άμεσα κεραυνικά πλήγματα και είναι εκτεθειμένα σε κρουστικές υπερτάσεις και ηλεκτρομαγνητικές επιδράσεις χωρίς απόσβεση.
- Ζώνη 0_B - LPZ 0_B: Στη ζώνη αυτή τα αντικείμενα δεν δέχονται άμεσα κεραυνικό πλήγμα ενώ είναι εκτεθειμένα σε κρουστικές υπερτάσεις και ηλεκτρομαγνητικές επιδράσεις χωρίς καμιά απόσβεση.
- Ζώνη 1 - LPZ 1: Τα αντικείμενα στη ζώνη αυτή υπόκεινται σε ισχυρές ηλεκτρομαγνητικές επιδράσεις.
- Ζώνη 2 - LPZ 2: Τα αντικείμενα στη ζώνη αυτή υπόκεινται σε εξασθετισμένες ηλεκτρομαγνητικές επιδράσεις, ανάλογα με τα μέτρα προστασίας που έχουν προβλεφθεί στη ζώνη LPZ 1.
- Ζώνη 3–LPZ 3: Μπορούν να υπάρχουν περισσότερες ζώνες όπου θα ακολουθεί περαιτέρω εξασθένιση των ηλεκτρομαγνητικών επιδράσεων.

Μέσα σε κάθε ζώνη όλες οι συσκευές πρέπει να έχουν το ίδιο δυναμικό ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος δημιουργίας σπινθήρα μεταξύ τους. Αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί εφαρμόζοντας ισοδυναμικές συνδέσεις σε όλα τα εκτεθειμένα αγωγίμα μέρη συνδέοντας τα με την γείωση της κατασκευής. Αγωγίμα αλλά ενεργά μέρη όπως ηλεκτροφόροι αγωγοί δεν είναι δυνατόν να συνδεθούν άμεσα με την γείωση. Για το λόγο αυτό οι ενεργοί αγωγοί

συνδέονται με την γείωση μέσω ειδικών διατάξεων που ονομάζονται απαγωγί κεραυνικών/κρουστικών ρευμάτων και περιοριστές υπερτάσεων. Οι διατάξεις αυτές εγκαθίστανται στα όρια δύο ζωνών και όσο το δυνατόν πλησιέστερα στην είσοδο της υπό προστασία συσκευής.



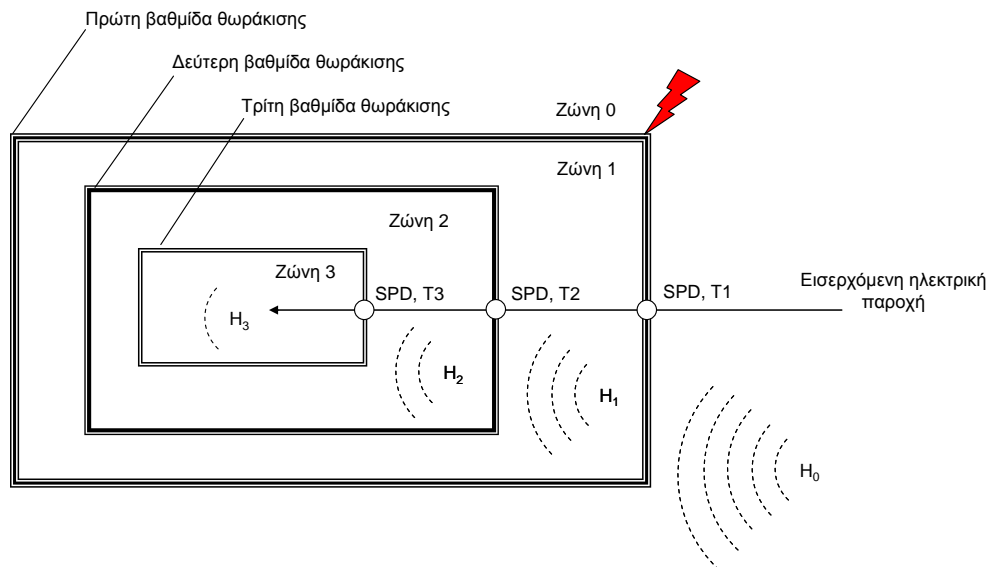
Σχήμα 4.5: Ζώνες αντικεραυνικής προστασίας

4.4.3 Απαγωγί κρουστικών υπερτάσεων

Ο απαγωγός έχει σκοπό να προστατεύσει τα ενεργά μέρη μιας ηλεκτρικής και ηλεκτρονικής συσκευής από εισερχόμενες υπερτάσεις μειώνοντας αυτές σε επίπεδο χαμηλότερο από την διηλεκτρική αντοχή των μονωτικών των υπό προστασία συσκευών. Βασική προϋπόθεση για την αποτελεσματική προστασία των απαγωγών είναι να έχουν εγκατασταθεί όσο το δυνατόν πλησιέστερα στην υπό προστασία συσκευή.

Το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 62305 – 4 ορίζει ως εμπειρική μεθοδολογία η καλωδιακή απόσταση του απαγωγού μέχρι την υπό προστασία συσκευή να μην υπερβαίνει τα 10m. Διαφορετικά θα πρέπει να τοποθετείται ξανά απαγωγός είτε να χρησιμοποιείται από το σημείο σύνδεσής του μέχρι και την υπό προστασία συσκευή θωρακισμένο καλώδιο, όπου σε αυτή την περίπτωση πρέπει να υπολογίζεται η πτώση τάσεως στα άκρα του καλωδίου σύνδεσης (απαγωγού – υπό προστασία συσκευής) σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN

62305– 4, ANNEX D, § D.2. Για τους ανωτέρω υπολογισμούς χρειάζεται το συνολικό μήκος και τύπος του καλωδίου σύνδεσης.



Σχήμα 4.6: Σύνδεση απαγωγών κρουστικών υπερτάσεων στα όρια των ζωνών και σε αποστάσεις μικρότερες των 10m από την υπό προστασία συσκευή, όπου H είναι η ένταση του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου

Σύμφωνα με τα πρότυπο ΕΛΟΤ EN 61643 – 11 και ΕΛΟΤ EN 61643 – 21 υπάρχουν τρεις κατηγορίες απαγωγών:

- Ενεργειακών δικτύων Χαμηλής Τάσεως
- Τηλεπικοινωνιών και τηλεενδείξεων
- Υψηλών συχνοτήτων και ομοαξονικών καλωδίων

4.4.4 Απαγωγοί ενεργειακών δικτύων Χαμηλής Τάσεως

Σύμφωνα με τα ισχύοντα πρότυπα ΕΛΟΤ EN 61643 - 11 οι απαγωγοί ενεργειακών δικτύων χαμηλής τάσεως χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

- Type 1 (T1) – ClassI, πρωτεύουσα προστασία από κεραυνικά ρεύματα, I_{imp} (10/350μs), τα οποία προκαλούνται από άμεσα κεραυνικά πλήγματα (πλήγματα πάνω στην κατασκευή ή στο δίκτυο που την τροφοδοτεί).
- Type 2 (T2) – ClassII, δευτερεύουσα προστασία από κρουστικά ρεύματα, I_{max} (8/20μs), τα οποία προκαλούνται από έμμεσα κεραυνικά πλήγματα (πλήγματα κοντά στην κατασκευή ή στο δίκτυο που την τροφοδοτεί).

- Type 3 (T3) – ClassIII, λεπτή προστασία από κρουστικά ρεύματα, I_{sc} (8/20 μ s) και κρουστικές υπερτάσεις, U_{oc} (1.2/50 μ s).

Οι απαγωγοί T1 εγκαθίστανται συνήθως στην είσοδο της εγκατάστασης (π.χ. γενικός πίνακας παροχής) στα όρια των ζωνών LPZ 0_A – LPZ 1 ή LPZ 0_B – LPZ 1, προσφέροντας προστασία από κεραυνικά ρεύματα (10/350 μ s) και έχοντας στάθμη προστασίας (U_p) μικρότερη από 4kV.

Οι απαγωγοί T2 εγκαθίστανται συνήθως σε διάφορα κομβικά σημεία της εγκατάστασης (π.χ. υποπίνακες) στα όρια των ζωνών LPZ 1 – LPZ 2, προσφέροντας προστασία από κρουστικά ρεύματα (8/20 μ s) και έχοντας στάθμη προστασίας (U_p) μικρότερη από 2,5kV.

Οι απαγωγοί T3 εγκαθίστανται ανεξαρτήτου ζώνης ακριβώς πριν από την είσοδο μιας ευαίσθητης συσκευής που περιέχει ηλεκτρονικά κυκλώματα (π.χ. ηλεκτρονικοί υπολογιστές, PLC κτλ), προσφέροντας λεπτή προστασία από κρουστικά ρεύματα (8/20 μ s) και έχοντας στάθμη προστασίας (U_p) μικρότερη από 1,5kV. Απαραίτητη προϋπόθεση για την σωστή λειτουργία των απαγωγών T3 είναι να προηγούνται τουλάχιστον απαγωγοί T2.

Στην είσοδο της εγκατάστασης τοποθετούνται οι T1 για πρωτεύουσα προστασία που απάγουν το μέγιστο της εισερχόμενης ενέργειας του κεραυνού ενώ παράλληλα περιορίζουν τις κρουστικές υπερτάσεις κάτω από 4kV. Στην συνέχεια ακολουθούν οι T2 και T3 για δευτερεύουσα και λεπτή προστασία οι οποίοι απάγουν πολύ μικρότερο μέρος της αρχικής ενέργειας καθώς επίσης απάγουν κρουστικά ρεύματα οφειλόμενα σε έμμεσα κεραυνικά πλήγματα. Επιπλέον περιορίζουν τις κρουστικές υπερτάσεις σε τιμές μικρότερες των 2,5kV και των 1,5kV αντίστοιχα.

Οι αγωγοί σύνδεσης με τους απαγωγούς δεν πρέπει να οδεύουν παράλληλα με άλλους αγωγούς. Επίσης για καλύτερα αποτελέσματα προτείνεται οι αγωγοί σύνδεσης να οδεύουν ευθύγραμμα και το μήκος τους να μην ξεπερνά συνολικά τα 50cm. Οι απαγωγοί θα πρέπει να συνδέονται στην ίδια γείωση με αυτή του υπό προστασία κυκλώματος.

4.4.5 Βασικές απαιτήσεις για εξαρτήματα συστήματος αντικεραυνικής προστασίας

Τα πρότυπα της σειράς ΕΛΟΤ EN 501564 ορίζουν τις εργαστηριακές απαιτήσεις που πρέπει να ικανοποιούν τα υλικά, τις ελάχιστες διαστάσεις και τη μορφή των αγωγών. Έτσι τα υλικά αυτά καλύπτουν τις απαιτήσεις που ορίζονται από το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 62305-3 για την κατασκευή του συστήματος αντικεραυνικής προστασίας.

Στον Πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι ελάχιστες διαστάσεις, το υλικό και η μορφή συλλεκτήριων αγωγών, προστατευτικών αγωγών και αγωγών καθόδου συστήματος αντικεραυνικής προστασίας.

Πίνακας 4.6: Ελάχιστες διαστάσεις, υλικό και μορφή συλλεκτήριων αγωγών και αγωγών καθόδου συστήματος αντικεραυνικής προστασίας^[28]

Υλικό	Μορφή	Διατομή	Σημειώσεις
Χαλκός	Ταινία	50mm ²	2mm min πάχους
	Στρογγυλός	50mm ²	8mm διαμέτρου
	Πολύκλωνος	50mm ²	1,7mm min φ κλώνου
	Στρογγυλός	200mm ²	16mm διαμέτρου
Χαλκός Επικασσιτερωμένος	Ταινία	50mm ²	2mm min πάχους
	Στρογγυλός	50mm ²	8mm διαμέτρου
	Πολύκλωνος	50mm ²	1,7mm min φ κλώνου
	Στρογγυλός	200mm ²	16mm διαμέτρου
Αλουμίνιο	Ταινία	50mm ²	3mm min πάχους
	Στρογγυλός	50mm ²	8mm διαμέτρου
	Πολύκλωνος	50mm ²	1,7mm min φ κλώνου
	Στρογγυλός	200mm ²	16mm διαμέτρου
Κράμα Αλουμινίου	Ταινία	50mm ²	2,5mm min πάχους

	Στρογγυλός	50mm ²	8mm διαμέτρου
	Πολύκλωνος	50mm ²	1,7mm min φ κλώνου
	Στρογγυλός	200mm ²	16mm διαμέτρου
Χάλυβας Θερμά επιψευδαργυρωμένος	Ταινία	50mm ²	2,5mm min πάχους
	Στρογγυλός	50mm ²	8mm διαμέτρου
	Πολύκλωνος	50mm ²	1,7mm min φ κλώνου
	Στρογγυλός	200mm ²	16mm διαμέτρου
Ανοξείδωτος Χάλυβας	Ταινία	50mm ²	2mm min πάχους
	Στρογγυλός	50mm ²	8mm διαμέτρου
	Πολύκλωνος	50mm ²	1,7mm min φ κλώνου
	Στρογγυλός	200mm ²	16mm διαμέτρου

4.4.6 Περιγραφή δοκιμών υλικού

Οι δοκιμές που απαιτούνται για το υλικό καθορίζονται σύμφωνα με το πρότυπο 501641. Λαμβάνονται τρία δοκίμια του προς δοκιμή υλικού, όπως σύνδεσμοι, ακροδέκτες, περιλαίμια, σφικτήρες και συνδέονται με αγωγούς που ο κατασκευαστής τους συνιστά τη χρήση τους. Η μορφή της σύνδεσης είναι σύμφωνη με αυτή που προτείνει ο κατασκευαστής. Αν ο κατασκευαστής θεωρεί ότι το υλικό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παραπάνω από μία μορφή σύνδεσης, τότε πρέπει να δοκιμαστεί το υλικό με όλες τις μορφές σύνδεσης. Ομοίως συμβαίνει και για υλικό, για παράδειγμα συνδέσμους κατασκευασμένο από διαφορετικό μέταλλο. Η σύσφιξη πραγματοποιείται με ροπή που ορίζει ο κατασκευαστής.

Ανάλογα με τη χρήση του εξαρτήματος, περνά σειρά περιβαλλοντικής γήρανσης διάρκειας 10-28 ημερών. Η ακριβής διάρκεια καθορίζεται από τη χρήση, δηλαδή πάνω ή κάτω από το έδαφος.

Μετά την περιβαλλοντική γήρανση, το δοκίμιο πρέπει να καταπονηθεί τρεις φορές με ρεύμα δοκιμής 100kA κυματομορφής 10/350 μs για τον τύπο «H», δηλαδή βαρέως τύπου και 50kA κυματομορφής 10/350 μs για τον τύπο «N», δηλαδή κανονικού τύπου.

Τα κριτήρια επιτυχούς ολοκλήρωσης των δοκιμών ικανοποιούνται αν:

- Δεν υπάρχουν χαλαρά μέρη του συνδέσμου
- Η αντίσταση διάβασης μετρούμενη με πηγή 10A είναι μικρότερη του 1mΩ
- Η ροπή λυσίματος δεν είναι μικρότερη του 25% της ροπής σύσφιξης και όχι μεγαλύτερη του 50%

Πίνακας 4.7: Βήματα απαιτούμενων δοκιμών ^[28]

Βήματα	Περιγραφή Δοκιμών
1	Προετοιμασία τριών δοκιμίων και σύνδεση τους σύμφωνα με τις τυπικές μορφές
2	Σύσφιξη με καθορισμένη ροπή
3	Τεχνητή γήρανση ανάλογα με το υλικό και τη χρήση του εξαρτήματος
4	Ηλεκτρικές δοκιμές με κρούσεις για κάθε δοκίμιο
5a	Μέτρηση αντίστασης συνέχεια <1mΩ
5b	Έλεγχος ροπής λύσης
6	Σύνταξη δελτίου αποτελεσμάτων δοκιμίων

5^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΓΕΙΩΣΗΣ ”

5.1 Μέθοδος μέτρησης τιμής αντίστασης

Τα συστήματα αντίστασης γείωσης είναι το βέλτιστο να μετρηθούν για την τιμή αντίστασης γείωσης που εμφανίζουν αμέσως μόλις ολοκληρωθεί η κατασκευή τους, διότι αν η μέτρηση πραγματοποιηθεί μετά την σύνδεση της γείωσης, η τιμή αλλοιώνεται καθώς μπορεί στο σύστημα γείωσης να συνδέονται το σύστημα ύδρευσης, θέρμανσης και φυσικού αερίου. Επίσης, δεν πρέπει να γίνεται αποσύνδεση του αγωγού γείωσης για να πραγματοποιηθεί μέτρηση, εκτός και αν είναι απολύτως βέβαιο ότι η εγκατάσταση είναι εντελώς απομονωμένη από οποιαδήποτε πηγή ενέργειας. Αυτό γιατί υπάρχει εξαιρετικά μεγάλος κίνδυνος σε αντίθετη περίπτωση, ο αγωγός γείωσης αυτός καθαυτός ή εκτεθειμένα αγώγιμα μέρη ή μεταλλικά ξένα στοιχεία της εγκατάστασης να τεθούν υπό επικίνδυνη για τον άνθρωπο τάση.

Μερικοί από τους παράγοντες που επηρεάζουν την ακρίβεια της μέτρησης είναι:

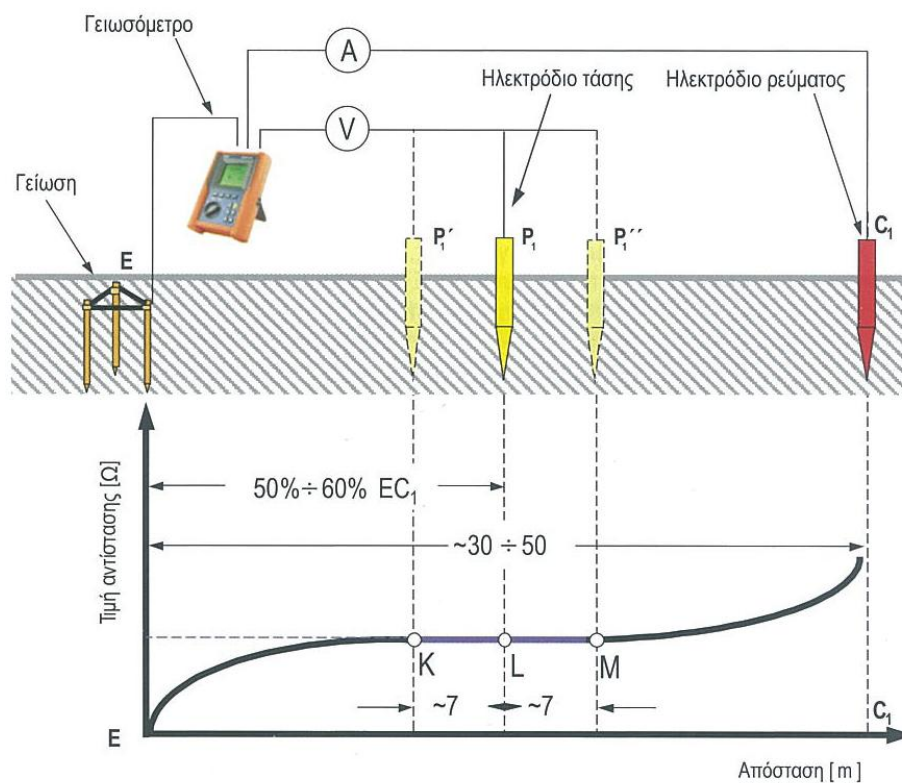
- η υγρασία του εδάφους, η οποία ποικίλλει από εποχή σε εποχή και επηρεάζει την ειδική αντίσταση του εδάφους
- τα διάφορα μεταλλικά δίκτυα εγκαταστάσεων της περιοχής, όπως καλώδια, δίκτυα ύδρευσης, περιφράξεις, θεμελιώσεις
- τυχόν καθοδικά ρεύματα που διαρρέουν τη γη
- η σύσταση του εδάφους
- η σύνδεση του συστήματος γείωσης με άλλες εγκαταστάσεις
- το μήκος του καλωδίου που συνδέει το όργανο μέτρησης με τα ηλεκτρόδια.

Αν η μέτρηση έχει 5% ακρίβεια θεωρείται εξαιρετικά ικανοποιητική, ενώ προσεγγίσεις της τάξης του 20% μπορεί να γίνουν αποδεκτές, όταν δεν είναι εφικτό να γίνει πιο αξιόπιστη μέτρηση.

Παρά το γεγονός ότι είναι δύσκολο να πραγματοποιηθεί η μέτρηση της αντίστασης γείωσης, είναι εντελώς απαραίτητο διότι η μέτρηση διαφέρει εντελώς από την τιμή της

αντίστασης που υπολογίζεται σύμφωνα με την ειδική αντίσταση του εδάφους, καθώς μικρή διαφορά σε αυτή επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την τελική τιμή της αντίστασης γείωσης.

Η πιο συνηθισμένη μέθοδος μέτρησης της γείωσης είναι με τη χρήση δύο βοηθητικών ηλεκτροδίων και μιας πηγής, όπως φαίνεται και στο σχήμα που ακολουθεί. Το ένα είναι ηλεκτρόδιο ρεύματος C_1 και το άλλο ηλεκτρόδιο τάσης P_1 . Το όργανο μέτρησης υπολογίζει την αντίσταση γείωσης E , μετρώντας την πτώση τάσης μεταξύ του ηλεκτροδίου τάσης P_1 και της γείωσης E και διαιρεί την τιμή αυτή με το ρεύμα που ρέει μεταξύ του βοηθητικού ηλεκτροδίου ρεύματος C_1 και της γείωσης E .



Σχήμα 5.1: Διάταξη μέτρησης σημειακής γείωσης

5.2 Μέτρηση σημειακής γείωσης

Για να πραγματοποιηθεί η μέτρηση μίας σημειακής γείωσης, όπως είναι για παράδειγμα η ράβδος, η πλάκα ή ο γειωτής τύπου «E» τοποθετείται το ηλεκτρόδιο C_1 σε απόσταση 30m με 50m από το σημείο εγκατάστασης του συστήματος γείωσης. Στη συνέχεια στην ίδια ευθεία και σε απόσταση 50-60% της απόστασης γείωσης E - ηλεκτροδίου ρεύματος C_1 , βυθίζεται το ηλεκτρόδιο P_1 και λαμβάνεται η πρώτη μέτρηση. Έπειτα λαμβάνονται άλλες δύο μετρήσεις μετακινώντας το ηλεκτρόδιο P_1 πάνω στην ίδια ευθεία κατά περίπου 7m από την αρχική του θέση, μία προς τη γείωση E και μία προς το ηλεκτρόδιο C_1 .

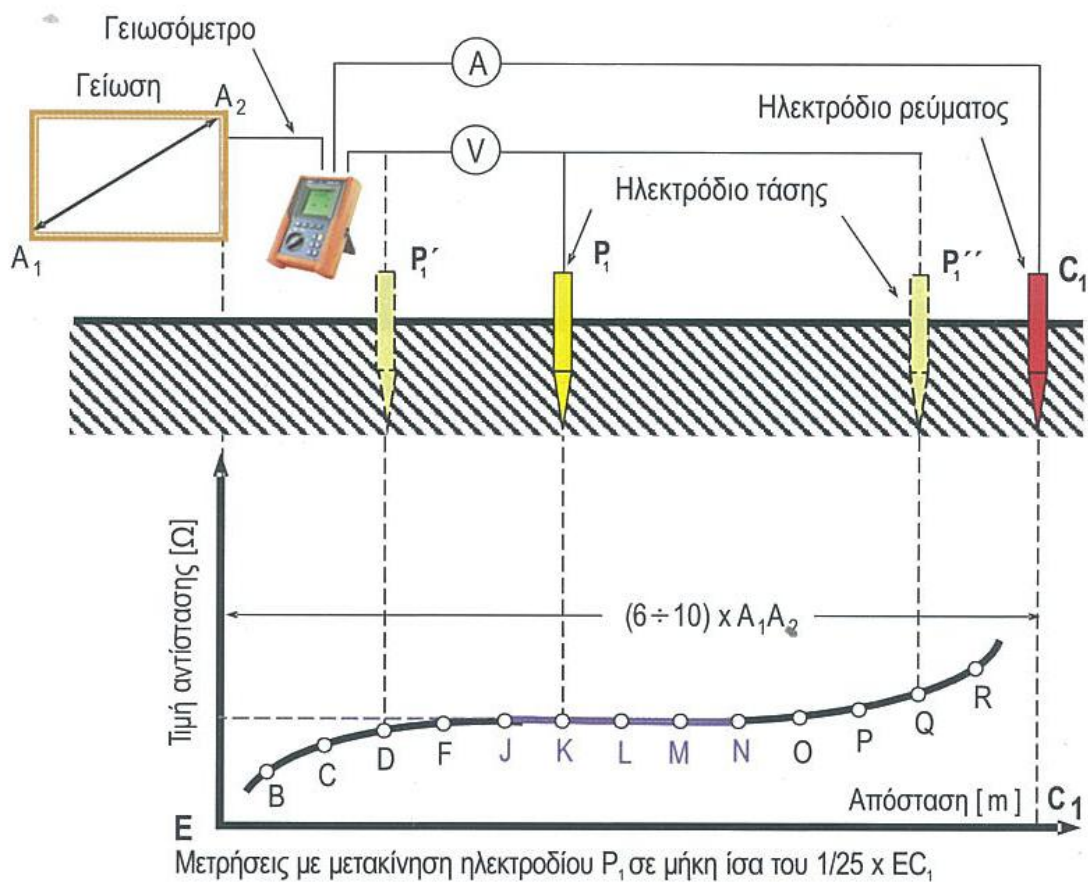
Εάν οι τιμές των τριών μετρήσεων έχουν απόκλιση της τάξης του 5%, τότε ως τιμή γείωσης λαμβάνεται ο μέσος όρος των τριών τιμών. Εάν η απόκλιση των μετρήσεων υπερβαίνει τα αποδεκτά όρια, τότε πρέπει απαραίτητως να επαναληφθούν οι μετρήσεις, τοποθετώντας το ηλεκτρόδιο C_1 σε ακόμα μεγαλύτερη απόσταση, μέχρις ότου ληφθούν μετρήσεις εντός των αποδεκτών ορίων.

5.3 Μέτρηση εκτεταμένης γείωσης

Για να πραγματοποιηθεί μέτρηση εκτεταμένου συστήματος γείωσης, όπως για παράδειγμα θεμελιακής, περιμετρικής ή πλέγματος, το ηλεκτρόδιο ρεύματος C_1 βυθίζεται στο έδαφος σε απόσταση 6 με 10 φορές μεγαλύτερη από τη μεγαλύτερη διαγώνιο του κλειστού γεωμετρικού σχήματος που σχηματίζεται από το βρόγχο του ηλεκτροδίου γείωσης. Στη συνέχεια λαμβάνονται διαδοχικές μετρήσεις τοποθετώντας το ηλεκτρόδιο P_1 συννευθιακά με το σύστημα γείωσης E και το ηλεκτρόδιο C_1 , ξεκινώντας από τη θέση του C_1 και καταλήγοντας στο σύστημα γείωσης E . Για τη λήψη κάθε μέτρησης του ηλεκτροδίου P_1 μετακινείται απόσταση ίση με το $1/25$ του μήκους της απόστασης της γείωσης E και του ηλεκτροδίου C_1 .

Ως τιμή της αντίστασης γείωσης λαμβάνεται η μέση τιμή των τιμών που βρίσκονται στο ευθύγραμμο τμήμα της καμπύλης που σχηματίζεται από τις τιμές των μετρήσεων που λήφθηκαν, με απόκλιση 5% ή μία από την άλλη.

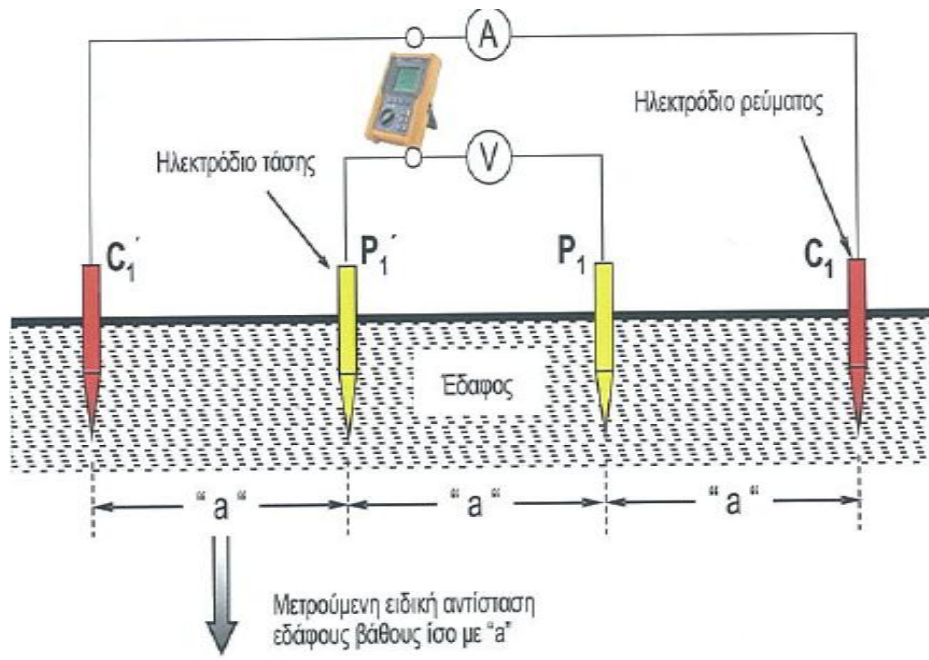
Συνήθως, το ευθύγραμμο τμήμα της καμπύλης συμπίπτει μεταξύ του 40% και του 60% του μήκους της γείωσης E και του ηλεκτροδίου C_1 . Αυτός είναι ένας εμπειρικός κανόνας, ο οποίος δεν ισχύει σε κάθε περίπτωση. Για το λόγο αυτό και σε περίπτωση που δεν εντοπίζεται το ευθύγραμμο τμήμα αυτό, πρέπει οι μετρήσεις να πραγματοποιούνται με μετακίνηση του ηλεκτροδίου τάσης P_1 σε όλο το μήκος της γείωσης E και του ηλεκτροδίου C_1 .



5.4 Μέτρηση τιμής ειδικής αντίστασης του εδάφους

Η μέτρηση της ειδικής αντίστασης του εδάφους πρέπει να προηγείται της κατασκευής του συστήματος γείωσης, διότι μόνο αφού έχει πραγματοποιηθεί αυτή είναι δυνατόν να καθοριστούν ο τύπος του ηλεκτροδίου γείωσης, δηλαδή αν θα χρησιμοποιηθεί ταινία, ράβδος, πλάκα ή αν θα χρειαστεί επέκταση του συστήματος γείωσης και οι διαστάσεις των υλικών, δηλαδή ο αριθμός των ηλεκτροδίων, το μήκος της ταινίας.

Ο τύπος και οι διαστάσεις του συστήματος γείωσης που θα κατασκευαστεί είναι δυνατόν να καθοριστεί αν οι μετρήσεις που θα ληφθούν μεταφερθούν σε μία γραφική παράσταση. Για παράδειγμα, αν η ειδική αντίσταση δεν μεταβάλλεται με το βάθος είναι προτιμότερο να κατασκευάσουμε σύστημα γείωσης από ταινία στην επιφάνεια του εδάφους (0,5 – 1,0 m). Σε περίπτωση όμως που μεταβάλλεται η ειδική αντίσταση του εδάφους είναι προτιμότερο να χρησιμοποιηθούν ηλεκτρόδια, όπως ράβδοι, οι οποίοι θα φτάσουν στο επιθυμητό βάθος, όπου η ειδική αντίσταση παραμένει σταθερή.



Σχήμα 5.3: Διάταξη μέτρησης ειδικής αντίστασης εδάφους

6^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΓΕΙΩΣΕΩΝ ΣΕ ΚΑΤΟΙΚΙΑ ”

6.1 Γενικά στοιχεία μελέτης

Η παρούσα περιγραφή εγκατάστασης γείωσης ενσωματώνει τις πλέον σύγχρονες και σύνομες απαιτήσεις για την κατασκευή συστήματος γείωσης σε κτίριο κατοικίας. Το κτίριο κατοικίας που μελετείται αναπτύσσεται σε δύο ορόφους, ενώ διαθέτει και υπόγειο χώρο, ο οποίος διαμορφώνεται σαν λεβητοστάσιο. Η συνολική επιφάνεια του κτιρίου είναι 283m², με υπόγειο χώρο λεβητοστασίου 15m². Το κτίριο επίσης διαθέτει ανελκυστήρα 2 ατόμων και στεγασμένο χώρο στάθμευσης δύο αυτοκινήτων.

Η εγκατάσταση γείωσης και αντικεραυνικής προστασίας θα είναι προσαρμοσμένη στους ισχύοντες Ελληνικούς κανονισμούς (ΕΛΟΤ HD 384), τα ελληνικά πρότυπα (ΕΛΟΤ, NHS) εφόσον αυτά δεν έρχονται σε αντίθεση με τα «ευρωπαϊκά πρότυπα», δηλαδή τα πρότυπα που έχουν εγκριθεί από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή Τυποποίησης (CEN) ή από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή Ηλεκτροτεχνικής Τυποποίησης (CENELEC) σαν «Ευρωπαϊκά Πρότυπα (EN)» ή σαν «Κείμενα Εναρμόνισης (HD)». Σε περίπτωση ανυπαρξίας αυτών, ισχύουν τα ευρωπαϊκά (EN) ή (CENELEC), Διεθνών (ISO), Γερμανικών (DIN) ή Αμερικανικών (AS) και την ισχύουσα πρακτική εγκαταστάσεων κτιρίων κατοικίας.

6.2 Κριτήρια σχεδιασμού

Πέρα από τους κανονισμούς, προβλέπονται επιπλέον κριτήρια για το σχεδιασμό:

- Η κάλυψη των λειτουργικών απαιτήσεων του κτιρίου.
- Ο αποτελεσματικός έλεγχος των εγκαταστάσεων.
- Η απλότητα των εγκαταστάσεων.
- Η επισκευσιμότητα και η συντήρηση των εγκαταστάσεων.
- Η ελαχιστοποίηση του αρχικού κόστους εγκατάστασης αλλά ιδιαίτερα και του κόστους λειτουργίας και συντηρήσεως.
- Η ασφάλεια προσώπων και εξοπλισμού.
- Η δυνατότητα προσθηκών και μελλοντικής επέκτασης.

6.3 Παρουσίαση της μελέτης

Η μελέτη απαρτίζεται από τα εξής στοιχεία:

α. Σχέδιο κάτοψης υπογείου, όπου παρουσιάζεται η όδευση της ταινίας γείωσης για την κατασκευή της θεμελιακής γείωσης και οι θέσεις αναμονών για την σύνδεση των ισοδυναμικών συνδέσεων με τη θεμελιακή.

β. Σχέδιο κάτοψης δώματος, όπου παρουσιάζεται η όδευση του μονόκλωνου αγωγού για την κατασκευή του κλωβού Faraday, ο οποίος αποτελεί το συλλεκτήριο σύστημα του συστήματος αντικεραυνικής προστασίας και οι θέσεις των μονόκλωνων καθοδικών αγωγών σύνδεσης του κλωβού με τη θεμελιακή.

γ. Το παρόν κεφάλαιο τεχνική περιγραφή.

δ. Τον υπολογισμό της αντίστασης γείωσης.

ε. Λεπτομέρειες και εικόνες των υλικών και των εξαρτημάτων του συστήματος.

6.4 Κανονισμοί

Για την προστασία ανθρώπων και εγκαταστάσεων στο κτίριο κατοικίας της παρούσας μελέτης, ώστε να εξασφαλίζεται η σωστή λειτουργία του κτιρίου, προβλέπεται να τοποθετηθούν τα ακόλουθα συστήματα και διατάξεις γειώσεων:

- Γείωση προστασίας των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων.
- Εξωτερικό σύστημα γειώσεων.
- Εσωτερικό σύστημα γειώσεων.
- Σύστημα γειώσεων με εξίσωση του δυναμικού.
- Σύστημα αντικεραυνικής προστασίας.

Το σύστημα θα μελετηθεί και θα κατασκευασθεί σύμφωνα με τους ακόλουθους κανονισμούς και πρότυπα:

- DIN 57185 «Εγκαταστάσεις Αντικεραυνικής Προστασίας».
- VDE 0185 μέρος 1 και 2.
- BS 6651 «Προστασία κτιρίων από κεραυνούς».
- ΕΛΟΤ 1197 «Προστασία κατασκευών από κεραυνούς».
- ΕΛΟΤ 1412.

6.5 Προστασία των Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων

Η κατασκευή των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων πρέπει να εκτελεσθεί κατά τρόπο ώστε να επιτυγχάνεται η προστασία από επικίνδυνα ρεύματα, συνθήκη που πρέπει να πληρούται και για τα στοιχεία της εγκατάστασης που έχουν χειρισμούς. Η συνθήκη αυτή πρέπει να πληρούται ακόμα και σε περίπτωση σφάλματος της μόνωσης λειτουργίας.

Προβλέπονται τα ακόλουθα είδη γειώσεων:

- Η γείωση λειτουργίας, η οποία είναι η γείωση ενός τμήματος της εγκατάστασης, που ανήκει στο κύκλωμα λειτουργίας που περιλαμβάνει την αντίσταση του αγωγού γείωσης και την αντίσταση του συστήματος γείωσης.
- Η γείωση προστασίας, η οποία είναι η γείωση ενός αγωγίμου τμήματος της εγκατάστασης που δεν ανήκει στο κύκλωμα λειτουργίας για την προστασία των ανθρώπων έναντι υπερβολικά υψηλών τάσεων επαφής.
- Η γείωση ασφαλείας έναντι κεραυνών.

6.6 Σύστημα Γείωσης

Προβλέπεται η κατασκευή θεμελιακής γείωσης από θερμά επιψευδαργυρωμένη χαλύβδινη ταινία διαστάσεων 30x3 mm. Η ταινία θα οδεύει εντός των πεδιλοδοκών σε στρώση γκρο-μπετόν, σύμφωνα με τον HD 384 περιμετρικά της θεμελίωσης και με μία εγκάρσια σύνδεση, η οποία θα διέρχεται από τη θεμελίωση των υποστλωμάτων κατά μήκος του λεβητοστασίου, όπως φαίνεται στο σχέδιο κάτοψης του υπογείου. Αυτό γίνεται ώστε να είναι εύκολη η πρόβλεψη αναμονών στο χώρο του λεβητοστασίου. Επίσης, η ταινία οδεύει περιμετρικά του φρεατίου του ανελκυστήρα και προβλέπεται αναμονή εντός αυτού για τη σύνδεση των μεταλλικών μερών των οδηγών και του μηχανισμού του ανελκυστήρα. Η ταινία γείωσης συνδέεται με ειδικά στηρίγματα στον οπλισμό της θεμελίωσης ανά 2m. Σε διασταυρώσεις ή επιμηκύνσεις της ταινίας χρησιμοποιούνται ειδικοί σφικτήρες.

Στον Γενικό Πίνακα διανομής, θα υπάρχει ξεχωριστή μπάρα, από την οποία θα αρχίζει το δίκτυο γειώσεων των μεταλλικών μερών της ηλεκτρικής εγκατάστασης, δηλαδή με την μπάρα αυτή θα συνδέεται ο αγωγός γείωσης κάθε καλωδίου τροφοδότησης που θα αναχωρεί από τον Γενικό Πίνακα διανομής.

Η αντίσταση γείωσης για κάθε σύστημα θα πρέπει να είναι $\leq 1\Omega$, έτσι ώστε να γειωθούν σε αυτήν το σύστημα αντικεραυνικής προστασίας. Όλα τα μεταλλικά δομικά στοιχεία όπως σωλήνες, εσχάρες κτλ. συμπεριλαμβάνονται στην αντιστάθμιση δυναμικού. Οι σκάφες μπάνιου και λουτρού πρέπει να γειώνονται ή να διαθέτουν τοπική αντιστάθμιση δυναμικού. Όλοι οι αγωγοί

για την εγκατάσταση θέρμανσης και οι υγειονομικοί υδραγωγοί πρέπει να γειώνονται. Οι συσκευές αερισμού και κλιματισμού πρέπει να γειώνονται πιστά και σύμφωνα με τις προδιαγραφές.

6.7 Σύστημα Αντικεραυνικής Προστασίας

Για την αντικεραυνική προστασία του κτηρίου προβλέπεται η κατασκευή αλεξικέρανου τύπου κλωβού που θα περιλαμβάνει:

- Το συλλεκτήριο σύστημα.
- Τους αγωγούς καθόδου.
- Τη σύνδεση μεταλλικών μερών.
- Το σύστημα γείωσης (εκείνο της θεμελιακής γείωσης εφόσον $R_{γείωσης} \leq 1\Omega$).
- Το σύστημα προστασίας ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συσκευών.

Εάν δεν είναι δυνατή η ηλεκτρική μόνιμη σύνδεση ορισμένων τμημάτων των εγκαταστάσεων για λειτουργικούς λόγους ή λόγους προστασίας έναντι διαβρώσεων χημικών, τότε είναι απαραίτητο να πραγματοποιηθεί μία ασφαλής εξίσωση δυναμικού μέσω σπινθηριστών υπέρτασης.

6.8 Εκτίμηση κινδύνου κεραυνοπληξίας και επιλογή επιπέδου προστασίας (ΕΛΟΤ 1412)

Η ανάγκη εγκατάστασης Συστήματος Αντικεραυνικής Προστασίας (ΣΑΠ) και η επιλογή της κατάλληλης Στάθμης Προστασίας για το σχεδιασμό του, γίνεται βάσει του Προτύπου ΕΛΟΤ 1412/1998, όπου λαμβάνοντας υπόψη διάφορες παραμέτρους (χρήση της κατασκευής, διαστάσεις, γεωγραφική θέση κλπ) η κατασκευή κατατάσσεται σε κάποια Στάθμη Προστασίας από την πιο αυστηρή I έως την πιο χαλαρή IV.

Στη συγκεκριμένη περίπτωση, το επίπεδο προστασίας εκτιμήθηκε σε στάθμη IV από την εκτίμηση κινδύνου κεραυνοπληξίας που ακολουθεί.

1. Ποιές είναι οι διαστάσεις της κατασκευής σας ;

▲	10	ΜΗΚΟΣ (M)
▲	17	ΠΛΑΤΟΣ (M)
▲	9	ΥΨΟΣ (M)

2. Σε ποιά περιοχή της Ελλάδας βρίσκεται η κατασκευή σας ;
Αττικής ▼

3. Σε τι θέση βρίσκεται η κατασκευή σας ;
Σε περιοχή που περιέχει κατασκευές ή δένδρα του ίδιου ύψους ή ψηλότερα ▼

4. Τι είδους είναι η κατασκευή ;
Κοινή ▼

5. Τι είδους είναι η στέγη ;
Κοινή ▼

6. Τι είδους αξία υλικών εμπεριέχονται στην κατασκευή ;
Κανονικής αξίας ή κανονικής ευφλεκτικότητας ▼

7. Πως λειτουργεί η κατασκευή σας ;
Δυσκολία εκκένωσης ή κίνδυνος πανικού ▼

8. Ποιες οι συνέπειες από κεραυνικό πλήγμα ;
Δεν υπάρχουν ούτε σημαντικές συνέπειες από την Δ.Λ, ούτε Π.Σ ▼

9. Ποιά η δυνατότητα σωστικής επέμβασης ;
Δυσχέρεια ταχείας σωστικής επέμβασης ▼

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ

ΑΠΑΙΤΕΙΤΑΙ ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ κατά ΕΛΟΤ 1197, Στάθμη **IV**

Σχήμα 6.1: Εκτίμηση κινδύνου κεραυνοπληξίας σύμφωνα με τον ΕΛΟΤ 1412/98

Σύμφωνα με τις απαιτήσεις για σχεδιασμό του συστήματος αντικεραυνικής προστασίας, όπως ορίζονται από το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 62350:3, για στάθμη προστασίας IV, η ελάχιστη διάσταση του βρόγχου του κλωβού Faraday είναι 20m. Επίσης, το πρότυπο ορίζει ότι οι αγωγοί καθόδου πρέπει να απέχουν μεταξύ τους τουλάχιστον 20m. Για το λόγο αυτό, η περιμετρική όδευση του αγωγού του συλλεκτήριου συστήματος εντός της πλάκας του δώματος αρκεί για τον σχηματισμό κλωβού και την προστασία του κτιρίου. Ομοίως, για τη σύνδεση του συλλεκτήριου συστήματος με την θεμελιακή γείωση αρκεί η τοποθέτηση αγωγών καθόδου εντός των γωνιακών υποστυλωμάτων του κτιρίου. Παρόλα αυτά, προτείνεται η τοποθέτηση δύο επιπλέον αγωγών καθόδου εντός των πλευρικών υποστυλωμάτων, ώστε σε περίπτωση κεραυνοπληξίας το κεραυνικό ρεύμα να έχει περισσότερες διαθέσιμες οδούς προς τη γη.

6.9 Εσωτερικό Δίκτυο Γειώσεων Προστασίας

Όλες οι τροφοδοτικές γραμμές περιλαμβάνουν και αγωγό γείωσης που συνδέεται με το ζυγό γείωσης του. Όλα τα μεταλλικά μέρη των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων που κανονικά δεν βρίσκονται υπό τάση γειώνονται. Όλα τα κυκλώματα φωτισμού και κίνησης (ρευματοδότες, τροφοδοτήσεις μηχανημάτων και συσκευών) φέρουν και ανεξάρτητο αγωγό γείωσης, ακόμη και στην περίπτωση που οι καταναλώσεις που τροφοδοτούν δεν έχουν μεταλλικά αντικείμενα. Ο αγωγός γείωσης είναι της αυτής διατομής με τον αγωγό του ουδέτερου και θα τοποθετηθεί στον ίδιο σωλήνα ή περιλαμβάνεται στο ίδιο καλώδιο μαζί με τους αγωγούς φάσης και τον ουδέτερο.

6.10 Προστασία ηλεκτρονικών οργάνων και συσκευών τροφοδοτούμενων από το δίκτυο χαμηλής τάσης

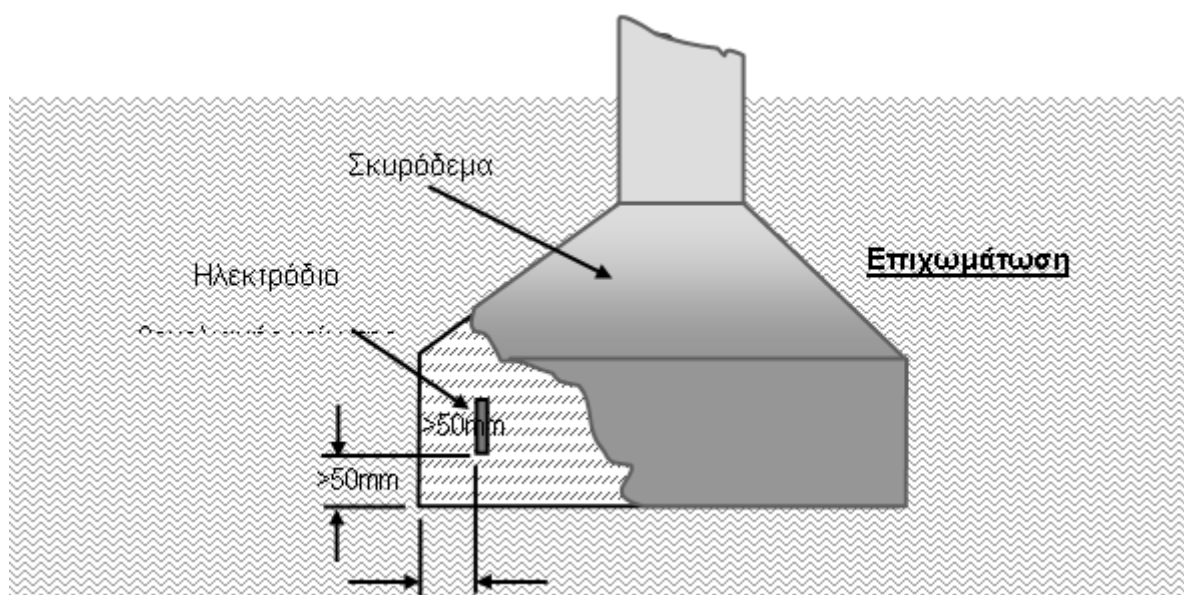
Ηλεκτρονικά όργανα, διατάξεις και συσκευές που τροφοδοτούνται από το δίκτυο χαμηλής τάσης είναι δυνατόν να καταστραφούν από υπερτάσεις είτε λόγω ισχυρών ηλεκτρομαγνητικών πεδίων είτε από εκφορτίσεις κεραυνών είτε από ωστικές τάσεις και ρεύματα προκαλούμενα από χειρισμούς. Για την προστασία των ως άνω οργάνων και συσκευών προβλέπονται κατάλληλες διατάξεις προστασίας.

6.11 Σύνδεση Μεταλλικών Μερών

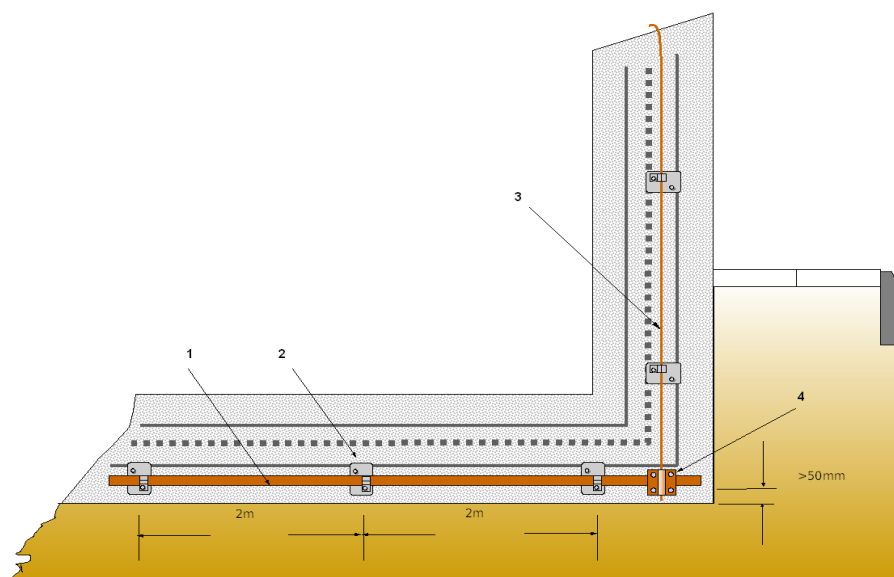
Όλα τα μεταλλικά μέρη του κτιρίου που βρίσκονται είτε στις εξωτερικές πλευρές είτε στα δώματα, όπως ανεμιστήρες, κλιματιστικές μονάδες, υδρορροές, σωληνώσεις κλπ. θα συνδεθούν με το πλησιέστερο σημείο των αγωγών συλλογής ή καθόδου σε δύο σημεία για ασφάλεια σε περίπτωση που χαλάσει κάποια σύνδεση. Στην περίπτωση κατακόρυφων μεταλλικών μερών, που θα βρίσκονται σε όλο το μήκος των εξωτερικών τοίχων, όπως υδρορροών ή σωληνώσεων κλπ., η σύνδεση θα γίνει επίσης σε δύο σημεία.

6.12 Κατασκευαστικά Στοιχεία - Ποιότητα Υλικών

Τα προβλεπόμενα υλικά θα είναι ειδικής κατασκευής τόσο από άποψη ποιότητας υλικού όσο και επεξεργασίας, και θα αποκλείονται οι ιδιοκατασκευές. Γενικά προβλέπεται η χρησιμοποίηση χάλκινης ταινίας και κυκλικού πλήρους αγωγού καταλλήλων διαστάσεων. Ακολουθούν λεπτομέρειες και εικόνες των εξαρτημάτων του εξοπλισμού.

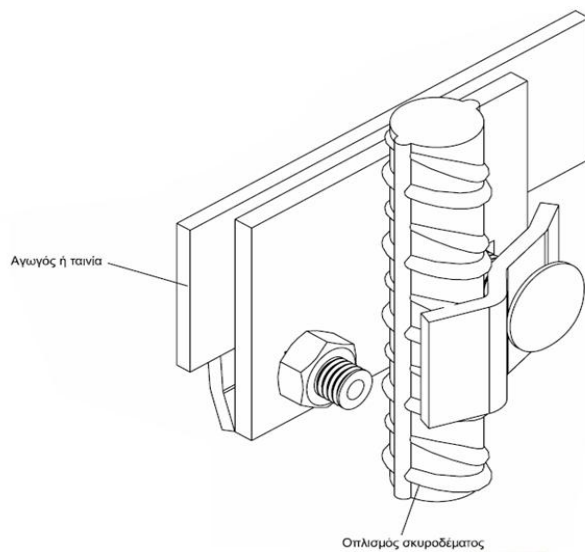


Σχήμα 6.2: Θέση τοποθέτησης της ταινίας γείωσης εντός του σκυροδέματος για προστασία από διάβρωση

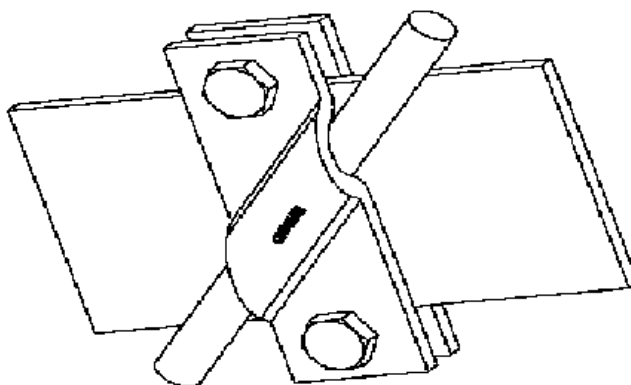


1	ΤΑΙΝΙΑ ΘΕΜΕΛΙΑΚΗΣ ΓΕΙΩΣΗΣ ΧΑΛΥΒΔΙΝΗ ΕΝ ΘΕΡΜΩ ΕΠΙΨΕΥΔΑΡΓΥΡΩΜΕΝΗ (St/tZn) 30x3mm ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΑ ΔΟΚΙΜΑΣΜΕΝΗ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ ΕΥΡΩΠΑΙΚΟ ΠΡΟΤΥΠΟ ΕΛΟΤ EN 50164-2.
2	ΣΦΙΓΚΤΗΡΑΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ – ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΤΗΣ ΤΑΙΝΙΑΣ ΣΤΟΝ ΟΠΛΙΣΜΟ. ΧΑΛΥΒΔΙΝΟΣ ΘΕΡΜΑ ΕΠΙΨΕΥΔΑΡΓΥΡΩΜΕΝΟΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΑ ΔΟΚΙΜΑΣΜΕΝΟΣ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ ΕΥΡΩΠΑΙΚΟ ΠΡΟΤΥΠΟ ΕΛΟΤ EN 50164-1 .Ο ΙΔΙΟΣ ΣΦΙΓΚΤΗΡΑΣ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΤΑΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΣΥΝΔΕΣΗ ΤΟΥ ΑΓΩΓΟΥ ΚΑΘΟΔΟΥ ΣΤΟΝ ΟΠΛΙΣΜΟ.
3	ΑΓΩΓΟΣ ΚΑΘΟΔΟΥ ΧΑΛΥΒΔΙΝΟΣ ΘΕΡΜΑ ΕΠΙΨΕΥΔΑΡΓΥΡΩΜΕΝΟΣ, ΔΙΑΤΟΜΗΣ Φ10mm ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΑ ΔΟΚΙΜΑΣΜΕΝΟΣ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ ΕΥΡΩΠΑΙΚΟ ΠΡΟΤΥΠΟ ΕΛΟΤ EN 50164-2 . Ο ΑΓΩΓΟΣ ΚΑΘΟΔΟΥ ΕΓΚΙΒΩΤΙΖΕΤΑΙ ΕΝΤΟΣ ΤΩΝ ΥΠΟΣΤΗΛΩΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΚΑΙ ΣΤΗΡΙΖΕΤΑΙ ΣΥΝΔΕΕΤΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΜΕ ΤΟΝ ΟΠΛΙΣΜΟ ΑΝΑ 2m.
4	ΧΑΛΥΒΔΙΝΟΣ ΘΕΡΜΑ ΕΠΙΨΕΥΔΑΡΓΥΡΩΜΕΝΟΣ ΣΦΙΓΚΤΗΡΑΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΤΑΙΝΙΑΣ ΘΕΜΕΛΙΑΚΗΣ ΓΕΙΩΣΗΣ ΜΕ ΑΓΩΓΟ ΚΑΘΟΔΟΥ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΑ ΔΟΚΙΜΑΣΜΕΝΟΣ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ ΕΥΡΩΠΑΙΚΟ ΠΡΟΤΥΠΟ ΕΛΟΤ EN 50164-1.

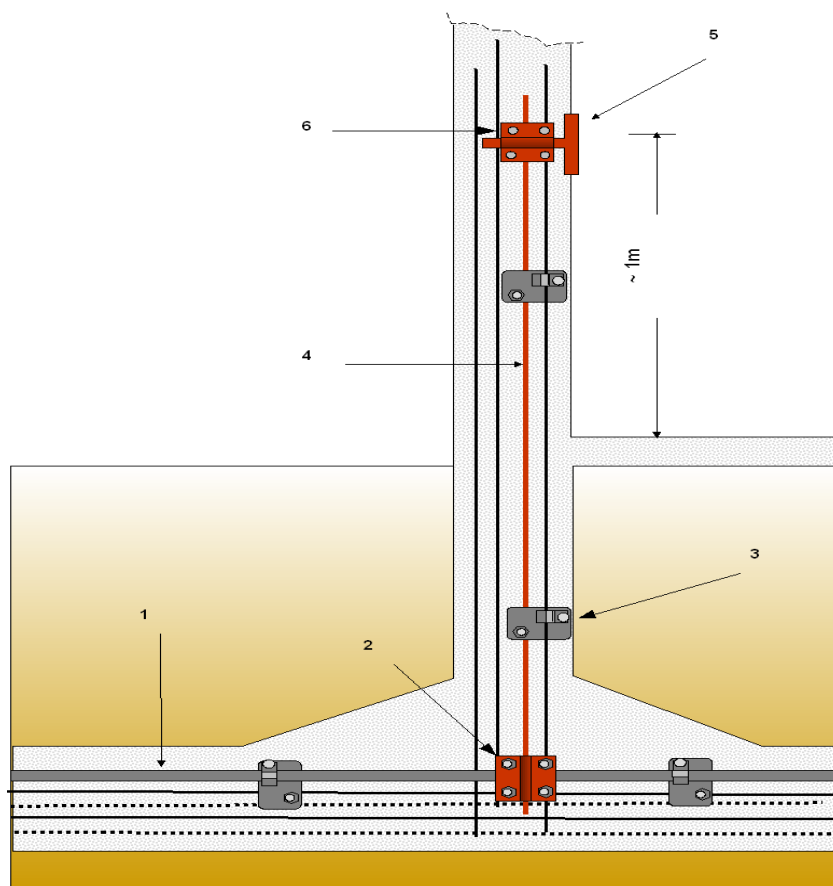
Σχήμα 6.3: Λεπτομέρεια σύνδεσης του αγωγού καθόδου στην θεμελιακή γείωση



Σχήμα 6.4: Λεπτομέρεια σφικτήρα σύνδεσης της ταινίας θεμελιακής γείωσης με τον οπλισμό της θεμελίωσης

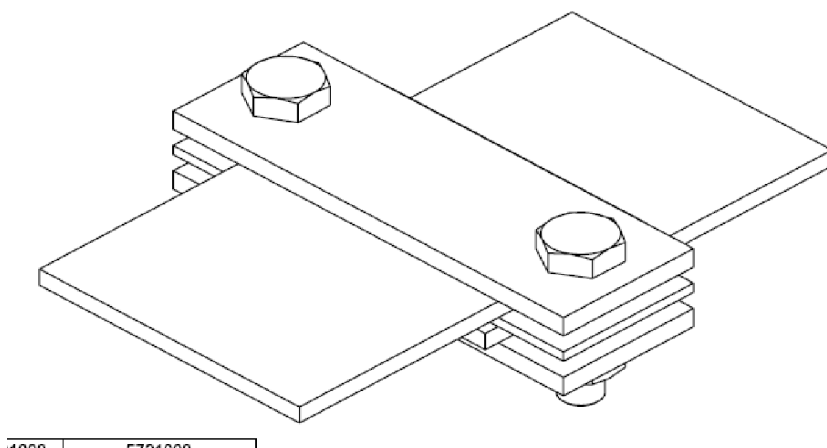


Σχήμα 6.5: Λεπτομέρεια σφικτήρα σύνδεσης της ταινίας θεμελιακής γείωσης με τον αγωγό καθόδου



1	ΤΑΙΝΙΑ ΘΕΜΕΛΙΑΚΗΣ ΓΕΙΩΣΗΣ ΧΑΛΥΒΔΙΝΗ ΕΝ ΘΕΡΜΩ ΕΠΙΨΕΥΔΑΡΓΥΡΩΜΕΝΗ (St/tZn) 30x3mm ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΑ ΔΟΚΙΜΑΣΜΕΝΗ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ ΕΥΡΩΠΑΙΚΟ ΠΡΟΤΥΠΟ ΕΛΟΤ EN 50164-2
2	ΧΑΛΥΒΔΙΝΟΣ ΘΕΡΜΑ ΕΠΙΨΕΥΔΑΡΓΥΡΩΜΕΝΟΣ ΣΦΙΓΚΤΗΡΑΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΤΑΙΝΙΑΣ ΓΕΙΩΣΗΣ ΜΕ ΑΓΩΓΟ ΚΑΘΟΔΟΥ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΑ ΔΟΚΙΜΑΣΜΕΝΟΣ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ ΕΥΡΩΠΑΙΚΟ ΠΡΟΤΥΠΟ ΕΛΟΤ EN 50164-1
3	ΣΦΙΓΚΤΗΡΑΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ – ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΤΗΣ ΤΑΙΝΙΑΣ ΣΤΟΝ ΟΠΛΙΣΜΟ. ΧΑΛΥΒΔΙΝΟΣ ΘΕΡΜΑ ΕΠΙΨΕΥΔΑΡΓΥΡΩΜΕΝΟΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΑ ΔΟΚΙΜΑΣΜΕΝΟΣ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ ΕΥΡΩΠΑΙΚΟ ΠΡΟΤΥΠΟ ΕΛΟΤ EN 50164-1 Ο ΙΔΙΟΣ ΣΦΙΓΚΤΗΡΑΣ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΤΑΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΣΥΝΔΕΣΗ ΤΟΥ ΑΓΩΓΟΥ ΚΑΘΟΔΟΥ ΣΤΟΝ ΟΠΛΙΣΜΟ.
4	ΧΑΛΥΒΔΙΝΟΣ ΘΕΡΜΑ ΕΠΙΨΕΥΔΑΡΓΥΡΩΜΕΝΟΣ ΑΓΩΓΟΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ Φ10mm ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΑ ΔΟΚΙΜΑΣΜΕΝΟΣ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ ΕΥΡΩΠΑΙΚΟ ΠΡΟΤΥΠΟ ΕΛΟΤ EN 50164-2 . Ο ΑΓΩΓΟΣ ΚΑΘΟΔΟΥ ΕΓΚΙΒΩΤΙΖΕΤΑΙ ΕΝΤΟΣ ΤΩΝ ΥΠΟΣΤΗΛΩΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ.
5	ΧΑΛΥΒΔΙΝΟΣ ΘΕΡΜΑ ΕΠΙΨΕΥΔΑΡΓΥΡΩΜΕΝΟΣ ΣΦΙΓΚΤΗΡΑΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΤΑΙΝΙΑΣ ΓΕΙΩΣΗΣ ΜΕ ΥΠΟΔΟΧΗ ΓΕΙΩΣΗΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΑ ΔΟΚΙΜΑΣΜΕΝΟΣ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ ΕΥΡΩΠΑΙΚΟ ΠΡΟΤΥΠΟ ΕΛΟΤ EN 50164-1
6	ΟΡΕΙΧΑΛΚΙΝΗ ΥΠΟΔΟΧΗ ΓΕΙΩΣΗΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΑ ΔΟΚΙΜΑΣΜΕΝΗ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ ΕΥΡΩΠΑΙΚΟ ΠΡΟΤΥΠΟ ΕΛΟΤ EN 50164-1

Σχήμα 6.6: Λεπτομέρεια αναμονής ισοδυναμικών συνδέσεων εντός του χώρου του λεβητοστασίου και του φρεατίου ανελκυστήρα.



Σχήμα 6.7: Λεπτομέρεια σφικτήρα επιμήκυνσης χαλύβδινης θερμά επιψευδαργυρωμένης ταινίας

6.13 Υπολογισμός Αντίστασης Θεμελιακής Γείωσης

Το μήκος της περιμέτρου της γείωσης στα θεμέλια του κτιρίου είναι $l = 76\text{m}$.

Κατά μήκος της περιμέτρου έχει τοποθετηθεί ταινία από θερμά επιψευδαργυρωμένο χάλυβα διαστάσεων $30 \times 3\text{mm}$.

Το ισοδύναμο πάχος του αγωγού γείωσης δίνεται από τον τύπο:

$$(6.26) \quad d = \sqrt{\frac{4A}{\Pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 3 \times 30}{3,14}} = 10,7\text{mm}$$

Η αντίσταση του γειωτή δίνεται από τον παρακάτω τύπο:

$$(6.27) \quad R_A = \frac{P}{\pi d} \ln \frac{2l}{d}$$

όπου $P = 100\Omega$ ειδική αντίσταση για υγρό έδαφος. Επιλέγεται το P για υγρό έδαφος, καθώς το κτίριο βρίσκεται στο Μοσχάτο Αττικής, όπου η στάθμη υπογείων υδάτων είναι υψηλή, άρα αναμένεται υγρό υπέδαφος.

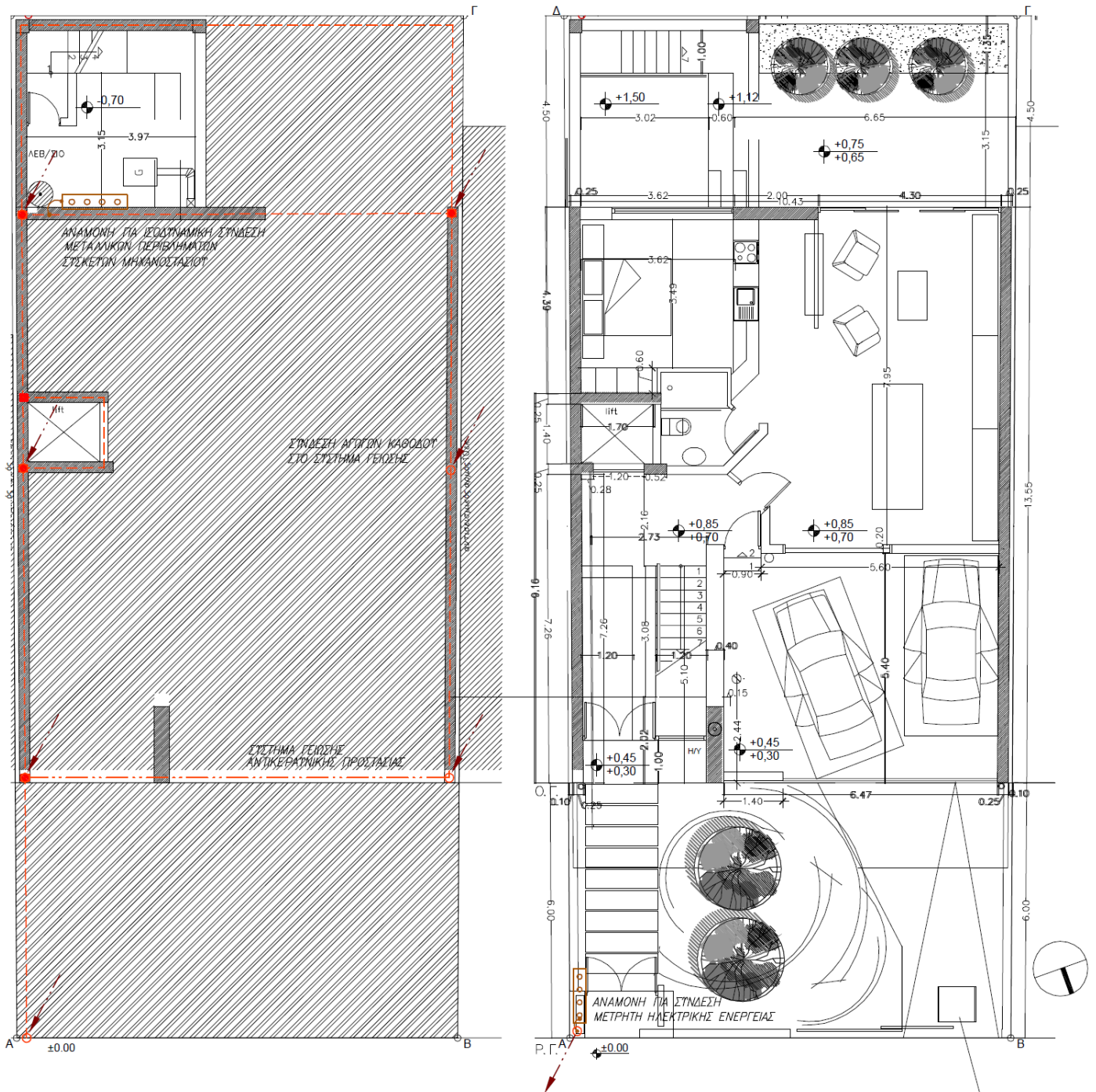
Συνεπώς,

$$(6.28) \quad R_A = \frac{100}{3,14 \times 76} \ln \frac{2 \times 76}{10,7}$$

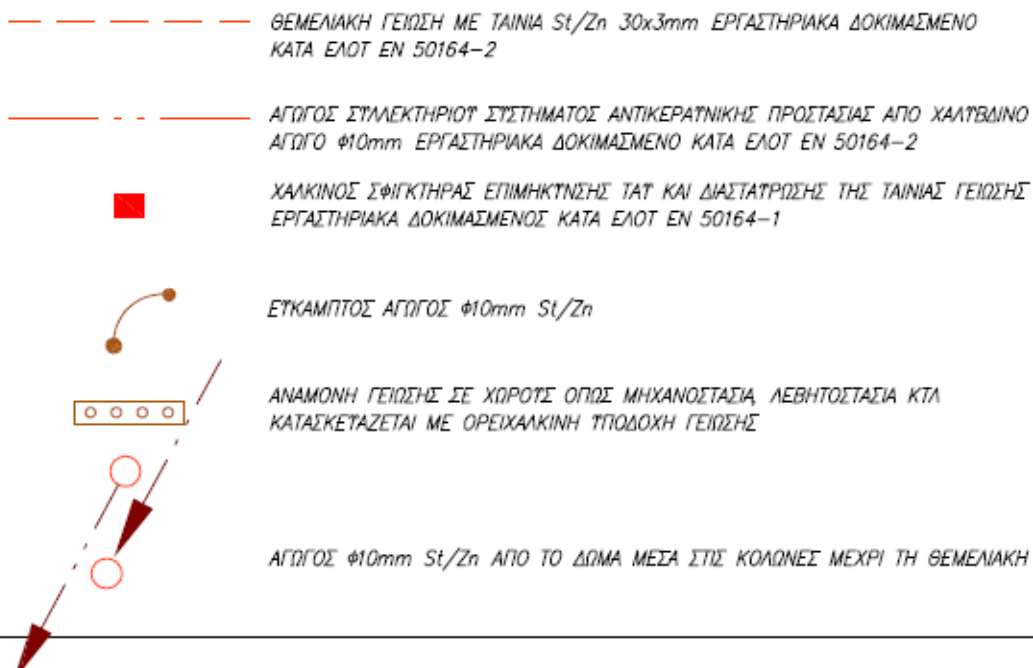
$$(6.29) \quad R_A = 1,11 \Omega$$

Από τον παραπάνω υπολογισμό προκύπτει ότι η αναμενόμενη αντίσταση του συστήματος είναι $1,1 \Omega < 10 \Omega$, συνεπώς είναι δυνατή η σύνδεση του συστήματος αντικεραυνικής προστασίας.

6.14 Σχέδια κατόψεων



ΥΠΟΜΝΗΜΑ ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΩΝ



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Π. Ντοκόπουλος, “Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις Καταναλωτών”, Εκδόσεις ΖΗΤΗ , Α’ Έκδοση 2005.
- [2] Δ.Κ. Τσανάκας, “Η ασφάλεια των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων”, Ημερίδα «Κανονισμός Εσωτερικών Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων -Πρότυπο ΕΛΟΤ HD384», Αθήνα 15.11.05.
- [3] Γ. Σαρρής, “13+1 ηλεκτροπληξίες”, Περιοδικό «ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΣ», Τεύχος Οκτωβρίου 2008.
- [4] Χ. Γ. Κουτρούλης, “Ασφαλείς ηλεκτρικές εγκαταστάσεις”
- [5] <http://portal.tee.gr/portal/>, Φ.Γ. Πετκάκη, “Ηλεκτροπληξία, Κίνδυνοι- Προστασία”, Θεσσαλονίκη 2001
- [6] <http://www.copper.org.gr/contents.asp?category=60&id=306>
- [7] <http://www.elemko.gr/documents/earthings.asp>
- [8] <http://www.eetemher.gr/bio/ptixiakas/greg/Mhxanourgio/Basiko%20eggrafo%20mhxanourgiou%204.htm>
- [9] Δ. Βάρλα, Διπλωματική εργασία «Υπολογιστική Μελέτη Συστημάτων Γείωσης», Αθήνα, Οκτώβριος 2004
- [10] Ε. Α. Κούρνη, Διπλωματική εργασία «Μελέτη της μεταβολής της αντίστασης γείωσης με χρήση τεχνητών νευρωνικών δικτύων», Αθήνα, Μάρτιος 2011
- [11] http://el.wikipedia.org/wiki/Ηλεκτρικη_Αγωγιμοτητα
- [12] Ελληνικό Πρότυπο κατά ΕΛ.Ο.Τ HD384, «Απαιτήσεις για ηλεκτρικές εγκαταστάσεις» , Μάρτιος 2004
- [13] Γ. Σαρρής, “Από τον Κανονισμό του ΚΕΗΕ του 1955, έως το πρότυπο ΕΛΟΤ HD384 2004”, Περιοδικό «ΤΕΧΝΙΚΟ ΒΗΜΑ», ΕΕΤΕΜ.
- [14] Χ. Κατσάνος «Θέματα Εσωτερικών Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων που άπτονται της λειτουργίας της ΔΕΗ», ΤΕΕ, Ημερίδα με θέμα «Κανονισμοί Εσωτερικών Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων – Πρότυπο ΕΛΟΤ HD384», Μάιος 2005
- [15] Δ. Κόκκινος, «Θεμελιακή Γείωση», Εκδόσεις ΕΛΕΜΚΟ, 2^η Έκδοση, Ιούνιος 2006

- [16] Γ. Τρασανίδης, «Θεμελιακές Γειώσεις-Νομοθετικό, Κανονιστικό Πλαίσιο, Μέτρηση και Υπολογισμοί», ΗΜΕΡΙΔΑ ΣΜΗΒΕ, ΔΕΗ, Μάιος 2009.
- [17] Χ. Λιτσεσελίδης, «Υπολογισμός Ρευμάτων Βραχυκύκλωσης με βάση τους κανονισμούς IEC 60909», Διπλωματική Εργασία Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο, Θεσσαλονίκη 2004
- [18] Ε. Δ. Γαϊτάνου, «Μοντελοποίηση και Ανάλυση λειτουργίας αυτόνομου ηλεκτρικού συστήματος Νήσου Ρόδου», Διπλωματική Εργασία Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Ιούλιος 2007
- [19] <http://imarinakis.mysch.gr/graound.htm>
- [20] «Αντικεραυνικός Κώδικας – Ισοδυναμική Προστασία & Θεμελιακή Γείωση», Εκδόσεις ΕΛΕΜΚΟ, Αθήνα 1992
- [21] Π. Πιττάς, «Θεμελιακή Γείωση – Τεχνική Περιγραφή – Σχεδιασμό-Υπολογισμοί», Τεχνικό Εγχειρίδιο
- [22] <http://www.elemko.gr/articles/article6.html>
- [23] <http://www.poupalos.gr/category/128/γειωση-αντικεραυνικα.html>
- [24] <http://www.sv8cyt.gr/γειωσεις.php>
- [25] <http://www.elemko.gr/companynews10.html>
- [26] ΠΟΣΕΗ, «Οδηγός Ηλεκτρολόγου», Σεπτέμβριος 1996
- [27] Δ. Μπάρλας, «Προδιαγραφές Ηλεκτρομηχανολογικών Εγκαταστάσεων Νοσοκομείων», Ιούλιος 2001
- [28] Κατάλογος εξαρτημάτων αντικεραυνικής προστασίας, ΕΛΕΜΚΟ
- [29] Κατάλογος απαγωγών κρουστικών υπερτάσεων, ΕΛΕΜΚΟ

Πειραιάς

Φεβρουάριος - 2012