

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Αριθμός 1327

**ΜΕΘΟΔΟΙ ΓΕΙΩΣΕΩΝ ΚΑΙ ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΗ
ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ ΠΑΡΚΩΝ**

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ:

ΠΑΝΑΓΟΠΟΥΛΟΣ ΜΙΧΑΗΛ

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ:

ΚΑΡΕΛΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

ΠΑΤΡΑ ΜΑΙΟΣ 2013

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η αντικεραυνική προστασία είναι απολύτως αναγκαία στα φωτοβολταϊκά πάρκα διότι λόγω των απομακρυσμένων σημείων που συνήθως εγκαθίστανται, της έκτασης που καλύπτουν αλλά και των ευαίσθητων ηλεκτρικών κυκλωμάτων, τα φωτοβολταϊκά συστήματα είναι πολύ ευάλωτα στα κεραυνικά πλήγματα και επομένως έχουν αυξημένο κίνδυνο αφενός να υποστούν μερική ή ολική καταστροφή και αφετέρου να προκαλέσουν σοβαρές ζημιές στο περιβάλλον και στον άνθρωπο. Εκτός αυτού, υπάρχει κίνδυνος να καταστραφούν εξαιτίας των εισερχόμενων υπερτάσεων (από το δίκτυο της ΔΕΗ με το οποίο συνδέονται) που προκαλούνται ύστερα από ένα χτύπημα κεραυνού. Μέσω των αγωγών του δικτύου οι υπερτάσεις μεταφέρονται στα ηλεκτρικά κυκλώματα του Φ/Β συστήματος προκαλώντας σημαντικές ζημιές.

Για τους λόγους αυτούς και δεδομένου ότι η χώρα μας έχει τον υψηλότερο δείκτη καταιγίδων της Ευρώπης, η εγκατάσταση Συστημάτων Αντικεραυνικής Προστασίας (ΣΑΠ) κρίνεται απαραίτητη.

Βασικό μέρος ενός ΣΑΠ είναι το σύστημα της γείωσης. Σκοπός του συστήματος αυτού είναι να διαχέει το ρεύμα του κεραυνού στο έδαφος μέσω των ηλεκτροδίων γείωσης, χωρίς να αναπτύσσονται επικίνδυνες υπερτάσεις, καθώς και να αναχαιτίζει τον κεραυνό σε περίπτωση επιφανειακής διάσπασης του εδάφους.

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία περιγράφονται τα είδη γείωσης που γενικά χρησιμοποιούνται και πως αυτά προσαρμόζονται και συνεργάζονται με τα ΣΑΠ που εγκαθίστανται στα φωτοβολταϊκά πάρκα και ακολούθως αναλύονται τα εξαρτήματα που χρησιμοποιούνται τόσο για το σύστημα γείωσης όσο και για το ΣΑΠ και ο τρόπος με τον οποίο τα εξαρτήματα αυτά συνεργάζονται μεταξύ τους με στόχο το μεγαλύτερο βαθμό προστασίας και αξιοπιστίας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	I
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	2
Είδη και εξαρτήματα γειώσεων.....	2
1.1 Ανάγκη κατασκευής γείωσης	2
1.2 Διάταξη γείωσης	2
1.3 Είδη γειώσεων	4
1.3.1 Γείωση λειτουργίας	4
1.3.2 Γείωση προστασίας	4
1.3.3 Γείωση ασφαλείας	5
1.4.4 Γείωση των εκτιθέμενων μεταλλικών μερών μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης (Ηλεκτρολογική γείωση)	5
1.5 Γειωτές	7
1.5.1 Είδη γειωτών	7
1.6 Περιμετρική γείωση (Περιμετρικό ηλεκτρόδιο γείωσης κατά ΕΛΟΤ)	12
1.7 Θεμελιακή γείωση (Ηλεκτρόδιο θεμελιακής γείωσης κατά ΕΛΟΤ)	13
1.7.1 Τοποθέτηση θεμελιακού γειωτή	14
1.7.2 Πλεονεκτήματα της θεμελιακής γείωσης	15
1.9 Συστήματα σύνδεσης των γειώσεων κατά ΕΛΟΤ HD 384	21
1.10 Ουδετέρωση (TN)	23
1.11 Αμεση γείωση (TT)	24
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	25
Γειώσεις σε Βιομηχανικά κτίρια και κατοικίες	25
2.1 Γείωση Υποσταθμού	25
2.2 Γείωση των μεταλλικών στοιχείων Μέσης Τάσης (Μ.Τ)	26
2.3 Γείωση Ουδέτερου κόμβου (γείωση λειτουργίας)	26
2.4 Κατασκευή γείωσης σε Υποσταθμό	27
2.5 Στην περίπτωση που στους βιομηχανικούς-επαγγελματικούς χώρους και κτίρια δεν υπάρχει υποσταθμός	27
2.6 Γείωση Ηλεκτρολογικού Ζεύγους (H/Z)	27

2.7	Γείωση μονάδων αδιάλειπτης λειτουργίας (UPS)	28
2.8	Γείωση Συστήματος Αντικεραυνικής Προστασίας (ΣΑΠ)	28
2.8.1	Εξωτερικό ΣΑΠ	28
2.8.2	Εσωτερικό σύστημα Αντικεραυνικής Προστασίας	31
2.8.3	Επιθεώρηση αντικεραυνικής γείωσης	34
2.9	Γείωση ιδιαίτερα ευαίσθητων ηλεκτρονικών συσκευών και δικτύων τηλεματικής ("Καθαρή γείωση")	35
2.10	Γείωση τηλεφωνικού κέντρου	35
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – Ενοποίηση των γειώσεων.....		36
3.1	Άμεση σύνδεση γειώσεων και ισοδυναμικών συνδέσεων	37
3.2	Έμμεση σύνδεση γειώσεων και ισοδυναμικών συνδέσεων με απαγωγούς κρουστικών υπερτάσεων	37
3.3	Ισοδυναμικές συνδέσεις	40
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....		45
Αντικεραυνική Προστασία Φωτοβολταϊκού Πάρκου		45
4.1	Ζημιές και απώλειες Φ/Β συστημάτων από κεραυνούς	45
4.2	Βασικός εξοπλισμός Φωτοβολταϊκών (Φ/Β) Πάρκων	45
4.2.1	Φωτοβολταϊκοί συλλέκτες	46
4.2.2	Inverter	46
4.2.3	Οικίσκος Υ/Σ	46
4.3	Αντικεραυνική προστασία στον Υ/Σ του Φ/Β πάρκου	46
4.4	Αντικεραυνική Προστασία του inverter	51
4.5	Αντικεραυνική Προστασία του πάρκου - Εξωτερικό Σύστημα Αντικεραυνικής Προστασίας (ΣΑΠ) Φ/Β πάρκου	52
4.6	Αντικεραυνική Προστασία των Συλλεκτών	54
4.6.1	Συλλέκτες με σταθερές βάσεις και χρήση απαγωγών υπέρτασης για την προστασία του Inverter, του γενικού πίνακα και του Data Box	54
4.6.2	Συλλέκτες με σταθερές βάσεις και χρήση απαγωγού υπέρτασης συνδυαστικού τύπου	55
4.6.3	Συλλέκτες με tracker	56
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ		58

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ένα κοινό μέτρο προστασίας το οποίο εφαρμόζεται σε όλες τις εγκαταστάσεις είναι οι γειώσεις. Οι γειώσεις καθορίζουν αν μία ηλεκτρολογική εγκατάσταση είναι επιτυχής. Με την βοήθεια των γειώσεων, «οδηγούμε» τυχόν ρεύματα που δημιουργούνται από βραχυκυκλώματα και μικροδιαρροές προς την γη, εξασφαλίζοντας έτσι και διατηρώντας την ασφάλεια των ατόμων στο χώρο αυτό. Υπάρχουν διάφορα είδη γειώσεων και η επιλογή της κατάλληλης γείωσης γίνεται ανάλογα με το είδος της εγκατάστασης και τα πιθανά αίτια ηλεκτροπληξίας που μπορεί να εμφανιστούν σε αυτή. Ως πιθανά αίτια ηλεκτροπληξίας θεωρούνται η βηματική τάση, η τάση επαφής ή η προσέγγιση προς ηλεκτροφόρα τμήματα ή καλώδια, λόγω πιθανών υπερπηδήσεων τόξου. Ο τρόπος πρόκλησης ατυχημάτων και το αποτέλεσμα με θύμα του ανθρώπινου οργανισμό διαφέρει στην χαμηλή τάση από την μέση και υψηλή τάση.

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

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

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Είδη και εξαρτήματα γειώσεων

1.1 Ανάγκη κατασκευής γείωσης

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

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

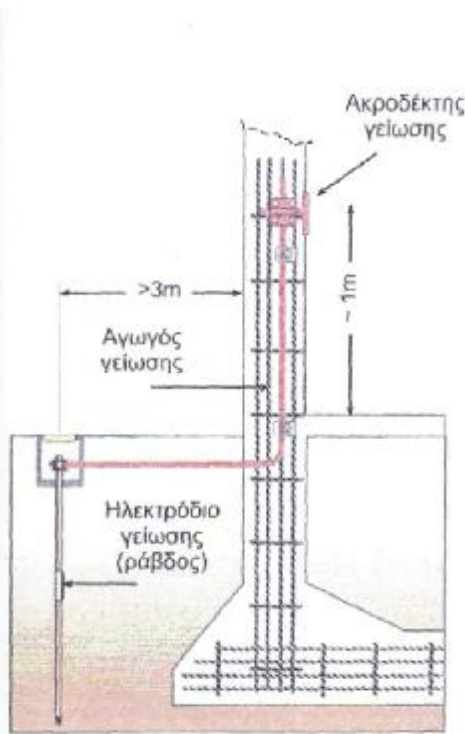
Ένα παράδειγμα για να γίνει κατανοητός ο κίνδυνος του αγείωτου δικτύου θα μπορούσε να είναι το εξής. Στην περίπτωση καταστροφής της ηλεκτρικής μόνωσης μιας συσκευής η οποία είναι αγείωτη, δεν θα τηχθεί η ασφάλεια της γραμμής που τροφοδοτεί με ρεύμα τη συσκευή διότι δεν προκαλείται διαρροή ρεύματος προς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

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

1.2 Διάταξη γείωσης

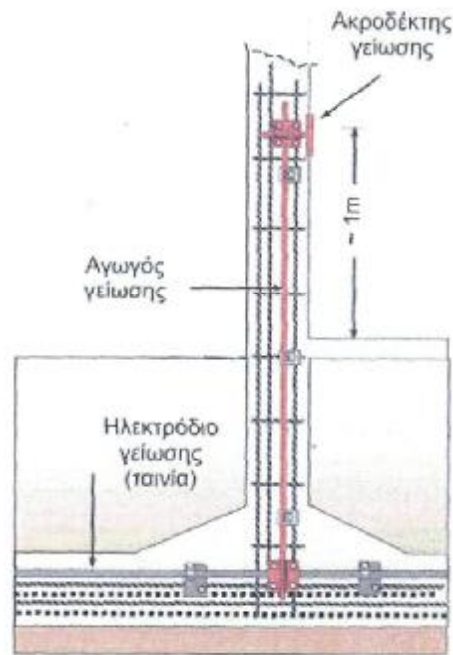
Μια διάταξη γείωσης αποτελείται από:

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



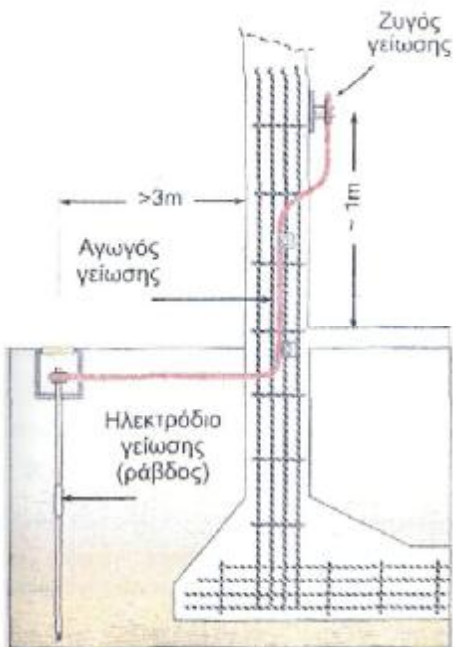
Εικόνα 1.1:

Διάταξη γείωσης με κατακόρυφο ηλεκτρόδιο εντός του εδάφους και ακροδέκτη γείωσης



Εικόνα 1.2:

Διάταξη γείωσης με το ηλεκτρόδιο ράβδου εγκιβωτισμένο στο θεμέλιο και ακροδέκτη γείωσης



Εικόνα 1.3:

Διάταξη γείωσης με κατακόρυφο ηλεκτρόδιο ηλεκτρόδιο ράβδου εντός του εδάφους και ζυγό γείωσης



Εικόνα 1.4:

Διάταξη γείωσης με το εγκιβωτισμένο στο θεμέλιο και ζυγό γείωσης

1.3 Είδη γειώσεων

1.3.1 Γείωση λειτουργίας

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

§ Παροχή χαμηλής τάσης (στον κόμβο του αστέρα ενός μετασχηματιστή (M/Σ)), ενός ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους (H/Z) εφεδρικής παροχής, σε μια μονάδα αδιάλειπτης λειτουργίας (U.P.S).

§ Τηλεφωνικά κέντρα.

§ Δίκτυα Τηλεματικής.

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

1.3.2 Γείωση προστασίας

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

§ Μεταλλικά στοιχεία μέσης και χαμηλής τάσης (Υποσταθμού), καταναλωτών, ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους (H/Z), συστημάτων αδιάλειπτης εφεδρικής λειτουργίας (U.P.S.) κ.λπ.

§ Αντικεραυνική προστασία (αλλιώς γείωση ασφαλείας).

§ Αντιστατική γείωση (Ηλεκτροστατική εκφόρτιση).

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

1. Άμεση γείωση: Με απ' ευθείας αγωγήμη σύνδεση στο σύστημα γείωσης (πλάκα γείωσης, ηλεκτρόδιο, πλέγμα κλπ)
2. Ουδετέρωση: Η αγωγήμη σύνδεση με τον ουδέτερο αγωγό ή άλλο γειωμένο αγωγό φάσης δικτύου.
3. Χρήση διακόπτη διαφυγής: Γίνεται αυτόματη απομόνωση του προβληματικού μέρους τη εγκατάστασης.

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

1.4.1.1 Κύρια μέτρα προστασίας (κύριες ισοδυναμικές συνδέσεις)

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

1.4.1.2 Πρόσθετα μέτρα προστασίας (συμπληρωματικές ισοδυναμικές συνδέσεις)

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

1.3.3 Γείωση ασφαλείας

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

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

Όλα τα παραπάνω είδη γειώσεων συνήθως συνυπάρχουν σε μία εγκατάσταση. Σκοπός του εγκαταστάτη μηχανικού είναι, αν είναι βέβαια δυνατόν, αυτές οι γειώσεις να καταλήγουν στο ίδιο ηλεκτρόδιο γείωσης στην εγκατάσταση. Αυτό επιτυγχάνεται συνήθως αλλά υπό συνθήκες οι οποίες θα εξεταστούν παρακάτω.

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

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

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

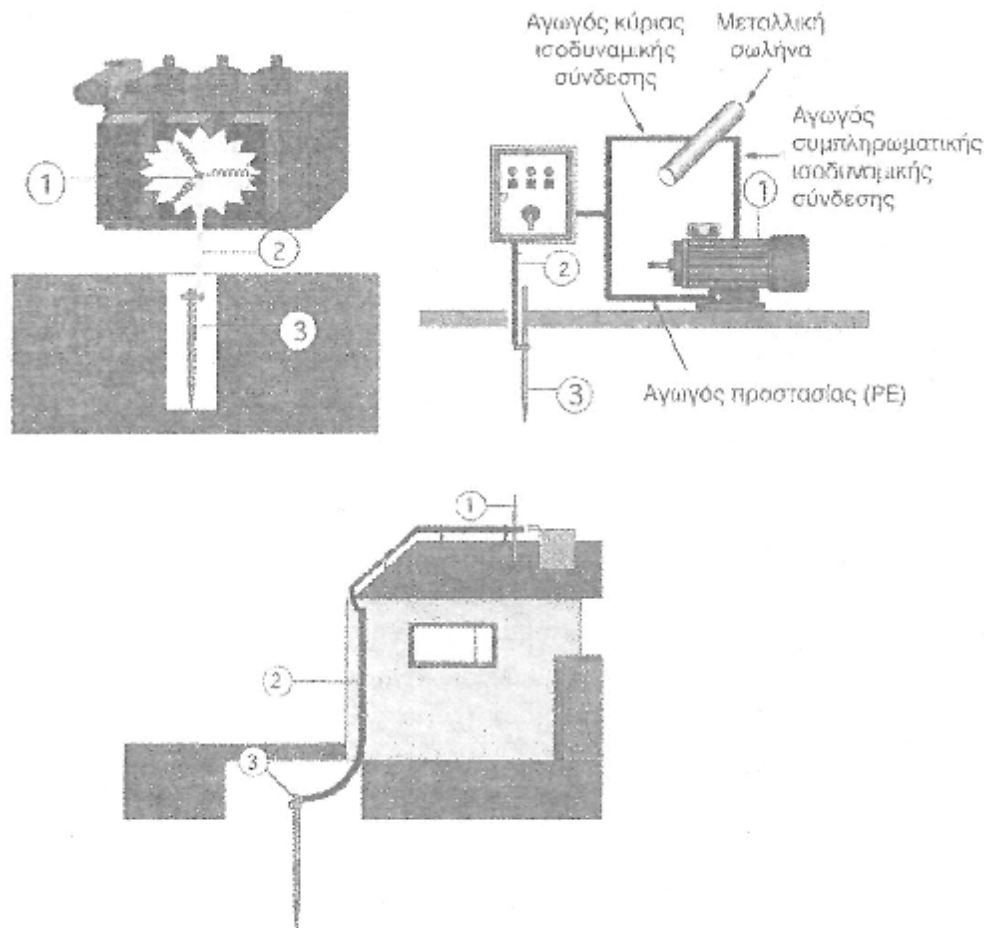
Για χώρους οι οποίοι είναι εκτεθειμένοι σε κινδύνους πυρκαγιάς, εκρήξεων κ.λ.π., θα πρέπει να γίνεται σε τακτά χρονικά διαστήματα, τουλάχιστον ανά έτος. Σύμφωνα πάντα με τους ΚΕΗΕ, θα πρέπει να δίδεται ιδιαίτερη σημασία στην διατήρηση των γειώσεων σε καλή κατάσταση. Ο έλεγχος δεν θα πρέπει να περιορίζεται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

Γίνεται ιδιαίτερη αναφορά για οπτικούς ελέγχους για την καταλληλότητα των διατομών των αγωγών - καλωδίων, τη σωστή ρύθμιση των διατάξεων προστασίας, την καταλληλότητα των υλικών την αναγνώριση του ουδετέρου και του αγωγού γείωσης σε όλη την ηλεκτρική εγκατάσταση, την ύπαρξη σχεδίων, πυροφραγμάτων, κ.λ.π. Για το σύστημα σύνδεσης των γειώσεων TN, απαιτείται η μέτρηση της

σύνθετης αντίστασης του βρόχου σφάλματος ή την μέτρηση της αντίστασης των αγωγών προστασίας, εκτός και αν έχουν πραγματοποιηθεί οι κατάλληλοι υπολογισμοί και μπορούν να επαληθευθούν μέσα στην εγκατάσταση τα μήκη και οι διατομές των αγωγών προστασίας, οπτικός έλεγχος και δοκιμή r.c.d's. Για το σύστημα σύνδεσης των γειώσεων TT, απαιτείται η μέτρηση της αντίστασης της γείωσης των εκτεθειμένων μεταλλικών μερών, οπτικός έλεγχος και δοκιμή των r.c.d's, εξακρίβωση της συνέχειας των αγωγών προστασίας.

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

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



Εικόνα 1.5: Τα βασικά σημεία της γείωσης

- Σημείο 1:** Σημείο που μας ενδιαφέρει να έχει το ίδιο δυναμικό με τη γη.
- Σημείο 2:** Αγωγός γείωσης. Είναι η αγωγίμος σύνδεση μέσω της οποίας το σημείο 1 θα έρθει σε επαφή με τη γη. Στο παράδειγμα του κινητήρα, ως αγωγός προστασίας (PE) θεωρείται ο αγωγός από το σασί του κινητήρα έως τον ηλεκτρικό πίνακα ενώ ως αγωγός γείωσης από τον

πίνακα έως τον γειωτή. Σε άλλες περιπτώσεις τη θέση του πίνακα μπορεί να πάρει ένας ισοδυναμικός ζυγός.

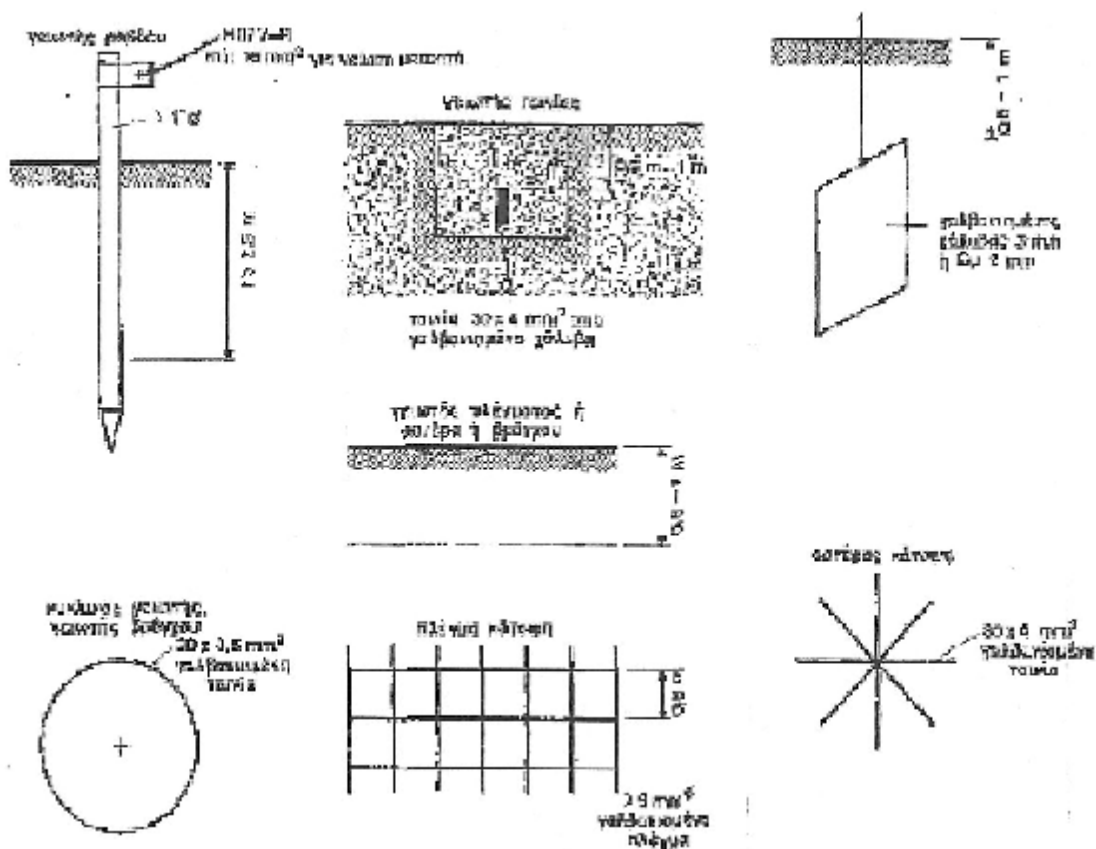
Σημείο 3: Γειωτής (ηλεκτρόδιο). Είναι ένας ή περισσότεροι αγωγοί κάποιου γεωμετρικού σχήματος οι οποίοι τοποθετούνται μέσα στο έδαφος προκειμένου να εξασφαλίσουν την καλύτερη δυνατή επαφή με τη γη και κατά συνέπεια την αποτελεσματικότερη διάχυση του ρεύματος σφάλματος στη γη.

1.5 Γειωτές

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

1.5.1 Είδη γειωτών

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

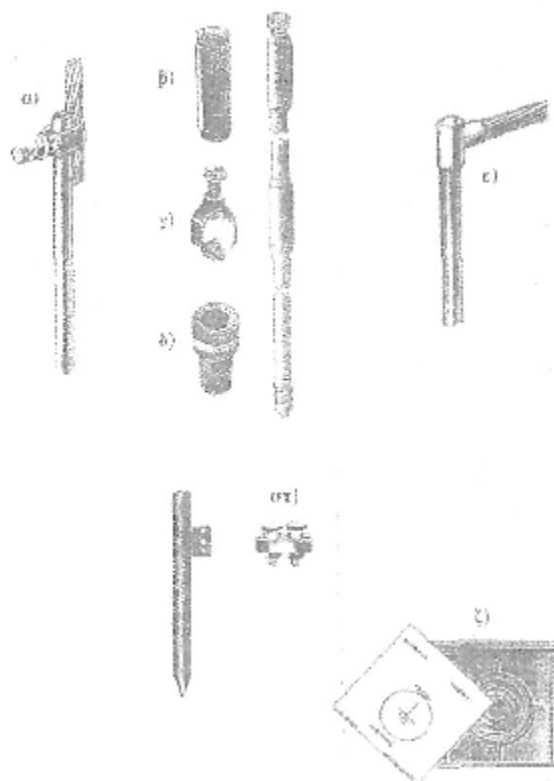


Εικόνα 1.6: Είδη γειωτών

1.5.1.1 Ραβδοειδής γειωτής

Ράβδος κυκλικής διατομής ή διατομής σταυρού, διαφόρων μηκών. Καρφώνονται κατακόρυφα στο έδαφος. Το άνω μέρος της ράβδου (περίπου 25cm), μπαίνει συνήθως σε φρεάτιο έτσι ώστε το σημείο σύνδεσής της με τον αγωγό γείωσης να είναι επισκέψιμο. Η πμή της αντίστασης της γείωσης που επιτυγχάνεται με τη χρήση ραβδοειδή γειωτή μειώνεται όσο μεγαλώνει το μήκος της ράβδου που τοποθετείται εντός του εδάφους, ενώ η διάμετρος της επιδρά ελάχιστα. Υπάρχουν τρία είδη ραβδοειδών γειωτών:

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



Εικόνα 1.7: Ραβδοειδής γειωτές και εξαρτήματα αυτών

- A) Σύνδεση ραβδοειδή γειωτή κυκλικής διατομής και αγωγού γείωσης με κοχλιωτό σφικτήρα
- B) Σύνδεσμος επιμήκυνσης ραβδοειδούς γειωτή κυκλικής διατομής
- Γ) Κοχλιωτός σφικτήρας
- Δ) Επικρουστήρας
- E) Σύνδεση ραβδοειδούς γειωτή κυκλικής διατομής και αγωγού γείωσης και με αλουμινοθερμική συγκόλληση
- ΣΤ) Σφικτήρας σύνδεσης ραβδοειδούς γειωτή διατομής σταυρού-αγωγού γείωσης
- Z) Φρεάτιο γείωσης, φέρει ανάγλυφο και ανεξίτηλο το σήμα της γείωσης

1.5.1.2 Γειωτής πλάκας

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

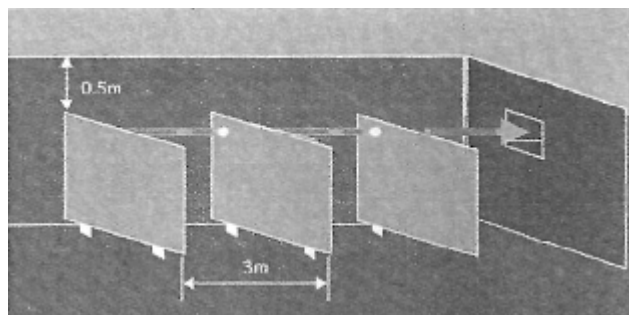
Η γείωση με γειωτές υπό μορφή πλάκας κατασκευάζεται από πλάκες οι οποίες τοποθετούνται σε τυχαία διάταξη. Η απόσταση μεταξύ τους συνίσταται να είναι τουλάχιστον 3 mm. Η σύνδεση μεταξύ των πλακών συνήθως γίνεται με χάλκινο αγωγό διατομής 50 mm² ή χαλύβδινο θερμά επιψευδαργυρωμένο διαμέτρου $\Phi 10$ mm για χάλκινες και χαλύβδινες θερμά επιψευδαργυρωμένες πλάκες αντίστοιχα.

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

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

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

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



Εικόνα 1.8: Γείωση με πλάκες

1.5.1.3 Γειωτής ακτινικός

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

1.5.1.4 Γειωτής πλέγματος

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

1.5.1.5 Γειωτής ταινίας

Ο γειωτής τύπου ταινίας αποτελείται από χαλκό ή θερμά επιψευδαργυρωμένο χάλυβα με ελάχιστη επιψευδαργύρωση 70 μm, τοποθετείται δε κάθετα σε μικρό βάθος μέσα στο έδαφος, από 50 έως 70 cm περίπου. Η τιμή της αντίστασης της γείωσης που επιτυγχάνεται με τη χρήση του συγκεκριμένου γειωτή μειώνεται όσο μεγαλώνει το μήκος του γειωτή που βρίσκεται εντός του εδάφους. Εναλλακτικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί αγωγός κυκλικής διατομής, αλλά συνήθως λόγω της μικρότερης επιφάνειας επαφής του με το έδαφος, η μετρούμενη τιμή αντίστασης γείωσης κυμαίνεται σε υψηλότερα επίπεδα από την αντίστοιχη της ταινίας ισοδύναμου διατομής. Τέλος, σύμφωνα με τους κανονισμούς ΚΕΗΕ, παρ' ότι επιτρέπεται η χρήση του συρματόσχοινου ως αντικατάσταση του γειωτή ταινίας δεν συνιστάται γιατί διαβρώνεται εύκολα. Για τον ίδιο λόγο δεν το συνιστούν οι κανονισμοί VDE 100.

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

Ταινία χαλύβδινη θερμά επιψευδαργυρωμένη. Οι συνήθεις διαστάσεις της είναι 30 x 3mm, 30 x 3.5 mm, 40 x 4mm.

Η ταινία ή σπανιότερα ο αγωγός κυκλικής διατομής για τους λόγους που ήδη αναφέραμε, τοποθετείται, είτε σε ευθύγραμμα τμήματα περιορισμού μήκους ή σε συνδυασμό Β ευθυγράμμων τμημάτων επίσης περιορισμένου μήκους, δημιουργώντας σχήματα όπως π.χ. το "πόδι της χήνας" υπό την έννοια ότι τρία ευθύγραμμα τμήματα ξεκινούν από το ίδιο σημείο και βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο (εντός εδάφους) σε γωνία 45⁰ περίπου το ένα ως προς το άλλο.

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

1.5.1.6 Γειωτής τύπου "Ε"

Ο γειωτής "Ε" αποτελείται ουσιαστικά από δύο στοιχεία. Το πρώτο είναι μορφής "Π" και το δεύτερο μορφής "Γ". Τα δύο στοιχεία συναρμολογούνται με μεταλλικές γωνίες και κοχλίες- περικόχλια Μ8 ανοξείδωτα τύπου Α2.

Κατασκευάζεται από καθαρό ηλεκτρολυτικό χαλκό ή χάλυβα θερμά επιψευδαργυρωμένο. Ο γειωτής τύπου "Ε" μπορεί να επεκταθεί με περισσότερα στοιχεία "Γ". Η τιμή της αντίστασης γείωσης μειώνεται όσο προστίθενται στοιχεία "Γ".

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

Περιτύλιξη του αγωγού γείωσης με PVC ή θερμοσυστελόμενη σωλήνα μήκους 20 cm περίπου πριν την έξοδό του από το έδαφος ή το σκυρόδεμα και 20 cm περίπου μετά, θεωρείται απαραίτητη καθώς και πινακίδα σημάσεως του γειωτή αν δεν έχει τοποθετηθεί φρεάτιο επίσκεψης. Η διατομή του χάλκινου αγωγού γείωσης είναι 16mm^2 ή ισοδύναμης για χαλύβδινο θερμά επιψευδαργυρωμένο, για απλές κτιριακές εγκαταστάσεις.

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

1.6 Περιμετρική γείωση (Περιμετρικό ηλεκτρόδιο γείωσης κατά ΕΛΟΤ)

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

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

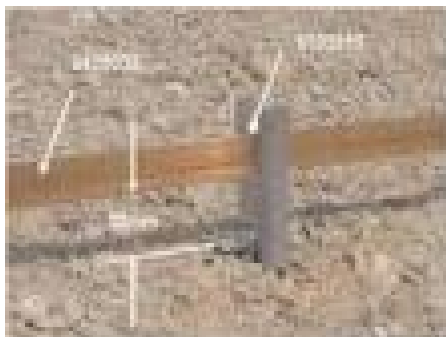
Η ταινία τοποθετείται στην ειδική εγκοπή που φέρουν οι ορθοστάτες, με τη μεγάλη της επιφάνεια κάθετη στην επιφάνεια του πυθμένα και σε απόσταση 5 cm απ' αυτή. Η τοποθέτηση αυτή εξασφαλίζει άριστη επαφή των επιφανειών της ταινίας με το υλικό επικάλυψης καθώς και τη λιγότερη δυνατή συγκράτηση υγρασίας,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

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

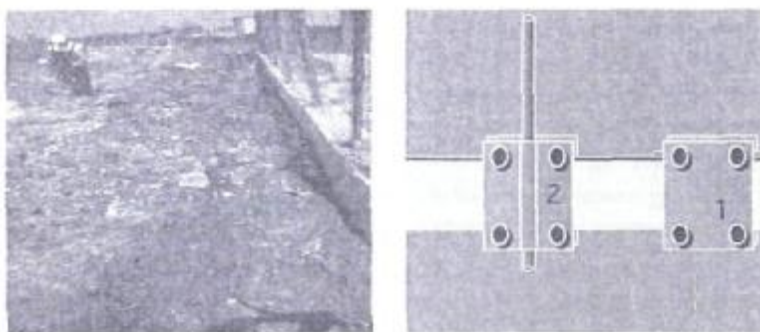
Ομοίως η σύνδεση της περιμετρικής ταινίας με τον αγωγό γείωσης θα πρέπει να γίνεται με ειδικό σύνδεσμο-σφικτήρα ιδίου υλικού με τα προς σύνδεση μέρη και όχι με τη χρήση κοχλιών ή περικοχλίων. Λόγω της μορφής της περιμετρικής γείωσης είναι εφικτό να αφεθούν αναμονές σε πολλαπλά σημεία αυτής, πράγμα που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

Περιτύλιξη του αγωγού γείωσης με PVC ή θερμοσυστελόμενη σωλήνα μήκους 20 cm

περίπου πριν την έξοδό του από το έδαφος ή το σκυρόδεμα και 20 cm περίπου μετά, θεωρείται απαραίτητη καθώς και πινακίδα σημάδεως του γειωτή αν δεν έχει τοποθετηθεί φρεάτιο επίσκεψης. Η διατομή του χάλκινου αγωγού είναι 16mm^2 ή ισοδύναμη για χαλύβδινο θερμά επιψευδαργυρωμένο, απλές κτιριακές εγκαταστάσεις.



Εικόνα 1.11: Τοποθέτηση Περιμετρικής Ταινίας



Εικόνα 1.12: Σύνδεση μέσω κατάλληλων σφιγκτήρων
1) Ταινίας - ταινίας (αρχή - τέλος), επιμήκυνσης
2) Ταινίας - αγωγού (αναμονές)

1.7 Θεμελιακή γείωση (Ηλεκτρόδιο θεμελιακής γείωσης κατά ΕΛΟΤ)

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

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

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

1.7.1 Τοποθέτηση θεμελιακού γειωτή

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

Η ταινία τοποθετείται με το πέρασ των εργασιών οπλισμού και πριν την έγχυση του σκυροδέματος. Συνίσταται το σκυρόδεμα να είναι αντοχής B 225 ή περιεκτικότητας 300 Kgr ανά M³. Πρέπει να τονισθεί ότι βάσει των κανονισμών ΚΕΝΕ το ελάχιστο πάχος επικάλυψης της ταινίας με σκυρόδεμα είναι 5 cm, προκειμένου να αποφευχθεί κάθε πιθανότητα διάβρωσης. Στη περίπτωση που υπάρχουν αρμοί διαστολής-συστολής θα πρέπει να γίνεται διακοπή της ταινίας και τα άκρα της να συνδέονται μέσω εύκαμπτης ταινίας η οποία τοποθετείται έξω από τον ξυλότυπο.

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

Ανάλογα με τη χρήση της θεμελιακής γείωσης και των διαστάσεων του κτιρίου επιλέγονται αναμονές από αγωγό συνήθως κυκλικής διατομής είτε χαλύβδινο θερμά επιψευδαργυρωμένο Φ8 mm είτε χάλκινο 50 mm², τουλάχιστον μια αναμονή για την περίπτωση ηλεκτρολογικής γείωσης και περισσότερες για την περίπτωση αντικεραυνικής γείωσης.

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

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

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

προσφέρει τα καλύτερα αποτελέσματα από την άποψη των ηλεκτρολογικών συνδέσμων αναβαθμίζει και τα κριτήρια αισθητικής του κτιρίου.

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

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

Στην περίπτωση όπου για λόγους υδατοστεγάνωσης της οικοδομής έχει χρησιμοποιηθεί κάτω από τα θεμέλια μονωτική μεμβράνη, δεν ενδείκνυται η θεμελιακή γείωση. Εναλλακτικά, μπορεί να γίνει τοποθέτηση χάλκινης ταινίας είτε χαλύβδινης θερμά επιψευδαργυρωμένης στον πυθμένα του ορύγματος θεμελίωσης του κτιρίου και έξω από τη μεμβράνη (προτιμάται η χάλκινη), επί ορθοστατών ανά 2m περίπου όπως θα κατασκευάζαμε μια περιμετρική γείωση ή να χρησιμοποιηθεί οποιοσδήποτε άλλος τρόπος γείωσης από τους περιγραφόμενους σε αυτό το κεφάλαιο. Ανάλογα με τη χρήση της θεμελιακής γείωσης (ηλεκτρολογική γείωση, αντικεραυνική γείωση κ.λπ.) και των διαστάσεων του κτιρίου, επιλέγεται τουλάχιστον μια αναμονή από αγωγό κυκλικής διατομής, χάλκινο για την περίπτωση χάλκινης περιμετρικής ταινίας και χαλύβδινο θερμά επιψευδαργυρωμένο $\Phi 10 \text{ mm}$ για την περίπτωση χαλύβδινης θερμά επιψευδαργυρωμένης περιμετρικής ταινίας. Κατά την άφιξη του αγωγού γείωσης στην επιφάνεια του εδάφους ο αγωγός ακολουθεί την πορεία της μεμβράνης (πάντα μεταξύ αυτής κ(χ) του εδάφους) έως το I τέλος της μεμβράνης. Σε αυτό το σημείο τοποθετείται πάνω από την μεμβράνη και οδηγείται είτε προς τον μετρητή της ΔΕΗ (ηλεκτρολογική γείωση), είτε προς τον ξυλότυπο κάποιας επιλεγμένης κολώνας με σκοπό να γεφυρωθεί με τον αγωγό $\Phi 8 \text{ mm}$ που θα έχει τοποθετηθεί σε αυτή κατά την κατασκευή του ξυλότυπου στην περίπτωση κατασκευής αντικεραυνικής γείωσης.

1.7.2 Πλεονεκτήματα της θεμελιακής γείωσης

Η θεμελιακή γείωση έναντι των άλλων γειώσεων παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα:

A. Χαμηλή τιμή αντίστασης γείωσης

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

B. Αντοχή στο χρόνο-Μηχανική προστασία

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

Γ. Εξάλειψη βηματικών τάσεων

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

Δ. Ισοδυναμικές συνδέσεις

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

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

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

Ε. Χαμηλό κόστος

Ένα άλλο σοβαρό πλεονέκτημα της θεμελιακής γείωσης είναι το χαμηλό της κόστος έναντι των άλλων τύπων γείωσης, λαμβάνοντας υπόψη ότι η σύγκριση θα πρέπει να γίνεται με το κοινό κριτήριο που είναι η επίτευξη της ίδιας "τιμής" της αντίστασης της γείωσης. Η εγκατάσταση μιας θεμελιακής γείωσης γίνεται σε ήδη υπάρχουσα εκσκαφή με αποτέλεσμα την ευκολία τοποθέτησής της, δίχως να απαιτείται ειδικός χώρος πράγμα που χρειάζεται για την τοποθέτηση συμβατικών τύπων γειωτών (ράβδοι, περιμετρική ταινία κ.λπ.).

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

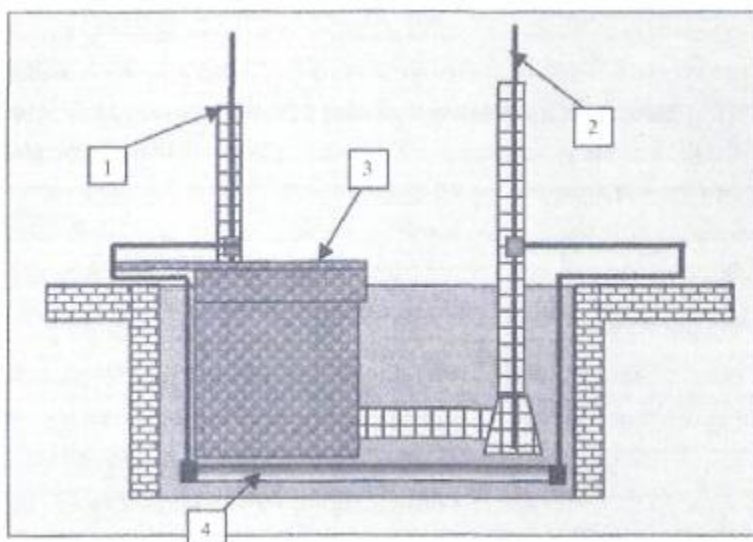
Σημαντικότερο πλεονέκτημα παρουσιάζει η χρήση ηλεκτροδίου θεμελιακής γείωσης όταν πρόκειται να γίνει χρήση του ταυτόχρονα ως ηλεκτρολογική και αντικεραυνική γείωση διότι κατά αυτό τον τρόπο:

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

Σύμφωνα με τους κανονισμούς ΚΕΗΕ, στην περίπτωση όπου το ηλεκτρόδιο θεμελιακής γείωσης πρόκειται να παρέχει ταυτόχρονα χρήση ως ηλεκτρολογική και αντικεραυνική γείωση, θα πρέπει για κάθε αγωγό καθόδου της αντικεραυνικής γείωσης να προβλεφθούν αγωγοί σύνδεσης μέσω ισοδυναμικού ζυγού με όλες τις μεταλλικές εγκαταστάσεις του κτιρίου π.χ. το δίκτυο ύδρευσης, θέρμανσης, τον αγωγό γείωσης των εκτεθειμένων μεταλλικών μερών της ηλεκτρικής εγκατάστασης.

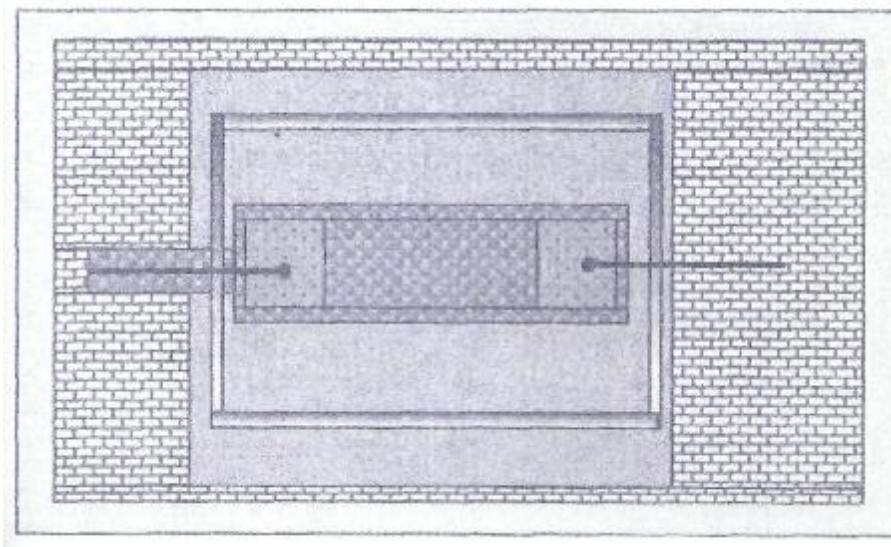
Για τους παρακάτω λόγους, η εγκατάσταση θεμελιακής γείωσης "πρέπει να εφαρμόζεται ως βασική γείωση προστασίας και λειτουργίας όπου αυτό απαιτείται σε όλες τις νέες ηλεκτρικές εγκαταστάσεις. Σε περίπτωση που οι απαιτήσεις γείωσης δεν καλύπτονται από τη θεμελιακή γείωση, τότε μπορούν να χρησιμοποιούνται,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

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



Εικόνα 1.13α

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

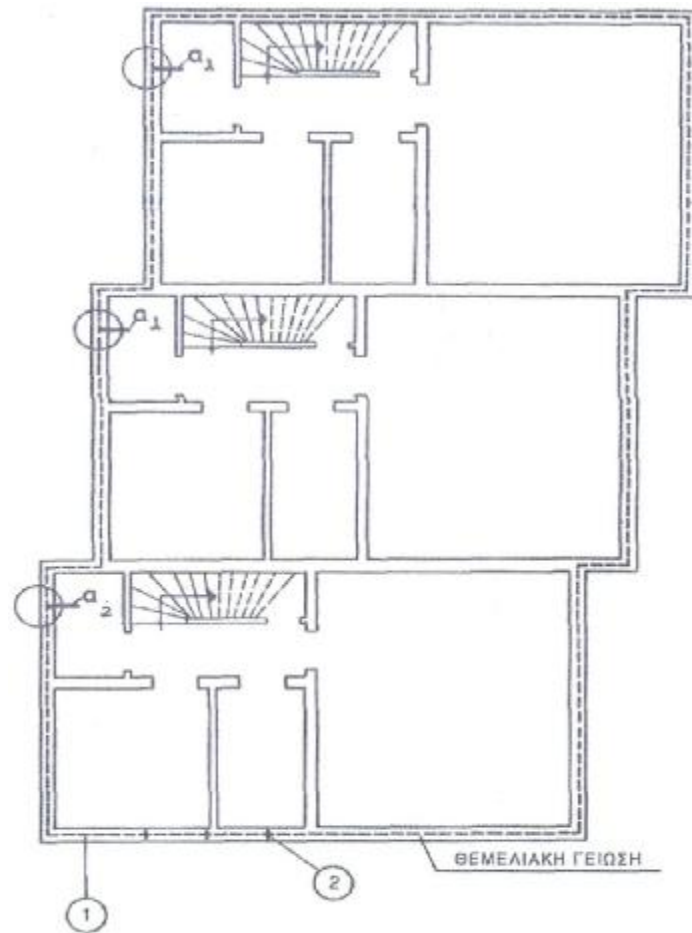


Εικόνα 1.13β



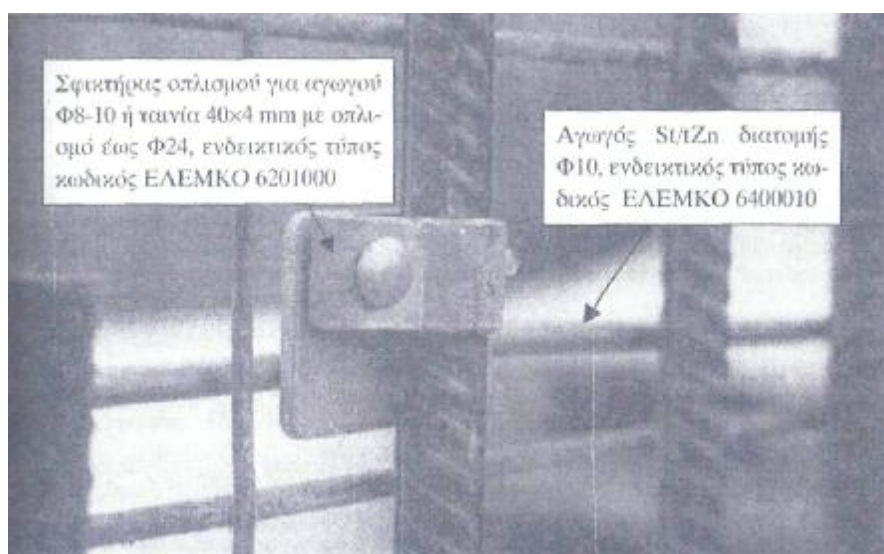
Εικόνα 1.13γ

Εικόνα 1.13: Μembrάνη υδατοστεγάνωσης (α. Τομή β. Κάτοψη γ.Υλικό)

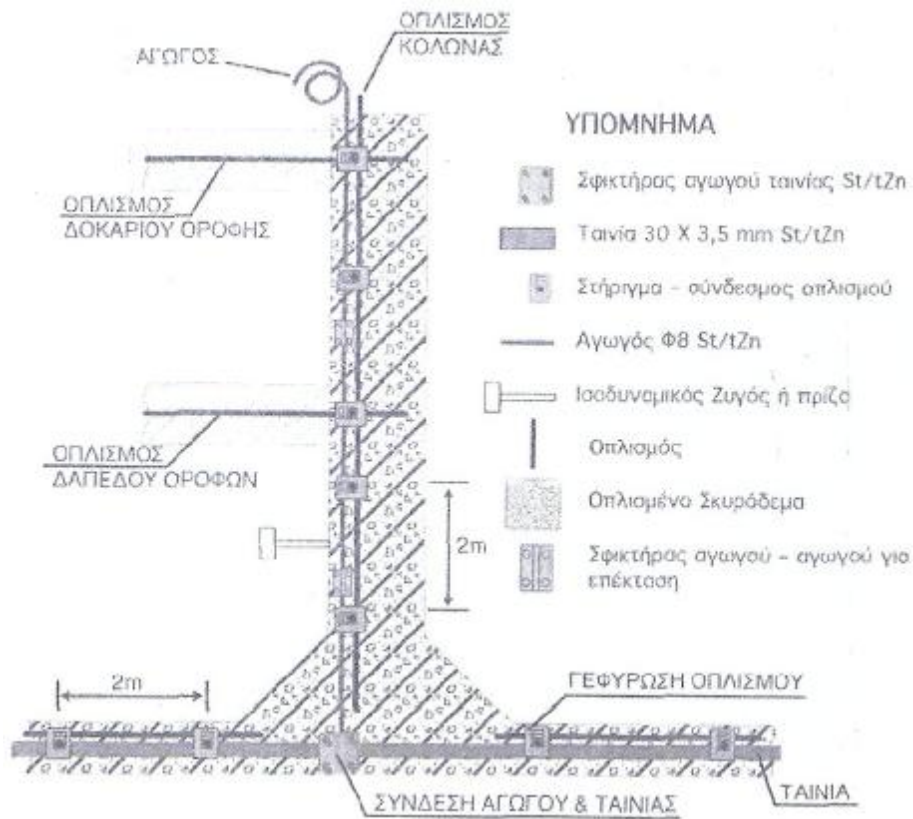


1. Ταινία
2. Σφιγκτήρες οπλισμού (Σύνδεση -Στήριξη ταινίας με οπλισμό)
- α1. Αναμονή - Ισοδυναμικός ζυγός - πρίζα γείωσης
- α2. Αναμονή - Χώρος ηλεκτρικής παροχής ρεύματος

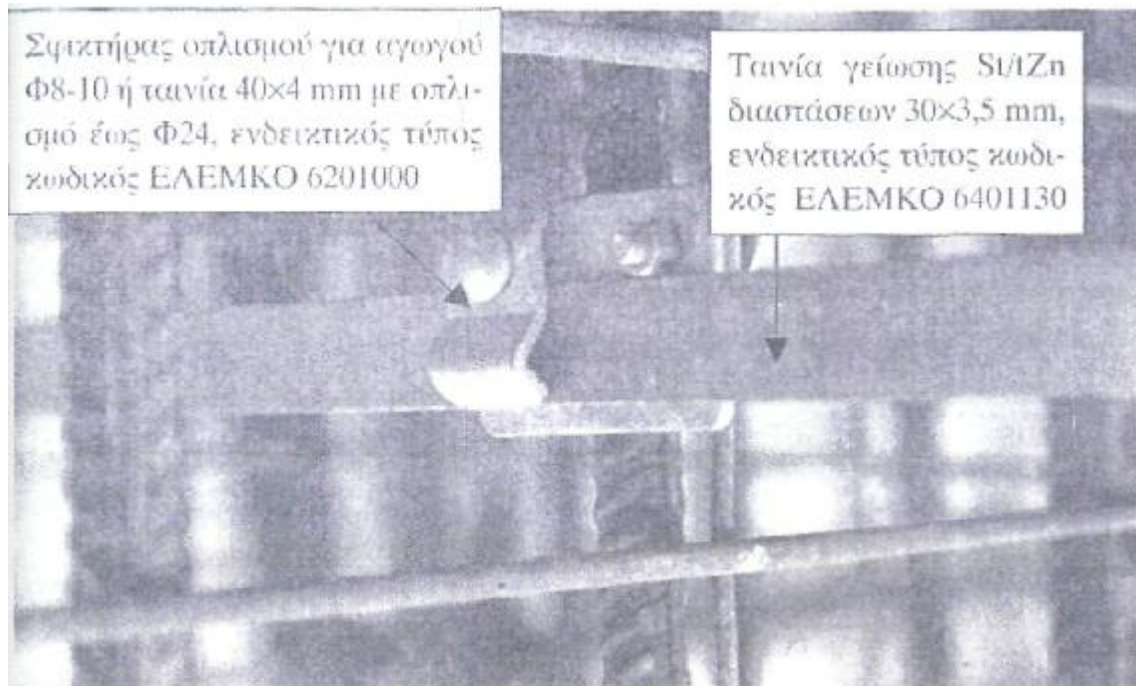
Εικόνα 1.14: Ηλεκτρόδιο θεμελιακής γείωσης (ΚΑΤΟΨΗ)



Εικόνα 1.15: Σύνδεση θεμελιακού γειωτή (αγωγού κυκλικής διατομής) με οπλισμό



Εικόνα 1.16: Ηλεκτρόδιο θεμελιακής γείωσης (Τομή)

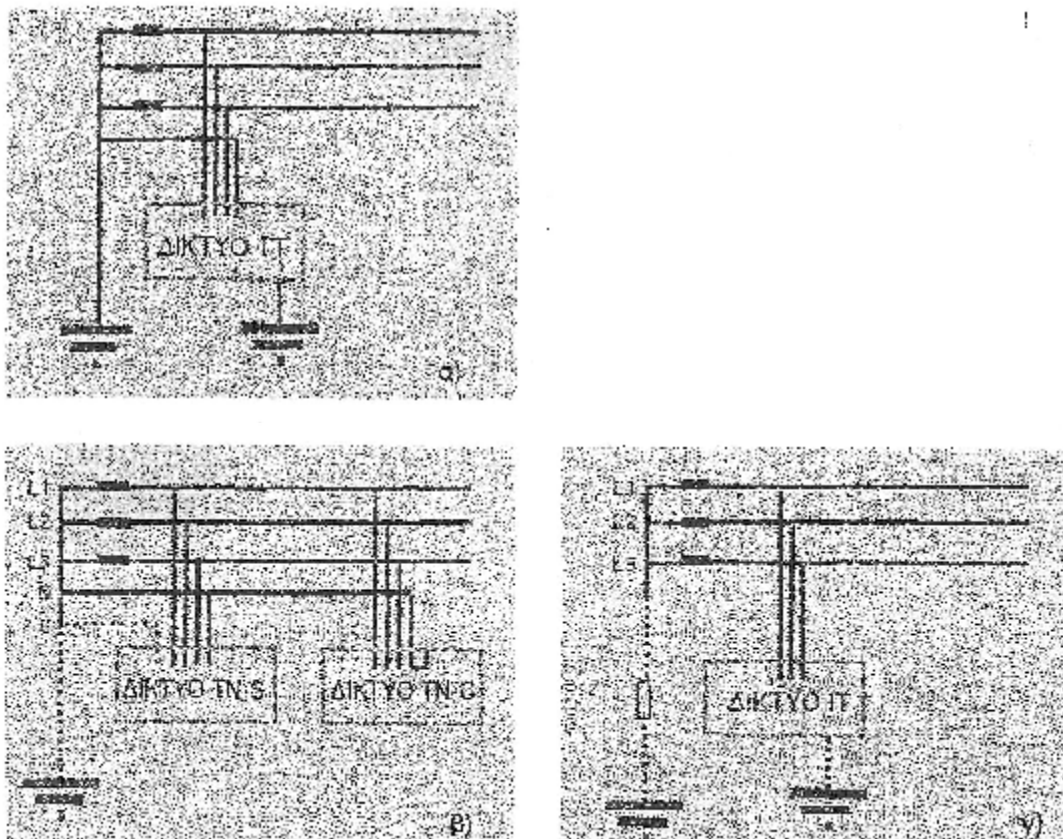


Εικόνα 1.17: Σύνδεση θεμελιακού γειωτή (ταινίας) με οπλισμό

1.9 Συστήματα σύνδεσης των γειώσεων κατά ΕΛΟΤ HD 384

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

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



Εικόνα 1.18: Μέθοδοι προστασίας κατά ΚΕΗΕ (α,β)-Συστήματα σύνδεσης γειώσεων κατά ΕΛΟΤ HD 384 (α,β,γ)

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

§ Αν το πρώτο γράμμα είναι:

- T:** δηλώνει την άμεση γείωση ης πηγής παροχής ρεύματος (ουδέτερου)
- I:** δηλώνει την μόνωση τασικών ενεργών τμημάτων έναντι γης ή την σύνδεση ενός τασικού τμήματος μέσω μιας αντιστάσεως με την γη.

§ Αν το δεύτερο γράμμα είναι:

- T:** δηλώνει ότι τα εκτεθειμένα αγωγίμα μέρη (μεταλλικό σασί κ.λπ.) είναι άμεσα γειωμένα ανεξάρτητα από την γείωση της πηγής παροχής ρεύματος (του ουδέτερου).
- N:** δηλώνει ότι τα εκτεθειμένα αγωγίμα μέρη (μεταλλικό σασί κ.λπ.) είναι άμεσα συνδεδεμένα με τον ουδέτερο του συστήματος τροφοδότησης.

Στους προαναφερόμενους βασικούς τύπους εμπεριέχονται δύο επιπλέον παραλλαγές στο σύστημα σύνδεσης των γειώσεων TN. Αυτές οι παραλλαγές διαφέρουν μεταξύ τους στην διάταξη του ουδέτερου αγωγού N Και του αγωγού προστασίας PE (Protection Earthing), του αγωγού δηλαδή που προορίζεται για την ηλεκτρική

σύνδεση των εκτεθειμένων αγωγίμων μερών με άλλα ξένα αγωγίμα στοιχεία, ή με το κύριο ακροδέκτη γείωσης, ή με κάποιο ηλεκτρόδιο γείωσης, ή με κάποιο γειωμένο σημείο της πηγής τροφοδότησης ή τεχνητού ουδέτερου κόμβου.

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

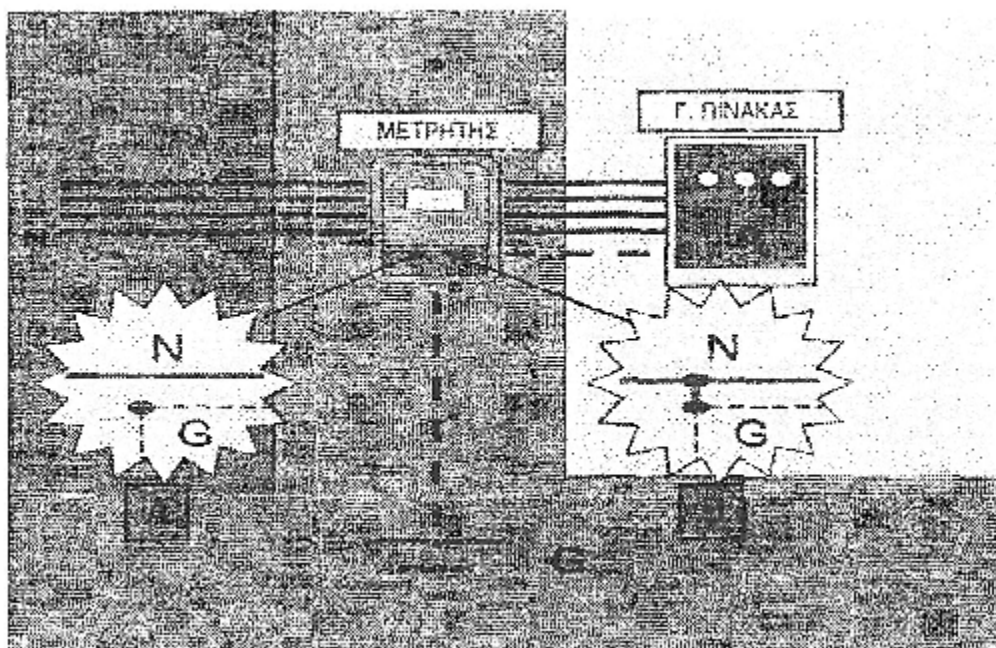
§ Στην τρίτη θέση χρησιμοποιούνται τα παρακάτω γράμματα που δηλώνουν:

Το **S** δηλώνει ότι ο ουδέτερος αγωγός (N) και αγωγός προστασίας (PE) είναι δύο ξεχωριστοί αγωγοί (Separate).

Το **C** δηλώνει ότι ο ουδέτερος αγωγός και αγωγός προστασίας είναι ένας αγωγός κοινός (Common) ή αλλιώς αγωγός **PEN (Protection Earth & Neutral)**.

Σύμφωνα με τα παραπάνω ισχύουν:

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



Εικόνα1.19: Παράδειγμα άμεσης και έμμεσης γείωσης

- A** άμεση γείωση (TT)
- B** έμμεση γείωση (ουδετέρωση - TN) (εφόσον στην εγκατάσταση εισέρχονται ανεξάρτητα ο αγωγός της γείωσης (προστασίας PE) και ο ουδέτερος, πρόκειται για TN-S).
- G** τοπική γείωση (υποχρέωση καταναλωτή) για τα εκτιθέμενα αγωγίμα μέρη. Αλλιώς γνωστή ως "ηλεκτρολογική γείωση".

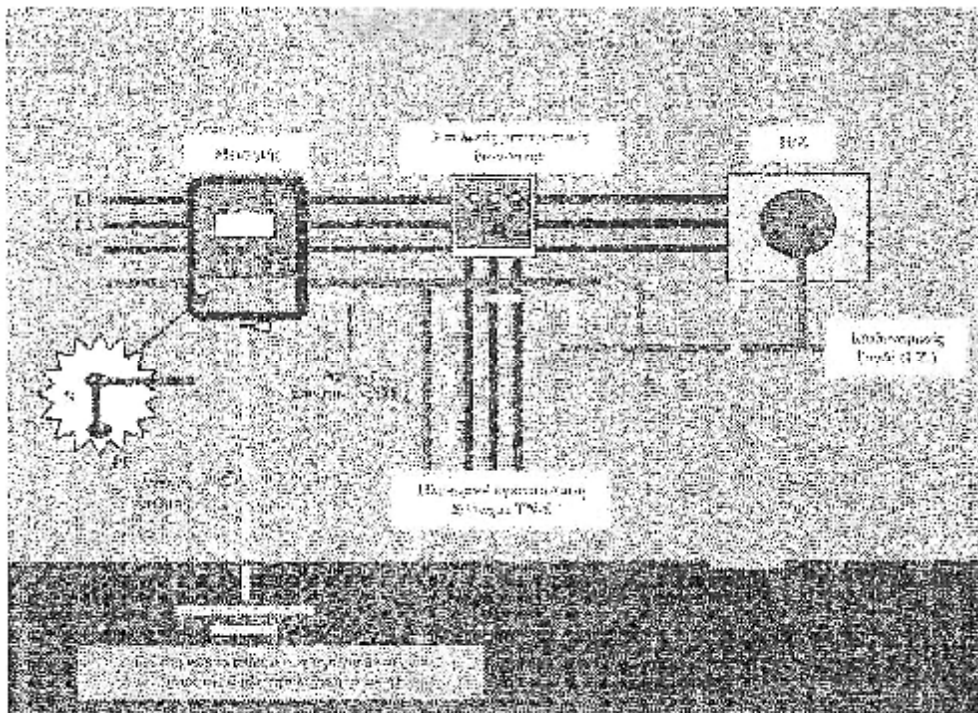
Αγωγός γείωσης: συνδέει G με το μετρητή της ΔΕΗ

Αγωγός προστασίας: συνδέει τη μπάρα της γείωσης του μετρητή της ΔΕΗ με τα εκτεθειμένα αγωγίμα μέρη

1.10 Ουδετέρωση (TN)

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

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



Εικόνα 1.20: Ουδετέρωση (TN-S). Χρήση 3-πολικού μεταγωγικού διακόπτη

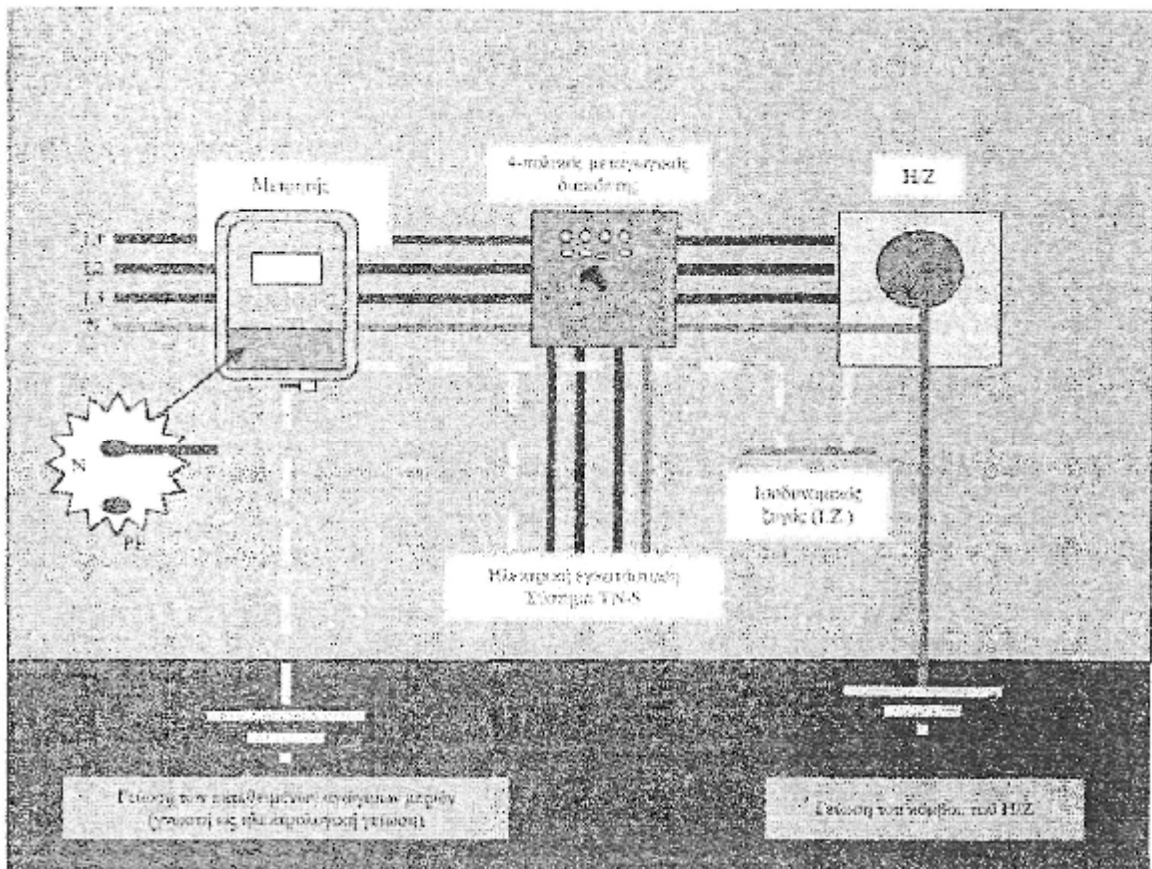
Στην αντίθετη περίπτωση θα πρέπει να εγκατασταθεί ηλεκτρονόμος επιτήρησης της τάσεως του ουδέτερου ως προς γη. Σε αυτή τη περίπτωση απαιτείται ανεξάρτητη γείωση (συνεπώς σε απόσταση που να μην επηρεάζεται από την προηγούμενη) και με τιμή τέτοια ώστε να λειτουργεί ο ηλεκτρονόμος. Η λύση αυτή καλό είναι να υιοθετείται όταν κρίνεται αντιοικονομική η μείωση της συνολικής αντίστασης κάτω των 10Ω. Σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384, η προστασία έναντι ηλεκτροπληξίας από έμμεση επαφή δεν θα πρέπει να βασίζεται στη σύνδεση προς το γειωμένο ουδέτερο αγωγό του δικτύου που τροφοδοτεί την ηλεκτρική εγκατάσταση στην οποία υπάρχει το Η/Ζ ως εφεδρική μονάδα. Πρέπει να προβλέπεται ένα

κατάλληλο ηλεκτρόδιο γείωσης. Επίσης σε TN-S σύστημα και όταν ο ουδέτερος δεν απομονώνεται, στη περίπτωση που τοποθετηθεί προστασία διαφορικού ρεύματος θα πρέπει να προσεχθεί ο τρόπος εγκατάστασης αυτής έτσι ώστε να αποφεύγεται η λανθασμένη λειτουργία της εξαιτίας της παράλληλης σύνδεσης του ουδέτερου και της γης. Τέλος σε συστήματα TN αν θέλουμε να αποφύγουμε τις τυχόν διαταραχές λόγω επαγόμενων υπερτάσεων από κεραυνούς κ.λπ., συνιστάται η αποσύνδεση του ουδέτερου της εγκατάστασης από αυτή του δημοσίου δικτύου διανομής.

1.11 Άμεση γείωση (TT)

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

- α) την εγκατάσταση στη γεννήτρια διάταξης που να ανιχνεύει τα σφάλματα φάσης-γης για τη περίπτωση της μεταγωγής στο H/Z
- β) εναλλακτικά θα πρέπει να γειωθεί ο ουδέτερος σε μία ανεξάρτητη γείωση. Για τη γείωση του ουδέτερου κόμβου της γεννήτριας απαιτείται μονωμένος αγωγός, στην περίπτωση δε που ενταφιαστεί, NYY.



Εικόνα 1.21: Άμεση γείωση (TT). Χρήση 4-πολικού μεταγωγικού διακόπτη και κατασκευή ανεξάρτητης γείωσης του κόμβου του Η/Ζ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Γειώσεις σε Βιομηχανικά κτίρια και κατοικίες

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

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

2.1 Γείωση Υποσταθμού

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

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

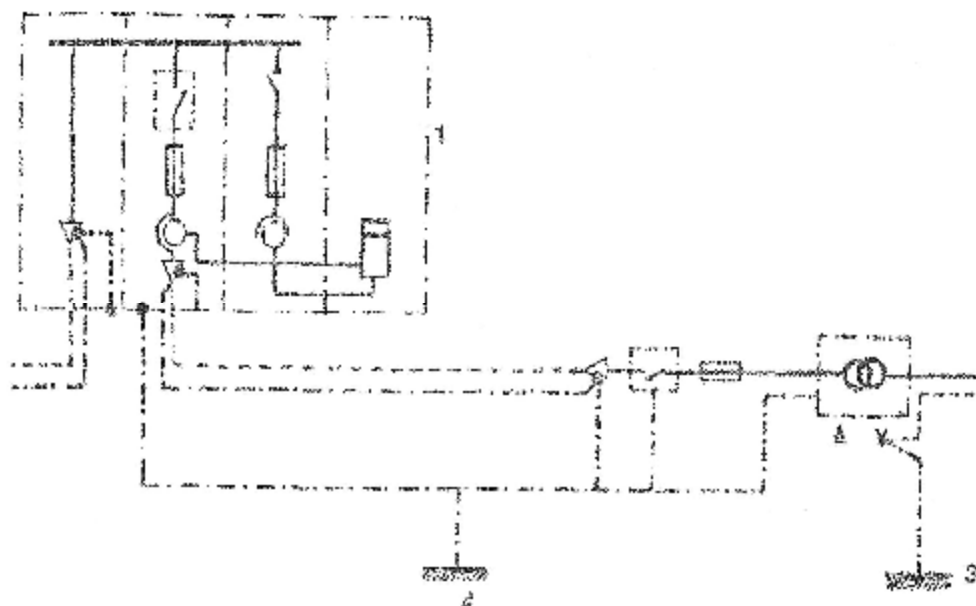
Πίνακας 2.1 Τύποι παροχών Υ/Σ

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

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

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

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



Εικόνα 2.1: Διάταξη γείωσης για συνολική αντίσταση γείωσης μεγαλύτερη του 1 Ω. Στην περίπτωση όπου η γείωση ήταν <1Ω θα ήταν κοινές οι γειώσεις του ουδέτερου (3) και των μεταλλικών στοιχείων (4).

2.3 Γείωση Ουδέτερου κόμβου (γείωση λειτουργίας)

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

2.4 Κατασκευή γείωσης σε Υποσταθμό

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

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

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

Στην περίπτωση που δεν υπάρχει υποσταθμός, ο καταναλωτής Χαμηλής Τάσης είναι υποχρεωμένος να κατασκευάσει τοπική γείωση (γείωση των εκτεθειμένων αγωγίμων μερών) η οποία θα καταλήγει μέσω αγωγού γείωσης στο μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας της ΔΕΗ. Για απλές οικιακές κτιριακές εγκαταστάσεις η διατομή του αγωγού γείωσης προς το ρολόι θα πρέπει να είναι κατ' ελάχιστον 16 mm^2 ΝΥΑ. Η επιχείρηση στην οποία ανήκει το δίκτυο διανομής (π.χ. ΔΕΗ) είναι υπεύθυνη για τον τύπο δικτύου που θα ακολουθήσει, δηλαδή άμεση ή ΤΤ, έμμεση (ουδετέρωση ή ΤΝ), ενώ ο καταναλωτής είναι υποχρεωμένος να ακολουθήσει τους Κ.Ε.Η.Ε και το πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384.

Όταν υπάρχουν μετρητές περισσότεροι του ενός, π.χ. πολλά διαμερίσματα σε πολυκατοικία, απαιτείται επίσης η κατασκευή μίας τοπικής γείωσης και ο αγωγός γείωσης (τουλάχιστον 16 mm^2) ενώνεται με τον πρώτο μετρητή. Οι άλλοι μετρητές ενώνονται με τον πρώτο στους κόμβους γείωσης των, μέσω αγωγού ίδιας διατομής με τον αγωγό γείωσης.

2.6 Γείωση Ηλεκτρολογικού Ζεύγους (H/Z)

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

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

2.7 Γείωση μονάδων αδιάλειπτης λειτουργίας (UPS)

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

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

2.8 Γείωση Συστήματος Αντικεραυνικής Προστασίας (ΣΑΠ)

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

2.8.1 Εξωτερικό ΣΑΠ

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

2.8.1.1 Συλλεκτήριο σύστημα

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

Πίνακας 2.2 Μέγεθος βρόγχου συλλεκτηρίου συστήματος ανάλογα με τη στάθμη προστασίας

Στάθμη Προστασίας	Μέγεθος Βρόγχου (σε m)
I	5x5
II	10x10
III	15x15
IV	20x20

2.8.1.2 Αγωγοί καθόδου

Είναι το τμήμα του εξωτερικού ΣΑΠ που χρησιμεύει για να διοχετεύει το ρεύμα του κεραυνού από το συλλεκτήριο σύστημα προς το σύστημα γείωσης. Οι αγωγοί καθόδου κατανέμονται είτε περιμετρικά στις εξωτερικές παράπλευρες επιφάνειες του προστατευόμενου χώρου, είτε εγκιβωτίζονται στα στοιχεία ή στις κολώνες του κτιρίου έτσι ώστε η μεταξύ τους απόσταση να μην είναι μεγαλύτερη από τις τιμές που δίδονται στον πίνακα 2.3. Στη περίπτωση της εξωτερικής τοποθέτησης των αγωγών καθόδου θα πρέπει να συνδέονται μεταξύ τους με αγωγό (περιμετρικό δακτύλιο) σε αποστάσεις που επίσης φαίνονται στο πίνακα 2.3.

Πίνακας 2.3 Μέση απόσταση αγωγών καθόδου, ανάλογα με τη στάθμη προστασίας, για την περίπτωση που το συλλεκτήριο σύστημα κατασκευάζεται από πλέγμα αγωγών

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

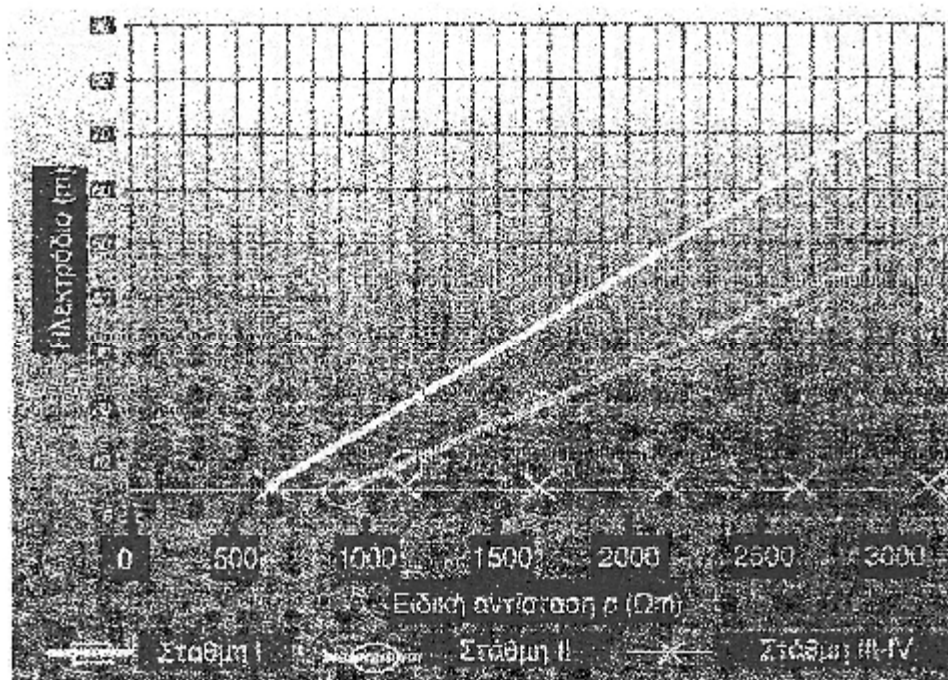
2.8.1.3 Γείωση του κεραυνικού ρεύματος

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

Η απαίτηση της τιμής της αντίστασης του συστήματος γείωσης είναι:

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

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



Εικόνα 2.2: Ελάχιστο μήκος ηλεκτροδίων γείωσης ανάλογα με τη στάθμη προστασίας και την ειδική αντίσταση του εδάφους σύμφωνα με το Πρότυπο του ΕΛΟΤ 1197/2002

2.8.1.4 Κατασκευή συστήματος γείωσης Αντικεραυνικής Προστασίας

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

α) Διατάξεις γειώσεων για συνήθεις συνθήκες

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

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

§ L1 για ακτινικά οριζόντιους γειωτές ή

§ 0.5L1 για κατακόρυφους γειωτές

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

β) Δακτυλιοειδής γειωτής

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

$$r \geq L1$$

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

$$Lr=L1-r$$

$$Lv = \frac{L1-r}{2}$$

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

2.8.1.5 Διαστασιολόγηση αγωγού γείωσης

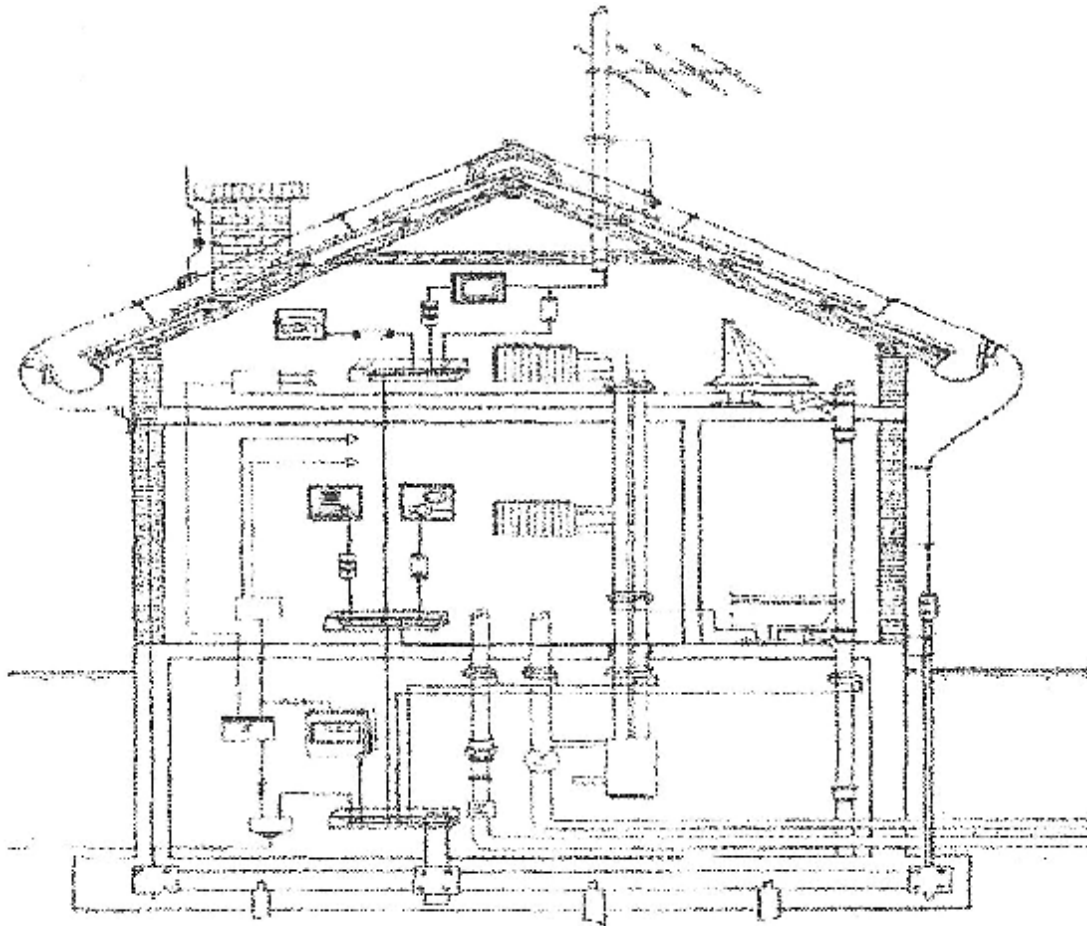
Οι αγωγοί σύνδεσης των γειωτών (αγωγοί γείωσης) μπορεί να είναι χαλύβδινοι θερμά επιψευδαργυρωμένοι ή χάλκινοι. Στην περίπτωση ενταφιασμού των αγωγών σύνδεσης, απαγορεύεται η χρήση αγωγού αλουμινίου ή κράματα αυτού. Οι διαστάσεις των αγωγών γείωσης είναι Φ10mm για αγωγούς κυκλικής διατομής χαλύβδινους θερμά επιψευδαργυρωμένους και 50mm για αγωγούς κυκλικής διατομής χάλκινους. Οι διαστάσεις των ταινιών είναι 30x2mm για χάλκινες ταινίες και 30x3mm για χαλύβδινες θερμά επιψευδαργυρωμένες ταινίες.

2.8.2 Εσωτερικό σύστημα Αντικεραυνικής Προστασίας

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

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

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



Εικόνα 2.3: Σύστημα Αντικεραυνικής Προστασίας κτιρίου. Διακρίνονται τόσο το Εξωτερικό ΣΑΠ (συλλεκτήριο σύστημα επί της στέγης, κάθοδοι τοποθετημένοι είτε εσωτερικά είτε εγκιβωτισμένοι στα δομικά στοιχεία του κτιρίου, γείωση όσο και το Εσωτερικό ΣΑΠ (από το γειωτή μέσω επίσης ταινίας στον ισοδυναμικό ζυγό και επί αυτού συνδέσεις όλων των μεταλλικών στοιχείων του κτιρίου, των απαγωγών κλπ.).

Πίνακας 2.4

Ελάχιστες διαστάσεις αγωγών συλλεκτηρίου συστήματος και ορατών αγωγών καθόδου

Υλικό	Μορφή	Ελάχιστη διατομή	Σημειώσεις
Χαλκός	Ταινία	50 mm ²	2mm min πάχους
	Στρογγυλός	50 mm ²	8mm διαμέτρου
	Πολύκλωνος	50 mm ²	1,7mm min διάμετρος συρματιδίου
	Στρογγυλός	200mm ²	16 mm διαμέτρου
Χαλκός ⁷ επικασσιτερωμένος	Ταινία	50 mm ²	2mm min πάχους
	Στρογγυλός	50 mm ²	8mm διαμέτρου

	Πολύκλωνος	50 mm ²	1,7mm min διάμετρος συρματιδίου
	Στρογγυλός	200mm ²	16 mm διαμέτρου
Αλουμίνιο	Ταινία	50 mm ²	3mm min πάχους
	Στρογγυλός	50 mm ²	8mm διαμέτρου
	Πολύκλωνος	50 mm ²	1,7mm min διάμετρος συρματιδίου
Κράμα αλουμινίου	Ταινία	50mm ²	2,5mm min πάχους
	Στρογγυλός	50mm ²	8mm διαμέτρου
	Πολύκλωνος	50mm ²	1,7mm min διάμετρος συρματιδίου
	Στρογγυλός	200mm ²	16 mm διαμέτρου
Χάλυβας θερμά ⁴ επιμεταλλωμένος	Ταινία	50 mm ²	2,5mm min πάχους
	Στρογγυλός	50 mm ²	8mm διαμέτρου
	Πολύκλωνος	50 mm ²	1,7mm min διάμετρος συρματιδίου
	Στρογγυλός	200mm ²	16 mm διαμέτρου
Ανοξείδωτος χάλυβας	Ταινία	50 mm ²	2mm min πάχους
	Στρογγυλός	50 mm ²	8mm διαμέτρου
	Πολύκλωνος	70 mm ²	1,7mm min διάμετρος συρματιδίου
	Στρογγυλός	200mm ²	16 mm διαμέτρου

Πίνακας 2.5 Υλικό εξαρτημάτων ΣΑΠ και συνθήκες χρήσης

Υλικό	Συνιστώμενη χρήση			Αντοχή σε διάβρωση		
	Στον αέρα	Στο έδαφος	Στο σκυρόδεμα	Άριστη	Μειωμένη	Καμία
Χαλκός	Συμπαγής Πολύκλωνος ¹	Συμπαγής Πολύκλωνος ¹ Ως επικάλυψη ²	Συμπαγής Πολύκλωνος ¹ Ως επικάλυψη ²	Στον αέρα, στο σκυρόδεμα, σε υγρά εδάφη, σε περιβάλλον με χλωριούχα άλατα	Σε θειούχο περιβάλλον σε όξινα και οργανικά εδάφη	
Χάλυβας θερμά επιμεταλλωμένος	Συμπαγής Πολύκλωνος ¹	Συμπαγής	Συμπαγής Πολύκλωνος ¹	Στον αέρα, στο σκυρόδεμα και σε ξηρά ουδέτερα εδάφη.	Σε περιβάλλον με χλωριούχα άλατα	Σε επιφάνεια χαλκού
Ανοξείδωτος χάλυβας	Συμπαγής Πολύκλωνος	Συμπαγής Πολύκλωνος	Συμπαγής Πολύκλωνος	Σε κάθε περιβάλλον πλην ολίγων εξαιρέσεων	Σε περιβάλλον με χλωριούχα άλατα	
Αλουμίνιο	Συμπαγής Πολύκλωνος	Ακατάλληλη	Ακατάλληλη	Σε ατμόσφαιρα με μικρή συγκέντρωση διοξειδίου του θείου και χλωριούχων αλάτων	Σε αλκαλικό περιβάλλον	Σε επιφάνεια χαλκού
Μόλυβδος	Συμπαγής	Συμπαγής	Ακατάλληλη	Σε ατμόσφαιρα	Σε όξινα	Σε

	Ως επικάλυψη ²	Ως επικάλυψη ²		με μεγάλη συγκέντρωση διοξειδίου του θείου	εδάφη	επιφάνεια χαλκού ή ανοξειδώ του χάλυβα
--	---------------------------	---------------------------	--	--	-------	--

2.8.3 Επιθεώρηση αντικεραυνικής γείωσης

Οι επιθεωρήσεις των αντικεραυνικών γειώσεων πρέπει να γίνονται σε τακτά χρονικά διαστήματα που καθορίζονται ανάλογα με την φύση του χώρου που χρήζει προστασίας και των προβλημάτων διάβρωσης σύμφωνα με τον πίνακα 2.6 που ακολουθεί. Εάν κατά την επιθεώρηση του (συστήματος διαπιστωθούν σφάλματα ή παρατυπίες θα πρέπει να διορθώνονται αμέσως.

Πίνακας 2.6 Χρονικά διαστήματα επιθεωρήσεων σε συνάρτηση με τη στάθμη προστασίας

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

Η επιθεώρηση περιλαμβάνει:

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

2.9 Γείωση ιδιαίτερα ευαίσθητων ηλεκτρονικών συσκευών και δικτύων τηλεματικής ("Καθαρή γείωση")

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

Η καθαρή γείωση πρέπει να κατασκευάζεται σε απόσταση περίπου 8 έως 10 φορές της διάστασης του μεγαλύτερου γειωτή του πλησιέστερου συστήματος γείωσης των εκτεθειμένων αγωγίμων μερών της ηλεκτρικής εγκατάστασης. Το άνω μέρος του γειωτή θα πρέπει να βρίσκεται σε βάθος μεγαλύτερο των 50 cm ώστε να μην επηρεάζεται από τα ρεύματα που κυκλοφορούν στην επιφάνεια του εδάφους και λίγο κάτω από αυτή.

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

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

Ακόμα και στη περίπτωση που εφαρμόζεται πριν την ηλεκτρική εγκατάσταση του κτιρίου θα πρέπει αμέσως μετά να γίνεται TN-S για λόγους αποφυγής τυχών προβλημάτων ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας. Με το συγκεκριμένο θέμα δεν θα ασχοληθούμε στο συγκεκριμένο βιβλίο. Συνήθως τοποθετείται συγκεντρωτικός δακτύλιος γείωσης κατά ανάλογο τρόπο όπως σε Υ/Σ διατομής όχι μικρότερη από το μισό της μεγαλύτερης διατομής αγωγού προστασίας ης εγκατάστασης με ελάχιστο όριο όπιτι² για χάλκινο αγωγό ή ισοδύναμης διατομής για χαλύβδινο θερμά επιψευδαργυρωμένο. Αν και δεν απαιτείται διατομή μεγαλύτερη από 25mm² (χάλκινο αγωγό) συνήθως χρησιμοποιείται ταινία (διότι παρουσιάζει η μικρότερη αυτεπαγωγή) 25x2mm². Σε αυτό συνδέονται οπλισμοί ή θωρακίσεις καλωδίων μεταφοράς των σημάτων, εξοπλισμός τηλεπικοινωνιών κ.λπ., τυχών αγωγίμα πλέγματα, αγωγοί γείωσης λειτουργίας, αντικεραυνική γείωση, ισοδυναμικές γειώσεις, γείωσης U.P.S, γείωσης κεραιών ραδιοφωνικής εκπομπής, μεταλλικές σωληνώσεις νερού, κεντρικής θέρμανσης κ.λπ., μεταλλικά στοιχεία ης κατασκευής κ.λπ.

2.10 Γείωση τηλεφωνικού κέντρου

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

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – Ενοποίηση των γειώσεων

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

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

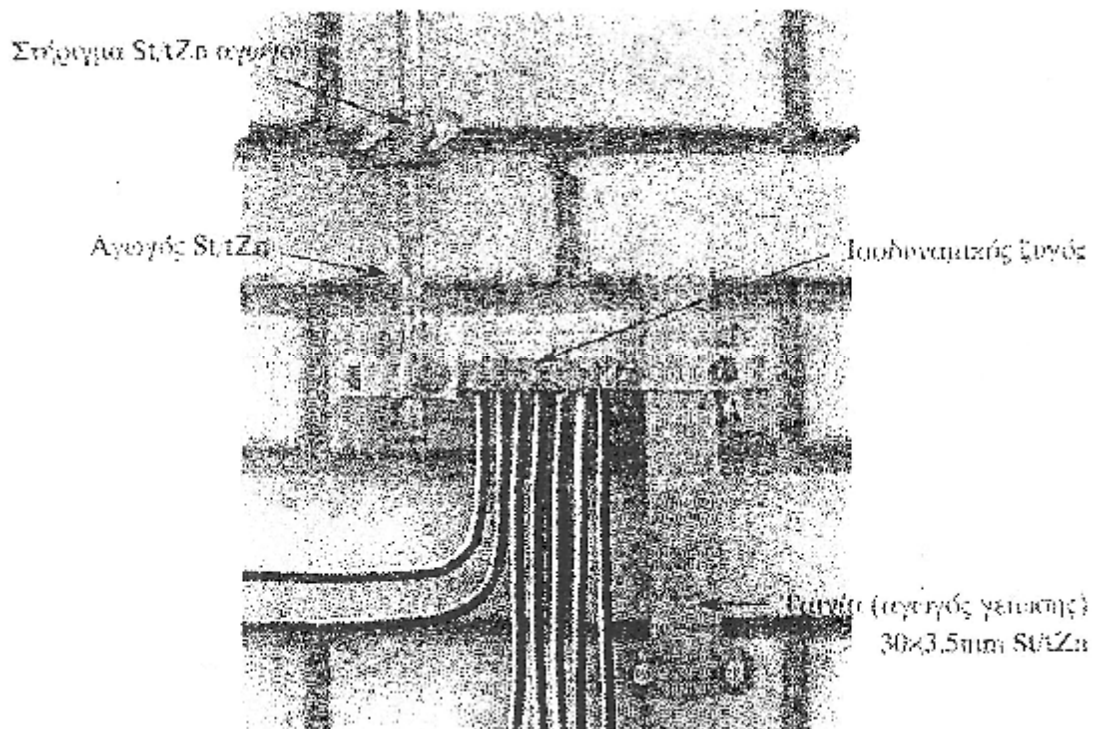
Γειώσεις λοιπόν που πρέπει να είναι ανεξάρτητες² για συγκεκριμένους λόγους, θα πρέπει να συνδέονται σε ένα κοινό σύστημα γείωσης με ισοδυναμικές συνδέσεις είτε άμεσα, είτε έμμεσα μέσω απαγωγών κρουστικών υπερτάσεων (Surge Protection Devices).

¹ Υψηλότερα έναντι άλλων γειτνιαζόντων κτιρίων ή δομικών έργων.

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

3.1 Άμεση σύνδεση γειώσεων και ισοδυναμικών συνδέσεων

Στην περίπτωση που δεν συντρέχουν λόγοι απομόνωσης των επιμέρους γειώσεων μπορούν να συνδεθούν όλες σε έναν τουλάχιστον ισοδυναμικό ζυγό. Ο ισοδυναμικός ζυγός προτείνεται να τοποθετηθεί στο υπόγειο του κτιρίου, εκεί που συνήθως εισέρχονται οι σωληνώσεις ύδρευσης, φυσικού αερίου και τοποθετούνται κυρίως εγκαταστάσεις όπως θέρμανση, κλιματισμός κ.λπ. Θα πρέπει δε να είναι κατάλληλα κατασκευασμένος έτσι ώστε να μπορεί να δέχεται τις απολήξεις των επιμέρους αγωγών γειώσεων και των αγωγών κυρίων ισοδυναμικών συνδέσεων (εικόνες 3.1 και 3.2).



Εικόνα 3.1: Ενοποίηση γειώσεων άμεσα

3.2 Έμμεση σύνδεση γειώσεων και ισοδυναμικών συνδέσεων με απαγωγούς κρουστικών υπερτάσεων

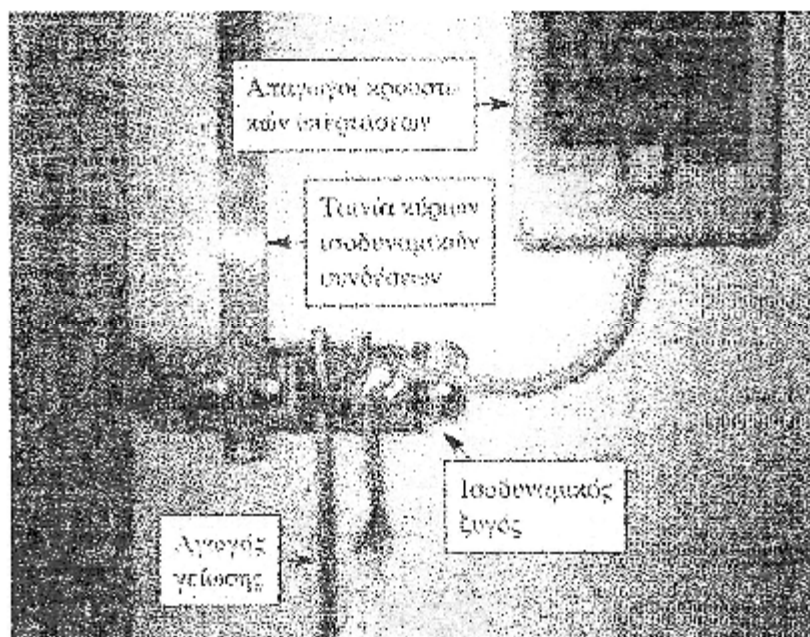
Στην περίπτωση που συντρέχουν λόγοι απομόνωσης των επί μέρους γειώσεων και ισοδυναμικών συνδέσεων, μπορούν να συνδεθούν στον ισοδυναμικό ζυγό μέσω απαγωγών κρουστικών υπερτάσεων ημιαγωγικού τύπου ή σπινθηριστή που είναι και η συνήθης περίπτωση.

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

Η απομόνωση των επιμέρους γειώσεων επιτυγχάνεται με την τοποθέτηση απαγωγών κρουστικών υπερτάσεων μεταξύ ισοδυναμικού ζυγού και των αγωγών γείωσης αυτών όπως φαίνεται στο σχήμα 1 και στην εικόνα 2. Σε κανονικές συνθήκες οι απαγωγοί παρουσιάζουν άπειρη αντίσταση (ανοικτό κύκλωμα), ενώ στην περίπτωση του "σφάλματος" (βραχυκύκλωμα, κεραυνικό ρεύμα κ.λπ.) στιγμιαία και όσο διαρκεί το

φαινόμενο συμβαίνει η ενοποίηση των επί μέρους γειώσεων, αφού η αντίστασή τους τείνει στο μηδέν.

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



Εικόνα 3.2: Ενοποίηση γειώσεων έμμεσα

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

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

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

(αντοχής του). Με αυτό τον τρόπο προστατεύεται ο Μ/Σ. Η τοποθέτηση των απαγωγών πρέπει να γίνεται όσο δυνατόν πλησίον του Μετασχηματιστή.



Εικόνα 3.3: Ενοποίηση γειώσεων σε ισοδυναμικό ζυγό. Άμεση σύνδεση των Αγωγών ηλεκτρολογικής και αντικεραυνικής γείωσης. Έμμεση σύνδεση της "καθαρής" γείωσης.

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

Στην προκειμένη περίπτωση αξίζει να αναφερθούν δύο θέματα.

§ Το πρώτο θέμα αφορά τη γήρανση των μονωτικών. Ως γνωστό τα μονωτικά γηράσκουν και χάνουν τη μονωτική τους ικανότητα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να επέρχεται η διάτρηση τους σε μικρότερη τάση από τη μέγιστη τάση που θα άντεχαν υπό κανονικές συνθήκες. Πολλές αστοχίες μονωτικών οφείλονται σε αυτή την περίπτωση, γι' αυτό θα πρέπει να τοποθετούνται SPD's αυξάνοντας έτσι την αξιοπιστία των μονωτικών, μειώνοντας τον αριθμό των καταπονήσεών τους από υπερτάσεις και πιο συγκεκριμένα από κρουστικές υπερτάσεις. Τάσεις δηλαδή που θεωρητικά σε πάρα πολύ μικρό χρόνο μs, παίρνουν άπειρη τιμή.

§ Το δεύτερο θέμα αφορά την προστασία των μονωτικών της Χ.Τ. τον Μ/Σ. Το γεγονός ότι τοποθετούνται SPD's σε αυτήν πλευρά Μ.Τ. του Μ/Σ, δεν εξασφαλίζει την προστασία της μόνωσης της Χ.Τ. αυτού. Η παραμένουσα τάση των SPD's Μ.Τ. (δηλ. η τάση που αφήνουν τα SPD's μετά από κρουστική υπέρταση και που τελικά καταπονεί τη μόνωση του Μ/Σ) είναι μεγαλύτερη από τη διηλεκτρική ικανότητα της μόνωσης της Χ.Τ. με αποτέλεσμα την καταστροφή της. Γι' αυτό συνιστάται η τοποθέτηση απαγωγών (SPD's) και στην πλευρά της Χ.Τ. του Μ/Σ.

Η τοποθέτηση των απαγωγών σε συνδυασμό με τις ισοδυναμικές συνδέσεις που θα πρέπει να υπάρχουν ούτως ή άλλως σε κάθε ηλεκτρική εγκατάσταση (σύμφωνα με

τους ΚΕΗΕ και ΕΛΟΤ HD 384) 384), διατηρούν την πιθανότητα να δημιουργηθούν επικίνδυνες τάσεις σε πολύ χαμηλά επίπεδα.

3.3 Ισοδυναμικές συνδέσεις

Με τις ισοδυναμικές συνδέσεις γίνεται προσπάθεια σύνδεσης όλων των μεταλλικών αντικειμένων που μπορεί κάτω από ορισμένες συνθήκες (διάτρηση της μόνωσης, βραχυκύκλωμα κ.λπ.) να βρεθούν υπό τάση, έτσι ώστε στην χρονική στιγμή του «σφάλματος» να μην δημιουργηθούν διαφορές δυναμικών (ι4σα» δυναμικά) και κατά συνέπεια τάσεις επικίνδυνες για τον άνθρωπο.

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

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

§ Οι επί μέρους αγωγοί γειώσεων που συνυπάρχουν σε ένα κτίριο με τους κύριους αγωγούς προστασίας των. Ως αγωγοί προστασίας μπορούν να χρησιμοποιηθούν αγωγοί πολυπολικών καλωδίων, μονωμένοι ή γυμνοί αγωγοί μέσα σε κοινό περίβλημα με τους ενεργούς αγωγούς, ή χωριστά από αυτούς, μεταλλικά περιβλήματα καλωδίων π.χ. μανδύες, πλέγματα οπλισμοί κ.λπ., μεταλλικά περιβλήματα αγωγών, μεταλλικοί σωλήνες, ξένα αγωγήματα στοιχεία εφόσον:

- η ηλεκτρική τους συνέχεια εξασφαλίζεται είτε από την κατασκευή τους είτε με κατάλληλες συνδέσεις λαμβάνοντας κατάλληλα μέτρα έναντι μηχανικών ή χημικών ή ηλεκτροχημικών αλλοιώσεων,
- έχουν αγωγιμότητα τουλάχιστον όπως αυτή προκύπτει από τους υπολογισμούς της διατομής του αγωγού γείωσης.
- έχουν προβλεφθεί I τα κατάλληλα μέτρα αντικατάστασης των στη περίπτωση της αφαίρεσης.
- έχουν μελετηθεί και προσαρμοσθεί για αυτή τη χρήση. Για παράδειγμα οι σωληνώσεις νερού δεν πληρούν αυτές τις προϋποθέσεις ενώ ο σωληνώσεις αερίου δεν επιτρέπεται να χρησιμοποιούνται, ως αγωγοί προστασίας.

§ Ο οπλισμός του κτιρίου. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με το καλύτερο δυνατό τρόπο μέσω της θεμελιακής γείωσης.

§ Οι μεταλλικές σωληνώσεις νερού, θέρμανσης, φυσικού αερίου. (Συνιστάται, στη περίπτωση που η υδραυλική εγκατάσταση είναι μεταλλική, η τοποθέτηση πλέγματος τύπου Δαρινγκ στο χώρο του 'λ' (το οποίο με τη σειρά του θα πρέπει να συνδεθεί αγωγή με τις σωληνώσεις ζεστού - κρύου, του θερμοσίφωνα, του νεροχύτη, του τηλεφώνου της μπανιέρας, ή δυνατό του οπλισμού του χώρου αν δεν υπάρχει στο κτίριο θεμελιακή γείωση).

§ Οι μεταλλικοί μανδύες των καλωδίων ηλεκτρικής τροφοδότησης και μετά τη συγκατάθεση του φορέα τηλεπικοινωνίας, των καλωδίων τηλεπικοινωνίας.

Όταν η αντίσταση μεταξύ δύο ταυτόχρονα αγωγίμων προσιτών μερών είναι μικρότερη ή ίση από το πηλίκο των 50 προς, είτε το ονομαστικό διαφορικό ρεύμα της

Προστασίας διαφορικού ρεύματος (συνήθως 30τπΑ), είτε το ρεύμα που μπορεί να τήξει μία διάταξη προστασίας έναντι υπερεντάσεων σε χρόνο 5 δευτερολέπτων, τότε η συμπληρωματική ισοδυναμική σύνδεση θεωρείται αποτελεσματική.

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

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

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

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

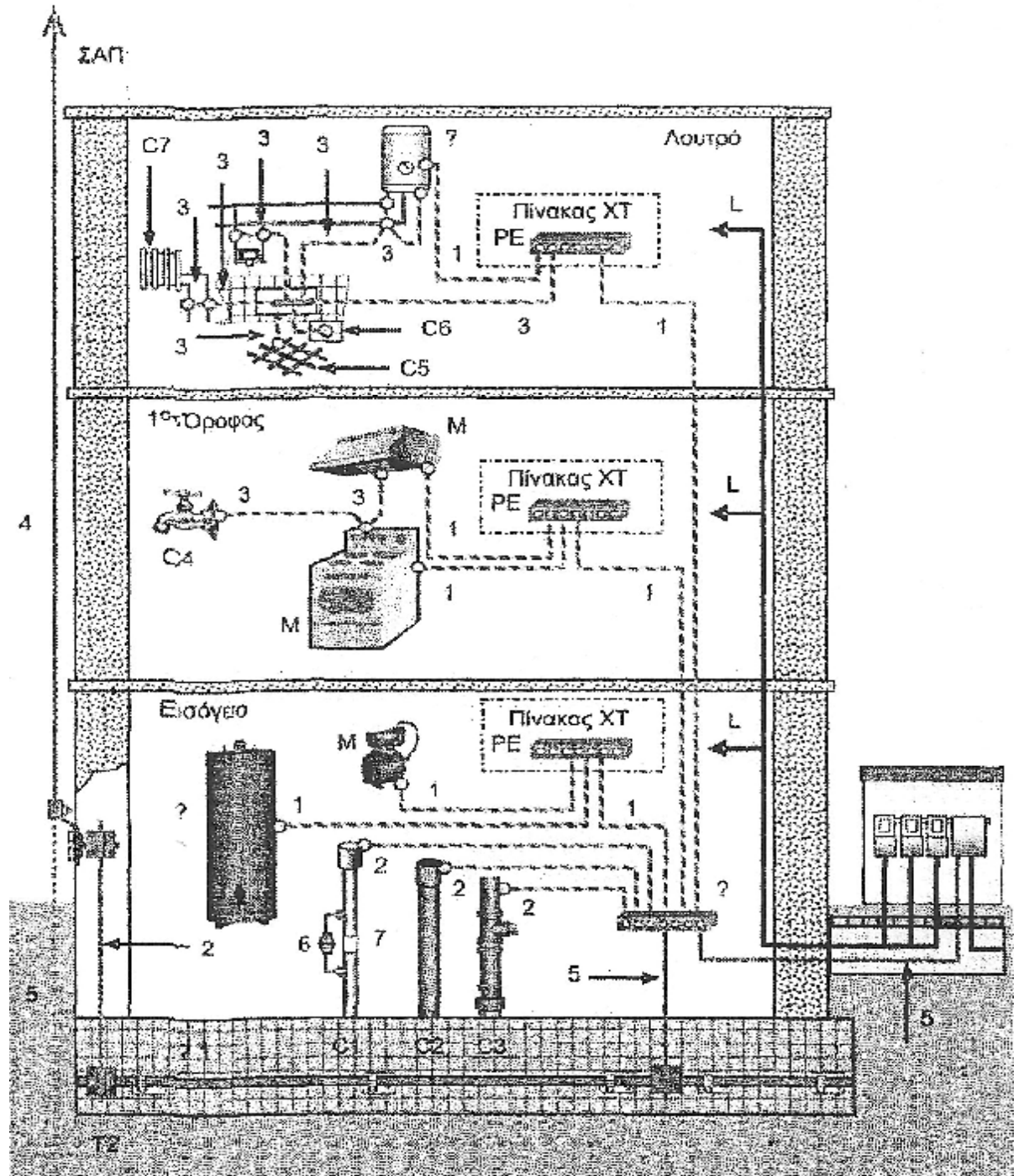
Ο έλεγχος των συσφίξεων - γεφυρώσεων και κατά συνέπεια των περιλαίμιων κατά κύριο λόγο σε θερμοσίφωνες, λουτήρες κ.λπ., όπως αναφέρεται στο κεφάλαιο περί Επιθεώρησης - Συντήρησης, θα πρέπει να γίνεται με προσοχή και επιμέλεια γιατί είναι η βασική αιτία από όπου προκύπτουν σοβαροί κίνδυνοι ηλεκτροπληξίας. Η αντικατάσταση των παλαιών ή πρόχειρων περιλαίμιων με καινούργια τα οποία είναι κατασκευασμένα σύμφωνα με τους νόμους και τα πρότυπα, είναι επιτακτική ανάγκη. Οι κύριες ισοδυναμικές συνδέσεις γίνονται με αγωγό συνήθως H 07V-R(NYA) ελάχιστης διατομής 6 mm² και μέγιστης 25 mm². Μπορεί επίσης να τεθεί ίση με το 50% της μεγαλύτερης διατομής του αγωγού Προστασίας της εγκατάστασης.

Στο Εσωτερικό Σύστημα Αντικεραυνικής Προστασίας (Εσωτερικό ΣΑΠ), θα πρέπει να τηρείται η ελάχιστη απόσταση μεταξύ δύο αγωγίμων τμημάτων μέσα στην κατασκευή που χρήζει προστασίας ώστε να αποκλείεται η εμφάνιση επικίνδυνων σπινθήρων μεταξύ των τμημάτων αυτών και κατ' επέκταση να αποφευχθεί η δημιουργία επικίνδυνου σπινθήρα (ηλεκτρική εκκένωση). Θα πρέπει είτε να τηρείται μία ικανοποιητική απόσταση μεταξύ δύο μεταλλικών στοιχείων αν δεν μπορούν ή δεν

πρέπει να συνδέονται αγωγία μεταξύ τους, είτε να παρεμβάλλονται διαχωριστικά υλικά με αντοχή σε κρουστική τάση $U \geq 500S$.

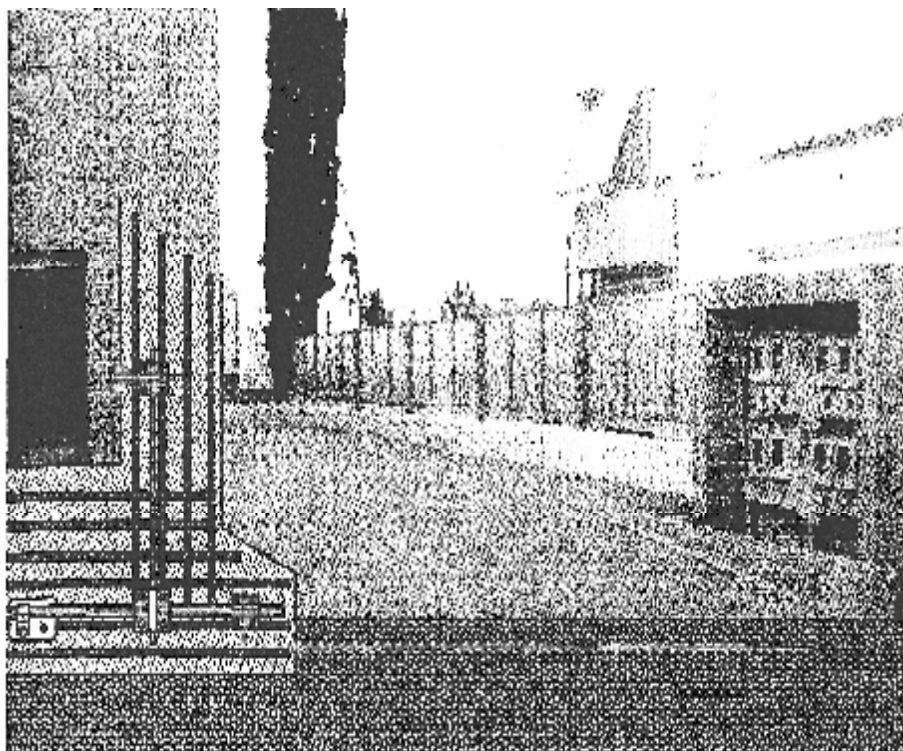
Όπου S , η απόσταση που θα έπρεπε να τηρήσουμε για να αποτρέψουμε το τόξο.

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



Εικόνα 3.4: Διάταξη γείωσης, αγωγοί γείωσης, αγωγοί προστασίας και αγωγοί ισοδυναμικών συνδέσεων

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



Εικόνα 3.5: Σύνδεση θεμελιακής γείωσης με παροχές ΔΕΗ

Στους Πίνακες 3.1α και 3.1β που ακολουθούν δίδονται οι συντελεστές K_i , K_m . Για το συντελεστή K_c υπάρχουν πολλές διακριτές περιπτώσεις. Με το παρακάτω τύπο καλύπτονται οι συνήθεις περιπτώσεις.

Πίνακας 3.1α

Στάθμη προστασίας	K_i
I	0.1
II	0.075
III και IV	0.05

Πίνακας 3.1β

Υλικό	K_m
Αέρας	1
Στερεά	0.5

όπου:

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

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

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Αντικεραυνική Προστασία Φωτοβολταϊκού Πάρκου

4.1 Ζημιές και απώλειες Φ/Β συστημάτων από κεραυνούς

Τα Φ/Β συστήματα λόγω της θέσης εγκατάστασής του (υπαίθριες, εκτεταμένες εγκαταστάσεις) και του ευαίσθητου ηλεκτρικού - ηλεκτρονικού εξοπλισμού τους, αντιμετωπίζουν έναν μεγάλο κίνδυνο, την καταστροφή τους από κεραυνούς.

Ο κίνδυνος εστιάζεται στην ολική απώλεια του εξοπλισμού όταν δεχτεί άμεσο κεραυνικό πλήγμα η εγκατάσταση ή το ηλεκτρικό δίκτυο που τροφοδοτεί, καθώς και εκτεταμένες ζημιές των ηλεκτρικών και των ηλεκτρονικών συστημάτων τους όταν κεραυνός πλήξει θέσεις κοντά στην εγκατάσταση ή στο δίκτυο που τροφοδοτεί. Σε όλες τις περιπτώσεις οι οικονομικές απώλειες, δηλαδή η αντικατάσταση του εξοπλισμού και η απώλεια παραγωγής ενέργειας, είναι τόσο σημαντικές που το κόστος εγκατάστασης ενός πλήρους Συστήματος Αντικεραυνικής Προστασίας (ΣΑΠ), αποτελούμενο από το εξωτερικό και το εσωτερικό σύστημα, σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό Πρότυπο σειράς ΕΛΟΤ EN 62305, να συμφέρει οικονομικά.

Η ανάγκη εγκατάστασης ΣΑΠ και η κλάση προστασίας που θα πρέπει να υιοθετηθεί για το σχεδιασμό του προκύπτουν από τα αποτελέσματα της εκτίμησης των κινδύνων που διατρέχει η εγκατάσταση, βάσει του Ευρωπαϊκού Προτύπου ΕΛΟΤ EN 62305-2. Οι κίνδυνοι κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες.

A. Με βάση τις ζημιές

- § Φυσικές ζημιές (φωτιά, έκρηξη, μηχανική ζημιά κλπ)
- § Ζημιές σε ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά συστήματα από υπερτάσεις

B. Με βάση τις απώλειες

- § Απώλεια κοινωφελών δικτύων
- § Οικονομικές απώλειες (απώλειες υπηρεσιών, λειτουργίας κλπ)

4.2 Βασικός εξοπλισμός Φωτοβολταϊκών (Φ/Β) Πάρκων

Τα φωτοβολταϊκά (Φ/Β) συστήματα αποτελούνται από τα εξής βασικά μέρη:

- § τους φωτοβολταϊκούς συλλέκτες (συλλέκτες)
- § τους Inverters
- § τους πίνακες και τους ζυγούς μεταφοράς του συνεχούς ρεύματος (DC/AC) τα οποία κατατάσσονται στον οικίσκο του Υ/Σ του πάρκου

4.2.1 Φωτοβολταϊκοί συλλέκτες

Οι συλλέκτες εγκαθίστανται ανά ομάδες (συστοιχίες) και χαρακτηρίζονται από την εγκατεστημένη ισχύ τους (kW) που εξαρτάται από την επιφάνεια που καλύπτουν και το είδος των συλλεκτών. Την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια ή την αποταμιεύουν σε μπαταρίες ή την τροφοδοτούν στο δίκτυο διανομής της ΔΕΗ. Οι συλλέκτες τοποθετούνται υπό γωνία ανάλογα του γεωγραφικού πλάτους της περιοχής και εγκαθίστανται επί του εδάφους πάνω σε μεταλλικά ικριώματα.

4.2.2 Inverter

Ο inverter (αντιστροφέας ή μετατροπέας) είναι μια συσκευή που μετατρέπει το συνεχές (DC) ρεύμα του φωτοβολταϊκού συστήματος σε εναλλασσόμενο (AC) ρεύμα 230V. Οι inverter διακρίνονται σε inverter τροποποιημένου ημίτονου (modified sine-wave) και σε inverter καθαρού ημίτονου (pure / true sine-wave).

Ένας μετατροπέας με τροποποιημένο ημίτονο, είναι φθηνότερος από έναν με καθαρό ημίτονο και είναι κατάλληλος για τις περισσότερες συσκευές. Καταναλώνει όμως έως και 20% περισσότερη ενέργεια από τη μπαταρία σε σχέση με έναν μετατροπέα καθαρού ημίτονου.

Από την άλλη μεριά, το μοναδικό μειονέκτημα που έχουν οι inverter καθαρού ημίτονου είναι η τιμή τους, αφού είναι τρεις έως τέσσερις φορές ακριβότεροι από έναν αντίστοιχο με τροποποιημένο ημίτονο.

4.2.3 Οικίσκος Υ/Σ

Ο βασικότερος εξοπλισμός του πάρκου πέραν των συλλεκτών είναι:

- § ο πίνακας που συγκεντρώνονται όλα τα καλώδια από τους συλλέκτες (Junction box)
- § ο φορτιστής (charger) της συστοιχίας των μπαταριών (εάν υπάρχει)
- § η συστοιχία μπαταριών (εάν υπάρχει)
- § ο γενικός πίνακας διανομής ac
- § ο μετασχηματιστής μέσης τάσης (εάν υπάρχει)
- § Το data box

Ο παραπάνω εξοπλισμός τοποθετείται σε οικίσκο κοντά στο πάρκο

4.3 Αντικεραυνική προστασία στον Υ/Σ του Φ/Β πάρκου

Από την άποψη της αντικεραυνικής προστασίας την καλύτερη λύση αποτελεί μια ενιαία γείωση ενσωματωμένη στο κτίριο, η οποία μπορεί να προσφέρει πλήρη προστασία σε όλες τις εγκαταστάσεις της κατασκευής. Στην περίπτωση του κτιρίου χρησιμοποιείται διάταξη ηλεκτροδίου γείωσης τύπου Β ή αλλιώς θεμελιακή γείωση. Η θεμελιακή γείωση εξασφαλίζει χαμηλή τιμή αντίστασης γείωσης, δημιουργία τσοδυναμικής επιφάνειας, προστασία του ηλεκτροδίου από διάβρωση, μείωση βηματικών τάσεων και τάσεων επαφής και ύπαρξη αναμονών για την άμεση γείωση παροχής ΔΕΗ. Η διάταξη αυτή αποτελείται από ένα περιμετρικό ηλεκτρόδιο θεμελιακής γείωσης εγκιβωτισμένο στο σκυρόδεμα των θεμελίων του κτιρίου το οποίο μπορεί να είναι σε μορφή ταινίας ή κυλινδρικής διατομής, τη λήψη της θεμελιακής και έναν αγωγό γείωσης. Κατά τη θεμελιακή γείωση, το ηλεκτρόδιο γείωσης, ταινία ή αγωγός, τοποθετείται μέσα στο σκυρόδεμα, στη βάση των

περιμετρικών θεμελίων της κατασκευής. Το ηλεκτρόδιο θα πρέπει να αποτελείται από τμήματα σχετικά μεγάλου μήκους ώστε να απαιτούνται κατά το δυνατόν λίγες συνδέσεις. Ακόμα θα πρέπει να τοποθετείται έτσι ώστε να περιβάλλεται από όλες τις πλευρές του από τουλάχιστον 5 μέτρα σκυροδέματος. Αν χρησιμοποιηθεί ηλεκτρόδιο γείωσης σε μορφή ταινίας, αυτή πρέπει να τοποθετηθεί με τη μεγαλύτερη διάσταση της διατομής της κατακόρυφα. Δημιουργείται επομένως ένας γειωμένος κλειστός βρόχος ή γειωμένο πλέγμα αγωγών, ανάλογα με τις διαστάσεις της κατασκευής, ο τρόπος εγκατάστασης του οποίου εξασφαλίζει ικανοποιητική προστασία έναντι της διάβρωσης και των μηχανικών καταπονήσεων και κατά κανόνα σχετικά μικρή αντίσταση γείωσης.

Η λήψη της θεμελιακής γείωσης είναι το συνδετικό στοιχείο της διάταξης γείωσης με την εγκατάσταση, τις ισοδυναμικές συνδέσεις, τα συστήματα επεξεργασίας πληροφοριών, την εγκατάσταση της αντικεραυνικής προστασίας κλπ. Μπορεί να είναι σε μορφή ακροδέκτη γείωσης ή ζυγού γείωσης ή σε μορφή στρογγυλού αγωγού ή ταινίας. Για τη σύνδεση της ηλεκτρικής εγκατάστασης, των ισοδυναμικών συνδέσεων κλπ. με τη θεμελιακή γείωση κατασκευάζονται λήψεις όσο το δυνατόν πλησιέστερα στις θέσεις εγκατάστασης πινάκων διανομής που προβλέπεται η άμεση σύνδεσή τους στη γείωση καθώς και όπου θα πραγματοποιηθούν οι κύριες και συμπληρωματικές ισοδυναμικές συνδέσεις. Σε όλες τις περιπτώσεις, θα πρέπει οι λήψεις να συνδέονται στο ηλεκτρόδιο γείωσης με το μικρότερο δυνατό μήκος αγωγού γείωσης. Ο αγωγός γείωσης είναι ένας αγωγός που συνδέει τη λήψη θεμελιακής γείωσης με το ηλεκτρόδιο γείωσης. Κύριος ακροδέκτης ή κύριος ζυγός γείωσης είναι ένας ακροδέκτης ή ζυγός που προορίζεται για την ηλεκτρική σύνδεση αγωγών για σκοπούς γείωσης. Στον κύριο ακροδέκτη ή κύριο ζυγό γείωσης μπορούν να συνδεθούν ο κύριος αγωγός προστασίας PE, οι αγωγοί των κύριων ισοδυναμικών συνδέσεων, ο αγωγός γείωσης και ενδεχομένως οι αγωγοί σύνδεσης μιας γείωσης λειτουργίας, αν υπάρχει.

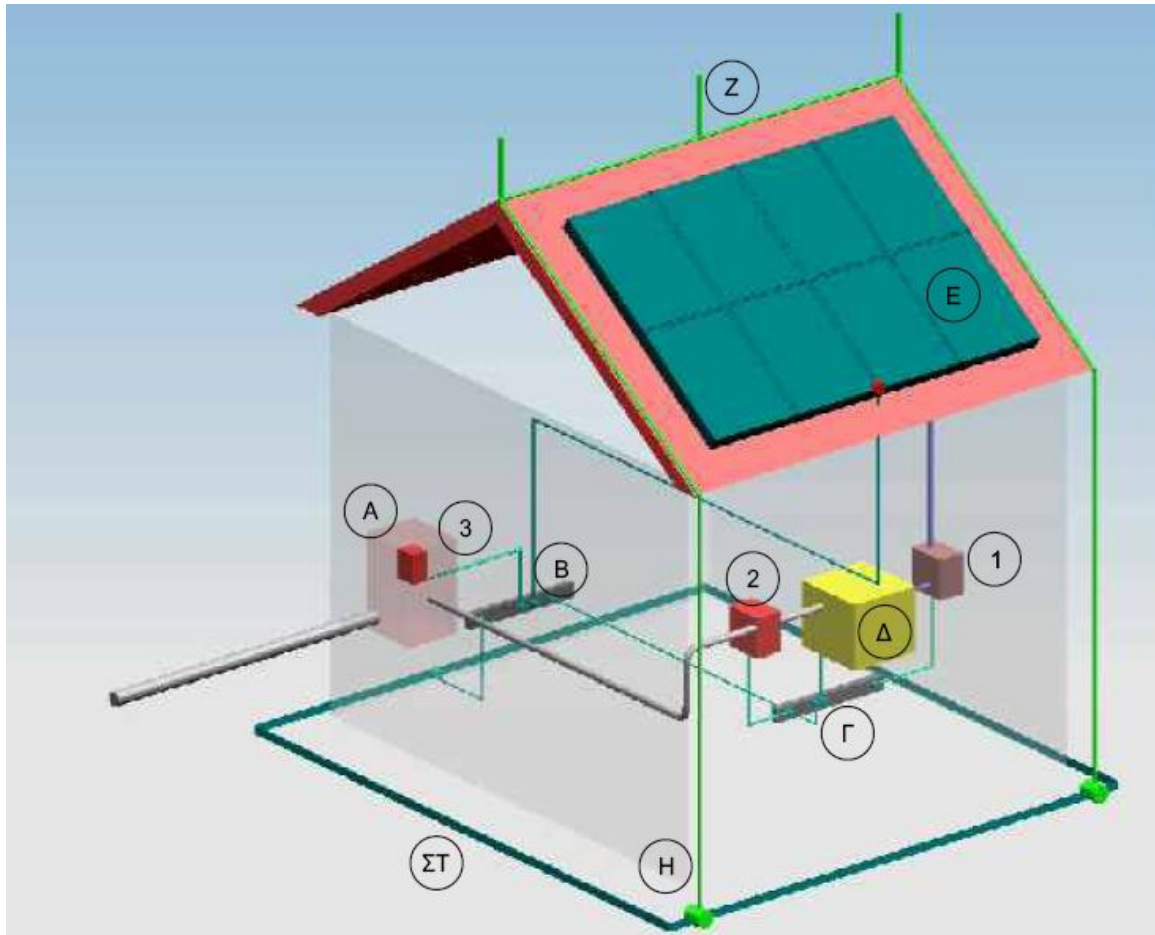
Με τη θεμελιακή γείωση συνδέονται και συνεργάζονται το συλλεκτήριο σύστημα, το οποίο συλλέγει τα κεραυνικά πλήγματα και τα κατευθύνει στη θεμελιακή γείωση μέσω του συστήματος αγωγών καθόδου. Τα παραπάνω φαίνονται αναλυτικά στα σχήματα που ακολουθούν, όπου διακρίνονται και οι απαγωγοί κρουστικών υπερτάσεων (surge protection devices ή SPDs), που συχνά θα συναντηθούν και ως αλεξικέραυνα ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων. Πρόκειται για συσκευές που τοποθετούνται πριν από τα μηχανήματα που θέλουμε να προστατεύσουμε ή σε συγκεκριμένα σημεία, με στόχο να μειώσουν το κρουστικό κύμα άμεσα σε μεγέθη ακίνδυνα.

Η αρχή λειτουργίας τους είναι η εξής: ο κάθε απαγωγός κρουστικών υπερτάσεων, SPD, χαρακτηρίζεται σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας του, από μία πολύ υψηλή αντίσταση μεταξύ των άκρων του. Όταν στο δίκτυο που είναι συνδεδεμένος εφαρμοστεί μία κρουστική τάση με τιμή μεγαλύτερη από την τάση διάσπασης του SPD, βραχυκυκλώνει τα άκρα του σε χρόνο της τάξης ns, μειώνοντας έτσι τις διαφορές δυναμικού μεταξύ των ηλεκτρικά μονωμένων αγωγών και μεταξύ των γειωμένων μερών, σε στάθμη που πρέπει να είναι χαμηλότερη της διηλεκτρικής αντοχής των μονωτικών της εγκατάστασης, όπως αυτή ορίζεται στο Διεθνές πρότυπο IEC 60664-1 (Πίνακας 1).

Πίνακας 4.1 Αντοχή των μονωτικών των συσκευών που τροφοδοτούνται από το δίκτυο, όπως αυτές ορίζονται στο IEC 60664-1, Πίνακας 1.

Δυναμικό μεταξύ φάσης και ουδέτερου, εξαγόμενο από τις ονομαστικές τάσεις λειτουργίας a.c. ή d.c. (Volts)	Διηλεκτρική αντοχή συσκευής, U_s (Volts)			
Κατηγορία Συσκευής (*)				
	I	II	III	IV
50	330	500	800	1500
100	500	800	1500	2500
150	800	1500	2500	4000
300	1500	2500	4000	6000
600	2500	4000	6000	8000
1000	4000	6000	8000	12000

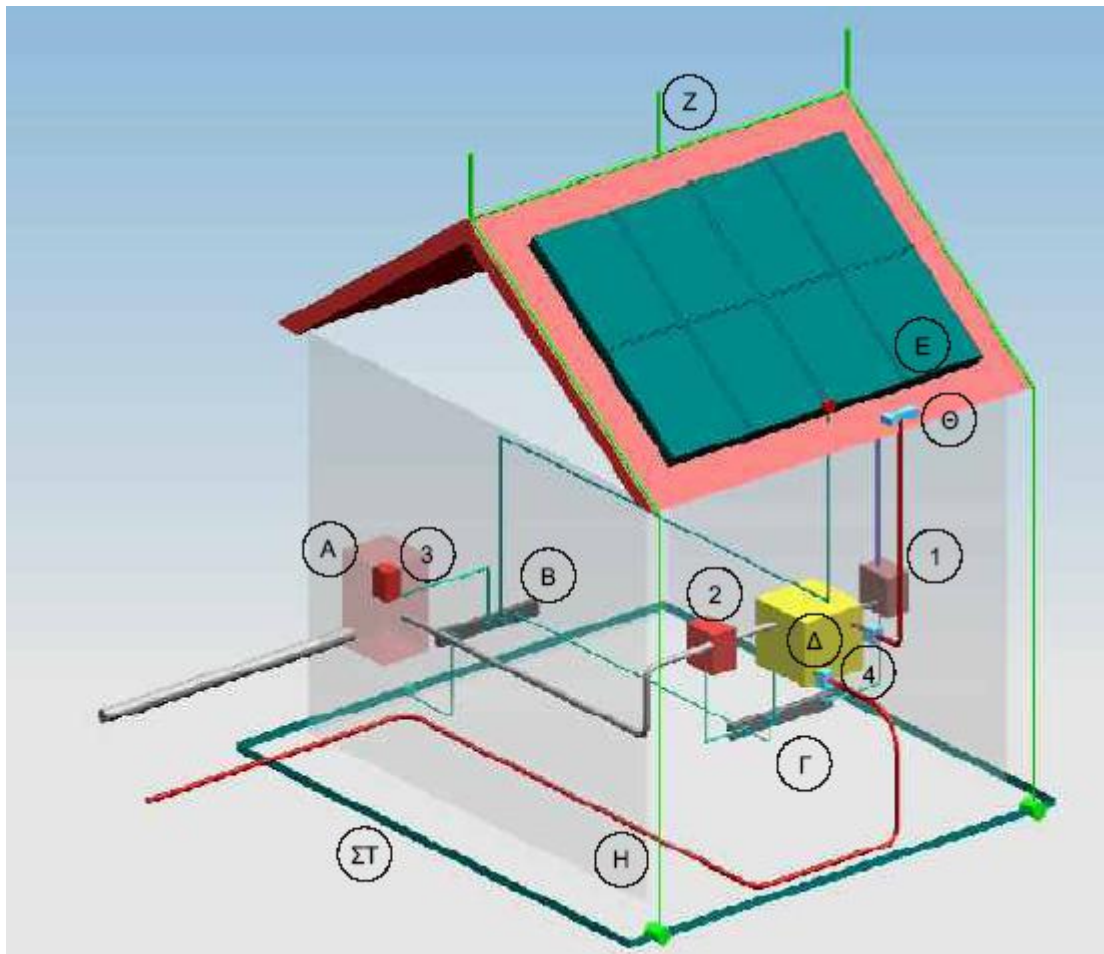
Η τάση αυτή ονομάζεται τάση προστασίας (U_p) και είναι το βασικότερο κριτήριο επιλογής του SPD. Όταν η τάση του δικτύου επανέλθει στα φυσιολογικά επίπεδα, ο απαγωγός κρουστικών υπερτάσεων, SPD, αυτόματα επανέρχεται στην αρχική φυσιολογική του θέση, χωρίς την ανάγκη διακοπής της παροχής του ηλεκτρικού δικτύου, αντικατάσταση τηκτών, ή επαναοπλισμού αυτόματων διακοπών. Στη συνέχεια παρατίθενται δύο περιπτώσεις αντικεραυνικής προστασίας του οικίσκου του υποσταθμού. Διακρίνονται τόσο η διάταξη όσο και οι χρησιμοποιούμενοι κατά περίπτωση απαγωγοί κρουστικών υπερτάσεων.



Εικόνα 4.1: Αντικεραυνική Προστασία Οικίσκου του Υ/Σ

- A) Κεντρικός ηλεκτρικός πίνακας AC
- B) Κύριος ζυγός γείωσης
- Γ) Ζυγός γείωσης συμπληρωματικών ισοδυναμικών συνδέσεων
- Δ) Μετατροπέας (Inverter DC/AC)
- E) Φ/Β συλλέκτες / πλαίσια (προαιρετικά)
- ΣΤ) Σύστημα γείωσης κατασκευής
- Z) Συλλεκτήριο σύστημα - Εξωτερικό ΣΑΠ
- H) Σύστημα αγωγών καθόδου - Εξωτερικό ΣΑΠ
- 1. Απαγωγός κρουστικών υπερτάσεων για την προστασία της εισόδου DC του Inverter.
- 2. Απαγωγός κρουστικών υπερτάσεων για την προστασία της εξόδου AC του Inverter.
- 3. Απαγωγός κρουστικών υπερτάσεων για την προστασία του γενικού πίνακα της κατασκευής.

Σε περίπτωση που ο οικίσκος περιλαμβάνει καλώδιο μεταφοράς δεδομένων ή αισθητήριο θερμοκρασίας & ακτινοβολίας ή αισθητήριο θερμοκρασίας και ακτινοβολίας, προβλέπονται οι διατάξεις προστασίας που φαίνονται στο σχήμα



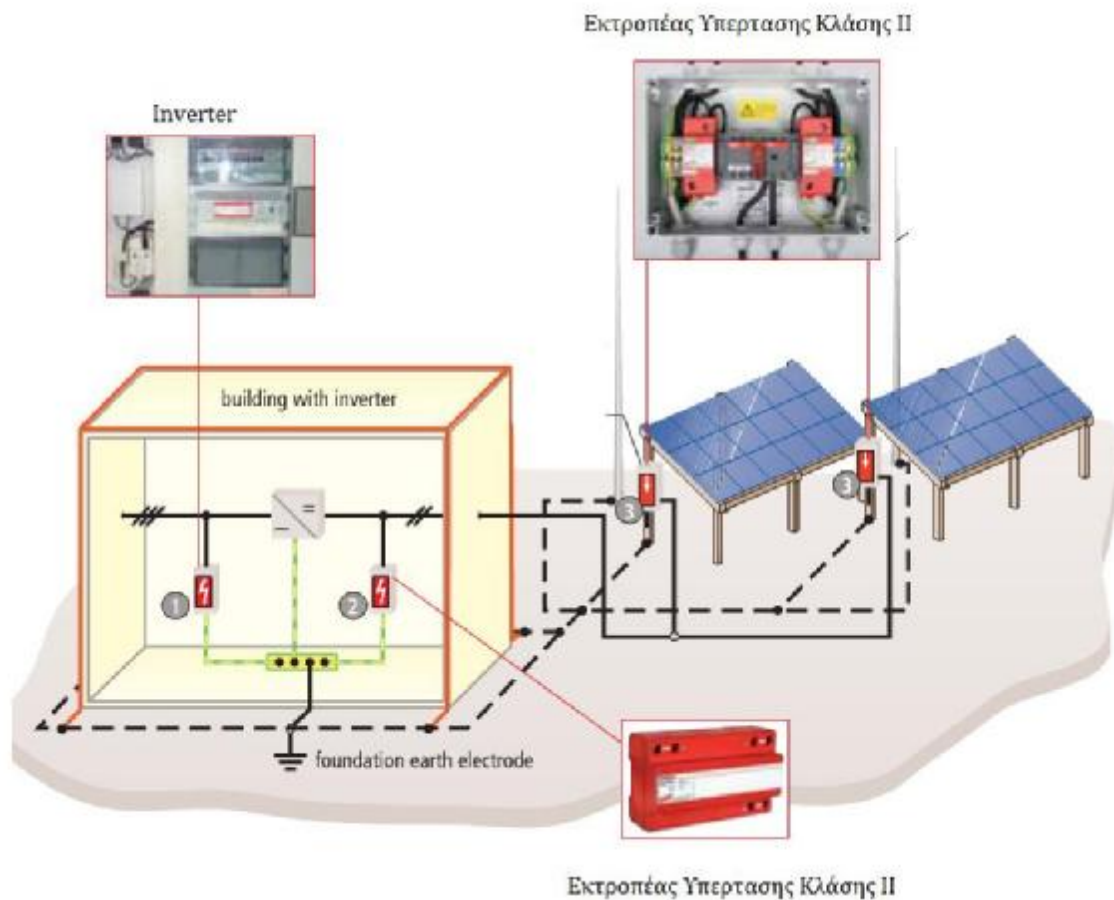
Εικόνα 4.2: Αντικεραυνική Προστασία Οικίσκου του Υ/Σ στην περίπτωση ύπαρξης καλωδίου Data

- A) Κεντρικός ηλεκτρικός πίνακας AC
- B) Κύριος ζυγός γείωσης
- Γ) Ζυγός γείωσης συμπληρωματικών ισοδυναμικών συνδέσεων
- Δ) Μετατροπέας (Inverter DC/AC)
- E) Φ/Β συλλέκτες / πλαίσια
- ΣΤ) Σύστημα γείωσης κατασκευής
- Z) Συλλεκτήριο σύστημα – Εξωτερικό ΣΑΠ
- H) Σύστημα αγωγών καθόδου - Εξωτερικό ΣΑΠ
- Θ) Εξωτερικό αισθητήριο όργανο (π.χ. θερμόμετρα)
- 1. Απαγωγός κρουστικών υπερτάσεων για την προστασία της εισόδου DC του Inverter.

2. Απαγωγός κρουστικών υπερτάσεων για την προστασία της εξόδου AC του Inverter.
3. Απαγωγός κρουστικών υπερτάσεων για την προστασία του γενικού πίνακα της κατασκευής.
4. Απαγωγός κρουστικών υπερτάσεων για την προστασία της εισόδου & εξόδου DATA του Inverter.

4.4 Αντικεραυνική Προστασία του inverter

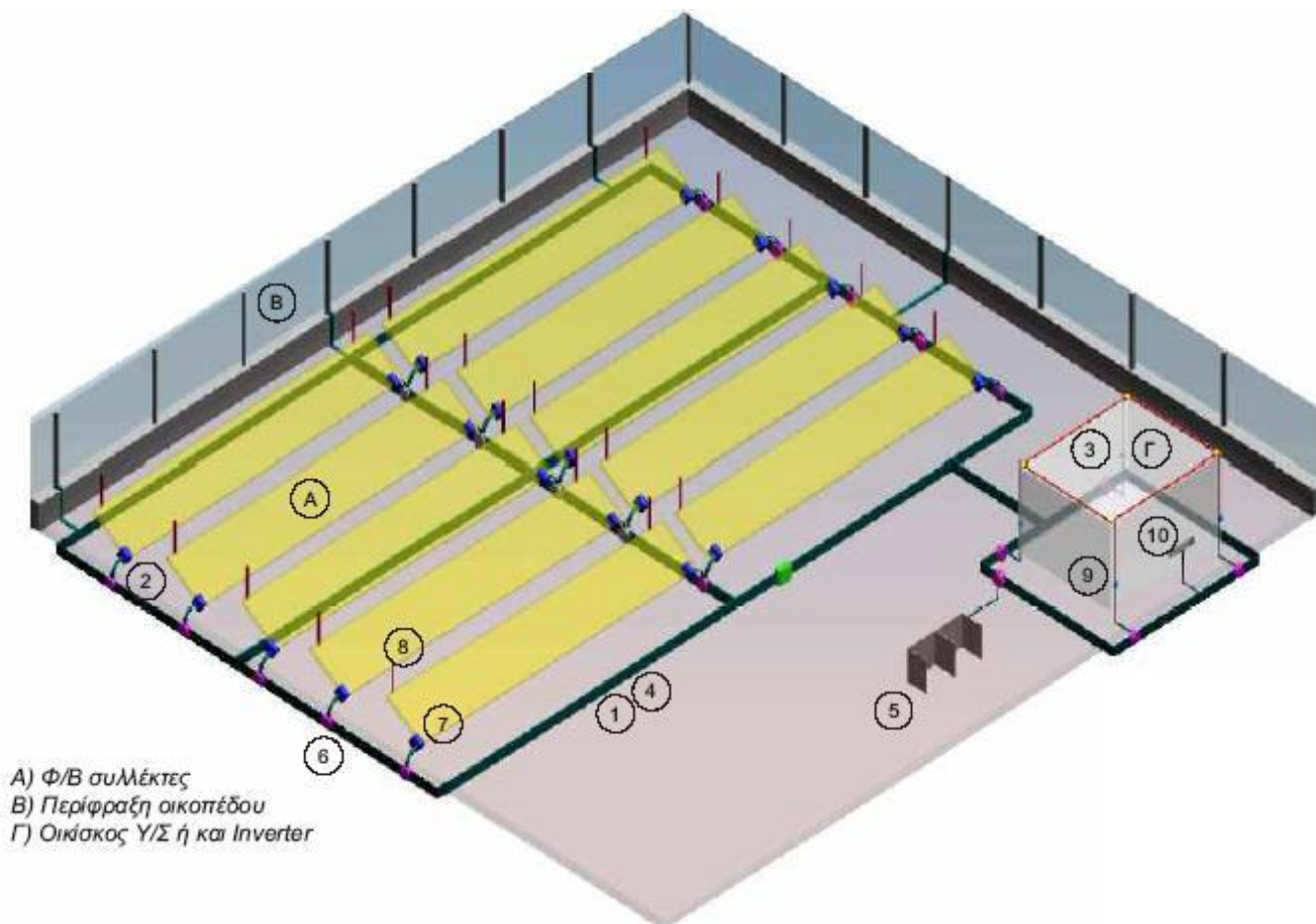
Εάν τα dc καλώδια που οδηγούνται από τα Φ Β πάνελ στον αντιστροφέα έχουν μήκος μεγαλύτερο από 10 μέτρα, τότε η ύπαρξη απαγωγού κρουστικής υπέρτασης στο κιβώτιο διασύνδεσης δίπλα στη ΦΒ συστοιχία δε μας καλύπτει. Στην περίπτωση αυτή θα πρέπει να τοποθετήσουμε έναν επιπλέον απαγωγό υπέρτασης στην dc είσοδο του αντιστροφέα. Ακόμα συσκευές προστασίας έναντι υπερτάσεων θα τοποθετήσουμε και στην ac έξοδο του αντιστροφέα. Στο σχήμα φαίνεται ένα βασικό κυκλωματικό διάγραμμα της σύνδεσης των εκτροπέων υπέρτασης.



Εικόνα 4.3 Διάταξη αντικεραυνικής προστασίας του Inverter

4.5 Αντικεραυνική Προστασία του πάρκου - Εξωτερικό Σύστημα Αντικεραυνικής Προστασίας (ΣΑΠ) Φ/Β πάρκου

Η εγκατάσταση του εξωτερικού ΣΑΠ περιλαμβάνει την προστασία των συλλεκτών και του οικίσκου. Το εξωτερικό ΣΑΠ των συλλεκτών αποτελείται συνήθως από σύστημα ανεξάρτητων ιστών ή ράβδων σύλληψης επί των βάσεων των συλλεκτών σε επιλεγμένες θέσεις. Το εξωτερικό ΣΑΠ του οικίσκου περιγράφεται παρακάτω. Το σύστημα γείωσης συνιστάται να είναι κοινό με το σύστημα των συλλεκτών.



Εικόνα 4.4 Εξωτερικό ΣΑΠ Φ/Β πάρκου







1. Αγωγός ηλεκτροδίου γείωσης σε μορφή ταινίας
2. Αγωγός ισοδυναμικών συνδέσεων
3. Αγωγός εξωτερικού ΣΑΠ οικίσκων
4. Ορθοστάτης αγωγού γείωσης (ταινίας)
5. Ηλεκτρόδιο Γείωσης – “Γειωτής E™”
6. Σφιγκτήρες ηλεκτροδίου γείωσης
7. Σφιγκτήρες ισοδυναμικών συνδέσεων Φ/Β βάσεων
8. Ράβδος σύλληψης

9. Λυόμενος σύνδεσμος ΣΑΠ οικίσκου

10. Ισοδυναμικός ζυγός γείωσης

Ο πίνακας που ακολουθεί δείχνει τα εξαρτήματα που χρησιμοποιούνται στο ΣΑΠ του πάρκου

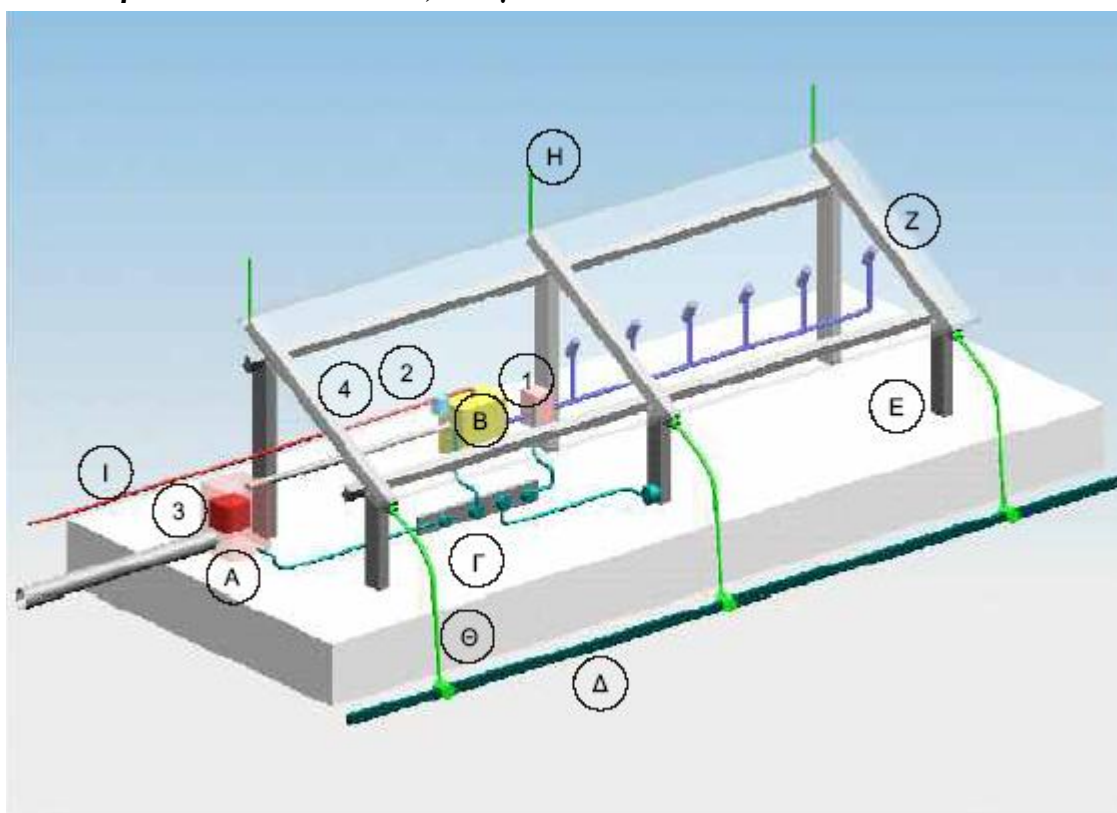
Πίνακας 4.1 Εξαρτήματα του εξωτερικού ΣΑΠ

Α/Α	Περιγραφή	Υλικό εξαρτημάτων - αγωγών				Μορφή
		Χαλκός ή κράμα Cu	Χάλυβας Γαλβανισμένος	Ανοξείδωτος χάλυβας	Πρότυπο ΕΛΟΤΕΝ	
1	Αγωγός ταινίας	6420252	6401330	6461330	50164 - 2	
2	Αγωγός στρογγυλός	6420008	6400010	6460010	50164 - 2	
3	Αγωγός στρογγυλός	6420008	6440010	6460008	50164 - 2	
4	Ορθοστάτης	6103030	6103030	6103030	-	
5	Γειωτής "E™"	632100X	630100X	636100X	50164 - 2	
6-7	Σφιγκτήρας $\varnothing 1$ ταινίας	6201835	6221835	6261835	50164 - 1	
	Σφιγκτήρας μονός	6225102	6255100	6255100	50164 - 1	
	Σφιγκτήρας $\varnothing 1 \varnothing$	6201810	6221810	6261810	50164 - 1	
	Σφιγκτήρας ταινίας/ταινίας	6201833	6221833	6261833	50164 - 1	
8	Ράβδος σύλληψης	-	6421100 Al	-	50164 - 2	
9	Λυόμενος σύνδεσμος	6225000	6205000	6265000	50164 - 1	
10	Ζυγός γείωσης	6600002	-	-	50164 - 1	
<p>Σημείωση 1: Όπου χρησιμοποιείται αγωγός σύνδεσης χαλύβδινος γαλβανισμένος να περιτυλίγεται με αντιδιαβρωτική ταινία 6103301 ~20cm πριν και μετά την είσοδό του στο έδαφος. Σημείωση 2: Τα ανωτέρω υλικά αποτελούν μια πρώτη εκτίμηση. Για μια ολοκληρωμένη πρόταση παρακαλούμε επικοινωνήστε μαζί μας.</p>						

4.6 Αντικεραυνική Προστασία των Συλλεκτών

Για την αντικεραυνική προστασία των συλλεκτών ακολουθείται ακριβώς η ίδια μεθοδολογία με αυτή του οικίσκου. Στα σχήματα που ακολουθούν διακρίνονται τα μέρη της αντικεραυνικής προστασίας τόσο για σταθερούς συλλέκτες όσο και για συλλέκτες με συστήματα tracker

4.6.1 Συλλέκτες με σταθερές βάσεις και χρήση απαγωγών υπέρτασης για την προστασία του Inverter, του γενικού πίνακα και του Data Box



Εικόνα 4.5 Συλλέκτες με σταθερές βάσεις και τέσσερις απαγωγούς υπέρτασης

- A) Γραμμή AC προς γενικό πίνακα παραγωγής
- B) Μετατροπέας (Inverter DC/AC)
- Γ) Ζυγός γείωσης
- Δ) Σύστημα γείωσης Φ/Β πάρκου
- E) Σταθερή βάση Φ/Β
- Z) Φ/Β συλλέκτες / πλαίσια
- H) Ακίδες εξωτερικού ΣΑΠ

- A) Ακίδες εξωτερικού ΣΑΠ
- B) Βάση Tracker / Αγωγός καθόδου
- Γ) Σύστημα γείωσης Φ/Β πάρκου
- Δ) Μονάδα ελέγχου προσανατολισμού
- Ε) Αισθητήριο προσανατολισμού
- Z) Μετατροπέας / Inverter
- H) Γραμμή μεταφοράς δεδομένων – DATA

1. Απαγωγός κρουστικών υπερτάσεων συνδυαστικού τύπου για την προστασία της εισόδου DC και της εξόδου AC του Inverter αλλά και της εισόδου & εξόδου DATA.
2. Απαγωγός κρουστικών υπερτάσεων για την προστασία της παροχής AC της μονάδας προσανατολισμού.
3. Απαγωγός κρουστικών υπερτάσεων για την προστασία της γραμμής DATA της μονάδας προσανατολισμού.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- § Ντοκόπουλος Πέτρος, Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις καταναλωτών μέσης και χαμηλής τάσης, Ζήτη (2η έκδοση), Θεσσαλονίκη, 1992
- § Κάπος Μιλτιάδης Μ., Ασφάλεια ηλεκτρικών εγκαταστάσεων, Κάπος Μιλτιάδης Μ., Αθήνα 1993
- § Κάπος Μιλτιάδης Μ., Γειώσεις και αλεξικέραυνα, Κάπος Μιλτιάδης Μ., Αθήνα, 1988
- § Κάπος Μιλτιάδης Μ., Θεμελιακές γειώσεις, κατασκευαστικές λεπτομέρειες και μέτρα ασφαλείας τους, Κάπος Μιλτιάδης Μ., Αθήνα, 2006
- § Παναγιωτόπουλος Νικόλαος, Γειώσεις βιομηχανικών - επαγγελματικών κτιρίων και κατοικιών, Παπασωτηρίου, Αθήνα, 2004
- § Χάλαρης, Πέρης Γ., Γειώσεις - νομοθεσία και κανονισμοί, Σεμινάριο: Γειώσεις και αντικεραυνική προστασία δικένων και εγκαταστάσεων
- § Κανονισμοί εσωτερικών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων, επιμέλεια Παπασωτηρίου Γεώργιος, Παπασωτηρίου Α., Αθήνα, 1980
- § ΕΛΟΤ HD 384
- § <http://www.elemko.gr/Documents/arresters.asp>
- § <http://www.elemko.gr/>
- § <http://www.docstoc.com/docs/3591495/Lightning-and-surge-protection-for-PV-systems-and-solar-power>