



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ιστορική εξέλιξη γειώσεων σε κτιριακές και βιομηχανικές
εγκαταστάσεις

Ακριτίδης Απόστολος

A.M.: HN07516

Επιβλέπων: Γαύρος Κωνσταντίνος

(Υπογραφή)

.....

ΑΚΡΙΤΙΔΗΣ ΑΠΟΣΤΟΛΟΣ

Ηλεκτρολόγος Μηχανικός Τ.Ε., ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

© 2023 – All rights reserved



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
& ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΔΗΛΩΣΗ ΜΗ ΛΟΓΟΚΛΟΠΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΗΨΗΣ ΠΡΟΣΩΠΙΚΗΣ ΕΥΘΥΝΗΣ

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν. 1599/1986 και τα άρθρα 2,4,6 παρ. 3 του Ν. 1256/1982, η παρούσα Διπλωματική Εργασία με τίτλο “Ιστορική εξέλιξη γειώσεων σε κτηριακές και βιομηχανικές εγκαταστάσεις” καθώς και τα ηλεκτρονικά αρχεία και πηγαίοι κώδικες που αναπτύχθηκαν ή τροποποιήθηκαν στα πλαίσια αυτής της εργασίας και αναφέρονται ρητώς μέσα στο κείμενο που συνοδεύουν, και η οποία έχει ειπνηθεί στο Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας, υπό την επίβλεψη του μέλους του Τμήματος κ. Γαύρου Κωνσταντίνου αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής εργασίας και δεν προσβάλλει κάθε μορφής πνευματικά δικαιώματα τρίτων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον. Τα σημεία όπου έχω χρησιμοποιήσει ιδέες, κείμενο, αρχεία ή / και πηγές άλλων συγγραφέων, αναφέρονται ευδιάκριτα στο κείμενο με την κατάλληλη παραπομπή και η σχετική αναφορά περιλαμβάνεται στο τμήμα των βιβλιογραφικών αναφορών με πλήρη περιγραφή. Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα. Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και μόνο.

Copyright (C) Ονοματεπώνυμο Φοιτητή & Επιβλέποντα, Έτος, Πόλη

Copyright (C) ΑΚΡΙΤΙΔΗΣ ΑΠΟΣΤΟΛΟΣ, ΓΑΥΡΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ, 2023, ΠΤΟΛΕΜΑΙΔΑ

Υπογραφή Φοιτητή: _____

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η διαδικασία εγκατάστασης ενός επαρκούς αξιόπιστου και χωρίς κακοτεχνίες συστήματος γείωσης αποτελεί το βασικότερο εργαλείο για την ελαχιστοποίηση των κινδύνων που εγκυμονεί η χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας σε κτιριακές εγκαταστάσεις. Στην συγκεκριμένη εργασία γίνεται διεξοδική ανάλυση γείωσης για εγκαταστάσεις χαμηλής τάσης σε σχέση με τις απαιτήσεις που ορίζει η νομοθεσία και τα ευρωπαϊκά πρότυπα σχετικά με την γείωση σε κτιριακές ή βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Επιπλέον στην εργασία γίνεται περιγραφή των κύριων συστημάτων γείωσης, στις μεθόδους μέτρησής τους και επιπλέον αναφορά στην υποχρεωτική εγκατάσταση διακοπών διαρροής ηλεκτρικού ρεύματος τα οποία προστατεύουν από το κίνδυνο ηλεκτροπληξίας. Τέλος, στην συγκεκριμένη εργασία γίνεται διεξοδική ανάλυση στην ιστορική εξέλιξη γείωσης στις κτιριακές ή βιομηχανικές εγκαταστάσεις με ανασκόπηση βιβλιογραφίας μελετών που έχουν δημοσιευθεί κυρίως την τελευταία δεκαετία μέσα από δημοφιλείς μηχανές αναζήτησης όπως: Google Scholar, Science Direct, Pubmed, κ.ά.

Λέξεις Κλειδιά: Γείωση, Κτιριακές και Βιομηχανικές εγκαταστάσεις, Συστήματα γείωσης, Ιστορική εξέλιξη γείωσης σε κτίρια, Γειώσεις μεγάλων κτιρίων

ABSTRACT

The process of installing an adequate, reliable and fault-free grounding system is the most basic tool for minimizing the risks posed by the use of electricity in building installations. In this specific work, a thorough analysis of grounding for low-voltage installations is carried out in relation to the requirements set by legislation and European standards regarding grounding in building or industrial installations. In addition, the work describes the main grounding systems, their measurement methods and also mentions the mandatory installation of circuit breakers that protect against the risk of electric shock. Finally, in this work, a thorough analysis is made of the historical evolution of grounding in building or industrial facilities with a literature review of studies that have been published mainly in the last decade through popular search engines such as: Google Scholar, Science Direct and Pubmed.

Keywords: Earthing, Building and Industrial installations, Earthing systems, Historical development of earthing in buildings, Earthing of large buildings.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του προγράμματος σπουδών Ηλεκτρολόγων Μηχανικών Τ.Ε του τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας. Η πτυχιακή εργασία αναφέρεται στην «Ιστορική εξέλιξη γείωσης στις κτιριακές και βιομηχανικές εγκαταστάσεις».

Με την πραγματοποίηση της παρούσας πτυχιακής θέλω να ευχαριστήσω πρώτα τον επιβλέπων καθηγητή μου κ. Γάυρο Κωνσταντίνο.

Επίσης, θέλω να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για τον σημαντικό ρόλο που διαδραμάτισε με την συνεχή στήριξη τους για την περάτωση και ολοκλήρωση της εργασίας.

Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω την γυναίκα μου και το παιδί μου που ήταν στο πλευρό μου καθ' όλη την διάρκεια των φοιτητικών μου υποχρεώσεων.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	i
Abstract	iv
Ευχαριστίες	vi
Πίνακας Περιεχομένων	viii
Πίνακας Εικόνων.....	ix
Κατάλογος Πινάκων.....	xi
Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή.....	12
1.1 Εισαγωγή.....	12
1.2 Σκοπός της έρευνας.....	12
1.3 Μεθοδολογία της έρευνας.....	13
Κεφάλαιο 2: Ανασκόπηση της βιβλιογραφίας περι γείωσης	14
2.1 Εισαγωγή.....	14
2.2 Ορισμός της γείωσης.....	14
2.2.1 Ορολογία	15
2.2.2 Ταξινόμηση γειώσεων.....	18
2.2.3 Μέθοδοι γειώσεων.....	19
2.3 Συστήματα γείωσης.....	20
2.4 Πλεονεκτήματα της γείωσης.....	23
Κεφάλαιο 3: Ιστορική εξέλιξη της γείωσης στα κτήρια και τις βιομηχανικές εγκαταστάσεις	24
3.1 Ιστορική εξέλιξη της έννοια της γείωσης.....	24
3.2 Η ιστορία της γείωσης στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής & Ευρώπη.....	24
Κεφάλαιο 4: Γειώσεις μεγάλων κτηρίων	29
4.1 Θεμελιακή γείωση.....	29
4.2 Γειώσεις υποσταθμών.....	31
4.3 Γειώσεις αλεξικέραυνων	33
4.4 Γειώσεις ασθενών ρευμάτων.....	36
Κεφάλαιο 5: Ανασκόπηση μελετών σχετικά με την εφαρμογή γείωσης σε κτηριακές η βιομηχανικές εγκαταστάσεις	38
5.1 Συστήματα γείωσης διαφορεικού ρεύματος σε κτιριακές εγκαταστάσεις.....	38
5.1.1 Εισαγωγή.....	39
5.1.2 Βασικές έννοιες συστημάτων γείωσης σε κτιριακές εγκαταστάσεις.....	40
5.1.3 Συνήθη προβλήματα και κακοτεχνίες γείωσης στις κτιριακές εγκαταστάσεις.....	41
5.2 Γείωση σε κτιριακές εγκαταστάσεις.....	43
5.3 Εφαρμογή συστημάτων γείωσης σε κτίρια και βιομηχανικές κατασκευές.....	48
Συμπεράσματα.....	50
Βιβλιογραφία.....	51

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1. Τάση επαφής μετάλλου προς μέταλλο, βηματική τάση, τάση επαφής, τάση πλέγματος και μεταφερόμενη τάση.....	σελ.15
Εικόνα 2. Μεταφερόμενη τάση.....	σελ.16
Εικόνα 3. Γειώσεις οικιακής εγκατάστασης.....	σελ.18
Εικόνα 4. Προστασία με άμεση γείωση.....	σελ.18
Εικόνα 5. Σύστημα προστασίας με διακόπτη διαφυγής έντασης, εγκατάσταση με ηλεκτρόδιο γείωσης.....	σελ.19
Εικόνα 6. Συστήματα γείωσης.....	σελ.20
Εικόνα 7. Πλάγια όψη θεμελιακής γείωσης.....	σελ.20
Εικόνα 8. Κάτοψη εφαρμογής θεμελιακής γείωσης.....	σελ.21
Εικόνα 9. Εγκατάσταση γείωσης σε κτίρια της οδού Pearl 257 στο Μανχάταν την χρονολογία 1882.....	σελ.25
Εικόνα 10. Ένα ηλεκτρικό σύστημα τριών συρμάτων συνεχούς ρεύματος με αγωγό που χρησιμοποιείται ως διαδρομή.....	σελ.26
Εικόνα 11. Θεμελιακή γείωση σε κτίριο.....	σελ.29
Εικόνα 12. Πινακίδα επισήμανσης της αναμονής γείωσης.....	σελ.29
Εικόνα 13. Κατόψεις θεμελιακών γειώσεων.....	σελ.30
Εικόνα 14. Ταινία (λάμα) γειώσεων από χαλκό η γάλυβα.....	σελ.31
Εικόνα 15. Αλεξικέραυνο τύπου κλωβού Faraday σε κτίριο.....	σελ.32
Εικόνα 16. Στηρίγματα αγωγών σε κεραμιδοσκεπή.....	σελ.33
Εικόνα 17. Ακίδες συλλήψης κεραύνου γείωσης.....	σελ.34
Εικόνα 18. Προστασία παρακολούθησης κάμερας στο δάμα.....	σελ.35
Εικόνα 19. Γειώσεις ασθενών ρευμάτων σε κτιριακές εγκαταστάσεις.....	σελ.36
Εικόνα 20. Φωτογραφία εργοταξίου μετά την σκυροδετήση της πλάκας. Έχουν αφεθεί αναμονές για τις ισοδυναμικές συνδέσεις και τις συνδέσεις με το σύστημα γείωσης αντί-κεραυνικής προστασίας.....	σελ.38
Εικόνα 21. Σύνδεση ταινίας θεμελιακής γείωσης επί του οπλισμού με την χρήση ειδικού τεμαχίου.....	σελ.39
Εικόνα 22. Ορθή εγκατάσταση ταινίας 30 mm (X) 3,5 mm St-Zn για την δημιουργία θεμελιακής γείωσης επί του οπλισμού σε θεμέλια κτιρίου.....	σελ.40
Εικόνα 23. Εσφαλμένη εγκατάσταση αγωγού St-Zn κατά την έξοδο από το σκυρόδεμα.....	σελ.41
Εικόνα 24. Ορθή σύνδεση ταινίας επί οπλισμού σκυροδέτησης και σύνδεση αγωγών για σύνδεση με αντί-κεραυνική γείωσης προστασίας του κτιρίου.....	σελ.42

Εικόνα 25. Αναμονή για την σύνδεση με αγωγό καθόδου του συστήματος γείωσης αντί-κεραυνικής προστασίας από την θεμελιακή γείωση. Ο αγωγός έχει καλυφθεί με ταινία PCV για την αποφυγή διάβρωσης μετά την σκυροδέτηση.....σελ.42

Εικόνα 26. Εγκατάσταση γειωτή τύπου E, για την ενίσχυση του συστήματος γείωσης του κτιρίου.....σελ.43

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Εισαγωγή

Η γείωση είναι ένας όρος με τον οποίο ένας ηλεκτρολόγος, ηλεκτρολόγος μηχανικός ή διευθυντής εγκαταστάσεων γνωρίζει πολύ και χρησιμοποιεί συχνά, αλλά τι σημαίνει; Η αρχική σκέψη είναι ότι απλώς συνδέει έναν αγωγό γείωσης με την γη.

Υπάρχουν διάφορα πλεονεκτήματα για την γείωση και την συγκόλληση συστημάτων ισχύος εναλλασσόμενου ρεύματος μεταφοράς και διανομής. Η βάση για την επιλογή ενός δεδομένου τύπου συστήματος γείωσης εξαρτάται από την ικανότητά του να παρέχει ασφάλεια προσωπικού και προστασία εξοπλισμού. Κατά κύριο λόγο, η βιομηχανία ηλεκτρικής ενέργειας ενδιαφέρεται για τη μείωση των κινδύνων ηλεκτροπληξίας και φλας στο προσωπικό που εργάζεται με ηλεκτρικά συστήματα, τον περιορισμό των ζημιών στα εξαρτήματα του ηλεκτρικού συστήματος λόγω παροδικών υπερτάσεων και την ελαχιστοποίηση της διακοπής στις εμπορικές ή βιομηχανικές διεργασίες που υποστηρίζει το ηλεκτρικό σύστημα.

Με βάση αυτά τα κριτήρια, η επικρατούσα φιλοσοφία σχεδιασμού γείωσης είναι να παρέχει ένα γειωμένο σύστημα έναντι ενός μη γειωμένου για την ικανοποίηση αυτών των στόχων. Ωστόσο, η κατανόηση της βασικής λειτουργίας κάθε τύπου συστήματος είναι απαραίτητη για την αντιστοίχιση της κατάλληλης τοπολογίας γείωσης με την απόδοση του ηλεκτρικού συστήματος. Τα κτίρια και οι βιομηχανικές εγκαταστάσεις, με το μεγαλύτερο μέρος του εξοπλισμού τους να λειτουργεί στα 600 V και λιγότερο, φαίνεται να έχουν τυποποιηθεί σε μια προσέγγιση σταθερής γείωσης και συγκόλλησης. Η σωστή εφαρμογή αυτής της προσέγγισης γίνεται μέσα από το φακό του Εθνικού Ηλεκτρικού Κώδικα (Johnston, 2018).

1.2 Σκοπός της έρευνας

Ο σκοπός της συγκεκριμένης έρευνας είναι η πραγματοποίηση μίας συστηματικής ανασκόπησης της σύγχρονης βιβλιογραφίας την τελευταία 10ετία προκειμένου να γίνει διερεύνηση της ιστορικής εξέλιξης της γείωσης στις κτιριακές ή βιομηχανικές εγκαταστάσεις, δηλαδή το πώς με την πάροδο των χρόνων εξελίχθηκε το συγκεκριμένο φαινόμενο.

1.3 Μεθοδολογία της έρευνας

Το μεθοδολογικό εργαλείο το οποίο εφαρμόστηκε για να ολοκληρωθεί η συγκεκριμένη έρευνα είναι η συστηματική και οργανωμένη ανασκόπηση της διεθνούς βιβλιογραφίας. Διερευνήθηκαν οι βάσεις επιστημονικών δεδομένων Pubmed/NCBL, ScienceDirect, Tandfonline, Google Scholar και CochraneLibrary. Οι λέξεις-κλειδιά (meshterms) οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν για την εύρεση των συγκεκριμένων άρθρων ήταν οι: Γείωση (Earthing), Κτιριακές και Βιομηχανικές εγκαταστάσεις (Building and Industrial installations), Συστήματα γείωσης (Earthing systems), Ιστορική εξέλιξη γείωσης σε κτίρια (Historical development of earthing in buildings), Γειώσεις μεγάλων κτιρίων (Earthing of large buildings).

Τα κριτήρια ένταξης στην μελέτη και στην αναζήτηση ήταν η δημοσίευση των άρθρων τα τελευταία 10 έτη, η αγγλική γλώσσα καθώς και οι πρωτότυπες κλινικές μελέτες (τυχαιοποιημένες ή μη), καθώς και ανασκοπήσεις της βιβλιογραφίας. Από την άλλη πλευρά έγινε αποκλεισμός των παρουσιάσεων μεμονωμένων περιστατικών (casereports), καθώς φυσικά και οι παρουσιάσεις σειρών περιστατικών (caseseries).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ ΠΕΡΙ ΓΕΙΩΣΗΣ

2.1 Εισαγωγή

Σκοπός του παρόντος κεφαλαίου είναι η παρουσίαση των βασικών εννοιών περί γειώσεων, η επεξήγηση του ρόλου ύπαρξης των συστημάτων γείωσης στα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας καθώς επίσης και η περιγραφή των κύριων τύπων συστημάτων γείωσης, οι οποίοι χρησιμοποιούνται σήμερα. Επιπρόσθετα, παρατίθενται ορισμοί στοιχείων όπως η αντίσταση γείωσης, η ειδική αντίσταση του εδάφους καθώς επίσης και ανάλυση παραμέτρων οι οποίες επηρεάζουν την τιμή της ειδικής αντίστασης του εδάφους.

2.2 Ορισμός της γείωσης

Η γείωση είναι η σύνδεση ενός ηλεκτρικού συστήματος με το έδαφος προκειμένου να αποφευχθεί η ακούσια ηλεκτρική φόρτιση. Το έδαφος είναι ένας ηλεκτρικός αγωγός που χρησιμοποιείται για να μεταφέρει ρεύματα σφάλματος στη γη αντί να του επιτρέπει να περάσει μέσα σε άλλο αντικείμενο (Κουρέλης, 2010).

Πιο συγκεκριμένα, η γείωση είναι βασική αρχή για την ηλεκτρική ασφάλεια. Εκμεταλλεύεται τις αρνητικές ηλεκτρικές ιδιότητες του εδάφους, δημιουργώντας μία διαδρομή χαμηλής αντίστασης μεταξύ του ηλεκτρικού εξοπλισμού και της γης. Η γείωση κατευθύνει ουσιαστικά το υπερβολικό ρεύμα στη γη όπου μπορεί να διαλυθεί, προστατεύοντας τον εξοπλισμό από ζημιές από ηλεκτρικές υπερτάσεις και ανθρώπους από τραυματισμό από ηλεκτροπληξία (Ανδροβιτσάνεας, 2011).

Ο σκοπός της γείωσης των ηλεκτρικών συστημάτων θεωρείται κρίσιμη για την προστασία τόσο των «ενοίκων» του κτιρίου όσο και του εξοπλισμού από τον κίνδυνο υψηλής τάσης. Όταν μία αγώγιμη επιφάνεια, όπως το μέταλλο, δεν είναι γειωμένη και ενεργοποιείται ηλεκτρικά, μπορεί να μεταφέρει αρκετή τάση για να προκαλέσει ένα θανατηφόρο σοκ.

Ένας άλλος ορισμός που μπορεί να δοθεί για την έννοια της γείωσης είναι αυτός που έχει θέσει ο Εθνικός Ηλεκτρικός Κώδικας ορίζοντας την γείωση ως «μία αγώγιμη σύνδεση, σκόπιμη ή τυχαία

μεταξύ ενός ηλεκτρικού κυκλώματος ή εξοπλισμού και της γείωσης ή κάποιου αγωγίμου σώματος που χρησιμεύει στην θέση της γης».

Με βάση την διεθνή βιβλιογραφία ένα σωστό σύστημα διασφαλίζει ότι:

- Τα κυκλώματα έχουν μία αποτελεσματική διαδρομή επιστροφής, από τον εξοπλισμό στην πηγή ισχύος.
- Παρέχεται χαμηλή αντίσταση για να απενεργοποίηση ή να βραχυκυκλώσει ένα διακόπτη σε περίπτωση ηλεκτρικής βλάβης.
- Τα μεταλλικά εξαρτήματα συνδέονται ηλεκτρικά για να αποτρέψουν την ύπαρξη σύνδεσης τάσης μεταξύ τους και
- Δημιουργείται και διατηρείται ένα σημείο αναφοράς μηδενικής τάσης μαγνητικών ζεύξεων (Σεμινάριο σχετικά με τις γειώσεις δικτύων και εγκαταστάσεων, 1997).

Η μεταβατική συμπεριφορά των συστημάτων γείωσης επηρεάζεται από τους ακόλουθους παράγοντες (Κούρνη, 2011):

- Τις διαστάσεις και το σχήμα του συστήματος γείωσης.
- Την ειδική αντίσταση του εδάφους στο οποίο είναι τοποθετημένο το πλέγμα γείωσης.
- Την ανάπτυξη ή όχι ιονισμού του εδάφους
- Την κυματομορφή του εγγεόμενου ρεύματος
- Το σημείο έγχυσης του ρεύματος.

2.2.1 Ορολογία

Βηματική τάση (Step voltage): Χαρακτηρίζεται η απόσταση δυναμικού στην επιφάνεια του εδάφους που βρίσκει εφαρμογή ανάμεσα στο μέρος των ποδιών ενός ατόμου, το οποίο κατά σύμβαση εκτελεί ένα βήμα που κάνει άνοιγμα 1m (ενός μέτρου) και δεν έρχεται σε ταύτιση με άλλο γειωμένο αντικείμενο (ANSI/IEEE, 2013).

Τάση επαφής (Touch voltage): Η τάση επαφής είναι η εμφάνιση ηλεκτρικού δυναμικού ανάμεσα σε δύο αντικείμενα που ιδανικά δεν θα έπρεπε να έχουνε διαφορά τάσης μεταξύ τους. Συχνά εμφανίζονται μικρές τάσεις μεταξύ δύο γειωμένων αντικείμενων τα οποία βρίσκονται σε ξεχωριστές θέσεις, λόγω της κανονικής ροής ρεύματος στο σύστημα ισχύος. Υπάρχει το

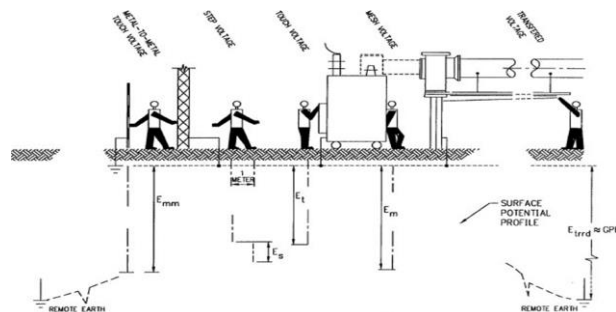
ενδεχόμενο να εντοπιστούν υψηλές και ανοδικές τάσεις στα περιβλήματα του ηλεκτρικού εξοπλισμού εξαιτίας πιθανής βλάβης στο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας (Κουρέλης, 2010).

Μέγιστο Δυναμικό Γείωσης (Ground Potential Rise, GPR): Το μέγιστο ηλεκτρικό δυναμικό που μπορεί να επιτύχει ένα δίκτυο γείωσης υποσταθμού σε σχέση με ένα μακρινό σημείο γείωσης που θεωρείται ότι εντοπίζεται στο δυναμικό απομακρυσμένης γείωσης και το συγκεκριμένο είδος τάσης είναι γνωστό ως GPR και αυτό ισούται με το μέγιστο ρεύμα δικτύου επί την αντίσταση δικτύου. Στην περίπτωση που υπάρχουν κανονικές συνθήκες το δυναμικό ενός γειωμένου αντικειμένου ισούται με το δυναμικό της απομακρυσμένης γείωσης. Στην περίπτωση που το ρεύμα σφάλματος ρέει στην γείωση από το έδαφος σε αντικείμενο το δυναμικό γείωσης αυξάνεται. Η επροκείμενη περίπτωση πραγματοποιείται διότι η τοπική γείωση έχει πεπερασμένη αντίσταση (ANSI/IEEE, 2013).

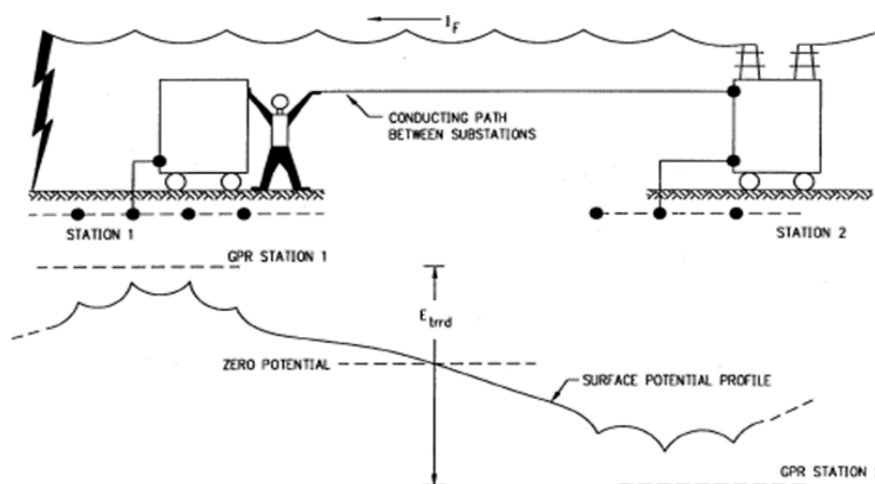
Τάση επαφής μετάλλου προς μέταλλο (Metal-to-metal touch voltage): Η έννοια αυτή αναφέρεται στην διαφορά δυναμικού που υπάρχει ανάμεσα στα μεταλλικά αντικείμενα ή διαφορετικά που εντοπίζονται στις δομές μέσα στο εσωτερικό του υποσταθμού (ANSI/IEEE, 2013).

Μεταφερόμενη τάση (Transferred voltage): Οι μεταφερόμενες τάσεις από την ουδέτερη γείωση εμφανίζονται όταν παρουσιάζεται σφάλμα στην γείωση στο δίκτυο μέσης τάσης του συστήματος διανομής, όταν το πρωτεύον και το δευτερεύον ουδέτερο διασυνδέονται στους μετασχηματιστές διανομής. Η συγκεκριμένη περίπτωση εφαρμόζεται σε συστήματα με πολυγειωμένου 5 ουδέτερους όπου ένα τοπικό σφάλμα «παρακολουθείται» από ολόκληρο το κύκλωμα (Εικόνα 2).

Τάση πλέγματος (Mesh voltage): Η συγκεκριμένη περίπτωση επαφής βρίσκει εφαρμογή στο εσωτερικό του βρόχου ενός πέλματος γείωσης (Εικόνα 1).



Εικόνα 2. Τάση επαφής μετάλλου προς μέταλλο, βηματική τάση, τάση επαφής, τάση πλέγματος και μεταφερόμενη τάση (Πηγή: ANSI/IEEE, 2013)



Εικόνα 3. Μεταφερόμενη τάση (Πηγή: ANSI/IEEE, 2013)

Ηλεκτρόδιο γείωσης ή γειωτής (Ground electrode): χαρακτηρίζεται ως ένα σύνολο αγώγιμων σωμάτων τα οποία συνδέονται μεταξύ τους, τα οποία δημιουργούν οποιαδήποτε γεωμετρικό σχήμα τα οποία μπορούν να ενσωματωθούν μέσα στο έδαφος.

Ρεύμα γης (Ground current): είναι η περίπτωση ρεύματος η οποία ρέει από η προς την γη.

Αποτελεσματική γείωση (Effective grounding): Στην εξόρυξη η αποτελεσματική γείωση σημαίνει ότι η διαδρομή προς την γείωση από τα κυκλώματα, τον εξοπλισμό ή τα περιβλήματα αγώγων είναι μόνιμη και συνεχής και έχει αρκετή χωρητικότητα για να μεταφέρει με ασφάλεια τυχόν ρεύματα.

Τάση ηλεκτροδίου γείωσης (Earth electrode voltage): Μία πολύ αποτελεσματική μέθοδος απόκτησης μίας σύνδεσης γείωσης χαμηλής αντίστασης είναι η ταφή ενός αγωγού με την μορφή κλειστού βρόχου στο έδαφος στο κάτω μέρος της εκσκαφής για τα θεμέλια κτιρίων.

Αντίσταση γείωσης (Earthing resistance): Η αντίσταση που προσφέρει το ηλεκτρόδιο γείωσης στην ροή του ρεύματος στο έδαφος είναι γνωστή ως αντίσταση γείωσης.

Πλέγμα Γείωσης (Grounding grid): λέγετε ένα σύστημα οριζόντιων ηλεκτροδίων το οποίο βρίσκεται συνήθως σε ένα συγκεκριμένο χώρο.

Υλικό επιφανείας (surface material): είναι ένα στρώμα το οποίο απαρτίζεται από υλικά όπως: πέτρα, χαλίκι, άσφαλτο και τεχνητά υλικά τα οποία ενσωματώνονται στο επάνω μέρος του εδάφους.

Σύστημα γείωσης (Grounding System): περιλαμβάνει την σύνδεση ενός αγωγού γείωσης το οποίο αποτελείται από ένα σύνολο ομοειδών η μη γειωτών.

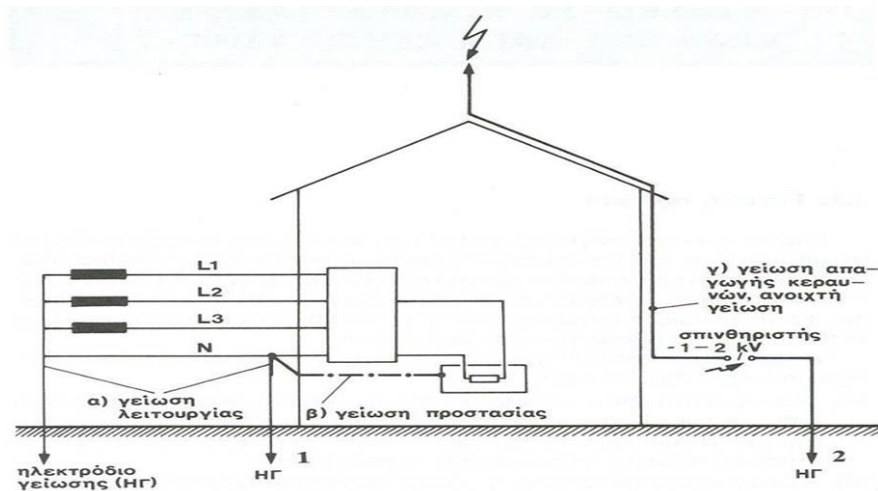
2.2.2 Ταξινόμηση γειώσεων

Ως προς την ταξινόμηση των γειώσεων στα συνήθη κτιριακά και βιομηχανικά κτίρια ανάλογα με το κίνητρο ύπαρξης που έχουν σχεδιαστεί απαρτίζονται από τρεις βασικές κατηγορίες (Κουρέλης, 2010).

Γείωση λειτουργίας. Μία προστατευτική σύνδεση γείωσης ασφαλείας που χρησιμοποιεί έναν προστατευτικό αγωγό για να κατευθύνει ένα ρεύμα σφάλματος με ασφάλεια στην γη και μακριά από έναν άνθρωπο που έρχεται σε επαφή. Διαθέτει επίσης μία προστατευτική συσκευή ασφαλείας ή διακόπτη κυκλώματος για να μπορεί να διακόπτει το ηλεκτρικό ρεύμα σε ένα ελαττωματικό κύκλωμα. Η μόνωση από την αντίστοιχη πλευρά, εφαρμόζει στις περισσότερες περιπτώσεις πλαστικό φράγμα απομόνωσης για να βοηθήσει να διατηρήσει ένα ηλεκτρικό ρεύμα με ασφάλεια στο σωστό κύκλωμα και να αποτρέψει την διαρροή χωρίς να απαιτείται αυτή η περίπτωση σύνδεση γείωσης.

Γείωση προστασίας. Καλείται η αγώγιμη σύνδεση των μεταλλικών μερών μιας εγκατάστασης με την γη, τα οποία δεν ανήκουν στο ενεργό κύκλωμα (κύκλωμα λειτουργίας). Σε αυτή την κατηγορία γείωσης χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι οι γειώσεις των μεταλλικών μερών των εγκαταστάσεων και των μεταλλικών περιβλημάτων

Γείωση ασφαλείας ή αντικεραυνικής προστασίας. Ο σχεδιασμός ηλεκτρικής γείωσης με συστήματα αντι-κεραυνικής προστασίας είναι μία από τις σημαντικότερες πτυχές του συστήματος διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Οι βασικοί παράγοντες περιλαμβάνουν το προσωπικό λειτουργίας, την προστασία των κατασκευών και του εξοπλισμού από ακούσια επαφή με ηλεκτροφόρες γραμμές. Η συγκεκριμένη περίπτωση της ταξινόμησης γείωσης πρέπει να διασφαλίζει την μέγιστη ασφάλεια από βλάβες ηλεκτρικού συστήματος και κεραυνούς. Ο εξοπλισμός και η προστασία του κτιρίου παρέχονται από γείωση χαμηλής σύνθετης αντίστασης και σύνδεση μεταξύ ηλεκτρικών υπηρεσιών, προστατευτικών συσκευών, εξοπλισμού και άλλων αγώγιμων αντικειμένων έτσι ώστε τα σφάλματα ή τα ρεύματα κεραυνού να μην οδηγούν σε επικίνδυνες τάσεις εντός του κτιρίου. Επίσης, η σωστή λειτουργία των προστατευτικών συσκευών υπερέντασης εξαρτάται συχνά από διαδρομές ρεύματος σφάλματος χαμηλής σύνθετης αντίστασης. **(Εικόνα 3)** (Χάλαρης, 2011).

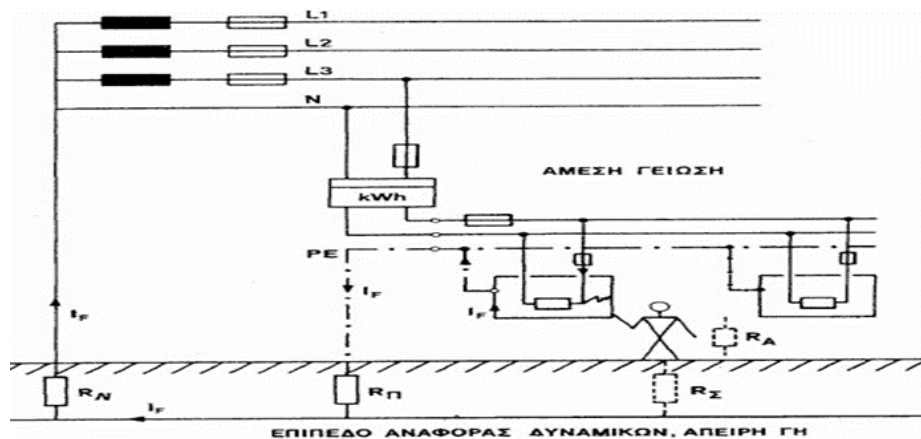


Εικόνα 4. Γειώσεις οικιακής εγκατάστασης (Πηγή: Ανδροβιτσανέας, 2011)

2.2.3 Μέθοδοι γειώσεων

Οι μέθοδοι γείωσης οι οποίες εφαρμόζονται στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις κτιρίων είναι οι ακόλουθες (Κουρέλης, 2010):

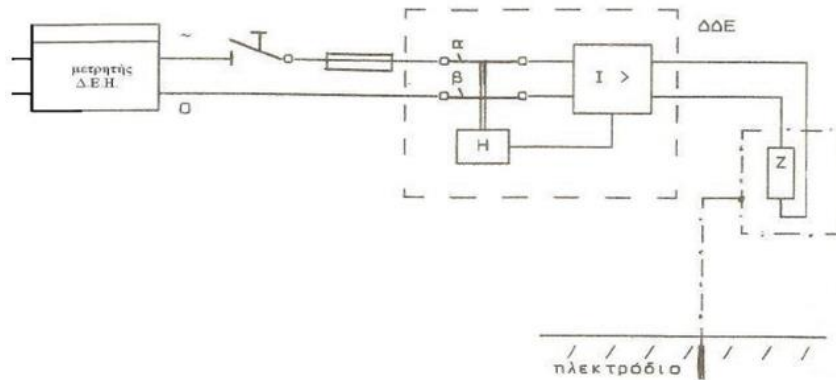
- **Άμεση γείωση.** Αναφέρεται στην άμεση επαφή του δέρματος με την επιφάνεια τα Γης ,όπως με γυμνά πόδια ή χέρια ή με διάφορα συστήματα γείωσης. Χαρακτηριστικά παραδείγματα της συγκεκριμένης μεθόδου είναι το ηλεκτρόδιο, η πλάκα γείωσης και το τρίγωνο γείωσης (Εικόνα 4).



Εικόνα 5. Προστασία με άμεση γείωση (Πηγή: Ανδροβιτσανέας, 2011)

- **Μέσω διακόπτη διαφυγής έντασης ή τάσης.** Στοχεύει στην αυτόματη απομόνωση του προβληματικού μέρους της εγκατάστασης όταν το ρεύμα ή η τάση αντίστοιχα

ξεπεράσει κάποιο προκαθορισμένο όριο (ρελέ διαρροής). Αυτό επιτυγχάνεται με την χρήση αποζεύκτη διαφυγής έντασης ή τάσης, ανάλογα το σφάλμα. (Εικόνα 5).

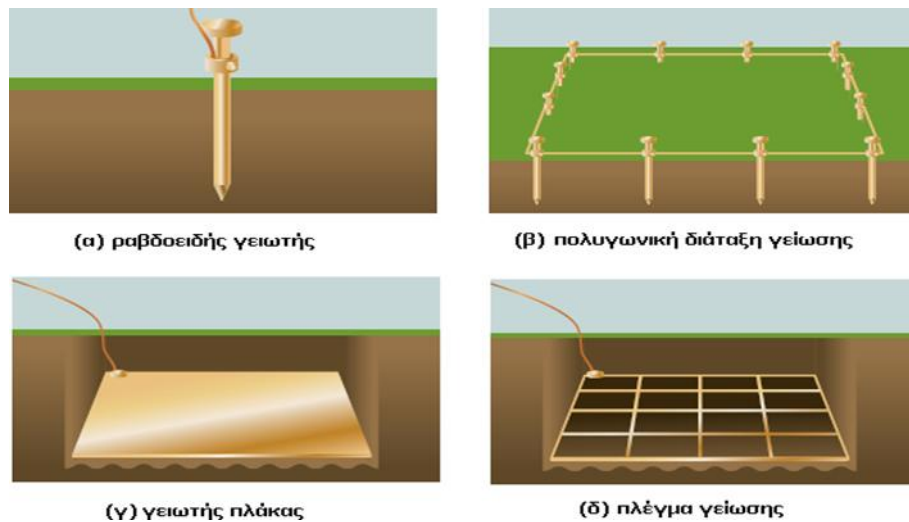


Εικόνα 6. Σύστημα προστασίας με διακόπτη διαφυγής έντασης, εγκατάσταση με ηλεκτρόδιο γείωσης (Πηγή: Ανδροβιτσανέας, 2011)

2.3 Συστήματα γείωσης

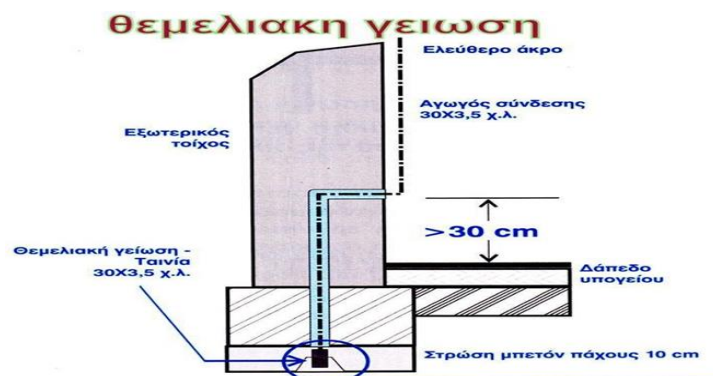
Τα συστήματα γείωσης είναι συστήματα τα οποία περιλαμβάνουν δύο ή περισσότερους γειωτές, διατεταγμένους και συνδεδεμένους με διαφορετικό τρόπο ανάλογα την περίπτωση. Η επιλογή του είδους του συστήματος γείωσης που θα χρησιμοποιηθεί, εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως το είδος του εδάφους (βραχώδες, αμμώδες, κλπ.), τον χώρο που έχουμε στην διάθεσή μας, τις κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν, το κόστος κλπ. Τα συγκεκριμένα συστήματα γείωσης είναι τα ακόλουθα όπως: (Earth ground resistance, 2008).

- **Πολυγωνική διάταξη.** Περιλαμβάνεται από γειωτές οι οποίοι έχουν την μορφή ράβδου και τοποθετούνται στις κορυφές ισοπλεύρου τριγώνου (Εικόνα 6).
- **Γείωση με πλάκες.** Στο σύστημα γείωσης πλάκας, μια πλάκα που αποτελείται είτε από χαλκό με διαστάσεις 60cm x 60cm x 3,18mm (δηλαδή 2ft x 2ft x 1/8 in) είτε από γαλβανισμένο σίδηρο (GI) διαστάσεων 60cm x 60cm x 6,35 mm (2ft x 2ft x 1/8 in) ¼ in) είναι θαμμένο κατακόρυφα στην γη (γήινος λάκκος) που δεν πρέπει να απέχει λιγότερο από 3 μέτρα (10 πόδια) από το επίπεδο του εδάφους. (Εικόνα 6).



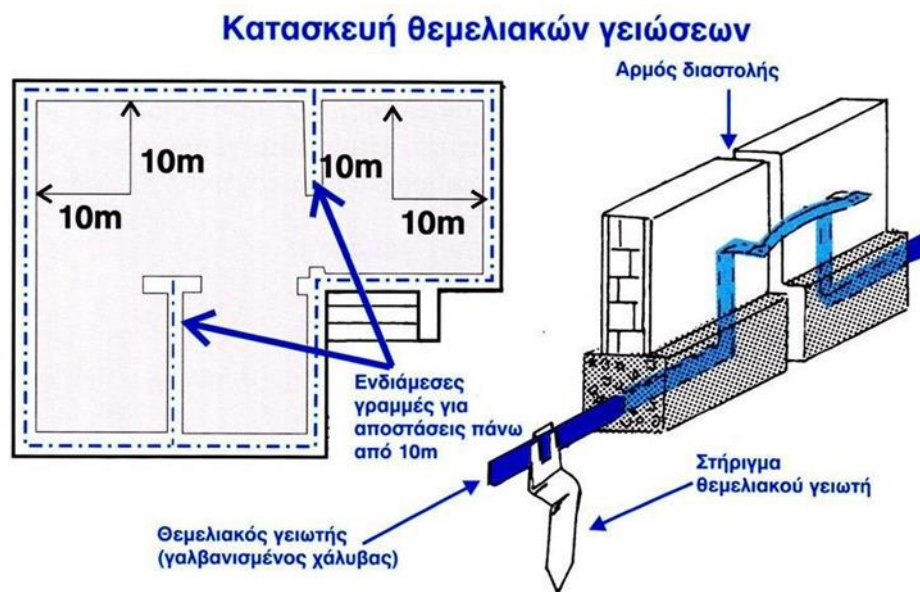
Εικόνα 7. Συστήματα γείωσης (Πηγή: Earth ground resistance, 2008).

- **Περιμετρική γείωση.** Οι περιμετρικές ράβδοι γείωσης χρησιμοποιούνται για τον τερματισμό των καλωδίων γείωσης και των καλωδίων από σύγχρονο εξοπλισμό και λοιπές συσκευές.
- **Πλέγμα μείωσης.** Τα πλέγματα γείωσης βασίζονται σε αγωγίμα πλέγματα ή φύλλα για να δημιουργήσουν πολλές διαδρομές για την ηλεκτρική ενέργεια να βρει τον δρόμο προς την γείωση. Τα πλέγματα γείωσης περιορίζουν τις διαφορές δυναμικού μεταξύ τμημάτων εξοπλισμού και σταματούν τους βρόχους γείωσης. Μειώνουν επίσης το βουητό του δικτύου και ελαχιστοποιούν τη δυνατότητα αφής. Τα πλέγματα γείωσης είναι κρίσιμα για τη στατική εκκένωση και την αντί-κεραυνική προστασία (Εικόνα 6).
- **Θεμελιακή γείωση.** Απαρτίζεται από ένα τύπο γειωτής ταινίας και πάρα πολύ σπάνια από έναν αγωγό το οποίο έχει μορφή κυκλικής διατομής και τοποθετείται εντός των συνδετήριων δοκαριών των πέδινων ή αντίστοιχα στα τοίχεια τα οποία βρίσκονται περιμετρικά των θεμελίων σε ένα κτήριο (Εικόνα 7 & 8).



Εικόνα 8. Πλάγια όψη θεμελιακής γείωσης (Πηγή: Καθιέρωση διατάξεων διαφορικού ρεύματος και θεμελιακής γείωσης, 2006).

Η αντίσταση γείωσης μέσα από τον τύπο της προκύπτει ότι η τιμή της είναι αντιστρόφως ανάλογη από το μήκος της ταινίας, όπως προκύπτει και σε μία άλλη περίπτωση γείωσης που χαρακτηρίζεται ως περιμετρική. Η γείωση της θεμελίωσης μέσα από την ανάλυση των χαρακτηριστικών της προκύπτει ότι περιλαμβάνει όλες τις ιδιότητες μίας ιδανικής γείωσης η οποία έχει την ικανότητα να συνδέεται ηλεκτρικά με τον οπλισμό του κτιρίου έχοντας μία τιμή αντίστασης η οποία είναι μικρότερη από την τιμή οποιουδήποτε άλλου τύπου γείωσης. Παράλληλα διαθέτει και άλλα σημαντικά προτερήματα έναντι των υπόλοιπων συμβατικών τύπων γείωσης, κρισιμότερα εκ των οποίων είναι: α) η σταθερή τιμή αντίστασης που διατηρείται όλο το χρονικό έτος, β) η ανθεκτικότητα στον χρόνο, γ) η μηχανική προστασία και δ) η αντιμετώπιση βηματικών τάσεων, παρέχοντας την δυνατότητα τοποθέτησης στην ήδη υπάρχουσα εκσκαφή συμβάλλοντας έτσι στην ευκολία εγκατάστασης της. Επομένως, για όλους τους βασικούς λόγους η τοποθέτηση θεμελιακής γείωσης καθίσταται υποχρεωτική για κάθε σύγχρονο κτίριο (Εικόνα 8) (Καθιέρωση διατάξεων διαφορικού ρεύματος και θεμελιακής γείωσης, 2006).



Εικόνα 9. Κάτοψη εφαρμογής θεμελιακής γείωσης (Πηγή: Καθιέρωση διατάξεων διαφορικού ρεύματος και θεμελιακής γείωσης, 2006).

- **Γείωση με γειωτή τύπου «Ε».** Δημιουργείται από ένα στοιχείο το οποίο συμβολίζεται με το γράμμα Π και ένα ή περισσότερα στοιχεία που συμβολίζεται με το γράμμα Γ τα οποία ενσωματώνονται στο εσωτερικό του σκάμματος με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά όπως: α) ελάχιστο επιτρεπτό βάθος το οποίο θα φθάνει μέχρι το 1m, β) πλάτος το οποίο δεν θα ξεπερνά τα 77 cm και γ) μήκος εξαρτώμενο πλήρως από τον αριθμό των στοιχείων Γ που χρησιμοποιούνται.

- **Συνδυασμός γειώσεων.** Η υψηλή τιμή της ειδικής αντίστασης του υπεδάφους (βραχώδες, ξηρή άμμος, κ.ά.) καθώς και ο περιορισμός στον διαθέσιμο προς γείωση χώρο προϋπόθετον κάποιους από τους κυριάρχους παράγοντες οι οποίοι διαμορφώνουν υποχρεωτικό συνδυασμό κάποιων από τα παραπάνω ειδή γείωσης που προαναφέρθηκαν.
- **Επιφανειακοί και βαθείς γειωτές.** Οι γειωτές ανάλογα με το βάθος ενταφιασμού τους διακρίνονται σε: α) επιφανειακούς γειωτές, π.χ. γειωτές ταινίας, πλέγματος και ακτινικούς γειωτές και β) βαθείς γειωτές, π.χ. γειωτές ράβδου.

2.4 Πλεονεκτήματα της γείωσης

Σε ότι αφορά φυσικά τα πλεονεκτήματα που παρέχει η γείωση στις κτιριακές η αντίστοιχα στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις αυτά είναι τα ακόλουθα (Earth ground resistance, 2008):

- Ο ασφαλέστερος και πιο αποτελεσματικός τρόπος για την ασφάλεια εντός κτιρίου από ηλεκτροπληξία είναι η γείωση.
- Η γη δεν είναι δυναμικό και θεωρείται ουδέτερη. Η εξισορρόπηση επιτυγχάνεται επειδή το καλώδιο χαμηλής αντίστασης συνδέει τον εξοπλισμό χαμηλού επιπέδου με το έδαφος.
- Το μέταλλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ηλεκτρικά συστήματα χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η αγωγιμότητά του, καθώς δεν θα μεταδώσει ρεύμα εάν γειωθεί σωστά.
- Εάν ληφθούν επαρκείς προφυλάξεις γείωσης, η ταχεία αύξηση της τάσης ή η υπερφόρτωση δεν έχει αρνητικές επιπτώσεις στο αντικείμενο ή στο χρήστη.
- Μειώνει την πιθανότητα κινδύνου πυρκαγιάς που διαφορετικά μπορεί να προκαλέσει η τρέχουσα διαρροή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΓΕΙΩΣΗΣ ΣΤΑ ΚΤΗΡΙΑ ΚΑΙ ΤΙΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ

3.1 Ιστορική εξέλιξη της έννοια της γείωσης

Η πρακτική της γείωσης, που ονομάζεται επίσης γείωση, ασκείται εδώ και αιώνες. Η έννοια της σύνδεσης με το φυσικό ηλεκτρικό φορτίο της γης έχει χρησιμοποιηθεί από αρχαίους πολιτισμούς τόσο για θεραπευτικούς όσο και για πνευματικούς σκοπούς. Ωστόσο, η επιστημονική κοινότητα μόλις πρόσφατα άρχισε να κατανοεί τα οφέλη για την υγεία από την γείωση και πώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την βελτίωση της συνολικής υγείας.

Η πρακτική της γείωσης μπορεί να αναχθεί στους αρχαίους πολιτισμούς όπως οι Αιγύπτιοι, οι Έλληνες και οι Ρωμαίοι, οι οποίοι αναγνώρισαν τις θεραπευτικές ιδιότητες της γης.

Στην παραδοσιακή κινεζική ιατρική, η πρακτική της γείωσης είναι γνωστή ως «γείωση τσι». Πιστεύεται ότι η ενέργεια της γης μπορεί να εξισορροπήσει και να εναρμονίσει την ενέργεια του σώματος, οδηγώντας σε βελτίωση της υγείας και της ευεξίας. Αυτή η πρακτική εξακολουθεί να χρησιμοποιείται στην παραδοσιακή κινεζική ιατρική σήμερα και πιστεύεται ότι βοηθά σε ένα ευρύ φάσμα θεμάτων υγείας, συμπεριλαμβανομένου του χρόνιου πόνου και της κόπωσης. Τέλος, τα τελευταία χρόνια η γείωση εφαρμόζεται κιόλας σε κτίρια ή βιομηχανικές εγκαταστάσεις αλλά από το 1920 άρχισε ήδη να εφαρμόζεται στην Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής. Πιο συγκεκριμένα στο τελευταίο κεφαλαίο της διπλωματικής θα παρουσιαστούν αρκετές περιπτώσεις εφαρμογών της γείωσης σε κτίρια ή βιομηχανικές εγκαταστάσεις (Earthing The Science and History Behind Grounding, 2023).

3.2 Η ιστορία της γείωσης στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής & Ευρώπη

Με βάση το άρθρο το οποίο δημοσίευσε σε επιστημονικό περιοδικό ο μελετητής Zipse (2019) ανέλυσε διεξοδικά την ιστορική εξέλιξη της γείωσης γενικότερα και σε δευτερεύων στάδιο την λειτουργία της σε κτίρια και βιομηχανικές εγκαταστάσεις στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής και αντίστοιχα με μία μικρή αναφορά στην Ευρώπη.

Οι πρακτικές στις Ηνωμένες Πολιτείες ξεκίνησαν με ηλεκτρικά πειράματα στην Ευρώπη. Η γείωση ή η γείωση του ηλεκτρικού φορτίου έγινε κατανοητή στις ΗΠΑ (Ηνωμένες Πολιτείες

της Αμερικής) μέσω της εκφόρτισης ηλεκτροστατικών φορτισμένων στοιχείων από τον έκτο αιώνα π.Χ. Σύμφωνα με τον Lockwood (1884), πειράματα σχετικά με την ανθρωπογενή ροή ρεύματος στην γη ή στο νερό πραγματοποιήθηκαν χρησιμοποιώντας επιστημονικές μεθόδους τον Ιούλιο του 1746. Ο Winkler, από την Λειψία, φόρτισε και αποφόρτισε μια μπαταρία που αποτελείται από τρία βάζα Leyden χρησιμοποιώντας το ποταμό Pleisse ως μονοπάτι επιστροφής για το ανθρωπογενές ρεύμα. Επιπρόσθετη επαλήθευση της ικανότητας της γης να άγει ηλεκτρισμό αποδόθηκε στους Le Monnier, Watson, Franklin και De Luc, όλοι κάνοντας χρήση του ηλεκτροστατικού δυναμικού από τη φόρτιση τριβής, δηλαδή στην ουσία στο πρώτο στάδιο περιγράφεται ο τρόπος με τον οποίο εντάχθηκε η έννοια της γείωσης.

Η χρήση του νερού και του υγρού εδάφους ως μέρος των κυκλωμάτων μπαταριών μελετήθηκε επίσης το 1803 ανεξάρτητα από τους Basse, Erman και Aldini και το 1808 από τον Coemmering και το Schilling. Το 1833, η σημείωση 292 του Faraday έλεγε «ένα καλό τρένο εκφόρτισης διευθετήθηκε συνδέοντας μεταλλικά ένα αρκετά παχύ σύρμα με τους μεταλλικούς σωλήνες αερίου του σπιτιού, με τους μεταλλικούς σωλήνες αερίου να ανήκουν στα δημόσια έργα φυσικού αερίου του Λονδίνου και επίσης με τους μεταλλικούς σωλήνες νερού του Λονδίνου (Nelson et al., 1986).

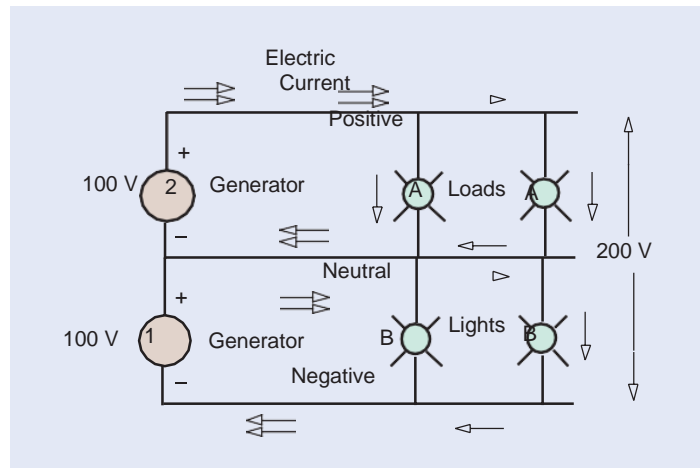
Ένα από τα παλαιότερα παραδείγματα του ηλεκτροχημικού τηλεγράφου προτάθηκε για πρώτη φορά το 1753 και αναπτύχθηκε το 1804 από τον Francisco Salva Campillo, που αποτελείται από έως και 35 πολλαπλά καλώδια. Ο Σάμιουελ Τόμας φον Σόμερινγκ το 1809 βελτίωσε το πολυσύρμα τηλεγραφικό σύστημα στις Ηνωμένες Πολιτείες το 1836, ο Δρ. Ντέιβιντ Άλτερ από το Έλντερτον της Πενσυλβάνια, το οποίο βρίσκεται 60 μίλια βορειοδυτικά του Πίτσμπουργκ, συνέλαβε και απέδειξε, αλλά δεν ανέπτυξε ένα μονοσύρματο τηλεγραφικό σύστημα που χρησιμοποιούσε την γη για το ανθρωπογενές ρεύμα επιστροφής. Ο Samuel Morse αντίστοιχα ανέπτυξε ένα αλφάβητο που αποτελείται από τελείες και παύλες, το οποίο κατοχυρώθηκε με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας το 1837. Ο Steinheil πρότεινε την χρήση μόνο ενός αγωγού για τηλεγραφικά συστήματα το 1838 (Εικόνα 9).

Το επόμενο παγκόσμιο σύστημα φωτισμού edison εγκαταστάθηκε στην τυπογραφική εταιρεία των Hinds, Ketcham & Company στην Νέα Υόρκη, και ακολούθησε η εγκατάσταση του edison στο holborn Viaduct στο Λονδίνο, Αγγλία, που άρχισε να λειτουργεί τον Ιανουάριο του 1882 [7]. Ο πρώτος κεντρικός σταθμός ηλεκτροπαραγωγής με την εφαρμογή γείωσης στις Ηνωμένες Πολιτείες ήταν ένας κεντρικός σταθμός ηλεκτροπαραγωγής στην οδό Pearl 255–257 στο Μανχάταν της Νέας Υόρκης (Εικόνα 1). Ο κεντρικός σταθμός παραγωγής γείωσης Pearl Street ξεκίνησε με ένα τεχνητό dc παλινδρομικό δυναμό 110 V με ατμό στις 4 Σεπτεμβρίου 1882.

Ο Έντισον, λόγω των ηλεκτρικών προβλημάτων του, συνειδητοποίησε ότι μπορούσε να σώσει έναν αγωγό χρησιμοποιώντας δύο δυναμό σε σειρά με το κεντρικό σημείο μεταξύ των δύο δυναμό να είναι ο κοινός αγωγός (Εικόνα 10). Ο Έντισον αναγνώρισε τους κινδύνους που ενέχει η χρήση της γης ως διαδρομής επιστροφής ρεύματος. Το σύστημα τριών συρμάτων της Edison περιγράφεται στο βιβλίο οδηγιών αρ. 8148, που δημοσιεύτηκε από την General Electric Company στις 19 Δεκεμβρίου 1900, και αποτελείται από ένα γειωμένο μεσαίο σημείο τριών καλωδίων σε μια θέση μόνο, το οποίο παρέχει τάση φάσης προς φάση 220 και 110 V για κεραυνούς. Αυτή είναι η βάση της διανομής ηλεκτρικής ενέργειας στα κτίρια η αντίστοιχα τις βιομηχανικές εγκαταστάσεις σήμερα, εκτός από το ότι η γείωση ενός σημείου δεν έχει ακολουθηθεί στο σημερινό σύστημα διανομής ηλεκτρικού ρεύματος. Η ηλεκτρική βιομηχανία έχει ξεχάσει όσα έμαθε ο Έντισον πριν από περισσότερα από 100 χρόνια (Edison Tech Center, 2010).



Εικόνα 10. Εγκατάσταση γείωσης σε κτίρια της οδού Pearl 257 στο Μανχάταν την χρονολογία 1882 (Πηγή: Edison, 2010)



Εικόνα 11. Ένα ηλεκτρικό σύστημα τριών συρμάτων συνεχούς ρεύματος με αγωγό που χρησιμοποιείται ως διαδρομή (Πηγή: Edison, 2010).

Κώδικες και Πρότυπα γείωσης στα κτίρια

Το neC (το πρώτο πρότυπο γείωσης) χρηματοδοτείται από το nfPA ήδη από την χρονολογία 1911. Ως αποτέλεσμα των προσπαθειών διαφόρων ασφαλιστικών, ηλεκτρικών, αρχιτεκτονικών και συναφών συμφερόντων, ο κωδικός χρονολογείται από το έργο που εκτέλεσε η εθνική ένωση ηλεκτρισμού το 1897. Το neC, το οποίο αναθεωρείται κάθε τριετία, ισχύει για κατοικίες, εμπορικά κτίρια και βιομηχανικές εγκαταστάσεις, ισχύει για τα κτίρια γραφείων και τα κτίρια συντήρησης των επιχειρήσεων κοινής ωφελείας και άλλα, αλλά όχι για τις γραμμές παραγωγής, διανομής και μεταφοράς. Ο σκοπός του πρότυπου γείωσης neC αναφέρεται στην ενότητα 90-1: «Σκοπός αυτού του κώδικα είναι η πρακτική προστασία προσώπων και κτιρίων και του περιεχομένου τους από κινδύνους που προκύπτουν από την χρήση ηλεκτρικής ενέργειας για φως, θερμότητα, ηλεκτρισμό, ραδιόφωνο, σηματοδότηση και για άλλους σκοπούς». Η ενότητα «90-2» καλύπτει το πεδίο εφαρμογής: «καλύπτει τους ηλεκτρικούς αγωγούς και τον εξοπλισμό που είναι εγκατεστημένοι εντός ή σε δημόσια και ιδιωτικά κτίρια και άλλους χώρους, συμπεριλαμβανομένων των αυλών, των χώρων στάθμευσης και των βιομηχανικών υποσταθμών. Επίσης, οι αγωγοί που συνδέουν την εγκατάσταση με παροχή ηλεκτρικού ρεύματος και άλλοι εξωτερικοί αγωγοί δίπλα στις εγκαταστάσεις. Επίσης, τροχόσπιτα και ρυμουλκούμενα ταξιδιών» (National Fire Protection Association, 1968). Η γείωση καλύπτεται στο άρθρο 250, «Γειωμένοι αγωγοί», και στην έκδοση του 1951, ήταν 21 σελίδες και το βιβλίο ήταν σε #6,25 ίντσες, με μέγεθος ώστε να χωράει στην πίσω τσέπη, που ήταν η πρώτη εισαγωγή του προτύπου neC. Η πιο πρόσφατη έκδοση του 2017 έχει 31 σελίδες σε ένα βιβλίο που είναι 0,5 σε # 11 ίντσες. Για να αναφέρουμε λεπτομερώς τις αλλαγές μόνο

στο άρθρο γείωσης του neC θα κατέληγαν πιθανότατα ως βιβλίο και επομένως οι αλλαγές στο τμήμα γείωσης του το πρότυπο neC δεν θα καλύπτεται σε αυτό το άρθρο.

Εθνικός Κώδικας Ηλεκτρικής Ασφαλείας

Στην αρχή της διανομής ηλεκτρικού ρεύματος, κάθε κτήμα, πόλη ή κτίριο είχε το δικό του υλικό και την μέθοδο εγκατάστασης των αγωγών και του εξοπλισμού παραγωγής, ο καθένας στην δική του μικρή περιοχή. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα προβλήματα λόγω έλλειψης ομοιομορφίας. Το εθνικό γραφείο προτύπων (nBs) το 1913 είχε αρχίσει να αναπτύσσει τον εθνικό κώδικα ηλεκτρικής ασφάλειας (nesC). το 1919, οι nBs και η εθνική ένωση ηλεκτρικού φωτός ένωσαν τις δυνάμεις τους και έκαναν μια έρευνα των υφιστάμενων συστημάτων διανομής ηλεκτρικής ενέργειας και διαπίστωσαν ότι ορισμένες περιοχές είχαν μη ασφαλή ηλεκτρικά συστήματα. Οι εγγραφές του αρχικού κώδικα βασίστηκαν σε καλή θεωρία μηχανικής και γενικά αποδεκτή καλή πρακτική. Η δημοσίευση αποτελούνταν από ξεχωριστές εκδόσεις των «κανόνων θεμελίωσης» και των «γενικών κανόνων» (Clapp, 1984).

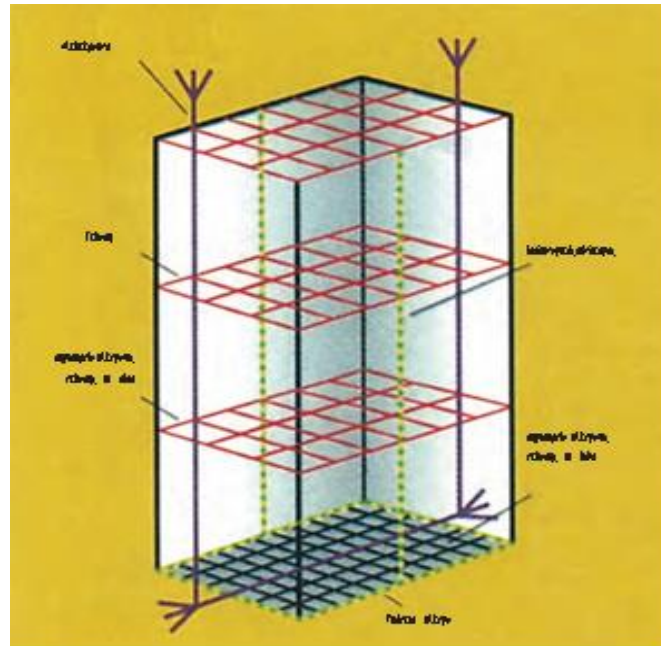
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΓΕΙΩΣΕΙΣ ΜΕΓΑΛΩΝ ΚΤΗΡΙΩΝ

Στο συγκεκριμένο κεφαλαίο θα γίνει αναλυτική περιγραφή όλων των κατηγοριών της γείωσης που εφαρμόζονται στα κτίρια. (Δημητρόπουλος κ.ά., 2008).

4.1 Θεμελιακή γείωση

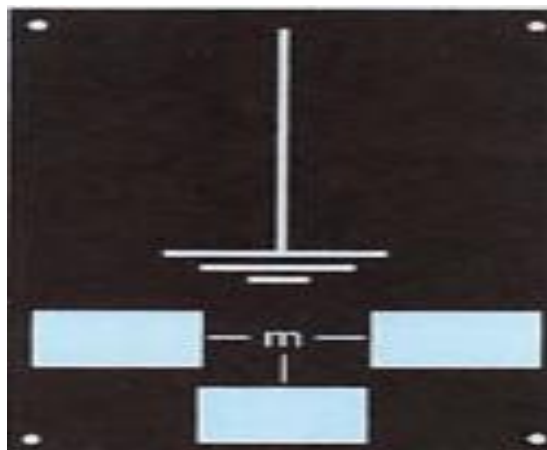
Στην σύγχρονη εποχή, τα σύγχρονα κτίρια έχουν ενσωματωμένες κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα και είναι χτισμένα σε θεμέλια από οπλισμένο σκυρόδεμα. Αυτό απλοποιεί δραματικά την κατασκευή του συστήματος γείωσης. Τα αποτελεσματικά κανονιστικά έγγραφα συνιστούν την χρήση κυρίως φυσικών εδαφών.

Βάσει νομοθεσίας, το GOST 12.1.030-81 "Ηλεκτρική ασφάλεια-Προστατευτική αγωγή γείωση και Ουδέτερη γείωση" εξακολουθεί να ισχύει για την γείωση ηλεκτρικού εξοπλισμού. Όπως εφαρμόζεται στα συστήματα αντι-κεραυνικής προστασίας, υπάρχει πολύ πιο περίπλοκη κατάσταση, αφού η γείωση τους θα πρέπει να περάσει ένα μεγάλο ηλεκτρικό φορτίο μέσα σε σύντομο χρονικό διάστημα. Ένα κύριο έγγραφο που ρυθμίζει την κατασκευή του συστήματος αντι-κεραυνικής προστασίας βάσει νομοθεσίας είναι το SO 153-34.21.122-2003 Οδηγίες για την αντι-κεραυνική προστασία κτιρίων, κατασκευών και βιομηχανικών επικοινωνιών. Η συγκεκριμένη ενότητα καλύπτει μόνο εν συντομία την χρήση θεμελίωσης από οπλισμένο σκυρόδεμα ως φυσική διάταξη γείωσης. Το σημείο 3.2.3.3 (που ορίζει η νομοθεσία) αναφέρει ότι ο οπλισμός πρέπει να πληροί τις απαιτήσεις που προβλέπονται στο σημείο 3.2.2.5 της νομοθεσίας σχετικά με την θεμελιακή γείωση των κτιρίων, δηλαδή να παρέχει ηλεκτρική συνέχεια της σύνδεσης μεταξύ των στοιχείων. Επιπλέον, για το προεντεταμένο σκυρόδεμα, θα πρέπει να αξιολογήσουμε την επίδραση του ρέοντος ηλεκτρικού ρεύματος ως προς τις πιθανές μηχανικές επιδράσεις. Άλλοι παράγοντες (όπως η ποιότητα του σκυροδέματος, οι ιδιότητες του εδάφους, η προστατευτική επίστρωση κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα) δεν λαμβάνονται υπόψη στις Οδηγίες, αν και είναι απαραίτητοι για την αξιολόγηση της χρήσης μιας θεμελίωσης ως διάταξης γείωσης στα κτίρια. Η τοποθέτηση μέσα στο σκυρόδεμα εξασφαλίζει αντοχή στην διάβρωση και στις μηχανικές καταπονήσεις (**Εικόνα 11**). Συνιστάται να συνδέεται στην περιμετρική γείωση ο οπλισμός του σκυροδέματος του κτιρίου (Δημητρόπουλος κ.ά., 2008).



Εικόνα 11. Θεμελιακή γείωση σε κτίριο (Πηγή: Δημητρόπουλος κ.ά., 2008)

Στην θεμελιακή γείωση συνδέονται όλα τα εκτεταμένα μεταλλικά δίκτυα του κτιρίου (σωληνώσεις νερού, αεραγωγοί κ.λπ.), οι μεταλλικές ηλεκτρικές συσκευές και τα μηχανήματα. Για το σκοπό αυτό, προβλέπονται κατά τη φάση της κατασκευής των θεμελιακών δακτυλίων, σε κατάλληλες θέσεις, οι αναμονές σύνδεσης γειώσεων (**Εικόνα 12**).



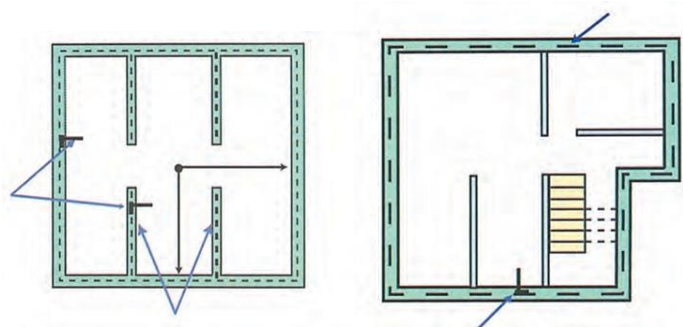
Εικόνα 12. Πινακίδα επισήμανσης της αναμονής γείωσης (Πηγή: Δημητρόπουλος κ.ά., 2008)

Σύμφωνα με το RD 34.21.122.87 της νομοθεσίας στο σημείο 1.8, συνιστάται η χρήση φυσικών διατάξεων γείωσης εκτός από τις περιπτώσεις που τα μεταλλικά στοιχεία θεμελίωσης έχουν εποξειδικές ή πολυμερείς επικαλύψεις για την προστασία τους από επιθετικά εδάφη στα κτίρια. Επιπλέον, απαγορεύεται η χρήση θεμελίου για την γείωση του συστήματος προστασίας φωτισμού όταν η υγρασία του εδάφους είναι μικρότερη από 3%. Το σημείο 1.8 της νομοθεσίας

των Οδηγιών απαιτεί την παρουσία συνεχούς ηλεκτρικής σύνδεσης μεταξύ της θεμελίωσης από οπλισμένο σκυρόδεμα και του συλλέκτη ρεύματος κατά μήκος του οπλισμού, με την σύνδεση του οπλισμού με τα ενσωματωμένα μέρη να γίνεται με συγκόλληση.

Η τρέχουσα προσέγγιση για την γείωση των συστημάτων αντι-κεραυνικής προστασίας προβλέπει τη βαθμολογία των τυπικών δομών γείωσης αντί της αντίστασης διάχυσης. Το RD 34.21.122-87 που ορίζει η νομοθεσία θεωρεί μια θεμελίωση από οπλισμένο σκυρόδεμα μια τέτοια τυπική κατασκευή. Το σημείο 2.2 των Οδηγιών αναφέρει ότι, θεμέλια από οπλισμένο σκυρόδεμα αυθαίρετων σχημάτων μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως φυσική γείωση για την αντι-κεραυνική προστασία όταν η επιφάνεια επαφής τους με το έδαφος δεν είναι μικρότερη από 10 τ.μ. Ένας ακόμη σημαντικός περιορισμός είναι ότι το θεμέλιο δεν πρέπει να καταστραφεί κατά τον κεραυνό.

Εν τω μεταξύ, τα επιθετικά εδάφη είναι ως επί το πλείστον ένα φυσικό φαινόμενο που παρατηρείται ακόμη και στις πιο φιλικές προς το περιβάλλον τοποθεσίες κατά την θεμελιακή γείωση. Έτσι, χρησιμοποιείται συνήθως μια προστατευτική επίστρωση για το θεμέλιο. Η χρήση χωριστής διάταξης γείωσης συχνά δεν είναι εφικτή τόσο από τεχνική όσο και από οικονομική άποψη. Είναι διαφορετικό το γεγονός ότι τέτοια θεμέλια πρέπει να παρέχουν το απαιτούμενο επίπεδο ηλεκτρικής ασφάλειας κατά τον κεραυνό στην περίπτωση της θεμελιακής γείωσης (**Εικόνα 13**) (Δημητρόπουλος κ.ά., 2008).



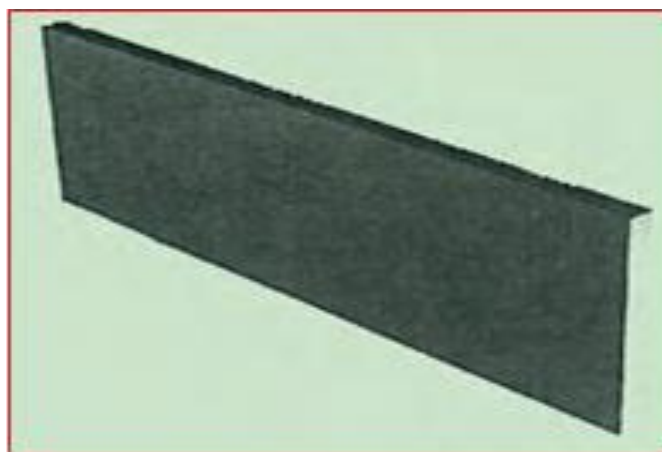
Εικόνα 13. Κατόψεις θεμελιακών γειώσεων (Πηγή: Δημητρόπουλος κ.ά., 2008)

4.2 Γειώσεις υποσταθμών

Στην περίπτωση του υποσταθμού μέσης τάσης των μεγάλων κτιρίων, προβλέπεται συνήθως πολλαπλή γείωση προστασίας με ξεχωριστό προστατευτικό αγωγό (ουδέτερωση με χωριστό αγωγό γείωσης). Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, ο ουδέτερος κόμβος κάθε μετασχηματιστή (που γειώνεται στη θεμελιακή γείωση) χωρίζεται σε ουδέτερο και σε προστατευτικό αγωγό (αγωγό γης) στον αντίστοιχο Πίνακα Χαμηλής Τάσης. Ο ουδέτερος στο Γενικό Πίνακα Χαμηλής

Τάσης καταλήγει σε ζυγό ουδετέρου και η γείωση σε ζυγό γείωσης. Από το ζυγό γείωσης αρχίζει το δίκτυο γειώσεων της ηλεκτρικής εγκατάστασης. Δηλαδή, στο ζυγό αυτό συνδέεται ο αγωγός γείωσης του δικτύου χαμηλής τάσης, στη συνέχεια μέσω αυτού γειώνονται όλοι οι επιμέρους πίνακες και, τέλος, από αυτούς τους πίνακες μέσω ιδιαίτερου αγωγού για κάθε κύκλωμα γειώνονται οι διάφορες συσκευές (κινητήρες, φωτιστικά, ρευματοδότες κ.λπ.). Η θεμελιακή γείωση στους υποσταθμούς κατασκευάζεται συνήθως με δύο παράλληλες ταινίες χαλκού και συνδέεται με το πλέγμα ισοδυναμικής επιφάνειας του δαπέδου. (Κάτω από το δάπεδο του χώρου του υποσταθμού τοποθετείται συχνά επιπλέον πλέγμα δάριγκ, διαμέτρου 6 χιλιοστών και με ηλεκτροσυγκόλληση ενώνονται τα τεμάχιά του με τους οδηγούς στήριξης των μετασχηματιστών, με τις βάσεις έδρασης των πινάκων, με τον οπλισμό του κτιρίου και συνδέονται με την θεμελιακή γείωση).

Περιμετρικά στους τοίχους των παραπάνω χώρων τοποθετείται χάλκινη ταινία γείωσης, διατομής τουλάχιστον 30mm (X) 3mm, στην οποία συνδέονται όλα τα μεταλλικά μέρη του εξοπλισμού, τα μεταλλικά μέρη των Πινάκων Μέσης Τάσης, τα μεταλλικά μέρη των μετασχηματιστών, των πινάκων των μετασχηματιστών και των πινάκων της εταιρείας διανομής ηλεκτρικής ενέργειας (π.χ. ΔΕΗ), οι μεταλλικές πόρτες, τα μεταλλικά μέρη του χώρου ηλεκτροπαραγωγών ζευγών (αν υπάρχουν) κ.λπ., με αγωγούς εύκαμπτους διατομής τουλάχιστον 50 mm². Η χάλκινη αυτή ταινία συνδέεται σε έξι τουλάχιστον σημεία με τη θεμελιακή γείωση. Στη θεμελιακή γείωση συνδέονται και οι ουδέτεροι κόμβοι των μετασχηματιστών και οι μπάρες γείωσης του Γενικού Πίνακα Χαμηλής Τάσης με αγωγό χαλκού τουλάχιστον 95 mm² (**Εικόνα 14**) (Δημητρόπουλος κ.ά., 2008).

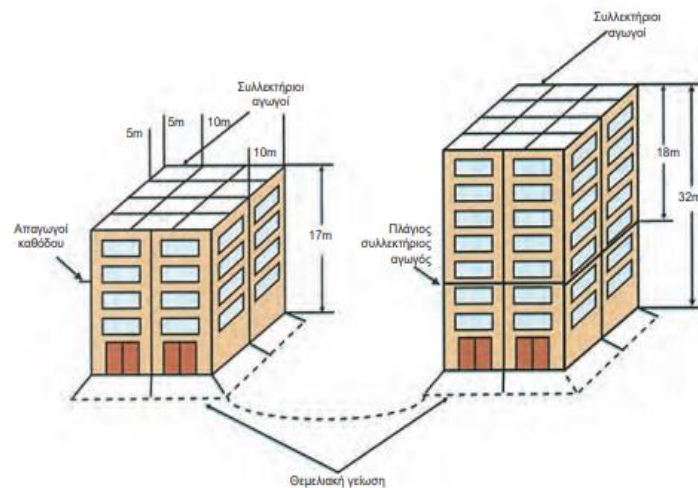


Εικόνα 14. Ταινία (λάμα) γειώσεων από χαλκό η γάλυβα (Πηγή: Δημητρόπουλος κ.ά., 2008)

4.3 Γειώσεις αλεξικέρανων

Η αναγκαιότητα ή μη της ύπαρξης αλεξικέρανου εξαρτάται από την πιθανότητα πτώσης κερανού, τον κίνδυνο απώλειας ζών και το οικονομικό ύψος ή τη σημασία της ζημιάς που θα προκληθεί. Ενδεικτικά, αντί-κεραυνική προστασία απαιτείται σε **(Εικόνα 15)** (Δημητρόπουλος κ.ά., 2008):

- Κτίρια ή κατασκευές που προεξέχουν από τα γειτονικά τους (π.χ. πύργοι τηλεπικοινωνιών, καμπαναριά εκκλησιών, καμινάδες).
- Εγκαταστάσεις εκτεθειμένες στο ύπαιθρο (π.χ. καταφύγια ορειβατών, ερημοκλήσια, εργοστάσια εκτός πόλης).
- Εγκαταστάσεις βασικών κοινωνικών αγαθών (π.χ. σταθμοί παραγωγής, αντλιοστάσια υδροδότησης, σταθμοί τηλεπικοινωνιακοί).
- Εγκαταστάσεις σημαντικής ιστορικής ή πνευματικής αξίας (π.χ. μουσεία, μνημεία).
- Εγκαταστάσεις εύφλεκτες (π.χ. χημικά εργοστάσια, εργοστάσια ξυλουργίας, αποθήκες πυρομαχικών, αποθήκες καυσίμων).
- Κτίρια συνάθροισης πολλών ατόμων (π.χ. αεροδρόμια, νοσοκομεία, μεγάλα ξενοδοχεία, εκκλησίες, γηροκομεία, πολυκαταστήματα, στρατώνες, θέατρα, γήπεδα κ.λπ.).



Εικόνα 15. Αλεξικέρανο τύπου κλωβού Faraday σε κτίριο (Πηγή: Δημητρόπουλος κ.ά., 2008)

Για την προστασία των μεγάλων κτιρίων από τους κεραυνούς εγκαθίσταται συνήθως αλεξικέρανο τύπου κλωβού Faraday. Το αλεξικέρανο κλωβού αποτελείται από τα εξής μέρη:

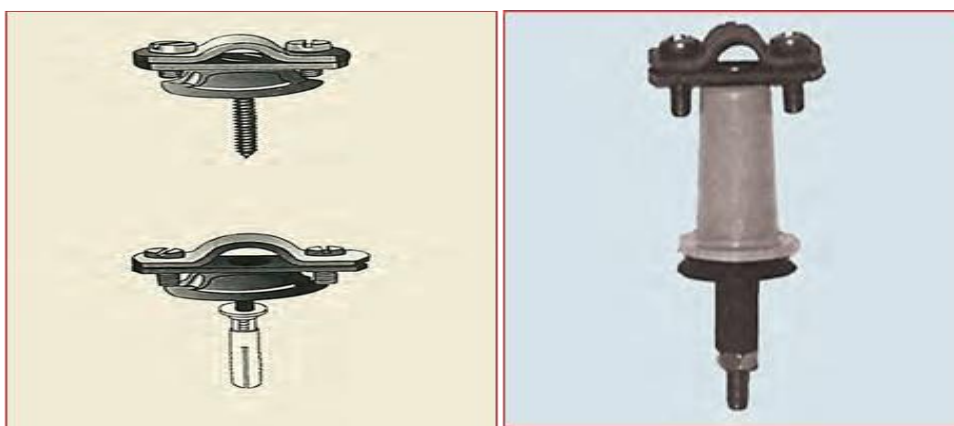
- τους συλλεκτήριους αγωγούς,
- τους αγωγούς καθόδου και

- ο το σύστημα γείωσης.

Το κρουστικό ρεύμα του κεραυνού συλλέγεται από πλέγμα αγωγών που τοποθετείται στις οροφές των κτιρίων και στη συνέχεια οδηγείται στη γη μέσω των αγωγών καθόδου και της θεμελιακής γείωσης.

Συλλεκτήριοι αγωγοί

Στις στέγες των κτιρίων τοποθετούνται οι συλλεκτήριοι αγωγοί σε διάταξη τέτοια, ώστε κάθε σημείο της στέγης να απέχει λιγότερο από 5 μέτρα από τους αγωγούς που το περιβάλλουν (χωρίς να αγνοείται η αισθητική του κτιρίου). Οι αγωγοί τοποθετούνται περιμετρικά και ενδιάμεσα στη στέγη του κτιρίου σε διαστάσεις μικρότερες των 10 X 20 μέτρων και στερεώνονται περίπου ανά τρέχον μέτρο μήκους με ειδικά μεταλλικά στηρίγματα που τοποθετούνται πάνω στα στηθαία των κτιρίων (**Εικόνα 16**).



Εικόνα 16. Στηρίγματα αγωγών σε κεραμιδοσκεπή (Πηγή: Δημητρόπουλος κ.ά., 2008).

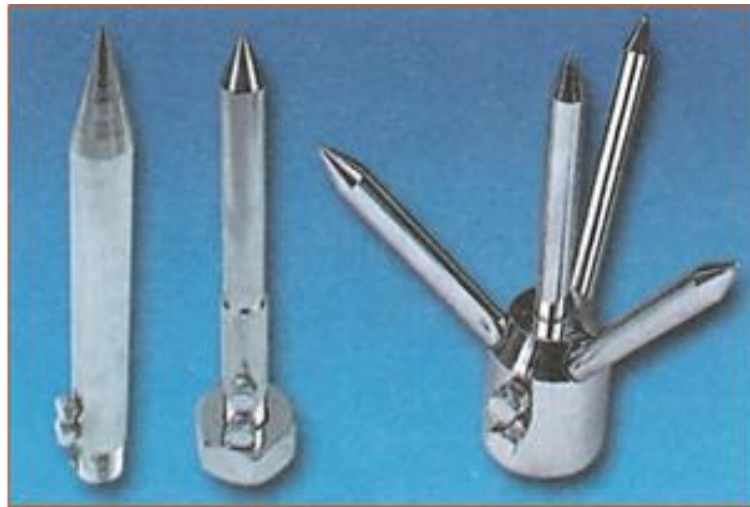
Οι συλλεκτήριοι αγωγοί έχουν ελάχιστη διατομή 50 mm² και κατασκευάζονται συνήθως από χαλκό, γαλβανισμένο χάλυβα, χαλύβδινο συρματόσχοινο ή χαλύβδινο αγωγό με εν θερμώ επιψευδαργύρωση, διαμέτρου 8-10 mm.

Οι αγωγοί αυτοί γεφυρώνονται με τα λοιπά μεταλλικά αντικείμενα της στέγης, που έχουν επιφάνεια μεγαλύτερη από 1 τετραγωνικό μέτρο ή μήκος μεγαλύτερο των 2 μέτρων (σημεία απορροής όμβριων υδάτων, κουπαστές στήριξης, εξαεριστήρες και ιστοί κεραιών τηλεόρασης). Όπου στην περίμετρο των δωματίων υπάρχει κάγκελο, αυτό χρησιμοποιείται σαν περιμετρικός αγωγός σύλληψης και συνδέεται εγκάρσια με αγωγό χαλύβδινο, θερμά επιψευδαργυρωμένο, διαμέτρου 10 mm, για να δημιουργηθεί το πλέγμα.

Σε επίπεδες επισκέψιμες επιφάνειες, οι συλλεκτήριοι αγωγοί τοποθετούνται στο δάπεδο σε συνδυασμό με κατάλληλα στηρίγματα «μανιτάρια». Οι συλλεκτήριοι αγωγοί μπορεί να είναι γυμνοί ή να βάζονται με ένα χέρι μπογιάς, όχι όμως και να καλύπτονται με μονωτικά.

Τμήματα στέγης μη μεταλλικά, που δεν προεξέχουν πάνω από 0,3 m από το επίπεδο ενός κλωβού, θεωρούνται προστατευμένα.

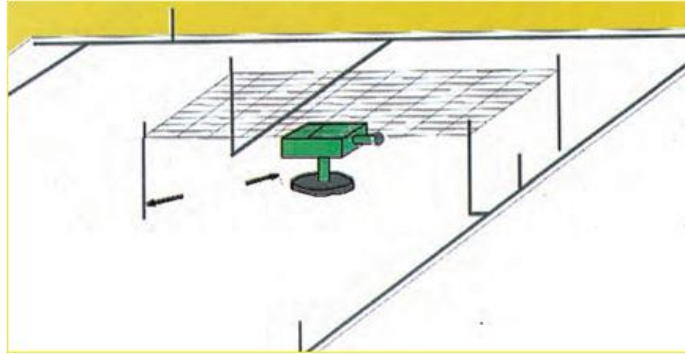
Σε κτίρια με ύψος πάνω από 30 μέτρα, τοποθετούνται και πλάγιοι συλλεκτήριοι αγωγοί στους εξωτερικούς τοίχους (**Εικόνα 17**) (Δημητρόπουλος κ.ά., 2008).



Εικόνα 17. Ακίδες συλλήψεως κεραύνου γείωσης (Πηγή: Δημητρόπουλος κ.ά., 2008)

Σύστημα γείωσης για τα κτίρια

Για τα κτίρια η διαδικασία εγκατάστασης ενός συστήματος γείωσης περιλαμβάνει τα ακόλουθα βήματα. Αρχικά, το ηλεκτρόδιο του σωλήνα θα πρέπει να είναι θαμμένο στο έδαφος κατακόρυφα με την κορυφή του φυσικά τουλάχιστον 20 cm κάτω από το επίπεδο του εδάφους. Στην συνέχεια, σε θέσεις όπου είναι αδύνατη η εγκατάσταση ολόκληρου του μήκους του ηλεκτροδίου σωλήνα εξαιτίας του υδροφόρου ορίζοντα, του σκληρού εδάφους ή του βράχου, το μήκος του ηλεκτροδίου μπορεί να μειωθεί χωρίς να διακυβεύεται η απαιτούμενη αντίσταση γείωσης. Στην περίπτωση φυσικά ηλεκτροδίου πλάκας γείωσης, η γείωση του αγωγού πρέπει να τερματίζεται με ασφάλεια στην πλάκα με δύο μπουλόνια και ροδέλες. Στο ηλεκτρόδιο γείωσης του σωλήνα, ο αγωγός γείωσης σύρματος πρέπει να στερεώνεται χρησιμοποιώντας υποδοχή τερματισμού. Στην προκείμενη περίπτωση ο αγωγός γείωσης από το ηλεκτρόδιο μέχρι φυσικά το κτίριο που μας αφορά οφείλει να προστατεύεται από μηχανικούς τραυματισμούς με διάμετρο μεσαίας κατηγορίας 15mm. (**Εικόνα 18**).

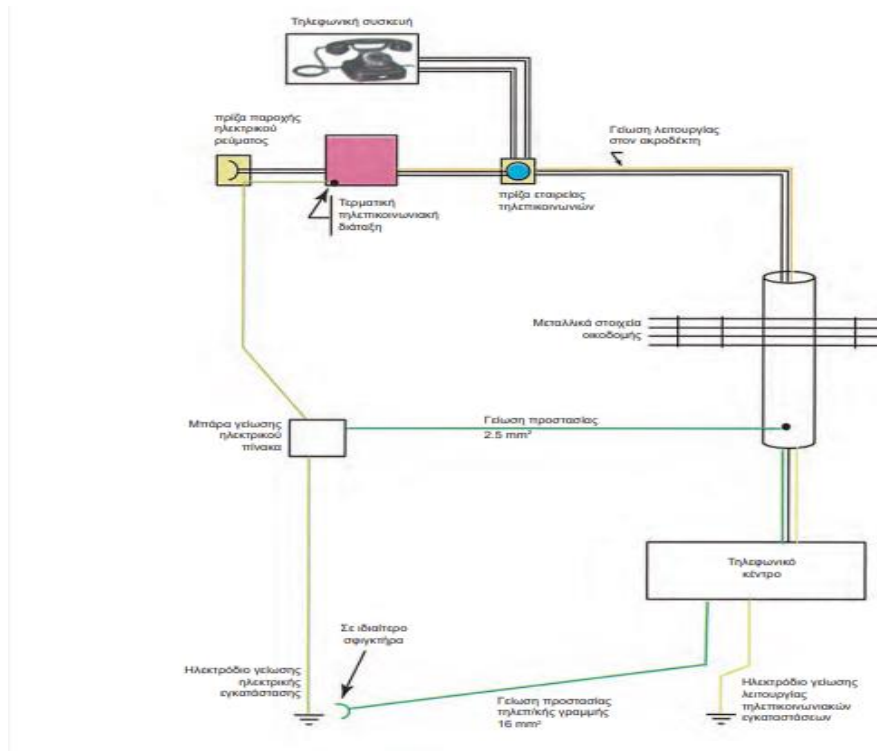


Εικόνα 18. Προστασία παρακολούθησης κάμερας στο δώμα (Πηγή: Δημητρόπουλος κ.ά., 2008)

4.4 Γειώσεις ασθενών ρευμάτων

Στα ασθενή ρεύματα διακρίνουμε δύο είδη γειώσεων (Δημητρόπουλος κ.ά., 2008):

- **Γείωση λειτουργίας τηλεπικοινωνιακών συσκευών.**
- **Γειώσεις προστασίας.** Στην προκείμενη περίπτωση η κατηγορία των γειώσεων προστασίας περιλαμβάνουν μέρη μεταλλικού χαρακτήρα που αφορούν την περίπτωση ασθενούς ρεύματος. Στην περίπτωση που πρέπει να προστατευθεί η τοποθέτηση της τηλεφωνικής εγκατάστασης από το αντίστοιχο ρεύμα της υπέρτασης που εμφανίζεται στις γραμμές των εταιρειών που ασχολούνται με το τομέα τηλεπικοινωνιών, συνδέοντας το κάθε ζεύγος του καλωδίου εισόδου με συγκεκριμένη διάταξη, η οποία ενσωματώνεται μέσα στον κατανεμητή εισόδου του καλωδίου της εταιρείας τηλεπικοινωνιών (**Εικόνα 19**).



Εικόνα 19. Γειώσεις ασθενών ρευμάτων σε κτιριακές εγκαταστάσεις (Πηγή: Δημητρόπουλος κ.ά., 2008)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΜΕΛΕΤΩΝ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΓΕΙΩΣΗΣ ΣΕ ΚΤΗΡΙΑΚΕΣ Η ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ

Στην συγκεκριμένη ενότητα θα παρουσιαστεί επαρκώς με την μέθοδο της ανασκόπησης της βιβλιογραφίας η εγκατάσταση και η λειτουργία ενός επαρκούς αξιόπιστου και χωρίς κακοτεχνίες συστήματος γείωσης που αποτελεί το βασικότερο εργαλείο για την ελαχιστοποίηση των κινδύνων που εγκυμονεί η χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας σε κτιριακές ή βιομηχανικές εγκαταστάσεις με την πάροδο των χρόνων (κυρίως θα παρουσιαστούν έρευνες της τελευταίας δεκαετίας). Στο κεφαλαίο αυτό θα γίνει εκτενής ανάλυση των συστημάτων γείωσης για εγκαταστάσεις κτιρίων χαμηλής τάσης κυρίως με βάση τις απαιτήσεις της νομοθεσίας και των διεθνών προτύπων, όπως υπαγορεύει η ασφαλή χρήση των ηλεκτρικών δικτύων. Γίνεται αναφορά στα κύρια συστήματα γείωσης, στις μεθόδους μέτρησης, καθώς επίσης και στην υποχρεωτική εγκατάσταση διακοπών διαρροής ηλεκτρικού ρεύματος που προστατεύουν από το επικίνδυνο φαινόμενο της ηλεκτροπληξίας.

5.1 Συστήματα γείωσης διαφορικού ρεύματος σε κτιριακές εγκαταστάσεις

Ένα σύστημα γείωσης οφείλει να επιτυγχάνει μικρή αντίσταση γείωσης και μεγάλη διάρκεια ζωής, διασφαλίζοντας κατά το δυνατόν την ασφάλεια των χρηστών μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης. Γι' αυτό το λόγο από το 2006 έχει καταστεί υποχρεωτική η εγκατάσταση θεμελιακής γείωσης σε όλα τα νέα κτίρια.

Η κατασκευή ενός συστήματος γείωσης προσδιορίζεται από ένα σύνολο κανόνων και πρακτικών για τη διασφάλιση της αξιόπιστης και ασφαλούς λειτουργίας του. Για την μεγιστοποίηση της προστασίας των χρηστών από πιθανή ηλεκτροπληξία, η ελληνική νομοθεσία απαιτεί την εγκατάσταση διακοπών διαφορικού ρεύματος σε όλες τις ηλεκτρικές παροχές. Η επιλογή του κατάλληλου διακόπτη καθορίζεται από πλήθος παραμέτρων (τύπο, ρεύμα ενεργοποίησης, ικανότητα διακοπής) και θα πρέπει να γίνεται με προσοχή (**Εικόνα 20**) (ΕΛΟΤ, 2010).



Εικόνα 20. Φωτογραφία εργοταξίου μετά την σκυροδετήση της πλάκας. Έχουν αφεθεί αναμονές για τις ισοδυναμικές συνδέσεις και τις συνδέσεις με το σύστημα γείωσης αντί-κεραυνικής προστασίας (Πηγή: ΕΛΟΤ, 2010)

5.1.1 Εισαγωγή

Παγκοσμίως εφαρμόζονται τρία βασικά συστήματα τροφοδότησης των ηλεκτρικών δικτύων, σε σχέση με τη συνδεσμολογία της γείωσης:

- ουδετερογείωση (TN),
- άμεση γείωση (TT), και
- σύστημα μονωμένου ουδετέρου (IT).

«Το σύστημα τροφοδότησης της ουδετερογείωσης που εφαρμόζεται στην Ελλάδα γειώνει άμεσα τα μεταλλικά περιβλήματα των ηλεκτρικών συσκευών μέσω του αγωγού γείωσης, που διανέμεται μέσω της τροφοδότησης. Η προστασία των χρηστών των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων είναι ένα ιδιαίτερα κρίσιμο θέμα, καθώς βάσει στατιστικών στοιχείων της Ελληνικής Στατιστικής Υπηρεσίας περίπου 25 άνθρωποι χάνουν τη ζωή τους ετησίως στην Ελλάδα λόγω ηλεκτροπληξίας» (Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία).

5.1.2 Βασικές έννοιες συστημάτων γείωσης σε κτιριακές εγκαταστάσεις

Τα μέσα για την αποφυγή της άμεσης ή έμμεσης ηλεκτροπληξίας των χρηστών ενός ηλεκτρικού δικτύου προδιαγράφονται στο σχετικό πρότυπο HD384 και εξαρτώνται από τη μορφή του συστήματος τροφοδότησης. Στην Ελλάδα(με εξαίρεση κάποιες περιοχές της Αθήνας)εφαρμόζεται το σύστημα γείωσης του ουδέτερου (ουδετερογείωση ή ουδετέρωση). Ο χαρακτηρισμός αυτού του συστήματος είναι TN-C ή TN-S, ανάλογα με το αν ο ουδέτερος αγωγός είναι κοινός με τον αγωγό γείωσης (σύστημα τεσσάρων αγωγών TN-common) ή ανεξάρτητος (σύστημα πέντε αγωγών TN-separate). Το σύστημα της ουδετερογείωσης είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικό για την προστασία των χρηστών των ηλεκτρικών συσκευών, όμως απαιτεί μικρές αντιστάσεις γείωσης. Σε περιπτώσεις εμφάνισης μεγάλων τιμών αντιστάσεων γείωσης αναπτύσσονται μεγάλες τάσεις επαφής και οι χρήστες των συσκευών δεν προστατεύονται επαρκώς (Εικόνα 21 &22) (ΕΛΟΤ, 2010).



Εικόνα 21. Σύνδεση ταινίας θεμελιακής γείωσης επί του οπλισμού με την χρήση ειδικού τεμαχίου (Πηγή: ΕΛΟΤ, 201)



Εικόνα 22. Ορθή εγκατάσταση ταινίας 30 mm (X) 3,5 mm St-Zn για την δημιουργία θεμελιακής γείωσης επί του οπλισμού σε θεμέλια κτιρίου (Πηγή: ΕΛΟΤ, 2010)

5.1.3 Συνήθη προβλήματα και κακοτεχνίες γείωσης στις κτιριακές εγκαταστάσεις

Η επιλογή των υλικών, η μελέτη/σχεδίαση του συστήματος και η μέθοδος εγκατάστασης θα πρέπει να διασφαλίζουν ότι ένα σύστημα γείωσης θα είναι αφενός επαρκές ως προς την τιμή της αντίστασης γείωσης που θα επιτύχει και αφετέρου θα έχει ικανή διάρκεια ζωής, απαλλαγμένο από κακοτεχνίες που το οδηγούν σε πρόωρη γήρανση. Για τις περιπτώσεις των συστημάτων θεμελιακής γείωσης κατά κανόνα επιτυγχάνεται επαρκώς μικρή αντίσταση γείωσης λόγω των πλεονεκτημάτων που έχουν αναλυθεί. Συχνά όμως εντοπίζονται κατασκευαστικές κακοτεχνίες που μειώνουν τη διάρκεια ζωής των συστημάτων γείωσης με κύρια αιτία την ανάπτυξη ηλεκτροχημικής διάβρωσης. Το πρώτο σημείο που θα πρέπει να διασφαλίζεται είναι ότι τα υλικά που χρησιμοποιούνται είναι πιστοποιημένα ότι ικανοποιούν τις απαιτήσεις του προτύπου ΕΛΟΤ EN 50164-1, 2. Αυτή η πιστοποίηση διασφαλίζει ότι τα υλικά έχουν περάσει επιτυχώς δοκιμές τεχνητής πρόωρης γήρανσης και έχουν την απαιτούμενη διάρκεια ζωής (ΕΛΟΤ, 2010). Τέλος, σε περιπτώσεις κατά τις οποίες αγωγοί χάλυβα, εξέρχονται του σκυροδέματος (Εικόνες 23 έως 26) (Ντοκόπουλος, 2009).



Εικόνα 23. Εσφαλμένη εγκατάσταση αγωγού St-Zn κατά την έξοδο από το σκυρόδεμα (Πηγή: ΕΛΟΤ, 2010)



Εικόνα 24. Ορθή σύνδεση ταινίας επί οπλισμού σκυροδέτησης και σύνδεση αγωγών για σύνδεση με αντί-κεραμική γείωσης προστασίας του κτιρίου (Πηγή: ΕΛΟΤ, 2010)



Εικόνα 25. Αναμονή για την σύνδεση με αγωγό καθόδου του συστήματος γείωσης αντί-κεραυνικής προστασίας από την θεμελιακή γείωση. Ο αγωγός έχει καλυφθεί με ταινία PCV για την αποφυγή διάβρωσης μετά την σκυροδέτηση (Πηγή: ΕΛΟΤ, 2010)



Εικόνα 26. Εγκατάσταση γειωτή τύπου E, για την ενίσχυση του συστήματος γείωσης του κτιρίου (Πηγή: ΕΛΟΤ, 2010)

5.2 Γείωση σε κτιριακές εγκαταστάσεις

Υπάρχουν διάφορα πλεονεκτήματα για την γείωση και την συγκόλληση συστημάτων ισχύος εναλλασσόμενου ρεύματος μεταφοράς και διανομής. Η βάση για την επιλογή ενός δεδομένου τύπου συστήματος γείωσης εξαρτάται από την ικανότητά του να παρέχει ασφάλεια

προσωπικού και προστασία εξοπλισμού. Κατά κύριο λόγο, η βιομηχανία ηλεκτρικής ενέργειας ενδιαφέρεται για την μείωση των κινδύνων ηλεκτροπληξίας στο προσωπικό που εργάζεται με ηλεκτρικά συστήματα, τον περιορισμό των ζημιών στα εξαρτήματα του ηλεκτρικού συστήματος λόγω παροδικών υπερτάσεων και την ελαχιστοποίηση της διακοπής στις εμπορικές ή βιομηχανικές διεργασίες που υποστηρίζει το ηλεκτρικό σύστημα (Sam et al. 2012).

Με βάση αυτά τα κριτήρια, η επικρατούσα φιλοσοφία σχεδιασμού γείωσης είναι να παρέχει ένα γειωμένο σύστημα έναντι ενός μη γειωμένου για την ικανοποίηση αυτών των στόχων. Ωστόσο, η κατανόηση της βασικής λειτουργίας κάθε τύπου συστήματος είναι απαραίτητη για την αντιστοίχιση της κατάλληλης τοπολογίας γείωσης με την απόδοση του ηλεκτρικού συστήματος. Τα εμπορικά κτίρια, με το μεγαλύτερο μέρος του εξοπλισμού τους να λειτουργεί στα 600 V και λιγότερο, φαίνεται να έχουν τυποποιηθεί σε μια προσέγγιση σταθερής γείωσης και συγκόλλησης. Η σωστή εφαρμογή αυτής της προσέγγισης γίνεται μέσα από το φακό του Εθνικού Ηλεκτρικού Κώδικα (Kingrey et al. 2011).

Σύμφωνα με την NEC, υπάρχουν δύο κύριοι στόχοι για την γείωση του ηλεκτρικού συστήματος εναλλασσόμενου ρεύματος: α) ο ένας είναι η σταθεροποίηση της τάσης του συστήματος στην γείωση κατά τις κανονικές συνθήκες λειτουργίας, παρέχοντας ένα πλαίσιο αναφοράς γείωσης για το σύστημα και β) το άλλο είναι να διατηρείται εντός αποδεκτών ορίων, οι υπερβολικές τάσεις στο σύστημα λόγω κεραυνών, υπερτάσεων γραμμής και τυχαίας επαφής με υψηλότερες τάσεις. Αυτοί οι δύο λόγοι επιτρέπουν στον μηχανικό σχεδιασμού να εκπληρώσει τους δύο πρωταρχικούς στόχους της προστασίας του εξοπλισμού και της ασφάλειας του προσωπικού για το ηλεκτρικό σύστημα. Ένας τρίτος στόχος για την γείωση είναι να επιτραπεί στις διαδικασίες που υποστηρίζονται από το ηλεκτρικό σύστημα να συνεχιστούν με την παρουσία μιας κατάστασης βλάβης. Αυτό επιτυγχάνεται συνήθως είτε με μη γειωμένο σύστημα είτε με εφαρμογή μιας εξειδικευμένης μορφής γείωσης (γείωση υψηλής αντίστασης) (IEEE Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power Systems, 2007).

Τα συστήματα ισχύος στην δεκαετία του 1950 έτειναν να είναι μη γειωμένα, 3 φάσεων, 3 καλωδίων, με διαμόρφωση δέλτα μετασχηματιστή και γεννήτριας δέλτα. Το κύριο πλεονέκτημα αυτής της διαμόρφωσης γείωσης είναι ότι επιτρέπει σε ένα μόνο βιδωτό σφάλμα φάσης προς γείωση να λειτουργεί επ' αόριστον χωρίς ζημιά στην θέση του σφάλματος και χωρίς ενεργοποίηση μιας προστατευτικής συσκευής υπερέντασης. Αυτό παρέχει συνέχεια των σέρβις ενώ βρίσκεται ο αγωγός με βλάβη, αν και υπάρχει κίνδυνος ηλεκτροπληξίας για το προσωπικό. Ωστόσο, η πλειονότητα των σφαλμάτων γείωσης δεν είναι τύπου βιδωτής, αλλά χαμηλής στάθμης τόξου (περιορισμού). Αυτά τα περιοριστικά σφάλματα γείωσης, λόγω των

σχετικά χαμηλών ρευμάτων σφάλματός τους, μπορούν να περάσουν απαρατήρητα από τον εξοπλισμό παρακολούθησης σφαλμάτων εδάφους. Ο κίνδυνος εδώ είναι ότι τα περιοριστικά σφάλματα γείωσης προκαλούν κλιμακούμενες παροδικές υπερτάσεις στην μόνωση του αγωγίμου συστήματος. Εάν δεν ελεγχθεί, η τάση στην μόνωση του συστήματος μπορεί να οδηγήσει σε διπλό σφάλμα γραμμής-γείωσης, το οποίο θα είχε ως αποτέλεσμα την ανεπιθύμητη ενεργοποίηση των προστατευτικών συσκευών υπερέντασης. Ένα ακόμη χειρότερο σενάριο θα ήταν οι καταστροφικές συνέπειες του κινδύνου λάμψης τόξου. Για το λόγο αυτό, τα μη γειωμένα συστήματα είναι λιγότερο πιθανό να κατασκευαστούν τώρα και είναι πιο πιθανό να αναβαθμιστούν με κάποιο τύπο γειωμένου συστήματος αντίστασης (Bridger, 2010).

Υπάρχουν διάφορα σημεία στο ηλεκτρικό σύστημα διαθέσιμα για γείωση, όπως το μεσαίο σημείο ενός μονοφασικού μετασχηματιστή, η γωνία των περιελίξεων δέλτα ή το κέντρο των περιελίξεων με την ονομασία «wye». Τα σημεία που θεωρούνται το ουδέτερο σημείο του συστήματος χρησιμοποιούνται συχνότερα για γείωση. Το ουδέτερο σημείο επηρεάζει, και με την σειρά του επηρεάζεται από, τις άλλες τρεις φάσεις πανομοιότυπα σε ένα ισορροπημένο σύστημα τριών φάσεων. Από την φύση του, αυτό το σημείο αποτελεί την καλύτερη ευκαιρία για την υλοποίηση των δύο βασικών σκοπών για την γείωση του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας. Οι μέθοδοι γείωσης που περιγράφονται παρακάτω περιλαμβάνουν σύνδεση με το ουδέτερο σημείο ενός συστήματος wye (γεννήτρια ή μετασχηματιστή). Γενικά, όπου τα ουδέτερα σημεία για γείωση δεν είναι διαθέσιμα στις περιελίξεις της γεννήτριας ή του μετασχηματιστή όπως σε μια σύνδεση τριγώνου και χρησιμοποιούνται μετασχηματιστές γείωσης όπως μετασχηματιστές ζιγκ-ζαγκ ή wye-delta (Khunkhun et al. 2013). Αυτοί οι μετασχηματιστές γείωσης δημιουργούν αποτελεσματικά μια ουδέτερη σύνδεση που μπορεί στη συνέχεια να γειωθεί όπως (National Electric Code Handbook, 2011):

- **Γείωση υψηλής αντίστασης (HRG).**
- **Τα σχήματα γείωσης χαμηλής αντίστασης (LRG).**
- **Η γείωση με αντίδραση (RG).**
- **Ο εξουδετερωτής σφάλματος γείωσης (GFN).**
- **Η στερεά γείωση (SG).**
- **Όριο (ζώνη γείωσης) του ηλεκτρικού συστήματος.**
- **Μετασχηματιστής επαγγελματικού κτιρίου στερεά γείωση.** Οι μετασχηματιστές επαγγελματικών κτιρίων συνδέονται συνήθως ως SDS. Το κύριο χαρακτηριστικό του SDS είναι η συγκόλληση του γειωμένου ουδέτερου αγωγού στο συνδεδεμένο περίβλημα του εξοπλισμού ή στο συνδεδεμένο δίαυλο γείωσης. Για μετασχηματιστές,

υπάρχουν δύο διαμορφώσεις για την πραγματοποίηση αυτής της στερεάς σύνδεσης ουδέτερου προς γείωση. Η πρώτη διαμόρφωση έχει αυτή την σύνδεση στον ίδιο τον μετασχηματιστή. Η δεύτερη διαμόρφωση έχει αυτή την σύνδεση ουδέτερου προς γείωση στο πρώτο μέσο αποσύνδεσης κατάντη του μετασχηματιστή (βλ. σύνδεση C σε πίνακα 208 V στο Σχήμα 2). Αυτή η δεύτερη διαμόρφωση γείωσης και συγκόλλησης είναι πανομοιότυπη με αυτή που απαιτείται για τον εξοπλισμό εισόδου εμπορικών κτιρίων που εξυπηρετείται από έναν μετασχηματιστή κοινής ωφέλειας. Σε αυτή την περίπτωση, η σύνδεση ουδέτερου προς γείωση ονομάζεται κύριος βραχυκυκλωτήρας συγκόλλησης. Υποδεικνύεται επίσης μια τρίτη σύνδεση σύνδεσης B. Οι τρεις συνδέσεις A, B, C δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν ταυτόχρονα, καθώς αυτό θα δημιουργήσει μια παράλληλη διαδρομή για τον γειωμένο αγωγό. Ωστόσο, οποιεσδήποτε δύο από τις τρεις συνδέσεις A, B, C θα είναι μια εγκατάσταση συμβατή με τον κώδικα που βασίζεται στο 250.30(A)(1) του πρότυπου νομοθεσίας NEC. Γενικά, Η εγκατάσταση γείωσης και συγκόλλησης ενός μετασχηματιστή κτιρίου μπορεί να επεκταθεί σε πολλαπλές διατάξεις μετασχηματιστών όπου υπάρχουν αρκετοί μετασχηματιστές ανά όροφο ενός πολυώροφου κτιρίου. Αυτό γίνεται με την επέκταση του κοινού αγωγού ηλεκτροδίου γείωσης είτε κατακόρυφα μέσω των δαπέδων είτε οριζόντια μέσα σε κάθε όροφο.

- ο **Στερεά γείωση γεννήτριας επαγγελματικού κτιρίου.** Οι συνδέσεις γείωσης και συγκόλλησης γεννητριών εμπορικών κτιρίων μπορούν να γίνουν είτε ως SDS είτε ως μη SDS. Η επιλογή της διαμόρφωσης που θα χρησιμοποιηθεί καθορίζεται από την επιλογή του εξοπλισμού μεταφοράς που θα μεταφέρει τις συνδέσεις ισχύος από το βοηθητικό πρόγραμμα σε γεννήτρια/ές κτιρίου σε περίπτωση απώλειας ισχύος κοινής ωφέλειας. Εάν ο εξοπλισμός μεταφοράς (διακόπτης) επιτρέπει την εναλλαγή των ουδέτερων συνδέσεών του (δηλαδή των 4 πόλων), τότε η γεννήτρια που είναι συνδεδεμένη στον διακόπτη μεταφοράς πρέπει να συνδεθεί ως SDS. Αυτή η διάταξη θα διασφαλίζει την συμμόρφωση με τις απαιτήσεις επιδόσεων ασφαλείας του 250.6(B), του πρότυπου NEC. Εάν ο διακόπτης μεταφοράς δεν επιτρέπει την εναλλαγή των ουδέτερων συνδέσεών του (δηλαδή, των 3 πόλων), τότε η γεννήτρια πρέπει να συνδεθεί ως μη SDS, για να συμμορφώνεται και πάλι με το 250.6(B). Παρόλο που δεν υπάρχει σύνδεση ουδέτερου προς γείωση στη γεννήτρια G2, η γεννήτρια δεν θεωρείται μη γειωμένη. Αυτό συμβαίνει επειδή η ουδέτερη σύνδεση της γεννήτριας, ενώ δεν είναι συνδεδεμένη με την γείωση στην ίδια την γεννήτρια, συνδέεται με την γείωση στον εξοπλισμό εισόδου μέσω του διακόπτη μεταφοράς. Επίσης, το πλαίσιο της γεννήτριας

γειώνεται με βοηθητικό ηλεκτρόδιο γείωσης σύμφωνα με το 250.54 του πρότυπου NEC. Αυτό το ηλεκτρόδιο γείωσης παρέχει στην γεννήτρια το ίδιο πλεονέκτημα που θα προσφέρει η γείωση σε ένα ηλεκτρικό σύστημα. Το συγκεκριμένο πλαίσιο της γεννήτριας γειώνεται με βοηθητικό ηλεκτρόδιο γείωσης σύμφωνα με το 250.54 του πρότυπου NEC. Αυτό το ηλεκτρόδιο γείωσης παρέχει στην γεννήτρια το ίδιο πλεονέκτημα που θα προσφέρει η γείωση ενός ηλεκτρικού συστήματος. Για παράδειγμα, η σωστή λειτουργία αυτών των συσκευών γείωσης απαιτεί τη σύνδεση των γεννητριών ως SDS. Οι γεννήτριες που συνδέονται παράλληλα δημιουργούν ειδικά προβλήματα με την μορφή μεθόδων γείωσης και προστασίας του εξοπλισμού. Αρκεί να τονιστεί ότι η αντιστοίχιση των ηλεκτρικών παραμέτρων αυτών των παράλληλων γεννητριών ελαχιστοποιεί τα αρμονικά ρεύματα που μπορούν να επηρεάσουν τις συσκευές υπερέντασης γείωσης. Η γείωση των παράλληλων γεννητριών μπορεί να πραγματοποιηθεί με έναν κοινό ουδέτερο διάυλο συνδεδεμένο σε ένα μόνο διάυλο γείωσης ή με μεμονωμένους ουδέτερους διαύλους συνδεδεμένους στους αντίστοιχους διαύλους γείωσης. Για να χρησιμοποιηθεί η παράλληλη σειρά με τον κοινό ουδέτερο διάυλο, ο πίνακας διανομής με συσκευές υπερέντασης της γεννήτριας πρέπει να βρίσκεται δίπλα στις ίδιες τις γεννήτριες. Αυτό συμβαίνει επειδή η σύνδεση ουδέτερου προς γείωση στο SDS πρέπει να είναι στις γεννήτριες ή στο πρώτο μέσο αποσύνδεσης κατάντη των γεννητριών του πρότυπου NEC. Σύμφωνα με αυτήν την απαίτηση κώδικα, εάν ο πίνακας διανομής της γεννήτριας έπρεπε να βρίσκεται σε απόσταση από τις ίδιες τις γεννήτριες, τότε ο δεσμός ουδέτερου προς το έδαφος πρέπει να βρίσκεται στην ενσωματωμένη συσκευή υπερέντασης κάθε γεννήτριας. Ανεξάρτητα από το αν οι γεννήτριες ή οι μετασχηματιστές είναι γειωμένοι ως SDS ή μη SDS, εάν εξυπηρετούν μια συγκεκριμένη εμπορική εγκατάσταση, τότε όλα τα ηλεκτρόδια γείωσης απαιτείται (250,50 NEC) να συνδεθούν μεταξύ τους για να σχηματίσουν ένα σύστημα ηλεκτροδίων γείωσης. Αυτό αυξάνει την ακεραιότητα του συστήματος γείωσης του κτιρίου, ενώ δεν παραβιάζει τις απαιτήσεις για διαφορετικές ζώνες γείωσης, επειδή οι αγωγοί μεταφοράς ρεύματος δεν διασυνδέονται μεταξύ των ζωνών γείωσης (Sam et al. 2012).

5.3 Εφαρμογή συστημάτων γείωσης σε κτίρια και βιομηχανικές κατασκευές

Πολλά κτίρια ή κατασκευές στο ίδιο ακίνητο παρέχονται από μια ενιαία, αυτόνομη υπηρεσία κοινής ωφέλειας ηλεκτρικής ενέργειας και τα ξεχωριστά κτίρια της ιδιοκτησίας τροφοδοτούνται από τροφοδότες. Η υπηρεσία θα μπορούσε επίσης να παρέχει απευθείας ένα από τα κτίρια και οι τροφοδότες ή τα κυκλώματα διακλάδωσης παρέχουν άλλα κτίρια από αυτόν τον εξοπλισμό σέρβις. Ειδικοί κανόνες γείωσης και συγκόλλησης ισχύουν για ξεχωριστά κτίρια ή κατασκευές που παρέχονται από τροφοδότες ή κυκλώματα διακλάδωσης. Οι απαιτήσεις βρίσκονται στο Μέρος III του Άρθρου 250 του Εθνικού Ηλεκτρικού Κώδικα (NEC) (Johnston, 2018).

Η ενότητα 250.32(A) του Ηλεκτρικού Κώδικα (NEC) απαιτεί σύστημα ηλεκτροδίων γείωσης σύμφωνα με το Μέρος III του άρθρου 250. Αυτό σημαίνει ότι οι απαιτήσεις ηλεκτροδίων γείωσης στο Ηλεκτρικό Κώδικα πρέπει να εφαρμόζονται σε ξεχωριστά κτίρια ή κατασκευές που παρέχονται από τροφοδότες ή κυκλώματα διακλάδωσης. Εάν κάποιο από τα ηλεκτρόδια γείωσης στο 250.52(A) υπάρχει στο κτίριο ή την κατασκευή που εξυπηρετείται, πρέπει να συνδεθούν μεταξύ τους για να σχηματίσουν ένα σύστημα ηλεκτροδίων γείωσης. Αυτό περιλαμβάνει τα ηλεκτρόδια σωλήνων νερού, τις μεταλλικές δομές στήριξης στο έδαφος που χαρακτηρίζονται ως ηλεκτρόδια, τα ηλεκτρόδια με περιβλήματα από σκυρόδεμα κ.λπ. Εάν δεν υπάρχουν ηλεκτρόδια, πρέπει να εγκατασταθεί ένα. Η εξαίρεση από την απαίτηση ηλεκτροδίου γείωσης στο 250.32(A) ισχύει για ένα κτίριο ή κατασκευή που τροφοδοτείται από ένα κύκλωμα μεμονωμένου κλάδου, είτε μεμονωμένο είτε με πολλαπλά καλώδια, που περιλαμβάνει έναν αγωγό γείωσης εξοπλισμού.

Για την συνεπή εφαρμογή του Ηλεκτρικού Κώδικα NEC, είναι σημαντικό να γίνεται διάκριση μεταξύ κτιρίου, κατασκευής και εξοπλισμού. Ο ορισμός της «δομής» έχει αναθεωρηθεί στο NEC του 2017 ως «αυτό που κατασκευάζεται ή κατασκευάζεται, εκτός από τον εξοπλισμό». Οι ορισμοί διευκρινίζουν ότι όλα τα κτίρια είναι κατασκευές, ενώ δεν είναι όλες οι κατασκευές κτίρια. Για παράδειγμα, ένα σπίτι είναι ένα κτίριο, ενώ μια πινακίδα διαφημιστικής πινακίδας είναι μια κατασκευή.

Τέλος, δεν υπάρχει προστασία γείωσης του εξοπλισμού που είναι εγκατεστημένος στην πλευρά τροφοδοσίας του τροφοδότη. Αυτή η εξαίρεση ισχύει μόνο για τα υπάρχοντα συστήματα καλωδίωσης χώρων. Για υπάρχοντα συστήματα που χρησιμοποιούν γειωμένο αγωγό με αυτόν

τον τρόπο, ο αγωγός δεν πρέπει να είναι μικρότερος από τα μεγέθη που απαιτούνται στο 250.122 ή στο 220.61, όπως ισχύει (Johnston, 2018).

Ειδικοί κανόνες γείωσης και συγκόλλησης ισχύουν για ξεχωριστά κτίρια ή κατασκευές που παρέχονται από τροφοδότη ή κύκλωμα διακλάδωσης. Γενικά απαιτείται ένα ηλεκτρόδιο γείωσης σε τέτοια κτίρια ή κατασκευές, εκτός εάν το κτίριο ή η κατασκευή τροφοδοτείται από ένα κύκλωμα διακλάδωσης και πληροί τις απαιτήσεις της εξαίρεσης του Ηλεκτρονικού Κώδικα Πρότυπου 250.32(A). Η κατανόηση συνιστά εξοπλισμό σε σύγκριση με αυτό που χαρακτηρίζεται ως κτίριο ή δομή βοηθώντας τους χρήστες του Κώδικα να καθορίσουν τις απαιτήσεις για τα ηλεκτρόδια γείωσης ή την επιλογή εγκατάστασης βοηθητικού ηλεκτροδίου γείωσης (Johnston, 2018).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην συγκεκριμένη διπλωματική εργασία ο στόχος και ο σκοπός της ήταν η εκτενής και διεξοδική ανάλυση της ιστορικής εξέλιξης της γείωσης σε κτιριακές και βιομηχανικές εγκαταστάσεις, καθώς και τα οφέλη ή τις αδυναμίες που εμφανίζει η συγκεκριμένη έννοια.

Πιο συγκεκριμένα, αναλύθηκαν και απαριθμήσανε τα συστήματα, η ταξινόμηση, οι μέθοδοι καθώς και τα πλεονεκτήματα που παρέχει η γείωση στις κτιριακές εγκαταστάσεις. Παράλληλα, χρησιμοποιήθηκε μέσω της ανασκόπησης της βιβλιογραφίας με την χρήση των ειδικών μηχανών αναζήτησης η εκτενής παρουσίαση μελετών σχετικά με την εφαρμογή/υλοποίηση της γείωσης σε κτιριακές ή βιομηχανικές εγκαταστάσεις με την πάροδο των χρόνων.

Επιπλέον, δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στον βασικό ρόλο λειτουργίας της ύπαρξης ενός συστήματος γείωσης σε έναν εκάστοτε κτίριο είναι η ασφάλεια και η εξέλιξη του εξοπλισμού, καθόλη την διάρκεια της κατασκευής μέχρι της ολοκλήρωσης ενός κτιρίου.

Τέλος, έγινε ανάλυση των αδυναμιών που εμφανίζει η γείωση σε αυτές τις κατηγορίες κτιρίων καθώς και στις προτάσεις αντιμετώπισης των προβλημάτων αυτών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Αναφορά σε ιστοσελίδα:

- [1] Edison Tech Center., *The accomplishments and life of Edwin Wilbur Rice, Jr.*, 2010, pp. 1862–1935. [Online]. Available: <http://edisontechcenter.org/rice.htm>.
- [2] D. Zipse., *A History of Grounding and Earthing Practices in the United States*, 2019. [Online]. https://translateyar.ir/wpcontent/uploads/2019/09/a_history_of_grounding_and_earthing.pdf.
- [3] H. R. Nelson., L. R. Denham., and D. J. Siebert., *Telluric and earth currents, lighting strike locations and natural resource exploration*. 2014 AAPG Annual Convention and Exhibition. Houston, Texas. May 1986. [Online]. Available: http://www.searchanddiscovery.com/pdfz/documents/2014/41332nelson/ndx_nelson.pdf.html.
- [4] R. Sam, *Grounding and bonding in commercial buildings*, 2012. [Online]. <https://www.csemag.com/articles/grounding-and-bonding-in-commercial-buildings>
- [5] N. Mohamad., *Investigations of earthing systems under steady-state and transients with FEM and experimental work*, Int J Electr Power Energy Syst, 2013.
- [6] Εκδόσεις Κτίριο, ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΕΙΩΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΔΙΑΦΟΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ, 2015, Πρόσβαση στο διαδικτυακό ιστότοπο: <https://ktirio.gr/el/>

Αναφορά σε δημοσίευση σε επιστημονικό περιοδικό:

- [7] A. L. Clapp., *National Electrical Safety Code Handbook*. Piscataway, NJ: IEEE, 1984
IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding, IEEE Standard 80-1986, 21 Mar. 1985.
- [8] *Earth ground resistance: Principles, testing methods and applications*, Fluke 2008.
- [9] F. Dawalibi., *Transmission Line Grounding*. EL-2699, Research Project 1494-1. Montreal, Quebec, Canada, Safe Engineering Services Ltd. 1, 1982.
- [10] IEEE Std 81.2-1983., *IEEE guide for measurement of impedance and safety characteristics of large, extended or interconnected grounding systems*, June 1992.
- [11] Γ. Χάλαρης., *Γειώσεις-Νομοθεσία και Κανονισμοί*, Σεμινάριο: Γειώσεις και Αντικεραυνική Προστασία Δικτύων και Εγκαταστάσεων, 2011.
- [12] Σεμινάριο., *Γειώσεις Δικτύων και Εγκαταστάσεων*, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, 6-10 Οκτωβρίου 1997.

Αναφορά σε βιβλίο:

- [13] ANSI/IEEE Std 80-2013., *IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding*, 2013.
- [14] Β. Δημητρόπουλος., Χ. Κουτουλάκος., Μ. Βαρβατσουλάκης., & Θ. Γεωργάκης, *Ειδικές Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις*, Β' Τεύχος ΕΠΑΛ, Υπουργείο Παιδείας και Θρησκευμάτων Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής, 2008.
- [15] Γ. Κουρέλης., *Προσομοίωση Μεταβατικής Συμπεριφοράς Συστημάτων Γείωσης*, Εκδόσεις Σταμούλης, Αθήνα 2010.
- [16] Ε. Κούρνη., *Μελέτη της αντίστασης γείωσης με χρήση νευρωνικών δικτύων*, Εκδόσεις ΣΤΑΜΟΥΛΗΣ, Αθήνα 2011.
- [17] Π. Ντοκόπουλος., *Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις καταναλωτών σύμφωνα με το νέο κανονισμό ΕΛΟΤ HD 384*, Εκδόσεις ΖΗΤΗ, Αθήνα, 2009.
- [18] Ι. Γκόνος., Θ. Κονταργύρη., Α. Σταθόπουλος και Α. Μάνος., *Μεθοδολογία Σχεδίασης, Ανάλυσης και Μέτρησης Συστημάτων Γείωσης Υποσταθμών Υψηλής Τάσεως*, Σύνοδος Cigre, Αθήνα 2009.

Αναφορά σε διπλωματική εργασία:

- [19] Π. Ανδροβιτσανέας., *Επίδραση μικρό-εδάφους σε συστήματα γείωσης εγκαταστάσεων*, Μεταπτυχιακή εργασία, Ε.Μ.Π., Αθήνα 2011.
- [20] Α. Αριστέα., *Συμβολή στην μελέτη συστημάτων γείωσης*, Πτυχιακή εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα 2006.

Αναφορά στην Νομοθεσία:

- [21] Καθιέρωση διατάξεων διαφορικού ρεύματος και θεμελιακής γείωσης, ΦΕΚ 1222/05-09-2006 τεύχος Β' αριθ. Φ. Α' 50/12081/642 άρθρο 2.