



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΓΕΙΩΣΗΣ ΣΕ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ
ΚΤΙΡΙΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
του
Καγιά Ευθυμίου
Α.Μ: 03101706

Επιβλέπων: Περικλής Δ. Μπούρκας
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Μάιος 2009

Περιεχόμενα

Πρόλογος	5
Περίληψη.	6
1. Γειώσεις.	7
1.1 Γενικά περί γειώσεων.....	7
1.2 Είδη γειώσεων.....	8
1.3 Γείωση προστασίας στις εσωτερικές εγκαταστάσεις.	9
1.4 Μέθοδοι γείωσης προστασίας.....	10
1.4.1 Τρόποι άμεσης γείωσης.....	12
1.4.1.2 Γείωση στο δίκτυο ύδρευσης	12
1.4.1.3 Τεχνικές γειώσεις	13
1.4.2 Είδη ηλεκτροδίων γείωσης, Αντίσταση γείωσης.....	13
1.4.2.1 Γειωτής Ράβδου	16
1.4.2.2 Γειωτή ταινίας ή συρματόσχοινου	16
1.4.2.3 Γειωτής Πλάκας	17
1.4.2.4 Γειωτής με σιδηροσωλήνες (πασσάλους).....	19
1.4.2.5 Γειωτής ακτινικός.....	21
1.4.2.6 Γειωτής πλέγματος	21
1.4.2.7 Θεμελιακή γείωση.....	21
1.4.3 Επιφανειακοί και βαθείς γειωτές	24
1.4.4 Απολήξεις και συνδέσεις των ηλεκτροδίων γείωσης	25
1.5 Η αντίσταση γείωσης	25
1.6 Ο Αγωγός Γείωσης Προστασίας (PE)	28
1.7 Μέτρηση της αντίστασης γείωσης	30
1.7.1 Μέτρηση της αντίστασης μέσω τάσης και έντασης	30
1.7.2 Μέτρηση της αντίστασης με γέφυρα	31
1.7.3 Μέτρηση της αντίστασης με ωμόμετρο	32
1.8 Πρακτικές μέθοδοι ελέγχου της γείωσης.....	34
1.9 Διάβρωση στους γειωτές.	35
2. Η διάταξη και η διαδικασία των μετρήσεων	37
2.1 Η διάταξη των μετρήσεων.....	37
2.2 Η διαδικασία των μετρήσεων	39

2.2.1	Η διαδικασία μέτρησης της αντίστασης εδάφους p_E	39
2.2.2	Η διαδικασία μέτρησης της αντίστασης γείωσης R_E	39
2.3	Η διαδικασία μέτρησης της αντίστασης γείωσης R_E σε εγκατεστημένες γειώσεις	41
3.	Αποτελέσματα των μετρήσεων και σχολιασμός	44
3.1	Αντίσταση εδάφους p_E	44
3.2	Αντίσταση γείωσης R_E	46
3.3	Αντίσταση γείωσης R_E εγκατεστημένων γειώσεων.....	50
Βιβλιογραφία.	54	
Παράρτημα Α.	56	
A.1	Εφαρμογές.....	58
A.2	Μέτρα Ασφαλείας και προφύλαξης.....	60
A.3	Ορολογία.....	61
A.4	Αρχική Ενεργοποίηση.....	62
A.4.1	Ενεργοποίηση και Απενεργοποίηση του Οργάνου.....	62
A.4.2	Έλεγχος Μπαταρίας.....	63
A.4.3	Τοποθέτηση και Αντικατάσταση Μπαταριών.....	63
A.4.4	Επιπλέον Γλώσσες για τον χειρισμό του Οργάνου.....	64
A.4.5	Επιλογή Μενού και βασικές Παραμετροποιήσεις.....	64
A.4.6	“Κατέβασμα” Αρχείων Ενημέρωσης Λογισμικού, Διαχείριση Δεδομένων Αναφοράς.....	67
A.5	Λειτουργία.....	72
A.5.1	Λειτουργίες Απεικόνισης	72
A.5.2	On line Βοήθεια	75
A.5.3	Μέτρηση Τάσης.....	75
A.5.4	Γενικά για τις Μετρήσεις της Αντίστασης Γείωσεων.....	76
A.5.4.1	Προσδιορισμός της κλίμακας Μέτρησης – Λειτουργία RANGE	76
A.5.4.2	Ρύθμιση Οριακής Τιμής – Λειτουργία LIMIT	78
A.5.5	Μέτρηση Αντίστασης Γείωσης.....	79
A.5.5.1	Εγκατάσταση Κυκλώματος Μέτρησης, Οδηγίες Μέτρησης.....	79
A.5.6	Διεξαγωγή Μέτρησης Εμπέδησης Εδάφους	84
A.5.6.1	Γεωλογικές Μελέτες	85
A.5.6.2	Υπολογισμός Αντίστασης Διασποράς.....	86
A.5.7	Μέτρηση Ωμικής Αντίστασης	87
A.5.7.1	Διπολική Σύνδεση	87
A.5.7.2	4-πολική Σύνδεση	88

A.6	Λειτουργία Βάσης Δεδομένων.....	89
A.6.1	Δημιουργία Φακέλου Δεδομένων.....	89
A.6.2	Αποθήκευση Μετρούμενων Τιμών στη Μνήμη – Λειτουργία STORE.....	90
A.6.3	Αναζήτηση Αρχείων Δεδομένων – Λειτουργία View	91
A.6.3.1	Διαγραφή Αρχείου Δεδομένων εντός Διεύθυνση Μνήμης – Λειτουργία View.....	92
A.6.3.2	Διαγραφή Διεύθυνσης Μνήμης Λειτουργία DATA	92
A.6.3.3	Διαγραφή Όλων των Διευθύνσεων Μνήμης – Λειτουργία	93
A.6.4	Λειτουργία Print	94
A.7	Χαρακτηριστικές Τιμές	94
A.8	Συνάρτηση	97
A.8.1	Εξωτερικό Περίβλημα	97
A.8.2	Λειτουργία Μπαταριών	98
A.8.3	Ηλεκτρικές Ασφάλειες	99
A.9	Υπηρεσία Επισκευής και Ανταλλακτικών, DKD Calibration Lab and Rental Instrument Service.....	100
A.10	Διάθεση Προϊόντων	100

Πρόλογος

Η εργασία αυτή πραγματοποιήθηκε το ακαδημαϊκό έτος 2007-2008 στα πλαίσια των εκπαιδευτικών και ερευνητικών δραστηριοτήτων του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή κύριο Περικλή Μπούρκα για την ανάθεση της διπλωματικής εργασίας, την εμπιστοσύνη που μου έδειξε και τις πολύτιμες συμβουλές που μου προσέφερε καθ' όλη τη διάρκεια της άψογης συνεργασίας μας.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κύριο Τσαραμπάρη Παναγιώτη, Δρ. Μηχανικό Ε.Μ.Π, για τη πολύτιμη βοήθειά του στη διεξαγωγή των πειραματικών μετρήσεων καθώς και για τις εύστοχες συμβουλές του πάνω σε διάφορα θέματα που προέκυψαν κατά την εκπόνηση της διπλωματικής αυτής εργασίας.

Περίληψη

Στη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία εξετάζονται τα είδη και οι τρόποι εγκατάστασης των συστημάτων γείωσης που υιοθετούνται για τη λειτουργία, προστασία και ασφάλεια των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων. Το πειραματικό μέρος της διπλωματικής αφορά τη μέτρηση της αντίστασης ενός συστήματος γείωσης, την εύρεση του πεδίου αναφοράς της γείωσης καθώς και την μέτρηση της αντίστασης του εδάφους όπου τοποθετείται το σύστημα γείωσης.

Συγκεκριμένα, στο πρώτο κεφάλαιο αναφέρονται οι κατηγορίες και οι υποδιαιρέσεις των γείωσεων ανάλογα με το σκοπό που εξυπηρετούν σε μια ηλεκτρική εγκατάσταση. Ιδιαίτερη βαρύτητα δίνεται στις μεθόδους γείωσης προστασίας, στις οποίες ανήκουν η άμεση γείωση και η ουδετέρωση.

Ακολουθεί εκτενής περιγραφή και σχηματική απεικόνιση των διαφόρων μεθόδων άμεσης γείωσης προστασίας που χρησιμοποιούνται ευρύτερα, ενώ εξετάζονται και οι παράγοντες που συντρέχουν σε κάθε περίπτωση για την επιλογή της μιας ή της άλλης μεθόδου. Οι παράγοντες αυτοί επηρεάζονται κυρίως από την αντίσταση του εδάφους όπου τοποθετείται το σύστημα γείωσης καθώς και από την σύστασή του (αμμώδες, πετρώδες, λασπώδες έδαφος κλπ).

Στη συνέχεια αναφέρονται διάφορες μέθοδοι μέτρησης της αντίστασης γείωσης, οι οποίες χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της κατάστασης ενός συστήματος γείωσης καθώς και για την εξασφάλιση της μικρότερης δυνατής τιμής της αντίστασης. Τέλος αναφέρονται οι παράγοντες διάβρωσης των γειωτών καθώς και οι τρόποι αποφυγής ή αντιμετώπισης αυτών.

Στο δεύτερο και τρίτο κεφάλαιο περιγράφονται, αναλύονται και καταχωρούνται οι πειραματικές μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής εργασίας.

Συγκεκριμένα, με τη βοήθεια κατάλληλου εξοπλισμού έγινε μέτρηση της τιμής της αντίστασης γείωσης ενός συγκεκριμένου συστήματος έτσι ώστε να εξακριβωθεί η αποτελεσματικότητά του ως προς την αγωγή του ρεύματος σφάλματος προς τη γη. Σε κάθε περίπτωση γίνεται προσπάθεια να υπάρχει σαφής ένδειξη της ύπαρξης του πεδίου αναφοράς της γείωσης στις μετρήσεις έτσι ώστε να επιτευχθεί η μέγιστη ακρίβεια στο προσδιορισμό της αντίστασης.

Κατόπιν, γίνεται μέτρηση της τιμής της αντίστασης του εδάφους. Η γνώση της αντίστασης είναι ιδιαίτερη σημαντική για την επιλογή του συστήματος γείωσης μιας εγκατάστασης.

Το τέταρτο κεφάλαιο αποτελεί ουσιαστικά ένα παράρτημα το οποίο περιέχει το εγχειρίδιο του εξοπλισμού που χρησιμοποιήθηκε για τις μετρήσεις. Το εγχειρίδιο αυτό απεικονίζει και περιγράφει αναλυτικά τις λειτουργίες και τις ρυθμίσεις του οργάνου, τα απαραίτητα μέτρα ασφαλείας και προφύλαξης καθώς και τους τρόπους συντήρησής του.

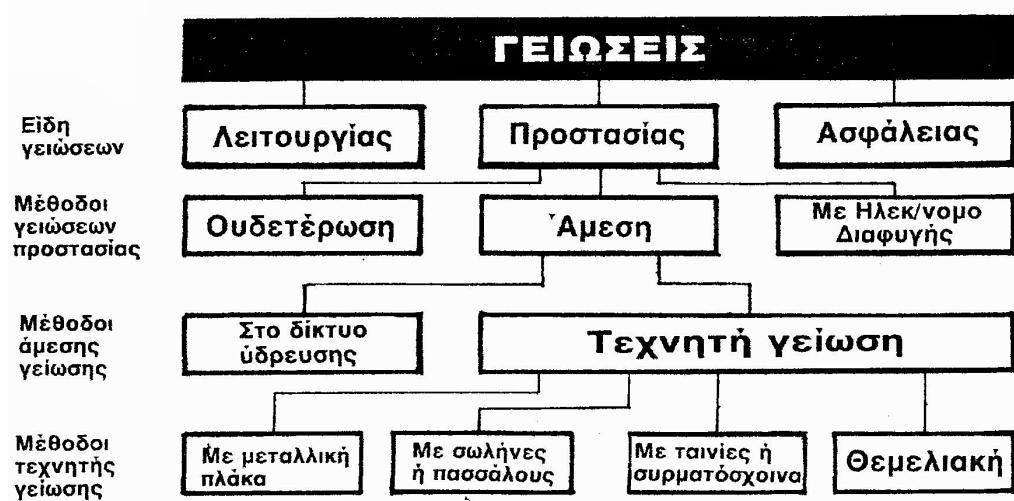
1. Γειώσεις

1.1. Γενικά περί γειώσεων

Γείωση είναι η ένωση ενός σημείου ενός ηλεκτρικού κυκλώματος ή ενός μεταλλικού αντικειμένου με μια εγκατάσταση γείωσης. Εγκατάσταση γείωσης είναι ένα ή περισσότερα συνδεδεμένα ηλεκτρόδια γείωσης. Η γείωση μπορεί να είναι συνεχής ή να διακόπτεται παρεμβάλλοντας ένα διάκενο σπινθηριστή, οπότε μιλάμε για ανοιχτή γείωση. Η τελευταία συναντάται, όχι όμως κατά κανόνα, σε εγκαταστάσεις αλεξικέραυνων.

Κάθε γείωση διακρίνεται από τα παρακάτω χαρακτηριστικά :

- a) Από το σκοπό για τον οποίο γίνεται (γείωση αλεξικέραυνου, γείωση μέσων επικοινωνίας, γείωση ουδετέρου κόμβου μετασχηματιστή, γείωση προστασίας σε εσωτερικές εγκαταστάσεις κ.λπ.).
- β) Από την αντίσταση γείωσης.
- γ) Από τον τρόπο κατασκευής της.



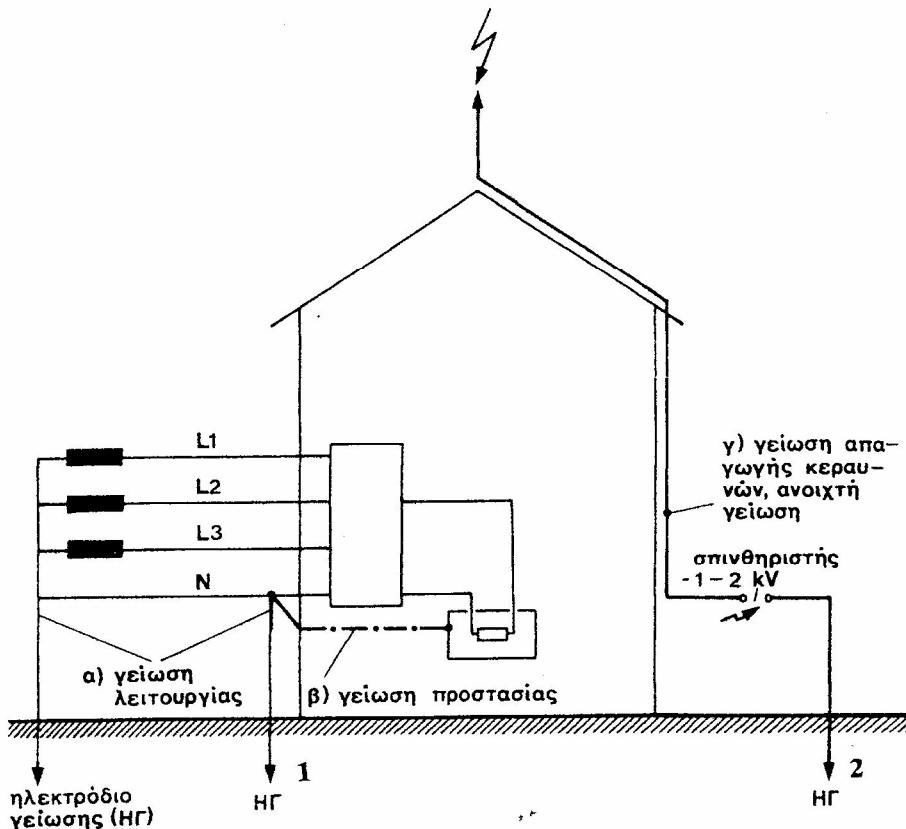
Σχήμα 1.1-1 : Κατηγορίες και υποδιαιρέσεις των γειώσεων

1.2 Είδη γειώσεων

Υπάρχουν τριών ειδών γειώσεις, ανάλογα με τη χρήση τους, όπως φαίνεται παρακάτω :

- i. **Γείωση λειτουργίας** είναι η γείωση ενός σημείου του ενεργού κυκλώματος, π.χ. η γείωση του ουδετέρου κόμβου ενός Μ/Σ υποβιβασμού τάσης, η κατά διαστήματα γείωση του ουδέτερου αγωγού ενός δικτύου ΧΤ, η γείωση της σιδηροτροχιάς του ηλεκτρικού σιδηροδρόμου ή του τραμ κλπ. Στις περιπτώσεις αυτές δηλαδή, η γείωση αποτελεί μέρος του κυκλώματος λειτουργίας της εγκατάστασης. Η γραμμή γείωσης μπορεί γενικά να έχει αυτεπαγωγές ή αντιστάσεις στα δίκτυα ή να είναι ένας συνεχής αγωγός.
- ii. **Γείωση προστασίας** είναι η αγώγιμη σύνδεση των μεταλλικών μερών μιας εγκατάστασης με τη γη, πάνω στα οποία δε θέλουμε να εμφανιστεί επικίνδυνη τάση (πάνω από 50 V). Π.χ. η γείωση του κελύφους μιας ηλεκτρικής συσκευής. Η γείωση προστασίας μειώνει τις τάσεις επαφής γι' αυτό και δεν υπάρχει ηλεκτρική εγκατάσταση (κατοικίας, γραφείου, καταστήματος, εργοστασίου κ.α.), που να μην έχει τη γείωσή της. Είναι δε πάντα συνεχής, δηλ. δεν παρεμβάλλονται αντιστάσεις ή διάκενα.
- iii. **Γείωση ασφαλείας** ονομάζεται κάθε γείωση που χρησιμεύει για τη μεταφορά στατικών ηλεκτρικών φορτίων στη γη. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η γείωση του συστήματος της αντικεραυνικής προστασίας. Η γείωση αυτή είναι είτε ανοιχτή (λόγω της χρήσης του σπινθηριστή) είτε συνεχής και αποσκοπεί στην προστασία των διατάξεων κατά των κεραυνών. Οι ανοιχτές γειώσεις μειώνουν την ηλεκτροχημική διάβρωση.

Τα τρία είδη γειώσεων συνυπάρχουν συνήθως στις εγκαταστάσεις (βλ. σχήμα 1.2-1). Μπορεί οι γειωτές που χρησιμοποιούνται να είναι ταυτόσημοι, δηλαδή κοινοί (ή κοινά ηλεκτρόδια γείωσης) και για τις τρεις κατηγορίες γειώσεων. Προτείνεται από τη ΔΕΗ, οι γειώσεις i), ii) και iii) να καταλήγουν στο ίδιο ηλεκτρόδιο ή στην ίδια εγκατάσταση γείωσης σε ένα κτίριο (όχι υποσταθμό).



Σχήμα 1.2-1 : Τα τρία είδη γειώσεων, λειτουργίας, προστασίας και γείωση του συστήματος αντικεραυνικής προστασίας για την απαγωγή των κεραυνών. Τα ηλεκτρόδια γειώσης του ουδέτερου (ΗΓ 1) και των κεραυνών (ΗΓ 2) προτείνεται να συνδέονται μεταξύ τους.

1.3. Γείωση προστασίας στις εσωτερικές εγκαταστάσεις.

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, η γείωση προστασίας αποβλέπει στην προστασία από την εμφάνιση επικίνδυνης τάσης (πάνω από 50V) στα μεταλλικά μέρη μιας εγκατάστασης που σε κανονικές συνθήκες δεν έχουν τάση.

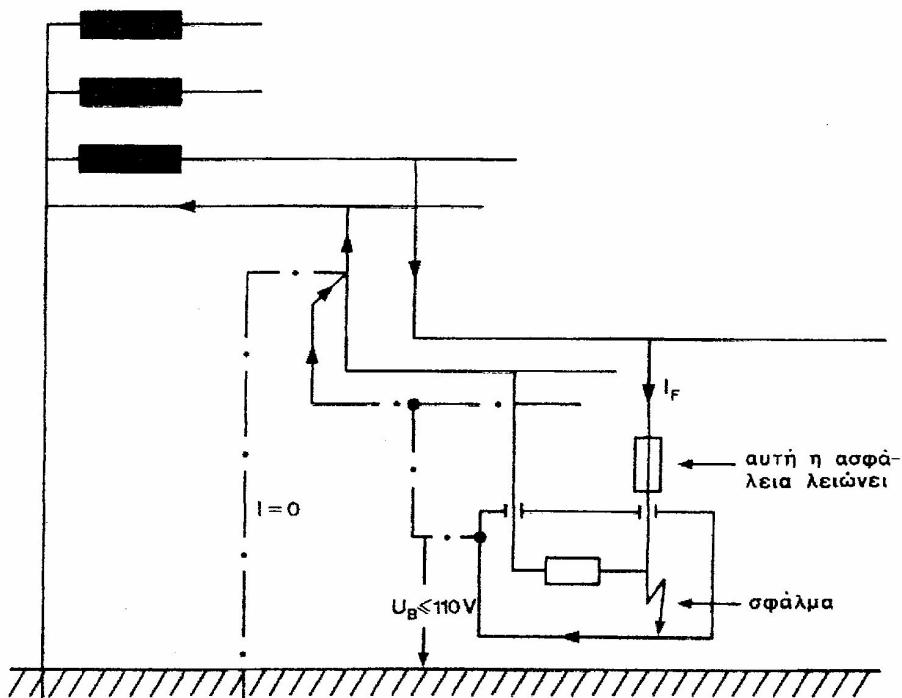
Κάθε μεταλλικό περίβλημα συσκευής ή γραμμής θα μπορούσε να βρεθεί υπό τάση, μετά από μια βλάβη της μόνωσης. Ο κίνδυνος αυτό γίνεται σημαντικά μικρότερος, μέχρι και μη υπολογίσιμος, όταν χρησιμοποιούμε συσκευές και γραμμές με διπλή μόνωση, η οποία πρέπει να αντέχει τουλάχιστον σε διπλάσια τάση δοκιμής από ότι η απλή μόνωση λειτουργίας. Δηλαδή για συσκευές των 380/220 V, όπου π.χ. η τάση δοκιμής είναι 2000 V συνήθως, για διπλή μόνωση πρέπει να ζητηθούν 4000 V σαν τάση δοκιμής οποιουδήποτε σημείου του κυκλώματος ως προς τη γη. Η διπλή μόνωση εξασφαλίζεται συνήθως με δύο τρόπους :

- Με πρόσθετο στρώμα μόνωσης.
- Με ενίσχυση του πάχους της μόνωσης.

Επειδή όμως κάτι τέτοιο δεν είναι εύκολο να εφαρμοστεί σε κάθε συσκευή ή εγκατάσταση, καταφεύγουμε στη γείωση που είναι υποχρεωτική σε κάθε εσωτερική εγκατάσταση.

Αν εξαιρέσουμε τις περιπτώσεις αποζευκτών διαφυγής, η διακοπή της τροφοδότησης σε κάθε κύκλωμα που υφίσταται βραχυκύκλωμα, βασίζεται στο κάψιμο της αντίστοιχης ασφαλείας από το ρεύμα βραχυκυκλώσεως που θα κινηθεί προς τον ουδέτερο κόμβο της πηγής (γεννήτριας ή Μ/Σ), μέσα από τον αγωγό γείωσης και τη γη.

Στο σχήμα 1.3-1 που ακολουθεί, φαίνεται καθαρά το κύκλωμα που θα δημιουργηθεί μετά από μια διαρροή προς το μεταλλικό μέρος μιας συσκευής.



Σχήμα 1.3-1 : Σφάλμα σε σύστημα με προστασία ουδετέρωσης.

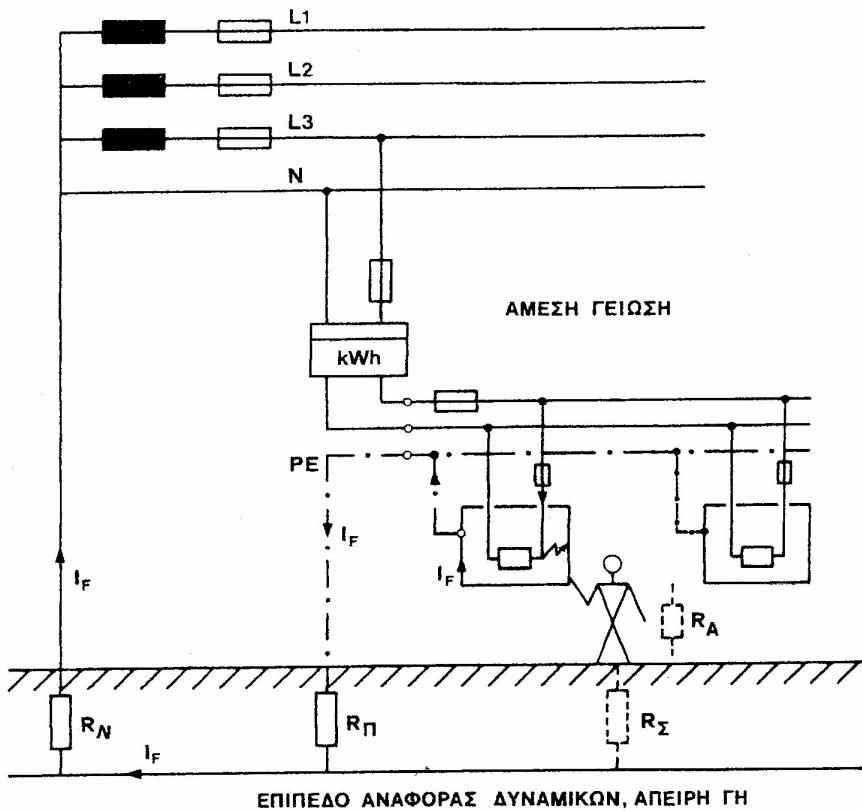
1.4. Μέθοδοι γείωσης προστασίας

Η γείωση προστασίας μπορεί να γίνει με τρεις τρόπους :

- Αμεση γείωση :** είναι η σύνδεση των μεταλλικών μερών των συσκευών με γραμμή γείωσης, που καταλήγει σε ηλεκτρόδιο γείωσης (γειωτή), όπως φαίνεται στο σχήμα (1.4-1) που ακολουθεί. Τα δίκτυα με άμεση γείωση λέγονται και δίκτυα TT κατά IEC 364. Με τον τρόπο αυτό, χρησιμοποιούμε αποκλειστικά τη γη σαν αγωγό που θα διευκολύνει τη ροή ισχυρού ρεύματος ικανού να προκαλέσει το κάψιμο της συντηκτικής ασφάλειας ή τη διακοπή της αυτόματης ασφάλειας, μέσα σε χρόνο 5 sec από τη στιγμή που η τάση διαρροής ξεπεράσει τα 50 V. Συνήθως για ασφάλειες τήξης το ρεύμα απόζευξης I_a ισούται με :

$$I_a = 3I_N$$

όπου I_N το ονομαστικό ρεύμα του οργάνου προστασίας.



Σχήμα 1.4-1 : Προστασία με άμεση γείωση. Ο αγωγός προστασίας συνδέεται με το γειωτή, όχι δύμως με τον ουδέτερο.

Η άμεση γείωση είναι μια δύσκολη και πολυδάπανη μέθοδος επειδή πρέπει να εξασφαλίσουμε πολύ μικρή αντίσταση γείωσης, τάξης μεγέθους $1\ \Omega$. Σε μεγάλους καταναλωτές ($>100\ A$) είναι σχεδόν αδύνατο να ικανοποιηθεί η παραπάνω συνθήκη με συνηθισμένα μέσα γείωσης. Ήδη σε καταναλωτές των $16\ A$ οι ασφάλειες τήξης έχουν ένα ρεύμα απόζευξης $I_a = 40\ A$, οπότε προκύπτει μια αντίσταση $R \leq 1,25\ \Omega$. Τόσο μικρές αντιστάσεις επιτυγχάνονται μόνο με γειώσεις πάνω σε εκτεταμένο μεταλλικό δίκτυο ύδρευσης.

Στην Ελλάδα η άμεση γείωση εφαρμόζεται σε ορισμένα παλιά δίκτυα στην Αττική, ενώ σε άλλα δίκτυα εφαρμόζεται η ουδετέρωση. Η συνύπαρξη των δυο μεθόδων στην ίδια εγκατάσταση ή στο ίδιο δίκτυο απαγορεύεται, σύμφωνα με τους Κανονισμούς Εσωτερικών Ηλεκτρολογικών Εγκαταστάσεων (ΚΕΗΕ).

Αντίθετα, επιτρέπεται ο συνδυασμός διακοπών διαφυγής έντασης με άμεση γείωση κατά IEC 364, με τον οποίο μειώνεται σημαντικά η αντίσταση γείωσης.

- ii. **Ουδετέρωση :** σ' αυτή τη μέθοδο, σαν αγωγός γείωσης χρησιμοποιείται ο ίδιος ο ουδέτερος του δικτύου. Η σύνδεση του αγωγού γείωσης με τον ουδέτερο γίνεται μέσα στο κιβώτιο του μετρητή της ΔΕΗ. Η ουδετέρωση είναι η κατά κανόνα μέθοδος προστασίας σε καταναλωτές του δημοσίου δικτύου XT, αφού είναι ασφαλέστερη σαν μέθοδος από την άμεση γείωση, όταν βέβαια ο ουδέτερος αγωγός μαζί με τις γειώσεις του, παρουσιάζει πολύ μικρή αντίσταση.

- iii. **Προστασία με διακόπτες διαφυγής :** σ' αυτή τη μέθοδο χρησιμοποιούνται ειδικοί διακόπτες διαφυγής (ρελαί) οι οποίοι, μόλις εμφανιστεί επικίνδυνη τάση επαφής στα μεταλλικά στοιχεία της εγκατάστασης, διακόπτουν αυτόματα την παροχή τάσης με τη βοήθεια της ίδιας της τάσης επαφής που θα εμφανιστεί. Η γείωση αυτού του είδους, αποτελεί μια γενική μέθοδο γείωσης προστασίας, όταν είναι αδύνατη η εφαρμογή άλλης μεθόδου. Οι διακόπτες διαφυγής διακρίνονται σε δυο κατηγορίες :
- Στους διακόπτες διαφυγής τάσης ($\Delta\Delta T$) και
 - Στους διακόπτες διαφυγής έντασης ($\Delta\Delta E$).

1.4.1 Τρόποι άμεσης γείωσης

Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενη παράγραφο, η άμεση γείωση μπορεί να εφαρμοστεί είτε στο δίκτυο ύδρευσης είτε σαν τεχνητή γείωση.

1.4.1.2. Γείωση στο δίκτυο ύδρευσης

Επιτρέπεται σύμφωνα με τους ΚΕΗΕ, χωρίς ιδιαίτερη άδεια, η χρησιμοποίηση μεταλλικών δικτύων ύδρευσης σαν γειωτών για εγκαταστάσεις με τάσεις ως προς τη γη μικρότερες των 250 V, εφ' όσον υπάρχει η συγκατάθεση του Οργανισμού Ύδρευσης.

Πάνω από αυτές τις τάσεις χρειάζεται ειδική άδεια από τον Οργανισμό Ύδρευσης. Η γραμμή γείωσης συνδέεται κατά προτίμηση πριν από το σημείο εισόδου του σωλήνα στο μετρητή. Αν η σύνδεση γίνει μετά, πρέπει να βραχυκυκλωθεί μονίμως ο μετρητής με χάλκινο σύρμα H03V-U και διατομή τουλάχιστον 6 mm². Η διαδικασία αυτή ονομάζεται γεφύρωση και αποβλέπει στην εξασφάλιση αγωγιμότητας τόσο στην περίπτωση που θ' αφαιρεθεί ο υδρομετρητής, όσο και στην περίπτωση παρεμβολής μονωτικών τεμαχίων.

Η σύνδεση του αγωγού γείωσης, γίνεται με κατάλληλο περιλαίμιο (κολάρο), αφού πρώτα καθαριστεί καλά ο σωλήνας. Μετά τη σύνδεση και τη καλή σύσφιξη του περιλαίμιου, ακολουθεί αντιδιαβρωτική προστασία με κατάλληλη βαφή.

Προσοχή: Κατά VDE 100 δεν επιτρέπεται η παράλληλη σύνδεση γειωτών από χαλκό με το δίκτυο ύδρευσης γιατί σχηματίζονται ηλεκτροχημικά στοιχεία με αποτέλεσμα τη διάβρωση του σιδήρου.

Τα τελευταία χρόνια έχουν εγκατασταθεί πολλά δίκτυα ύδρευσης με πλαστικούς σωλήνες ή αμιαντοσωλήνες κι έτσι δεν εξασφαλίζεται καλή γείωση. Μόνο κεντρικοί αγωγοί μεγάλης διαμέτρου και αγωγοί μεγάλων πιέσεων γίνονται με μεταλλικούς σωλήνες, που κι αυτών η αγωγιμότητα διακόπτεται από τα ενδιάμεσα πλαστικά δίκτυα. Γι' αυτό το λόγο πρέπει ν' αποφεύγεται η χρησιμοποίηση του δικτύου ύδρευσης σαν αποκλειστικού μέσου γείωσης. Ανεξάρτητα όμως από τη γενική μέθοδο γείωσης (άμεση ή ουδετέρωση) και ανεξάρτητα από την οποιαδήποτε τεχνητή γείωση που χρησιμοποιείται, πρέπει να συνδέεται στον αγωγό γείωσης και το δίκτυο ύδρευσης, όσο μικρό κι αν είναι.

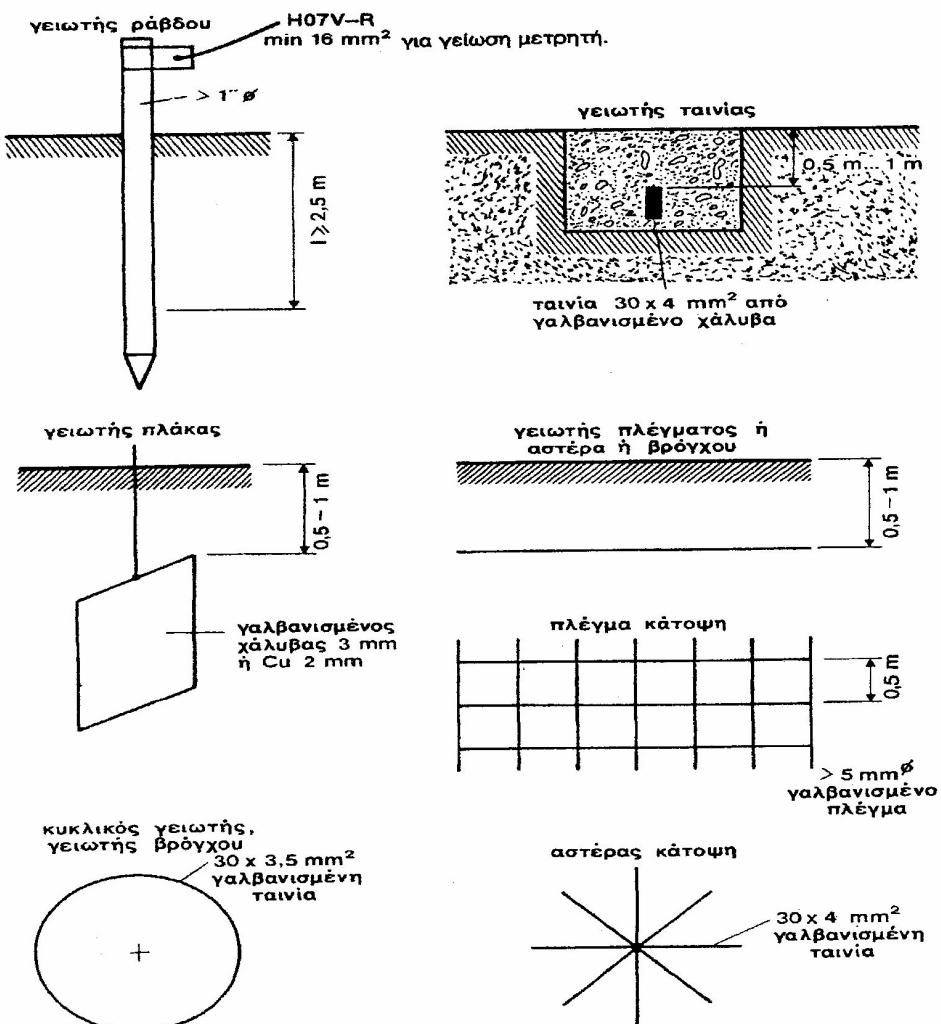
1.4.1.3. Τεχνικές γειώσεις

Από τους όρους και τις δυσκολίες που αναφέρθηκαν προηγουμένως για τη γείωση στο δίκτυο ύδρευσης, συμπεραίνουμε ότι άμεση γείωση είναι κατά κύριο λόγο τεχνητή και μόνο συμπληρωματικά χρησιμοποιείται το δίκτυο ύδρευσης σαν μέσο γείωσης.

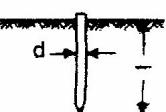
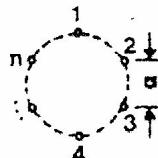
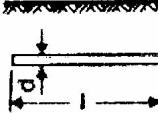
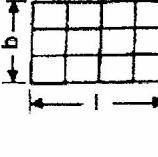
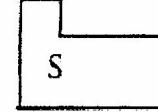
Οι τεχνητές γειώσεις γίνονται σε αγώγιμο έδαφος με τη χρήση κατάλληλων ηλεκτροδίων ώστε να εξασφαλίζεται η απαιτούμενη αγωγμότητα με όσο το δυνατόν μικρότερη αντίσταση γείωσης.

1.4.2. Είδη ηλεκτροδίων γείωσης, αντίσταση γείωσης

Τα είδη των γειωτών που χρησιμοποιούνται, παρουσιάζονται στο σχήμα 1.4.2-1. Οι τύποι που δίνουν τις αντιστάσεις τους, φαίνονται στα σχήματα 1.4.2-2 και 1.4.2-3. Οι ειδικές αντιστάσεις των διαφόρων εδαφών φαίνονται στο πίνακα 1.4.2-1 και οι ελάχιστες διαστάσεις των ηλεκτροδίων γείωσης δίνονται στο πίνακα 1.4.2-2.



Σχήμα 1.4.2-1 : Ηλεκτρόδια γειωτών

α/α	Γεωμετρία	Τύπος	Προσεγγιστικός τύπος
1		Πάσαλος (πλάγια όψη)	$R_{A1} = \frac{\rho}{2\pi l_{eff}}$ $\ln \frac{4l_{eff}}{d}$ $l_{eff} \approx 1-0,5 \text{ m}$ $R_A \approx \frac{\rho}{l_{eff}}$
2		Πολύγωνο πασάλων $a \geq 1$ (κάτοψη)	$R_A \approx k \frac{1}{n} R_{A1}$ $a/l=3: n=5: k \approx 1,2$ $R_{A1} = \text{αντίσταση ενός πασάλου}$ $k=(1\dots 1,5) \text{ για } n=10: k \approx 1,25$
3		Ταινία γείωσης ή επιφανειακός γειωτής, βάθος $h = 0,5 \dots 1,0 \text{ m}$ (πλάγια όψη)	$R_A = \frac{\rho}{\pi l} \ln \frac{2l}{d}$ $R_A \approx \frac{2\rho}{l}$
4		Πλέγμα σε βάθος $0,5-1,0 \text{ m}$ $D = \sqrt{\frac{4b \cdot l}{\pi}}$ (κάτοψη)	$R_A \approx \frac{\rho}{2D} + \frac{\rho}{lg}$ $lg = \text{συνολικό μήκος αγωγού}$ $R_A \approx \frac{\rho}{2D}$
5		Θεμελιακή γείωση, $D = \sqrt{\frac{4}{\pi} S}$	— $R_4 = \frac{2}{\pi} \frac{\rho}{D}$

Σχήμα 1.4.2-2: Τύποι για αντιστάσεις γειωτών. ρ η αντίσταση του εδάφους.

Όπου εμφανίζεται το πάχος d του αγωγού αυτό είναι το

$$\text{ισοδύναμο πάχος } d = \sqrt{\left(\frac{4A}{\pi}\right)} . A = \text{η διατομή του αγωγού,}$$

$$\pi = 3,14$$

α/ο	Πειραματικό σχέδιο	Γεωμετρία	Τύπος	Προστατευτική απόσταση
5		κυκλικός γειωτής (κάτωψη)	$R = \frac{\Omega}{2\pi^2 D} \cdot \ln \frac{8D}{d} \cdot \left(1 + \frac{\ln(2D/t)}{\ln(8D/d)}\right)$	$R = \frac{2\Omega}{\pi D}$ ¹⁾
6		γειωτής πλάνας, πλάγια όψη $S [m^2]$	—	$R = \frac{\Omega}{4,5\alpha}$ ²⁾
7		$n = 2$ $n = 3$ $n = 4$ $n = 5$	$R = \frac{\Omega}{2\pi l} \ln \frac{l^2}{0,27td}$ $R = \frac{\Omega}{2\pi l} \ln \frac{l^2}{0,25 \cdot t \cdot d}$ $R = \frac{\Omega}{2\pi l} \ln \frac{l^2}{0,22td}$ $R = \frac{\Omega}{2\pi l} \ln \frac{l^2}{0,09td}$	— — — —
8		ημισφαιρικός γειωτής	$R = \frac{\Omega}{\pi D}$ ³⁾	—

1) Για ακανόνιστους βρόχους μπορεί να χρησιμοποιηθεί η ισοδύναμη διάμετρος $D=0,33 \cdot U$, όπου U = μήκος αγωγού.
 2) Για πλάκες που δεν είναι τετράγωνες θέτουμε: $\alpha = \sqrt{S}$, όπου S = επιφάνεια.
 3) Για ένα γειωτή όγκου V , ακανόνιστου σχήματος, εφαρμόζεται ο τύπος του σφαιρικού γειωτή με $D=1,57 \sqrt[3]{V}$.

Σχήμα 1.4.2-3 : Τύποι για αντιστάσεις γειωτών (συνέχεια του σχήματος 1.4.2-2)

Έδαφος	Ελώδες υγρό	Άργιλος πηλός	Υγρή άμμος	Υγρά χαλίκια	Ξηρή άμμος, χαλίκια	Βράχος
$p (\Omega \cdot m)$	30-50	100	200	500	1000	3000

Πίνακας 1.4.2-1 : Ειδικές αντιστάσεις εδαφών σύμφωνα με τους KEHE.
 (μέσες ενδεικτικές τιμές)

Μορφή γειωτή	Υλικό		
	Χάλυβας γαλβανισμένος	Χάλυβας επιχαλκωμένος	Χαλκός
Ταινία	100 mm ² , πάχος ≥ 3 mm	50 mm ² , πάχος ≥ 2 mm	50 mm ² , πάχος ≥ 2 mm
Ράβδος στρογγυλή	78 mm ² = 10 Φ	50 mm ²	35 mm ²
Σωλήνας για πασσαλογειώσεις	Ονομ. εσωτερική διάμετρος I" πάχος ≥ 2 mm	-	Εσωτερ.Διάμετρος. 20 mm, πάχος ≥ 2 mm
Ράβδος L, U, T, I για πασσαλογειώσεις	Συνήθως 100 mm ² , πάχος ≥ 3 mm	50 mm ² στρογγυλή ράβδος	35 mm ² , πάχος ≥ 3 mm
Πλάκα	πάχος ≥ 3 mm	-	πάχος ≥ 2 mm

** Η χρήση συρματόσχοινων δεν προτείνεται

Πίνακας 1.4.2-2: Ελάχιστες διαστάσεις των ηλεκτροδίων γείωσης, σύμφωνα με τους ΚΕΗΕ.

1.4.2.1. Γειωτής ράβδου

Είναι σωλήνας ονομαστικής διαμέτρου μεγαλύτερης της μίας ίντσας ή μία ράβδος στρογγυλή ή προφίλ από γαλβανισμένο χάλυβα, π.χ. U, L, T ή I- προφίλ. Η ράβδος καρφώνεται κατακόρυφα ή λοξά (π.χ. 20°) ως προς την κατακόρυφο στο έδαφος σε βάθος, π.χ. 2,5 m με σφυρί χεριού, ή με μηχανικό σφυρί. Θα πρέπει ν' αποφεύγεται η επιλογή πεζοδρομίων κατά το κάρφωμά τους, για την αποφυγή καταστροφής υπογείων δικτύων (ηλεκτρικών, τηλεφωνικών, ύδρευσης ή αποχέτευσης). Στην ανάγκη θα προηγείται εκσκαφή του εδάφους μέχρι το 1 m με σκαπάνη και μετά θ' ακολουθεί το κάρφωμα των ράβδων.

Το κάτω μέρος των ραβδόμορφων ηλεκτροδίων γείωσης διαμορφώνεται σαν ακίδα για να οδηγείται καλύτερα στο έδαφος, το οποίο συνήθως επιλέγουμε να μην είναι βραχώδες. Η αντίσταση γείωσης είναι περίπου αντιστρόφως ανάλογη του βάθους, (σχήματα 1.4.2-2 και 1.4.2-3), δεν εξαρτάται σημαντικά από το πάχος ή τη διάμετρο της ράβδου και μειώνεται ακόμη περισσότερο όταν το έδαφος παρουσιάζει μεγάλη αγωγιμότητα. Σε γειώσεις με πολλά ραβδόμορφα ηλεκτρόδια, οι αποστάσεις ανάμεσά τους πρέπει να είναι διπλάσιες από τα μήκη τους. Τέλος, εφ' όσον το επιτρέπει η μηχανική αντοχή, προτείνονται επιμολυβδωμένα ή χάλκινα ηλεκτρόδια, γιατί αντέχουν στη διάβρωση.

1.4.2.2. Γειωτής ταινίας ή συρματόσχοινου.

Ταινία ή συρματόσχοινο τοποθετείται σε χαντάκι βάθους τουλάχιστον 0,5 m. Το βάθος που προτιμάται είναι 0,7-1,0 m, για να υπάρχει υγρό έδαφος. Η ταινία μπορεί να είναι χάλυβας γαλβανισμένος ή επιχαλκωμένος. Χρησιμοποιούνται επίσης χάλκινες ταινίες. Η ταινία μπορεί να τοποθετηθεί ευθύγραμμα ή κυκλικά γύρω από την εγκατάσταση. Η τελευταία γείωση λέγεται γειωτής βρόγχου. Η αντίσταση είναι

περίπου αντιστρόφως ανάλογη του μήκους και ισχύουν οι τύποι του σχήματος 1.4.2-2. Για το ίδιο μήκος ταινίας ο ευθύγραμμος γειωτής έχει μικρότερη αντίσταση από τον κυκλικό. Μια περίπτωση του γειωτή ταινίας είναι η θεμελιακή γείωση, την οποία θα εξετάσουμε λεπτομερώς σε επόμενη παράγραφο.

Σε περιπτώσεις όπου το έδαφος παρουσιάζεται γαιώδες σε ορισμένο βάθος 0,5-1 m και μετά υπάρχει αδιαπέραστος βράχος, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ηλεκτρόδια που αποτελούνται από συρματόσχοινα (χάλκινοι αγωγοί), διατομής τουλάχιστον 25 mm^2 , τοποθετημένα κατά μήκος ενός ορύγματος βάθους 0,6 m και μήκους αναλόγου με την επιθυμητή αντίσταση γείωσης. Σύμφωνα όμως με τους KEHE, για να πετύχουμε αντίσταση γείωσης μικρότερη από 1Ω πρέπει να έχουμε μήκος 100-150 m.

Βλέπουμε λοιπόν ότι η μέθοδος αυτή πλεονεκτεί από πλευράς μικρού βάθους ορύγματος, αλλά μειονεκτεί από πλευράς μήκους. Το μήκος ενός τέτοιου ηλεκτρόδιου θα είναι αρκετά μεγάλο, πράγμα που σημαίνει ότι δεν αρκεί η πρόσοψη ενός συνηθισμένου οικοπέδου για την κατασκευή της γείωσης. Πέρα απ' αυτό, το συρματόσχοινο διαβρώνεται εύκολα και υπάρχει άμεσος κίνδυνος καταστροφής του κατά την εκτέλεση νέων έργων στην περιοχή.

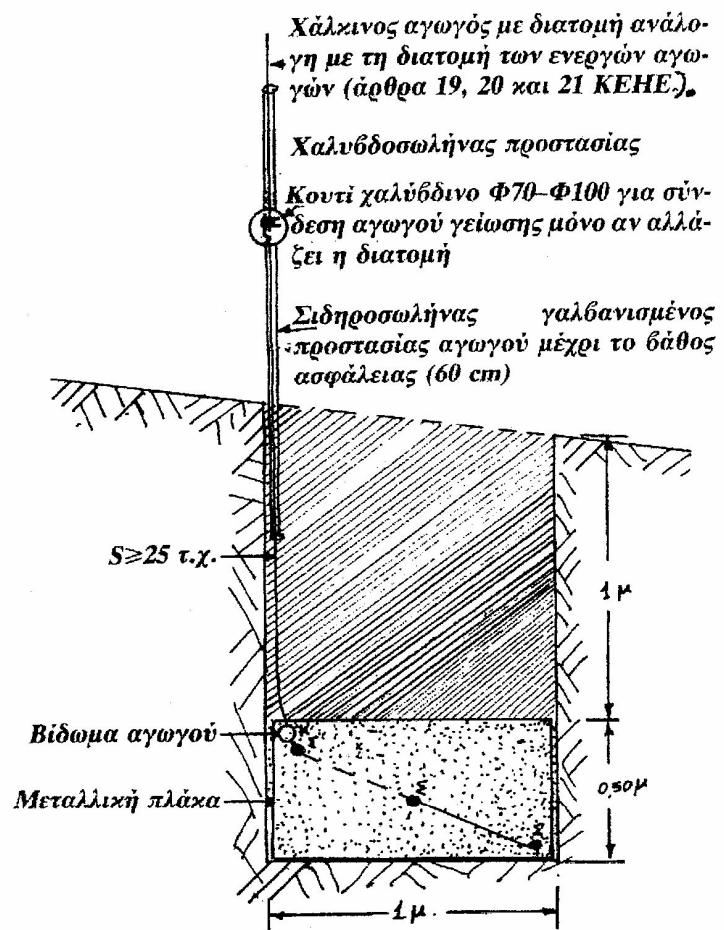
Γι' αυτούς τους λόγους, αν και το επιτρέπουν οι KEHE, δε συνιστάται συρματόσχοινο αντί ταινίας σαν ηλεκτρόδιο γείωσης.

1.4.2.3. Γειωτής πλάκας

Για να κατασκευάσουμε μια τεχνητή γείωση με μεταλλική πλάκα, χρησιμοποιούμε φύλλο από χαλκό πάχους 2 mm ή από γαλβανισμένη λαμαρίνα πάχους 3 mm. Οι διαστάσεις του φύλλου θα είναι $0,5 \times 1 \text{ m}$, επομένως λόγω της διπλής όψης κάθε πλάκας, η συνολική επιφάνεια επαφής με το έδαφος θα είναι $(0,5 \times 1) \times 2 = 1 \text{ m}^2$. Σ' αυτό το φύλλο συνδέεται χάλκινος αγωγός διατομής τουλάχιστον 25 mm^2 . Η διατομή αυτή, που δεν μπορεί να είναι ούτε μικρότερη από 25 mm^2 ούτε μεγαλύτερη από το 50% της διατομής της τροφοδοτικής γραμμής, συνδέεται με τη μεταλλική πλάκα με συγκόλληση και βίδωμα. Η συγκόλληση γίνεται κατά προτίμηση από κράμα μολυβδοκαστίτερου για να εξασφαλισθεί η αγωγιμότητα. Το βίδωμα γίνεται στο σημείο αναχώρησης της γραμμής με ορειχάλκινη βίδα διαμέτρου τουλάχιστον $5/16"$, για μηχανική συγκράτηση του αγωγού.

Στη συνέχεια κατασκευάζεται όρυγμα με βάθος μεγαλύτερο από 1,5 m και μήκος μεγαλύτερο από 1 m. Σε αυτό το όρυγμα ενταφιάζουμε τη μεταλλική πλάκα σε κατακόρυφη θέση και στη συνέχεια την επιχώνουμε με άμμο (ποταμίσια ή θαλασσινή ψιλή και ποτέ νταμαρίσια) ανακατεμένη με κοσκινισμένο χώμα από την εκσκαφή και ψιλή καρβουνόσκονη, ενώ ταυτόχρονα γίνεται βρέξιμο και συμπίεση του χώματος. Η κατακόρυφη θέση δεν επιδέχεται αμφισβήτηση διότι επιβάλλεται από τους KEHE.

Η θέση της γείωσης πρέπει να επιλέγεται κατά τρόπο που φυσιολογικά θα έχει τη μεγαλύτερη δυνατή υγρασία και θα είναι δυνατό το πότισμά της κατά διαστήματα. Πολλοί παρερμηνεύουν τη υγρασία και αντί να κατασκευάσουν σωστή γείωση, ρίχνουν τα ηλεκτρόδια γείωσης σε βόθρους ή πηγάδια. Το λάθος αυτό είναι μεγάλο διότι το νερό στις περισσότερες περιπτώσεις είναι πολύ λιγότερο αγώγιμο από το όρυγμα που προαναφέραμε. Στο σχήμα που ακολουθεί φαίνεται καθαρά ο τρόπος κατασκευής μιας τεχνητής γείωσης με μεταλλική πλάκα.



Μίγμα από καρβούνισκονη, λεπτή θαλασσινή άμμο και υγρό κοσκινισμένο χώμα

Υγρό χώμα από την εκσκαφή χωρίς μεγάλες πέτρες

- Σ. Συγκόλληση αγωγού στη μεταλλική πλάκα

Σχήμα 1.4.2.3-1 : Τεχνητή γείωση με μεταλλική πλάκα.

Η γραμμή γείωσης έξω από το έδαφος μπορεί να μειωθεί αν η τροφοδοτική γραμμή της εγκατάστασης είναι μικρότερη από 50 mm^2 . Συγκεκριμένα, το εκτός εδάφους τμήμα της γραμμής γείωσης πρέπει να έχει διατομή ίση μ' εκείνη του ενεργού αγωγού, όχι όμως μικρότερη των 16 mm^2 , αλλιώς, ίση με το 50% της διατομής του ενεργού αγωγού, όταν αυτός έχει μεγαλύτερη διατομή.

Το τμήμα του αγωγού γείωσης που βρίσκεται μέσα στο έδαφος σε βάθος μικρότερο από 60 cm πρέπει να προστατεύεται με σιδηροσωλήνα γαλβανισμένο και όχι ηλεκτρικό χαλυβδοσωλήνα. Αφού κατασκευαστεί μια τέτοια γείωση, θα ακολουθήσει μέτρησή της και αν αποδειχθεί ότι έχει μεγάλη ωμική αντίσταση, θα συμπληρωθεί με δεύτερη και τρίτη γείωση κλπ, μέχρι να βεβαιωθούμε ότι η γείωση που φτιάξαμε μπορεί να μας προστατέψει από επικίνδυνη τάση. Αυτό συμβαίνει γιατί

δεν υπάρχει «μαγική» συνταγή που να καθορίζει από την αρχή τις διαστάσεις του ηλεκτροδίου με το οποίο θα επιτύχουμε την επιθυμητή αντίσταση γείωσης.

1.4.2.4. Γειωτής με σιδηροσωλήνες (πασσάλους)

Μπορούμε αντί για μεταλλική πλάκα να χρησιμοποιήσουμε ηλεκτρόδια από γαλβανισμένους σιδηροσωλήνες με κατάλληλη διάμετρο και ανάλογο μήκος ώστε να εξασφαλισθεί επιφάνεια επαφής με το έδαφος ίση μ' εκείνη που δίνει η πλάκα $0,5 \times 1$ m, δηλαδή επιφάνεια εμβαδού $(0,5 \times 1) \times 2 = 1 \text{ m}^2$.

Για να υπάρξει αυτή η ισότητα επιφανειών (κυλίνδρου και παραλληλογράμμου δηλαδή), θα πρέπει πολλαπλασιάζοντας την εξωτερική διάμετρο του σωλήνα d, επί 3,14, επί το μήκος του L, να βγει επιφάνεια 1 m^2 . Δηλαδή $d \times 3,14 \times L = 1 \text{ m}^2$, όπου τα d και L δίνονται σε μέτρα. Απλοποιώντας τη σχέση αυτή εκφράζοντας το d σε mm, παίρνουμε τη σχέση:

$$L = \frac{318}{d} \quad (1.4.2.4-1)$$

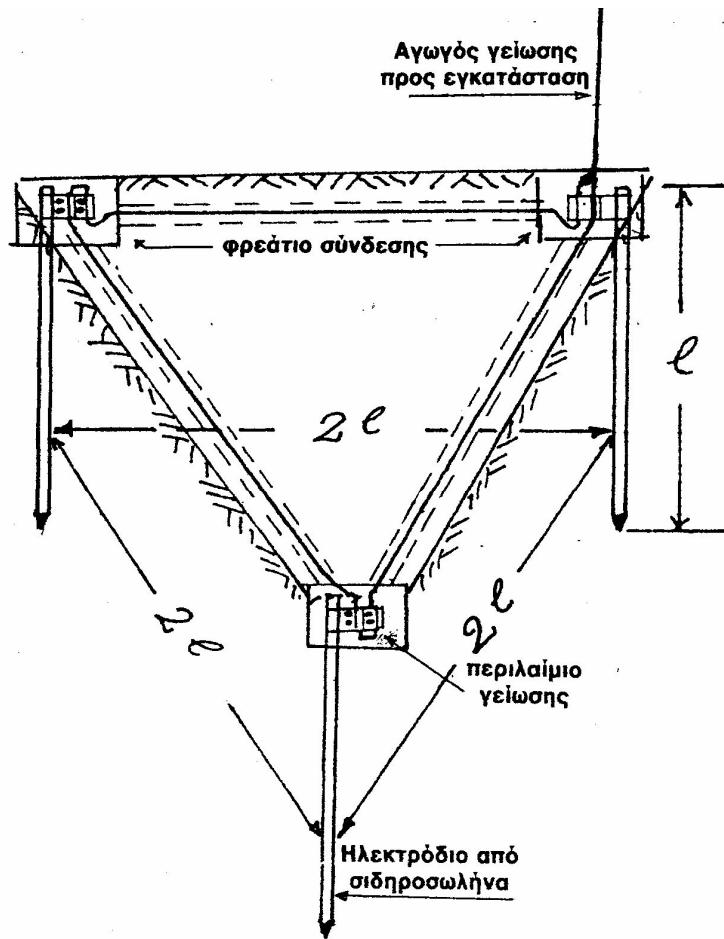
όπου το d εκφράζεται σε mm

Αν για παράδειγμα έχουμε σωλήνα με εξωτερική διάμετρο $d = 45 \text{ mm}$, τότε το μήκος L θα είναι:

$$L = \frac{318}{45} = 7.06 \text{ m.}$$

Είναι ευνόητο ότι το μήκος αυτό δε μπορεί ν' αποτελέσει ένα ηλεκτρόδιο, διότι είναι δύσκολη έως αδύνατη η κατακόρυφη τοποθέτησή του στο έδαφος. Αναγκαστικά θα χρησιμοποιήσουμε τρία ηλεκτρόδια μήκους 2,5 m το καθένα ($3 \times 2,5 = 7,50 \text{ m}$) από τα οποία ένα μικρό μέρος θα παραμορφωθεί κατά το χτύπημα των σωλήνων, ενώ ένα άλλο τμήμα θα είναι μέσα στο φρεάτιο εκτός εδάφους.

Τα ηλεκτρόδια γείωσης θα τοποθετηθούν σε τριγωνική διάταξη ή στην ανάγκη σε ευθεία γραμμή, αν δε το επιτρέπει το έδαφος. Η απόσταση μεταξύ των ηλεκτροδίων θα πρέπει να είναι τουλάχιστον ίση με το διπλάσιο του μήκους τους. Επιπλέον θα πρέπει να συνδέονται μεταξύ τους με χάλκινο αγωγό κατάλληλης διατομής και περιλαίμια γείωσης. Στο σχήμα 1.4.2.4-1 που ακολουθεί παρουσιάζεται η τριγωνική γείωση με σιδηροσωλήνες.



Σχήμα 1.4.2.4-1 : Τρίγωνο γείωσης με σιδηροσωλήνες

Το υλικό του ελάσματος από το οποίο κατασκευάζονται τα περιλαίμια γείωσης πρέπει να είναι ορείχαλκος επικασιτερωμένος ή σπανιότερα σίδηρος γαλβανισμένος. Τον τελευταίο καιρό παρατηρείται σε διάφορα έργα η κατάργηση του περιλαίμιου (κολάρου) και η σύνδεση στο σωλήνα με ακροδέκτη και βίδα. Κάτι τέτοιο είναι απαραδεκτό διότι ελαχιστοποιείται η επιφάνεια επαφής και πολύ γρήγορα διακόπτεται η αγώγιμη σύνδεση (επαφή) του αγωγού γείωσης με το ηλεκτρόδιο γείωσης.

Η κατασκευή γείωσης με σιδηροσωλήνες πλεονεκτεί από πλευράς μεγαλύτερου βάθους (2-2,5 m) σε σχέση με τη μεταλλική πλάκα (1-1,5 m) και μειονεκτεί διότι ένα μέρος του μήκους του βρίσκεται στα ανώτερα στρώματα του εδάφους όπου η αγωγιμότητα του εδάφους ελαττώνεται από την ξηρασία ή από τον παγετό. Η αύξηση της διαμέτρου του σωλήνα γείωσης αυξάνει τη μηχανική αντίσταση του εδάφους με αποτέλεσμα να γίνεται πολύ δύσκολο το κάρφωμά τους σε σκληρό έδαφος.

Η τοποθέτηση σιδηροσωλήνων στις πόλεις συναντά το πρόσθετο πρόβλημα των υπογείων γραμμών. Σε πολλά πεζοδρόμια είναι επικίνδυνο το κάρφωμα ηλεκτροδίων γείωσης, αφού μπορεί να συναντήσουν μέσα στο έδαφος καλώδια υψηλής ή χαμηλής τάσης, καλώδια τηλεφώνων, γραμμές ύδρευσης ή αποχέτευσης κλπ.

1.4.2.5 Γειωτής ακτινικός

Για την κατασκευή ακτινικού γειωτή, χρησιμοποιούνται ταινίες ή ράβδοι, οι οποίες διαμορφώνονται υπό μορφή αστέρα με πολλές ακτίνες, όπως φαίνεται και στο σχήμα 1.4.2-1. Ο αστέρας βρίσκεται σε οριζόντια θέση, ενταφιασμένος σε βάθος τουλάχιστον 0,80 m. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται είναι όμοια με αυτά του γειωτή ταινίας.

1.4.2.6 Γειωτής πλέγματος

Πλέγμα από ταινίες με τετραγωνικά ανοίγματα πλάτους 0,7-2,0 m τοποθετείται οριζόντια σε βάθος 0,5-1,0 m (σχήμα 1.5.2-1). 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. Γι' αυτό το λόγο η πλεγματική γείωση εφαρμόζεται σε υποσταθμούς υψηλής και υπερυψηλής τάσης, σε εργαστηριακές εγκαταστάσεις YT, εγκαταστάσεις κεραιών ραδιοφωνικών σταθμών κλπ.

Πρακτικά όσο πυκνότερο είναι το πλέγμα, τόσο περισσότερο εξομαλύνεται η μεταβολή του δυναμικού στο έδαφος, επομένως έχουμε μικρότερες τάσεις επαφής και βηματικές τάσεις. Επιτρέπονται προφανώς και ανοίγματα μικρότερα των 0,7 m. Αυτά όμως δεν έχουν σημαντικά μικρότερες βηματικές τάσεις απ' ότι τα πλέγματα με τα ανοίγματα των 0,7 m.

1.4.2.7. Θεμελιακή γείωση

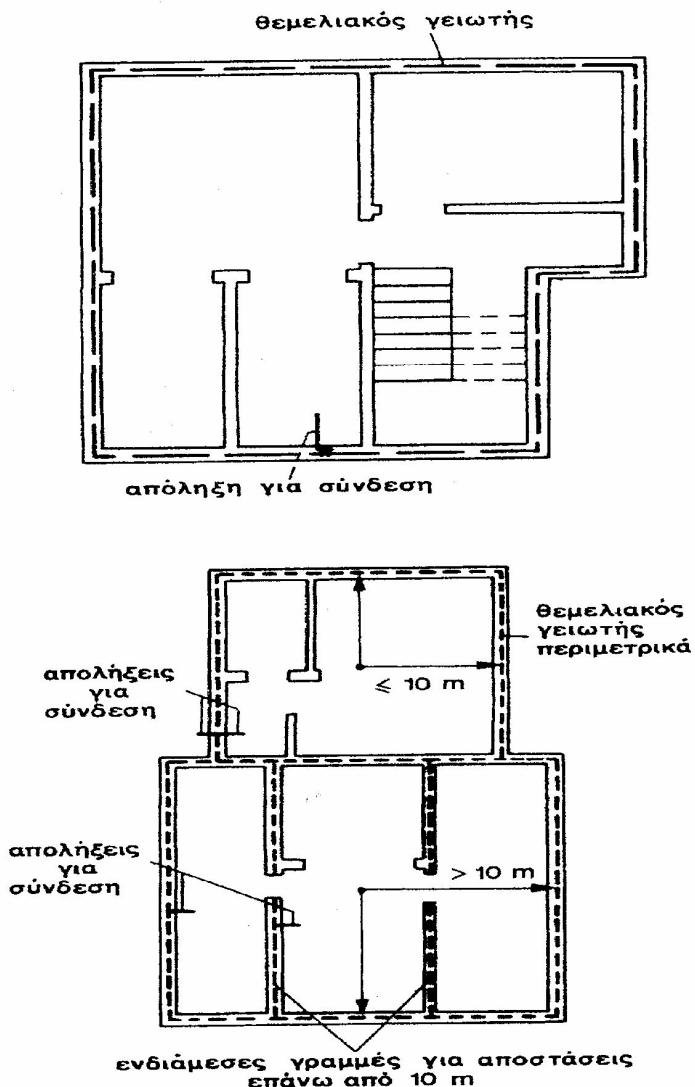
Η θεμελιακή γείωση είναι ένας γειωτής ταινίας που τοποθετείται στο κάτω μέρος των θεμελίων των κτιρίων, μέσα στο σκυρόδεμα. Προτείνεται σαν μέθοδος γείωσης από τους ΚΕΗΕ, συνιστάται από τον ΕΛΟΤ Η384 και εφαρμόζεται μεν, αλλά δεν είναι υποχρεωτικός για τα νέα κτήρια.

Η τοποθέτηση γίνεται στη βάση των εξωτερικών τοίχων (σχήμα 1.4.2.7-1) και είναι ένας κλειστός βρόγχος. Επειδή το έδαφος και το σκυρόδεμα των θεμελίων είναι υγρό όλο το έτος συνήθως, ο θεμελιακός γειωτής έχει σχετικά χαμηλή αντίσταση γείωσης. Τιμές των 2 Ω ή μικρότερες δεν είναι σπάνιες, ενώ σε συνήθεις πασσαλογειωτές έχουμε περί τα 30 Ω.

Ο αγωγός του γειωτή μπορεί να είναι :

- ταινίες γαλβανισμένου χάλυβα ελάχιστων διαστάσεων 30 mm x 3,5 mm ή 25 mm x 4 mm. Συνιστώνται διαστάσεις 40x5 ή 50x4,
- βέργα γαλβανισμένου χάλυβα ελάχιστης διαμέτρου 10 mm. Συνιστάται διάμετρος 12 mm

Το χαλύβδινο ηλεκτρόδιο τοποθετείται στο περιμετρικό θεμέλιο του κτιρίου. Σε περιπτώσεις που υπάρχει μόνωση κατά της υγρασίας, πρέπει το ηλεκτρόδιο να τοποθετηθεί προς την πλευρά του εδάφους. Για μεγάλες διαστάσεις κτιρίων (>10 m), συνιστώνται και εγκάρσιες απολήξεις του περιμετρικού γειωτή, όπως στο σχήμα (1.4.2.7-1β), έτσι ώστε κανένα σημείο του υπογείου να μην απέχει πάνω από 10 m από τον γειωτή.



Σχήμα 1.4.2.7-1 : Θεμελιακές γειώσεις. Δείχνονται δυο κατόψεις, με και χωρίς ενδιάμεση σύνδεση.

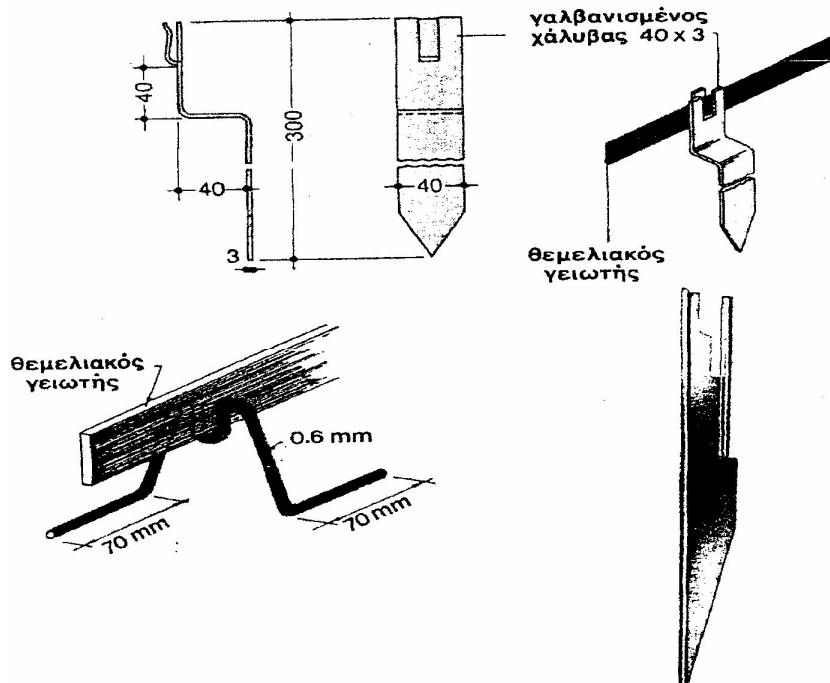
Ο γειωτής πρέπει να περιβάλλεται παντού από δονημένο σκυρόδεμα. Τοποθετείται σε ένα στρώμα πάχους τουλάχιστον 5 cm (συνήθως 6-10 cm), γιατί αλλιώς διαβρώνεται. Μετά από την εκσκαφή των θεμελίων κατασκευάζεται μία στρώση από σκυρόδεμα πάχους 6-10 cm (σχήμα 1.4.2.7-3). Εκεί μέσα τοποθετείται ή μία ταινία με τη πλατιά της πλευρά όρθια ή μία χαλύβδινη βέργα κυκλικής διατομής. Το σχήμα (1.4.2.7-2) δείχνει διάφορες διατάξεις για να κρατηθεί η ταινία στη θέση της.

Ακολούθως τοποθετείται ο οπλισμός των θεμελίων και χύνεται όλο το θεμέλιο. Η όρθια τοποθέτηση της ταινίας διευκολύνει τον τρόπο εγκατάστασής της, αφού έτσι λυγίζει καλύτερα στις γωνίες του κτιρίου. Το σκυρόδεμα πρέπει να είναι αντοχής B225 ή περιεκτικότητας 300 kg τσιμέντου ανά m^3 .

Η τοποθέτηση του γειωτή μέσα στο σκυρόδεμα στη βάση των θεμελίων εξασφαλίζει αντοχή στη διάβρωση και στις μηχανικές καταπονήσεις. Επιπλέον, ο γειωτής είναι σε υγρό έδαφος όπου η αγωγιμότητα είναι μεγάλη. Συνιστάται να συνδέεται στον γειωτή ο οπλισμός του σκυροδέματος του κτιρίου.

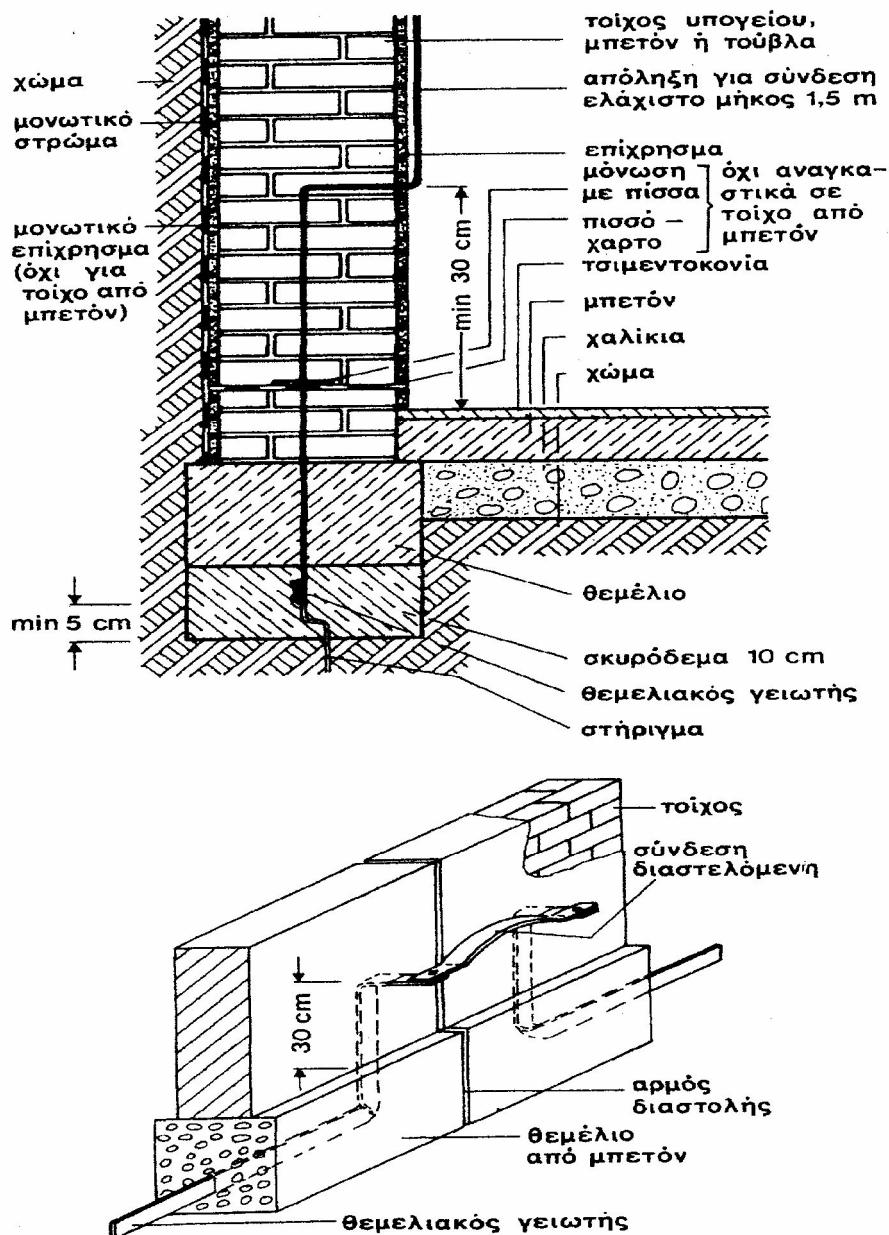
Οι αποληξεις του γειωτή έχουν την ίδια διατομή με το ηλεκτρόδιο του γειωτή. Το μήκος τους είναι 1,5 m κατά VDE 0100 και τοποθετούνται στο τοίχο του κτιρίου εσωτερικά. Η απόληξη απέχει στο κάτω μέρος της, στη έξοδό της απ' το τοίχο, 30 cm από το έδαφος. Η σύνδεση με την υπόλοιπη εγκατάσταση γίνεται με χάλκινο αγωγό διατομής 16 mm^2 τουλάχιστον ή καλύτερα 25 mm^2 .

Στην περίπτωση των θεμελιακών γειώσεων, συνδέονται σ' αυτή και τα αλεξικέραυνα, ενδεχομένως μέσω σπινθηριστών.



Σχήμα 1.4.2.7-2 : Στηρίγματα θεμελιακής γείωσης.

Για τον υπολογισμό της αντίστασης του θεμελιακού γειωτή χρησιμοποιείται ο τύπος του γειωτή ταινίας ή προσεγγιστικά ο τύπος του θεμελιακού γειωτή, σχήμα (1.4.2.7-2). Αυτός παίρνει τον γειωτή σαν κυκλικό γειωτή διαμέτρου D, επιφάνειας ίσης με το εμβαδόν κάτοψης των θεμελίων. Σαν αντίσταση εδάφους θα ληφθεί, κατά VDE 0141 ή DIN 57141, η ειδική ηλεκτρική αντίσταση όχι του σκυροδέματος αλλά του περιβάλλοντος εδάφους.



Σχήμα 1.4.2.7-3 : Λεπτομέρειες θεμελιακής γείωσης.

1.4.3. Επιφανειακοί και βαθείς γειωτές

Γίνεται διάκριση ανάλογα με το βάθος τους σε :

- ✓ επιφανειακούς γειωτές, π.χ. γειωτές ταινίας, πλέγματος και ακτινικούς γειωτές,
- ✓ βαθείς γειωτές, π.χ. γειωτές ράβδου.

Στους βαθείς γειωτές η αντίσταση μεταβάλλεται λιγότερο με το χρόνο απ' ότι στους επιφανειακούς, επειδή η θερμοκρασία και η υγρασία του εδάφους δε μεταβάλλονται πολύ σε μεγάλα βάθη.

1.4.4. Απολήξεις και συνδέσεις των ηλεκτροδίων γείωσης

Οι διατομές των αγωγών που οδηγούν από τις εγκαταστάσεις στους γειωτές, φέρουν ρεύματα μόνο στη περίπτωση σφαλμάτων. Η διάρκεια των σφαλμάτων είναι μερικά sec. Τα ρεύματα που ρέουν προς τη γη είναι περίπου :

- ✓ 1000 A (συνήθως κάτω από 80 A) στη μέση τάση.
- ✓ 230 A (συνήθως κάτω από 10 A) στη χαμηλή τάση.

Ωστόσο σε γειώσεις αντικεραυνικής προστασίας τα ρεύματα είναι κρουστικά, με κορυφή 5 έως 40 kA συνήθως, για χρόνο 0,1 ms περίπου.

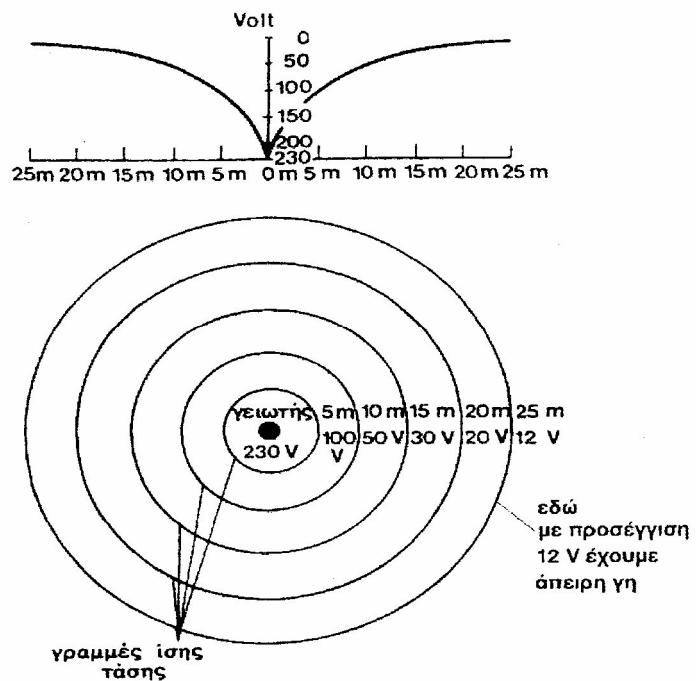
Στη μέση και χαμηλή τάση, οι διατομές που προσδιορίζονται από το ρεύμα είναι ασήμαντες. Μεγαλύτερο ρόλο παίζει η στιβαρότητα του αγωγού.

Το μέρος του γειωτή ή της σύνδεσης που βγαίνει από το έδαφος μονώνεται κατά της υγρασίας με πίσσα ή άλλα μονωτικά και μάλιστα 30 cm μέσα και 30 cm έξω από το έδαφος. Οι συνδέσεις των ηλεκτροδίων γείωσης γίνονται σε γειώσεις ουδετέρου με χάλκινο μονόκλωνο αγωγό (Cu), ελάχιστης διατομής ίσης με τη διατομή του ουδέτερου, όχι όμως μικρότερη των 16 mm² (H07V-U). Σε εγκαταστάσεις αλεξικέραυνου η ελάχιστη διατομή για χαλκό είναι 50 mm². Η σύνδεση του ουδέτερου του Μ/Σ με το γειωτή γίνεται με καλώδια H07-R (πριν NYA) 25 mm² τουλάχιστον.

1.5. Η αντίσταση γείωσης

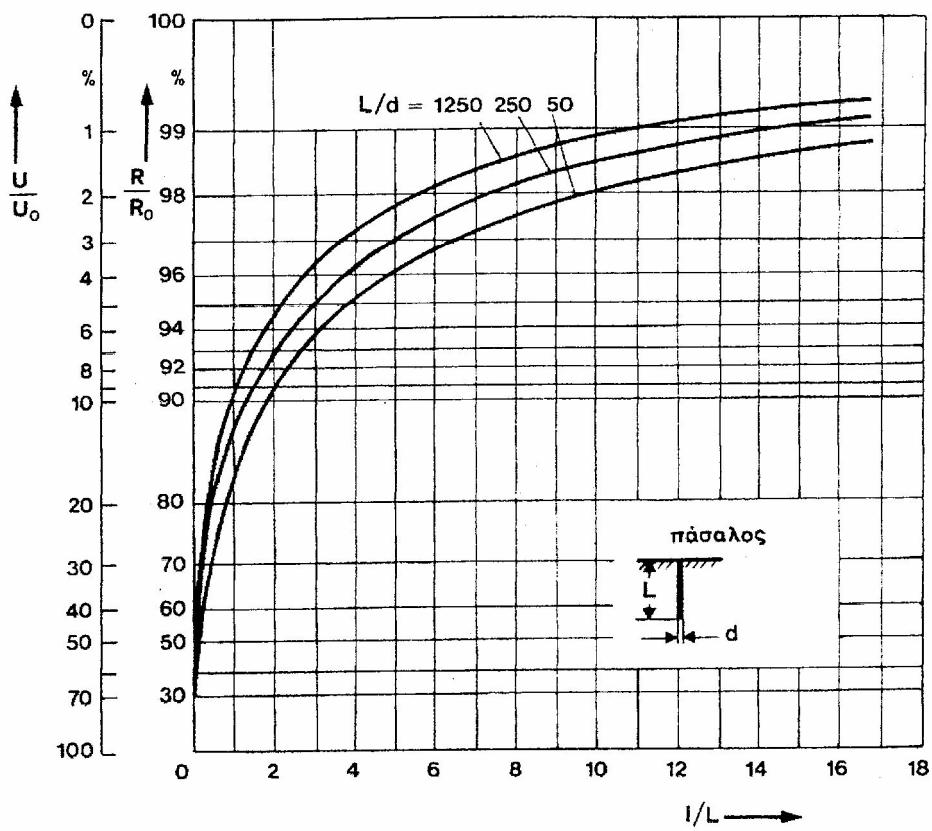
Αντίσταση γείωσης είναι η αντίσταση από το ηλεκτρόδιο γείωσης μέχρι την άπειρη γη, όταν δεν υπάρχουν άλλα ηλεκτρόδια στο έδαφος. Άπειρη γη είναι ένα σημείο στην επιφάνεια σε άπειρη απόσταση από το γειωτή. Λαμβάνεται σαν σημείο αναφοράς των δυναμικών. Λέμε ότι η τάση της άπειρης γης είναι μηδέν. Για πρακτικούς σκοπούς η «άπειρη απόσταση» είναι 5-10 φορές επί την μεγαλύτερη διάσταση του γειωτή. Για γειωτές πασσάλους με 3 m βάθος η απόσταση της άπειρης γης είναι 20 m. Σ' αυτή την απόσταση το δυναμικό αποτελεί το 2% του δυναμικού του πασσάλου.

Αν ένας γειωτής τεθεί υπό τάση U ως προς την άπειρη γη, δημιουργείται ένα πεδίο ροής και δυναμικού γύρω από τον γειωτή. Όσο περισσότερο απομακρυνόμαστε από το γειωτή, τόσο μειώνεται η τάση. Το διάγραμμα τάσης-απόστασης ονομάζεται χοάνη δυναμικού του γειωτή (σχήματα 1.5-1 και 1.5-2). Από τη χοάνη δυναμικού μπορεί κανείς να διαπιστώσει την τάση επαφής και την βηματική τάση. Η τάση επαφής είναι ίση με τη πτώση τάσης σε απόσταση στο έδαφος, μήκους 1 m από το γειωτή. Η βηματική τάση είναι η μέγιστη πτώση τάσης σε μήκος 1 m κατά μήκος του πεδίου ροής του ρεύματος, στη περιοχή του εδάφους που μας ενδιαφέρει.



Σχήμα 1.5-1 : Χοάνη δυναμικού ενός γειωτή.

Η χοάνη δυναμικού δίνει επίσης την περιοχή επίδρασης του γειωτή ή την απόσταση της άπειρης γης. Έστω π.χ., γειωτής με 60 mm διάμετρο και 3 m βάθος. Αν θέσουμε σαν αμελητέα τάση το 5% της τάσης του γειωτή, τότε βλέπουμε από το διάγραμμα 1.5-2 ότι, αυτή η τάση αντιστοιχεί σε απόσταση τετραπλάσια από το βάθος του γειωτή. Επομένως η άπειρη γη είναι : $3 \times 4 = 12$ m μακριά από το γειωτή ή το πεδίο επιρροής του γειωτή είναι κύκλος με ακτίνα 12 m.



Σχήμα 1.5-2 : Χοάνης δυναμικού για πασσαλογειωτές.

l = απόσταση από το πάσσαλο

R_o = αντίσταση γείωσης ($l \rightarrow \infty$),

R = αντίσταση που μετράμε σε απόσταση l από το έδαφος,

U, U_o = τάση σε απόσταση l και $l = 0$ από το έδαφος.

Πρέπει εδώ να σημειωθεί ότι η χοάνη δυναμικού δεν εξαρτάται από την ειδική αντίσταση του εδάφους, εφ' όσον φυσικά το έδαφος είναι ομοιογενές.

Η χοάνη δυναμικού χρησιμοποιείται επίσης για να εκτιμήσουμε το σφάλμα στη μέτρηση της αντίστασης γειωτών. Αν π.χ. μετρηθεί η αντίσταση στο παραπάνω γειωτή από το ηλεκτρόδιο μέχρι και 12 m μακριά, τότε η μετρούμενη αντίσταση είναι το 95% της πραγματικής.

Η αντίσταση γείωσης εξαρτάται από την ειδική αντίσταση του εδάφους. Αυτή επηρεάζεται από τα εξής :

- ✓ *Eίδος του εδάφους.* Ελώδες έδαφος έχει, π.χ. πολύ μικρότερη αντίσταση από ότι ο ξηρός βράχος. Ο πίνακας 1.5-1 παρουσιάζει τις ειδικές αντιστάσεις για διάφορα εδάφη.

Έδαφος	Ελώδες υγρό	Άργιλος πηλός	Υγρή άμμος	Υγρά χαλίκια	Ξηρή άμμος, χαλίκια	Βράχος
$\rho (\Omega \cdot m)$	30-50	100	200	500	1000	3000

Πίνακας 1.5-1 : Ειδικές αντιστάσεις εδαφών, (μέσες ενδεικτικές τιμές)

- ✓ **Υγρασία.** Η αντίσταση μειώνεται αυξανομένης της υγρασίας του εδάφους. Πρέπει εδώ να παρατηρηθεί ότι το έδαφος μπορεί να ξηραίνεται επιφανειακά αλλά σε βάθος κάτω του μισού μέτρου (0,5 m) διατηρείται συνήθως υγρό, σε όλες τις εποχές του έτους. Επομένως σε γειωτές ράβδου πασσαλωμένους λαμβάνεται σαν ενεργό μήκος αυτό που είναι κάτω από 0,5 m. Για τον ίδιο λόγο τοποθετούμε τους γειωτές ταινίας σε βάθη μεγαλύτερα από 0,5 m.
- ✓ **Θερμοκρασία.** Η μεταβολή της αντίστασης του εδάφους με τη θερμοκρασία φθάνει περίπου τα ±30% κατά τη διάρκεια του έτους. Από τον Ιανουάριο έως τον Φεβρουάριο είναι υψηλότερη και από τον Ιούλιο έως τον Αύγουστο χαμηλότερη. Η αντίσταση μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας.
- ✓ **Μορφή της τάσης.** Σε κρουστικές τάσεις και για γειωτές με μήκος μεγαλύτερο από 10 m, έχει παρατηρηθεί άνοδος της αντίστασης κατά τον παράγοντα 7. Σε αρνητικές κρουστικές τάσεις 0,3/30 μs, η αντίσταση θεμελιακού γειωτή ανέρχεται από τα 3 Ω στα 26 Ω. Η άνοδος της αντίστασης γίνεται στο μέτωπο τάσης. Η αντίσταση σε κρουστικές τάσεις χαρακτηρίζεται και σαν **κρουστική αντίσταση**.

Τέλος, έχει μετρηθεί ότι η επίδραση της υγρασίας και της θερμοκρασίας είναι μεγαλύτερη σε μικρά βάθη (0,5-1 m) παρά σε μεγάλα βάθη. Επομένως ο γειωτής ράβδου που είναι σε μεγάλο βάθος σε σύγκριση με ένα επιφανειακό γειωτή παρουσιάζει το πλεονέκτημα της σταθερότητας της αντίστασης κατά τη διάρκεια του έτους. Η ειδική αντίσταση του εδάφους μετριέται με γέφυρα τεσσάρων ηλεκτροδίων, παρόμοια με αυτή που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση των αντιστάσεων γείωσης.

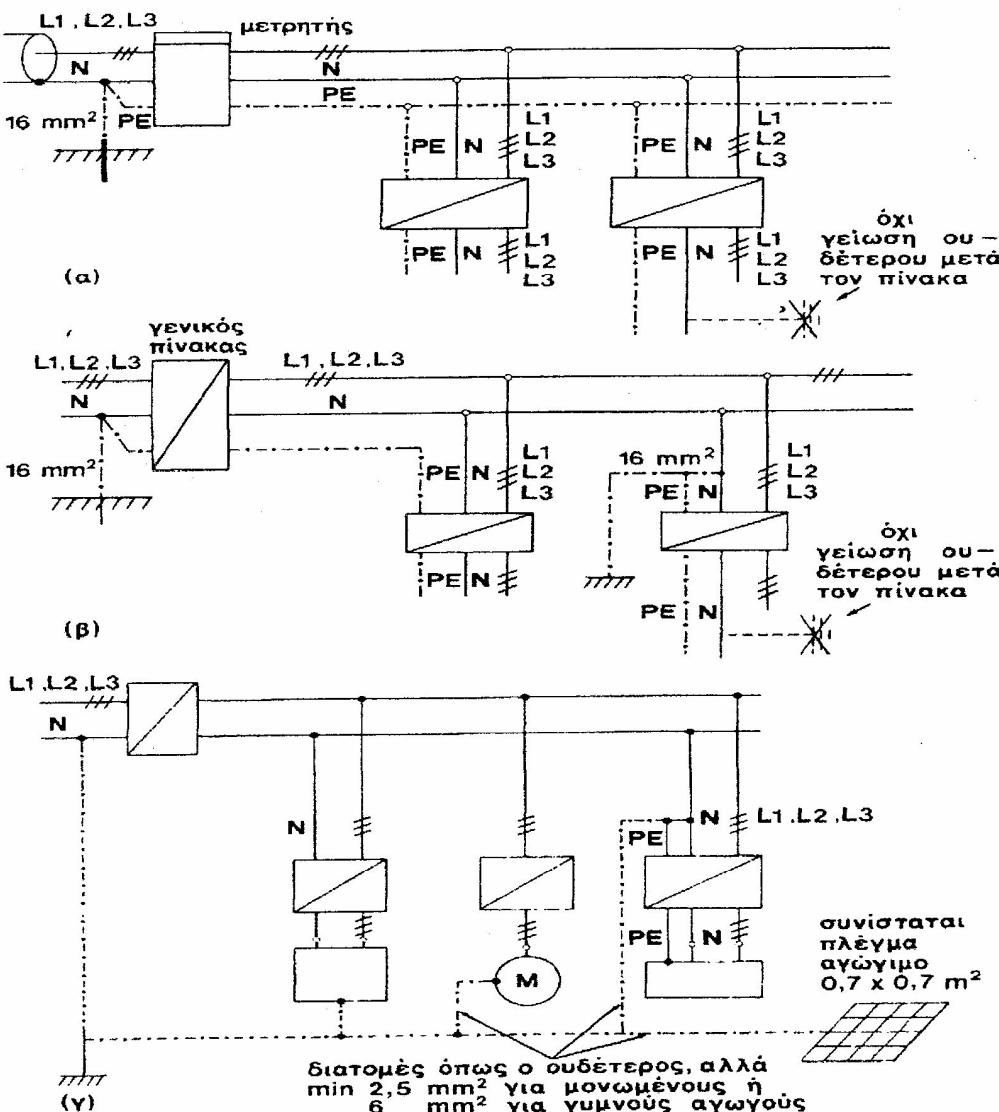
1.6 Ο αγωγός γείωσης προστασίας (PE)

Ο αγωγός γείωσης προστασίας PE (Protecting Earth) είναι κατά κανόνα μονωμένος και έχει κιτρινοπράσινο χρώμα. Η διατομή του, για λόγους απλοποίησης κατά IEC 364-543.1, είναι ίση με τη διατομή του ουδετέρου. Οδεύει παράλληλα με τους άλλους αγωγούς. Σε ειδικές βιομηχανικές εγκαταστάσεις μπορεί να οδεύει ξεχωριστά και να είναι μονωμένος ή όχι. Στην περίπτωση που οδεύει ξεχωριστά, η διατομή του είναι τουλάχιστον $2,5 \text{ mm}^2$ αν είναι μονωμένος ή τουλάχιστον 6 mm^2 αν είναι γυμνός.

Σε εκτεταμένα δίκτυα εσωτερικής διανομής, π.χ. σε βιομηχανίες, ισχύει σύμφωνα με τους KEHE :

- ✓ Η γείωση του ουδετέρου μπορεί να γίνει όχι στο μετρητή αλλά στον γενικό πίνακα ή στους μερικούς πίνακες διανομής.
- ✓ Η πρόσθετη γείωση του ουδέτερου, μετά το πίνακα όπου γειώθηκε, απαγορεύεται.

- ✓ Σε κάθε θέση που ο ουδέτερος συνδέεται με τον αγωγό γείωσης τοποθετείται ιδιαίτερο ηλεκτρόδιο γείωσης, σχήμα 1.6-1α.



Σχήμα 1.6-1 : Τρόποι οδήγησης του αγωγού προστασίας σε εκτεταμένα δίκτυα καταναλωτών.

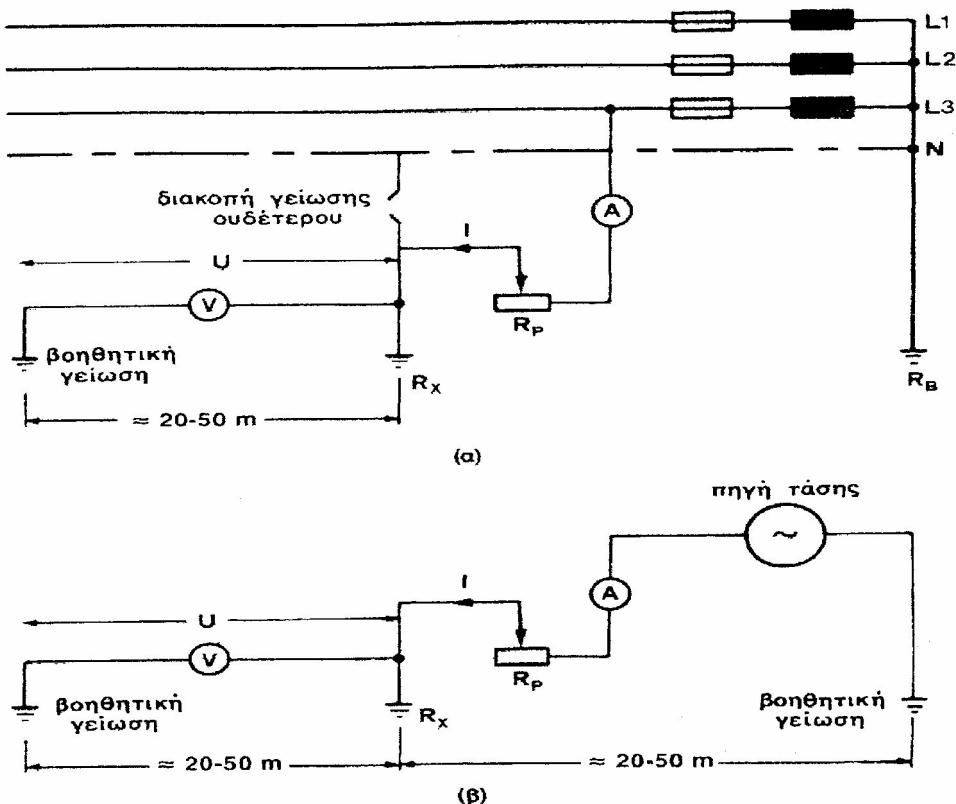
- α) Η γείωση του ουδέτερου γίνεται στη παροχέτευση στον μετρητή
- β) Η γείωση του ουδέτερου γίνεται στο κεντρικό πίνακα και σε ένα ενδιάμεσο πίνακα διανομής με ιδιαίτερο ηλεκτρόδιο.
- γ) Ο αγωγός προστασίας μπορεί να οδηγηθεί και ξεχωριστά από τους αγωγούς των φάσεων.
Η πρόσθετη γείωση του ουδέτερου, μετά το πίνακα όπου γειώθηκε, απαγορεύεται από τους κανονισμούς.

1.7. Μέτρηση της αντίστασης γείωσης

Η μέτρηση πραγματοποιείται συνήθως με βολτόμετρο και αμπερόμετρο, με γέφυρα που ονομάζεται γείωσόμετρο και με ωμόμετρο.

1.7.1 Μέτρηση της αντίστασης γείωσης με βολτόμετρο και αμπερόμετρο

Εδώ διοχετεύουμε εναλλασσόμενο ρεύμα στη γη μέσω του άγνωστου γειωτή και μετράμε την πτώση τάσης στο γειωτή (σχήμα 1.7.1-1)



Σχήμα 1.7.1-1: Μέτρηση της αντίστασης γείωσης με τη μέθοδο τάση-έντασης.

- α) Η τάση προέρχεται από δίκτυο
- β) Η τάση προέρχεται από ιδιαίτερη πηγή.

Μία φάση του γειωμένου δικτύου ενώνεται μέσω μιας ρυθμιζόμενης αντίστασης 20...1000 Ω με τον γειωτή. Η ένταση του ρεύματος ρυθμίζεται με την αντίσταση. Η τάση του γειωτή ως προς την άπειρη γη μετριέται με ένα βολτόμετρο. Χρειαζόμαστε γι' αυτό ένα βοηθητικό ηλεκτρόδιο με δυναμικό την «άπειρη γη». Αυτό είναι ένας γειωτής ράβδου, π.χ. ένας σωλήνας της μιας ίντσας, καρφωμένος στο έδαφος σε 0,5 m βάθος περίπου και σε απόσταση 20-50 m μακριά από το γειωτή. Για να γίνει η μέτρηση της τάσης με ικανοποιητική ακρίβεια (περίπου 1%-2%) πρέπει η αντίσταση του βολτόμετρου να είναι τουλάχιστον 50-100 φορές μεγαλύτερη από την αντίσταση

του βοηθητικού γειωτή, που είναι περίπου 500-1000 Ω. Η τάση του γειωτή πρέπει να είναι κάτω των 50 V, για λόγους προστασίας.

Προσοχή : Το ρεύμα γης ανυψώνει το δυναμικό του ουδέτερου και ενδεχομένως του αγωγού προστασίας της εγκατάστασης ως προς την άπειρη γη. Πρέπει να διακοπεί κατά τη μέτρηση η σύνδεση του αγωγού προστασίας με τον ουδέτερο. Αντί του δικτύου μπορεί να χρησιμοποιηθεί και μια οποιαδήποτε άλλη βοηθητική πηγή. Αυτή πρέπει όμως να είναι γειωμένη στο ένα άκρο (σχήμα 1.7.1-1β).

Η άγνωστη αντίσταση γείωσης είναι και στις δύο περιπτώσεις :

$$R = \frac{V}{I}$$

1.7.2. Μέτρηση της αντίστασης με γέφυρα

Η προηγούμενη μέτρηση παρουσιάζει μια ανακρίβεια, συνήθως λόγω ρευμάτων 50 Hz ή και συνεχών ρευμάτων που κυκλοφορούν στη γη. Επίσης έχουμε την εξάρτηση από τη τάση του δικτύου.

Το σχήμα 1.7.2-1 δείχνει ένα κύκλωμα μέτρησης που δεν παρουσιάζει τα πιο πάνω μειονεκτήματα. Χρησιμοποιείται μία πηγή τάσης 100-500 V και συχνότητας 70-140 Hz. Αυτή γειώνεται μέσω ενός βοηθητικού πασσάλου σε βάθος 0,5 m. Το άλλο άκρο της πηγής οδηγείται στο γειωτή με την άγνωστη αντίσταση. Ένας μετασχηματιστής ρεύματος με λόγο π.χ. 1:n χρησιμεύει για να τροφοδοτήσει μία γέφυρα.

Το όργανο μηδενισμού συνδέεται με βοηθητικό ηλεκτρόδιο γείωσης. Μηδενίζοντας το ρεύμα του οργάνου έχουμε :

$$U_x = U_o,$$

$$R_x I_x = R_o I_o$$

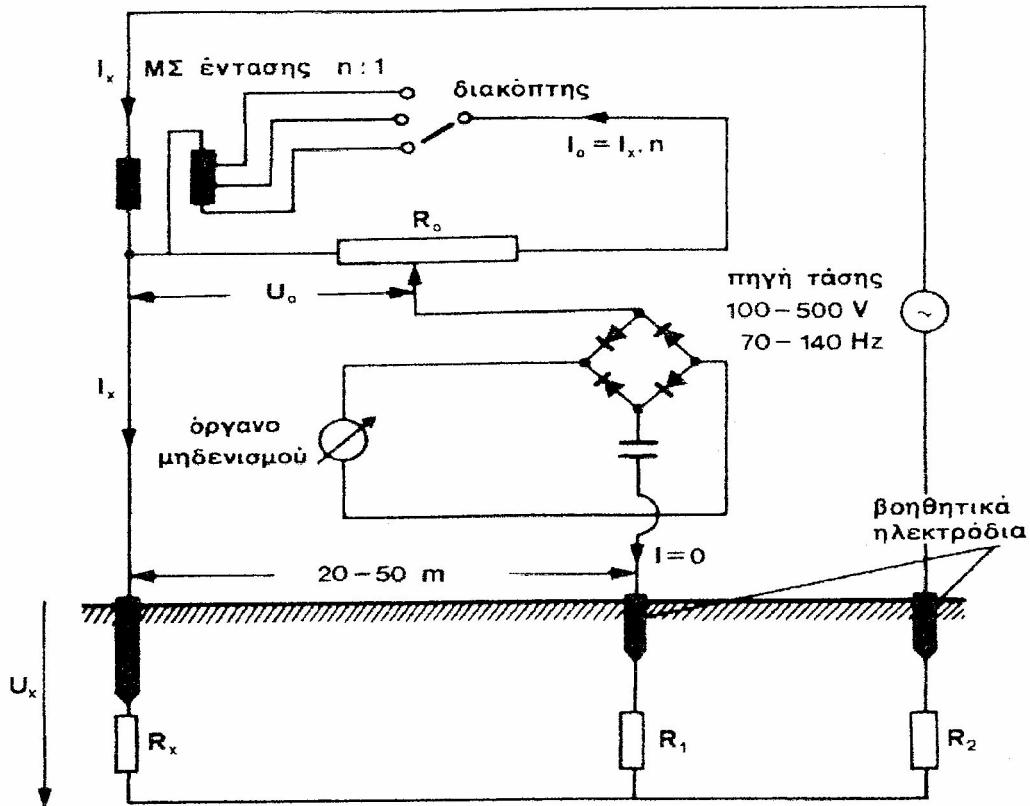
Και επειδή

$$I_o = n I_x$$

Έχουμε :

$$R_x = n R_o.$$

Το όργανο μηδενισμού έχει πυκνωτή για την αποφυγή της επίδρασης της συνεχούς συνιστώσας. Το ρεύμα που περνά από την αντίσταση είναι τάξης μεγέθους 10 mA.



Σχήμα 1.7.2-1: Μέτρηση της αντίστασης γείωσης με γέφυρα

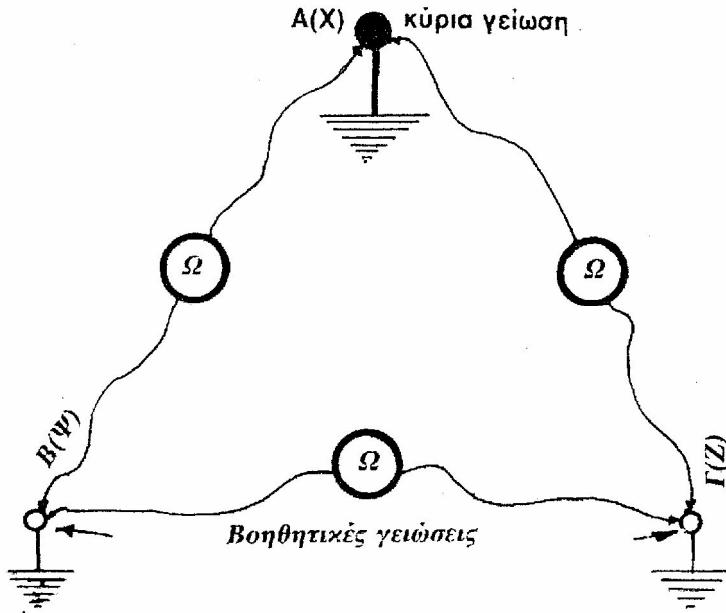
1.7.3 Μέτρηση της αντίστασης με ωμόμετρο

Κατά τη μέθοδο αυτή, χρησιμοποιούμε δύο βοηθητικά ηλεκτρόδια γείωσης τα οποία καρφώνουμε στο έδαφος σε διάταξη τριγώνου ή σε ευθεία γραμμή με τη γείωση που θέλουμε να μετρήσουμε, σε απόσταση 20 m τόσο από την κύρια γείωση όσο και μεταξύ τους.

Αν με απλό ωμόμετρο μετρήσουμε τις αντιστάσεις μεταξύ των ηλεκτροδίων ανά δύο και ονομάσουμε R_1 και R_2 τις αντιστάσεις που παρουσιάζονται ανάμεσα στην κύρια γείωση και τα δύο βοηθητικά ηλεκτρόδια, και R_3 την αντίσταση μεταξύ των βοηθητικών ηλεκτροδίων, θα ισχύει η σχέση :

$$R_\gamma = \frac{R_1 + R_2 - R_3}{2} \quad (1.7.3-1)$$

Το ωμόμετρο σε κάθε μέτρηση θα συνδέεται δύο φορές με αντιστροφή των ακροδεκτών του. Επομένως για κάθε ζευγάρι ηλεκτροδίων θα παίρνουμε διπλή μέτρηση. Ας υποθέσουμε ότι θέλουμε να μετρήσουμε της αντίσταση της γείωσης A, όπως φαίνεται στο σχήμα 1.7.3-1 .



Σχήμα 1.7.3-1: Μέτρηση της αντίστασης γείωσης με ωμόμετρο.

Κατασκευάζουμε άλλες δύο βοηθητικές γειώσεις B και Γ σε διάταξη τριγώνου ή σε ευθεία γραμμή, ανάλογα με το πώς μας προσφέρεται το έδαφος.

Αυθαίρετα ονομάζουμε X την αντίσταση της κύριας γείωσης A , Ψ την αντίσταση της βοηθητικής B και Z την αντίσταση της βοηθητικής γείωσης Γ .

Αν συνδέσουμε το ωμόμετρό μας στις γειώσεις A και B θα έχουμε μια ένδειξη R_1 , η οποία αντιπροσωπεύει το άθροισμα των αντιστάσεων X και Ψ . Δηλαδή

$$R_1 = X + \Psi .$$

Στη συνέχεια, συνδέουμε το ωμόμετρο στις γειώσεις A και Γ και έχουμε μια ένδειξη R_2 που αντιπροσωπεύει τις αντιστάσεις X και Z . Δηλαδή

$$R_2 = X + Z .$$

Τέλος συνδέουμε το ωμόμετρο στις βοηθητικές γειώσεις B και Γ και έχουμε μια ένδειξη $R_3 = \Psi + Z$.

Έτσι προκύπτει ένα σύστημα τριών εξισώσεων με τρεις αγνώστους :

$$R_1 = X + \Psi$$

$$R_2 = X + Z$$

$$R_3 = \Psi + Z$$

Οι δύο πρώτες εξισώσεις έχουν την αντίσταση X που μας ενδιαφέρει, η δε τρίτη μας είναι αδιάφορη, αφού αντιπροσωπεύει το άθροισμα των αντιστάσεων των δύο βοηθητικών γειώσεων.

Αν προσθέσουμε τις δύο πρώτες εξισώσεις και αφαιρέσουμε τη τρίτη, θα έχουμε :

$$2X + \Psi + Z - \Psi - Z = R_1 + R_2 - R_3 \quad \text{ή} \quad 2X = R_1 + R_2 - R_3$$

από την οποία προκύπτει η σχέση :

$$X = \frac{R_1 + R_2 + R_3}{2}$$

To X αντιπροσωπεύει την αντίσταση R_g που θέλουμε να μετρήσουμε.

1.8. Πρακτικές μέθοδοι ελέγχου της γείωσης

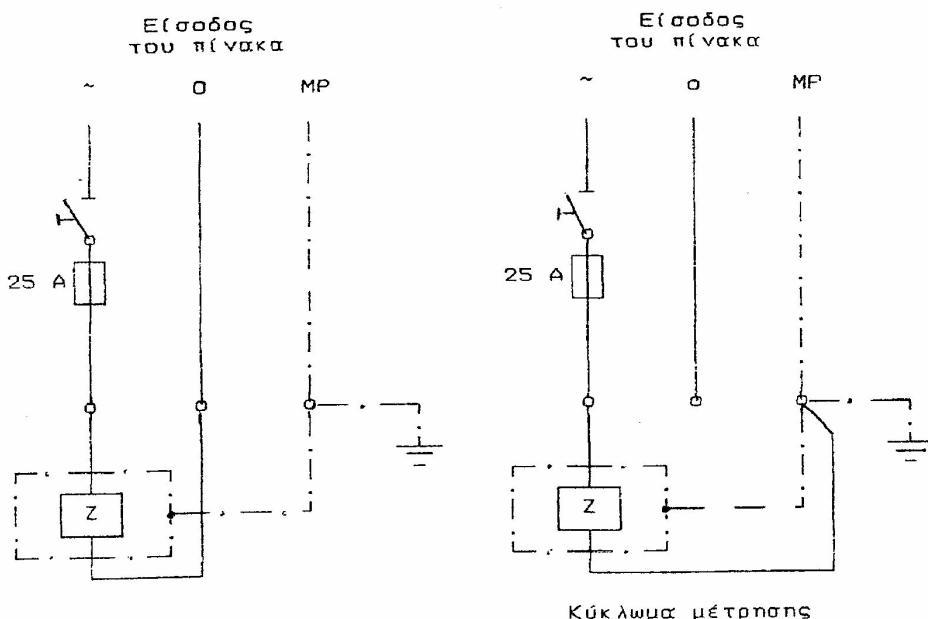
Η μέτρηση της αντίστασης γείωσης γίνεται με τις μεθόδους που προαναφέραμε. Στη πράξη, εφαρμόζονται δυο πρακτικές μέθοδοι :

- α) μέθοδος του βολτομέτρου (ή του λαμπτήρα) και
- β) η μέθοδος του ουδετέρου (σχήμα 1.8-1)

Οι πρακτικές αυτές μετρήσεις, που δε μπορούν βέβαια να υποκαταστήσουν τις μετρήσεις της αντίστασης γείωσης, είναι ουσιαστικά ένα κριτήριο ύπαρξης της γείωσης.

Η μέθοδος του βολτομέτρου (ή του λαμπτήρα) γίνεται σε ένα ρευματοδότη της εγκατάστασης. Η μέτρηση βασίζεται στην προϋπόθεση ότι ο ουδέτερος και η γείωση του δικτύου συνδέονται μεταξύ τους. Έτσι, η τάση μεταξύ φάσης και ουδέτερου σε ένα ρευματοδότη έχει την ίδια τιμή με εκείνη μεταξύ φάσης και γείωσης, ενώ η τάση μεταξύ ουδέτερου και γης έχει μηδενική τιμή. Η μέτρηση γίνεται με ένα βολτόμετρο. Όταν αντί του βολτομέτρου χρησιμοποιείται ένας λαμπτήρας των 220 V, η φωτεινότητα του λαμπτήρα πρέπει να είναι η ίδια κατά τη σύνδεσή του μεταξύ φάσης και γης, ως προς εκείνη μεταξύ φάσης και ουδετέρου.

Η μέθοδος του ουδετέρου πραγματοποιείται στο πίνακα. Βασίζεται στον έλεγχο της εγκατάστασης, όταν αφαιρεθεί ο αγωγός ουδετέρου από τον ακροδέκτη του στο πίνακα και συνδεθεί στον ακροδέκτη του αγωγού γείωσης. Πρόκειται ουσιαστικά για μια ένδειξη ύπαρξης της γείωσης. Στο σχήμα 1.8-1 δίνεται απλοποιημένα η διαδικασία που ακολουθείται σε έναν πίνακα, του οποίου η γενική ασφάλεια είναι 25A. Όπως φαίνεται στο σχήμα, αφαιρείται ο ουδέτερος αγωγός όλης της εγκατάστασης από το σημείο σύνδεσής του στο πίνακα και συνδέεται στον ακροδέκτη του αγωγού γείωσης του πίνακα. Στη συνέχεια κλείνουμε το διακόπτη. Αν το κύκλωμα λειτουργήσει τότε σημαίνει ότι υπάρχει γείωση.



Σχήμα 1.8-1: Πρακτική μέθοδος ελέγχου της γείωσης.
Z : φορτία της αναχώρησης.

1.9. Διάβρωση στους γειωτές.

Η διάβρωση που μπορεί να υποστεί ένα ηλεκτρόδιο στη γη είναι δύο ειδών : ιδιοδιάβρωση και διάβρωση επαφής ή ηλεκτροχημική διάβρωση επαφής.

Ιδιοδιάβρωση έχουμε όταν ένα μέταλλο βρίσκεται μόνο του στο έδαφος. Το περιβάλλον μπορεί να αντιδράσει με το υλικό και να προκαλέσει βαθμιαία χημική διάβρωση, π.χ. οξείδωση, που εξαρτάται από τον αερισμό του χώματος, την υγρασία του και το βαθμό PH. Είναι διαπιστωμένο ότι ηλεκτρόδια από γαλβανισμένο χάλυβα, καλυμμένα με σκυρόδεμα, δε διαβρώνονται.

Διάβρωση επαφής έχουμε όταν δύο μέταλλα είναι ενταφιασμένα και ενωμένα μεταξύ τους. Κάθε μέταλλο αναπτύσσει ένα ηλεκτροχημικό δυναμικό, μία τάση V, μεταξύ αυτού και της άπειρης γης. Το δυναμικό αυτό εξαρτάται από το μέταλλο και το περιβάλλον έδαφος. Αν τώρα ενωθούν δύο μέταλλα και υπάρχει διαφορά στην ηλεκτροχημική τους τάση, τότε ρέει ένα ρεύμα ίοντων μετάλλου του γειωτή μέσα από το έδαφος, από το αρνητικό στο θετικό ηλεκτρόδιο. Στη γραμμή σύνδεσης, το ρεύμα είναι από το θετικό στον αρνητικό πόλο (σχήμα 1.9-1)

Έτσι αφαιρείται μέταλλο από τον ηλεκτροαρνητικό γειωτή.

Το ρεύμα που ρέει, εξαρτάται από τη διαφορά δυναμικού ΔU και τη συνισταμένη αντίσταση R της εξωτερικής σύνδεσης και των αντιστάσεων των γειωτών, $I = \Delta U / R$.

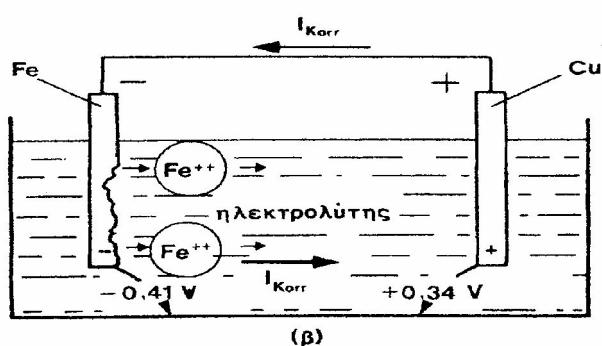
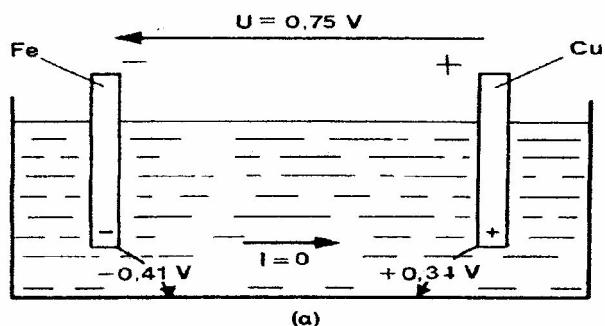
Συνεπώς, ηλεκτροχημική διάβρωση επαφής έχουμε στις περιπτώσεις :

- ✓ όταν υπάρχει βραχυκύκλωμα μεταξύ δυο γειωτών και όταν έχουμε
- ✓ ίδια μέταλλα σε διαφορετικό περιβάλλον, π.χ. σίδηρος σε σκυρόδεμα και έδαφος ή
- ✓ διαφορετικά μέταλλα, π.χ. χαλκός και σίδηρος,
- ✓ διάβρωση υφίσταται το πιο ηλεκτροαρνητικό μέταλλο.

Πρέπει να σημειωθεί ότι ακόμα κι αν δεν υπάρχει απευθείας σύνδεση των μετάλλων με αγωγό, υπάρχει μια ασθενής σύνδεση μεταξύ των μετάλλων μέσω του εδάφους. Έτσι σχεδόν πάντα υπάρχει καταστροφή του πιο αδύνατου μετάλλου, η οποία ενισχύεται αν τα δύο μέταλλα είναι συνδεδεμένα μεταξύ τους.

Προτείνονται σαν υλικά ηλεκτροδίων για θεμελιακές γειώσεις ο χαλκός και ο γαλβανισμένος χάλυβας. Όταν τα ηλεκτρόδια είναι μέσα στο χώμα, τότε χαλκός ή ηλεκτρόδια από χάλυβα με 1 mm επιχάλωση ή ανοξείδωτος χάλυβας τύπου V4A, έχουν αποδειχθεί πολύ αποτελεσματικά.

Συμπέρασμα : πρέπει να αποφεύγεται ο παραλληλισμός ηλεκτροδίων γείωσης από διαφορετικά υλικά ή ίδιων ηλεκτροδίων που είναι μέσα σε διαφορετικό περιβάλλον. Γειώσεις αλεξικέραυνων απομονώνονται από το υπόλοιπο δίκτυο με σπινθηριστές τάσης 1,5 – 2 kV.



Σχήμα 1.9-1: Ηλεκτροχημική διάβρωση.

- α)** Αν δεν υπάρχει σύνδεση σιδήρου – χαλκού, τότε δεν έχουμε διάβρωση λόγω του ρεύματος
- β)** Αν υπάρχει σύνδεση, έχουμε ρεύμα και διαβρώνεται το περισσότερο ηλεκτροαρνητικό στοιχείο.

2. Η διάταξη και η διαδικασία των μετρήσεων.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται η διάταξη και η διαδικασία η οποία ακολουθήθηκε στις πειραματικές μετρήσεις για τον προσδιορισμό της αντίστασης R_E ενός ηλεκτροδίου γείωσης X, καθώς και της αντίστασης του εδάφους όπου αυτό τοποθετείται. Η διαδικασία αυτή εφαρμόζεται και στην περίπτωση που το προς μέτρηση αντικείμενο είναι οποιοδήποτε σύστημα γείωσης που υιοθετείται όπως μια συστοιχία ηλεκτροδίων γείωσης ή η χαλύβδινη ταινία που αποτελεί το κορμό μιας θεμελιακής γείωσης.

Η αντίσταση του χώματος ρε αφορά τη συγκεκριμένη ηλεκτρική αντίσταση του εδάφους όπου εφαρμόζεται το σύστημα γείωσης μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης.

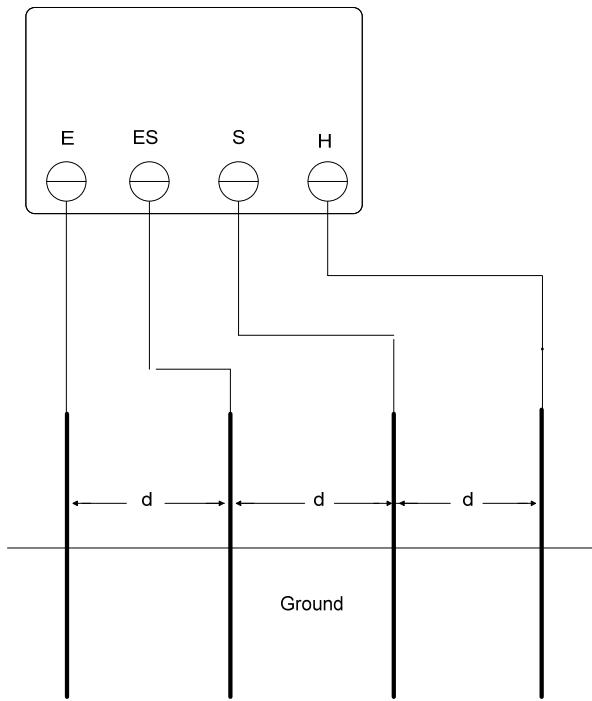
Ορίζεται ως $\frac{\Omega m^2}{m} = \Omega m$ και ισούται με την αντίσταση ενός κυβικού μέτρου χώματος.

Το μετρητικό όργανο που χρησιμοποιείται για τη διεξαγωγή των μετρήσεων αυτών είναι ένας μετρητής γείωσης και συγκεκριμένα το όργανο GEOHM® C-GB το οποίο περιγράφεται και αναλύεται πλήρως στο παράρτημα που ακολουθεί. Τα παρελκόμενα που χρησιμοποιούνται είναι :

- Τα ηλεκτρόδια γείωσης μήκους 30 cm που φέρουν σπείρες στην αιχμή τους για εύκολη είσοδο στο έδαφος.
- Για τη σύνδεση του οργάνου με τα ηλεκτρόδια χρησιμοποιήθηκαν καρούλια λεπτού μαλακού καλωδίου 1,5 mm² μήκους 50 m, τα οποία φέρουν τις απαραίτητες υποδοχές για τις ηλεκτρικές συνδέσεις με το όργανο και τα ηλεκτρόδια.

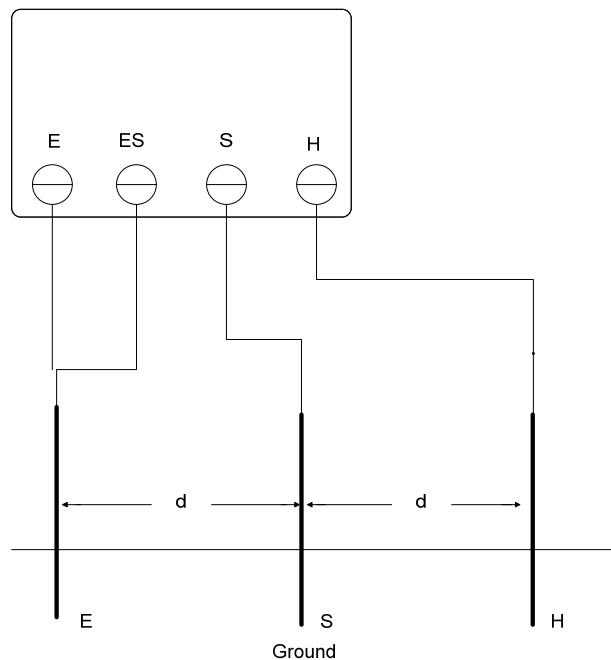
2.1. Η διάταξη των μετρήσεων.

Για τη πραγματοποίηση των μετρήσεων της αντίστασης εδάφους ρε χρησιμοποιείται η διάταξη που απεικονίζεται στο σχήμα 2.1-1.



Σχήμα 2.1-1: Η διάταξη του οργάνου και των ηλεκτροδίων για την μέτρηση της αντίστασης του εδάφους ρ_E .

Αντίστοιχα για τη πραγματοποίηση των μετρήσεων της αντίστασης γείωσης R_E χρησιμοποιείται η παρακάτω διάταξη (τετραπολική λειτουργία).



Σχήμα 2.1-2: Η διάταξη του οργάνου και των ηλεκτροδίων για την μέτρηση της αντίστασης γείωσης R_E .

2.2 Η διαδικασία των μετρήσεων.

Η διαδικασία των μετρήσεων συνίσταται αρχικά από τη μέτρηση της αντίστασης εδάφους p_E . Στη συνέχεια γίνεται μέτρηση της αντίστασης γείωσης R_E .

2.2.1 Η διαδικασία μέτρησης της αντίστασης εδάφους p_E

Χρησιμοποιώντας τη διάταξη του σχήματος 2.1-1 και για απόσταση μεταξύ διαδοχικών ηλεκτροδίων $d = 10$ m πραγματοποιούνται 5 διαδοχικές μετρήσεις της αντίστασης p_E εκ των οποίων ως αντίσταση εδάφους λαμβάνεται η μέση τιμή αυτών.

2.2.2 Η διαδικασία μέτρησης της αντίστασης γείωσης R_E

Χρησιμοποιώντας τη διάταξη του σχήματος 2.1-2 γίνεται μέτρηση της αντίστασης του ηλεκτροδίου γείωσης R_E σε τετραπολική λειτουργία του οργάνου με βάση τα ακόλουθα βήματα:

Βήμα 1^ο: Αρχικά τοποθετείται το προς μέτρηση ηλεκτρόδιο E (ηλεκτρόδιο γείωσης) και το βοηθητικό ηλεκτρόδιο H σε απόσταση $d = 40$ m μεταξύ τους, ενώ το βύσμα S (βοηθητικό ηλεκτρόδιο S) τοποθετείται στο κέντρο της απόστασης μεταξύ των παραπάνω εκατέρωθεν ηλεκτροδίων. Στη συνέχεια λαμβάνονται 5 διαδοχικές μετρήσεις της αντίστασης γείωσης R_E εκ των οποίων λαμβάνεται ο μέσος όρος.

Βήμα 2^ο: Διατηρώντας σταθερή την απόσταση ($d = 40$ m) μεταξύ του προς μέτρηση ηλεκτροδίου γείωσης E και του βοηθητικού ηλεκτροδίου H, μετακινούμε το βύσμα S εκατέρωθεν της θέσης που είχε στο βήμα 1 και πάνω στην ευθεία που βρίσκονται τα παραπάνω ηλεκτρόδια. Σε κάθε νέα θέση του βύσματος S λαμβάνονται 5 μετρήσεις διαδοχικές εκ των οποίων λαμβάνεται ο μέσος όρος.

Τα αποτελέσματα στη νέα θέση συγκρίνονται κάθε φορά με τα αποτελέσματα των μετρήσεων του βήματος 1. Εάν δεν υπάρχει σημαντική απόκλιση μεταξύ τους, τότε θεωρείται πως η αρχική θέση του ηλεκτροδίου S (βύσμα S) βρίσκεται στο πεδίο αναφοράς της γείωσης και εκτός της ηλεκτρομαγνητικής αλληλεπίδρασης των εκατέρωθεν ηλεκτροδίων. Στο σημείο αυτό σταματά η διαδικασία.

Όλες οι παραπάνω μετρήσεις για το προσδιορισμό της αντίστασης R_E του ηλεκτροδίου γείωσης λαμβάνονται με ρύθμιση του οργάνου στη 4-πολική λειτουργία όπως ακριβώς περιγράφεται από το εγχειρίδιο στο παράρτημα.

Επεξηγώντας την αναγκαιότητα του 2^ο βήματος, πρέπει να ειπωθεί ότι για την επίτευξη της μέγιστης ακρίβειας στη μέτρηση της αντίστασης R_E της γείωσης θα πρέπει καταρχήν το βοηθητικό ηλεκτρόδιο να τοποθετηθεί όσο το δυνατόν πιο μακριά από το προς μέτρηση ηλεκτρόδιο γείωσης (ή σύστημα γείωσης). Με αυτόν τον τρόπο το βύσμα S θα βρίσκεται εκτός των περιοχών επιρροής τόσο του βοηθητικού όσο και του κύριου ηλεκτροδίου γείωσης. Ο καλύτερος τρόπος για να εκτιμηθεί αν το βύσμα S βρίσκεται εκτός των περιοχών αυτών είναι η μετακίνησή του σε διάφορες θέσεις κοντά στο κέντρο της απόστασης μεταξύ του κύριου και του βοηθητικού ηλεκτροδίου γείωσης και η μέτρηση κάθε φορά της αντίστασης της γείωσης. Εάν οι μετρήσεις που λαμβάνονται κάθε φορά δε διαφέρουν ιδιαίτερα

μεταξύ τους μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι έγκυρες καθώς το βύσμα S είναι εκτός επιρροής των εκατέρωθεν ηλεκτροδίων.

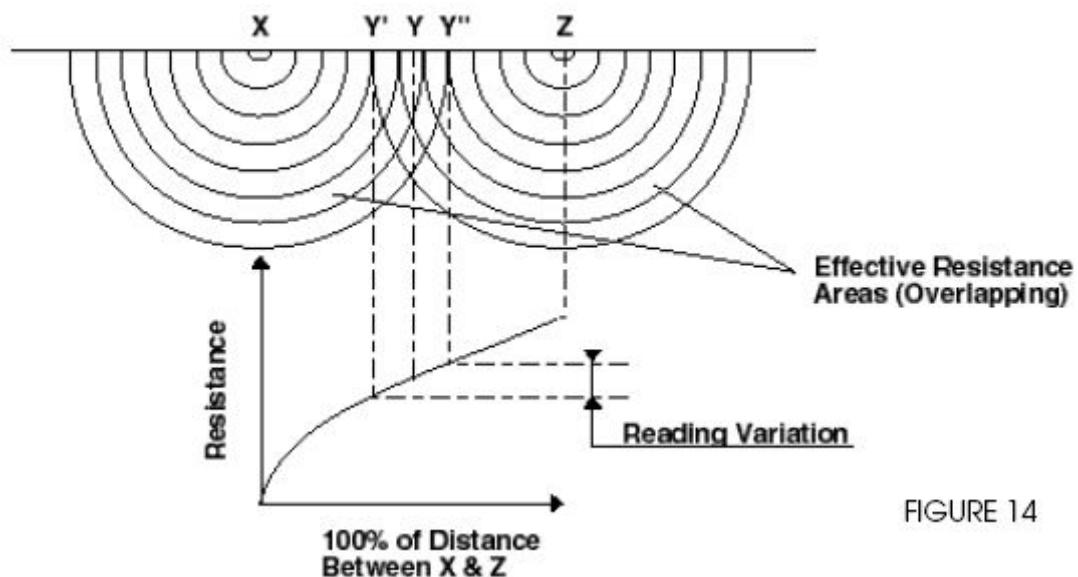


FIGURE 14

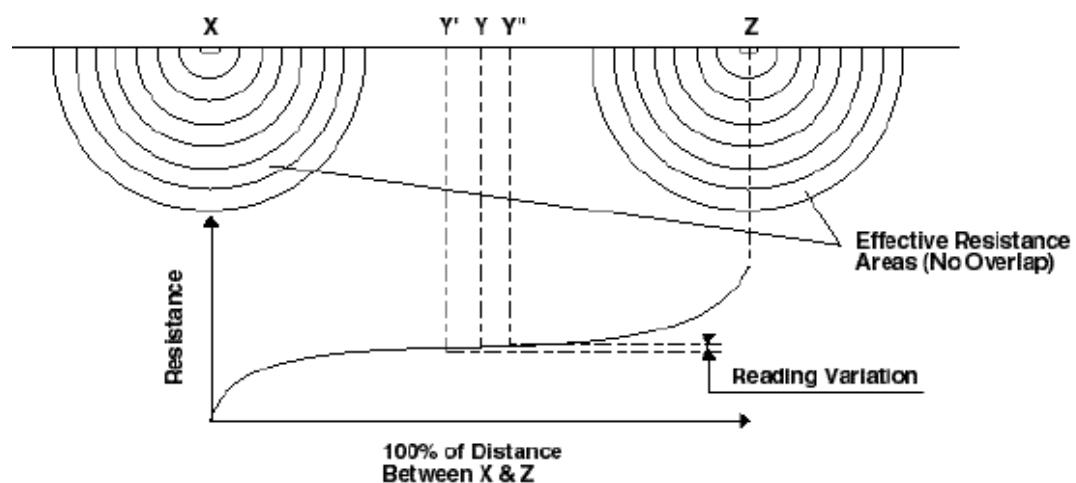


FIGURE 15

Σχήμα 2.2.2-1 Όταν το βύσμα S τοποθετείται σε σημεία εκτός των πεδίων επιρροής των δύο εκατέρωθεν ηλεκτροδίων, οι μετρούμενες τιμές της αντίστασης R_E παρουσιάζουν μεγαλύτερες αποκλίσεις. Αντίθετα, αν τα σημεία στα οποία τοποθετείται το βύσμα S βρίσκονται εκτός των περιοχών επιρροής οι τιμές της R_E που λαμβάνονται αποκλίνουν ελάχιστα, οπότε και θεωρούνται περισσότερο ακριβείς.

2.3 Η διαδικασία μέτρησης της αντίστασης γείωσης R_E σε εγκατεστημένες γειώσεις.

Οι μετρήσεις που παρουσιάζονται εδώ πραγματοποιήθηκαν στη περιοχή της Χαλκίδας και αφορούν τις υπάρχουσες γειώσεις δυο ηλεκτρικών εγκαταστάσεων χαμηλής τάσης.

Η πρώτη περίπτωση είναι μια νεοαναγειρόμενη οικοδομή. Η δεύτερη περίπτωση είναι μια γειτονική προς τη πρώτη κατοικία της οποίας η ηλεκτρολογική εγκατάσταση πραγματοποιήθηκε πριν 18 χρόνια.

Πιο συγκεκριμένα, η νεοαναγειρόμενη οικοδομή έχει πάρει τριφασικό εργοταξιακό ρεύμα το οποίο είναι μια προσωρινή λύση μέχρι το πέρας των κατασκευαστικών εργασιών και των απαραίτητων γραφειοκρατικών διαδικασιών για την κανονική ρευματοδότηση του κτιρίου. Ο εργοταξιακός πίνακας που τροφοδοτείται από το τριφασικό εργοταξιακό ρεύμα βρίσκεται δίπλα από το μετρητή της ΔΕΗ και αποτελείται από:

- 1 τριφασικό διακόπτη των 40 A
- 1 τριφασικό ρελέ διαφυγής των 40 A
- 3 αυτόματες ασφάλειες των 35 A
- 3 αυτόματες ασφάλειες των 16 A που τροφοδοτούν 3 σούκο πρίζες
- Μια τριφασική ενδεικτική λυχνία
- Την μπάρα των ουδετέρων
- Την μπάρα των γειώσεων



Εικόνα 2.3-1: Εργοταξιακός πίνακας που τροφοδοτείται από το τριφασικό εργοταξιακό ρεύμα

Η γείωση του παραπάνω συστήματος αποτελείται βασικά από 3 χάλκινες ράβδους διαμέτρου 18 mm και μήκους 1,5 m που φέρουν σπείρωμα στο πάνω μέρος και μιντερό κάτω μέρος. Οι ράβδοι έχουν τοποθετηθεί κατακόρυφα στο έδαφος στις κορυφές ισόπλευρου τριγώνου με πλευρά $a = 1,5$ m, τουλάχιστον ίση με το βάθος διείσδυσης του ηλεκτροδίου γείωσης, όπως προβλέπεται από τους κανονισμούς NFPA και IEEE.



Εικόνα 2.3-2: Ηλεκτρόδιο γείωσης

Το πάνω μέρος των ηλεκτροδίων γείωσης φέρει ειδικό σφιγκτήρα ο οποίος χρησιμοποιείται για την αγώγιμη σύνδεση κάθε ηλεκτροδίου με καλώδιο χαλκού εμβαδού διατομής 16 mm^2 . Το καλώδιο αυτό συνδέει αγώγιμα τα 3 ηλεκτρόδια μεταξύ τους σε ένα τριγωνικό πλέγμα και καταλήγει εντός του κιβωτίου του μετρητή της ΔΕΗ. Εκεί συνδέεται στο κόμβο των γειώσεων του μετρητή, εξέρχεται και εισέρχεται τελικά στη μπάρα των γειώσεων του εργοταξιακού πίνακα όπου συνδέονται όλες οι γειώσεις των ρευματοδοτών.

Προχωρώντας στον προσδιορισμό της αντίστασης R_E του παραπάνω συστήματος γείωσης αφαιρείται καταρχήν το μπροστινό κάλυμμα του εργοταξιακού πίνακα ώστε να αποκτηθεί πρόσβαση στο εσωτερικό του και στη μπάρα των γειώσεων που βρίσκεται στο επάνω αριστερό μέρος. Στη συνέχεια βιδώνεται το ειδικό βύσμα στη μπάρα των γειώσεων και συνδέεται η άλλη άκρη του καλωδίου στην υποδοχή “E” του γειωσόμετρου. Επειδή η μέτρηση πραγματοποιείται σε 4-πολική λειτουργία του οργάνου (ακριβέστερη της 3-πολικής) συνδέεται άλλο ένα βύσμα από την μπάρα των γειώσεων στην υποδοχή “ES” του οργάνου.

Συνεχίζουμε επιλέγοντας ένα από τα βιοηθητικά ηλεκτρόδια που έχουμε στη διάθεσή μας και το τοποθετούμε σε απόσταση 40 m από το κέντρο του τριγωνικού συστήματος γείωσης και σε βάθος 30 cm. Απλώνουμε το ειδικό συνδετικό καλώδιο που διαθέτουμε γι’ αυτό το σκοπό και συνδέουμε το βιοηθητικό ηλεκτρόδιο H στην υποδοχή H του οργάνου. Τέλος χρησιμοποιούμε άλλο ένα ηλεκτρόδιο (παρόμοιο με το βιοηθητικό H) σαν βύσμα S, το οποίο μπήγεται στο έδαφος σε διάφορα σημεία πάνω στην ευθεία που συνδέει το κέντρο του τριγώνου γείωσης με το βιοηθητικό ηλεκτρόδιο H. Σε κάθε περίπτωση το βύσμα S είναι συνδεδεμένο στην υποδοχή “S” του οργάνου ενώ σε κάθε σημείο που τοποθετείται λαμβάνονται 5 μετρήσεις της R_E σε τετραπολική λειτουργία του οργάνου.



Εικόνα 2.3-3: Σύνδεση του οργάνου με τον κόμβο των γειώσεων για την τετραπολική μέτρηση του συστήματος γείωσης.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, για την επίτευξη της μέγιστης ακρίβειας στην μέτρηση της αντίστασης γείωσης R_E θα πρέπει το βύσμα S να βρίσκεται εκτός των περιοχών επιρροής τόσο του βοηθητικού ηλεκτροδίου H όσο και του προς μέτρηση συστήματος γείωσης E ή με άλλα λόγια να βρίσκεται στο πεδίο αναφοράς της γείωσης. Ο καλύτερος τρόπος για να εκτιμηθεί εάν το βύσμα S βρίσκεται στο πεδίο αναφοράς της γείωσης είναι να το τοποθετήσουμε σε διάφορες θέσεις κοντά στο κέντρο της απόστασης μεταξύ E και H και να μετρηθεί κάθε φορά η αντίσταση της γείωσης R_E . Στα σημεία όπου τοποθετούμε το βύσμα S και λαμβάνουμε παρόμοιες τιμές μετρήσεων της R_E , θεωρούνται περισσότερο ασφαλείς οι μετρήσεις μας από πλευράς ακρίβειας, καθώς το βύσμα S βρίσκεται εντός του πεδίου αναφοράς.

Σημειώνουμε επίσης ότι σε όλες τις τοποθετήσεις και επανατοποθετήσεις του βύσματος S και του βοηθητικού ηλεκτροδίου H βρέχουμε το χώμα τοπικά γύρω από το σημείο εισχώρησης του ηλεκτροδίου έτσι ώστε να επιτύχουμε μέγιστη αγώγιμη

σύνδεση μεταξύ ηλεκτροδίου και εδάφους και επομένως μέγιστη ακρίβεια μετρήσεων.

Ο σκοπός των επόμενων πειραματικών μετρήσεων είναι ο προσδιορισμός της αντίστασης R_E του συστήματος γείωσης της ηλεκτρικής εγκατάστασης της γειτονικής προς την οικοδομή, κατοικίας.

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η ηλεκτρική εγκατάσταση και η γείωση αυτής έχει πραγματοποιηθεί πριν 18 χρόνια. Το σύστημα της γείωσης που έχει υιοθετηθεί εδώ είναι παρόμοιο με αυτό που περιγράψαμε και μετρήσαμε προηγουμένως.

Τρεις χάλκινες ράβδοι μήκους 1,5 m και διατομής 18 mm έχουν τοποθετηθεί κάθετα στο έδαφος σε ισόπλευρη τριγωνική διάταξη με πλευρά $a=2$ m. Τα τρία αυτά ηλεκτρόδια γείωσης φέρουν στη κορυφή τους ειδικούς σφιγκτήρες μέσω των οποίων συνδέονται με χάλκινο καλώδιο που έχει εμβαδόν διατομής 16 mm^2 . Το συγκεκριμένο καλώδιο συνδέει αγώγιμα τα 3 ηλεκτρόδια μεταξύ τους και καταλήγει στον κόμβο των γειώσεων του μετρητή της ΔΕΗ. Από εκεί εξέρχεται, εισέρχεται στο εσωτερικό ενός τριφασικού ασφαλοδιακόπτη και συνδέεται τελικά στον κόμβο των γειώσεων με το καλώδιο της γείωσης που συνεχίζει στον ηλεκτρικό πίνακα εντός της κατοικίας. Εντός του ασφαλοδιακόπτη υπάρχουν 3 ασφάλειες τήξεως των 63 Ampere καθώς και ένας τριφασικός διακόπτης που παρεμβάλλεται στην τριφασική γραμμή που ξεκινά από το μετρητή της ΔΕΗ και καταλήγει στο πίνακα της ηλεκτρικής εγκατάστασης της οικίας.

Η διαδικασία που ακολουθούμε για τον προσδιορισμό της αντίστασης R_E του συγκεκριμένου συστήματος γείωσης είναι η ίδια που ακολουθήσαμε και στην προηγούμενη περίπτωση ενώ το βοηθητικό ηλεκτρόδιο H και το βύσμα S τοποθετούνται στο ίδιο ακριβώς οικόπεδο που τοποθετήθηκαν και προηγουμένως για τη μέτρηση της αντίστασης R_E του συστήματος γείωσης της οικοδομής. Επομένως και τα 2 σετ μετρήσεων διεξάγονται στο ίδιο έδαφος, του οποίου την αντίσταση r_E θα μετρήσουμε αργότερα.

Στη συγκεκριμένη περίπτωση, οι υποδοχές “E” και “ES” του οργάνου συνδέονται με τον κόμβο των γειώσεων εντός του κιβωτίου του ασφαλοδιακόπτη, η υποδοχή “H” συνδέεται στο βοηθητικό ηλεκτρόδιο H και η υποδοχή “S” στο βύσμα S. Το ηλεκτρόδιο H τοποθετείται και σ’ αυτήν την περίπτωση 40 μέτρα μακριά από το κέντρο του συστήματος γείωσης E ενώ το βύσμα S τοποθετείται σε διάφορα σημεία πάνω στην ευθεία E-H λαμβάνοντας κάθε φορά τις αντίστοιχες 5 μετρήσεις της R_E σε τετραπολική λειτουργία του οργάνου. Κάθε φορά που τοποθετούνται τα ηλεκτρόδια στο έδαφος επαναλαμβάνεται το βρέξιμο του χώματος γύρω από το σημείο εισχώρησης.

3. Αποτελέσματα των μετρήσεων και σχολιασμός.

3.1 Αντίσταση εδάφους r_E .

Ακολουθώντας τη διαδικασία που περιγράφηκε στη παράγραφο 2.2.1 γίνονται μετρήσεις της αντίστασης εδάφους (r_E) στο χώρο του Ε.Μ.Π. σε έδαφος με γρασίδι, με μικρή έως καθόλου ύπαρξη υγρασίας. Τα αποτελέσματα φαίνονται στο πίνακα 3.3-1.

$p_E (\Omega m)$ (d = 10 m)					
1 ^η	2 ^η	3 ^η	4 ^η	5 ^η	M.O.
$p_E (\Omega m)$	$p_E (\Omega m)$	$p_E (\Omega m)$	$p_E (\Omega m)$	$p_E (\Omega m)$	$p_E (\Omega m)$
221	216	217	214	219	217,4

Πίνακας 3.1-1: Πίνακας μετρήσεων αντίστασης εδάφους p_E

Στη συνέχεια ακολουθώντας τη διαδικασία της παραγράφου 2.2.1 για $d = 10$ m και $d=7$ m (απόσταση μεταξύ δυο διαδοχικών ηλεκτροδίων) γίνονται μετρήσεις της αντίστασης εδάφους p_E σε αμμώδη παραλία όπου προκύπτουν οι δυο παρακάτω πίνακες:

$p_E (\Omega m)$ (d = 10 m)					
1 ^η	2 ^η	3 ^η	4 ^η	5 ^η	M.O.
$p_E (\Omega m)$	$p_E (\Omega m)$	$p_E (\Omega m)$	$p_E (\Omega m)$	$p_E (\Omega m)$	$p_E (\Omega m)$
0	0	0	0	0	0

Πίνακας 3.1-2: Πίνακας μετρήσεων αντίστασης εδάφους p_E

$p_E (\Omega m)$ (d = 7 m)					
1 ^η	2 ^η	3 ^η	4 ^η	5 ^η	M.O.
$p_E (\Omega m)$	$p_E (\Omega m)$	$p_E (\Omega m)$	$p_E (\Omega m)$	$p_E (\Omega m)$	$p_E (\Omega m)$
0	0	0	0	0	0

Πίνακας 3.1-3: Πίνακας μετρήσεων αντίστασης εδάφους p_E

Ακολουθούν τα αποτελέσματα των μετρήσεων της αντίστασης εδάφους p_E σε έδαφος με ξερό γρασίδι και ελάχιστη υγρασία στο χώρο του Ε. Μ. ΠΙ.

$p_E (\Omega m)$ (d = 10 m)					
1 ^η	2 ^η	3 ^η	4 ^η	5 ^η	M.O.
$p_E (\Omega m)$	$p_E (\Omega m)$	$p_E (\Omega m)$	$p_E (\Omega m)$	$p_E (\Omega m)$	$p_E (\Omega m)$
169	165	163	164	158	163,8

Πίνακας 3.1-4: Πίνακας μετρήσεων αντίστασης εδάφους p_E

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα μετρήσεων της p_E που πραγματοποιήθηκαν στον χώρο του Ε.Μ.Π. κατά μήκος του δρόμου, έξω από τον δρόμο και δίπλα σε πλάκες πεζοδρομίου, όπου το χώμα ήταν σχετικά υγρό και μαλακό εξαιτίας της χαμηλής βλάστησης που ευδοκιμεί εκεί.

$p_E (\Omega m)$ (d = 10 m)					
1 ^η	2 ^η	3 ^η	4 ^η	5 ^η	M.O.
$p_E (\Omega m)$	$p_E (\Omega m)$	$p_E (\Omega m)$	$p_E (\Omega m)$	$p_E (\Omega m)$	$p_E (\Omega m)$
71	65	69	64	67	67,2

Πίνακας 3.1-5: Πίνακας μετρήσεων αντίστασης εδάφους p_E

Τέλος στον πίνακα 3.1-6 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων της αντίστασης εδάφους p_E που πραγματοποιήθηκαν στη περιοχή της Χαλκίδας σε εξαιρετικά πετρώδες έδαφος με κοκκινόχωμα.

$p_E (\Omega m)$ (d = 10 m)					
1 ^η	2 ^η	3 ^η	4 ^η	5 ^η	M.O.
$p_E (\Omega m)$	$p_E (\Omega m)$	$p_E (\Omega m)$	$p_E (\Omega m)$	$p_E (\Omega m)$	$p_E (\Omega m)$
241	241	241	242	240	241

Πίνακας 3.1-6: Πίνακας μετρήσεων αντίστασης εδάφους p_E

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα αποτελέσματα των μετρήσεων της p_E που πραγματοποιήθηκαν στην αμμώδη παραλία.

Παρατηρείται ότι και στις 2 περιπτώσεις ($d=10$ m και $d=7$ m) το όργανο δείχνει μηδενική αντίσταση εδάφους p_E , χωρίς να υπάρχει κάποιο σφάλμα στη μέτρηση, ενώ δεν έχει ενεργοποιηθεί κάποια ενδεικτική λυχνία σφάλματος στο όργανο. Οδηγούμαστε λοιπόν στο συμπέρασμα πως το έδαφος παρουσιάζει εξαιρετική αγωγιμότητα εξαιτίας της υψηλής περιεκτικότητάς του σε κάλλιο και άλατα.

3.2 Αντίσταση γείωσης R_E .

Ακολουθώντας τη διαδικασία που περιγράφηκε στη παράγραφο 2.2.2 πραγματοποιούνται μετρήσεις της αντίστασης γείωσης R_E ενός ηλεκτροδίου γείωσης στο χώρο του E. M. P. (οι τιμές της αντίστασης p_E του εδάφους παρουσιάζονται στον πίνακα 3.3-1).

Τα αποτελέσματα φαίνονται στο πίνακα 3.2-1.

E-S (m)	S-H (m)	$R_1 (\Omega)$	$R_2 (\Omega)$	$R_3 (\Omega)$	$R_4 (\Omega)$	$R_5 (\Omega)$	M.O.
20	20	550	549	550	550	549	549,6
18	22	549	550	550	550	549	549,6
22	18	550	550	550	549	550	549,8

Πίνακας 3.2-1: Πίνακας μετρήσεων αντίστασης γείωσης R_E

Οι 5 τιμές αντιστάσεων αντιστοιχούν στις 5 μετρήσεις που πήραμε για κάθε μία από τις τρεις διαφορετικές τοποθετήσεις του βύσματος S. Παρατηρείται ότι η αντίσταση γείωσης R_E δε μεταβάλλεται αισθητά μεταξύ των τριών περιπτώσεων

οπότε συνάγεται το συμπέρασμα ότι το βύσμα S βρίσκεται κάθε φορά εντός του πεδίου αναφοράς της γείωσης ή με άλλα λόγια εκτός των ζωνών επιρροής των δυο εκατέρωθεν ηλεκτροδίων E και H.

Είναι παραδεκτό πως η τιμή της αντίστασης του ηλεκτροδίου γείωσης είναι αντιστρόφως ανάλογη του μήκους που μπήγεται στο έδαφος, ενώ η διάμετρος του ηλεκτροδίου την επηρεάζει σε αμελητέο βαθμό. Χαρακτηριστικά, διπλάσιο εμβαδό διατομής ηλεκτροδίου γείωσης μειώνει την αντίσταση μόνο κατά 5-10%. Παρακάτω δίνεται ένας έτοιμος από βιβλιογραφία πίνακας (Πίνακας 3.2-2), ο οποίος περιέχει διάφορες τιμές αντίστασης εδάφους (r_E) σε Ωm, την περιγραφή του εδάφους στο οποίο έγιναν οι αντίστοιχες μετρήσεις καθώς και τις αντιστάσεις των ηλεκτροδίων γείωσης που μετρήθηκαν στα εδάφη αυτά. Προκύπτει ότι η αντίσταση του ηλεκτροδίου γείωσης μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα με το μήκος της διείσδυσης στο έδαφος ενώ παρουσιάζει μεγάλες μεταβολές από έδαφος σε έδαφος.

Type of soil	Soil resistivity R_E	Earthing resistance						
		Ground electrode depth (meters)			Earthing strip (meters)			
		ΩM	3	6	10	5	10	20
Very moist soil, swamplike	30	10	5	3	12	6	3	
Farming soil loamy and clay soils	100	33	17	10	40	20	10	
Sandy clay soil	150	50	25	15	60	30	15	
Moist sandy soil	300	66	33	20	80	40	20	
Concrete 1:5	400	-	-	-	160	80	40	
Moist gravel	500	160	80	48	200	100	50	
Dry sandy soil	1000	330	165	100	400	200	100	
Dry gravel	1000	330	165	100	400	200	100	
Stoney soil	30,000	1000	500	300	1200	600	300	
Rock	10^7	-	-	-	-	-	-	

Πίνακας 3.2-2: Τιμές της αντίστασης γείωσης για διάφορα είδη χώματος και είδος- βάθος ηλεκτροδίων

Σύμφωνα με τις μετρήσεις που έγιναν και με δεδομένο ότι τα ηλεκτρόδια μπήγονται σε βάθος περίπου 30 cm λαμβάνεται αντίσταση ηλεκτροδίου γείωσης $R_E = 550 \Omega$ για έδαφος με αντίσταση χώματος $r_E \approx 216 \Omega \text{ m}$. Επομένως αν η τοποθέτηση του προς μέτρηση ηλεκτροδίου γείωσης πραγματοποιούνταν μέχρι τα 3 m θα λαμβανόταν τιμή αντίστασης R_E περίπου ίση με 55Ω , αποτέλεσμα δηλαδή που συμφωνεί με τα δεδομένα του παραπάνω πίνακα.

Στη συνέχεια γίνονται επιπλέον μετρήσεις τοποθετώντας το κύριο ηλεκτρόδιο E και το βοηθητικό ηλεκτρόδιο H σε μια απόσταση 20 m μεταξύ τους (αντί για τα προτεινόμενα 40). Το βύσμα S τοποθετείται σε διάφορα σημεία πάνω στην ευθεία που συνδέει το κύριο και το βοηθητικό ηλεκτρόδιο, για καθένα από τα οποία λαμβάνονται τιμές της R_E ρυθμίζοντας πάντα το όργανο στην τετραπολική λειτουργία.

Σκοπός των συγκεκριμένων μετρήσεων είναι καταρχήν να βρεθεί η έκταση του πεδίου αναφοράς της γείωσης, εφόσον αυτό υφίσταται, στη συγκεκριμένη διάταξη των ηλεκτροδίων.

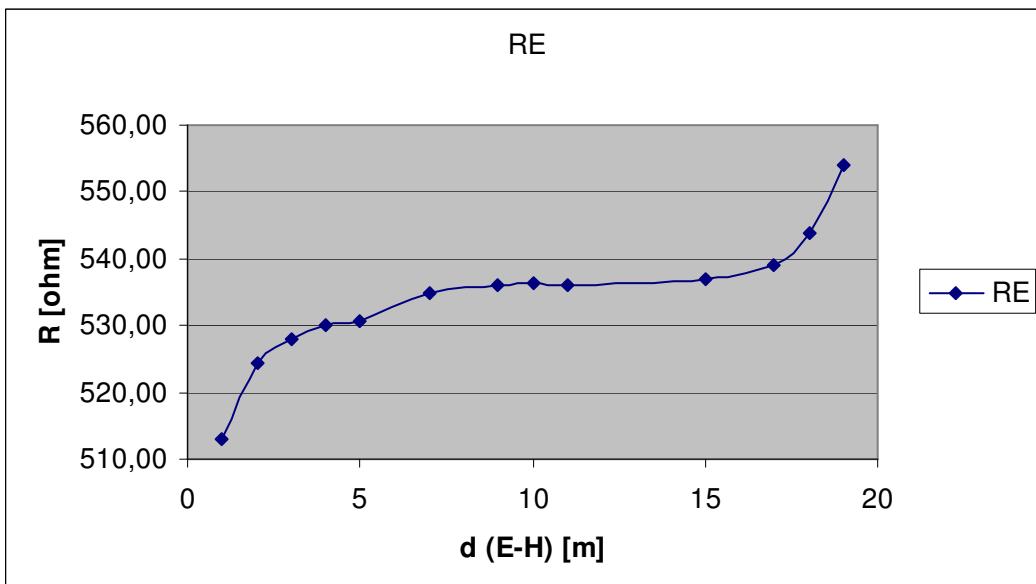
Επίσης κρίνεται σκόπιμο να αποκτηθεί μια εικόνα για το πώς μεταβάλλονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων της R_E σε τετραπολική λειτουργία του οργάνου καθώς μετακινείται το βύσμα S είτε προς το κύριο ηλεκτρόδιο E είτε προς το βοηθητικό ηλεκτρόδιο H. Ο κύριος λόγος της μεταβολής των αποτελεσμάτων αυτών είναι ότι το βύσμα εξέρχεται από το πεδίο αναφοράς της γείωσης, εφόσον αυτό υφίσταται, απομακρύνεται από τη ζώνη επιρροής του ενός ηλεκτροδίου και εισέρχεται στη ζώνη επιρροής του δεύτερου ηλεκτροδίου.

Λαμβάνονται λοιπόν οι παρακάτω μετρήσεις :

E-S (m)	S-H (m)	R_1 (Ω)	R_2 (Ω)	R_3 (Ω)	R_4 (Ω)	R_5 (Ω)	M.O.
1	19	513	513	513	513	513	513
2	18	525	524	525	524	524	524,4
3	17	528	528	528	528	528	528
4	16	530	530	530	530	530	530
5	15	531	530	531	531	531	530,8
7	13	535	535	535	535	535	535
9	11	536	536	535	537	536	536
10	10	536	536	537	536	536	536,2
11	9	536	535	536	536	537	536
15	5	537	537	537	537	537	537
17	3	539	539	540	539	538	539
18	2	543	544	544	544	544	543,8
19	1	555	554	553	554	554	554

Πίνακας 3.2-3: Μετρήσεις της αντίστασης γείωσης R_E σε κάθε επανατοποθέτηση του βύσματος S

Από τις τιμές του πίνακα 3.2-3 προκύπτει η παρακάτω γραφική παράσταση :



Σχήμα 3.2-1: Όπου d : η απόσταση του βύσματος S από το ηλεκτρόδιο E.

R: ο μέσος όρος των 5 μετρήσεων της R_E σε κάθε σημείο που τοποθετείται το βύσμα S.

Από τη μορφή της γραφικής παράστασης προκύπτει ένα ευθύγραμμο τμήμα παράλληλο στον άξονα των x για τιμές του d από $d = 9m$ μέχρι $d = 11m$. Μπορεί κανείς να υποθέσει πως το βύσμα S βρίσκεται στο πεδίο αναφοράς της γείωσης και εκτός επιρροής των εκατέρωθεν ηλεκτροδίων στο διάστημα $d [9,11]$. Εντός αυτού του διαστήματος αν βρίσκεται το βύσμα S, θεωρείται πως οι μετρήσεις που έγιναν είναι περισσότερο ασφαλείς από θέμα ακρίβειας.

Στη συνέχεια ακολουθώντας και πάλι τη διαδικασία της παραγράφου 2.2.2 πραγματοποιούνται μετρήσεις της αντίστασης R_E ενός ηλεκτροδίου γείωσης σε αμμώδη παραλία. (οι τιμές της αντίστασης R_E του εδάφους παρουσιάζονται στους πίνακες 3.1-2 και 3.1-3).

Τα αποτελέσματα δίνονται στο παρακάτω πίνακα

E- S (m)	S-H (m)	R_1 (Ω)	R_2 (Ω)	R_3 (Ω)	R_4 (Ω)	R_5 (Ω)	M.O.
20	20	2,31	2,31	2,31	2,31	2,31	2,310
23	17	2,30	2,29	2,29	2,30	2,30	2,296
17	23	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,250

Πίνακας 3.2-4: Πίνακας μετρήσεων αντίστασης γείωσης R_E

Παρατηρείται ότι αν τοποθετηθεί το βύσμα S σε μια ακτίνα 3 μέτρων γύρω από το κέντρο της απόστασης μεταξύ του προς μέτρηση ηλεκτροδίου γείωσης E και του βοηθητικού ηλεκτροδίου γείωσης H δεν εμφανίζεται αξιόλογη μεταβολή στις μετρήσεις της αντίστασης γείωσης R_E . Επομένως και στις τρεις περιπτώσεις το βύσμα S βρίσκεται στο πεδίο αναφοράς της γείωσης και οι μετρήσεις είναι ασφαλείς ως προς την ακρίβειά τους.

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων της αντίστασης R_E ενός ηλεκτροδίου γείωσης, οι οποίες έλαβαν χώρα σε έδαφος με ξερό γρασίδι και ελάχιστη υγρασία στο χώρο του Ε.Μ.Π. (οι τιμές της αντίστασης R_E του εδάφους παρουσιάζονται στον πίνακα 3.1-4).

E- S (m)	S-H (m)	R_1 (Ω)	R_2 (Ω)	R_3 (Ω)	R_4 (Ω)	R_5 (Ω)	M.O.
20	20	1,82	1,79	1,79	1,79	1,79	1,796
18	22	1,79	1,78	1,78	1,75	1,78	1,776
22	18	2,57	2,57	2,57	2,57	2,57	2,570

Πίνακας 3.2-5: Πίνακας μετρήσεων αντίστασης γείωσης R_E

Παρατηρείται ότι όταν το βύσμα S βρίσκεται στο κέντρο της απόστασης E-H, οι τιμές που λαμβάνονται για την αντίσταση R_E συμφωνούν σχετικά με τις αντίστοιχες που προκύπτουν όταν το βύσμα S τοποθετείται κατά 2 μέτρα προς το E. Μπορεί κανείς να θεωρήσει πως στα δύο αυτά σημεία το βύσμα S βρίσκεται εντός του πεδίου αναφοράς γείωσης. Στην περίπτωση όμως που μετακινηθεί το βύσμα S κατά 2 μέτρα προς το βοηθητικό ηλεκτρόδιο H, παρατηρείται πως προκύπτει δραματική μεταβολή στις μετρούμενες τιμές της R_E .

Θα πρέπει να σημειωθεί πως το ηλεκτρόδιο H έχει τοποθετηθεί πολύ κοντά σε σημείο όπου διέρχονται αγωγοί ηλεκτροδότησης και ύδρευσης μικρού πάρκου. Οι αγωγοί αυτοί σε συνδυασμό με το ηλεκτρόδιο H έχουν σημαντικά μεγαλύτερη ικανότητας επιρροής στο περιβάλλον έδαφος από ότι το ηλεκτρόδιο E. Αυτό έχει ως

αποτέλεσμα να παρατηρείται μια μετατόπιση του πεδίου αναφοράς της γείωσης προς την πλευρά του προς μέτρηση ηλεκτροδίου E.

Συνάγεται λοιπόν το συμπέρασμα πως η απότομη αυτή μεταβολή που προκύπτει στις τιμές της αντίστασης γείωσης R_E όταν το βύσμα S τοποθετείται κατά 2 μέτρα από το κέντρο προς το ηλεκτρόδιο H οφείλεται στο ότι το βύσμα έχει εξέλθει από το μετατοπισμένο πεδίο αναφοράς της γείωσης και έχει εισέρθει στο ημισφαίριο επιρροής του ηλεκτροδίου H.

Συνεχίζοντας, παρατίθενται παρακάτω οι μετρήσεις της αντίστασης R_E ενός ηλεκτροδίου γείωσης, οι οποίες πραγματοποιήθηκαν σύμφωνα με τη διαδικασία που περιγράφεται με τη παράγραφο 2.2.2 στο χώρο του Ε. Μ. Π. έξω από το δρόμο, δίπλα στις πλάκες του πεζοδρομίου όπου το χώμα ήταν σχετικά υγρό και μαλακό εξαιτίας της χαμηλής βλάστησης που ευδοκιμεί εκεί. (οι τιμές της αντίστασης r_E του εδάφους παρουσιάζονται στον πίνακα 3.1-5).

Προκύπτει ο παρακάτω πίνακας:

E- S (m)	S-H (m)	R_1 (Ω)	R_2 (Ω)	R_3 (Ω)	R_4 (Ω)	R_5 (Ω)	M.O.
16	24	648	647	645	645	645	646
18	22	653	653	653	652	652	652,6
20	20	658	658	658	657	657	657,6
22	18	659	661	660	659	659	659,6
24	16	693	692	691	690	689	691
26	14	706	705	702	701	701	703

Πίνακας 3.2-6: Πίνακας μετρήσεων αντίστασης γείωσης R_E

Από τις τιμές του παραπάνω πίνακα παρατηρείται πως όταν το βύσμα S βρίσκεται στα 18, στα 20 και στα 22 μέτρα μακριά από το προς μέτρηση ηλεκτρόδιο E, προκύπτει μια συμφωνία τιμών της μετρούμενης R_E . Μπορεί κανείς να υποθέσει πως στο διάστημα από τα 18 έως τα 22 μέτρα από το ηλεκτρόδιο E το βύσμα βρίσκεται στο πεδίο αναφοράς της γείωσης και άρα εκτός επιρροής των εκατέρωθεν ηλεκτροδίων E και H, οπότε εκεί οι μετρήσεις της R_E θεωρούνται πιο ακριβείς.

3.3 Αντίσταση γείωσης R_E εγκατεστημένων γειώσεων.

Ακολουθώντας τις διαδικασίες που περιγράφηκαν στη παράγραφο 2.3 πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις των αντιστάσεων R_E των εγκατεστημένων γειώσεων των δύο ηλεκτρικών εγκαταστάσεων που περιγράφονται εκτενώς στην ίδια παράγραφο (οι τιμές της αντίστασης r_E του εδάφους παρουσιάζονται στον πίνακα 3.1-6).

Για τη 1^η ηλεκτρική εγκατάσταση (εργοταξιακός πίνακας) λαμβάνεται ο πίνακας 3.3-1.

E-S (m)	S-H (m)	R ₁ (Ω)	R ₂ (Ω)	R ₃ (Ω)	R ₄ (Ω)	R ₅ (Ω)	M.O.
16	24	0,40	0,40	0,46	0,40	0,36	0,404
18	22	0,42	0,43	0,40	0,40	0,45	0,420
20	20	0,46	0,53	0,61	0,63	0,46	0,538
22	18	0,63	0,63	0,43	0,64	0,57	0,580
24	16	0,57	0,57	0,61	0,58	0,60	0,586
26	14	0,87	0,90	0,84	0,87	0,87	0,870

Πίνακας 3.3-1: Πίνακας μετρήσεων αντίστασης γείωσης R_E

Παρατηρείται ότι οι τιμές της αντίστασης R_E συμφωνούν μεταξύ τους όταν το βύσμα S τοποθετείται στα 20, στα 22 και στα 24 μέτρα από το προς μέτρηση σύστημα γείωσης E.



Εικόνα 3.3-1: Λήψη μέτρησης της αντίστασης γείωσης R_E

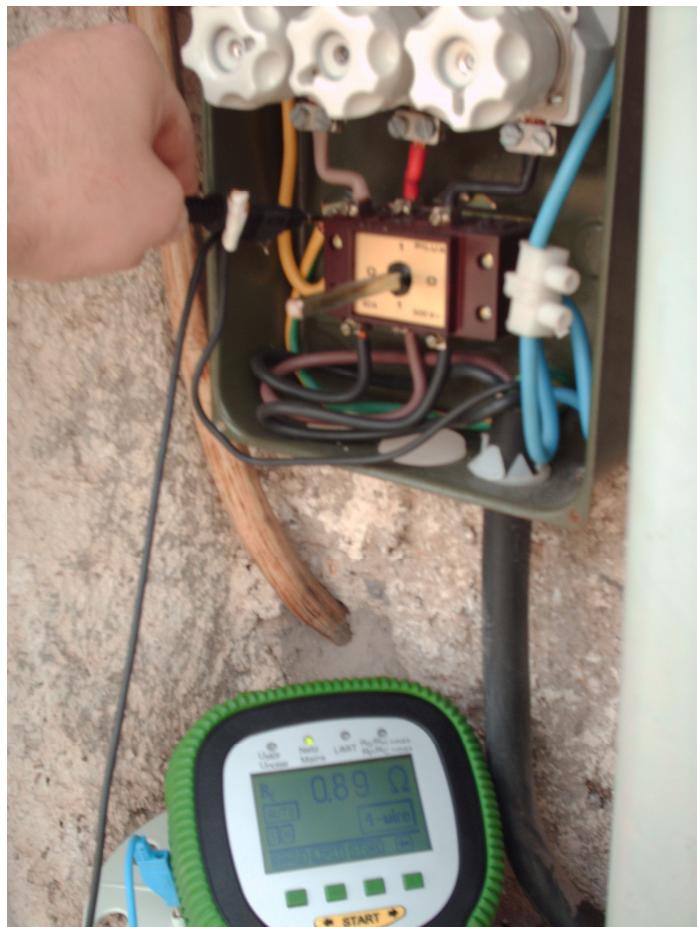
Μπορεί κανείς να υποθέσει ότι στη περιοχή αυτή το βύσμα S βρίσκεται στο πεδίο αναφοράς της γείωσης, το οποίο μάλιστα φαίνεται πως είναι μεταποιημένο περίπου 2 m από το κέντρο της απόστασης E-H προς το βοηθητικό ηλεκτρόδιο H. Εκεί θεωρούνται οι μετρήσεις περισσότερο ακριβείς όσον αφορά τον προσδιορισμό της αντίστασης R_E του συστήματος γείωσης του εργοταξιακού πίνακα αλλά και της μελλοντικής ηλεκτρικής εγκατάστασης της οικοδομής.

Για την γείωση της 2^{ης} ηλεκτρικής εγκατάστασης λαμβάνεται ο πίνακας 3.3-2.

E- S (m)	S-H (m)	R ₁ (Ω)	R ₂ (Ω)	R ₃ (Ω)	R ₄ (Ω)	R ₅ (Ω)	M.O.
16	24	0,69	0,62	0,64	0,63	0,63	0,642
18	22	0,74	0,73	0,68	0,74	0,74	0,726
20	20	0,77	0,78	0,86	0,87	0,75	0,806
22	18	0,88	0,83	0,93	0,76	0,88	0,856
24	16	0,88	0,84	0,90	0,85	0,89	0,872
26	14	1,13	1,12	1,14	1,13	1,13	1,130

Πίνακας 3.3-2: Πίνακας μετρήσεων αντίστασης γείωσης R_E

Από τις τιμές του παραπάνω πίνακα προκύπτει ότι όταν το βύσμα S βρίσκεται στη περιοχή μεταξύ των 20 και των 24 m από το προς μέτρηση σύστημα γείωσης E παρατηρείται συμφωνία τιμών της μετρούμενης αντίστασης R_E. Σε αυτή την περιοχή μπορεί κανείς να υποθέσει πως το βύσμα S βρίσκεται εντός του πεδίου αναφοράς της γείωσης και οι τιμές που λαμβάνονται θεωρούνται μεγαλύτερης ακρίβειας.



Εικόνα 3.3-2: Λήψη μέτρησης της αντίστασης γείωσης R_E

Εάν συγκριθούν οι τιμές της αντίστασης R_E που ελήφθησαν για το τριγωνικό σύστημα γείωσης της οικοδομής (εργοταξιακός πίνακας) με τις τιμές της αντίστασης

R_E του συγκεκριμένου συστήματος γείωσης θα προκύψει μια αύξηση της τάξεως του 50% στις τελευταίες μετρούμενες τιμές.

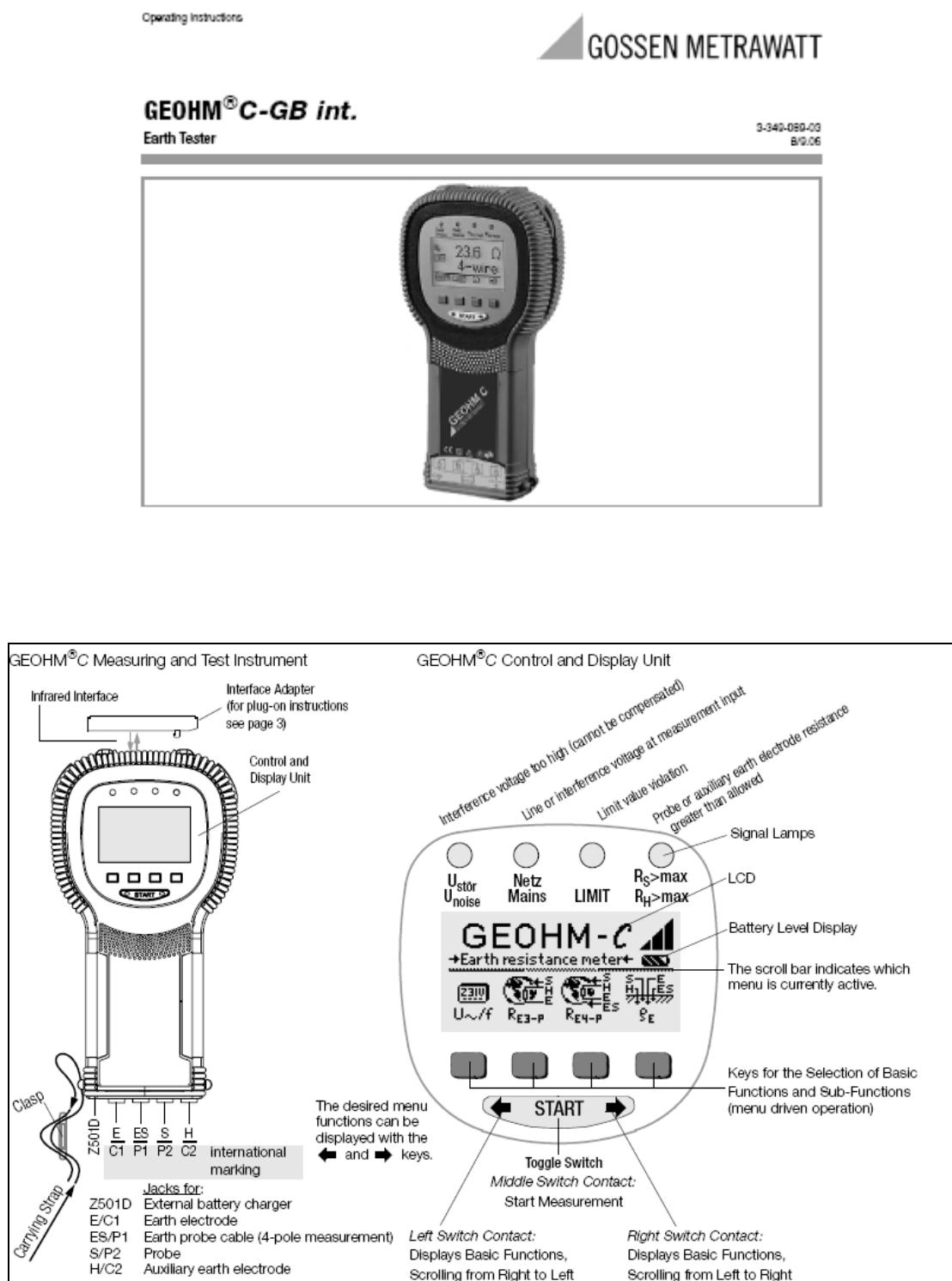
Αυτή η διαφορά στις τιμές της αντίστασης R_E των δύο παρόμοιων τριγωνικών διατάξεων μπορεί να αποδοθεί στη παλαιότητα της τελευταίας. Ο χαλκός που έχει χρησιμοποιηθεί για τη κατασκευή του συστήματος γείωσης της ηλεκτρικής εγκατάστασης βρίσκεται 18 χρόνια εκτεθειμένος στην υγρασία του εδάφους, έχει οξειδωθεί ως ένα βαθμό και έχει μειωθεί η αγώγιμη σύνδεση με το έδαφος. Αυτό συντελεί στην αύξηση της αντίστασης R_E με την πάροδο του χρόνου και μείωση της ικανότητας αγωγής του ρεύματος σφάλματος από την ηλεκτρική εγκατάσταση στο έδαφος.

Εδώ θα πρέπει να σημειωθεί πως οι κανονισμοί των ANSI/ISA (American National Standards Institute and Instrument Society of America), CENELEC (European Committee for Electrotechnical Standardization) και IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) έχουν σαν προτεινόμενη μέγιστη τιμή της αντίστασης γείωσης R_E τα 5.0 ohms. Σε ιδιαίτερες εγκαταστάσεις που φέρουν εναίσθητο τεχνολογικό εξοπλισμό (εγκαταστάσεις τηλεπικοινωνιών) ή σε εγκαταστάσεις νοσοκομειακές προτείνεται οι τιμές τις R_E να είναι κάτω του ενός ohm.

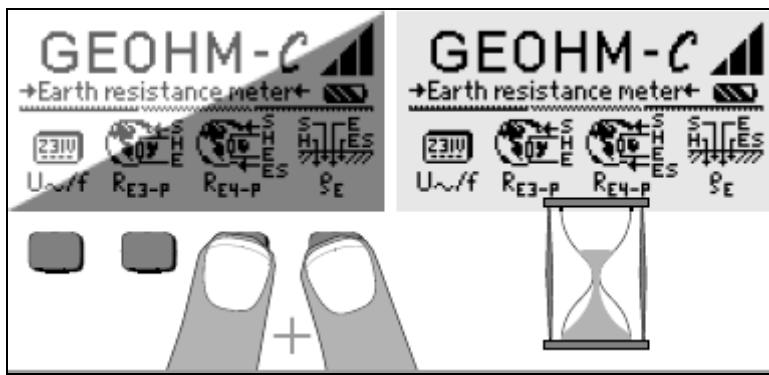
Βιβλιογραφία

1. **Π. Δ. Μπούρκας, Κ.Γ. Καραγιαννόπουλος** : «Βιομηχανικές Ηλεκτρικές Διατάξεις και Υλικά» - Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Ε.Μ.Π. (Αθήνα 2003)
2. **Π. Δ. Μπούρκας** : «Εισαγωγή στο Μηχανολογικό και Ηλεκτρολογικό Σχέδιο» - Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Ε.Μ.Π. (Αθήνα 1999)
3. **Μιλτιάδης Μ. Κάπος** : «Γειώσεις και Αλεξικέραυνα» - Εκδόσεις Μιλτ. Κάπου (Γ' έκδοση, Αθήνα 1988)
4. **Απόστολος Β. Μαχιάς** : «Μαθήματα Εσωτερικών Εγκαταστάσεων» - Εκδόσεις ΣΥΜΕΩΝ (Αθήνα 1985)
5. **Πέτρος Ντοκόπουλος** : «Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις Καταναλωτών» - Εκδόσεις ZHTH (Θεσσαλονίκη 2005)
6. **Σ. Τουλόγλου** : «Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις Κτιρίων» - Εκδόσεις ΙΩΝ (2004)

Παράρτημα A



Σχήμα A-1: Επεξήγηση πλήκτρων



Η Οθόνη κατά την Ενεργοποίηση του Οργάνου

Στην περίπτωση που η απεικόνιση της οθόνης είναι πολύ φωτεινή ή πολύ σκοτεινή κατά την ενεργοποίηση του οργάνου, παρακαλούμε να ακολουθήσετε τα παρακάτω:

1. Πιέστε ταυτόχρονα τα δύο δεξιά πλήκτρα για τη διαγραφή της μνήμης η οποία μπορεί να είναι εσφαλμένη (όπως φαίνεται στο σχήμα).
2. Αναμένετε μερικά δευτερόλεπτα για την ενημέρωση της οθόνης.
3. Επαναρυθμίστε την αντίθεση αν είναι απαραίτητο.

Οδηγίες για το συνοδευτικό καλώδιο σύνδεσης με PC

- Μετατροπέας IrDa-USB (Z501 J)
 - Συνδέστε το καλώδιο σύνδεσης με IR Interface όπως απεικονίζεται στο σχήμα Α. Τοποθετήστε τον αντάπτορα στο άνοιγμα στο πάνω μέρος του οργάνου ώστε να βρίσκεται στο μέσο του εξωτερικού περιβλήματος πάνω σε δύο λαστιχένια μαξιλαράκια. Πιέστε τον αντάπτορα για να βεβαιωθείτε ότι είναι σωστά τοποθετημένος.

Λογισμικό PC WinProfi για επικοινωνία με το όργανο GEOHM® C

Το PS3 CD-ROM περιλαμβάνει το λογισμικό WinProfi με το ακόλουθο περιεχόμενο και λειτουργίες:

- Ενημερωμένο λογισμικό του οργάνου μέτρησης
 - για φόρτωση άλλης γλώσσας.
 - για φόρτωση ενημερωμένων εκδόσεων λογισμικού.
- Ανταλλαγή δεδομένων μέτρησης μεταξύ PC και οργάνου.
- Προετοιμασία, εκτύπωση και αρχειοθέτηση αναφορών ελέγχου στο PC.

Για την επικοινωνία μεταξύ οργάνου και PC απαιτείται ο ακόλουθος μετατροπέας σύνδεσης:

- IrDa-USB μετατροπέας (Z501 J): IrDa(tester)-USB(PC)

Αποθήκευση Δεδομένων

Τα δεδομένα των μετρήσεων μπορούν ν' αποθηκευτούν στην RAM του οργάνου εφ' όσων οι μπαταρίες του οργάνου παρέχουν την απαιτούμενη τάση.

Προτείνουμε να μεταφέρετε τα αποθηκευμένα δεδομένα σας σε ένα PC ανά τακτά χρονικά διαστήματα για να αποφευχθεί πιθανή απώλεια αυτών από το όργανο. Δεν φέρουμε καμία ευθύνη για απώλειες δεδομένων.

A.1 Εφαρμογές

Το συγκεκριμένο όργανο πληροί τις απαιτήσεις των Ευρωπαϊκών και διεθνών οδηγιών που ισχύουν. Αυτό επιβεβαιώνεται με τη χρήση της CE στάμπας πάνω στο όργανο. Η σχετική βεβαίωση συμμόρφωσης μπορεί να ληφθεί από την GMC-IGOSSEN-Metrawatt GmbH.

Το GEOHM C είναι ένα συμπαγές όργανο για την μέτρηση της αντίστασης της γείωσης σύμφωνα με τους παρακάτω κανονισμούς:

- DIN VDE 0100: Εγκατάσταση συστημάτων ισχύος ονομαστικής τάσεως έως 1000V.
- DIN VDE 0141: Γείωση σε συστήματα εναλλασσόμενου ρεύματος ονομαστικών τάσεων μεγαλύτερων του 1 KV.
- DIN VDE 0800: Εγκατάσταση και λειτουργία τηλεπικοινωνιακών συστημάτων συμπεριλαμβανομένων και συστημάτων επεξεργασίας δεδομένων.
- DIN VDE 0185: Σύστημα προστασίας από κεραυνούς.

Το όργανο είναι επίσης ικανό να προσδιορίσει την εμπέδηση του εδάφους η οποία είναι βασική για τον υπολογισμό των διαστάσεων των συστημάτων γειώσεως. Μπορεί λοιπόν να χρησιμοποιηθεί για απλές γεωλογικές μελέτες καθώς και για τον σχεδιασμό συστημάτων γείωσης. Επιπλέον μπορεί να μετρηθεί η ωμική αντίσταση τόσο σε στερεούς όσο και σε υγρούς αγωγούς ενώ ακόμη μπορεί να μετρηθεί η εσωτερική αντίσταση σε αγώγιμα εξαρτήματα, εφ' όσων αυτά δεν παρουσιάζουν χωρητική ή επαγγελματική συμπεριφορά.

Οι μετρηθείσες τιμές είναι δυνατό ν' αποσταλθούν από το GEOHM C σε ένα PC μέσω του ενσωματωμένου IR Interface.

Οι ακόλουθες ποσότητες μπορούν να μετρηθούν και να ελεγχθούν με το GEOHM C:

- Τάση
- Συχνότητα
- Αντίσταση γείωσης
- Αντίσταση εδάφους

Ορθή Τοποθέτηση του Ηλεκτροδίου Γειώσεως

Τα ηλεκτρόδια γειώσεως και τα συστήματα γειώσεως θα πρέπει πάντοτε να επιδεικνύουν την ελάχιστη δυνατή ολική αντίσταση σχετικά με το επίπεδο αναφοράς της γείωσης έτσι ώστε να επιτευχθεί η ασφαλής λειτουργία των εγκαταστάσεων και του εξοπλισμού καθώς και η εκπλήρωση των εφαρμόσιμων κανονισμών.

Η τιμή της αντίστασης επηρεάζεται από την αντίσταση του χώματος του περιβάλλοντος εδάφους, η οποία με τη σειρά της εξαρτάται από τον τύπο του χώματος, από την υγρασία του καθώς και την εποχή του χρόνου. Πριν την τοποθέτηση ενός ηλεκτροδίου γείωσης ή ενός συστήματος γείωσης είναι συνετό να εξεταστούν κάποια χαρακτηριστικά του εδάφους. Η αντίσταση του χώματος μπορεί να μετρηθεί σε διάφορα βάθη και σε διαφορετικά υποστρώματα με τον μετρητή

γείωσης. Τα αποτελέσματα υποδεικνύουν, για παράδειγμα, αν θα πρέπει τα ηλεκτρόδια γειώσεως να τοποθετηθούν βαθιά μέσα στο έδαφος ή όχι, οπότε καθορίζεται έτσι το μήκος τους, ή αν θα χρειαστούν επιπρόσθετα. Επιπλέον, διάφοροι τύποι ηλεκτροδίων γειώσεως διατίθενται στην αγορά, όπως οι λωρίδες γειώσεως, οι ράβδοι γειώσεως, καθώς και οι γειώσεις σε μορφή πλέγματος ή μεταλλικών φύλλων. Καθένας από τους παραπάνω τύπους φέρει διάφορες τιμές αντίστασης σκέδασης, ενώ η γεωμετρία αυτών επιλέγεται σύμφωνα με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά του εδάφους.

Συντήρηση Συστήματος Γείωσης

Ήδη τοποθετημένα ηλεκτρόδια και συστήματα γείωσης μπορούν να ελεγχθούν έτσι ώστε να διευκρινιστεί εάν οι τιμές αντίστασης αυτών είναι εντός ή εκτός επιτρεπτών ορίων καθώς και κατά πόσο επηρεάζονται οι τιμές αυτές από την γήρανση του συστήματος ή από την αλλαγή των χαρακτηριστικών του εδάφους.

Μέθοδος Μέτρησης και Αρχή Λειτουργίας

Η αντίσταση της γείωσης μετράται με το GEOHM C μέσω της μεθόδου αμπερόμετρο- βολτόμετρο. Πηγή τάσης μεταβλητού δυναμικού παρέχει ρεύμα έντασης έως 10mA και συχνότητας 128Hz (παλμική γεννήτρια ελεγχόμενη από quartz). Για περισσότερη ασφάλεια η μέγιστη τάση που εφαρμόζεται στους ακροδέκτες περιορίζεται στα 50V αναφορικά με τη γη. Συνεχές ρεύμα μέσω του ακροδέκτη E διαρρέει το ηλεκτρόδιο γείωσης του οποίου θέλουμε να μετρήσουμε την αντίσταση R_E , την βοηθητική αντίσταση R_H και τέλος τον ακροδέκτη H.

Η πτώση της τάσης που λαμβάνει χώρα λόγω της αντίστασης R_E της γείωσης, η οποία μετράται στους ακροδέκτες E και S, πρώτα τροφοδοτείται σ' ένα ηλεκτρονικό φίλτρο, το οποίο είναι σύγχρονο με τη γεννήτρια, και έπειτα σ' ένα συγχρονισμένο ανορθωτή για την εξάλειψη επιρροών προκαλούμενων από τάσεις πόλωσης ή από σποραδικά ρεύματα που υπάρχουν στο έδαφος.

Η προς μέτρηση αντίσταση γείωσης είναι ανάλογη της πτώσης τάσεως και απεικονίζεται απ' ευθείας στην LCD οθόνη σε ψηφιακή μορφή. Κρίσιμες συνθήκες χειρισμού απεικονίζονται μόνιμα για την ανάγνωση πιθανών σφαλμάτων. Η παρουσία παρασίτων τάσεων και τιμών αντίστασης πάνω από την επιτρεπτή τιμή, που αφορά την βοηθητική αντίσταση του αγωγού γείωσης στο εξωτερικό κύκλωμα, σηματοδοτείται μέσω LEDs. Η αντίσταση των βυσμάτων στο κύκλωμα της τάσεως μετριέται κάθε φορά που αρχίζει μια μέτρηση και εάν η επιτρεπτή τιμή υπερβαίνεται τότε το αντίστοιχο LED ανάβει.

Σε περίπτωση υπερβολικά χαμηλής τάσης μπαταρίας καθώς και εσφαλμένης κλίμακα μέτρησης απεικονίζονται στην LCD οθόνη αντίστοιχα προειδοποιητικά μηνύματα.

A.2 Μέτρα Ασφάλειας και Προφύλαξης

Το GEOHM C ηλεκτρονικό όργανο μέτρησης και ελέγχου έχει κατασκευαστεί και ελεγχθεί σύμφωνα με τους κανονισμούς ασφάλειας IEC G1010-1/EN G1010-1/VDE 0411-1 και EN G1557.

Η ορθή χρήση του εγγυάται την ασφάλεια τόσο του χρήστη όσο και του οργάνου. Διαβάστε τις οδηγίες χρήσης προσεκτικά πριν χρησιμοποιήσετε το όργανο και παρατηρήστε όλες τις λεπτομέρειες που συμπεριλαμβάνονται.



Προσοχή!

Λόγω του ότι η τάση ελέγχου του οργάνου δεν υπερβαίνει τα 50V δεν πρέπει να χρησιμοποιηθεί σε αγροτικές εγκαταστάσεις.

Το συγκεκριμένο όργανο μέτρησης και ελέγχου δεν πρέπει να χρησιμοποιηθεί:

- εάν το κάλυμμα της μπαταρίας έχει αφαιρεθεί
- εάν παρατηρηθεί εξωτερική ζημιά
- με «τραυματισμένα» συνδετικά καλώδια ή βύσματα
- εάν δεν λειτουργεί άψογα
- μετά από εκτεταμένη ταλαιπωρία λόγω μεταφοράς
- μετά από μεγάλες περιόδους αποθήκευσης υπό μη ευνοϊκές συνθήκες (όπως υγρασία, σκόνη, υψηλές θερμοκρασίες)

Σημασία συμβόλων του οργάνου



Ένδειξη συμμόρφωσης ως προς τους EC κανονισμούς



Συσκευή προστασίας 2^{ης} τάξης



Προειδοποίηση για επικίνδυνο σημείο
(προσοχή!! Μελετήστε την αντίστοιχη αναφορά)



Ένδειξη αποδοχής της VDE δικαιοδοσίας ελέγχου



Ρευματοδότης φορτίσεως 9V DC για πρίζα φορτίσεως NA 0100S



Συσκευή κατηγορίας μέτρησης 250V CAT II

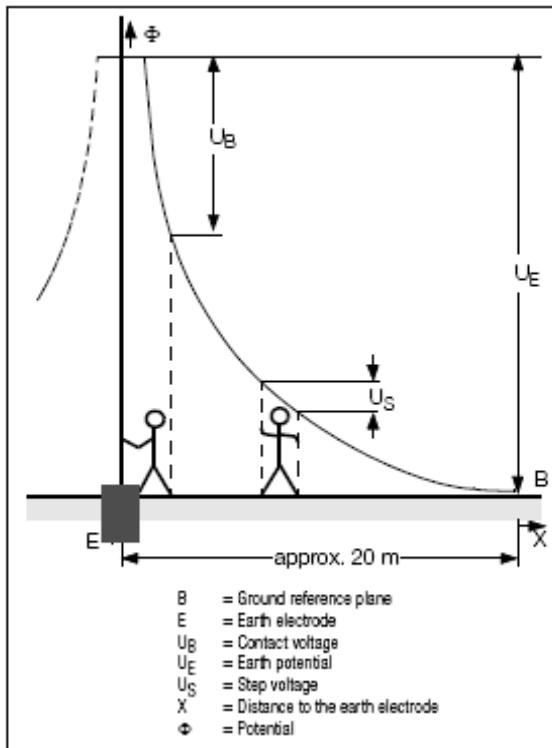


Μην πετάτε την συσκευή στα σκουπίδια. Επιπλέον πληροφορίες αναφορικά με την WEEE ένδειξη μπορούν ν' αναρτηθούν στην ιστοσελίδα www.gossenmetrawatt.com χρησιμοποιώντας τον όρο αναζήτησης "WEEE".

A.3 Ορολογία

Για την αποφυγή λανθασμένης ερμηνείας των όρων που χρησιμοποιούνται σ' αυτές τις οδηγίες χρήσεως οι πιο σημαντικοί ορισμοί δίνονται παρακάτω:

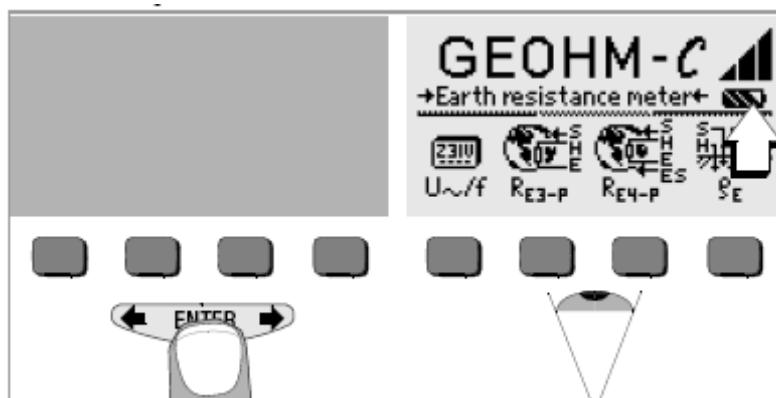
- **Γη:** Ένας όρος που χρησιμοποιείται για την αναφορά στον πλανήτη Γη όπως και για τη σύνδεση με τη γη μέσω αγωγού.
- **Πεδίο αναφοράς γείωσης:** Ζώνη του εδάφους εντός της οποίας δεν παρατηρείται αξιοσημείωτη διαφορά δυναμικού μεταξύ δύο σημείων εξ' αιτίας του ρεύματος της γείωσης. Ειδικότερα, ο όρος αναφέρεται στην επιφάνεια της γης που βρίσκεται έξω από την σφαίρα επιρροής του ηλεκτροδίου γειώσεως ή του συστήματος γειώσεως.
- **Ηλεκτρόδιο γείωσης:** Αγωγός ο οποίος βυθίζεται και βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος ή αγωγός ο οποίος εμβυθίζεται σε σκυρόδεμα που έχει μεγάλη επιφάνεια επαφής με τη γη (λόγου χάρη τα θεμέλια μιας οικοδομής).
- **Καλώδιο γείωσης:** Καλώδιο το οποίο χρησιμοποιείται για τη σύνδεση του συστήματος που πρέπει να γειωθεί με το ηλεκτρόδιο γείωσης και το οποίο τοποθετείται πάνω ή κάτω από το έδαφος εάν είναι μονωμένο.
- **Σύστημα γείωσης:** Ένα σύστημα συνδεδεμένων ηλεκτροδίων γείωσης που περιορίζεται σε μια συγκεκριμένη τοπική περιοχή ή άλλα μεταλλικά αντικείμενα που έχουν την ίδια λειτουργία (για παράδειγμα πέδιλα πύργων, οπλισμός σκυροδέματος, μεταλλικός μανδύας καλωδίων και λάμες γειώσεως.)
- **Γείώνω:** Συνδέω ένα ηλεκτρικά αγώγιμο αντικείμενο στη γη μέσω συστήματος γείωσης.
- **Γείωση:** Όλα τα μέσα και τα μέτρα στο σύνολό τους που απαιτούνται για τη γείωση ενός αντικειμένου.
- **Αντίσταση γείωσης R_E :** Η αντίσταση μεταξύ του συστήματος γείωσης και του πεδίου αναφοράς της γείωσης.
- **Αντίσταση χώματος R_E :** Η ηλεκτρική αντίσταση του χώματος συνήθως ορίζεται σαν $\Omega m^2/m = \Omega m$ και αναπαριστά την αντίσταση ενός κύβου γης που έχει ακμή 1 μέτρο.
- **Αντίσταση σκέδασης R_A :** Αντίσταση γείωσης μεταξύ του ηλεκτροδίου και του πεδίου αναφοράς της γείωσης. Σε ορισμένες περιπτώσεις η R_A θεωρείται ίση με την R_E .
- **Δυναμικό γείωσης U_E :** Πτώση τάσης μεταξύ του συστήματος γείωσης και του πεδίου αναφοράς της γείωσης (σχήμα A.3-1)
- **Τάση επαφής U_B :** Το μέρος του δυναμικού γείωσης που μπορεί να βραχυκυκλωθεί από τον άνθρωπο (σχήμα A.3-1), όπου το ρεύμα στο ανθρώπινο σώμα διανύει τη διαδρομή από το χέρι στο πόδι (οριζόντια απόσταση περίπου ενός μέτρου από το σημείο επαφής) ή από χέρι σε χέρι.
- **Τάση βήματος U_S :** Το μέρος του δυναμικού γείωσης που μπορεί να βραχυκυκλωθεί από τον άνθρωπο όταν η απόσταση μεταξύ των σημείων επαφής των ποδιών με το έδαφος είναι 1 μέτρο και το ρεύμα στο ανθρώπινο σώμα διανύει τη διαδρομή από πόδι σε πόδι (σχήμα A.3-1). Δεν έχουν οριστεί οριακές επιτρεπτές τιμές για την τάση βήματος.



Σχήμα Α3-1: Δυναμικό γείωσης-ηλεκτροδίου με ρευματοδοτούμενο αγωγό γείωσης

A. 4 Αρχική ενεργοποίηση

A.4.1 Ενεργοποίηση και Απενεργοποίηση του Οργάνου



Το όργανο μπορεί να ενεργοποιηθεί πατώντας οποιοδήποτε πλήκτρο ενώ απενεργοποιείται χειροκίνητα με την ταυτόχρονη διαρκή πίεση των δύο εξωτερικών πλήκτρων.

A. 4.2 Έλεγχος Μπαταρίας

Πέντε υποδιαιρέσεις εσωτερικά του συμβόλου της μπαταρίας, που κλιμακώνονται από την εκφορτισμένη έως την πλήρως φορτισμένη κατάσταση, συμβολίζουν διαρκώς στο κύριο μενού την παρούσα κατάσταση της μπαταρίας.

A. 4.3 Τοποθέτηση και Αντικατάσταση Μπαταριών

Νέες μπαταρίες θα πρέπει να τοποθετούν πριν την αρχική ενεργοποίηση ή όταν στο σύμβολο της μπαταρίας παραμείνει μία μόνο από τις πέντε υποδιαιρέσεις της κατάστασης μπαταριών.



Προσοχή!

Το όργανο θα πρέπει να αποσυνδεθεί εντελώς από το κύκλωμα μέτρησης πριν ανοιχτεί ο χώρος των μπαταριών.

Για το GEOHM® C απαιτούνται 4 μικρές μπαταρίες του 1,5 volt σύμφωνα με τους IEC LR14 κανονισμούς. Χρησιμοποιήστε μόνο αλκαλικές μπαταρίες. Επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν επαναφορτιζόμενες μπαταρίες NiCd ή NiMH.

Ανατρέξτε στο κεφάλαιο 8.2 για περισσότερες λεπτομέρειες αναφορικά με το κύκλο φόρτισης και το βύσμα φόρτισης.

Μην χρησιμοποιείτε καινούριες μαζί με μεταχειρισμένες μπαταρίες. Πετάξτε τις παλιές μπαταρίες σε εξειδικευμένους κάδους απόρριψης.

- Χαλαρώστε τις δύο βίδες που βρίσκονται στο κάλυμμα της θήκης των μπαταριών στο πίσω μέρος του οργάνου και αφαιρέστε το κάλυμμα.
- Τοποθετήστε τέσσερις μικρές μπαταρίες των 1,5V αφού σιγουρευτείτε για τη φορά των πόλων με τη βοήθεια των συμβόλων.
- Επανατοποθετήστε το κάλυμμα και σφίξτε τις βίδες.



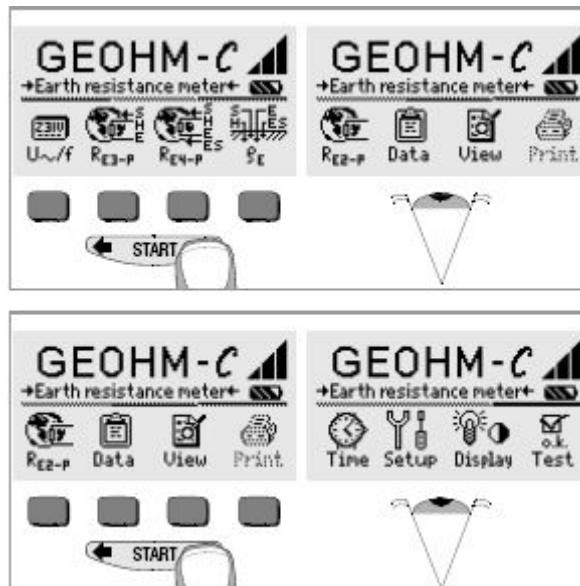
Προσοχή!

Μην θέτετε το όργανο σε λειτουργία εάν το κάλυμμα της θήκης των μπαταριών δεν είναι τοποθετημένο και σωστά βιδωμένο.

A. 4.4 Επιπλέον Γλώσσες για τον Χειρισμό του Οργάνου

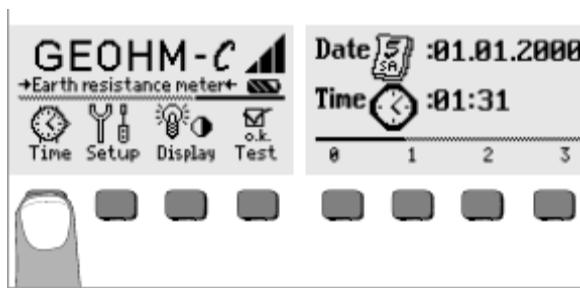
Επιπλέον γλώσσες για τον χειρισμό του οργάνου, εκτός απ' αυτές που συμπεριλαμβάνονται στο λογισμικό του, μπορούν να φορτωθούν με ενημέρωση αυτού. Ζητήστε τη λίστα των διαθέσιμων γλωσσών. Όλες οι διαθέσιμες γλώσσες προτείνονται για επιλογή με την εγκατάσταση του WinProfi (βλ. κεφάλαιο A.4.5).

A. 4.5 Επιλογή Μενού και Βασικές Παραμετροποιήσεις



Πιέστε το ⇐ ή το ⇒ πλήκτρο για να απεικονιστεί η επιθυμητή λειτουργία μέτρησης, οι επιθυμητές ρυθμίσεις της συσκευής ή οι λειτουργίες που αφορούν τη βάση δεδομένων.

Πύθμιση του Ρολογιού

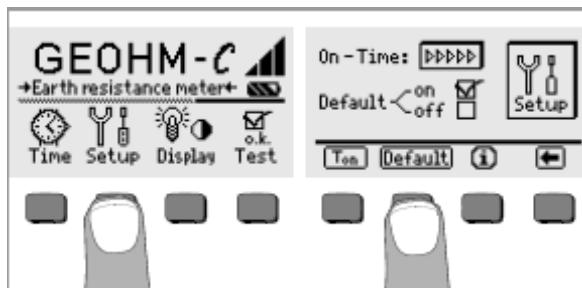


- Ενεργοποιήστε το πλήκτρο Time
- Ο κέρσορας εμφανίζεται στο πρώτο ψηφίο της ημερομηνίας. Εισάγετε τον επιθυμητό αριθμό με ένα από τα πλήκτρα. Αριθμοί που δεν εμφανίζονται μπορούν ν' απεικονιστούν με τη βοήθεια του ⇐ ή του ⇒ πλήκτρου. Κάθε φορά που ένας αριθμός επιλέγεται ο κέρσορας μετακινείται στην επόμενη θέση στα δεξιά.

- Η ημερομηνία και ώρα καταχωρούνται με την εισαγωγή του τελευταίου αριθμού.
- Επιστρέφετε στο κυρίως μενού πατώντας το πλήκτρο START και οι νέες ρυθμίσεις ενεργοποιούνται.

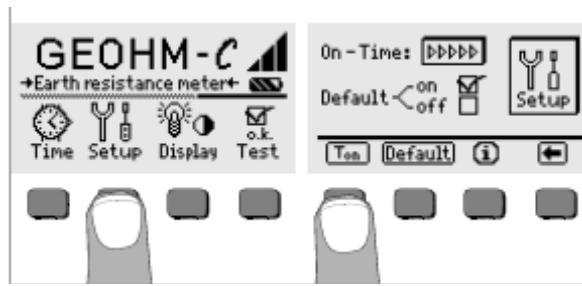
Προεπιλεγμένες Ρυθμίσεις – Τελευταίες Ρυθμίσεις

Μπορεί να γίνει μια επιλογή εδώ για το εάν τα μενού θα απεικονιστούν σύμφωνα με τις προεπιλεγμένες ρυθμίσεις ή εάν θα απεικονιστούν σύμφωνα με τις τελευταίες ρυθμίσεις.



- Πιέστε το πλήκτρο Setup
- Πιέστε το πλήκτρο Default εάν είναι απαραίτητο:
- On ✓ Rυθμίσεις όπως η T_{on} (2 δευτερόλεπτα) επανέρχονται στις προεπιλεγμένες τιμές όταν το όργανο ενεργοποιείται
- Off ✓ Οι τελευταίες ρυθμίσεις παραμένουν ενεργές όταν το όργανο ενεργοποιηθεί.
- Βγείτε από το μενού του Setup πατώντας το πλήκτρο ⇐

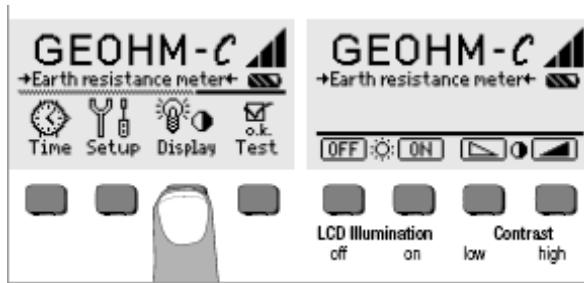
Ρύθμιση On-Time, Χειροκίνητη Απενεργοποίηση.



Πιέστε το πλήκτρο Setup

- Πιέστε το πλήκτρο T_{on} και έπειτα τα πλήκτρα 10sec, 20sec, 30sec ή 60sec αναλόγως την επιθυμητή διάρκεια μετά την οποία το όργανο ελέγχου θα σβήσει αυτόματα. Επιπρόσθετες επιλογές ρυθμίσεων μπορούν ν' απεικονιστούν ενεργοποιώντας την μπάρα κύλισης με το πλήκτρο ⇐ ή το ⇒. Εάν η ρύθμιση “>>>” επιλεγεί δεν πραγματοποιείται η αυτόματη απενεργοποίηση. Η συγκεκριμένη ρύθμιση επηρεάζει σημαντικά την διάρκεια ζωής της μπαταρίας.
- Βγείτε στο κυρίως μενού πατώντας το πλήκτρο ⇐.

Φωτισμός και Αντίθεση Οθόνης

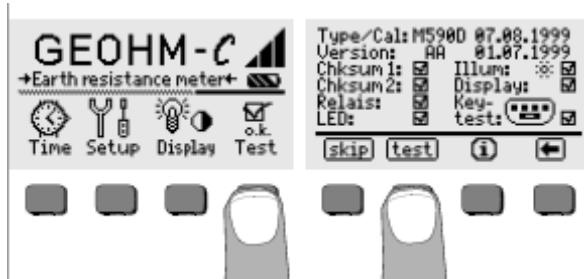


- Πιέστε το πλήκτρο Display
- Για να παρατείνετε τη ζωή της μπαταρίας ο φωτισμός της οθόνης μπορεί να απενεργοποιηθεί εντελώς. Πιέστε το αντίστοιχο πλήκτρο off.

Εάν ο φωτισμός της LCD οθόνης είναι ενεργοποιημένος (on) απενεργοποιείται αυτόματα μετά από μερικά δευτερόλεπτα αδράνειας για την παράταση της ζωής της μπαταρίας. Ο φωτισμός ενεργοποιείται πάλι με την πίεση οποιουδήποτε πλήκτρου.

- Η αντίθεση μπορεί να ρυθμιστεί μέσω των αντίστοιχων πλήκτρων στα δεξιά.
- Επιστρέφετε στο κύριο μενού πατώντας το πλήκτρο START και οι επιλεγμένες ρυθμίσεις ενεργοποιούνται.

Αυτοέλεγχος



- Ο αυτοέλεγχος ενεργοποιείται από το κύριο μενού πατώντας το πλήκτρο Test. Το τεστ αυτό έχει διάρκεια μερικών λεπτών.

Οι παρακάτω πληροφορίες απεικονίζονται σε δύο στήλες:

Type/Cal: Τύπος συσκευής/ ημερομηνία τελευταίας παραμετροποίησης

Version: Έκδοση λογισμικού και ημερομηνία διάθεσης

Έλεγχοι για καταστάσεις Chksum μέσω LED λαμβάνουν χώρα αυτόματα και διαδοχικά ενώ τσεκάρονται με √ αν είναι εντάξει ή με μια οριζόντια παύλα σε περίπτωση σφάλματος.

Chksum 1/2: Απεικόνιση κατάστασης για εσωτερικό έλεγχο (κάθε τεστ πρέπει να ολοκληρωθεί με ένα σημάδι τσεκ). Εάν όχι, το συγκεκριμένο όργανο μέτρησης και ελέγχου δεν πρέπει να χρησιμοποιηθεί.
Παρακαλείστε να επικοινωνήσετε με το κέντρο υπηρεσιών μας σε αυτή την περίπτωση.

Relays: Κάθε ηλεκτρονόμος ενεργοποιείται δύο φορές.

LED: Τα RH/RH και LIMIT LED αναβοσβήνουν το καθένα δύο φορές με κόκκινο φως και τα Netz/Mains LED αναβοσβήνουν δύο φορές με πράσινο και δύο φορές με κόκκινο φως. Η U_{noise} ενδεικτική λυχνία αναβοσβήνει δύο φορές με κόκκινο φως.

Όταν οι έλεγχοι στην αριστερή στήλη έχουν ολοκληρωθεί οι ακόλουθοι έλεγχοι πρέπει να ενεργοποιηθούν από τον χρήστη.

- **Illum:** Πιέστε το πλήκτρο Test δύο φορές για να ενεργοποιήσετε ή να απενεργοποιήσετε το φωτισμό της οθόνης.
- **Display:** Πιέστε το πλήκτρο Test έπειτα από κάθε απεικόνιση των συμβόλων ελέγχου για τον έλεγχο των στοιχείων απεικόνισης.
- **Keytest:** Εκτελέστε τον έλεγχο των πλήκτρων πιέζοντας κάθε πλήκτρο μια φορά και πιέζοντας το πλήκτρο Start μια φορά σε καθεμία από τις τρεις θέσεις του. Τα πλήκτρα εμφανίζονται συμπληρωμένα στο εικονόγραμμα των πλήκτρων αφού αυτά έχουν ελεγχθεί.

Μπορείτε να παραλείψετε τους μεμονωμένους ελέγχους πιέζοντας το πλήκτρο skip. Οι αντίστοιχοι έλεγχοι σημειώνονται με μια οριζόντια παύλα όπως συμβαίνει και στη περίπτωση των ελέγχων που διαπιστώνουν σφάλμα.

A.4.6 “Κατέβασμα” Αρχείων Ενημέρωσης Λογισμικού, Διαχείριση Δεδομένων Αναφοράς.

Εάν χρειαστείτε ένα ενημερωμένο λογισμικό για όργανο ελέγχου μπορείτε να το “κατεβάσετε” με τη βοήθεια του WinProfi PC. Τα αρχεία δεδομένων με την επιθυμητή έκδοση του λογισμικού μεταφέρονται στο όργανο ελέγχου μέσω διαδοχικών εντολών. Η μέχρι πρότινος εγκατεστημένη γλώσσα διαγράφεται.

Σημείωση

Το συγκεκριμένο λογισμικό περιλαμβάνει όλες τις λειτουργίες που απαιτούνται για την επικοινωνία μεταξύ GEOHM C και του PC. Μια περιγραφή του προγράμματος συμπεριλαμβάνεται στο on-line εγχειρίδιο του χρήστη το οποίο μπορεί ν' ανακληθεί μέσω του WinProfi.

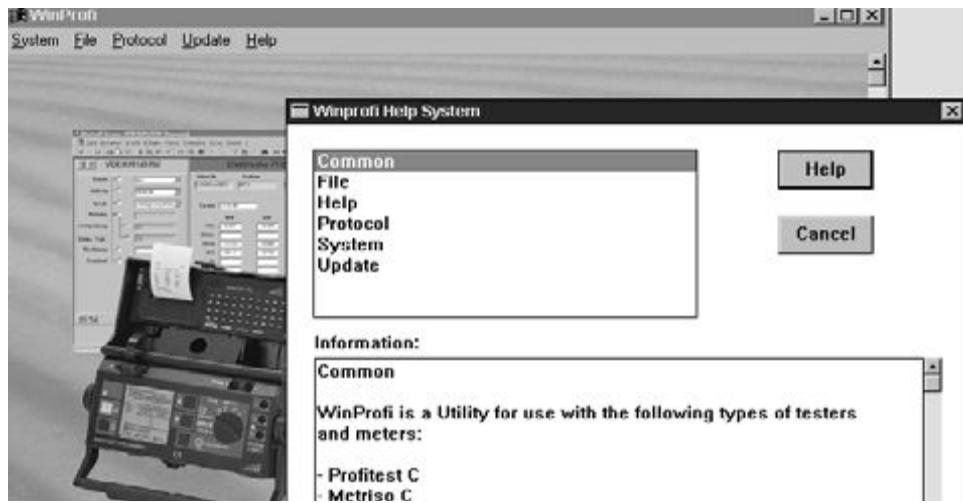


A.Εγκατάσταση του WinProfi στο PC και Εκκίνηση του Προγράμματος

- Αρχικά εγκαταστήστε το λογισμικό στο PC. Τοποθετήστε το CD στο CD drive, για παράδειγμα στο drive E. Εκτελέστε το αρχείο **E:\GMCDEMO**
- Κάντε κλικ στο εικονίδιο της σφαίρας.
- Ακολουθήστε τις οδηγίες που εμφανίζονται στην οθόνη. Το πρόγραμμα προστίθεται στο μενού START του PC μετά την εγκατάσταση.
- Προχωρήστε στη σύνδεση του PC σας με το GEOHM C όργανο ελέγχου, χρησιμοποιώντας το βύσμα μετατροπής IrDa-USB
- Εκκινήστε το WinProfi.
- Ενεργοποιήστε το όργανο ελέγχου.
- Ρυθμίστε την περίοδο on-time στο GEOHM C όργανο στη τιμή “>>>>” έτσι ώστε έχετε στη διάθεσή σας αρκετό χρόνο για την παραμετροποίηση στο WinProfi πριν το όργανο ελέγχου απενεργοποιηθεί αυτόματα.(βλ. κεφ. A.4.5).

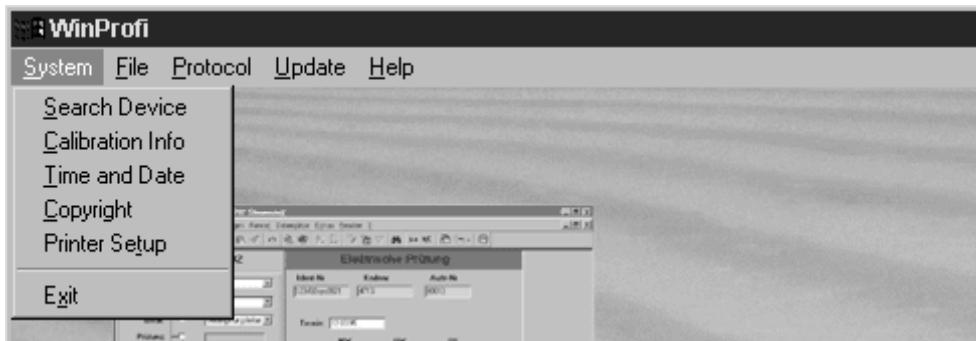
Απεικόνιση ή εκτύπωση του on-line εγχειριδίου χρήστη.

Το on-line εγχειρίδιο περιέχει πληροφορίες που αφορούν το λογισμικό και που δεν περιλαμβάνονται σ' αυτές τις οδηγίες χρήσης.



Β.Αναγκαίες Προϋποθέσεις για Ενημέρωση Λογισμικού και Ανταλλαγή Δεδομένων

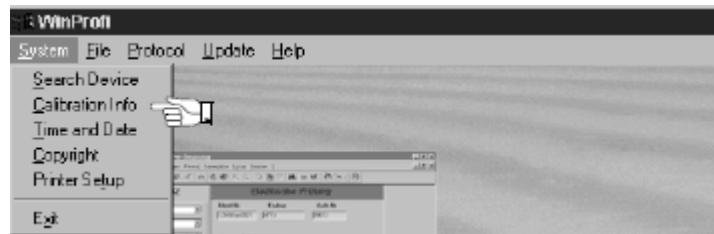
- Βρείτε το πρωτόκολλο στο οποίο το GEOHM C είναι συνδεδεμένο.



Σημείωση

Πάντοτε να εκκινείτε αυτή την λειτουργία πριν την εκτέλεση μιας ενημέρωσης ή πριν την αλλαγή πινάκων αναφορών. Μετά την εκκίνηση της λειτουργίας το WinProfi φορτώνει τα αρχεία αναφοράς που απαιτούνται συγκεκριμένα για το συνδεδεμένο όργανο. Επειδή το WinProfi έχει δημιουργηθεί για να συνεργάζεται με αρκετούς τύπους οργάνων ελέγχου μπορεί να φορτωθούν λανθασμένες αναφορές ελέγχου ή να είναι πλέον διαθέσιμες εσφαλμένες επιλογές σε περίπτωση μη συμμόρφωσης με τα παραπάνω.

- Αναζητήστε πληροφορίες σχετικά με την παρούσα έκδοση λογισμικού.



Γ. Μεταφορά Ενημερώσεων του Λογισμικού στο Όργανο Ελέγχου



- PC: Επιλέξτε την λειτουργία Update all από το μενού Update. Ακολουθήστε τις οδηγίες που εμφανίζονται στην οθόνη. Ανάλογα με την ισχύ του υπολογιστή η μεταφορά διαρκεί από 1 έως 2 λεπτά.

To NETZ/MAINS LED του GEOHM C οργάνου ελέγχου ανάβει πράσινο και υποδεικνύει ότι το όργανο είναι έτοιμο για τη λήψη δεδομένων. Εάν το PC και το όργανο ελέγχου είναι σωστά συγχρονισμένα το ίδιο LED γίνεται κίτρινο. Κατά τη διάρκεια των διαδικασιών προγραμματισμού το LIMIT και το $R_S > max / R_H > max$ LED ανάβουν κίτρινα εναλλάξ. Κατά την ολοκλήρωση της μεταφοράς των δεδομένων το NETZ/MAINS LED ανάβει για λίγο πράσινο και τελικά όλα τα LED σβήνουν.

Το μήνυμα “Transmission” εμφανίζεται στην οθόνη του υπολογιστή.



Προσοχή!

Κατά τη διάρκεια της μεταφοράς των δεδομένων το όργανο σε καμία περίπτωση δεν πρέπει να απενεργοποιηθεί ή η σύνδεση μεταξύ του οργάνου και του PC να διακοπεί.

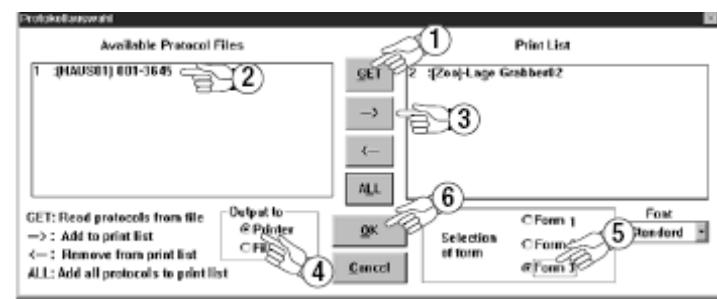
Δ. Διαχείριση Αρχείων Μεταφοράς

- Συνδέστε το GEOHM C όργανο ελέγχου με το PC σας μέσω του βύσματος μετατροπής IrDa-USB.
- Εκκινήστε το WinProfi.
- Ενεργοποιήστε το όργανο ελέγχου.
- Ρυθμίστε την περίοδο on-time του GEOHM C στη τιμή “>>>>” έτσι ώστε να έχετε στη διάθεσή σας αρκετό χρόνο για την παραμετροποίηση των ρυθμίσεων στο WinProfi προτού το όργανο απενεργοποιηθεί αυτόματα (βλ. κεφάλαιο A.4.5.).

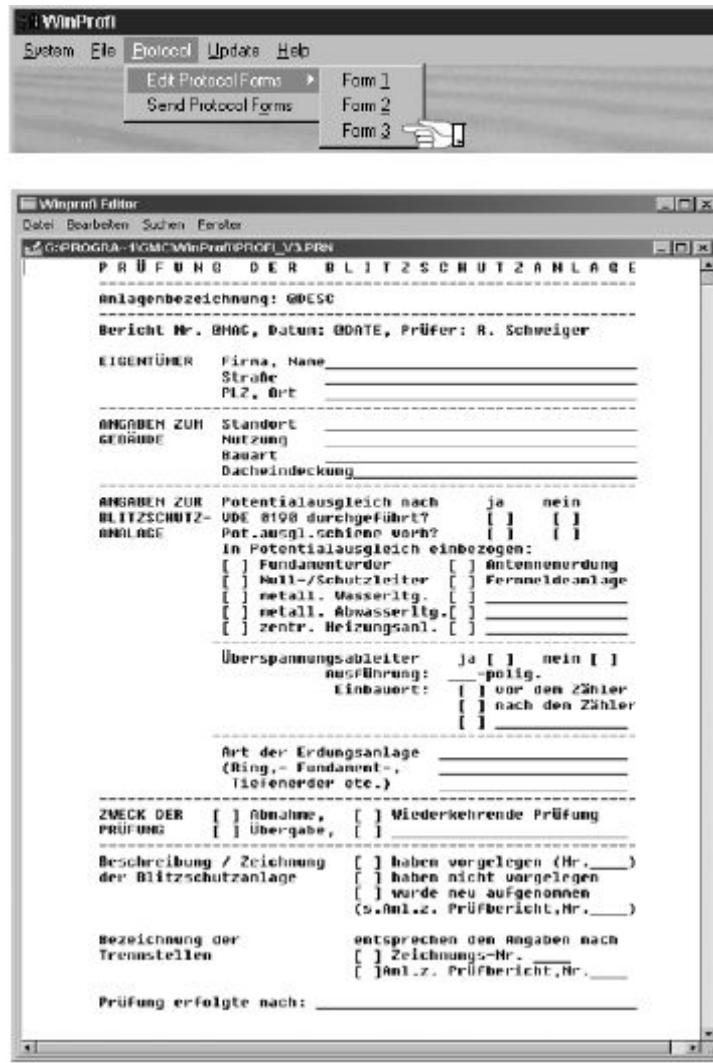
- Στείλτε ή λάβετε ένα αρχείο δεδομένων



- Εκτυπώστε δεδομένα



- Επεξεργαστείτε ή μεταφέρετε πίνακες αναφορών.



A.5 Λειτουργία

A.5.1 Λειτουργίες απεικόνισης

Τα ακόλουθα αντικείμενα απεικονίζονται στην LCD οθόνη:

- Μετρούμενες τιμές με συντεταμμένους ορισμούς και μονάδες μέτρησης.
- Η επιλεγμένη λειτουργία
- Μηνύματα σφαλμάτων

Κατά τη διάρκεια των διαδικασιών μέτρησης που εκτελούνται αυτόματα οι μετρούμενες τιμές αποθηκεύονται και απεικονίζονται σε ψηφιακή μορφή μέχρι την έναρξη των επόμενων διαδικασιών μέτρησης ή μέχρι την αυτόματη απενεργοποίηση του οργάνου.

Εάν το ανώτατο όριο της κλίμακας μέτρησης ξεπεραστεί τότε το ανώτατο όριο εμφανίζεται στην οθόνη ακολουθούμενο από το σύμβολο “>” (μεγαλύτερο από) για να δείξει την κατάσταση αυτής της υπέρβασης.



Προσοχή!

Οι μετρήσεις της αντίστασης της γείωσης δεν είναι αξιόπιστες εάν οποιαδήποτε από τις ακόλουθες απεικονίσεις υποδεικνύει την ύπαρξη σφάλματος πριν ή κατά την διάρκεια της μέτρησης ή εάν ενεργοποιηθεί η ένδειξη της χαμηλής μπαταρίας.

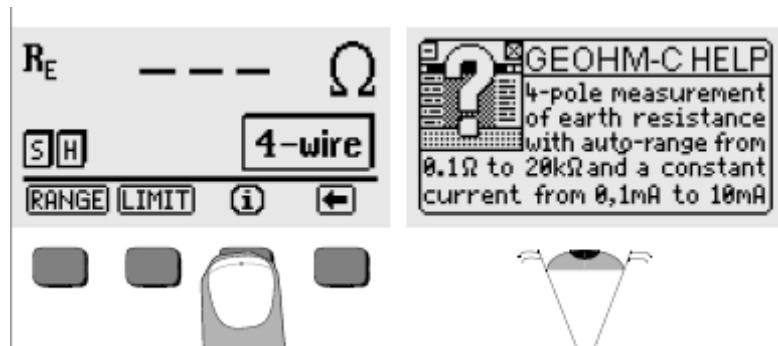
Λειτουργίες των LED

<i>LED που ανάβει κόκκινο</i>	<i>Λειτουργία μέτρησης</i>	<i>Σημασία</i>	<i>Διόρθωση</i>
<i>Ustor/Unoise</i>	<i>Τάση θορύβου</i>	Η τάση θορύβου στο προς μέτρηση έδαφος υπερβαίνει την μεγιστηριακή τιμή που μπορεί να αντισταθμιστεί από το γειωσόμετρο.	Αναμένετε μέχρι να εξαλειφθεί η τάση του θορύβου από μόνη της ή εισχωρήστε την ακίδα ελέγχου σε διαφορετικό σημείο
<i>Netz/Mains</i>	<i>Τάση</i>	<i>Τάση γραμμής παρούσα</i>	
<i>Limit</i>	<i>Αντίσταση γείωσης</i>	Η Re είναι μεγαλύτερη από την επιλεγμένη οριακή τιμή	Ελέγξτε την οριακή τιμή, βελτιώστε τη γείωση
<i>R_s/max</i>	<i>Αντίσταση βύσματος κατά την διάρκεια της ενεργοποίησης</i>	Η αντίσταση υπερβαίνει τα όρια στο εξωτερικό κύκλωμα ρεύματος. Αιτία: Ανοιχτό κύκλωμα, κακή σύνδεση μεταξύ του καλωδίου μέτρησης και του βοηθητικού ηλεκτροδίου γείωσης ή υψηλή αντίσταση του εδάφους πλησίον του βοηθητικού ηλεκτροδίου γείωσης	- Επανατοποθετήστε την ακίδα - Βρέξτε το χώμα γύρω από το βοηθητικό ηλεκτρόδιο γείωσης - Χρησιμοποιήστε μία βοηθητική ακίδα
<i>R_h/max</i>	<i>Αντίσταση βοηθητικού ηλεκτροδίου γείωσης</i>	<i>Ομοια με R_s/max</i>	<i>Ομοια με R_s/max</i>

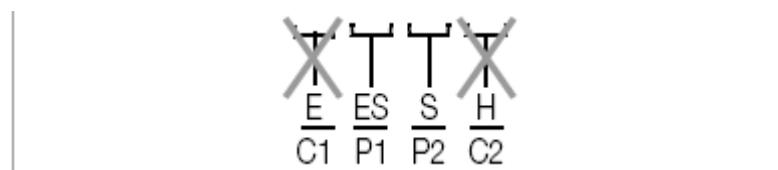
A.5.2 On-line Βοήθεια

Κατάλληλα on-line κείμενα βοήθειας μπορούν να απεικονιστούν στην LCD οθόνη για κάθε λειτουργία και υπολειτουργία της εφόσον η αντίστοιχη λειτουργία έχει επιλεγεί στο ανάλογο μενού.

- Πιέστε το ! πλήκτρο για αναζήτηση on-line βοήθειας. Πιέστε οποιοδήποτε πλήκτρο για να βγείτε από τη λειτουργία βοήθειας.



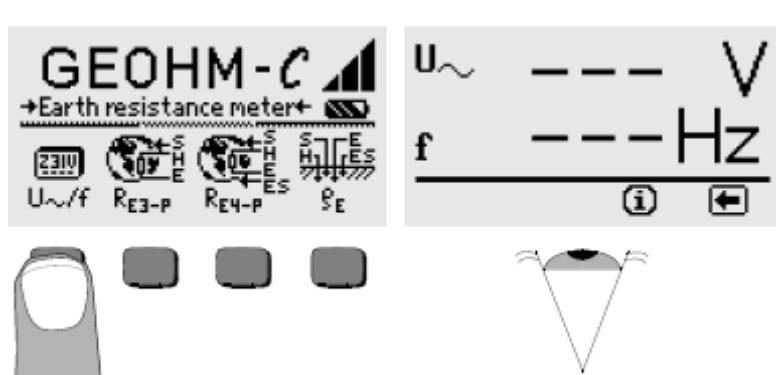
A.5.3 Μέτρηση Τάσης



Προσοχή!

Κατά τη διάρκεια της μέτρησης τάσης δεν πρέπει να συνδεθεί καμία συσκευή στις υποδοχές E ή H (C₁ και C₂ αντίστοιχα).

Η μέτρηση τάσης μεταξύ των υποδοχών S και E/S αρχίζει αυτόματα με την επιλογή της λειτουργίας “μέτρηση τάσης”. Η εναλλαγή AC και DC πραγματοποιείται αυτόματα. Το ίδιο ισχύει και για την ένδειξη των πόλων της συνεχούς τάσης.

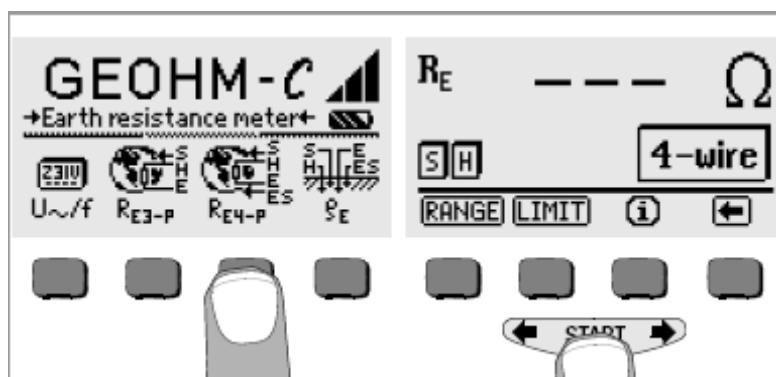


- Πιέστε το πλήκτρο για να επιστρέψετε στο αρχικό μενού.

A.5.4 Γενικά για τις Μετρήσεις της Αντίστασης Γειώσεων

Εκτελέστε τις μετρήσεις σύμφωνα με τα παρακάτω αφού πραγματοποιήσετε το κύκλωμα μέτρησης όπως περιγράφεται στις ακόλουθες παραγράφους:

- Για να επιλέξετε τον επιθυμητό τύπο μέτρησης πιέστε το R_{E3-P} πλήκτρο για τριπολική ή το R_{E4-P} πλήκτρο για τετραπολική μέτρηση αντίστασης γείωσης ανάλογα με το στήσιμο του κυκλώματος γείωσης.



- Πιέστε το πλήκτρο START για την έναρξη της μέτρησης
- Διαβάστε την μετρούμενη τιμή
- Ελέγξτε μήπως κάποια σφάλματα έχουν επισημανθεί μέσω των λειτουργιών απεικόνισης που περιγράφονται παραπάνω.
- Διορθώστε όποια επισημασμένα σφάλματα και αρχίστε τη μέτρηση από την αρχή.

A.5.4.1 Προσδιορισμός της Κλίμακας Μέτρησης – Λειτουργία RANGE

Αυτόματη επιλογή κλίμακας μέτρησης

Εάν χρησιμοποιείται η αυτόματη επιλογή κλίμακας μέτρησης το όργανο επιλέγει το μέγιστο δυνατό ρεύμα που είναι ικανό να μεταφέρει από το ηλεκτρόδιο γείωσης στο βοηθητικό ηλεκτρόδιο γείωσης. Αυτό είναι συνεχές ρεύμα με συχνότητα τετραγωνικού παλμού 128 Hz. Δυνατές είναι οι ακόλουθες τιμές ρεύματος και οι μετρούμενες τιμές αντίστασης.

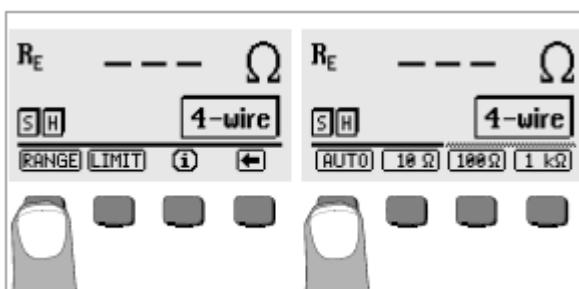
Συνεχές Ρεύμα	Κλίμακα Μέτρησης Αντίστασης
10 mA	0,01...19,99Ω
1 mA	0,1...199,9Ω
100 μA	1Ω...1,999kΩ
10 μA	10Ω...19,99kΩ

Σημείωση

Εάν ηλεκτρόλυση ενός μόνο Ohm λαμβάνει χώρα σε μια αντίσταση γείωσης, για παράδειγμα ενός Ohm, τότε η αντίσταση μεταξύ του κύριου και του βοηθητικού ηλεκτροδίου γείωσης είναι τόσο μεγάλη έτσι ώστε το μέγιστο δυνατό μετρούμενο ρεύμα είναι μόνο 100 μΑ. Σε αυτή την περίπτωση προτείνεται να τοποθετήσετε το βοηθητικό ηλεκτρόδιο βαθύτερα στο έδαφος ή να ρίξετε ένα δοχείο αλατόνερο πάνω στο βοηθητικό ηλεκτρόδιο γείωσης (αποτελεσματικό σε στεγνό χώμα). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της αντίστασης του βοηθητικού ηλεκτροδίου με συνέπεια να άγεται μεγαλύτερο προς μέτρηση ρεύμα. Η αντίσταση του βύσματος είναι λιγότερο ουσιαστική για την διεξαγωγή της μέτρησης αν και θα βρέξει το βρέξιμο του χώματος σε περιπτωση που είναι ξερό. Η αντίσταση της γείωσης δεν επηρεάζεται από τις παραπάνω ενέργειες. Παρόλα ταύτα το κύριο ηλεκτρόδιο γείωσης δε πρέπει να το βρέξετε καθώς έτσι οι μετρήσεις σας θα αφορούν μόνο τις πιο ευνοϊκές συνθήκες.

Χειροκίνητη επιλογή κλίμακας μέτρησης

Κατά κανόνα δεν θα χρειαστεί να χρησιμοποιήσετε την χειροκίνητη επιλογή κλίμακας μέτρησης εκτός και αν δεν απεικονίζεται καμία μετρούμενη τιμή ή εάν στην αυτόματη επιλογή προκύπτουν μετρούμενες τιμές που αυξομειώνονται συνεχώς. Σε σπάνιες περιπτώσεις, εξωτερικά επιβαλλόμενες παρασιτικές τάσεις καθιστούν αδύνατη την αυτόματη εύρεση μιας κατάλληλης κλίμακας μέτρησης οπότε και οδηγούμαστε σε συνεχή μηνύματα σφάλματος. Σ' αυτές τις περιπτώσεις η κατάλληλη κλίμακα μέτρησης επιλέγεται χειροκίνητα. Παρόλα ταύτα οι υπερβολικά μεγάλες διακυμάνσεις στην αντίσταση της γείωσης μπορούν να εξαλειφθούν μόνο με την μετακίνηση του σημείου μέτρησης σε διαφορετική τοποθεσία.



- Πιέστε το πλήκτρο RANGE.
- Επιλέξτε την κατάλληλη κλίμακα μέτρησης
- Αρχίστε την μέτρηση όπως περιγράφεται παραπάνω.

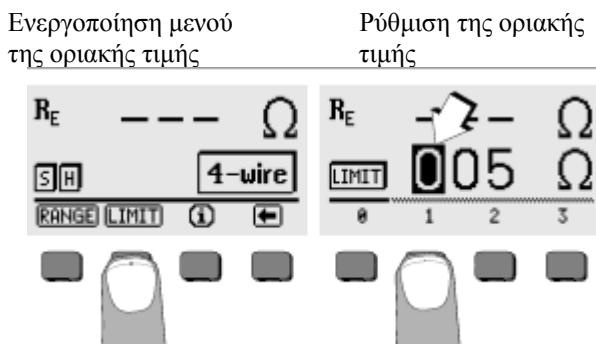
Σημείωση

Όταν επιλέγετε χειροκίνητα την κλίμακα μέτρησης θα πρέπει να λάβετε υπ' όψιν ότι για να είναι οι μετρούμενες τιμές έγκυρες πρέπει να αποτελούν τουλάχιστον το 5% του ανώτατου ορίου της κλίμακας (εκτός από την κλίμακα των $10\ \Omega$).

Η κλίμακα μέτρησης μπορεί να τεθεί χειροκίνητα μέχρι την τιμή των $50\ k\Omega$.

A.5.4.2 Ρύθμιση Οριακής Τιμής – Λειτουργία LIMIT

Εάν χρειαστεί μπορεί να επιλεχθεί μια οριακή τιμή αντίστασης γείωσης R_E πατώντας το πλήκτρο LIMIT. Εάν οι μετρούμενες τιμές υπερβούν αυτή την οριακή τιμή το κόκκινο LIMIT LED ανάβει.



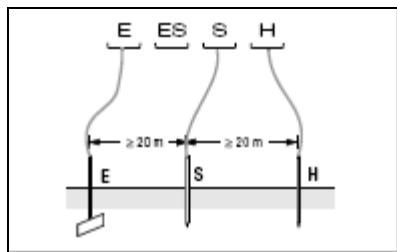
Ρύθμιση Οριακής τιμής

Σχηματίστε την επιθυμητή ψηφιακή τιμή καθώς και την θέση της υποδιαστολής με την βοήθεια των πλήκτρων \Leftarrow και \Rightarrow και επιλέξτε την τιμή αυτή με το αντίστοιχο πλήκτρο. Ο κέρσορας μετά από κάθε επιλογή μετακινείται μια θέση προς τα αριστερά. Αφού οι είσοδοι έχουν οριστεί και για τις τρεις θέσεις και αφού έχει επιλεγεί η μονάδα μέτρησης είτε σε Ω είτε σε $k\Omega$ το παράθυρο εισόδου κλείνει αυτόματα. Ο κέρσορας μπορεί να μετακινηθεί κατά μια θέση προς τα δεξιά ή το παράθυρο εισόδου μπορεί να κλείσει κατά την διάρκεια εισόδου των δεδομένων πιέζοντας το πλήκτρο \Rightarrow . Η επιλεγμένη οριακή τιμή σώζεται αυτόματα στην μνήμη όταν το παράθυρο εισόδου κλείνει.

A.5.5 Μέτρηση Αντίστασης Γείωσης.

A.5.5.1 Εγκατάσταση Κυκλώματος Μέτρησης, Οδηγίες Μέτρησης

3-πολική σύνδεση



Σχήμα A.5.5.1-1: Μέτρηση Αντίστασης Γείωσης με μια τριπολική εγκατάσταση ελέγχου

- Τοποθετήστε το βύσμα τουλάχιστον 20 μέτρα από το βοηθητικό ηλεκτρόδιο γείωσης και τουλάχιστον 40 μέτρα από το κύριο ηλεκτρόδιο γείωσης (βλ. σχήμα A.5.5.1-1).
- Σιγουρευτείτε ότι η αντίσταση επαφής μεταξύ του βύσματος και του χώματος δεν είναι πολύ μεγάλη.
- Στην περίπτωση της τριπολικής εγκατάστασης ελέγχου το ηλεκτρόδιο γείωσης συνδέεται στην υποδοχή “E” του οργάνου ελέγχου μέσω ενός καλωδίου μέτρησης, το βύσμα συνδέεται στην υποδοχή “S” και το βοηθητικό ηλεκτρόδιο γείωσης συνδέεται στην υποδοχή “H”.
- Πιέστε το πλήκτρο R_{E3-P} για την επιλογή της τριπολικής σύνδεσης.

Η αντίσταση του καλωδίου που συνδέει το ηλεκτρόδιο γείωσης με το όργανο έχει άμεση επίδραση στα αποτελέσματα των μετρήσεων.

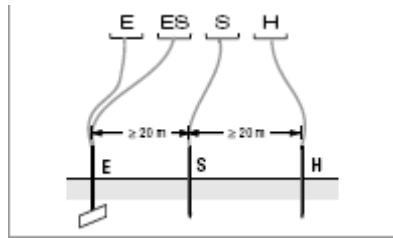
Για την ελαχιστοποίηση του σφάλματος που προκαλείται από την αντίσταση των καλωδίων μέτρησης θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί ένα βραχύ καλώδιο με μεγάλο συνδετικό τμήμα για την σύνδεση του ηλεκτροδίου γείωσης στην υποδοχή “E” στις μετρήσεις που πραγματοποιούνται με τριπολική εγκατάσταση. Η αντίσταση του συνδετικού καλωδίου μπορεί να μετρηθεί με την διπολική μέθοδο. (βλ. κεφάλαιο A.5.7)

Σημείωση

Τα καλώδια μέτρησης πρέπει να είναι καλά μονωμένα για να αποφευχθεί η απώλεια σήματος. Για να ελαττωθεί η αλληλεπαγωγή στο ελάχιστο τα καλώδια μέτρησης δεν πρέπει ούτε να διασταυρώνονται ούτε να είναι παράλληλα για μεγάλες αποστάσεις.

Η μέτρηση διεξάγεται όπως περιγράφεται στο κεφάλαιο A.5.4.

4-πολική Σύνδεση



Σχήμα A.5.5.1-2: Μέτρηση Αντίστασης Γείωσης με 4-πολική Εγκατάσταση Ελέγχου

Η 4-πολική σύνδεση χρησιμοποιείται όταν η αντίσταση του καλωδίου μεταξύ του ηλεκτροδίου γείωσης και του οργάνου ελέγχου είναι εξαιρετικά μεγάλη.

- Τοποθετήστε το βύσμα τουλάχιστον 20 μέτρα και το βοηθητικό ηλεκτρόδιο γείωσης τουλάχιστον 40 μέτρα από το κύριο ηλεκτρόδιο γείωσης (βλ. σχήμα A.5.5.1-2).
- Σιγουρεύετε ότι η αντίσταση επαφής μεταξύ του βύσματος και του χώματος δεν είναι πολύ μεγάλη.
- Το ηλεκτρόδιο γείωσης συνδέεται στις υποδοχές “E” και “ES” με ξεχωριστά καλώδια για 4-πολική σύνδεση, το βύσμα συνδέεται στην υποδοχή “S” και το βοηθητικό ηλεκτρόδιο γείωσης συνδέεται στην υποδοχή “H”.
- Πιέστε το πλήκτρο R_{E4-P} για την επιλογή της 4-πολικής σύνδεσης.

Η αντίσταση του καλωδίου μεταξύ του ηλεκτροδίου γείωσης και της υποδοχής “E” του οργάνου δεν επηρεάζει την μέτρηση σε αυτή την εγκατάσταση ελέγχου.

Σημείωση

Τα καλώδια μέτρησης πρέπει να είναι καλά μονωμένα για να αποφευχθεί η απώλεια σήματος. Για να ελαττωθεί η αλληλεπαγωγή στο ελάχιστο τα καλώδια μέτρησης δεν πρέπει ούτε να διασταυρώνονται ούτε να είναι παράλληλα για μεγάλες αποστάσεις.

Η μέτρηση διεξάγεται όπως περιγράφεται στο κεφάλαιο A.5.4.

Καμπύλη Δυναμικού

Η κατάλληλη τοποθέτηση του βύσματος και του βοηθητικού ηλεκτροδίου γείωσης μπορεί να επιλεγθεί παρατηρώντας τις χαρακτηριστικές των τάσεων καθώς και την αντίσταση της διάχυσης στο έδαφος.

Το ρεύμα ελέγχου που παράγεται από το όργανο ελέγχου και άγεται μέσω του κύριου και του βοηθητικού ηλεκτροδίου γείωσης προκαλεί μια κατανομή τάσεως γύρω από αυτά, σχηματίζοντας μια καμπύλη δυναμικού (όπως φαίνεται στο Σχήμα A.5.5.1-3).

Η κατανομή της αντίστασης είναι ανάλογη της κατανομής της τάσης. Η αντίσταση διάχυσης του κύριου ηλεκτροδίου γείωσης γενικά διαφέρει από αυτή του βοηθητικού ηλεκτροδίου. Γι' αυτό το λόγο οι δύο καμπύλες δυναμικού είναι μη συμμετρικές.

Αντίσταση Διάχυσης Ηλεκτροδίων Γείωσης με Ελάχιστη Εξάπλωση

Η ορθή τοποθέτηση του βύσματος και του βοηθητικού ηλεκτροδίου γείωσης είναι εξαιρετικά σημαντική για τον σωστό προσδιορισμό της αντίστασης διάχυσης του κύριου ηλεκτροδίου γείωσης. Το βύσμα πρέπει να τοποθετηθεί μεταξύ του κύριου και του βοηθητικού ηλεκτροδίου γείωσης μέσα στο επονομαζόμενο επίπεδο αναφοράς γείωσης (βλ. Σχήμα A.5.5.1-3).

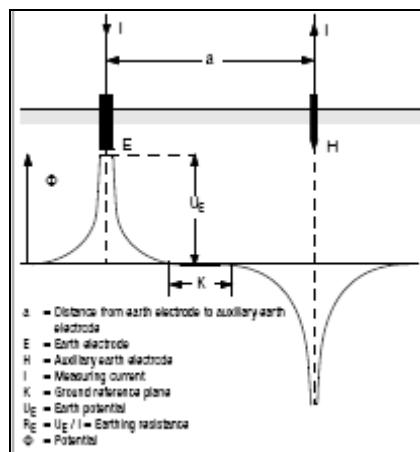
Η καμπύλη της χαρακτηριστικής αντίστασης είναι πρακτικά οριζόντια εντός του επιπέδου αναφοράς της γείωσης.

Συνεχίστε όπως περιγράφεται παρακάτω για την επιλογή κατάλληλων αντιστάσεων βύσματος και βοηθητικού ηλεκτροδίου γείωσης.

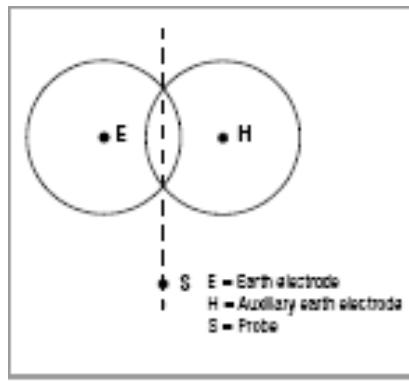
- Τοποθετήστε το βοηθητικό ηλεκτρόδιο γείωσης περίπου 40 μέτρα από το κύριο ηλεκτρόδιο γείωσης.
- Τοποθετήστε το βύσμα στο μέσο της απόστασης μεταξύ του κύριου και του βοηθητικού ηλεκτροδίου γείωσης και μετρήστε την αντίσταση γείωσης.
- Μετακινήστε το βύσμα από την αρχική του θέση 2 με 3 μέτρα πιο κοντά στο κύριο ηλεκτρόδιο γείωσης, έπειτα μετακινήστε το 2 με 3 μέτρα πιο κοντά στο βοηθητικό ηλεκτρόδιο γείωσης και μετρήστε την αντίσταση γείωσης σε κάθε θέση.

Εάν λαμβάνεται η ίδια τιμή και από τις τρεις μετρήσεις τότε έχει ληφθεί η σωστή τιμή της αντίστασης γείωσης και το βύσμα βρίσκεται στο επίπεδο αναφοράς γείωσης.

Εάν όμως οι τρεις μετρούμενες τιμές διαφέρουν μεταξύ τους τότε είτε το βύσμα δε βρίσκεται στο επίπεδο αναφοράς γείωσης είτε η καμπύλη της χαρακτηριστικής αντίστασης δεν είναι οριζόντια στο σημείο όπου το βύσμα έχει τοποθετηθεί στο έδαφος.



Σχήμα A.5.5.1-3: Καμπύλη χαρακτηριστικής αντίστασης σε ομογενές έδαφος μεταξύ ηλεκτροδίου γείωσης E και βοηθητικού ηλεκτροδίου γείωσης H.



Σχήμα A.5.5.1-4: Το βύσμα S είναι τοποθετημένο εντός των αλληλοεπικαλυπτόμενων καμπύλων δυναμικού και πάνω στη μεσοκάθετο της απόστασης μεταξύ του ηλεκτροδίου γείωσης E και του βοηθητικού ηλεκτροδίου γείωσης H.

Σ' αυτές τις περιπτώσεις μπορείτε να λάβετε σωστά αποτελέσματα μετρήσεων είτε ανξάνοντας την απόσταση μεταξύ του κύριου και του βοηθητικού ηλεκτροδίου γείωσης είτε μετακινώντας το βύσμα κατά μήκος της μεσοκαθέτου της απόστασης μεταξύ του κύριου και του βοηθητικού ηλεκτροδίου γείωσης. (βλ. Σχήμα A.5.5.1-4).

Μετακινώντας το βύσμα κατά μήκος της μεσοκαθέτου έχει ως αποτέλεσμα την απομάκρυνσή του από την ζώνη επιρροής του κύριου και του βοηθητικού ηλεκτροδίου γείωσης.

Αντίσταση Διάχυσης Ηλεκτροδίων Γείωσης Μεγάλης Εξάπλωσης

Σημαντικά μεγαλύτερες αποστάσεις απαιτούνται μεταξύ του βύσματος και των ηλεκτροδίων γείωσης για μετρήσεις που διεξάγονται σε μεγαλύτερα συστήματα γείωσης. Απαιτούνται συνήθως αποστάσεις οι οποίες είναι 2,5 φορές η μεγαλύτερη διαγώνιος του συστήματος γείωσης όσον αφορά την απόσταση μεταξύ του κύριου ηλεκτροδίου γείωσης και του βύσματος και 5 φορές η μεγαλύτερη διαγώνιος του συστήματος γείωσης όσον αφορά την απόσταση μεταξύ του κύριου και του βοηθητικού ηλεκτροδίου γείωσης.

Είναι ιδιαίτερα σημαντικό να τοποθετήσετε το βύσμα εντός του επιπέδου αναφοράς γείωσης για μετρήσεις σε μεγάλα συστήματα γείωσης διότι συχνά προβάλλουν αντιστάσεις διάχυσης μερικών μόνο Ohm ή και λιγότερο. Το βύσμα και το βοηθητικό ηλεκτρόδιο γείωσης θα πρέπει να τοποθετηθούν σε κατάλληλη γωνία σχετικά με την μεγαλύτερη επιμήκη προέκταση του συστήματος γείωσης. Η αντίσταση διάχυσης θα πρέπει να διατηρηθεί στο ελάχιστο και, αν είναι απαραίτητο, θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν ακίδες γείωσης συνδεδεμένες σε μια απόσταση 1 με 2 μέτρα μεταξύ τους.

Παρόλα ταύτα, μεγαλύτερες αποστάσεις μέχρι το βύσμα είναι συχνά αδύνατες λόγω φυσικών εμποδίων. Σ' αυτήν την περίπτωση συνεχίστε όπως περιγράφεται στο Σχέδιο A.5.5.1-5.

- Το βοηθητικό ηλεκτρόδιο γείωσης H τοποθετείται όσο το δυνατόν μακρύτερα από το σύστημα γείωσης.
- Η απόσταση μεταξύ του κύριου και του βοηθητικού ηλεκτροδίου γείωσης χωρίζεται από ισαπέχοντα σημεία (βήμα περίπου 5 μέτρων).

- Οι μετρούμενες τιμές της αντίστασης απεικονίζονται κατόπιν σε ένα πίνακα και έπειτα σε γραφική απεικόνιση (καμπύλη I στο Σχήμα A.5.5.1-5).

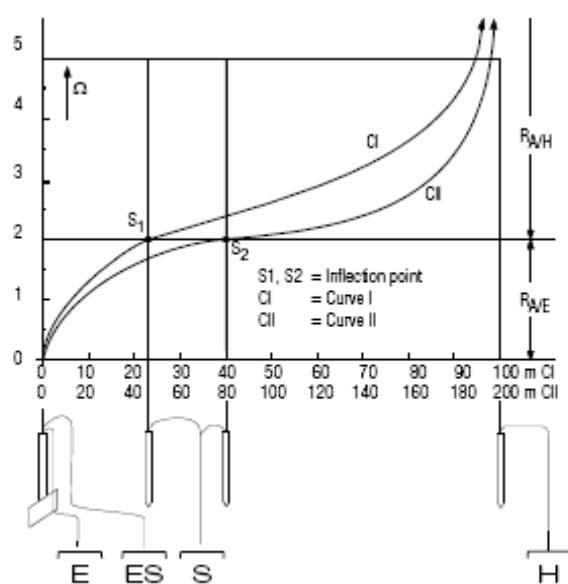
Αν θεωρήσουμε ευθεία παράλληλη στην τετμημένη των αξόνων η οποία περνά από το σημείο αλλαγής πρόσημου της $2^{\text{ης}}$ παραγώγου της καμπύλης S1, τότε αυτή χωρίζει την καμπύλη αντίστασης σε δύο μέρη.

Μετρώντας από την αρχή των αξόνων, το κάτω τμήμα αναπαριστά την αντίσταση διασποράς του ηλεκτροδίου γείωσης $R_{A/E}$. Το πάνω τμήμα αναπαριστά την αντίσταση διασποράς του βοηθητικού ηλεκτροδίου γείωσης $R_{A/H}$. Η τιμή της αντίστασης διασποράς του βοηθητικού ηλεκτροδίου γείωσης θα πρέπει να είναι μικρότερη από την εκατονταπλάσια της αντίστοιχης τιμής του κύριου ηλεκτροδίου γείωσης με εγκατάσταση ελέγχου αυτού του τύπου.

Εάν η καμπύλη της χαρακτηριστικής αντίστασης δεν περιλαμβάνει ένα σαφώς καθορισμένο οριζόντιο τμήμα η μέτρηση θα πρέπει να διεξαχθεί ξανά αφού μετακινήσετε το βοηθητικό ηλεκτρόδιο γείωσης. Η νέα χαρακτηριστική καμπύλη αντίστασης θα πρέπει να σχεδιαστεί στο αρχικό διάγραμμα ενώ η κλίμακα της τετμημένης θα πρέπει να μεταβληθεί έτσι ώστε και οι δύο θέσεις των βοηθητικών ηλεκτροδίων γείωσης να είναι ταυτόσημες. Η αρχικά προσδιορισμένη τιμή της αντίστασης διασποράς μπορεί να επανελεγχθεί με τη βοήθεια του σημείου S2 (βλ. Σχήμα A.5.5.1-5).

Curve I (CI)		Curve II (CII)	
m	Ω	m	Ω
5	0.9	10	0.8
10	1.28	20	0.98
15	1.62	40	1.60
20	1.82	60	1.82
25	1.99	80	2.00
30	2.12	100	2.05
40	2.36	120	2.13
60	2.84	140	2.44
80	3.68	160	2.80
100	200	200	100

S1, S2 = Inflection point
CI = Curve I
CII = Curve II



Σχήμα A.5.5.1-5: Μέτρηση Αντίστασης Γείωσης σε Μεγάλα Συστήματα Γειώσεων

Οδηγίες Διεξαγωγής Μέτρησης σε Δυσμενή Εδάφη

Σε περίπτωση εξαιρετικά δυσμενούς εδάφους (π.χ. αμμώδες έδαφος μετά από εκτεταμένη περίοδο ξηρασίας) οι τιμές της αντίστασης του βοηθητικού ηλεκτροδίου γείωσης και του βύσματος μπορούν να ελαττωθούν σε επιτρεπτές τιμές βρέχοντας το έδαφος γύρω από το βοηθητικό ηλεκτρόδιο γείωσης και το βύσμα.

Εάν το βρέξιμο αυτό δεν είναι επαρκές μπορείτε να συνδέσετε παράλληλα στο βοηθητικό ηλεκτρόδιο γείωσης μερικές ακίδες γείωσης.

Σε βραχώδη εδάφη όπου τα ηλεκτρόδια δεν μπορούν να χωθούν στο έδαφος μπορείτε να χρησιμοποιήσετε μεταλλικό πλέγμα με οπές 1cm^2 και συνολικού εμβαδού 2 m^2 περίπου. Το μεταλλικό πλέγμα πρέπει να απλωθεί στο έδαφος, να μουσκευτεί με σόδα ή αλάτι διαλυμένα σε νερό και να πιεστεί στο έδαφος με σακιά από μουσκεμένο χώμα.

A.5.6 Διεξαγωγή Μέτρησης Εμπέδησης Εδάφους

Η τιμή της αντίστασης διασποράς ενός δεδομένου ηλεκτροδίου γείωσης εξαρτάται από την εμπέδηση του χώματος. Η εμπέδηση του χώματος θα πρέπει να είναι γνωστή για τη διεξαγωγή των περαιτέρω υπολογισμών της αντίστασης διασποράς οι οποίοι είναι απαραίτητοι για τη σχεδίαση των συστημάτων γείωσης.

Η εμπέδηση του χώματος ρ_E (βλ. κεφάλαιο 3) μπορεί να μετρηθεί με το όργανο μέτρησης GEOHM C με τη βοήθεια της μεθόδου Wenner.

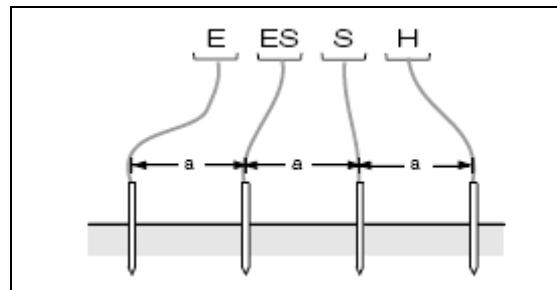
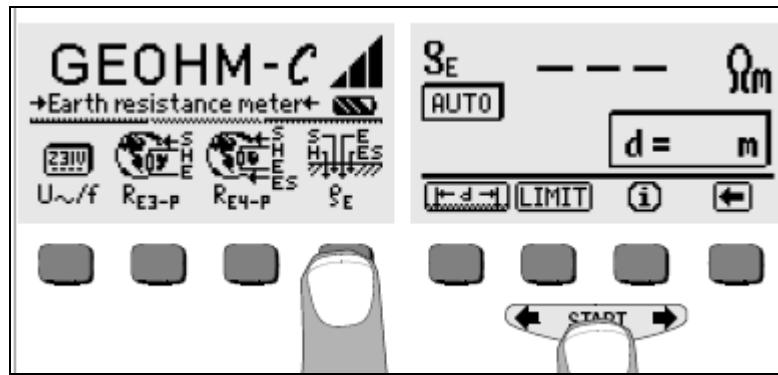
Τέσσερις ακίδες γείωσης με όσο το δυνατόν μεγαλύτερο μήκος χώνονται στο έδαφος σε μια ευθεία γραμμή σε διαδοχικές αποστάσεις α και συνδέονται στο όργανο ελέγχου. (βλ. Σχήμα A.5.6-1).

Οι ακίδες γείωσης έχουν συνήθως 30 με 50 cm μήκος. Μεγαλύτερες ακίδες γείωσης χρησιμοποιούνται σε λιγότερο αγώγιμα χώματα (αμμώδες έδαφος κ.τ.λ.). Το βάθος στο οποίο χώνονται οι ακίδες γείωσης στο έδαφος δεν πρέπει να ξεπερνά το 1/20 της απόστασης α.

Σημείωση

Ίσως προκύψουν εσφαλμένα αποτελέσματα μετρήσεων εάν σωλήνες, καλώδια ή άλλες μεταλλικές υπόγειες γραμμές τρέχουν παράλληλα στο κύκλωμα μέτρησης.

Η μέτρηση διεξάγεται όπως περιγράφεται στο κεφάλαιο A.5.4. Καταχωρήστε την απόσταση α και θα απεικονιστεί η εμπέδηση του χώματος.



Σχήμα A.5.6-1: Μέτρηση Αντίστασης Εδάφους

Η αντίσταση του εδάφους υπολογίζεται σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

$$p_E = 2\pi * a * R$$

Όπου:

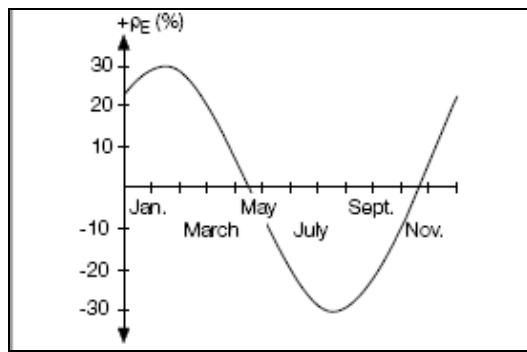
$\pi = 3,1416$, a = απόσταση σε μέτρα μεταξύ δύο διαδοχικών ακίδων γείωσης, R = υπολογισμένη τιμή αντίστασης σε Ω (η τιμή αντιστοιχεί στην R_E όπως αυτή έχει υπολογιστεί μέσω της 4-πολικής εγκατάστασης μέτρησης).

A.5.6.1 Γεωλογικές Μελέτες

Εκτός εξαιρετικών περιπτώσεων, η μέτρηση του χώματος αφορά ένα βάθος το οποίο είναι περίπου ισότιμο με την απόσταση a μεταξύ δύο διαδοχικών ακίδων γείωσης. Είναι έτσι δυνατόν να συναχθούν συμπεράσματα που αφορούν διάφορα υποστρώματα του εδάφους μεταβάλλοντας την απόσταση a μεταξύ των ακίδων γείωσης. Εξαιρετικά αγώγιμα υποστρώματα (π.χ. υδροφόρος ορίζοντας), εντός των οποίων τα ηλεκτρόδια γείωσης είναι σωστά τοποθετημένα, μπορούν με αυτόν τον τρόπο να προσδιοριστούν ανάμεσα σε λιγότερο αγώγιμες περιβάλλουσες περιοχές.

Η εμπέδηση του χώματος παρουσιάζει μεγάλη ανομοιογένεια η οποία οφείλεται σε διάφορες συνθήκες όπως η πυκνότητα, η υγρασία, η συγκέντρωση αλάτων διαλυμένων σε υπόγεια νερά και οι κλιματικές διακυμάνσεις.

Οι χαρακτηριστικές καμπύλες των εμπεδήσεων του χώματος p_E όπως αυτές επηρεάζονται από την εποχή (θερμοκρασία εδάφους και αρνητικός θερμοκρασιακός συντελεστής του εδάφους) είναι εξαιρετικά όμοιες με ημιτονοειδή κύματα.



Σχήμα A.5.6.1-1: Η εμπέδηση του χώματος ρ_E όπως αυτή επηρεάζεται από τις εποχές του χρόνου χωρίς να ληφθεί υπ' όψin η καθίζηση του εδάφους (βάθος διείσδυσης ακίδας γείωσης < 1,5 m)

Ο ακόλουθος πίνακας απεικονίζει τυπικές εμπεδήσεις εδάφους για διάφορους τύπους χωμάτων.

Type of Soil	Soil Resistivity ρ_E [Ωm]	
Wet bog soil	8	... 60
Arable fields, loam and clay, moist gravel	20	... 300
Moist, sandy soil	200	... 600
Dry sandy soil, dry gravel	200	... 2000
Rocky ground	300	... 8000
Bedrock	10^4	... 10^{10}

Πίνακας A.5.6.1-1: Εμπέδηση εδάφους ρ_E για διάφορους τύπους χωμάτων

A.5.6.2 Υπολογισμός Αντίστασης Διασποράς

Ο ακόλουθος πίνακας περιέχει τύπους για τον υπολογισμό της αντίστασης διασποράς για διάφορα είδη ηλεκτροδίων γειώσεως. Αυτοί οι εμπειρικοί τύποι είναι επαρκείς για πρακτικές εφαρμογές.

Number	Earth Electrode Type	Formula	Auxiliary Information
1	Earth strip (crow's foot earth electrode)	$R_A = \frac{2 \cdot \rho_E}{I}$	—
2	Earth rod	$R_A = \frac{\rho_E}{I}$	—
3	Ring earth electrode	$R_A = \frac{2 \cdot \rho_E}{3D}$	$D = 1.13 \cdot \sqrt[3]{F}$
4	Mesh earth electrode	$R_A = \frac{2 \cdot \rho_E}{2D}$	$D = 1.13 \cdot \sqrt[3]{F}$
5	Earth plate	$R_A = \frac{2 \cdot \rho_E}{4,5 \cdot a}$	—
6	Hemispherical earth electrode	$R_A = \frac{\rho_E}{\pi \cdot D}$	$D = 1.57 \cdot \sqrt[3]{J}$

Πίνακας A.5.6.2-1: Τύπος υπολογισμού αντίστασης διασποράς R_A για διάφορα είδη ηλεκτροδίων γειώσεως

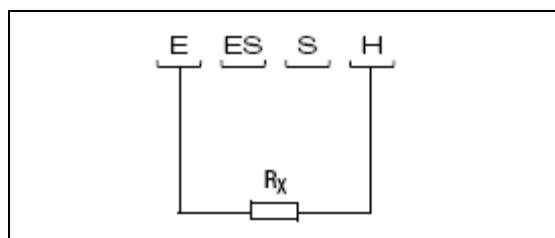
- R_A** = Αντίσταση Διασποράς (Ω)
 ρ_E = Εμπέδηση εδάφους ($\Omega \cdot m$)
I = Μήκος ηλεκτροδίου γειώσης (m)
D = Διάμετρος κυκλικού ηλεκτροδίου γειώσης, διάμετρος της ισοδύναμης κυκλικής περιοχής ενός μεταλλικού πλέγματος, διάμετρος ημισφαιρικού ηλεκτροδίου γειώσης
F = Περιοχή επιφάνειας (σε τετραγωνικά μέτρα) που εσωκλείεται από ηλεκτρόδιο κατασκευασμένο είτε από μεταλλικό πλέγμα είτε από δακτύλιο
a = Διαγώνιος (m) ορθογώνιας γειωτικής πλάκας
J = Όγκος (m^3) συγκεκριμένης κατασκευής

A.5.7 Μέτρηση Ωμικής Αντίστασης

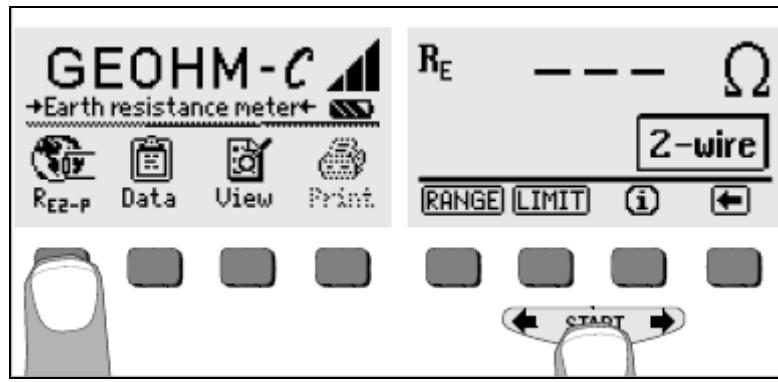
Η αντίσταση των υγρών και στερεών αγωγών μπορεί να μετρηθεί με το GEOHM C όργανο μέτρησης εφόσον δεν παρουσιάζουν χωρητική ή επαγωγική συμπεριφορά.

A.5.7.1 Διπολική Σύνδεση

- Συνδέστε την προς μέτρηση αντίσταση R_X στις υποδοχές E και H.



Σχήμα A.5.7.1-1: Μέτρηση Ωμικής Αντίστασης με διπολική εγκατάσταση ελέγχου

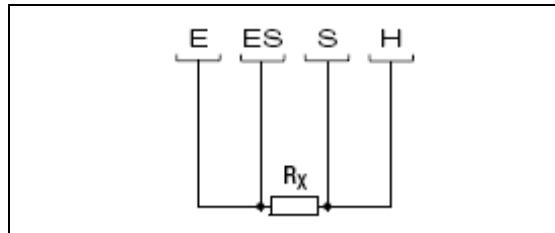


Σημείωση

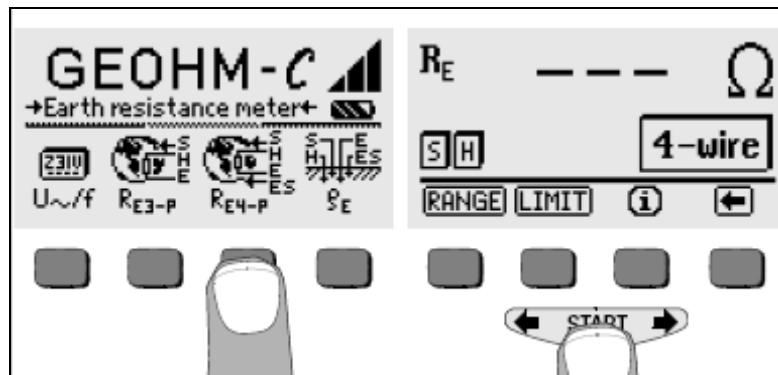
Με αυτή την εγκατάσταση ελέγχου μπορεί να μετρηθεί και η αντίσταση του συνδετικού καλωδίου.

A.5.7.2 4-πολική Σύνδεση

- Χρησιμοποιήστε 4-πολική σύνδεση για να μην συμπεριληφθεί στα αποτελέσματα των μετρήσεων η αντίσταση του συνδετικού καλωδίου.



Σχήμα A.5.7.2-1: Μέτρηση Ωμικής Αντίστασης με 4-πολική εγκατάσταση ελέγχου



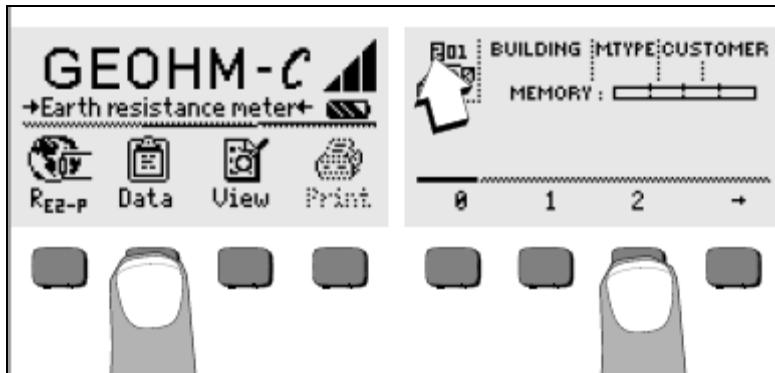
A.6 Λειτουργία Βάσης Δεδομένων

Τα δεδομένα των μετρήσεων μπορούν να καταχωρηθούν χωριστά για κάθε μέτρηση στην εσωτερική βάση δεδομένων με ή χωρίς σχόλιο. Για να αντιστοιχίσετε

συγκεκριμένα αποτελέσματα μετρήσεων σε διάφορα κτίρια, πελάτες κ.τ.λ., θα πρέπει πρώτα να δημιουργηθεί ένας φάκελος δεδομένων με τη δική του διεύθυνση μνήμης.

A.6.1 Δημιουργία Φακέλου Δεδομένων-Λειτουργία Data

- Πιέστε το πλήκτρο DATA



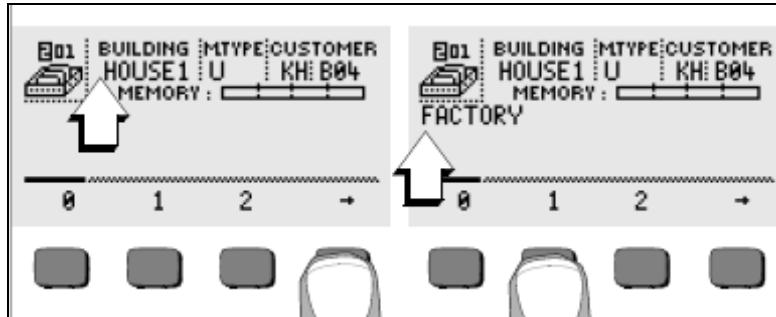
- Καταρχήν εισάγετε την επιθυμητή διεύθυνση μνήμης με τη βοήθεια των πλήκτρων. Αφού επιβεβαιώσετε την καταχώρηση αυτή με το πλήκτρο START ο κέρσορας εμφανίζεται στη πρώτη θέση εισόδου (KTIPIO)

Δεν απαιτείται καταχώρηση ταυτότητας πελάτη εφόσον οι μετρήσεις διεξάγονται για μια εταιρία.

Η ομάδα καταχωρήσεων M-TYPE (τύπος μέτρησης) χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του είδους της μέτρησης που πραγματοποιείται. Αυτή η καταχώρηση πραγματοποιείται για τη δημιουργία κάποιων αρχείων που χρησιμοποιούνται από το λογισμικό των PS3 οργάνων ελέγχου για συστήματα αντικεραυνικής προστασίας.

Πύθμιση M-TYPE	Συμπεράσματα
D	Αγωγιμότητα μεταλλικών εγκαταστάσεων
DG	Αγωγιμότητα μεταλλικών αγωγών γκαζιού
DW	Αγωγιμότητα μεταλλικών αγωγών νερού
DL	Αγωγιμότητα μεταλλικών συστημάτων εξαερισμού
D ₁ , D ₂ , D ₃ , D ₄	Αγωγιμότητα μεταλλικών συστημάτων καθορισμένων από τον χρήστη
U	Μέτρηση Αντίστασης επαφής σε όλα τα κρίσιμα σημεία για τον προσδιορισμό της αγωγιμότητας όλων των αγωγών. Ο αριθμός που αντιστοιχεί στη μέτρηση υποδεικνύει την αντίσταση μεταξύ συγκεκριμένων επαφών ελέγχου. Για παράδειγμα, η μέτρηση νούμερο 1 δείχνει την αντίσταση μεταξύ των επαφών ελέγχου 1 και 2, η μέτρηση νούμερο 2 δείχνει την αντίσταση μεταξύ των επαφών ελέγχου 2 και 3 κ.τ.λ.
E	Μέτρηση αντίστασης διασποράς από μεμονωμένα ηλεκτρόδια γείωσης με ανοιχτές επαφές ελέγχου
!	Μέτρηση αντίστασης διασποράς για ολόκληρο το σύστημα με κλειστές τις επαφές ελέγχου

- Οι είσοδοι μπορούν να καταχωρηθούν στα πεδία δεδομένων BUILDING, M-TYPE και CUSTOMER ID διαδοχικά και ο προσδιορισμός ενός κτιρίου μπορεί να καταχωρηθεί με τη βοήθεια των πλήκτρων.



Καταχώρηση Δεδομένων:

Οι επιθυμητοί αλφαριθμητικοί χαρακτήρες μπορούν να απεικονιστούν με την βοήθεια των πλήκτρων \leftarrow και \rightarrow και έπειτα να επιλεχθούν με το κατάλληλο πλήκτρο.

Οι χαρακτήρες ελέγχου εισάγονται με τον ίδιο τρόπο και έχουν τις ακόλουθες λειτουργίες:

- \leftarrow : Μετακίνηση κέρσορα προς τα αριστερά (χωρίς διαγραφή χαρακτήρων)
- \rightarrow : Μετακίνηση κέρσορα προς τα δεξιά (χωρίς διαγραφή χαρακτήρων)
- \downarrow : Ιδια λειτουργία με το πλήκτρο START.

Μετά την επιλογή ενός χαρακτήρα ο κέρσορας μετακινείται κατά μία θέση στα δεξιά. Εάν καταχωρηθεί ο χαρακτήρας \downarrow ή πατηθεί το πλήκτρο START ο κέρσορας μετακινείται στο επόμενο πεδίο. Τα πεδία BUILDING, M-TYPE και CUSTOMER ID απεικονίζονται υπογραμμισμένα εφόσον οι καταχωρήσεις έχουν ολοκληρωθεί και επιβεβαιωθεί με την εντολή \downarrow . Μετά από μία ακόμα επιβεβαίωση με τον χαρακτήρα \downarrow ο προσδιορισμός για το επιλεγμένο κτίριο μπορεί να καταχωρηθεί.

Σημείωση

Αυτή η πληροφορία απαιτείται από το λογισμικό του PC για την καταχώρηση των μετρούμενων τιμών στην τράπεζα δεδομένων καθώς και για την αυτόματη δημιουργία αναφορών.

A.6.2 Αποθήκευση Μετρούμενων Τιμών στην Μνήμη- Λειτουργία STORE

- Αρχίστε την επιθυμητή μέτρηση. Το πλήκτρο STORE απεικονίζεται μετά την μέτρηση στη θέση του πλήκτρου INFO. Το πλήκτρο STORE εμφανίζεται μετά από συγκεκριμένο χρονικό διάστημα στις μετρήσεις που διεξάγονται χωρίς το πλήκτρο START ώστε να επιτραπεί στον χειριστή να συμβουλευτεί το κείμενο βοήθειας με το πλήκτρο INFO.

- Οι μετρούμενες τιμές που απεικονίζονται αποθηκεύονται στην επιλεγμένη διεύθυνση μνήμης της τράπεζας δεδομένων πατώντας το πλήκτρο STORE. Κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης στη μνήμη το πλήκτρο απεικονίζεται σαν αρνητικό είδωλο.
- Συνεχής πίεση στο πλήκτρο STORE επιτρέπει την καταχώρηση σχολίου και αποθήκευση της τρέχουσας μέτρησης.

Καταχώρηση Σχολίου:

Απεικονίστε τον επιθυμητό αλφαριθμητικό χαρακτήρα με το πλήκτρο ← ή → και επιλέξτε τον με το αντίστοιχο πλήκτρο. Οι χαρακτήρες ελέγχου εισάγονται με τον ίδιο τρόπο και έχουν τις ακόλουθες λειτουργίες:

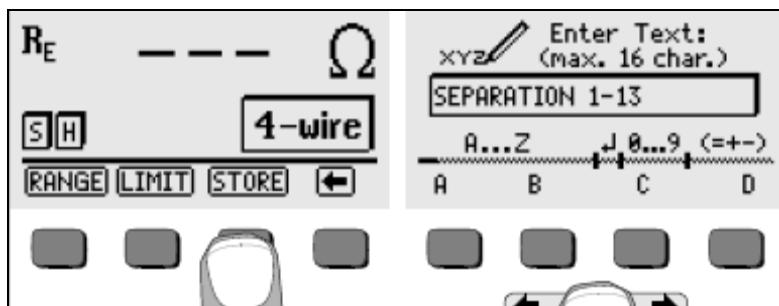
← : Backspace και Delete

↖ : Έδια λειτουργία με το πλήκτρο START

Αφού ο κάθε χαρακτήρας έχει επιλεχθεί ο κέρσορας μετακινείται κατά μία θέση δεξιά. Ήδη καταχωρημένοι χαρακτήρες μπορούν να διαγραφούν με αντίστροφη σειρά κρατώντας πατημένο οποιοδήποτε πλήκτρο (εκτός από το ↖)

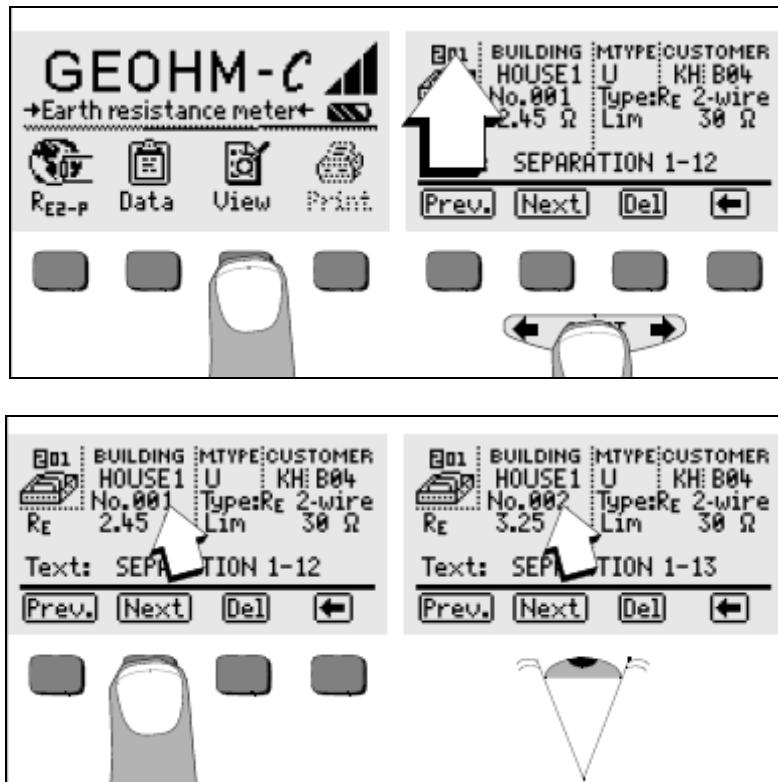
Μετά την είσοδο 15 το πολύ χαρακτήρων αποθηκεύστε τις μετρούμενες τιμές και τα σχόλιά σας πατώντας το πλήκτρο START (πιέστε στο κέντρο).

Εμφανίζεται το ακόλουθο μήνυμα: “Saving data”



A.6.3 Αναζήτηση Αρχείων Δεδομένων-Λειτουργία View

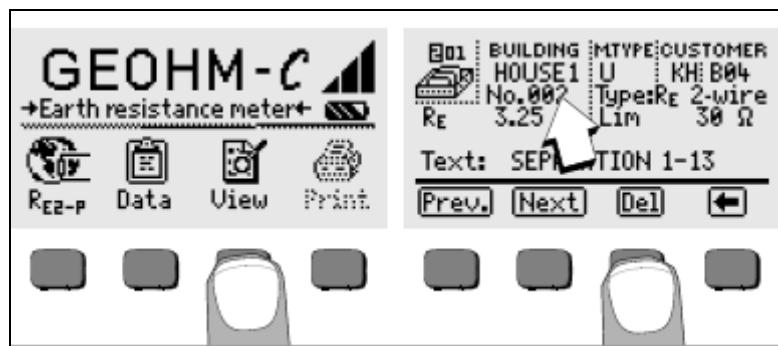
- Πιέστε το πλήκτρο View
- Μπορείτε να περιηγηθείτε στις διευθύνσεις μνήμης πατώντας το πλήκτρο ← ή →
- Αφού έχει ανοιχθεί η διεύθυνση μνήμης τα αρχεία δεδομένων που έχουν αποθηκευτεί στη μνήμη μαζί με τους αύξοντες αριθμούς μπορούν πλέον να προσπελαστούν με την βοήθεια των πλήκτρων Prev. και Next



Εάν διαπιστώσετε ότι λείπει μια τιμή μέτρησης για το τρέχον επιλεγμένο σύστημα γείωσης τότε η απαιτούμενη μέτρηση μπορεί να διεξαχθεί αμέσως.

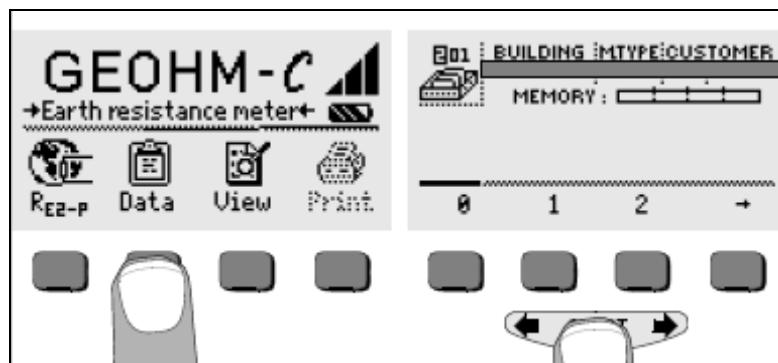
A.6.3.1 Διαγραφή Αρχείου Δεδομένων εντός Διεύθυνσης Μνήμης- Λειτουργία View

- Πιέστε το πλήκτρο Del. Δεν εμφανίζονται μηνύματα ασφαλείας. Η αρίθμηση των αρχείων δεδομένων μεταβάλλεται αυτόματα με τη διαγραφή συγκεκριμένων αρχείων.



A.6.3.2 Διαγραφή Διεύθυνσης Μνήμης- Λειτουργία Data

- Πιέστε το πλήκτρο Data
- Εισάγετε κενά στα πεδία δεδομένων BUILDING, M-TYPE και CUSTOMER ID. Όταν όλα τα δεδομένα στα παραπάνω πεδία αντικατασταθούν με κενά τα πεδία αυτά απεικονίζονται σαν αρνητικά είδωλα.

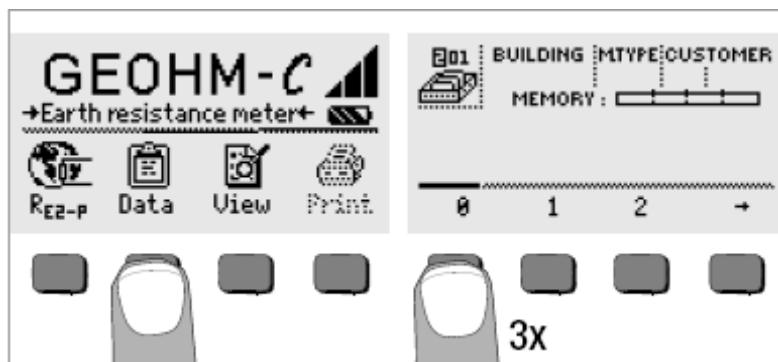


- Επιβεβαιώστε με το πλήκτρο START (πιέστε στο κέντρο). Όλα τα δεδομένα από την επιλεγμένη διεύθυνση μνήμης διαγράφονται.

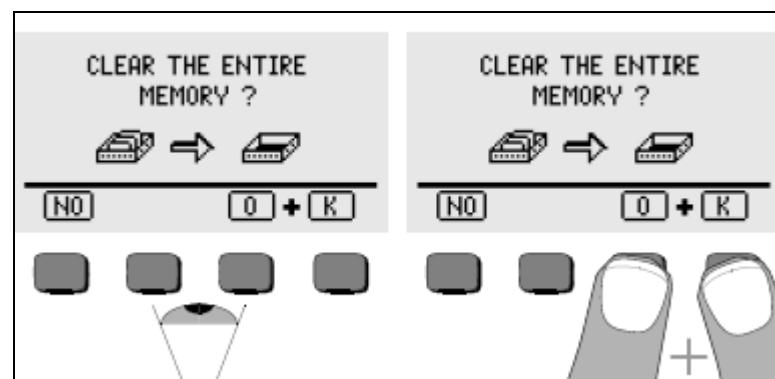
A.6.3.3 Διαγραφή όλων των Διευθύνσεων Μνήμης – Λειτουργία Data

Στην μνήμη μπορούν να αποθηκευτούν μέχρι 25 αρχεία δεδομένων. Η μνήμη είναι πλήρης όταν το τρίγωνο στα δεξιά της παραμέτρου "MEMORY" είναι εντελώς γεμάτο. Ολόκληρη η μνήμη, δηλαδή όλα τα αρχεία δεδομένων από όλες τις διευθύνσεις μνήμης, μπορούν να διαγραφούν μονομιάς. Συνιστούμε να φορτώσετε τα δεδομένα σας σε ένα PC πριν την οριστική διαγραφή.

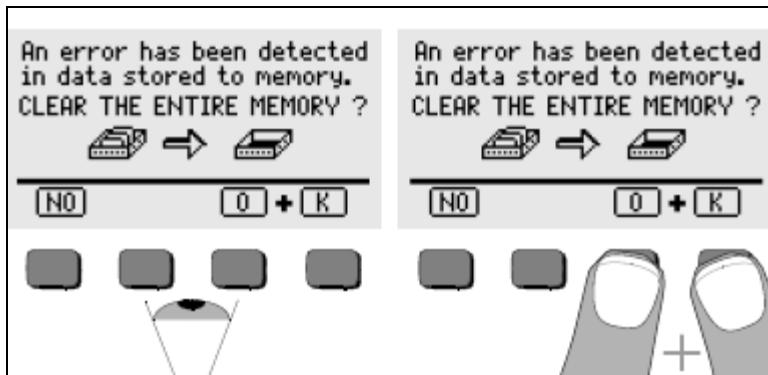
- Πιέστε το πλήκτρο Data



- Εισάγετε την διεύθυνση μνήμης "000". Ένα μήνυμα ασφαλείας εμφανίζεται μετά την επιβεβαίωση με το πλήκτρο START (πιέστε στο κέντρο)



- Επιβεβαιώστε πατώντας ταυτόχρονα τα πλήκτρα O και K για τη διαγραφή όλων των δεδομένων από την μνήμη. Η ένδειξη στα δεξιά της παραμέτρου “MEMORY” εμφανίζεται κενή. Η διεύθυνση μνήμης “001” απεικονίζεται στα αριστερά. Νέα δεδομένα μπορούν τώρα να καταχωρηθούν σε αυτή την διεύθυνση ή μπορείτε να βγείτε εντελώς από την τράπεζα δεδομένων (πιέστε ↪ ή το START 9 φορές).



Εάν το μήνυμα που απεικονίζεται παραπάνω εμφανιστεί κατά την ενεργοποίηση του οργάνου ελέγχου σας παρέχεται η δυνατότητα να φορτώσετε και να σώσετε όλα τα αρχεία σε ένα PC πριν τη διαγραφή της μνήμης για να διορθώσετε το σφάλμα.

A.6.4. Λειτουργία Print

Λειτουργίες των οποίων οι συμβολισμοί εμφανίζονται γκρίζοι ή απεικονίζονται μη ευκρινώς δεν θα είναι διαθέσιμες μέχρι την επόμενη αναβάθμιση του λογισμικού.

A.7. Χαρακτηριστικές Τιμές

Meas. Qty.	Display range	Measuring Range	Impedance, Test Current	Intrinsic Error	Measuring Error
R _E	0.01 ... 20 Ω 0.1 ... 200 Ω 1 Ω ... 2 kΩ 10 Ω ... 20 kΩ 10 Ω ... 50 kΩ	1.0 ... 20 Ω 5 ... 200 Ω 50 Ω ... 2 kΩ 500 Ω ... 20 kΩ 500 Ω ... 50 kΩ	10 mA 1 mA 100 µA 100 µA 100 µA	±(3%rdg.+6d)	±(10% rdg. + 6d) ±(10% rdg. + 6d) ±(10% rdg. + 6d) ±(10% rdg. + 6d) ±(16 % rdg. + 10d)
U _{... 2)}	1.0 ... 99.9 V 100 ... 250 V				
U _{~ 3)}	0 ... 99.9 V 100 ... 300 V	10 ... 250 V	500 kΩ	±(2%rdg.+2d)	±(4 % rdg. + 3d)
f ④	15 ... 99.9 Hz 100 ... 400 Hz	45 ... 200 Hz	500 kΩ	±(0.1%rdg.+1d)	±(0.2 % rdg. + 1d)

Τάση Εξόδου

max. 50V_{TRMS} στα 128Hz ± 0,5Hz

Συνθήκες Αναφοράς

Ατμοσφαιρική θερμοκρασία

23 °C ± 2K

Σχετική υγρασία

40%...60%

Τάση μπαταρίας

5,5V ± 1%

Συχνότητα γραμμής

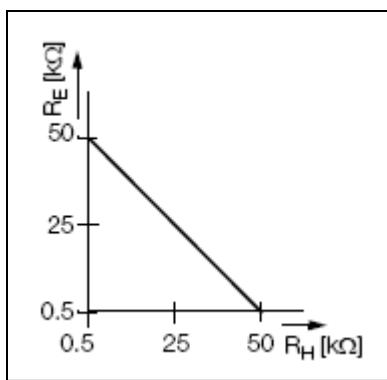
50Hz ± 0.2Hz

Κυματομορφή τάσης γραμμής

ημίτονο (απόκλιση μεταξύ ενεργού και ανορθωμένης τιμής <1%)

Ονομαστικές Συνθήκες Χρήσης

Παρασιτική εν σειρά τάση	<3 V AC DC
Επιπρόσθετο σφάλμα λόγω αντίστασης βύσματος και βοηθητικού ηλεκτροδίου γείωσης	<5% pf ($R_E+R_H+R_S$)
Μέγιστη αντίσταση βύσματος	<70 kΩ
Μέγιστη αντίσταση βοηθητικού ηλεκτροδίου γείωσης	<50 kΩ
Μέγιστη αντίσταση κύριου και βοηθητικού ηλεκτροδίου γείωσης	≤50 kΩ, βλέπε γραφική παράσταση της R_E συναρτήσει με R_H



Ατμοσφαιρικές Συνθήκες

Ονομαστικό εύρος χρήσης	0 °C...+ 40 °C
Θερμοκρασία λειτουργίας	-10 °C...+ 50 °C
Θερμοκρασία αποθήκευσης	-20 °C...+ 60 °C (χωρίς τις μπαταρίες)
Σχετική υγρασία	75% max χωρίς υγροποίηση
Υψόμετρο	έως 2000 m

Παροχή Ενέργειας

Μπαταρίες	4 ea. 1,5 V baby cell (4xC-size) (αλκαλιο μαγγάνιο σύμφωνα με IEC LR14)
Τάση μπαταρίας	4,6...6,5 V
Διάρκεια ζωής μπαταρίας	30 h ή 1000 μετρήσεις σε R_E (με αυτόματη απενεργοποίηση μετά από κάθε μέτρηση χωρίς φωτισμό οθόνης)
Επαναφορτιζόμενες μπαταρίες	NICD ή NIMH
Φορτιστής μπαταρίας (δεν συμπεριλαμβάνονται)	NA 0100S (άρθρο No Z501D) βύσματα 3,5 mm
Τάση φόρτισης/χρόνος	9 V/14 ώρες περίπου

Λόγω της μειωμένης ικανότητας φόρτισής τους οι επαναφορτιζόμενες μπαταρίες θα αρκέσουν για λιγότερες μετρήσεις απ' ότι οι κανονικές μπαταρίες

Ασφάλεια Λειτουργίας

Επίπεδο ασφαλείας	II per IEC 61010-1
Τάση χειρισμού	250 V
Τάση ελέγχου	2,3 kV
Κατηγορία μέτρησης	250 V CAT II
Συντελεστής σφάλματος	2
Ασφάλεια (ηλεκτρική)	F0.1H 250V
Ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα	IEC 61326/EN 61326

Interface Δεδομένα

Τύπος	infrared interface (SIR/IrDA)
Format	Bidirectional, half - duplex 9600 baud, 1 start bit, 1stop bit, 8 data bits, no parity, no handshake
Κλίμακα	10 cm μέγιστο, προτεινόμενη απόσταση: <4 cm

Μηχανική Σχεδίαση

Οθόνη	dot matrix: 64x128 pixels, φωτιζόμενη
Διαστάσεις	275 mm x140 mm x65 mm (χωρίς καλώδια μέτρησης)
Βάρος	1,2 kg περίπου με τις μπαταρίες
Προστασία	περίβλημα: IP 54 per EN 60529 με πρεσαρισμένο διάφραγμα κατασκευασμένο από μικροπορώδες ανθεκτικό υλικό ePTFE

Πίνακας επεξήγησης κωδικών IP

IP XY (1 st digit X)	Protection against foreign object entry	IP XY (2 nd digit Y)	Protection against the pene- tration of water
0	not protected	0	not protected
1	≥ 50.0 mm Ø	1	vertically falling drops
2	≥ 12.5 mm Ø	2	vertically falling drops with en- closure tilted 15°
3	≥ 2.5 mm Ø	3	spraying water
4	≥ 1.0 mm Ø	4	splashing water
5	dust protected	5	water jets
6	dust-tight	6	powerful water jets

Τιμές Απεικόνισης λαμβάνοντας υπ' όψιν τα Σφάλματα Μέτρησης

Πίνακας για τον προσδιορισμό των μέγιστων τιμών απεικόνισης για χαμηλές αντιστάσεις γείωσης λαμβάνοντας υπ' όψιν τα σφάλματα μέτρησης του οργάνου.

Limit Value	Maximum Display Value	Limit Value	Maximum Display Value
1.00 Ω	0.84 Ω	50.0 Ω	44.4 Ω
2.00 Ω	1.74 Ω	100 Ω	89.4 Ω
5.00 Ω	4.44 Ω	500 Ω	444 Ω
10.0 Ω	8.94 Ω	1.00 kΩ	894 Ω
20.0 Ω	17.4 Ω	5.00 kΩ	4.44 kΩ

A.8. Συντήρηση

A.8.1 Εξωτερικό Περίβλημα

Δεν απαιτείται ιδιαίτερη συντήρηση για το εξωτερικό περίβλημα. Διατηρήστε τις εξωτερικές επιφάνειες καθαρές. Για το καθάρισμα χρησιμοποιήστε ελαφρά βρεγμένο ύφασμα ή ειδικό καθαριστικό για συνθετικά υλικά. Αποφεύγετε την χρήση απολυμαντικών, στιλβωτικών και διαλυτικών ουσιών.



Προσοχή!

Το εξωτερικό περίβλημα δεν πρέπει να ανοιχτεί από τον χειριστή για τους ακόλουθους λόγους:

- Μπορεί να συμβούν απρόσμενα προβλήματα κατά την αποσυναρμολόγηση.
- Δεν πληρούνται πλέον οι απαιτήσεις στεγανότητας.

Επιστροφή Συσκευής και Απόρριψη Συμβατή με το Περιβάλλον

Το όργανο είναι προϊόν κατηγορίας 9 (όργανο ελέγχου και απεικόνισης) σύμφωνα με τη ElectroG (γερμανική νομοθεσία σχετική με ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές). Η συσκευή αυτή δεν υπόκειται στις οδηγίες της RoHS. Οι ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές μας υπόκεινται στις διατάξεις της WEEE 2002/96/EG και της ElectroG και φέρουν το αντίστοιχο σύμβολο της μη απόρριψης σε κάδους σκουπιδιών σύμφωνα με τη DIN EN 50419.

Παρακαλούμε να επικοινωνήσετε με το τμήμα εξυπηρέτησης πελατών αναφορικά με την επιστροφή παλιών συσκευών.

A.8.2 Λειτουργία Μπαταριών

Όταν στην ένδειξη της μπαταρίας παραμένει ενεργή μόνο μια υποδιαίρεση της κλίμακας οι μπαταρίες θα πρέπει να αντικατασταθούν ή να επαναφορτιστούν εφ' όσων είναι επαναφορτιζόμενες.



Προσοχή!

Πριν την αφαίρεση του καλύμματος το όργανο θα πρέπει να είναι πλήρως αποσυνδεδεμένο απ' όλα τα εξωτερικά ηλεκτρικά κυκλώματα!

Ελέγξτε τις μπαταρίες ανά τακτά χρονικά διαστήματα ή μετά από εκτεταμένες περιόδους αποθήκευσης για να σιγουρευτείτε ότι δεν έχει συμβεί διαρροή υγρών. Εάν έχει συμβεί διαρροή ο ηλεκτρολύτης θα πρέπει να αφαιρεθεί προσεκτικά από το όργανο με βρεγμένο ύφασμα πριν την τοποθέτηση νέων μπαταριών.

Φόρτιση Μπαταριών



Προσοχή!

Χρησιμοποιήστε μόνο τον φορτιστή μπαταρίας Z501D με ασφαλή ηλεκτρική μόνωση και ονομαστική τάση δευτερεύοντος 9 volt DC για την επαναφόρτιση των μπαταριών. Πριν συνδέσετε το φορτιστή μπαταρίας στην υποδοχή φόρτισης του οργάνου σιγουρευτείτε για τα παρακάτω:

- Έχετε τοποθετήσει επαναφορτιζόμενες και όχι κανονικές μπαταρίες.
- Το όργανο έχει αποσυνδεθεί εντελώς από το κύκλωμα μέτρησης.
- Ο επιλογέας τάσης στον φορτιστή έχει τεθεί στα 9 V.

Συνδέστε το φορτιστή Z501D στην υποδοχή φόρτισης του οργάνου με το ειδικό βύσμα των 3,5 mm. Ρυθμίστε το διακόπτη επιλογής τάσης του Z501D στα 9 V. Ενεργοποιήστε το όργανο ελέγχου. Το όργανο ελέγχου αναγνωρίζει το γεγονός ότι ένα φορτιστής μπαταρίας έχει συνδεθεί σε αυτό και αρχίζει η διαδικασία φόρτισης. Οι 5 υποδιαιρέσεις του συμβόλου της μπαταρίας αναβοσβήνουν χαρακτηριστικά από τα αριστερά προς τα δεξιά κατά τη διάρκεια της φόρτισης. Εντελώς άδειες μπαταρίες απαιτούν χρόνο φόρτισης 14 ωρών περίπου. Εάν οι μπαταρίες έχουν εξαντληθεί σε μεγάλο βαθμό το όργανο ελέγχου δεν μπορεί να ενεργοποιηθεί. Σε αυτή την περίπτωση αφήστε το όργανο ελέγχου συνδεδεμένο στον ενεργοποιημένο φορτιστή για περίπου 30 λεπτά και τότε συνεχίστε όπως περιγράφεται παραπάνω.

Αποθήκευση των επαναφορτιζόμενων μπαταριών

1 χρόνος	στους -20...+30 °C
3 μήνες	στους -20...+45 °C
1 μήνα	στους -20...+55 °C

Αντικατάσταση των επαναφορτιζόμενων μπαταριών

- Χαλαρώστε τις βίδες του καλύμματος των μπαταριών στο πίσω μέρος του οργάνου και αφαιρέστε το κάλυμμα.
- Τοποθετήστε τις επαναφορτιζόμενες μπαταρίες αφού σιγουρευτείτε για την ορθή πολικότητα με την βιοήθεια των συμβόλων.
- Επανατοποθετήστε το κάλυμμα και σφίξτε τις βίδες.



Προσοχή!

Μην χειρίζεστε το όργανο εάν το κάλυμμα των μπαταριών δεν είναι βιδωμένο στη θέση του.

Απόρριψη Μπαταριών

Μην απορρίπτετε τις μπαταρίες σε κάδους σκουπιδιών αλλά σε ειδικά κέντρα συλλογής.

A.8.3 Ηλεκτρικές Ασφάλειες

Εάν η ηλεκτρική ασφάλεια καεί λόγω υπερφόρτωσης εμφανίζεται στην οθόνη το αντίστοιχο μήνυμα σφάλματος ($R_H > \text{max}$). Παρόλα ταύτα παραμένει ενεργή η δυνατότητα του οργάνου να μετρά διαφορά δυναμικού.

Αντικατάσταση Ασφάλειας

Η ασφάλεια είναι εύκολα προσβάσιμη από το εξωτερικό του οργάνου και βρίσκεται αριστερά από την υποδοχή φόρτισης.

- Αφαιρέστε το καπάκι της ασφάλειας με τη βιοήθεια κατάλληλου εργαλείου (π.χ. κατσαβίδι) πιέζοντας και περιστρέφοντας κατά την αντιωρολογιακή φορά.



Προσοχή!

Μη κατάλληλες ασφάλειες μπορεί να προκαλέσουν ανεπανόρθωτη ζημιά στο όργανο ελέγχου.

Μόνο γνήσιες ασφάλειες από την GMC-I Gossen-Metrawatt GmbH εξασφαλίζουν την απαιτούμενη προστασία μέσω κατάλληλων χαρακτηριστικών διάσπασης (άρθρο No 3-578-235-01).

Γεφύρωμα ή επισκευή των ασφάλειών απαγορεύεται! Το όργανο μπορεί να υποστεί βλάβη εάν χρησιμοποιηθούν ασφάλειες με διαφορετική χαρακτηριστική απόκρισης ή διάσπασης.

- Αφαιρέστε την καμένη ασφάλεια και αντικαταστήστε την με μια εφεδρική. Οι εφεδρικές ασφάλειες βρίσκονται στο τμήμα των μπαταριών.
- Τοποθετήστε τη νέα ασφάλεια και το καπάκι μαζί και περιστρέψτε κατά την ωρολογιακή φορά.
- Επανατοποθετήστε το κάλυμμα των μπαταριών και βιδώστε το.

A.9 Υπηρεσία Επισκευής και Ανταλλακτικών, DKD Calibration Lab and Rental Instrument Service

Σε περίπτωση που χρειαστεί να επικοινωνήσετε μαζί μας :

GMC-I Gossen – Metrawatt GmbH

Service Center

Thommas – Mann – Str. 20

904710 Nurnberg, Germany

Τηλέφωνο: +49 911 86 02-0

Fax: +49 911 86 02-2 53

E-mail: service@gossenmetrawatt.com

Αυτή η διεύθυνση ισχύει μόνο στη Γερμανία.

Παρακαλούμε να επικοινωνήσετε με τους αντιπροσώπους μας για την εξυπηρέτησή σας σε άλλες χώρες.

A.10 Διάθεση Προϊόντων

Παρακαλούμε να επικοινωνήσετε με:

GMC-I Gossen – Metrawatt GmbH

Product Support Hotline

Τηλέφωνο: +49 911 86 02-112

Fax: +49 911 86 02-709

E-mail: support@gossenmetrawatt.com