

Μετρήσεις αντίστασης γείωσης



Ενημερωτικό άρθρο του Γιώργου Σαρρή.
Δημοσιεύτηκε σε 4 συνέχειες στο περιοδικό ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΣ
από 11.2012 έως 04.2013.

Η ανάγκη μετρήσεων

Τι επηρεάζει τις μετρήσεις, μέθοδοι μετρήσεων και οι χρήσεις τους (Α' Μέρος)

Άρθρο του κ. Γιώργου Σαράη*

Με το θέμα των μετρήσεων της αντίστασης γείωσης έχουν ασχοληθεί και έχουν προβληματιστεί κατά καιρούς πολλοί ηλεκτρολόγοι όλων των βαθμίδων. Η πρόσφατη (πριν από ένα χρόνο) νομοθετική καθιέρωση της νέας Υπεύθυνης Δήλωσης Εγκαταστάτη (ΥΔΕ) με τα πρωτόκολλα ελέγχου που περιλαμβάνει, έφερε πάλι το θέμα αυτό στην επικαιρότητα. Όπως είναι γνωστό, στα πρωτόκολλα αυτά υπάρχει χώρος για καταγραφή της αντίστασης γείωσης σε αρχικούς ελέγχους αλλιά και σε επανελέγχους. Με αφορμή λοιπόν τα πρωτόκολλα της νέας ΥΔΕ και τα ερωτήματα αλλιά και τους προβληματισμούς που έχουν συγκεντρωθεί από τον γράφοντα, ξεκίνησε η επεξεργασία του θέματος. Στόχοι αυτής της ενημερωτικής προσπάθειας είναι το να απαντηθούν ερωτήματα και προβληματισμοί όπως:

- Από πού προκύπτει η ανάγκη για μετρήσεις αντίστασης γείωσης;
 - Πού και πώς είναι χρήσιμη και αξιοποιήσιμη η γνώση της τιμής της αντίστασης γείωσης;
 - Από τι εξαρτώνται ή επηρεάζονται οι μετρήσεις αντίστασης γείωσης;
 - Ποιες μέθοδοι μέτρησης υπάρχουν και πού και πώς μπορούν να χρησιμοποιηθούν;
 - Πώς πρέπει να γίνεται η σωστή μέτρηση σε ένα σημειακό ηλεκτρόδιο γείωσης;
 - Πώς πρέπει να γίνεται η σωστή μέτρηση σε ένα εκτεταμένο ηλεκτρόδιο γείωσης;
 - Μετράμε (ή καλύτουμε τι κάνουμε) τη γείωση όταν είναι στο δίκτυο ύδρευσης;
 - Πόσα Ωm πρέπει να είναι η αντίσταση γείωσης;
- Σίγουρα το θέμα αυτό έχει διαστάσεις, θεωρητικές, υπολογιστικές και πρακτικές προσεγγίσεις. Η προσπάθεια προσέγγισης θα είναι περισσότερο πρακτική, λιγότερο θεωρητική και λόγω του μεγέθους του θέματος θα ολοκληρωθεί σε μια σειρά άρθρων - μερών. Ξεκινάμε λοιπόν την παρουσίασή μας με το πρώτο μέρος. Πριν συνεχίσουμε, να θυμηθούμε μερικά θέματα ορολογίας:
- Τι είναι ηλεκτρόδιο γείωσης: Είναι έ-



να αγώγιμο σώμα ή ένα σύνολο αγώγιμων σωμάτων σε στενή επαφή με τη γη, το οποίο εξασφαλίζει την ηλεκτρική σύνδεση με αυτήν.

■ Τι είναι η αντίσταση γείωσης: Η αντίσταση μεταξύ του σημείου σύνδεσης του ηλεκτροδίου γείωσης μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης και της γης.

■ Από πού προκύπτει η ανάγκη για με-

τρων προστασίας, όπως επίσης και οι απαιτήσεις της ηλεκτρολογικής νομοθεσίας, του προτύπου ΕΛΟΤ HD 384 αλλιά και του ΚΕΗΕ για το θέμα αυτό, ξεφεύγουν από το χώρο και τους στόχους αυτού του άρθρου. Αποσπασματικές αναφορές θα γίνονται όπου κρίνεται σκόπιμο στη συνέχεια.

Συνοπτικά, στα μέτρα αυτά περιλαμβά-

Όσοι ασχολούνται με τις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις, θα πρέπει να λαμβάνονται όλα τα απαραίτητα μέτρα προστασίας.

Η νομοθετική καθιέρωση της νέας Υπεύθυνης Δήλωσης Εγκαταστάτη (ΥΔΕ) έφερε πάλι το θέμα αυτό στην επικαιρότητα

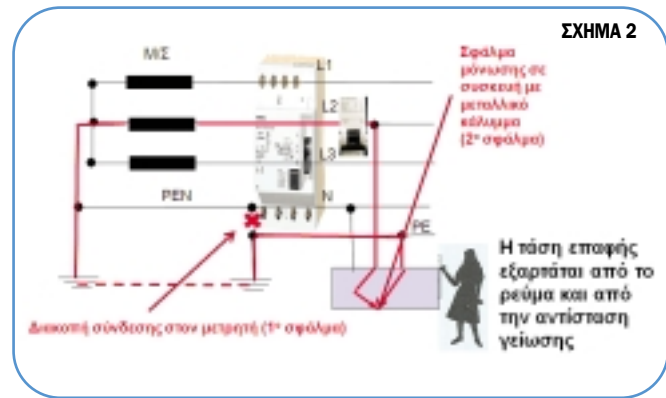
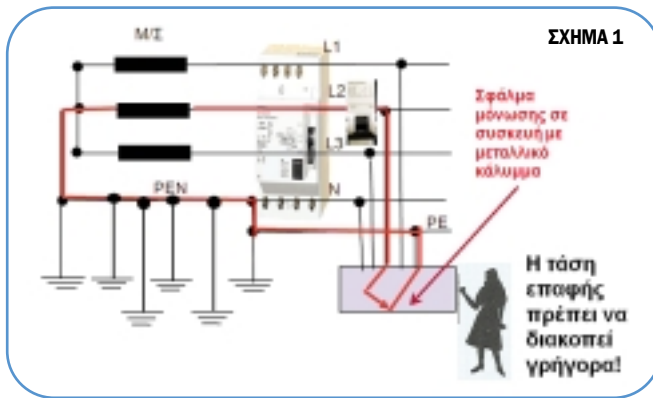
τρήσεις αντίστασης γείωσης; Η βασική ανάγκη για τις μετρήσεις αυτές προκύπτει καταρχήν από την πράξη, από τις ανάγκες για την ασφαλή χρήση του ηλεκτρικού ρεύματος. Στη συνέχεια η ανάγκη για τις μετρήσεις προκύπτει σε ορισμένες περιπτώσεις και από την εφαρμογή του προτύπου ΕΛΟΤ HD 384, του ΚΕΗΕ αλλιά και της ηλεκτρολογικής νομοθεσίας. Όπως ξέρουν όλοι όσοι ασχολούνται με τις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις, θα πρέπει να λαμβάνονται όλα τα απαραίτητα μέτρα προστασίας, έτσι ώστε να ελαχιστοποιούνται οι κίνδυνοι ηλεκτροπληξίας για ανθρώπους και ζώα αλλιά και οι κίνδυνοι πυρκαγιάς από τη χρήση ηλεκτρικού ρεύματος.

Η λεπτομερής ανάπτυξη αυτών των μέ-

νονται οι απαιτήσεις για γρήγορη διακοπή της ηλεκτρικής τροφοδοσίας όταν προκύψει ρεύμα σφάλματος προς τη γη σε μορφή διαρροής ή βραχυκυκλώματος. Απαιτείται επίσης γρήγορη διακοπή της ηλεκτρικής τροφοδοσίας, αν σε μεταλλικά μέρη συσκευών ή εγκαταστάσεων προκύψει επικίνδυνη διαφορά δυναμικού (τάση επαφής) ως προς τη γη. Στις περισσότερες περιπτώσεις από αυτές, για να μην υπάρξουν επικίνδυνα φαινόμενα, για να μπορέσουν να λει-

Βασική διευκρίνιση

Τα στοιχεία, οι πληροφορίες και γενικότερα η ανάπτυξη του θέματος των μετρήσεων της αντίστασης γείωσης που θα αναφερθούν στο άρθρο αυτό αφορούν γειώσεις προστασίας ηλεκτρικών εγκαταστάσεων για τάσεις μικρότερες από 1.000V AC, σε δίκτυα τροφοδοσίας TN (ουδετέρωση) και TT (άμεση γείωση).



τουργήσουν δραστικά και αξιόπιστα τα ηλεκτρολογικά μέσα προστασίας, θα πρέπει τα μεταλλικά μέρη των ηλεκτρικών συσκευών αλληλά και της ηλεκτρικής εγκατάστασης να έχουν μια πολύ καλή σύνδεση με την γη, άρα μια χαμηλή αντίσταση γείωσης προστασίας.

Οι απαιτήσεις για την αντίσταση γείωσης της εγκατάστασης και ο τρόπος λειτουργίας της γείωσής της εξαρτώνται καταρχήν από τον τύπο του δημόσιου δικτύου διανομής και τροφοδοσίας της και από τη δομή της. Όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω, στην Ελλάδα έχουμε δύο τύπους δημόσιων δικτύων διανομής χαμηλής τάσης. Αν και η λειτουργία του ηλεκτροδίου γείωσης της ηλεκτρικής εγκατάστασης είναι διαφορετική στους δύο αυτούς τύπους δικτύων, οι απαιτήσεις για την προστασία που θα πρέπει να παρέχει είναι παρόμοιες. Η ανάγκη για τη γνώση της αντίστασης γείωσης –άρα και η ανάγκη για τις μετρήσεις της– υπάρχει και για τους δύο τύπους δικτύων, και έχει βασική σημασία και αξία για τον ηλεκτρολόγο που αναλαμβάνει την ευθύνη της εγκατάστασης.

Πού και πώς είναι χρήσιμη και αξιοποιήσιμη η γνώση της τιμής της αντίστασης γείωσης;

Στα δίκτυα TN-C-Σόλη τα ηλεκτρόδια γείωσης των εγκαταστάσεων, του δικτύου διανομής χαμηλής τάσης και του ουδέτερου κόμβου του υποσταθμού είναι συνδεδεμένα στον αγωγό PEN και λειτουργούν συνεργατικά, παράλληλα. Στα δίκτυα αυτά, σε περίπτωση επαφής φάσεως με μεταλλικό μέρος συσκευής ή της εγκατάστασης, το ρεύμα σφάλματος (κόκκινη γραμμή) δεν περνά από το ηλεκτρόδιο γείωσης της ηλεκτρικής εγκατάστασης. Στο σφάλμα αυτό το ηλεκτρόδιο γείωσης της εγκατάστασης λειτουργεί για τη μείωση της τάσης επαφής που εμφανίζεται στο σημείο σύνδεσής του ως προς τη γη.

Για αυτό το λόγο, στο μέχρι σήμερα ισχύον πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384 δεν τίθεται σαφής απαίτηση μέτρησης αντίστασης γείωσης για τις εγκαταστάσεις αυτές, αλλά προβλέπονται μετρήσεις βρόχου σφάλματος για να διαπιστωθεί αν τα μέτρα προστασίας που έχουν ληφθεί

διακόπτουν την τροφοδότηση σε χρόνο μικρότερο από 0,4 δευτερόλεπτα σε περίπτωση σφάλματος στα τερματικά κυκλώματα (π.χ. ρευματοδότες).

Όμως αν μην προκύψουν βιαστικά συμπεράσματα, ότι η γείωση των εγκαταστάσεων αυτών δεν είναι και τόσο αναγκαία, γιατί στην πράξη τα πράγματα δεν είναι τόσο ωραία. Όπως φαίνεται από το **σχήμα 1**, το ρεύμα σφάλματος ρέει μέσω του PEN και δυστυχώς από την πράξη προκύπτει ότι υπάρχουν περιπτώσεις που η λειτουργία του αγωγού αυτού κάθε άλλο παρά σωστή είναι. Τότε το ηλεκτρόδιο γείωσης της εγκατάστασης πρέπει να αναλάβει δραστικό ρόλο για

δυν ($>50V$). Τότε το ηλεκτρόδιο γείωσης και η αντίστασή του «δίνουν εξετάσεις». Επομένως, βασικό ρόλο έχουν και οι μικροαυτόματοι στην περίπτωση αυτή, αν δεν υπάρχει ή αν δεν λειτουργεί η διάταξη διαφορικού ρεύματος όπως έχει αναφερθεί.

Για να μην ξεπεραστεί η τάση επαφής των 50V, η αντίσταση γείωσης θα πρέπει να είναι πολύ χαμηλή· και το πόσο πρέπει να είναι, εξαρτάται από τη χαρακτηριστική καμπύλη των μικροαυτομάτων, όπως φαίνεται στον **πίνακα 1** για μερικούς τύπους μικροαυτομάτων.

Εδώ πρέπει να επισημανθεί ότι το πρώτο σφάλμα βρίσκεται σε περιοχή που

Στα μέτρα αυτά περιλαμβάνονται οι απαιτήσεις για γρήγορη διακοπή της ηλεκτρικής τροφοδοσίας όταν προκύψει ρεύμα σφάλματος προς τη γη σε μορφή διαρροής ή βραχυκυκλώματος.

Στο μέχρι σήμερα ισχύον πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384 δεν τίθεται σαφής απαίτηση μέτρησης αντίστασης γείωσης για τις εγκαταστάσεις

διέλευση ρεύματος μέσω γης· άρα η αντίσταση γείωσης έχει ιδιαίτερη σημασία για την ασφαλή λειτουργία της εγκατάστασης.

Αν, για παράδειγμα, δημιουργηθεί διακοπή σύνδεσης μεταξύ PEN και του ηλεκτροδίου γείωσης της εγκατάστασης και του αγωγού PE στο μετρητή (1ο σφάλμα), όπως φαίνεται στο **σχήμα 2**, τότε οι καταναλώσεις της εγκατάστασης τροφοδοτούνται κανονικά, αλλά η προστασία της εγκατάστασης από ηλεκτροπληξία είναι αμφίβολη. Αν μετά από αυτό το 1ο σφάλμα προκύψει σε μια ηλεκτρική συσκευή περίπτωση επαφής φάσεως με μεταλλικό μέρος της (2ο σφάλμα), τότε το ρεύμα σφάλματος θα πρέπει να κλείσει κύκλωμα μέσω του ηλεκτροδίου γείωσης της εγκατάστασης. Αυτά εφόσον, αν η εγκατάσταση καλύπτεται με διάταξη διαφορικού ρεύματος (που πρέπει να καλύπτεται με βάση την ισχύουσα νομοθεσία) αν αυτή λειτουργεί σωστά (μην ξεχνάμε είναι επικουρική προστασία) και αν αυτή δεν έχει παρακαμφθεί με το απαγορευμένο by pass! Διαφορετικά θα πρέπει να λειτουργήσει ή η κύρια προστασία (που είναι οι μικροαυτόματοι) ή οι ασφάλειες τήξης, πριν η τάση επαφής στα μεταλλικά μέρη της εγκατάστασης γίνει επικίν-

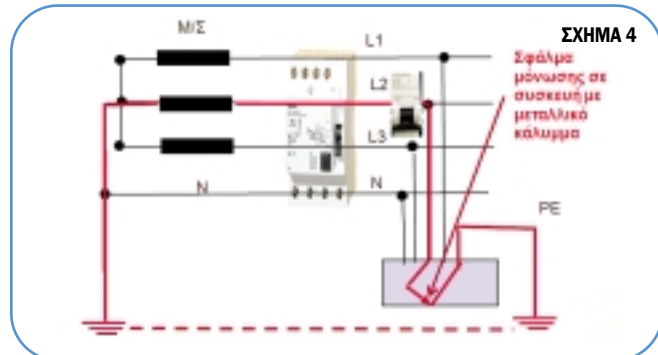
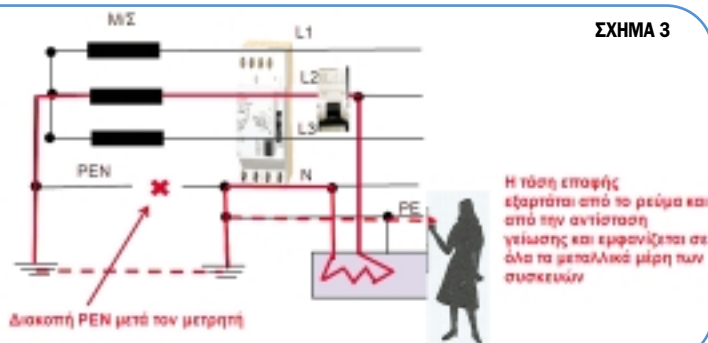
δεν ανήκει στην ευθύνη του ηλεκτρολόγου εγκαταστάτη (στον μετρητή) και ότι αυτή η περίπτωση δεν προβλέπεται στο πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384. Όμως η πράξη έχει δείξει ότι είναι ένα υπαρκτό πρόβλημα που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη από τον ηλεκτρολόγο στις αντίστοιχες εγκαταστάσεις.

Άρα, για να μπορεί να εξασφαλίσει ο ηλεκτρολόγος την ασφάλεια της εγκατάστασης για αυτή την περίπτωση, θα πρέπει να ξέρει και την αντίσταση γείωσης και αυτή να είναι ιδιαίτερα χαμηλή. Δυστυχώς όμως μπορούν να προκύψουν περισσότερο επικίνδυνες καταστάσεις στα δίκτυα TN. Αν, για παράδειγμα, προκύψει διακοπή του PEN μετά τον μετρητή, όπως φαίνεται στο **σχήμα 3**, τότε οι καταναλώσεις της εγκατάστασης τροφοδοτούνται με φάση, ο ουδέτερος προσπαθεί να κλείσει κύκλω-



Οι απαιτήσεις για την αντίσταση γείωσης της εγκατάστασης και ο τρόπος λειτουργίας της γείωσής της εξαρτώνται καταρχήν από τον τύπο του δημόσιου δικτύου διανομής και τροφοδοσίας και από τη δομή της γείωσης.

Άρθρο



μα μέσω του ηλεκτροδίου γείωσης και η προστασία από ηλεκτροπληξία της εγκατάστασης εξαρτάται αποκλειστικά και μόνο από την αντίσταση του ηλεκτροδίου γείωσής της. Τότε το «ρεύμα λειτουργίας» ρέοντας μέσω του ηλεκτροδίου γείωσης δημιουργεί τάση επαφής η οποία εμφανίζεται σε ΟΛΑ τα μεταλλικά μέρη της εγκατάστασης, και βέβαια των ηλεκτρικών συσκευών που είναι συνδεδεμένα σε αυτόν. Η τάση αυτή εξαρτάται άμεσα από την αντίσταση γείωσης του ηλεκτροδίου και από το μέγεθος του διερχομένου μέσω του ηλεκτροδίου ρεύματος. Όσο η τάση αυτή παραμένει σε χαμηλά επίπεδα, εντοπίζεται σαν φαινόμενο να «τσιμπάνε οι βρύσες...».

Η τάση αυτή, ακόμα και αν είναι μικρή, εφόσον εντοπίζεται σε δίκτυα TN, συνήθως δηλώνει ότι υπάρχει πρόβλημα που πρέπει να εντοπιστεί και να διορθωθεί. Αν αφεθεί, η τάση αυτή μπορεί να εξελιχθεί σε πολύ επικίνδυνη (>50V) και να προκαλέσει ηλεκτροπληξία. Σε αυτή την περίπτωση, ακόμα και αν υπάρχει διάταξη διαφορικού ρεύματος στην εγκατάσταση, αυτή ΔΕΝ προστατεύει, γιατί μπορεί να μην διαπιστώνει ρεύμα σφάλματος! Ούτε τα κύρια μέτρα προστασίας που είναι οι μικροαυτόματοι ούτε οι ασφάλειες τήξης μπορούν να προσφέρουν προστασία όσο το ρεύμα είναι μικρότερο από την ένταση απόξευξής τους ώστε να λειτουργήσουν, δηλαδή να διακόψουν. Η τάση επαφής μπορεί να εμφανιστεί και σε περισσότερες της μιας εγκαταστάσεις, και βέβαια έχει άμεση εξάρτηση από την αντίσταση των ηλεκτροδίων γείωσής τους και από τη φόρτιση (καταναλώσεις) που προσπαθούν να λειτουργήσουν σε αυτές. Και

σε αυτή την περίπτωση τα ηλεκτρόδια γείωσης των εγκαταστάσεων και η αντίστασή τους «δίνουν εξετάσεις». Εδώ πρέπει να επισημανθεί ότι το σφάλμα βρίσκεται σε περιοχή που δεν ανήκει άμεσα στην ευθύνη του ηλεκτρολόγου εγκαταστάτη (ανήκει στο δίκτυο διανομής) και ότι αυτή η περίπτωση δεν προβλέπεται στο πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384. Όμως η πράξη έχει δείξει ότι αν συμβεί ατύχημα ή δυστύχημα από αυτή την αιτία, ο ηλεκτρολόγος καλείται να αποδείξει ότι δεν φταίει... και πρέπει να έχει στοιχεία.

Γενικά, το ισχύον πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384 δεν προβλέπει τις δύο παραπάνω περιπτώσεις των βλαβών που μπορεί να προκύψουν στον PEN, και έτσι δεν θέτει σαφείς απαιτήσεις για τη μέτρηση αντίστασης γείωσης όπως έχει ανα-

καταγράφει στο πρωτόκολλο ελέγχου κάθε Υπεύθυνης Δήλωσης Εγκαταστάτη (ΥΔΕ) που συμπληρώνει και υπογράφει. Κλείνοντας αυτή την παράγραφο, μια υπενθύμιση: Δίκτυα TN-C-S (ουδετέρωσης) είναι τα δημόσια δίκτυα διανομής χαμηλής τάσης (230/400V) της ΔΕΔΔΗΕ (παλιότερα ΔΕΗ) σε όλη την Ελλάδα, εκτός από ορισμένες περιοχές της Αττικής, όπως και πολλών ιδιωτικών υποσταθμών.

Στα δίκτυα TT (άμεσης γείωσης), σε περίπτωση επαφής φάσεως με μεταλλικό μέρος ηλεκτρικής συσκευής ή εγκατάστασης, το ρεύμα σφάλματος (κόκκινη γραμμή) περνά από το ηλεκτρόδιο γείωσης της ηλεκτρικής εγκατάστασης. Σε αυτή την περίπτωση πρέπει να δράσει η διάταξη διαφορικού ρεύματος, αν υπάρχει (που βέβαια με

Το «ρεύμα λειτουργίας» ρέοντας μέσω του ηλεκτροδίου γείωσης δημιουργεί τάση επαφής η οποία εμφανίζεται σε ΟΛΑ τα μεταλλικά μέρη της εγκατάστασης.

Και σε αυτή την περίπτωση τα ηλεκτρόδια γείωσης των εγκαταστάσεων και η αντίστασή τους «δίνουν εξετάσεις»

φερθεί, ούτε συγκεκριμένες απαιτήσεις για την απαιτούμενη αντίσταση γείωσης στα δίκτυα αυτά. Με βάση όμως τα αναφερθέντα, διαπιστώνεται ότι η γνώση της αντίστασης γείωσης στις εγκαταστάσεις που τροφοδοτούνται από τα δίκτυα αυτά είναι ιδιαίτερα χρήσιμη, άρα και οι μετρήσεις της.

Θα πρέπει εδώ να επαναληφθεί και να τονιστεί ότι για να μπορεί να εξασφαλίσει ο ηλεκτρολόγος την ασφάλεια της εγκατάστασης και για αυτή την περίπτωση θα πρέπει να ξέρει την αντίσταση γείωσής της και αυτή πρέπει να είναι ιδιαίτερα χαμηλή. Μάλιστα για να είναι κατοχυρωμένος θα πρέπει να την

βάση την ισχύουσα νομοθεσία πρέπει να υπάρχει, αλλιώς να μην ξεχνάμε ότι πρόκειται για επικουρικό μέτρο προστασίας...), αν λειτουργεί σωστά και αν δεν έχει παρακαμφθεί με απαγορευμένο by pass! Διαφορετικά θα πρέπει να λειτουργήσουν τα κύρια μέτρα προστασίας, όπως οι μικροαυτόματοι ή οι ασφάλειες τήξης, έτσι ώστε αν η τάση αυτή ξεπεράσει τα 50V να διακοπεί η τροφοδοσία σε λιγότερο από 5 δευτερόλεπτα. Αν δεν υπάρχει ή αν δεν λειτουργεί η διάταξη διαφορικού ρεύματος, για να μην ξεπεραστεί η τάση επαφής των 50V η αντίσταση γείωσης θα πρέπει να είναι πολύ χαμηλή, ώστε

ΠΙΝΑΚΑΣ 1	Εγκατάσταση με μικροαυτόματους B		Εγκατάσταση με μικροαυτόματους C	
	B 10A	B 20A	C 10A	C 20A
Η τάση επαφής πρέπει να είναι μικρότερη από	50 V	50V	50 V	50V
Ρεύμα σφάλματος για απόξευξη σε λιγότερο από 5 sec (2,5 x Ion)	25 A	50 A	(3,3 x Ion) 33 A	66 A
Αντίσταση αγωγού PE & ηλεκτρ. γείωσης	2,00 Ω	1,00 Ω	1,52 Ω	0,76 Ω

να λειτουργήσουν (= να διακόψουν) τα κύρια μέτρα προστασίας (π.χ. οι μικρο-αυτόματοι). Με ποιο ρεύμα θα λειτουργήσουν, εξαρτάται από τη χαρακτηριστική καμπύλη τους και από την ονομαστική τους ένταση, όπως έχει αναφερθεί στο **σχήμα 4** για τα δίκτυα ΤΝ, και βέβαια από την αντίσταση γείωσης του ηλεκτροδίου.

Για αυτούς τους λόγους υπάρχει σαφής απαίτηση μέτρησης αντίστασης γείωσης για τις εγκαταστάσεις αυτές. Εδώ είναι εμφανές ότι τα ηλεκτρόδια γείωσης των εγκαταστάσεων και του ουδετέρου κόμβου του υποσταθμού είναι ηλεκτρικά ανεξάρτητα και κλείνουν κύκλωμα μόνο μέσω της γης. Το ισχύον πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384, αλλιώς και η ηλεκτρολογική νομοθεσία (ΦΕΚ 1222 Β, 5 Σεπτεμβρίου 2006, Αριθμ. Φ Α' 50/12081/642) για την καθιέρωση υποχρέωσης εγκατάστασης διατάξεων διαφορικού ρεύματος θέτουν σαφείς απαιτήσεις για τη μέτρηση αντίστασης γείωσης στα δίκτυα ΤΤ. Θα πρέπει επίσης να καταγράφεται στο πρωτόκολλο ελέγχου κάθε Υπεύθυνης Δήλωσης Εγκαταστάτη (ΥΔΕ) που συ-



μπληρώνει και υπογράφει ο ηλεκτρολόγος που αναλαμβάνει την ευθύνη της εγκατάστασης.

Διαπιστώνεται λοιπόν ότι η γνώση της αντίστασης γείωσης στις εγκαταστάσεις που τροφοδοτούνται από τα δίκτυα ΤΤ είναι απαραίτητη, άρα και οι με-

αυτή, επίσης μια υπενθύμιση: Δίκτυα ΤΤ (άμεσης γείωσης) είναι τα δημόσια δίκτυα διανομής χαμηλής τάσης (230/400V) της ΔΕΔΔΗΕ (παλιότερα ΔΕΗ) σε ορισμένες περιοχές της Αττικής. Τα δίκτυα αυτά προέρχονται από την παλιά Ηλεκτρική Εταιρεία Αθηνών-

Άρθρο

Η γνώση της αντίστασης γείωσης στις εγκαταστάσεις που τροφοδοτούνται από τα δίκτυα ΤΤ είναι απαραίτητη, άρα και οι μετρήσεις της.

Ο ηλεκτρολόγος θα πρέπει να ξέρει την αντίσταση γείωσής της και αυτή πρέπει να είναι ιδιαίτερα χαμηλή

τρήσεις της. Συμπερασματικά, για τη σίγουρη και την αποτελεσματική λειτουργία των μέτρων προστασίας στις ελληνικές ηλεκτρικές εγκαταστάσεις οι μετρήσεις της αντίστασης γείωσης είναι ιδιαίτερα χρήσιμες, αλλιώς και αναγκαίες. Κλείνοντας και την παράγραφο

Πειραιώς η οποία εξαγοράστηκε από τη ΔΕΗ στις 4-1-1961.

**Ο κ. Γιώργος Σαρρής είναι Ηλεκτρολόγος Μηχανικός Τ.Ε., επιστημονικός σύμβουλος του Ελληνικού Ινστιτούτου Ανάπτυξης Χαλκού (Ε.Ι.Α.Χ.).*

Τώρα, δίνουμε το ΦΩΤΕΙΝΟ παράδειγμα.

ΦΩΤΟ ΚΥΚΛΩΣΗ

ΣΥΛΛΟΓΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΦΩΤΙΣΤΙΚΩΝ & ΛΑΜΠΤΗΡΩΝ

ΕΓΚΕΚΡΙΜΕΝΟ ΑΠΟ ΤΟ ΥΠΕΚΑ

Λ. Τατοΐου 349 Αχαρνάι
Τηλ.: 210 48 31 164, Fax: 210 48 37 517
e-mail: info@fotokiklosi.gr

www.fotokiklosi.gr

Μετρήσεις αντίστασης γείωσης

Τι επηρεάζει τις μετρήσεις, μέθοδοι μετρήσεων και οι χρήσεις τους (Β' Μέρος)

Άρθρο του κ. Γιώργου Σαρρή*

Όπως έχει αναφερθεί, με το θέμα των μετρήσεων της αντίστασης γείωσης έχουν ασχοληθεί και έχουν προβληματιστεί κατά καιρούς πολλοί ηλεκτρολόγοι όλων των βαθμίδων.

Στο προηγούμενο άρθρο είχαν αναπτυχθεί:

■ Από πού προκύπτει η ανάγκη για μετρήσεις αντίστασης γείωσης.

■ Πού και πώς είναι χρήσιμη και αξιοποιήσιμη η γνώση της τιμής της αντίστασης γείωσης.

Στο άρθρο αυτό θα γίνουν αναφορές στα θέματα:

■ Από τι εξαρτώνται - επηρεάζονται οι μετρήσεις αντίστασης γείωσης.

■ Ποιες μέθοδοι μετρήσεων υπάρχουν για τις μετρήσεις γείωσης και πού και πώς μπορούν να χρησιμοποιηθούν.

Είναι σαφές ότι τα θέματα αυτά έχουν θεωρητικές και πρακτικές διαστάσεις. Η ανάλυση που θα γίνει στη συνέχεια θα είναι περισσότερο πρακτική και λιγότερο θεωρητική.

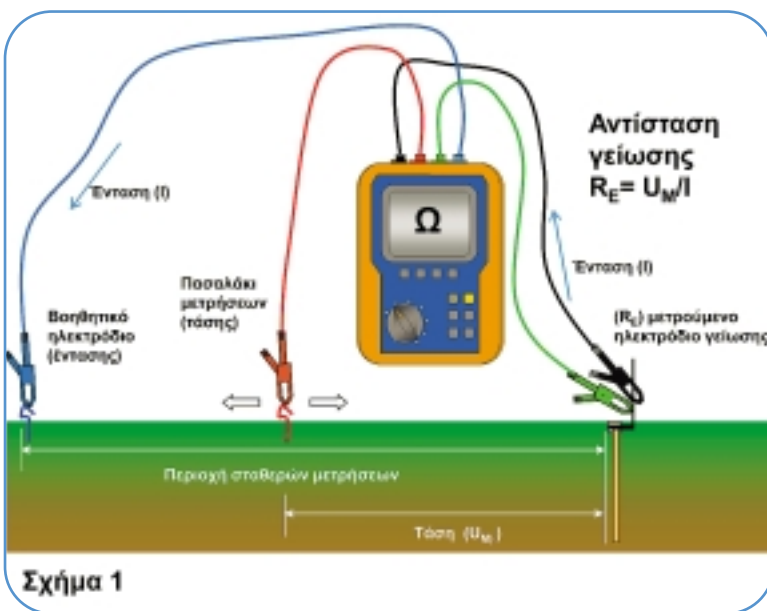
Από τι εξαρτώνται - επηρεάζονται οι μετρήσεις αντίστασης γείωσης;

Η ακρίβεια και η αξιοπιστία των μετρήσεων αυτών εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες, οι οποίοι και θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη ώστε να προκύπτουν σωστά αποτελέσματα. Συγκεκριμένα εξαρτώνται:

■ Από την ικανότητα, την εμπειρία και τη γνώση του ηλεκτρολόγου που κάνει τις μετρήσεις. Δεν είναι αρκετό το να ξέρει κάποιος να χειρίζεται ένα όργανο μετρήσεων. Θα πρέπει να έχει ασχοληθεί με τη διαδικασία των μετρήσεων.

■ Από τη μέθοδο που γίνονται οι μετρήσεις και από τη σωστή εφαρμογή της. Σχετικά με τις μεθόδους μετρήσεων αντίστασης γείωσης και την ανάπτυξή τους θα μπορούσαν να γραφούν πολλά. Μια συνοπτική αναφορά για τις συχνότερα χρησιμοποιούμενες μεθόδους θα γίνει στη συνέχεια.

■ Από την ποιότητα, την ακρίβεια και την καλή κατάσταση του οργάνου που γίνεται οι μετρήσεις. Βασικός παράγοντας αξιοπιστίας και ακρίβειας των μετρήσεων γενικά είναι η διατήρηση του οργάνου μέτρησης σε καλή κατάσταση. Αυτή αποδεικνύεται μόνο με συχνή πιστοποίηση διακρίβωση.



ΣΧΗΜΑ 1: Μέθοδος μέτρησης αντίστασης ηλεκτροδίου γείωσης με πτώση δυναμικού χρησιμοποιεί μια πηγή ανεξάρτητη από την τάση του δικτύου.

■ Από την υγρασία του εδάφους η οποία μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια του έτους και επηρεάζει την ειδική αντίστασή του. Για παράδειγμα, η «ωрайοποίηση» των μετρήσεων πλημμυρίζοντας με νερό το χώρο του ηλεκτροδίου γείωσης δεν είναι και δεν πρέπει να περιλαμβάνεται στη διαδικασία μέτρησης.

■ Από τις τοπικές συνθήκες στην πε-

τρούμενο ηλεκτρόδιο έχει σύνδεση με το δίκτυο ύδρευσης, το αποτέλεσμα της μέτρησης θα είναι αρκετά διαφορετικό όταν το ηλεκτρόδιο μετρηθεί χωρίς τη σύνδεση αυτή.

Συνήθως οι μετρήσεις αντίστασης γείωσης αφορούν δύο είδη γειώσεων:

■ Τις σημειακές, όπως ηλεκτρόδιο ράβδου/σταυρού, τρίγωνο, πηλάκι γείωσης, γειωτής E, ταινία έως 10m μήκος.

Βασικός παράγοντας αξιοπιστίας και ακρίβειας των μετρήσεων γενικά είναι η διατήρηση του οργάνου μέτρησης σε καλή κατάσταση

ριοχή (π.χ. δυνατότητα πραγματοποίησης αρκετών αξιοποιήσιμων μετρήσεων όπου απαιτείται).

■ Από την πιθανή ύπαρξη υπόγειων αλφά και υπέργειων μεταλλικών εγκαταστάσεων κοντά στην μετρούμενη γείωση, όπως είναι υπόγεια καλώδια με μεταλλικό - αγωγίμο περίβλημα, μεταλλικά δίκτυα ύδρευσης και καυσίμων, θεμελιώσεις, περιφράξεις. Οι γεινιάσεις αυτές μπορεί να έχουν σαν αποτέλεσμα τη «βελτίωση» των τιμών των μετρήσεων, όμως το τελικό αποτέλεσμα δεν είναι αληθινό ή δεν είναι επαληθεύσιμο.

■ Από την πιθανή σύνδεση της μετρούμενης γείωσης με άλλες μεταλλικές εγκαταστάσεις. Αν για παράδειγμα το με-

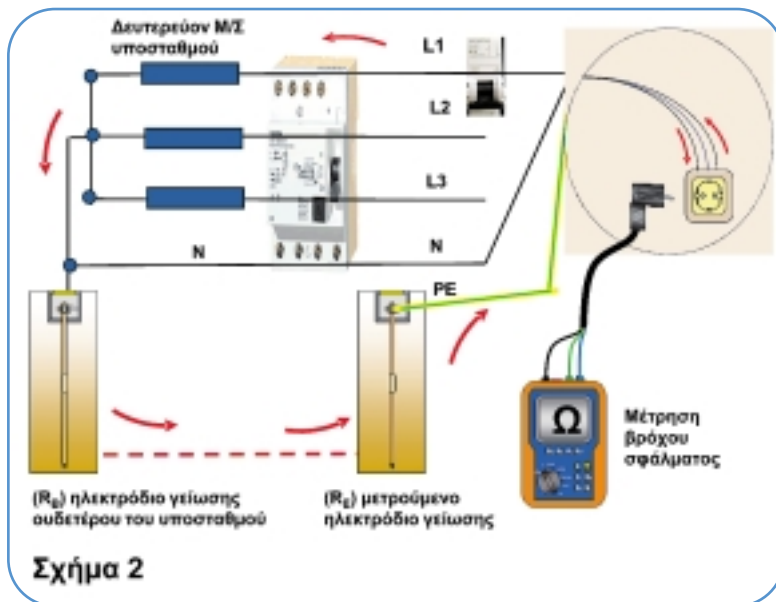
■ Τις εκτεταμένες, όπως θεμελιακή ή περιμετρική γείωση, πλέγμα γείωσης κλπ.

Εδώ θα πρέπει να γίνει ένας ακόμα διαχωρισμός:

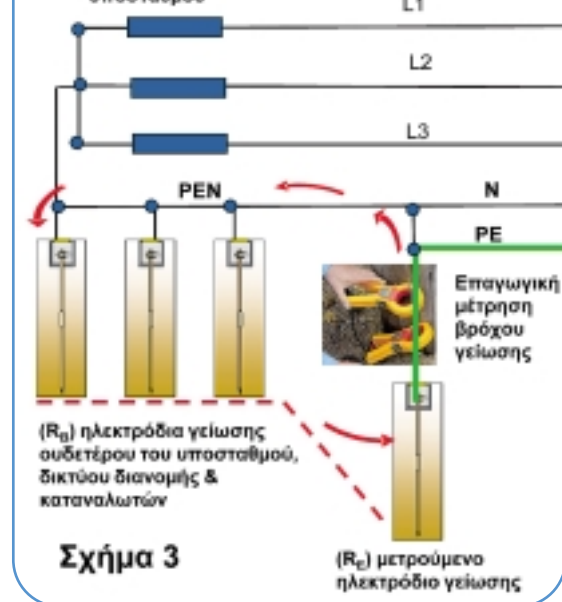
α) Μετρήσεις αντίστασης γείωσης σε ηλεκτρική εγκατάσταση εν λειτουργία.

β) Μετρήσεις κάποιου από τα παραπάνω είδη γείωσης το οποίο δεν έχει ακόμα συνδεθεί - χρησιμοποιηθεί.

Είναι (πρέπει να είναι) γνωστό ότι για να γίνουν σωστές μετρήσεις γείωσης σε εγκατάσταση εν λειτουργία, θα πρέπει το ή τα συστήματα γείωσης της να αποσυνδεθούν από την εγκατάσταση αλλιά και από το δίκτυο τροφοδοσίας (π.χ. σε ΤΝ). Για αυτήν την αποσύνδεση χρειάζε-



Σχήμα 2



Σχήμα 3

ται ιδιαίτερη προσοχή και θα πρέπει:

■ Να έχει εξασφαλιστεί ότι η εγκατάσταση είναι τελείως απομονωμένη από οποιαδήποτε πηγή ενέργειας (π.χ. ΔΕΔΔΗΕ = ΔΕΗ, ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος, UPS κλπ.)

■ Να έχουν ενημερωθεί οι χρήστες της εγκατάστασης ότι δεν πρέπει να έλθουν σε επαφή με εκτεθειμένα αγωγίμα μέρη της εγκατάστασης ή με ξένα αγωγίμα στοιχεία, καθώς θα παραμείνουν αγείωτα και υπάρχει μεγάλος κίνδυνος κατά τη διάρκεια της αποσύνδεσης του συστήματος γειώσεων να βρεθούν αυτά υπό τάση.

■ Μετά την επανασύνδεση του συστήματος γειώσεως να γίνουν έλεγχοι ότι αυτό συνεχίζει να λειτουργεί και προστατεύει πραγματικά.

Βέβαια, υπάρχουν και μέθοδοι μετρήσεων με τις οποίες δεν είναι απαραίτητη η αποσύνδεση, αλλά αυτά θα αναπτυχθούν στη συνέχεια.

Ποιες μέθοδοι μετρήσεων υπάρχουν και πού και πώς μπορούν να χρησιμοποιηθούν

Υπάρχουν πολλές μέθοδοι για τις μετρήσεις γείωσης. Κάθε μια έχει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Οι περισσότερες από αυτές έχουν βρεθεί από τον γράφοντα στο Deutsches Kupferinstitut (Γερμανικό Ινστιτούτο Χαλκού), στο ενημερωτικό του έντυπο Messungen und Prüfungen an Erdungsanlagen (μετρήσεις και έλεγχοι εγκαταστάσεων γείωσης) και μπορούν να διαχωριστούν καταρχήν σε δυο κύριες κατηγορίες: α) στις μεθόδους που κάνουν μέτρηση με αντιστάθμιση και β) στις μεθόδους που κάνουν μέτρηση με ρεύμα τάση. Μπορούν επίσης να διαχωριστούν σε αυτές που χρησιμοποιούν ρεύμα δικτύου και στις μεθόδους που δεν το χρησιμοποιούν.

Εδώ θα πρέπει να αναφερθεί ότι από όλες αυτές τις μεθόδους οι περισσότερες

χρησιμοποιούμενες είναι αυτές που κάνουν μέτρηση με ρεύμα-τάση. Θα πρέπει επίσης να επισημανθεί ότι το ισχύον πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384 περιλαμβάνει μόνο δύο από τις παραπάνω μεθόδους: τη μέθοδο με πτώση δυναμικού (λέγεται και μέθοδος τάσης – ρεύματος) και τη μέθοδο με βρόχο σφάλματος. Αυτές τις μεθόδους χρησιμοποιούν και όλοι σχεδόν τα πολυόργανα ελέγχου ηλεκτρικών εγκαταστάσεων.

Τελευταία εμφανίζονται στην ευρωπαϊκή –αλλά και στην ελληνική– αγορά όργανα για ελέγχους και μετρήσεις ηλεκτρικών εγκαταστάσεων τα οποία διαθέτουν και δυνατότητες μέτρησης βρόχου γείωσης με ρεύμα από το δίκτυο ή και χωρίς ρεύμα δικτύου. Στη συνέχεια θα

σιάζεται συνοπτικά ο τρόπος που λειτουργεί (βλ. **σχήμα 1**). Το προς μέτρηση ηλεκτροδίο είναι το RE. Ένα βοηθητικό ηλεκτροδίο πρέπει να «καρφωθεί» στο έδαφος σε μια απόσταση από το προς μέτρηση ηλεκτροδίο (αναλυτικές πληροφορίες σε επόμενο άρθρο). Το πασσαλάκι μέτρησης μετακινείται, «καρφώνεται» ανά διαστήματα από τον ηλεκτρολόγο που κάνει τις μετρήσεις και λαμβάνονται τιμές αντίστασης από το όργανο οι οποίες ορίζονται από τη σχέση $RE = UM/I$.

Εκτός από τα κλασικά γεωσόμετρα, τα περισσότερα πολυόργανα για τους ελέγχους και τις μετρήσεις των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων έχουν δυνατότητα να μετρούν με τη μέθοδο αυτή, με την ο-

ΣΧΗΜΑ 2:

Η μέθοδος αυτή μετρά τη σύνθετη αντίσταση του βρόχου από το σημείο που γίνεται η μέτρηση έως την πηγή τροφοδοσίας και μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο στα δίκτυα TT.

ΣΧΗΜΑ 3:

Για να υπάρχει αποτέλεσμα μέτρησης, θα πρέπει το προς μέτρηση ηλεκτροδίο να είναι απαραίτητα διασυνδεδεμένο με άλλα ηλεκτροδία.

Διατίθενται όργανα τα οποία διαθέτουν δυνατότητες και μέτρησης βρόχου γείωσης με ρεύμα από το δίκτυο ή και χωρίς ρεύμα δικτύου

δοθεί βαρύτητα στις πλέον γνωστές και εφικτά χρησιμοποιήσιμες στη χώρα μας μεθόδους, με προτεραιότητα και βαρύτητα σε αυτές που αναφέρονται στο ισχύον πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384. Αυτές οι μέθοδοι θα αναπτυχθούν με τις δυνατότητες, τα πλεονεκτήματα και τις δυσκολίες τους.

Μέθοδοι

Η μέθοδος μέτρησης αντίστασης ηλεκτροδίου γείωσης με πτώση δυναμικού χρησιμοποιεί μια πηγή ανεξάρτητη από την τάση του δικτύου. Η μέθοδος αυτή αναπτύσσεται αναλυτικά στο Παράρτημα Π.61-Γ του ισχύοντος προτύπου ΕΛΟΤ HD 384. Περιλαμβάνεται σε όλα σχεδόν τα ευρωπαϊκά πρότυπα ελέγχου ηλεκτρικών εγκαταστάσεων – άρα είναι ευρύτερα γνωστή, γι' αυτό εδώ παρου-

ποία μπορούν να μετρηθούν όλοι οι τύποι ηλεκτροδίων γείωσης.

Εδώ πρέπει να σημειωθεί η απαίτηση του άρθρου 612.1 του ΕΛΟΤ HD 384 ότι αυτά τα όργανα μέτρησης θα πρέπει να πληρούν τις απαιτήσεις του προτύπου ΕΛΟΤ EN 61557-5. Βασική προϋπόθεση είναι ότι το ηλεκτροδίο γείωσης που πρόκειται να μετρηθεί πρέπει να είναι αποσυνδεδεμένο από την εγκατάσταση που προστατεύει και από άλλα δίκτυα. Βέβαια, για σωστές και αποδοτικές μετρήσεις θα πρέπει ο ηλεκτρολόγος που τις κάνει να διαθέτει ένα αποδεκτό όργανο μέτρησης, βασικές γνώσεις να τις μετρήσει αυτές και να τηρεί συγκεκριμένους κανόνες, όπως έχει αναφερθεί. Για το πώς θα πρέπει να γίνονται σωστές μετρήσεις με τη μέθοδο αυτή, θα γίνει αναφορά με περισσότερα στοιχεία σε επόμενο άρθρο. Η προσεγγιστική μέθο-

Άρθρο

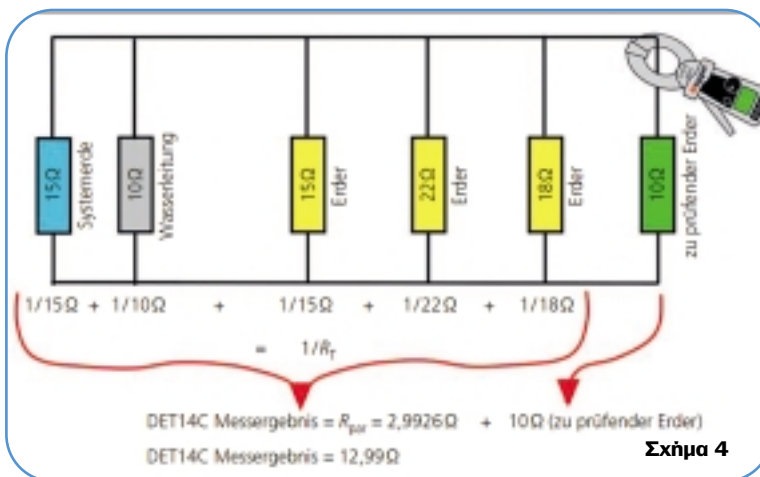
δος μέτρησης αντίστασης ηλεκτροδίου γείωσης με βρόχο σφάλματος είναι η μέθοδος που αξιοποιείται στα δίκτυα TT (άμεσης γείωσης), και χρειάζεται κατά κανόνα την τάση του δικτύου τροφοδοσίας. Η μέθοδος αυτή αναπτύσσεται θεωρητικά στο Παράρτημα Π.61-Δ του προτύπου ΕΛΟΤ HD 384, δεν είναι ευρύτερα γνωστή και εδώ θα γίνει προσπάθεια για ανάλυση και πρακτική επεξήγησή της (βλ. **σχήμα 2**).

Βασική διευκρίνιση: Η μέθοδος αυτή μετρά τη σύνθετη αντίσταση του βρόχου από το σημείο που γίνεται η μέτρηση έως την πηγή τροφοδοσίας (π.χ. δευτερεύον του μετασχηματιστή στον υποσταθμό) και –όπως έχει αναφερθεί– μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο στα δίκτυα TT. Πρέπει να τονιστεί ότι σε αυτές τις μετρήσεις τα αποτελέσματα δεν δείχνουν την πραγματική τιμή της αντίστασης γείωσης του ηλεκτροδίου, αλλά μια συνολική σύνθετη αντίσταση, η οποία περιλαμβάνει τη ζητούμενη αντίσταση γείωσης RE, την αντίσταση γείωσης του κόμβου του ουδετέρου του μετασχηματιστή RB και την αντίσταση όλων των καλωδίων που λαμβάνουν μέρος στη μέτρηση.

Η δυνατότητα χρήσης αυτής της μεθόδου για τα δίκτυα TT δίδεται από το πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384 στην παράγραφο 612.6.2 για τη μέτρηση της αντίστασης γείωσης: Στις περιπτώσεις που στο σύστημα σύνδεσης των γειώσεων TT η θέση της εγκατάστασης (π.χ. μέσα σε πόλη) είναι τέτοια που δεν είναι πρακτικά δυνατή η τοποθέτηση των δύο βοηθητικών ηλεκτροδίων, η μέτρηση της αντίστασης ή της σύνθετης αντίστασης του βρόχου σφάλματος δίνει τιμή μεγαλύτερη από την πραγματική τιμή της αντίστασης γείωσης.

Δυσκολίες

Όμως, ένα από τα συνηθισμένα προβλήματα στην πράξη για τη μέθοδο αυτή είναι η δυσκολία στη διενέργειά της, όταν στο μετρούμενο κύκλωμα μεσολαβεί διάταξη διαφορικού ρεύματος (ΔΔΡ). Για να μη δημιουργείται απόρριψη της διάταξης κατά τη διάρκεια των μετρήσεων αυτών και για να μην χρειάζεται να γίνεται προσωρινή κατάργηση της διάταξης κατά τη διάρκεια των μετρήσεων, πολλοί κατασκευαστές των οργάνων μέτρησης έχουν εφαρμόσει τεχνικές με τις οποίες οι μετρήσεις είναι εφικτές χωρίς να επηρεάζεται η διάταξη διαφορικού ρεύματος. Πρέπει όμως να σημειωθεί ότι οι μετρήσεις αυτές που λαμβάνουν υπόψη τη διάταξη διαφορικού ρεύματος παρέχουν μικρότερη α-



ΣΧΗΜΑ 4:
Αριθμητικό
παράδειγμα για
τη μέθοδο αυτή από
το περιοδικό Der
Elektro und
Gebäudetechniker.

κρίβεια στα αποτελέσματά τους. Εδώ πρέπει να σημειωθεί η απαίτηση του άρθρου 612.1 του ΕΛΟΤ HD 384, ότι τα όργανα μέτρησης βρόχου σφάλματος θα πρέπει να πληρούν τις απαιτήσεις του προτύπου ΕΛΟΤ EN 61557-3 για να θεωρούνται οι μετρήσεις αξιόπιστες.

Επισήμανση: Με τη μέθοδο αυτή δεν μπορεί να μετρηθεί η αντίσταση γείωσης ηλεκτροδίων τα οποία είναι σταθερά συνδεδεμένα σε αγωγό PEN στα δίκτυα TN (ουδετερώσης), γιατί αυτά τα ηλεκτρόδια δεν λαμβάνουν μέρος στη μέτρηση. Άρα στην ουδετερώση, για τα συνδεδεμένα ηλεκτρόδια η μέ-

τρούμενου ηλεκτροδίου από το δίκτυο ή την εγκατάσταση. Ορισμένες εταιρείες οργάνων μέτρησης την εφαρμόζουν με μία αμπεροτσιμπίδα (ειδική βέβαια) και άλλη με δύο. Με βάση αυτή τη μέθοδο, η μια αμπεροτσιμπίδα παράγει τάση και η άλλη μετρά ρεύμα (όταν είναι δύο). Διαφορετικά στην ίδια αμπεροτσιμπίδα υπάρχουν δύο τυλίγματα που λειτουργούν αντίστοιχα.

Για να υπάρχει αποτέλεσμα μέτρησης, θα πρέπει το προς μέτρηση ηλεκτρόδιο να είναι απαραίτητα διασυνδεδεμένο με άλλα ηλεκτρόδια. Τα ηλεκτρόδια αυτά είναι το RB στο **σχήμα 3** (παρουσιάζει δίκτυο TN), τα οποία συνολικά

Η μέτρηση βρόχου σφάλματος γίνεται στα δίκτυα TN, αλλά όμως χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση των μέτρων προστασίας

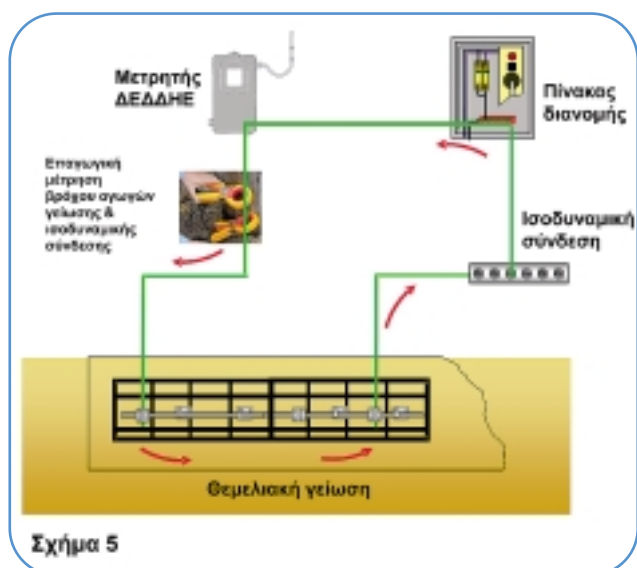
αυτή ΔΕΝ μπορεί να έχει εφαρμογή για αυτό το σκοπό. Η μέτρηση βρόχου σφάλματος γίνεται στα δίκτυα TN, αλλά όμως χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση των μέτρων προστασίας (π.χ. μικροαυτόματοι, ασφάλειες τήξεως).

Η προσεγγιστική μέθοδος με επαγωγικό βρόχο γείωσης δεν περιλαμβάνεται στο πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384. Περιλαμβάνεται στο διεθνές πρότυπο IEC 60364-6:2006, το οποίο έχει μεταφερθεί στην ευρωπαϊκή του έκδοση με το πρότυπο HD 60364-6:2007, τα οποία όμως δεν είναι δεσμευτικά για την Ελλάδα. Σαν σχετικά νέα μέθοδος, θα γίνει εδώ προσπάθεια για ανάλυση του τρόπου λειτουργίας της και πρακτική επεξήγησή της.

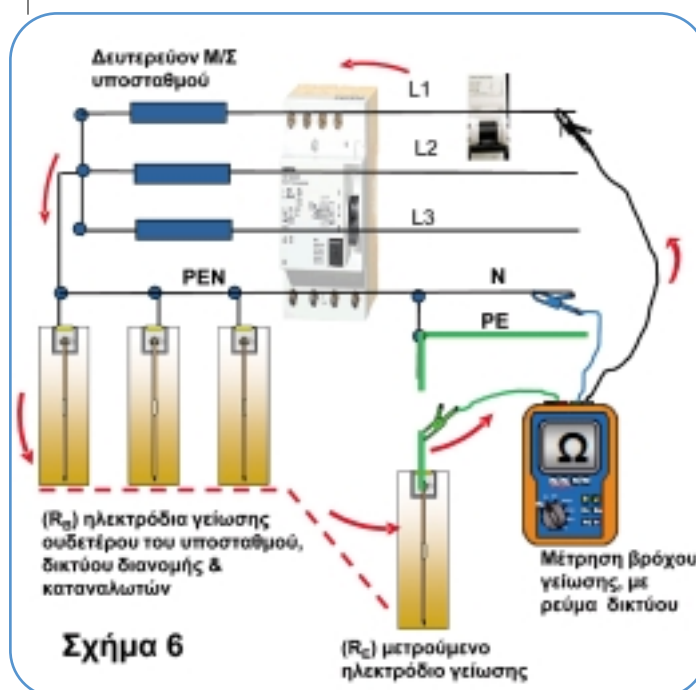
Πρακτικά, η μέθοδος αυτή (βλ. **σχήμα 5**) χρησιμοποιεί την τάση δικτύου, μετράται στην αρχή της επαγωγής και δεν απαιτεί την αποσύνδεση του μέ-

τρέπει να δίδουν πολύ χαμηλή αντίσταση γείωσης, αν είναι δυνατό μηδενική. Εάν εκπληρώνονται αυτές οι προϋποθέσεις, τότε κρίνεται αξιόπιστη η μέτρηση αντίστασης γείωσης του RE. Όμως, στην πράξη είναι δύσκολο έως αδύνατο να είναι γνωστή η αντίσταση που έχουν τα ηλεκτρόδια RB σε δημόσια δίκτυα διανομής χαμηλής τάσης. Γι' αυτό και οι μετρήσεις αυτές είναι συζητήσιμες για την αξιοπιστία τους στα δίκτυα αυτά.

Ένα αριθμητικό παράδειγμα για τη μέθοδο αυτή από το περιοδικό Der Elektro und Gebäudetechniker παρουσιάζεται στο **σχήμα 4**. Το μετρούμενο ηλεκτρόδιο έχει μια πραγματική αντίσταση γείωσης 10Ω. Τα άλλα παράλληλα συνδεδεμένα ηλεκτρόδια έχουν μια συνολική αντίσταση 2,9926Ω. Το όργανο μετράει 12,99Ω. Στην πράξη το αποτέλεσμα είναι ακόμα μεγαλύτερο, γιατί προστίθενται και οι αντιστάσεις των α-



Σχήμα 5



Σχήμα 6

γωγών που λαμβάνουν μέρος στη μέτρηση. Επομένως, το αποτέλεσμα της μέτρησης είναι πάντα μεγαλύτερο από το πραγματικό και βέβαια, όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή των παράλληλων συνδεδεμένων ηλεκτροδίων και των αγωγών που διασυνδέονται, είναι αντίστοιχα μεγαλύτερο και το σφάλμα μέτρησης. Η μέτρηση επηρεάζεται επίσης εύκολα από εναλλασσόμενα μαγνητικά πεδία (π.χ. κοντινές γραμμές μέσης τάσης) και από τον τρόπο χρήσης του οργάνου.

Σε περίπτωση δικτύου TT, η μέτρηση αυτή δεν μπορεί να υλοποιηθεί με αξιοπιστα αποτελέσματα, γιατί συνήθως δεν υπάρχουν και άλλα διασυνδεδεμένα ηλεκτρόδια στο προς μέτρηση ηλεκτρόδιο. Προτείνεται από τα πρότυπα η προσωρινή σύνδεση του ουδέτερου στο προς μέτρηση ηλεκτρόδιο (αν και εφόσον αυτό είναι εφικτό, γιατί η σύνδεση αυτή μπορεί να δημιουργήσει απρόβλεπτα φαινόμενα στο δίκτυο) κατά τη διάρκεια της μέτρησης, για να γίνει η μέτρηση εφικτή. Επίσης υπάρχουν περιπτώσεις στις οποίες η μέθοδος αυτή δίνει μια τιμή αντίστασης ενός βρόχου που μπορεί να σχηματίζεται από τους αγωγούς γείωσης ή από διασυνδέσεις σε θεμελιακή γείωση χωρίς να λαμβάνουν μέρος στο αποτέλεσμα τα προς μέτρηση ηλεκτρόδια, όπως φαίνεται στο **σχήμα 5**. Αυτό μπορεί να συμβεί πολύ εύκολα σε επανελέγχους όπου οι διαδρομές αγωγών γείωσης ή ισοδυναμικών συνδέσεων δεν είναι γνωστές.

Συμπερασματικά

Η μέθοδος αυτή, αν και φαίνεται απλή και εύκολη, χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή για να δώσει αξιοπιστα και αξιοποιήσιμα αποτελέσματα, έστω και ενημερωτικού χαρακτήρα. Όπως αναφέρθηκε, μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο σε δίκτυα TN (ουδετέρωσης). Και βέβαια,

δεν μπορούν με αυτή τη μέθοδο να μετρηθούν ανεξάρτητα, μη συνδεδεμένα ηλεκτρόδια.

Στη Γερμανία, σε ορισμένες περιπτώσεις (όταν π.χ. δεν υπάρχει δυνατότητα μέτρησης με πτώση δυναμικού), για τον έλεγχο της κατάστασης ηλεκτροδίου γείωσης στα δίκτυα TN γίνονται μετρήσεις βρόχου γείωσης με βάση μια παραλληλία της μεθόδου βρόχου σφάλματος για δίκτυα TT. Βασικές προϋποθέσεις για να γίνουν οι μετρήσεις αυτές είναι να υπάρχει δυνατότητα προσωρινής αποσύνδεσης του προς μέτρηση ηλεκτροδίου από το δίκτυο TN, άρα από τον αγωγό PEN (βλ. **σχήμα 6**) και να υπάρχει τάση δικτύου. Όμως και σε αυτές τις μετρήσεις το αποτέλεσμα δεν δείχνει την πραγματική αντίσταση RE του ηλεκτροδίου γείωσης αλλά μια συνολική σύνθετη αντίσταση, η οποία περιλαμβάνει τη ζητούμενη αντίσταση γείωσης RE, την αντίσταση γείωσης του κόμβου του ουδέτερου του μετασχηματιστή και των άλλων παράλληλων συνδεδεμένων ηλεκτροδίων RB, αλλά και την αντίσταση όλων των καλωδίων που λαμβάνουν μέρος στη μέτρηση. Επομένως, το αποτέλεσμα της μέτρησης είναι πάντα μεγαλύτερο από το πραγματικό και, βέβαια, όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή των παράλληλων συνδεδεμένων ηλεκτροδίων και των αγωγών που διασυνδέονται, είναι αντίστοιχα μεγαλύτερο και το σφάλμα μέτρησης. Επομένως, ισχύουν και σε αυτή τη μέθοδο τα αναφερόμενα στην επαγωγική μέθοδο. Αυτή η μέθοδος για τα δίκτυα TN, αν και τεχνικά είναι εφικτή από όλα σχεδόν τα πολυόργανα, δεν καλύπτεται προς το παρόν από πρότυπα. Τα αποτελέσματά της μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο ενδεικτικά - ενημερωτικά. Εδώ θα πρέπει να τονιστεί ιδιαίτερα ότι για να γίνουν οι μετρήσεις, τα ηλε-

κτρόδια γείωσης θα πρέπει να αποσυνδεθούν από την εγκατάσταση αλληά και από το δίκτυο τροφοδοσίας και θα πρέπει κατά τη διάρκεια των μετρήσεων να ληφθούν τα μέτρα προστασίας που έχουν αναφερθεί στην αρχή του άρθρου.

Συμπερασματικά και κατά τη γνώμη του γράφοντος, κατάλληλη για μια πραγματικά σωστή μέτρηση αντίστασης ηλεκτροδίου γείωσης ήταν, είναι και παραμένει η μέθοδος με πτώση δυναμικού. Θα πρέπει όμως να λαμβάνονται υπόψη οι προϋποθέσεις που αναφέρθηκαν, και βέβαια αρκετά ακόμα θέματα που θα αναπτυχθούν σε επόμενο άρθρο, ώστε να προκύψουν σωστά και αξιοποιήσιμα αποτελέσματα.

Σε περιπτώσεις που είναι αδύνατη η χρήση αυτής της μεθόδου, οι άλλες μέθοδοι που αναφέρθηκαν μπορούν να χρησιμοποιηθούν, λαμβάνοντας πάντα υπόψη τις ιδιαιτερότητες και τα ρίσκα τους.



*Ο κ. Γιώργος Σαρρής είναι Ηλεκτρολόγος Μηχανικός Τ.Ε., επιστημονικός σύμβουλος του Ελληνικού Ινστιτούτου Ανάπτυξης Χαλκού (Ε.Ι.Α.Χ.).

Πηγές

- Πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384, ΚΕΗΕ, Ηλεκτρολογική Νομοθεσία
- Περιοδικό Der Elektro- und Gebäudetechniker
- Περιοδικό ELEKTROPRAKTIKER
- Βιβλίο «Έλεγχοι και επανέλεγχοι κτιριακών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων», Γ. Σαρρής, εκδόσεις Παπασωτηρίου
- Ενημερωτικά έντυπα CHAUVIN ARNOUX, ΕΛΕΜΚΟ & Megger
- Εικόνες μετρήσεων από πολυόργανα (HT) ΕΛΕΜΚΟ & METREL
- Deutsches Kupferinstitut, Messungen und Prüfungen an Erdungsanlagen

Μετρήσεις αντίστασης γείωσης

Οδηγίες για σωστές μετρήσεις γείωσης στο δημόσιο δίκτυο ύδρευσης (Γ' Μέρος).

Άρθρο του κ. Γιώργου Σαρή*

Όπως έχει αναφερθεί στα δύο προηγούμενα μέρη του άρθρου, σχετικά με τις μετρήσεις της αντίστασης γείωσης έχουν ασχοληθεί και έχουν προβληματιστεί κατά καιρούς πολλοί ηλεκτρολόγοι όλων των βαθμίδων, γιατί είναι γνωστό ότι στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις καλή γείωση σημαίνει και καλή προστασία από ηλεκτροπληξία.

Το θέμα αυτό έχει πάρει ιδιαίτερη βαρύτητα και επικαιρότητα με την καθιέρωση της νέας ΥΔΕ από το Μάιο του 2011, γιατί στα πρωτόκολλα ελέγχου της υπάρχουν σαφείς αναφορές για τα αποτελέσματα των μετρήσεων γείωσης.

Εξαιτίας όλων αυτών ξεκίνησε από τον γράφοντα η επεξεργασία και η συλλογή στοιχείων για το άρθρο αυτό, το οποίο λόγω μεγέθους διαχωρίστηκε σε τέσσερα μέρη.

Στα δύο προηγούμενα μέρη (σε προηγούμενα τεύχη του «ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΥ») είχαν αναπτυχθεί τα εξής θέματα:

- Από πού προκύπτει η ανάγκη για μετρήσεις αντίστασης γείωσης.
- Πού και πώς είναι χρήσιμη και αξιοποιήσιμη η γνώση της τιμής της αντίστασης γείωσης.
- Από τι εξαρτώνται και επηρεάζονται οι μετρήσεις αντίστασης γείωσης.
- Ποιες μέθοδοι μετρήσεων υπάρχουν για τις μετρήσεις γείωσης και πού και πώς μπορούν να χρησιμοποιηθούν.

Στο μέρος αυτό (που είναι και το τρίτο για το θέμα) θα γίνουν αναφορές στις ενότητες:

- Πώς πρέπει να γίνεται η σωστή μέτρηση σε ένα σημειακό ηλεκτρόδιο γείωσης.
- Πώς πρέπει να γίνεται η σωστή μέτρηση σε ένα εκτεταμένο ηλεκτρόδιο γείωσης.
- Λίγα λόγια για τη γείωση ηλεκτρικών εγκαταστάσεων στο δίκτυο ύδρευσης.

Είναι σαφές ότι όλα αυτά έχουν θεωρητικές και πρακτικές διαστάσεις. Κατά την ανάλυση που ακολουθεί στη συνέχεια θα γίνεται προσπάθεια να είναι αυτή περισσότερο πρακτική



Πρέπει να γίνεται σωστή μέτρηση σε ένα σημειακό ηλεκτρόδιο γείωσης.

και λιγότερο θεωρητική.

Πώς πρέπει να γίνεται η σωστή μέτρηση σε ένα σημειακό ηλεκτρόδιο γείωσης

Σημειακό ηλεκτρόδιο γείωσης μπορεί να είναι ένα ηλεκτρόδιο ράβδου ή σταυρού, ένα τρίγωνο ηλεκτροδίων, μια πλάκα γείωσης, ένας γειωτής E ή και μια ταινία έως 10m μήκος.

Με βάση τα αναφερόμενα σε προηγούμενες ενότητες και με κύρια μέθοδο αυτή με την πτώση δυναμικού (λέγεται και «μέθοδος με δύο βοηθη-

πόσταση περίπου 30 μέτρων από το σημείο E (απόσταση περίπου δεκαπλάσια από το μήκος του προς μέτρηση ηλεκτροδίου), ενώ ο πάσσαλος P1 σε απόσταση 15 μέτρων από το σημείο E ορίζοντας μία ευθεία (E - C1). Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δίδεται κατά την τοποθέτηση του βοηθητικού ηλεκτροδίου C1 και του πασσάλου μέτρησης P1. Το βάθος εισχώρησης αυτών στο έδαφος θα πρέπει να είναι τόσο ώστε να επιτυγχάνεται καλή επαφή με αυτό, τουλάχιστον στα 3/4 του μήκους τους. Έχουν εντοπιστεί από την πράξη περιπτώσεις σε «μη καθαρά» εδάφη (όπως αυτά που έχουν προκύψει από μπάζα, από χαλίκια ή από άλλα παρόμοια υλικά) στις οποίες η ύπαρξη τέτοιων υλικών αλλοιώνει τα αποτελέσματα (εμφανίζεται αυξημένη αντίσταση γείωσης). Το αντίθετο μπορεί να προκύψει αν το βοηθητικό ηλεκτρόδιο ή και ο πάσσαλος μέτρησης βρεθούν κοντά σε υπόγεια μεταλλικά δίκτυα.

Στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις είναι γνωστό ότι καλή γείωση σημαίνει και καλή προστασία από ηλεκτροπληξία

τικά ηλεκτρόδια»), η σύνδεση του οργάνου μέτρησης στο προς μέτρηση ηλεκτρόδιο και οι καταρχήν θέσεις βοηθητικού ηλεκτροδίου και πασσάλου μέτρησης παρουσιάζονται στο **σχήμα 1**.

Αναλυτικότερα, το E είναι το προς μέτρηση ηλεκτρόδιο, το C1 είναι το βοηθητικό ηλεκτρόδιο ρεύματος και το P1 είναι ο πάσσαλος μέτρησης (τάσης).

Το βοηθητικό ηλεκτρόδιο C1 πρέπει να τοποθετείται (να καρφώνεται) σε α-

Βέβαια, το μετρούμενο ηλεκτρόδιο E θα πρέπει κατά τη διάρκεια των μετρήσεων να είναι αποσυνδεδεμένο από την εγκατάσταση που προστατεύει, όπως επίσης και από άλλα δίκτυα. Λαμβάνεται η πρώτη μέτρηση, ενώ άλλες δύο μετρήσεις λαμβάνονται μετακινώντας τον πάσσαλο P1, πάντοτε στην ίδια ευθεία E-C1 κατά περίπου 5 μέτρα από την αρχική του θέση, μία προς τη θέση του προς μέτρηση ηλεκτροδίου E και μία προς τη θέση του βοηθητικού ηλεκτροδίου C1.

Εάν οι τιμές των τριών μετρήσεων έχουν απόκλιση έως 5% η μία από την άλλη, τότε μπορεί να ληφθεί σαν τιμή γείωσης του ηλεκτροδίου E ο μέσος όρος των τιμών αυτών.

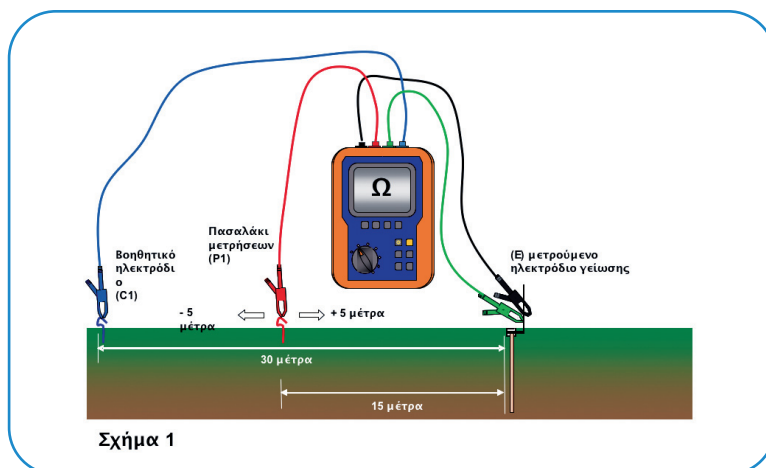
Εάν το αποτέλεσμα των τριών μετρήσεων δεν βρίσκεται στο εύρος των ανοχών που έχουν τεθεί (διακύμανση 5%), οι μετρήσεις θα πρέπει να επαναληφθούν τοποθετώντας το βοηθητικό ηλεκτρόδιο C1 σε μεγαλύτερες αποστάσεις, έως ότου οι μετρήσεις κυμανθούν στο εύρος αυτό.

Μία ακρίβεια της μέτρησης 5% θεωρείται αρκετά ικανοποιητική, όπως αναφέρεται παραπάνω· αν και υπάρχουν περιπτώσεις στην πράξη που προσεγγίσεις $\pm 20\%$, ιδίως για μικρές τιμές αντίστασης γείωσης, μπορούν να γίνουν αποδεκτές. Το γιατί προκύπτουν αυτές οι απαιτήσεις μπορεί να αιτιολογηθεί από το **σχήμα 2**.

Η περιοχή επίδρασης των ηλεκτροδίων E και C1 δεν μπορεί να είναι γνωστή εκ των προτέρων. Εξαρτάται από πολλούς μη γνωστούς παράγοντες. Για να υπάρξει σωστό αποτέλεσμα μέτρησης, ο πάσσαλος P1 θα πρέπει να βρεθεί εξακριβωμένα στην περιοχή $U=0$, άρα εκτός της περιοχής επίδρασης των δύο ηλεκτροδίων.

Αν δεν υπάρχει δυνατότητα τοποθέτησης του C1 σε απόσταση 25 έως 30m από το μετρούμενο ηλεκτρόδιο, ώστε να βρεθεί ο P1 εκτός περιοχής επίδρασης, θα πρέπει να αποφασιστεί αν αξίζει τον κόπο να γίνουν μετρήσεις με τη μέθοδο αυτή. Η πράξη έχει δείξει ότι όσο η απόσταση E - C1 μικραίνει και ο P1 βρεθεί στις περιοχές επίδρασης των E και C1 οι οποίες δεν έχουν διαχωριστεί, τότε οι μετρήσεις μπορεί να δίνουν χαμηλές τιμές αλλά αυτές δεν είναι αληθινές.

Η μέθοδος μέτρησης ενός ηλεκτροδίου



Σχήμα 1

ου εκτεταμένης γείωσης είναι ίδια με εκείνη που έχει περιγραφεί στην προηγούμενη παράγραφο για τη μέτρηση της σημειακής γείωσης αλλά με κάποιες διαφορές ως προς τη διάταξη του βοηθητικού ηλεκτροδίου C1 και του πασσάλου μέτρησης P1, όπως επίσης και του πλήθους των μετρήσεων.

Ειδικότερα, το βοηθητικό ηλεκτρόδιο ρεύματος C1 πρέπει να τοποθετείται

σωστή μέτρηση αυτών των ηλεκτροδίων προϋποτίθεται να υπάρχει ελεύθερος χώρος για να μπορούν να γίνουν τα παραπάνω.

Πριν κλείσουμε το θέμα αυτό, κρίνεται σκόπιμο να αναφερθούμε συνοπτικά και στην εμπειρική πρακτική του 62% η οποία μπορεί να φανεί ιδιαίτερα χρήσιμη στις μετρήσεις εκτεταμένων ηλεκτροδίων.

Εδώ θα πρέπει να σημειωθεί ότι η μέ-

Με την καθιέρωση της νέας ΥΔΕ από το Μάιο του 2011 το θέμα με τις μετρήσεις της αντίστασης γείωσης έχει πάρει ιδιαίτερη βαρύτητα

αρκετά μακριά από το ηλεκτρόδιο που θα πρέπει να μετρηθεί.

Η απόσταση στην οποία θα πρέπει να τοποθετηθεί ορίζεται ως τουλάχιστον το πενταπλάσιο (και μπορεί να φτάσει και στο δεκαπλάσιο) της μεγαλύτερης διαγωνίου του κλειστού γεωμετρικού σχήματος που σχηματίζει το περιμετρικό ηλεκτρόδιο γείωσης (π.χ. περιμετρική ή θεμελιακή γείωση).

Στη συνέχεια λαμβάνονται όσο το δυνατόν περισσότερες μετρήσεις, μετακινώντας τον πάσσαλο της τάσεως P1 επί της ευθείας E - C1, με βήμα από 5 έως και 15 μέτρα. Οι μετρήσεις μπορούν να ξεκινήσουν από το 20% της απόστασης των ηλεκτροδίων E - C1 προχωρώντας προς το C1, ή και αντίστροφα.

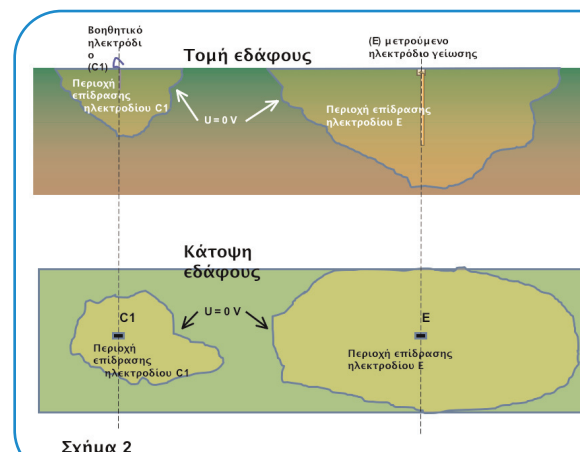
Οι τιμές των μετρήσεων μπορούν να παρασταθούν με μια καμπύλη, όπως φαίνεται στο **σχήμα 3**. Οι τιμές που ορίζουν ένα σχετικά επίπεδο τμήμα στην καμπύλη, δίνουν την πραγματική τιμή γείωσης του μετρούμενου ηλεκτροδίου.

Συμπερασματικά, για μια πραγματική

θοδος αυτή υπάρχει σε αρκετές παραλλαγές, και εδώ παρουσιάζεται η πλέον απλοποιημένη εφαρμογή της (κατά τη γνώμη του γράφοντος).

Από παρατηρήσεις και στατιστικές στις μετρήσεις γείωσης με τη μέθοδο των δύο βοηθητικών ηλεκτροδίων έχει προκύψει το συμπέρασμα ότι η περιοχή $U=0$ βρίσκεται περίπου στο 62% της απόστασης E - C1 (ξεκινώ-

ΣΧΗΜΑ 2:
Υπάρχουν περιπτώσεις στην πράξη που προσεγγίσεις $\pm 20\%$, ιδίως για μικρές τιμές αντίστασης γείωσης, μπορούν να γίνουν αποδεκτές.



Σχήμα 2

ντας από το E), αν και εφόσον εκεί δεν υπάρχει επίδραση των ηλεκτροδίων E και C1 όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη παράγραφο.

Με βάση λοιπόν τη μέθοδο αυτή προτείνεται να λαμβάνεται μια πρώτη μέτρηση στο σημείο 1, που αντιστοιχεί στο 62% της απόστασης E - C1. Στη συνέχεια μια δεύτερη μέτρηση (2) σε απόσταση -10% (άρα στο 52% της απόστασης E - C1) και μια τρίτη (3) σε απόσταση +10% (άρα στο 72% της απόστασης E - C1) από το σημείο της πρώτης μέτρησης.

Αν τα αποτελέσματα των τριών μετρήσεων αυτών είναι παραπλήσια, ο μέσος τους όρος δίνει την πραγματική αντίσταση γείωσης του μετρούμενου ηλεκτροδίου E.

Αν δεν είναι, τότε το βοηθητικό ηλεκτρόδιο C1 θα πρέπει να μετακινηθεί μακρύτερα και να γίνουν νέες μετρήσεις, όπως φαίνεται στο **σχήμα 4**.

Επομένως, ο ηλεκτρολόγος που θέλει να μετρήσει ένα τέτοιο ηλεκτρόδιο θα πρέπει να διαπιστώνει τοπικά ότι υπάρχουν οι προϋποθέσεις για σωστές και αποδοτικές μετρήσεις.

Λίγα λόγια για τη γείωση ηλεκτρικών εγκαταστάσεων στο δημόσιο δίκτυο ύδρευσης

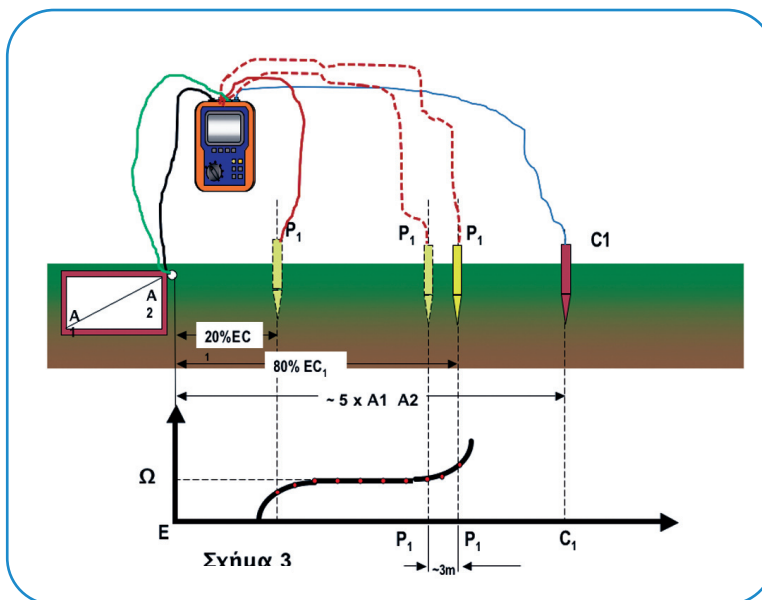
Είναι εύκολο αντιληπτό ότι η αντίσταση γείωσης ενός τόσο εκτεταμένου ηλεκτροδίου γείωσης δεν είναι εύκολο να μετρηθεί αλληλά και δεν χρειάζεται να μετρηθεί, γιατί το ηλεκτρόδιο αυτό, ειδικά για την περιοχή Αττικής, δεν είναι πλέον επιτρεπτό.

Αν και το θέμα αυτό δεν συνδέεται άμεσα με τον τίτλο και τους στόχους του άρθρου, κρίνεται σκόπιμο να δοθούν εδώ μερικά στοιχεία.

Με βάση την παράγραφο 542.2.5 του ΕΛΟΤ HD 384, οι μεταλλικοί σωλήνες ύδρευσης μπορούν να χρησιμοποιούνται ως ηλεκτρόδια γείωσης μόνο εφόσον υπάρχει η συγκατάθεση του φορέα που είναι αρμόδιος για την παροχή του νερού και εφόσον υπάρχει κατάλληλη διαδικασία που θα εξασφαλίζει ότι ο χρήστης της ηλεκτρικής εγκατάστασης θα ειδοποιείται εγκαίρως για κάθε σχεδιαζόμενη αλλαγή στο σύστημα των σωλήνων ύδρευσης.

Επομένως, με βάση τα παραπάνω, το δημόσιο δίκτυο ύδρευσης δεν επιτρέπεται να χρησιμοποιηθεί σαν ηλεκτρόδιο γείωσης, εκτός και αν πληρούνται οι απαιτήσεις του προτύπου. Και ο ΚΕΝΕ έδωσε τη δυνατότητα αυτή στο άρθρο 24:

«Γείωσις επί των υδροσωλήνων διά τάσεις μέχρι 250 Βολτ.



ΣΧΗΜΑ 3:
Οι τιμές των μετρήσεων μπορούν να παρασταθούν με μια καμπύλη.

1. Εις τας εγκαταστάσεις των οποίων η τάσις έναντι της γης δεν υπερβαίνει τα 250 Βολτ, εξαιρέσει των περιπτώσεων της παραγρ. 2, επιτρέπεται η σύνδεσις της γραμμής γείωσης επί των υδροσωλήνων και δη προ του σημείου εισόδου αυτών εις τον μετρητήν και όσον το δυνατόν πλησιέστερον της εισαγωγής εντός του κτιρίου. Εν τοσούτω η συγκατάθεσις της υπηρεσίας υδρεύσεως τυχάνει απαραίτητος προς τούτο.

2. Εις εξαιρετικὰς περιπτώσεις, εφ' όσον και η υπηρεσία υδρεύσεως συ-

νεται η θέση του μετρητή. Το δίκτυο της ΕΥΔΑΠ δεν εξασφαλίζει μεταλλική συνέχεια, δεδομένου ότι οι αγωγοί και άλλα εξαρτήματά τους σε μεγάλο ποσοστό δεν είναι από αγωγίμο υλικό.

»Οι υδρευόμενοι είναι αποκλειστικά και προσωπικά υπεύθυνοι για τη μη τήρηση της απαγόρευσης αυτής. Η ΕΥΔΑΠ διατηρεί ακέραιο το δικαίωμα της διακοπής της υδροδότησης μέχρι την άρση της παρανομίας.

»Οι ζημιές που είναι δυνατό να προκληθούν στις εγκαταστάσεις της

Οι μεταλλικοί σωλήνες ύδρευσης μπορούν να χρησιμοποιούνται ως ηλεκτρόδια γείωσης μόνο μετά την συγκατάθεση του αρμόδιου φορέα

γκατατίθεται εις τούτο, δύναται να επιτραπεί η σύνδεσις της γραμμής γείωσης επί των υδροσωλήνων και εις σημείον κείμενον μετά τον μετρητήν».

Ειδικά για την περιοχή της Αττικής πρέπει να γίνει ευρύτερα γνωστό ότι η ΕΥΔΑΠ έχει απαγορεύσει ρητά τη χρήση του δημόσιου υδραυλικού δικτύου της σαν ηλεκτρόδιο γείωσης. Στο ΦΕΚ 552 Β' 26.03.2009 περιλαμβάνεται ο κανονισμός λειτουργίας του δικτύου ύδρευσης της ΕΥΔΑΠ Α.Ε. με τον οποίο δεν επιτρέπεται η χρήση του δημόσιου δικτύου ύδρευσης σαν ηλεκτρόδιο γείωσης και στο οποίο αναφέρεται:

«Άρθρο 25.8. Απαγορεύεται η γείωση των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων των ακινήτων επί των υδραυλικών εγκαταστάσεων έστω και αν γεφυρω-

ΕΥΔΑΠ από αυτό τον τρόπο γείωσης βαρύνουν τον υδρευόμενο.

Επίσης ο υδρευόμενος είναι υπεύθυνος για κάθε ατύχημα που είναι δυνατό να προκληθεί από την αιτία αυτή στο προσωπικό της ΕΥΔΑΠ ή σε κάθε τρίτο».

Οι ηλεκτρολόγοι που ασχολούνται με εγκαταστάσεις και γειώσεις στις περιοχές που το δημόσιο δίκτυο ύδρευσης χρησιμοποιείται ακόμα σαν ηλεκτρόδιο γείωσης, θα πρέπει να λάβουν πολύ σοβαρά υπόψη τη νομοθεσία αυτή, γιατί περιλαμβάνει και παλιές και νέες ηλεκτρικές εγκαταστάσεις.

Οι κίνδυνοι από τη συνέχιση χρήσης των γειώσεων αυτών δεν είναι μόνο για τους χρήστες των εγκαταστάσεων αλληλά και για τους εργαζομένους της ΕΥΔΑΠ (π.χ. καταμετρητές κατανάλω-

σης νερού, εργάτες και τεχνίτες επισκευών του δικτύου ύδρευσης κλπ.).

Ο διαχωρισμός των γειώσεων από το δημόσιο δίκτυο ύδρευσης και η σύνδεσή τους με άλλο γειωτή (π.χ. ηλεκτρόδια, θεμελιακή, περιμετρική κλπ.) πρέπει να γίνεται ανεξάρτητα από τη διάρκεια των επανελέγχων, και η μέτρηση των νέων αυτών γειώσεων κρίνεται σκόπιμη και αναγκαία για την εξακρίβωση της καλής λειτουργίας των μέτρων προστασίας από ηλεκτροπληξία που έχουν επιλεγεί σε κάθε ηλεκτρική εγκατάσταση.

Μια ακόμα επισήμανση: Με βάση την παράγραφο 542.2.6 του ΕΛΟΤ HD 384, οι σωληνώσεις ύδρευσης αλλιά και οι αλλίες μεταλλικές σωληνώσεις (π.χ. σωληνώσεις υγρών ή αέριων καυσίμων, σωληνώσεις θέρμανσης κλπ.) δεν επιτρέπεται να χρησιμοποιούνται ως ηλεκτρόδια γείωσης.

Αυτός ο κανόνας δεν αποκλείει (σε νέες εγκαταστάσεις επιβάλλει) την ισοδυναμική σύνδεση αυτών των σωληνώσεων σύμφωνα με το Κεφάλαιο 41 του προτύπου.

Όμως, όπως έχει αναφερθεί, οι ισοδυναμικές συνδέσεις των σωληνώσεων αυτών δεν πρέπει να συμπεριλαμβάνονται στη μέτρηση του βασικού ηλεκτροδίου που πρέπει να προστατεύει την εγκατάσταση.

Επιγραμματικά

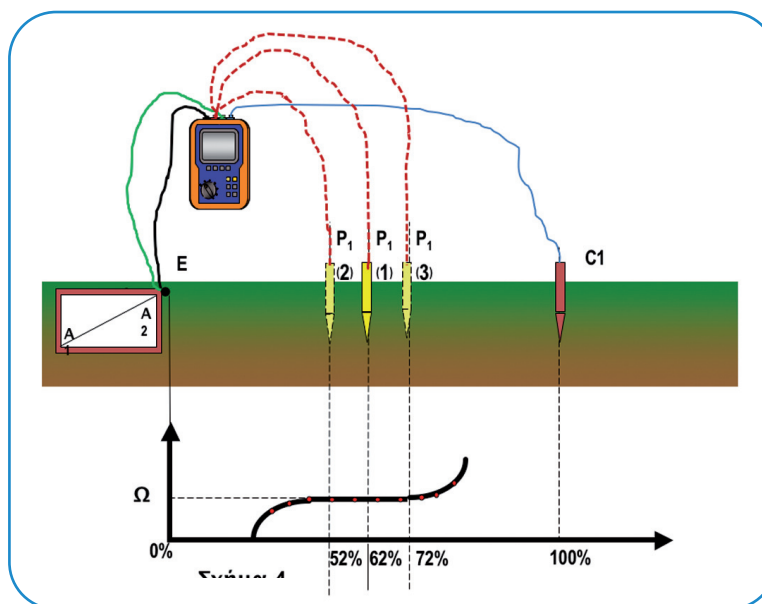
Για πραγματικά σωστές και χρήσιμες μετρήσεις αντίστασης ηλεκτροδίου γείωσης με τη μέθοδο πτώσης δυναμικού, για σημειακά ή εκτεταμένα ηλεκτρόδια θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι προϋποθέσεις και τα κρίσιμα σημεία που αναφέρθηκαν, ώστε να προκύψουν σωστά και αξιοποιήσιμα αποτελέσματα.

Προτείνεται λοιπόν στα πρωτόκολλα αρχικού ελέγχου ή επανελέγχου να περιγράφεται συνοπτικά και ο τρόπος που έγιναν οι μετρήσεις αντίστασης γείωσης, ή αν δεν έγιναν, να περιγράφεται το γιατί δεν έγιναν.

Έτσι κατοχυρώνεται καλύτερα ο ηλεκτρολόγος που έλεγξε την εγκατάσταση.

Με την καθιέρωση των μετρήσεων γείωσης στους επανελέγχους ηλεκτρικών εγκαταστάσεων μπορούν να εντοπιστούν εύκολα και οι γειώσεις στο δημόσιο δίκτυο ύδρευσης, όπου ακόμα υπάρχουν.

Στη συνέχεια θα πρέπει να ενημερω-



ΣΧΗΜΑ 4:
Αν τα αποτελέσματα των τριών μετρήσεων δεν είναι παραπλήσια, τότε το βοηθητικό ηλεκτρόδιο C1 θα πρέπει να μετακινηθεί μακρύτερα και να γίνουν νέες μετρήσεις.

θούν οι ιδιοκτήτες και οι χρήστες των εγκαταστάσεων αυτών ότι οι συνδέσεις αυτές είναι πλέον παράνομες και επικίνδυνες. Θα πρέπει οι γειώσεις αυτές να τροποποιηθούν, έτσι ώστε να γίνουν πραγματικά ασφαλείς και να πληρούν τις απαιτήσεις της νομοθεσίας το ταχύτερο δυνατόν.

ποια άλλη αιτία, οι επιπτώσεις για τον υπογράφοντα ηλεκτρολόγο είναι τσουχτερές με βάση τον πρόσφατο νόμο 3982.

Δεν πρέπει να ξεχνιέται ότι όλη αυτή τα μέτρα προστασίας λαμβάνονται στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις για να μη συμβεί ατύχημα μια φορά...

Για σωστή και αποτελεσματική προ-

Οι ζημιές που είναι δυνατό να προκληθούν στις εγκαταστάσεις της ΕΥΔΑΠ από αυτό τον τρόπο γείωσης βαρύνουν τον υδρευόμενο

Με τις συστηματικές μετρήσεις γειώσεων στις εγκαταστάσεις που τροφοδοτούνται από δίκτυα ουδετέρωσης (TN-S), δίνεται η δυνατότητα της αξιολόγησης της αποτελεσματικότητας των ηλεκτροδίων γείωσης σε παλιές εγκαταστάσεις.

Είναι λανθασμένο και εμφανώς αναληθές το να γράφεται σε πρωτόκολλο επανελέγχου μονοκατοικίας σε ορεινή επαρχιακή πόλη «Αντίσταση γείωσης ... 1,0Ω...» και «Είδος γείωσης... Ηλεκτρόδιο...».

Δείχνει ξεκάθαρα ότι δεν έγινε μέτρηση ή η μέτρηση είναι λανθασμένη, γιατί είναι πολύ ωραίο για να είναι αληθινό αυτό το αποτέλεσμα.

Παραδίδοντας αυτές τις ΥΔΕ, οι ηλεκτρολόγοι που τις υπογράφουν δηλώνουν ότι ή δεν γνωρίζουν τη νομοθεσία, ή ότι τη γνωρίζουν και στοχευμένα δεν την τηρούν.

Πρέπει να είναι γνωστό ότι και για τις δύο αυτές περιπτώσεις ή σε παρόμοιες, αν συμβεί ατύχημα ή έλεγχος της εγκατάστασης ή της ΥΔΕ από κά-

σταση, θα πρέπει όλοι οι εμπλεκόμενοι με τις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις να φροντίζουν και να προσπαθούν με συνέπεια.

Η συνέχεια (με το τελευταίο θέμα «Πόσα Ωμ πρέπει να είναι η αντίσταση γείωσης») σε επόμενο τεύχος του «ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΥ».

**Ο κ. Γιώργος Σαρρής είναι ηλεκτρολόγος μηχανικός Τ.Ε., επιστημονικός σύμβουλος του Ελληνικού Ινστιτούτου Ανάπτυξης Χαλκού (ΕΙΑΧ).*

Πηγές

Πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384, ΚΕΝΕ, Ηλεκτρολογική Νομοθεσία
Περιοδικό «Der Elektro - und Gebäudetechniker»
Περιοδικό «Elektropraktiker»
Βιβλίο «Έλεγχοι και επανελέγχοι κτιριακών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων» Γ. Σαρρής, εκδόσεις Παπασωτηρίου
Ενημερωτικά έντυπα & εικόνες ΕΛΕΜΚΟ, METREL & Megger

Μετρήσεις αντίστασης γείωσης

Πόσα Ωμ πρέπει να είναι η αντίσταση γείωσης.

(Δ' ΜΕΡΟΣ)

Άρθρο του κ. Γιώργου Σαρρή*

Όπως έχει αναφερθεί στα τρία προηγούμενα μέρη του άρθρου σχετικά με τις μετρήσεις της αντίστασης γείωσης, το θέμα αυτό έχει πάρει ιδιαίτερη βαρύτητα και επικαιρότητα με την καθιέρωση της νέας ΥΔΕ από τον 05.2011 γιατί στα πρωτόκολλα ελέγχου της υπάρχουν σαφείς αναφορές για τα αποτελέσματα των μετρήσεων γείωσης. Είναι αναμφίβολα γνωστό, ότι στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις καλή γείωση σημαίνει και καλή προστασία από ηλεκτροπληξία. Με αφορμή και αιτία όλων αυτών ξεκίνησε από τον γράφοντα η επεξεργασία και η συλλογή στοιχείων για το άρθρο αυτό, το οποίο λόγω μεγέθους διαχωρίστηκε σε τέσσερα μέρη. Στα τρία προηγούμενα μέρη (σε προηγούμενα τεύχη του ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΥ) είχαν αναπτυχθεί οι ενότητες:

- Από πού προκύπτει η ανάγκη για μετρήσεις αντίστασης γείωσης.
- Πού και πώς είναι χρήσιμη και αξιοποιήσιμη η γνώση της τιμής της αντίστασης γείωσης.
- Από τι εξαρτώνται - επηρεάζονται οι μετρήσεις αντίστασης γείωσης.
- Ποιες μέθοδοι μετρήσεων υπάρχουν για τις μετρήσεις γείωσης και πού και πώς μπορούν να χρησιμοποιηθούν.
- Πώς πρέπει να γίνεται η σωστή μέτρηση σε ένα σημειακό ηλεκτρόδιο γείωσης.
- Πώς πρέπει να γίνεται η σωστή μέτρηση.
- Γειώσεις ηλεκτρικών εγκαταστάσεων στο δίκτυο ύδρευσης.

Στο μέρος αυτό (που είναι το τέταρτο και τελευταίο για το θέμα) θα γίνουν αναφορές στην ενότητα:

- Πόσα Ωμ πρέπει να είναι η αντίσταση γείωσης.

Το θέμα αυτό θα αναλυθεί ξεχωριστά για εγκαταστάσεις που τροφοδοτούνται από δίκτυα TT και για εγκαταστάσεις που τροφοδοτούνται από δίκτυα TN. Όπως και στα προηγούμενα μέρη, θα γίνεται προσπάθεια ώστε η παρουσίαση της ενότητας να είναι περισσότερο πρακτική και λιγότερο θεωρητική.

Μέγιστη αποδεκτή τιμή αντίστασης γείωσης στις εγκαταστάσεις σε δίκτυα TT

Ξεκινώντας με τις εγκαταστάσεις που τροφοδοτούνται από δίκτυα TT (άμεσης



γείωσης) της Αττικής, όπως έχει αναφερθεί, οι απαιτήσεις για τις μετρήσεις αυτές είναι γενικά απαιτητές και πρέπει να γίνονται πάντα στις νέες (στους αρχικούς ελέγχους) αλλά και στις παλιές εγκαταστάσεις (στους επανελέγχους τους). Βέβαια, είναι σαφές ότι για να υπάρξει πραγματική προστασία στις εγκαταστάσεις αυτές με όργανα προστασίας μόνο μικροαυτόματους ή ασφάλειες τήξεως (βάσει του ΕΛΟΤ HD 384), θα πρέπει η αντίσταση γείωσης του ηλεκτροδίου που προστατεύει την εγκατάσταση να είναι μικρότερη του 1,0 Ω. Αυτό είναι πρακτικά και οικονομικά πολύ δύσκολο να επιτευχθεί χω-

με 50V, όπου: RA είναι το άθροισμα των αντιστάσεων του ηλεκτροδίου γείωσης και του αγωγού προστασίας, Ια είναι το ρεύμα που εξασφαλίζει την αυτόματη απόξευση της διάταξης προστασίας, και αν η διάταξη προστασίας είναι μία διάταξη διαφορικού ρεύματος (ακαριαίας λειτουργίας ή με χρονική καθυστέρηση), όπου Ια είναι το ονομαστικό διαφορικό ρεύμα λειτουργίας της ΙΔΝ, δημιουργεί προβληματισμούς στην πράξη.

Θεωρητικά, για διάταξη διαφορικού ρεύματος με ΙΔΝ = Ια = 30 mA, προκύπτει μια πολύ μεγάλη RA, μεγαλύτερη από 1 KΩ, η οποία βέβαια κάθε ά-

Πριν γίνουν μετρήσεις αντίστασης γείωσης θα πρέπει να ελέγχεται ότι οι τοπικές συνθήκες επιτρέπουν ώστε να προκύψουν σωστά αποτελέσματα.

Η μέγιστη αποδεκτή τιμή αντίστασης γείωσης στις εγκαταστάσεις σε δίκτυα TT εξαρτάται από τα μέτρα προστασίας από ηλεκτροπληξία

ρίς ένα πολύ εκτεταμένο ηλεκτρόδιο όπως το δημόσιο δίκτυο ύδρευσης. Όμως, όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο μέρος του άρθρου, το δίκτυο - ηλεκτρόδιο αυτό πρέπει να ξεχαστεί για τις εγκαταστάσεις της Αττικής (το ίδιο έχει συμβεί και σε άλλες πόλεις της Ευρώπης). Έτσι, ρόλο προστασίας στις εγκαταστάσεις αυτές αναλαμβάνουν οι διατάξεις διαφορικού ρεύματος, αν και όπως είναι γνωστό πρόκειται για πρόσθετο μέσο προστασίας.

Με βάση την παράγραφο 413.1.4.3 του ΕΛΟΤ HD 384, η εφαρμογή του υπολογισμού $RA \times I_a$ μεγαλύτερο ή ίσο

ήλο παρά πραγματική προστασία θα μπορούσε να προσφέρει.

Βέβαια είναι γενικά γνωστό και αποδεκτό ότι μια τέτοια αντίσταση γείωσης δεν εμπνέει καμιά σιγουριά. Για αυτό σε αρκετές χώρες, στην πράξη θέτουν χαμηλότερα όρια στην μέγιστη επιτρεπτή τάση επαφής (π.χ. 25V, 10V, 5V κλπ.). Η τάση 50 V αλλά και μικρότερες τάσεις από αυτήν, μπορεί να μην σκοτώνουν, αλλά σοκάρουν (κοινώς τινάζουν) τους ανθρώπους πολύ έντονα και ενοχλητικά.

Ένα μικρό παράδειγμα από την πράξη για σκέψεις και προβληματισμό: Κλίμα

σική πολυκατοικία στην Αθήνα με 40 διαμερίσματα και μερικά καταστήματα, τα οποία πρέπει να προστατευτούν με ένα κοινό ηλεκτρόδιο γείωσης. Το ηλεκτρόδιο γείωσης της πολυκατοικίας (π.χ. τρίγωνο σε μπαζωμένο έδαφος) δίδει μια μεγάλη αντίσταση γείωσης π.χ. 50Ω.

Σε κάθε διαμέρισμα, στα καταστήματα του ισόγειου αλλήλ και στα κοινόχρηστα υπάρχει μια διάταξη διαφορικού ρεύματος ΙΔΝ = Ια = 30 mA όπως προβλέπει η ηλεκτρολογική νομοθεσία, λειτουργεί σωστά και δεν έχει παρακαμφθεί, άρα προστατεύει και όλη είναι ηλεκτρολογικά σωστά (πολύ ωραία, θεωρητικά).

Όμως, σε διαμερίσματα και καταστήματα προκύπτουν διάφορα μικρορεύματα διαρροής, τα οποία δεν δημιουργούν συνθήκες απόξευσης στις διατάξεις διαφορικού ρεύματος τους, αλλήλ συγκεντρώνονται όλα αυτά τα ρεύματα στο ηλεκτρόδιο γείωσης και κάνουν όλα μαζί π.χ. 200 mA.

Τάσεις επαφής

Τότε στο ηλεκτρόδιο εμφανίζεται μια τάση ως προς την γη $50\Omega \times 0,2A = 10V$. Η τάση αυτή των 10V εμφανίζεται σε όλα τα μεταλλικά μέρη της πολυκατοικίας τα οποία είναι συνδεδεμένα με αγωγό προστασίας (γείωσης) της ηλεκτρικής εγκατάστασης, π.χ. τους ηλεκτρικούς θερμοσίφωνες.

Έχει διαπιστωθεί ότι έχουμε ανθρώπους «ηλεκτροευαίσθητους» αλλήλ και «ηλεκτροαναίσθητους». Οι «ηλεκτροευαίσθητοι» ενοχλούνται πολύ και αισθάνονται άσχημα και με πολύ μικρές τάσεις επαφής, οι οποίες μπορεί να είναι και μικρότερες και από 10V. Τότε ακούγονται παράπονα όπως, μας τινάζει το ρεύμα στο μπάνιο, μας τσιμπάνε οι βρύσες κλπ.

Όμως τα πράγματα γίνονται επικίνδυνα αν και όταν σε ένα από όλα τα διαμερίσματα ή τα καταστήματα της πολυκατοικίας αφαιρεθεί (π.χ. λόγω διαρροών) ή παρακαμφθεί (π.χ. με bypass) η διάταξη διαφορικού ρεύματος του και υπάρξει σφάλμα μόνωσης σε κάποια ηλεκτρική συσκευή του.

Στο διαμέρισμα λοιπόν ή στο κατάστημα που αφαιρέθηκε η διάταξη διαφορικού ρεύματος του δημιουργείται μια μικρή διαρροή, π.χ. στο ψυγείο, η οποία δίδει ένα ρεύμα σφάλματος π.χ. 1A. Με ένα τέτοιο ρεύμα κανένας συννησμένος μικροαυτόματος (π.χ. Β10Α) ή ασφάλεια τήξεως δεν θα διακόψει.

Όμως τότε η τάση επαφής στο ηλεκτρόδιο των 50Ω θα ξεπεράσει τα 50V (γιατί αθροίζονται εκεί και τα μικρορεύματα των άλλων εγκαταστάσεων του κτιρίου) και τότε όλα τα μεταλλικά μέ-

Δίκτυο TT, Περίπτωση Σφάλματος L με PE

(παράγραφος 413.1.4.3 του ΕΛΟΤ HD 384)

	εγκατάσταση με μικροαυτόματους B		εγκατάσταση με μικροαυτόματους C	
	B 10A	B 20A	C 10A	C 20A
η τάση επαφής πρέπει να είναι μικρότερη από	50 V	50 V	50 V	50 V
ρεύμα σφάλματος για απόξευξη σε λιγότερο από 5sec (2,5 x Ιον)	25 A	50 A	33 A	66 A
αντίσταση αγωγού PE & ηλεκτρ. γείωσης	2,00 Ω	1,00 Ω	1,52 Ω	0,76 Ω

ρη των ηλεκτρικών συσκευών όλων των διαμερισμάτων και των καταστημάτων που διασυνδέονται με τους αγωγούς προστασίας, οι οποίοι καταλήγουν στο ηλεκτρόδιο γείωσης, αρχίζουν να γίνονται πολύ επικίνδυνα. Σε αυτήν την περίπτωση και οι διατάξεις διαφορικού ρεύματος των άλλων διαμερισμάτων ή καταστημάτων δεν είναι

πρέπει η αντίσταση γείωσης των ηλεκτροδίων να είναι εξασφαλισμένα μικρότερη του 1Ω με βάση τον πίνακα 1, ώστε να υπάρχει πραγματική προστασία όπως έχει αναφερθεί σε προηγούμενο μέρος του άρθρου. **Πίνακας 1** Βέβαια είναι γνωστό σε όσους έχουν ασχοληθεί ότι για να επιτευχθεί μια τέτοια αντίσταση γείωσης είναι πρακτικά

Πίνακας 1

Η μέγιστη αποδεκτή τιμή αντίστασης γείωσης στις εγκαταστάσεις σε δίκτυα TN εξαρτάται από την προστασία που πρέπει να επιτευχθεί

σίγουρο ότι θα αντιδράσουν, γιατί δεν ανιχνεύουν το ρεύμα διαρροής, επειδή αυτό παράγεται από άλλη εγκατάσταση την οποία δεν επιτηρούν. Συμπερασματικά, η ασφάλεια των εγκαταστάσεων του κτιρίου αυτού χωρίς πολύ χαμηλή αντίσταση γείωσης είναι σε κίνδυνο.

Αν στον παραπάνω τύπο λάβουμε υπόψη για το Ια μόνο τα κύρια μέσα προστασίας τους μικροαυτόματους, θα

μάλλον αδύνατη, ή οικονομικά ασύμφορη στα περισσότερα κτίρια της Αθήνας.

Ακόμη θα πρέπει εδώ να επαναληφθεί ότι η μέτρηση γείωσης με βρόχο σφάλματος στα δίκτυα TT συμπεριλαμβάνει και το ηλεκτρόδιο γείωσης του ουδέτερου του υποσταθμού και όλες τις αντιστάσεις των αγωγών που λαμβάνουν μέρος στην μέτρηση.

Πώς μπορούν να προστατευθούν οι

Πίνακας 2

Δίκτυο TN-C-S, περίπτωση πλήρους διακοπής του PEN σε μονοφασική εγκατάσταση

Το αποκαταμένο τμήμα συμπεριφέρεται περίπου σαν TT (παράγραφος 413.1.3.4 του ΕΛΟΤ HD 384)

	εγκατάσταση με μικροαυτόματους B		εγκατάσταση με μικροαυτόματους C	
	B 10A	B 20A	C 10A	C 20A
φασική τάση δικτύου	230 V	230 V	230 V	230 V
αποκαταμένο ρεύμα για απόξευξη σε λιγότερο από 5sec (2,5 x Ιον)	25 A	50 A	33 A	66 A
η τάση επαφής στα μεταλλικά μέρη πρέπει να είναι μικρότερη από	50 V	50 V	50 V	50 V
πιθανή αντίσταση αγωγών PE	0,50 Ω	0,20 Ω	0,50 Ω	0,20 Ω
αναγκαία αντίσταση ηλεκτροδίου γείωσης	1,50 Ω	0,80 Ω	1,02 Ω	0,56 Ω

Συνθήκες όπως οι παραπάνω, με διάφορες αντιστάσεις ηλεκτροδίου γείωσης

Αν το ηλεκτρόδιο γείωσης είναι	5,00 Ω	5,00 Ω	5,00 Ω	5,00 Ω
η πιθανή αντίσταση αγωγών PE είναι	0,50 Ω	0,50 Ω	0,50 Ω	0,50 Ω
και το ρεύμα που διέρχεται προς την γη είναι	2,00 A	4,00 A	8,00 A	9,30 A
η αναμενόμενη τάση που θα εμφανιστεί στα μεταλλικά μέρη θα είναι	11,00 V	22,00 V	44,00 V	51,15 V
Αν το ηλεκτρόδιο γείωσης είναι	10,00 Ω	10,00 Ω	10,00 Ω	10,00 Ω
η πιθανή αντίσταση αγωγών PE είναι	0,50 Ω	0,50 Ω	0,50 Ω	0,50 Ω
και το ρεύμα που διέρχεται προς την γη είναι	2,00 A	4,00 A	4,90 A	4,90 A
η αναμενόμενη τάση που θα εμφανιστεί στα μεταλλικά μέρη θα είναι	21,00 V	42,00 V	51,45 V	51,45 V
Αν το ηλεκτρόδιο γείωσης είναι	15,00 Ω	15,00 Ω	15,00 Ω	15,00 Ω
η πιθανή αντίσταση αγωγών PE είναι	0,50 Ω	0,50 Ω	0,50 Ω	0,50 Ω
και το ρεύμα που διέρχεται προς την γη είναι	2,00 A	4,00 A	3,39 A	3,39 A
η αναμενόμενη τάση που θα εμφανιστεί στα μεταλλικά μέρη θα είναι	31,00 V	51,15 V	51,15 V	51,15 V
Αν το ηλεκτρόδιο γείωσης είναι	20,00 Ω	20,00 Ω	20,00 Ω	20,00 Ω
η πιθανή αντίσταση αγωγών PE είναι	0,50 Ω	0,50 Ω	0,50 Ω	0,50 Ω
και το ρεύμα που διέρχεται προς την γη είναι	2,50 A	2,50 A	2,50 A	2,50 A
η αναμενόμενη τάση που θα εμφανιστεί στα μεταλλικά μέρη θα είναι	51,25 V	51,25 V	51,25 V	51,25 V

Οι υπολογισμοί έγιναν με σκοπό να μην ξεπεράσει η τάση επαφής τα 50V και η απόξευξη να γίνει σε τουλάχιστον 5 sec. Σε όλες τις συνθήκες αυτές όταν η τάση επαφής ξεπερνά τα 50V δεν προκύπτει απόξευξη μικροαυτόματος 10A

καταναλωτές σε αυτές τις περιπτώσεις; Ποια μέγιστη τιμή γείωσης θα μπορούσε να είναι αποδεκτή; Με βάση τα αναφερθέντα, ο γράφων έχει να θέσει σε σκέψη και προβληματισμό μια πρόταση:

■ Στον υπολογισμό $RA \times I_a$ la μεγαλύτερο ή ίσο με 50V (όταν και αν χρησιμοποιείται), της παραγράφου 413.1.4.3 του προτύπου ΕΛΟΤ HD384, προτείνεται να γίνουμε αυστηρότεροι του προτύπου και να υπολογίζεται τάση επαφής αντί των 50V μια τάση πολύ μικρότερη, π.χ. 3V για να υπάρχει μεγαλύτερη σιγουριά και για τον ηλεκτρολόγο αλλά και για τους χρήστες της εγκατάστασης.

■ Το I_a να υπολογίζεται με βάση το πόσες διατάξεις διαφορικού ρεύματος των εγκαταστάσεων ή της εγκατάστασης μπορούν να βρεθούν στην ίδια φάση και τα ρεύματα τους να καταλήγουν στο κοινό ηλεκτρόδιο γείωσης. Ακραία κατάσταση θα πουν κάποιοι βέβαια, αλλά ας μην ξεχνάμε ότι συζητάμε για μια πρόταση.

Περιπτώσεις

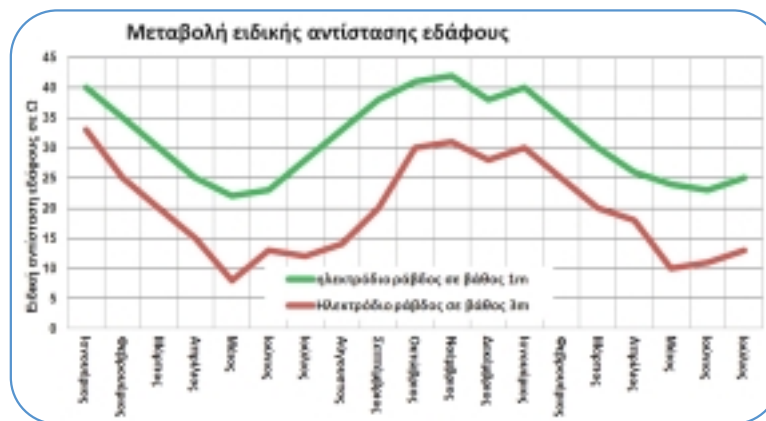
■ Να ενημερώνονται σαφώς και συστηματικά όλοι οι χρήστες των εγκαταστάσεων που συνδέονται στο συγκεκριμένο ηλεκτρόδιο γείωσης για «ηλεκτρολογική πειθαρχία» στο κτίριο. Αυτό θα σημαίνει συστηματικό έλεγχο καλής λειτουργίας των μέτρων προστασίας και σε καμία περίπτωση παράκαμψη ή αφαίρεση των διατάξεων διαφορικού ρεύματος, όπως και μη τήρηση των μέγιστων επιτρεπτών ρευμάτων των αγωγών.

■ Να συμφωνείται συχνότερος επανέλεγχος των μέτρων προστασίας των εγκαταστάσεων του κτιρίου για μείωση του ρίσκου. Σίγουρα η πρόταση αυτή χρειάζεται ευρύτερη συζήτηση και επεξεργασία και ο γράφων θα χαρεί να έχει ανάδραση από τον ηλεκτρολογικό κλάδο. Όμως έτσι θα υπάρχει μια ξεκάθαρη αφετηρία αναφοράς και βέβαια η αποσύνδεση των γειώσεων από το δημόσιο δίκτυο ύδρευσης.

Μέγιστη αποδεκτή τιμή αντίστασης γείωσης στις εγκαταστάσεις σε δίκτυα TN

Συνεχίζοντας με τις εγκαταστάσεις που τροφοδοτούνται από τα δίκτυα TN (ουδετέρωσης), θα πρέπει πάλι να αναφερθεί ότι σε αυτές οι μετρήσεις βρόχου σφάλματος δεν δίδουν καμία ένδειξη για την αντίσταση γείωσης του ηλεκτροδίου της εγκατάστασης. Δίδουν την εικόνα της ηλεκτρικής διαδρομής σημείου μέτρησης - υποσταθμού.

Όμως, ανεξάρτητα από τις μετρήσεις βρόχου σφάλματος, συμπεραίνεται και πρέπει να γίνονται οι μετρήσεις α-



Πίνακας 3

ντίστασης γείωσης παντού, όπου και εφόσον δεν δημιουργείται πρόβλημα ασφάλειας και είναι τεχνικά εφικτές.

Εδώ θα πρέπει να γίνει μια ιδιαίτερη αναφορά για τις μετρήσεις αυτές στους επανελέγχους για εγκαταστάσεις στα δίκτυα TN. Ο ηλεκτρολόγος που κάνει τον επανέλεγχο θα πρέπει να κρίνει και να αποφασίσει:

■ Αν είναι τεχνικά εφικτή (π.χ. χωρίς επέμβαση στον μετρητή) η αποσύνδεση του ηλεκτροδίου γείωσης από την ελεγχόμενη εγκατάσταση και αν μετά την αποσύνδεση του ηλεκτροδίου γείωσης μπορούν να γίνουν πραγματικές, ουσιαστικές, ωφέλιμες μετρήσεις.

Κίνδυνοι

■ Αν εξαλειφονται οι κίνδυνοι από την αποσύνδεση του ηλεκτροδίου γείωσης και κατά τη διάρκεια των μετρήσεων (π.χ. βοηθητικό ηλεκτρόδιο).

■ Αν οι μετρήσεις χωρίς αποσύνδεση του ηλεκτροδίου γείωσης (π.χ. με αμπεροτσιμπίδες) δίδουν πραγματικά αποτελέσματα.

Όμως στα ελληνικά δημόσια δίκτυα ουδετέρωσης (TN-C-S) η κατάσταση γίνεται δύσκολη έως επικίνδυνη όταν προκύψει πλήρης διακοπή του PEN του δικτύου διανομής. Τότε εκτός από

πτεί ξεκάθαρα ότι η επικινδυνότητα γίνεται μεγαλύτερη όσο αυξάνεται το ρεύμα προς γη (το οποίο σε αυτές τις περιπτώσεις εξαρτάται κυρίως από καταναλώσεις) και όσο μεγαλύτερη είναι η αντίσταση γείωσης του ηλεκτροδίου. Μερικά παραδείγματα για προβληματισμό με βάση τον πίνακα αυτόν:

■ Σε μια εγκατάσταση σε δίκτυο TN το ηλεκτρόδιο γείωσης της με 5Ω αντίσταση γείωσης δεν παρέχει ασφάλεια σε περίπτωση διακοπής του PEN και όταν χρειαστεί να ρέει ρεύμα προς το ηλεκτρόδιο μεγαλύτερο από 9,3 A, γιατί τότε η τάση επαφής ξεπερνά τα 50V.

■ Για τους ίδιους λόγους σε μια εγκατάσταση σε δίκτυο TN το ηλεκτρόδιο γείωσης της με 20Ω αντίσταση γείωσης δεν παρέχει ασφάλεια σε περίπτωση διακοπής του PEN και όταν χρειαστεί να ρέει ρεύμα προς το ηλεκτρόδιο μεγαλύτερο από 2,5 A.

Επομένως, και στις εγκαταστάσεις σε δίκτυα TN η χαμηλή αντίσταση γείωσης προσφέρει ουσιαστική προστασία και σε περιπτώσεις διακοπής του PEN.

Εποχικός επηρεασμός στις μετρήσεις γείωσης

Βέβαια η εποχή που γίνεται η μέτρηση γείωσης όπως βέβαια και η δομή του εδάφους επηρεάζουν το αποτέλεσμα

Οι μετρήσεις αντίστασης γείωσης επηρεάζονται σε πολύ μεγάλο βαθμό και από την εποχή που πραγματοποιούνται

της. Είναι κοινή διαπίστωση ότι η αντίσταση γείωσης μεταβάλλεται εποχιακά. Ο γράφων ψάχνοντας για το θέμα αυτό δεν βρήκε ελληνικά στοιχεία. Τα στοιχεία που βρέθηκαν είναι από τη Γερμανία (πηγή CHAUVIN ARNOUX).

Στον **πίνακα 3** παρουσιάζονται οι διακυμάνσεις ειδικής αντίστασης εδάφους σε διάρκεια 20 μηνών, σε αργιλώδες έδαφος, σε ανοικτό χώρο ο οποίος δεν ποτίζεται και δεν καλλιεργείται. Οι μετρήσεις έγιναν σε δύο διαφορετικά ραβδόμορφα (σημειακά) ηλεκτρόδια μήκους ενός και τριών μέτρων αντίστοιχα. Είναι εμφανές ότι όσο η υγρασία του εδάφους αυξάνεται και η

της. Είναι κοινή διαπίστωση ότι η αντίσταση γείωσης μεταβάλλεται εποχιακά. Ο γράφων ψάχνοντας για το θέμα αυτό δεν βρήκε ελληνικά στοιχεία. Τα στοιχεία που βρέθηκαν είναι από τη Γερμανία (πηγή CHAUVIN ARNOUX). Στον **πίνακα 3** παρουσιάζονται οι διακυμάνσεις ειδικής αντίστασης εδάφους σε διάρκεια 20 μηνών, σε αργιλώδες έδαφος, σε ανοικτό χώρο ο οποίος δεν ποτίζεται και δεν καλλιεργείται. Οι μετρήσεις έγιναν σε δύο διαφορετικά ραβδόμορφα (σημειακά) ηλεκτρόδια μήκους ενός και τριών μέτρων αντίστοιχα. Είναι εμφανές ότι όσο η υγρασία του εδάφους αυξάνεται και η

θερμοκρασία περιβάλλοντος αυξάνεται ταυτόχρονα, τόσο η αντίσταση γείωσης των ηλεκτροδίων μειώνεται. Εκτός λοιπόν από τη μορφή - δομή του εδάφους, οι συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας επιδρούν αποφασιστικά στα αποτελέσματα των μετρήσεων. Στις εκτεταμένες γειώσεις όπως οι θεμελιακές, η συμπεριφορά του ηλεκτροδίου είναι συνήθως σταθερότερη όσο βαθύτερα στο έδαφος είναι η θεμελίωση, γιατί εκεί οι συνθήκες παραμένουν σχετικά σταθερές. Θα ήταν πολύ χρήσιμο να έχουμε παρόμοια στοιχεία μετρήσεων και από την Ελλάδα.

Κλείνοντας το θέμα των μετρήσεων αντίστασης γείωσης

Όποιος έφτασε διαβάζοντας μέχρι εδώ θα έχει διαπιστώσει ότι το θέμα των μετρήσεων αντίστασης γείωσης αλληλά και γενικά τα θέματα των γειώσεων έχουν διαστάσεις. Μια προσπάθεια προσέγγισής τους έγινε στο άρθρο αυτό.

Συμπερασματικά

Πόσα Ωμ πρέπει να είναι η αντίσταση γείωσης της μετρούμενης εγκατάστασης; Η απλή απάντηση είναι: Όσο λιγότερα, τόσο ασφαλέστερη θα είναι η ηλεκτρική εγκατάσταση. Η ακριβέστερη απάντηση πρέπει να είναι: Τόσα όσα χρειάζονται για να εξασφαλιστεί η σωστή λειτουργία των μέτρων προστασίας που έχει ορίσει η νομοθεσία και που έχουν επιλεγεί στην εγκατάσταση με τη μετρούμενη γείωση.

Αν όχι, ή το σύστημα γείωσης χρειάζεται βελτίωση (ένα άλλο μεγάλο και βασικό θέμα...), ή τα μέτρα προστασίας χρειάζονται αλληλαγή και βελτίωση, ή και τα δύο. Επίσης μπορεί ο επανέλεγχος των μέτρων προστασίας της εγκατάστασης να γίνεται συχνότερα από τα μέγιστα όρια που δίνει η νομοθεσία.

Ο ορισμός αυθαίρετων τιμών για τα όρια των μετρήσεων γείωσης χωρίς στοιχεία, χωρίς αιτιολόγηση, δημιουργεί κινδύνους και λανθασμένα συμπεράσματα και πολλές φορές και λανθασμένες αποφάσεις.

Θεωρητικά βέβαια υπάρχει ένας διαχωρισμός ευθυνών: Στα δημόσια ηλεκτρικά δίκτυα διανομής χαμηλής τάσης ο διαχειριστής του δικτύου διανομής (π.χ. ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε.) έχει την ευθύνη για την ασφαλή λειτουργία του δικτύου του μέχρι και τον μετρητή ή τον υποσταθμό του πελάτη. Μετά τον μετρητή ή τον υποσταθμό, την ευθύνη της ασφαλούς λειτουργίας της ηλεκτρικής εγκατάστασης την έχει ο ηλεκτρολόγος που υπογράφει την Υπεύθυνη Δήλωση Εγκαταστάτης της εγκατάστασης αυτής.

Εδώ τίθεται ένα ερώτημα: Είναι υποχρεωμένος ο πελάτης, ο ιδιοκτήτης

μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης να λαμβάνει μέτρα προστασίας για όλες τις απρόβλεπτες αλληλαγές ή για τις αστοχίες του δικτύου διανομής; Βέβαια το ίδιο ερώτημα τίθεται και για τον ηλεκτρολόγο για τον οποίο ο γράφων έχει να θέσει μια πρόταση:

Έλεγχος

Ο ηλεκτρολόγος που αναλαμβάνει την ευθύνη μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης θα είναι χρήσιμο να κάνει μια πρακτική εκτίμηση ρίσκου για τη σταθερότητα και την προστασία που παρέχει η γείωση της εγκατάστασής του. Για παράδειγμα, υπόγειο ή εναέριο δημόσιο δίκτυο διανομής, απόσταση από τον υποσταθμό, ηλικία δικτύου διανομής, συχνότητα βλαβών του δικτύου διανομής, πυκνότητα γειτονικών ηλεκτροδίων, συνθήκες εδάφους, δυνατότητες χρήσης πρόσθετων ηλεκτροδίων κλπ. Με βάση τα αποτελέσματά του, θα πρέπει να ενημερώνει τον πελάτη του και να αποφασίζουν από κοινού για τα εκτός από τα απαιτούμενα από την νομοθεσία μέτρα προστασίας, με σχέσεις κόστους - αποτελεσματικότητας.

Από την προσέγγιση αυτή μπορεί να



Οι μετρήσεις αντίστασης γείωσης μπορούν να δείξουν κατά πόσο παρέχει προστασία η ηλεκτρική εγκατάσταση.

από όποιους έχει γίνει μέχρι τότε στην εγκατάσταση. Όλα αυτά, για να ελαχιστοποιηθεί το ρίσκο και η πιθανότητα στο να μη συμβεί ατύχημα από ηλεκτρικά αίτια στην εγκατάσταση. Γιατί τότε ισχύει για τον ηλεκτρολόγο η... 11η εντολή: Ου μπλέξεις...

Μερικές ακόμα επισημάνσεις:

■ Η διάρκεια ζωής ενός συστήματος γείωσης δεν είναι εύκολο να προβλεφτεί. Γι' αυτό θα πρέπει να γίνεται πολύ προσεκτικά η επιλογή των υλικών του όπως και η κατασκευή του, με στόχο να ζει όσο και το κτίριο που πρέπει να προστατεύει.

■ Θα πρέπει να προβλέπεται και να δίδεται εύκολη δυνατότητα αποσύνδεσης του συστήματος γείωσης για τη μέ-

Είναι πολύ χρήσιμο να συγκρίνονται οι μετρήσεις αντίστασης γείωσης κατά τους επόμενους επανελέγχους

προκύψουν και άλλες λύσεις ή ιδέες. Όπως π.χ. αν τα μέτρα προστασίας είναι τα καλύτερα που μπορούν να ληφθούν, αν οι δυνατότητες βελτίωσης της γείωσης έχουν ελαχιστοποιηθεί ή αν είναι οικονομικά ασύμφορες, αν το δίκτυο διανομής έχει προβληματική λειτουργία, τότε ίσως ο επανέλεγχος των μέτρων προστασίας της εγκατάστασης θα πρέπει να συμφωνηθεί σε μικρότερα χρονικά διαστήματα από αυτά που ορίζει η νομοθεσία, όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω. Έτσι, τυχόν προβλήματα που αφορούν την ασφαλή λειτουργία της εγκατάστασης μπορεί να εντοπιστούν έγκαιρα και πριν δημιουργήσουν επικίνδυνες καταστάσεις.

Ο ηλεκτρολόγος που αναλαμβάνει την ευθύνη μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης και υπογράφει Υπεύθυνη Δήλωση Εγκαταστάτης είτε σε αρχικό έλεγχο είτε σε επανέλεγχο, θα πρέπει να ελέγχει, να μετρά, να σκέπτεται, να παρατηρεί (γενικά να σκέφτεται ηλεκτρολογικά), να ενημερώνει και να συζητά με τον ιδιοκτήτη της και να αποφασίζει. Θα πρέπει ακόμη να ληφθεί υπόψη ότι ο υπογράφων σε έναν επανέλεγχο αναλαμβάνει την ευθύνη για ό,τι γίνει και

τρηση του χωρίς να χρειάζεται παρέμβαση στους μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας. Η απαίτηση αυτή υπάρχει στο πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384 (άρθρο 542.4, κύριοι ακροδέκτες ή ζυγοί γείωσης).

■ Ξεκινώντας μετρήσεις γείωσης για μια εγκατάσταση σε αρχικό έλεγχο, είναι χρήσιμο να συγκρίνονται στην συνέχεια με τις μετρήσεις των επανελέγχων της. Αν διαπιστώνονται αδικαιολόγητες διαφορές θα πρέπει να διερευνάται η αιτία έγκαιρα.

Ο γράφων δεν διεκδικεί το αληθινό, θα χαρεί να έχει ανάδραση για όσα αναφέρθηκαν εδώ για τις μετρήσεις γείωσης και εύχεται η προσπάθεια της προσέγγισης που έγινε στο άρθρο αυτό να έχει συνέχεια και από άλλους ασχολούμενους με το θέμα. Όσοι εμπλεκόμαστε με τις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις, αν προσπαθούμε, θα τις κάνουμε ασφαλέστερες, και αυτό το σφείλουμε σε όλους τους τελικούς καταναλωτές που τις χρησιμοποιούν.

*Ο κ. Γιώργος Σαρρής είναι Ηλεκτρολόγος Μηχανικός Τ.Ε. και Επιστημονικός Σύμβουλος του Ελληνικού Ινστιτούτου Ανάπτυξης Χαλκού (Ε.Ι.Α.Χ.).