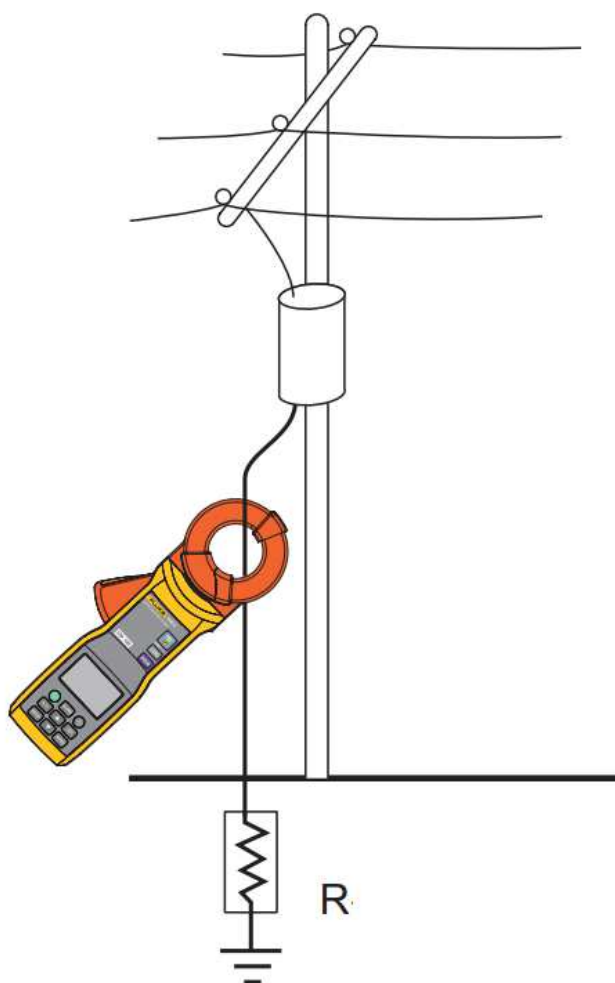


Ποιοτικός έλεγχος Γειώσεων με Αρπάγη χωρίς χρήση Ράβδων

Σημειώσεις για την Επίβλεψη Εργολάβου Κατασκευών

(Πρόχειρο)



Κλιμάκιο Επίβλεψης Εργολάβου

Σάμος 2020

1. Γενικά

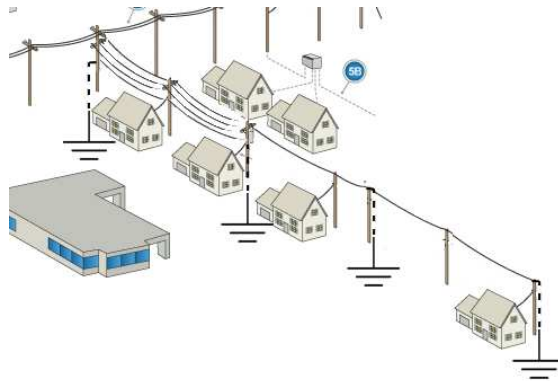
Η μέθοδος μέτρησης γειώσεων με αρπάγη, δηλαδή χωρίς τη χρήση πρόσθετων πασσάλων και καλωδίων για την σύνδεση τους, είναι εξαιρετικά χρήσιμη στον ποιοτικό έλεγχο των γειώσεων που κατασκευάζονται από τον εργολάβο Κατασκευών, γίνεται δυνατή η μέτρηση της αντίστασης των γειώσεων αλλά και η ποιότητα των συνδέσεων τους αφού οι μετρήσεις γίνονται μετά την ολοκλήρωση των συνδέσεων. Οι μετρήσεις μπορούν να γίνουν χωρίς να αποσυνδέονται τα μετρούμενα ηλεκτρόδια και σε ελάχιστο χρόνο. Δύναται η δυνατότητα να αξιολογηθούν οι κατασκευές F-31, F-31Π, F-31Π και οι συνδέσεις τους με τον ουδέτερο.

Στις σημειώσεις αυτές παρουσιάζεται ο τρόπος μέτρησης με αυτό το όργανο στα δίκτυα Διανομής, περιγράφεται η μέθοδος για την αξιολόγηση της ποιότητας των εργασιών του αναδόχου Κατασκευών και παρουσιάζονται παραδείγματα από πραγματικές μετρήσεις στο νησί της Σάμου. Οι πληροφορίες συγκεντρώθηκαν από τους τεχνικούς της ΔΠΝ, Καλατζή Κ., Αριαννά Λ., Βογιατζή Ι. και Υφαντοπούλου Δ.

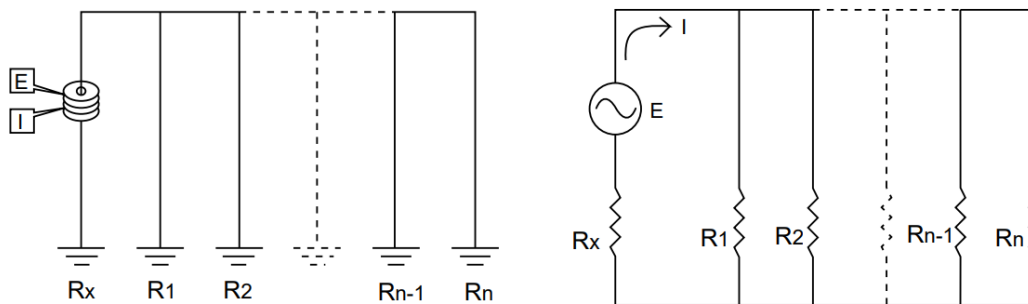
Οι σημειώσεις αυτές αφορούν γενικά τα όργανα αυτού του τύπου, οι μετρήσεις από εμάς έγιναν με το όργανο FLUKE 1630-2 EarthGroundClamp. Πληροφορίες για τις λειτουργίες των οργάνων μπορείτε να βρείτε στα εγχειρίδιά τους.

2. Αρχή Λειτουργίας

Ένα Γειωμένο Δίκτυο Διανομής όπως αυτό της εικόνας 1 έχει ως ισοδύναμο κύκλωμα το κύκλωμα της εικόνας 2.



Εικόνα 1 – Κοινό δίκτυο Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας

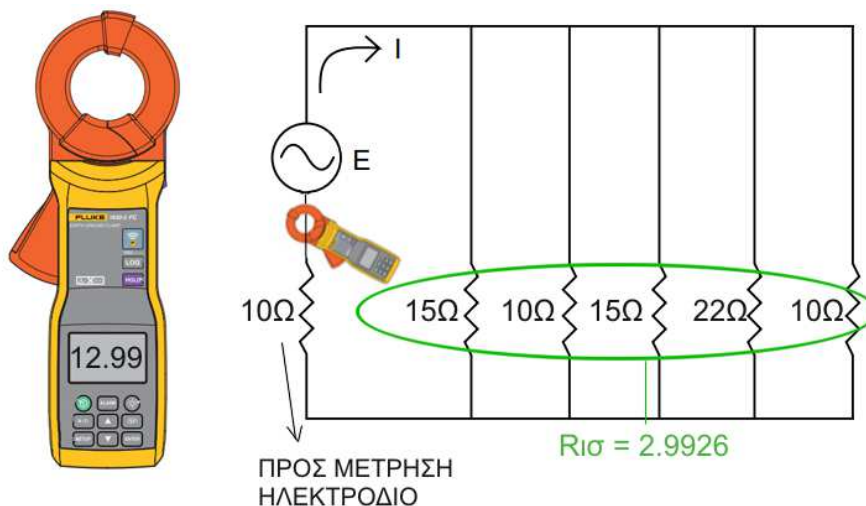


Εικόνα 2 – Ισοδύναμο κύκλωμα

Εάν μία τάση E εφαρμοστεί σε οποιοδήποτε γειωμένο σημείο R_x μέσω ενός ειδικού μετασχηματιστή, θα αρχίσει να ρέει ένα ρεύμα I στο κύκλωμα και θα ισχύουν τα παρακάτω:

$$E/I = R_x + \frac{1}{n \sum_{k=1}^n \frac{1}{R_k}} \text{ όπου, συνήθως ισχύει } R_x \gg \frac{1}{n \sum_{k=1}^n \frac{1}{R_k}} \text{ (Σχέση 1)}$$

Παράδειγμα:



Εικόνα 3 - Παράδειγμα κυκλώματος

Το όργανο στην θέση που βρίσκεται στην Εικόνα 3, θα δείξει την τιμή 12.99 Ω, δηλαδή το αποτέλεσμα της σχέσης 1: $E/I = 10 \Omega + 2,9926 \Omega = 12.99 \Omega$, όχι την τιμή της αντίστασης, αλλά μία κοντινή τιμή που εξαρτάται από την ισοδύναμη αντίσταση των παράλληλων αντιστάσεων.

Σημαντικό: Όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των παράλληλων αντιστάσεων στο κύκλωμα, δηλαδή των ράβδων γειώσεως στο δίκτυο, τόσο πλησιάζει η τιμή που δίνει το όργανο στην πραγματική τιμή της Γείωσης.

Σύμφωνα με τα παραπάνω για να γίνει μέτρηση με το όργανο αυτό πρέπει να ισχύουν οι παρακάτω κανόνες:

1. Πρέπει να υπάρχει βρόχος για να μετρηθεί η αντίσταση.

- *Δηλαδή πρέπει να υπάρχουν παράλληλες αντιστάσεις. Όσο μικρότερη είναι η αντίσταση τους, τόσο το καλύτερο.*
- *Αν δεν υπάρχει βρόχος θα πρέπει να δημιουργηθεί με ένα προσωρινό ηλεκτρόδιο. Όμως σε αυτή την περίπτωση η μέτρηση δεν θα είναι γνωστό σε ποιο ηλεκτρόδιο αναφέρεται.*

2. Η Γη πρέπει να είναι μέρος του κυκλώματος για να μετρηθεί η Αντίσταση Γείωσης.

- *Εάν παρεμβάλλονται συνδέσεις στην διαδρομή όπως στην περίπτωση των Εναέριων Υποσταθμών ΜΤ/ΧΤ τότε γίνεται λάθος μέτρηση, καθότι μετράται η τιμή της αντίστασης των αγωγών.*

Σημαντικό: Το όργανο δεν μπορεί να μετρήσει μεμονωμένες, ασύνδετες γειώσεις, μία ράβδο, ένα F-31Π κτλ. Εάν απαιτείται να μετρηθεί μία γείωση τότε πρέπει να χρησιμοποιηθεί άλλο όργανο και άλλη μέθοδος.

Σημαντικό: Το όργανο δεν θα μετρήσει τίποτα αν δεν υπάρχει βρόχος δηλαδή αν υπάρχει ασυνέχεια, θα έχει ένδειξη λάθους (η ένδειξη εξαρτάται από το όργανο).

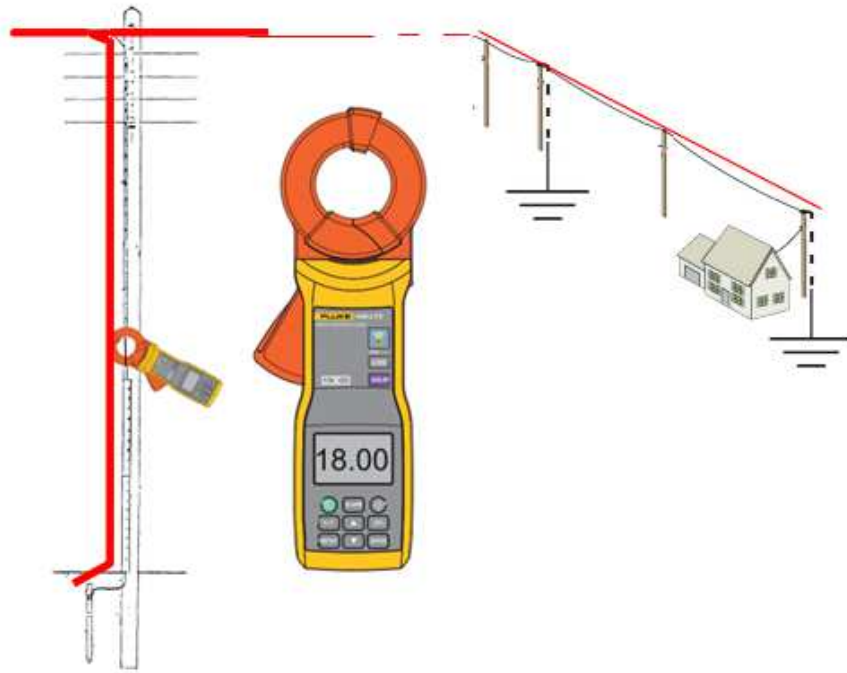
3. Εφαρμογές στα Δίκτυα Διανομής της ΔΕΗ

3.1 Αξιολόγηση Γειώσεων σε δίκτυο διανομής ΧΤ με συνεστραμμένο καλώδιο ή αγωγούς και γειώσεις F-31.

Προϋπόθεση για να γίνουν μετρήσεις στις γειώσεις είναι να έχει συνδεθεί το δίκτυο, δηλαδή να έχει συνδεθεί ο ουδέτερος με τις ράβδους γειώσεων μέσω του αγωγού γείωσης. Δεν είναι απαραίτητο το δίκτυο να βρίσκεται υπό τάση, οι μετρήσεις μπορούν να γίνουν και με το δίκτυο υπό τάση και με το δίκτυο εκτός τάσης.

Το όργανο πρέπει να τοποθετηθεί στη γείωση όπως φαίνεται στην εικόνα 4. Δεν έχει σημασία η φορά του οργάνου, δηλαδή αν κοιτάει προς τα πάνω ή προς τα κάτω.

Σημαντικό: Πρέπει το όργανο να είναι σε λειτουργία μέτρησης αντίστασης, στα Ω (ohm).



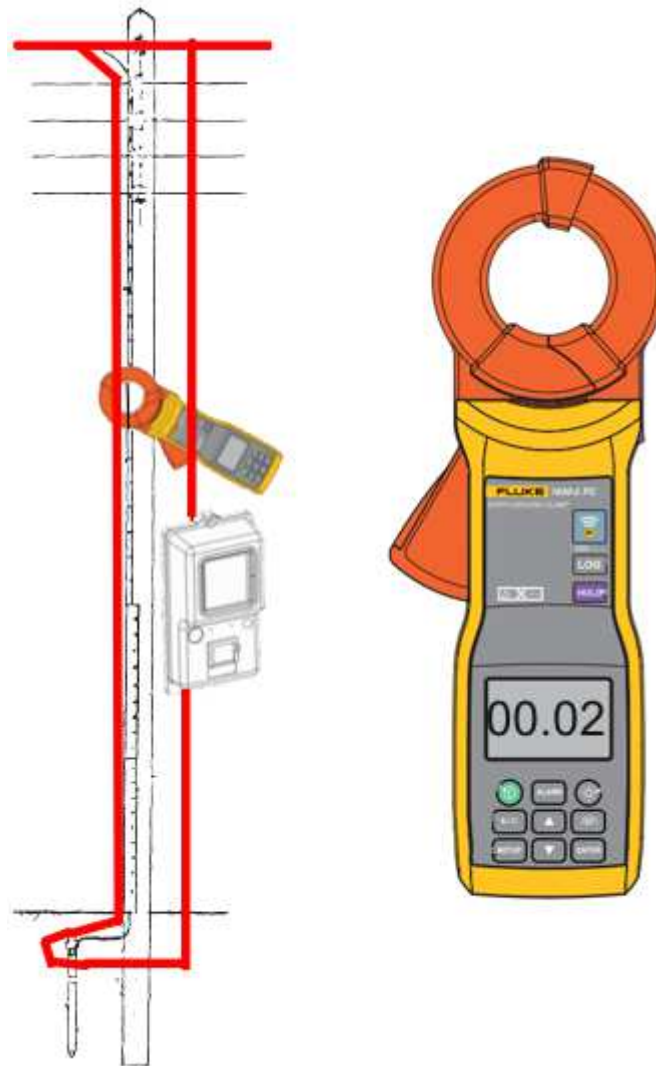
Εικόνα 4 - Μέτρηση σε ξύλινο στύλο ΧΤ με F-31

Η μέτρηση που θα δείξει το όργανο είναι η τιμή της αντίστασης γείωσης προσαυξημένη με την συνολική αντίσταση των παράλληλων συνδεδεμένων γειώσεων. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, όσο περισσότεροι στύλοι είναι συνδεδεμένοι τόσο καλύτερη και χρήσιμη είναι η τιμή που δίνει το όργανο. Γενικά σε κανονικό έδαφος, μία τιμή από 5 Ω έως 1000+ Ω είναι αναμενόμενη.

Πολύ μικρές τιμές, δηλαδή 0.01 Ω έως 1 ή 2 Ω υποδηλώνουν ίσως κάποιο σφάλμα στον τρόπο μέτρησης. Τέτοιες τιμές βλέπουμε όταν μετράμε σε θέση που κλείνει βρόχος χωρίς

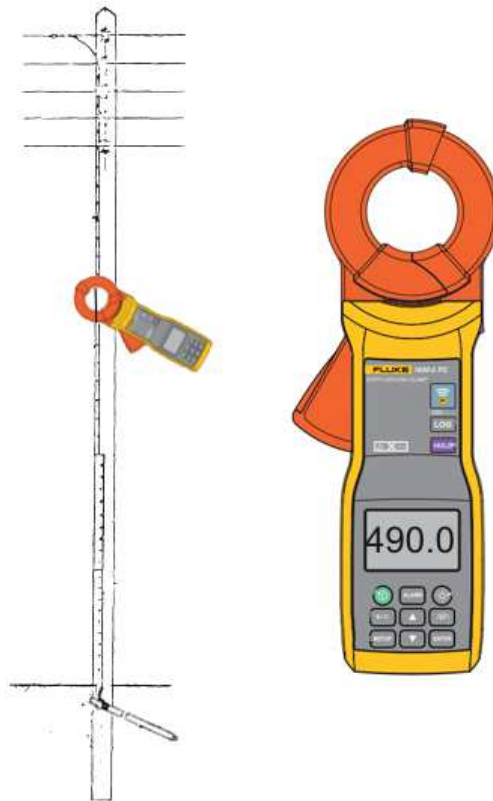
την παρουσία γης, δηλαδή κλείνει βρόχος μέσω μεταλλικών στοιχείων ή αγωγών. Π.χ στην περίπτωση που υπάρχει στο στύλο ΧΤ κιβώτιο Παροχής ΦΟΠ, το οποίο συνδέεται στον αγωγό γείωσης, στη ράβδο ή αλλού από την μία πλευρά και κλείνει βρόχο μέσω του ουδετέρου αγωγού του παροχικού καλωδίου(Εικόνα 5).

Σημαντικό: Οι τιμές που θα δώσει το όργανο αν οι γειώσεις βρίσκονται πολύ κοντά μεταξύ τους, θα είναι λανθασμένες. Γενικά σε αποστάσεις κάτω των 10 μέτρων (για γειώσεις F-31 με ράβδους ΔΕΗ), οι μετρήσεις δεν θα είναι σωστές.



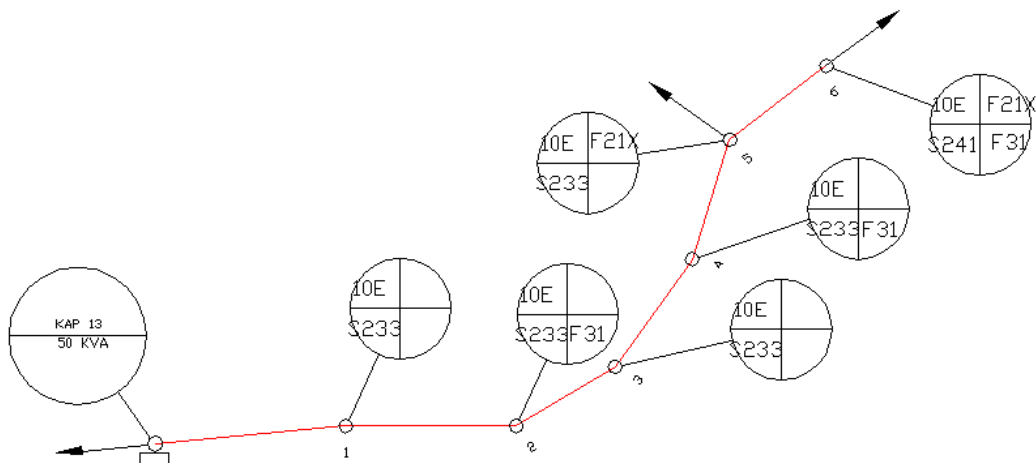
Εικόνα 5 - Παράδειγμα λάθος μέτρησης

Πολύ μεγάλες τιμές υποδηλώνουν κακή κατασκευή και πρέπει να διερευνηθεί ο λόγος, π.χ στην Εικόνα 6 έχει τοποθετηθεί στραβά η ράβδος, χωρίς να φτάσει το επιθυμητό βάθος, αντίστοιχα θα μπορούσε να έχει κοπεί, στραβώσει ή να έχει συνδεθεί πλημμελώς.



Εικόνα 6 - Στραβή ράβδος

Παράδειγμα1: Δίκτυο Χαμηλής τάσης 6 ανοιγμάτων καλώδιο 40μέτρων με ΣΚ 4Χ120αΙ+25αΙ της εικόνας 6, έχει τοποθετηθεί F-31 σε κάθε δεύτερο στύλο, δηλαδή στους στύλους 2, 4, 6 και στον ΥΣ.



Εικόνα 7 - Δίκτυο ΧΤ

Έγιναν μετρήσεις στους στύλους με F-31, δηλαδή στους στύλους Νο 2, Νο 4, Νο 6 και τέλος έγινε μέτρηση στον ΥΣ 13 που έχει γίνει κατασκευή F-31ΠΙ. Οι τιμές που έγραψε το όργανο είναι αυτές του παρακάτω πίνακα:

A/A Στύλου	Τιμή
ΥΣ 13	20,00 Ω
2	53,00 Ω
4	600,00 Ω
6	15,00 Ω

Πίνακας 1: Τιμές

Σημαντικό: Στην περίπτωση που μετράμε σε υποσταθμό με 1 στύλο, τότε μπορεί να γίνει η μέτρηση όπως και στους στύλους ΧΤ, όμως αν ο υποσταθμός είναι κατασκευή σε δίστυλο, τότε ΔΕΝ είναι δυνατόν να γίνει η μέτρηση κατά αυτόν τον τρόπο, λόγω της ύπαρξης βρόχου χωρίς να παρεμβάλλεται η γη (βλέπε παράγραφο 3.2).

Εξετάζοντας τις τιμές καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι πρέπει να γίνει αποκάλυψη της Ράβδου 4, καθότι το έδαφος είναι κανονικό, δεν είναι βραχώδες και οι μετρήσεις έγιναν σε περίοδο που το έδαφος είχε υγρασία. Πράγματι, με την αποκάλυψη βρέθηκε ότι η ράβδος είχε στραβώσει κατά την τοποθέτηση και επιπλέον είχε τοποθετηθεί στον λάκκο του στύλου, όχι σε απόσταση 60 εκ. από αυτόν.

Σημαντικό: Οι τιμές που πρέπει να διερευνήσουμε είναι αυτές που αποκλίνουν από τον μέσο όρο των τιμών, εφόσον όλες οι ράβδοι γείωσης βρίσκονται σε ίδιο τύπο εδάφους.

Επιπλέον με την παρακάτω σχέση μπορεί να εκτιμηθεί κατά προσέγγιση η συνολική τιμή της Αντίστασης Γείωσης $R_{ολ} = \frac{1}{n \sum_{k=1}^n \frac{1}{R_k}}$ (σχέση 2) δηλαδή:

$$R_{ολ} = \frac{1}{0,05 + 0,0189 + 0,002 + 0,067} = \frac{1}{0,137} = 7,2 \Omega$$

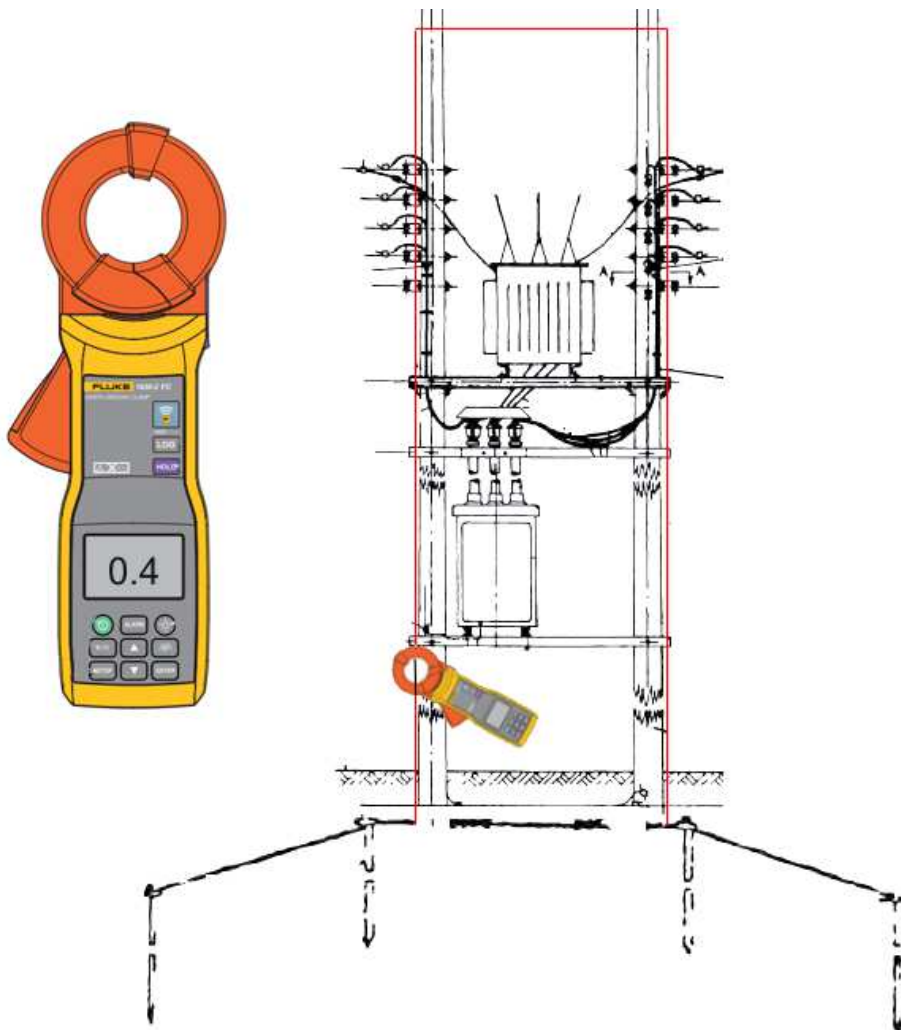
Η συνολική αντίσταση Γείωσης δεν μπορεί να υπολογιστεί με ακρίβεια αλλά με απόκλιση με αυτή τη μέθοδο, συνεπώς το νούμερο 7,2 Ω μας δείχνει γενικά την κατάσταση της Συνολικής Αντίστασης Γείωσης που έχουμε επιτύχει. Εάν υπήρχαν περισσότεροι στύλοι συνδεδεμένοι το αποτέλεσμα των μετρήσεων θα ήταν πιο κοντά στα πραγματικά μεγέθη.

Σημαντικό: Πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι η πραγματική τιμή θα είναι μικρότερη από αυτή, συνεπώς είναι ένα καλό μέτρο σύγκρισης.

3.2 Αξιολόγηση Γείωσης Εναέριου Υποσταθμού με δύο ξύλινους στύλους ο οποίος τροφοδοτείται από εναέριο δίκτυο χωρίς Υπόγεια Καλώδια ΜΤ πάνω του.

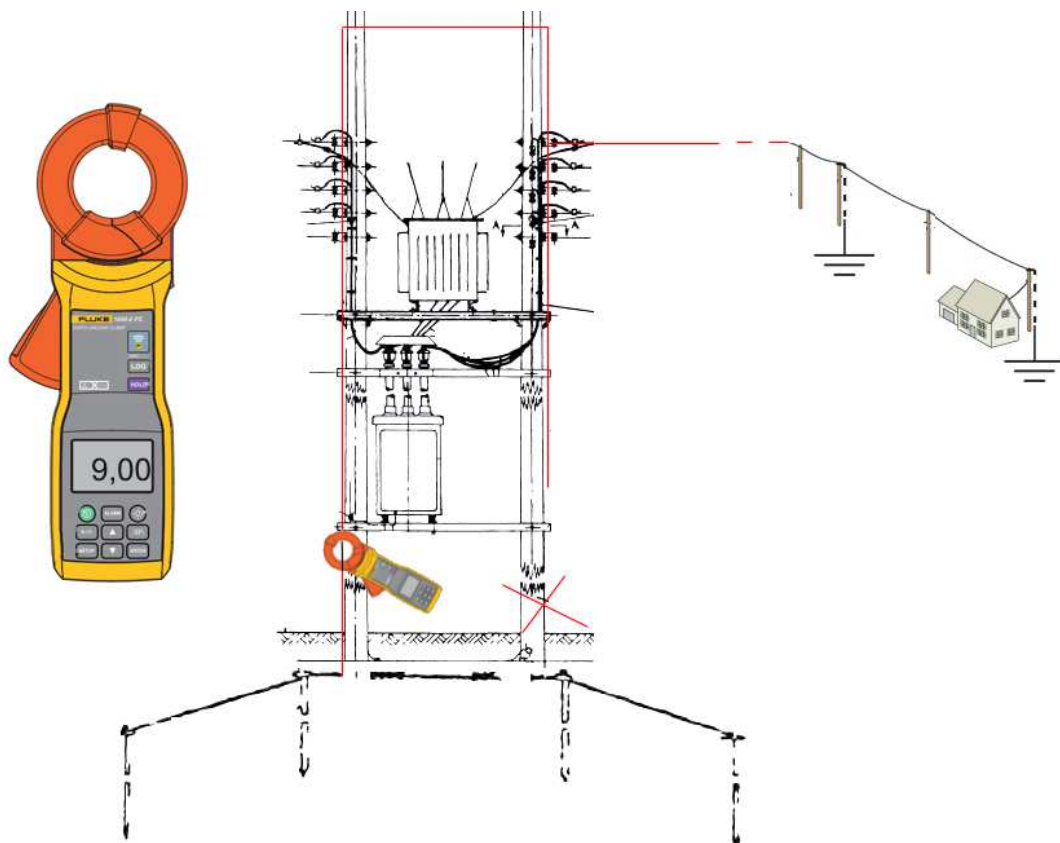
Για να γίνει μέτρηση σε Υποσταθμό ΜΤ/ΧΤ με δύο στύλους πρέπει να ληφθεί υπόψη η ύπαρξη αγωγού γείωσης και στους δύο στύλους, οι οποίοι είναι συνδεδεμένοι αφενός μέσα στο έδαφος, εφόσον η κατασκευή είναι F-31Π και αφετέρου στην κορυφή του υποσταθμού, αφού συνδέονται με αυτούς τα μεταλλικά στοιχεία, τα αλεξικέραυνα κτλ, ανάλογα με την περίπτωση. Συνεπώς πρέπει πριν τη μέτρηση να είναι γνωστή η σύνδεση των γειώσεων. Εφόσον πράγματι είναι συνδεδεμένα όλα όπως αναμένεται, τότε πρέπει να αποσυνδεθεί ο

ένας από τους δύο αγωγούς γείωσης για να είναι δυνατή η μέτρηση. Επισημαίνεται ότι η εργασία της αποσύνδεσης πρέπει να γίνει από εξειδικευμένο τεχνικό προσωπικό για λόγους ασφαλείας.



Εικόνα 8 - Υποσταθμός με δύο στύλους

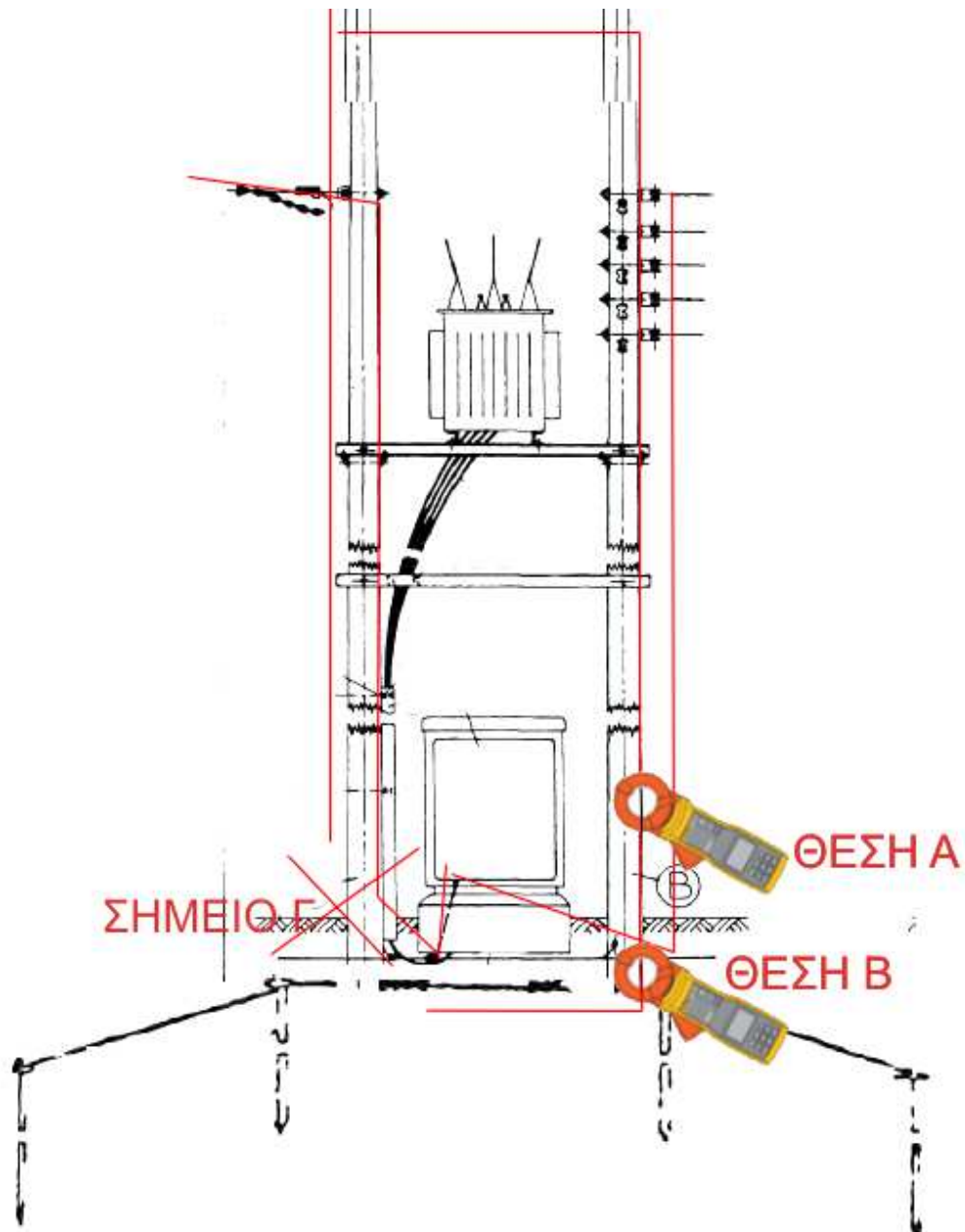
Στην εικόνα 8 γίνεται σαφές ότι δεν μπορεί να γίνει μέτρηση, καθώς κλείνει βρόχος με την κόκκινη γραμμή, χωρίς να παρεμβάλλεται η Γη. Στην εικόνα 9 μετά το άνοιγμα της σύνδεσης στην μία πλευρά είναι δυνατή η μέτρηση. Πλέον ο βρόχος κλείνει μέσω του ουδετέρου αγωγού και των συνδεδεμένων σε αυτών γειώσεων στο δίκτυο ΧΤ.



Εικόνα 9 - Μέτρηση σε υποσταθμό μετά την επέμβαση

Σημαντικό: Στην περίπτωση που ο Υποσταθμός έχει επίγειο Ασφαλειοκιβώτιο πρέπει να επιλεγεί με προσοχή η θέση που θα τοποθετηθεί το όργανο, καθότι επιπλέον των δύο γειώσεων που ανεβαίνουν στον Υποσταθμό μέσα στο ασφαλειοκιβώτιο συνδέονται και οι ουδέτεροι των καλωδίων προς τις εναέριας αναχωρήσεις. Συνεπώς πρέπει να επιλεγεί σημείο που δεν θα βρίσκεται μέσα σε βρόχο που δεν παρεμβάλλεται η γη.

Στην εικόνα 10 πρέπει να επιλέγει η Θέση Β για την τοποθέτηση του οργάνου, ώστε να βρεθεί σε βρόχο που παρεμβάλλεται η γη. Στη θέση Α θα βρεθεί σε βρόχο με τους ουδέτερους των αναχωρήσεων ακόμα και αν ανοίξουμε την σύνδεση στο σημείο Γ.



Εικόνα 10 - Υποσταθμός με επίγειο ασφαλειοκιβώτιο και εναέριες αναχωρήσεις

3.3 Αξιολόγηση Γείωσης στύλου με καλώδιο ΜΤ, π.χ. Αεροδιακόπη (υπό εξέταση αν ισχύει)

Παρότι δεν είναι δυνατόν να μετρήσουμε την γείωση σε διακόπτες ΜΤ με αυτό το όργανο, καθότι δεν κλείνει βρόχος μέσω κάποιου αγωγού όπως στην περίπτωση του ουδετέρου αγωγού στην ΧΤ, στην περίπτωση που ο διακόπτης χρησιμοποιείται για τη σύνδεση καλωδίου ΜΤ, τότε ως μέσο για να δημιουργηθεί βρόχος θα θεωρηθεί ο αγωγός γείωσης του καλωδίου. Πράγματι είναι δυνατόν να αξιολογηθεί η τιμή της γείωσης κατά αυτό τον τρόπο και στην μία πλευρά του καλωδίου και στην άλλη.

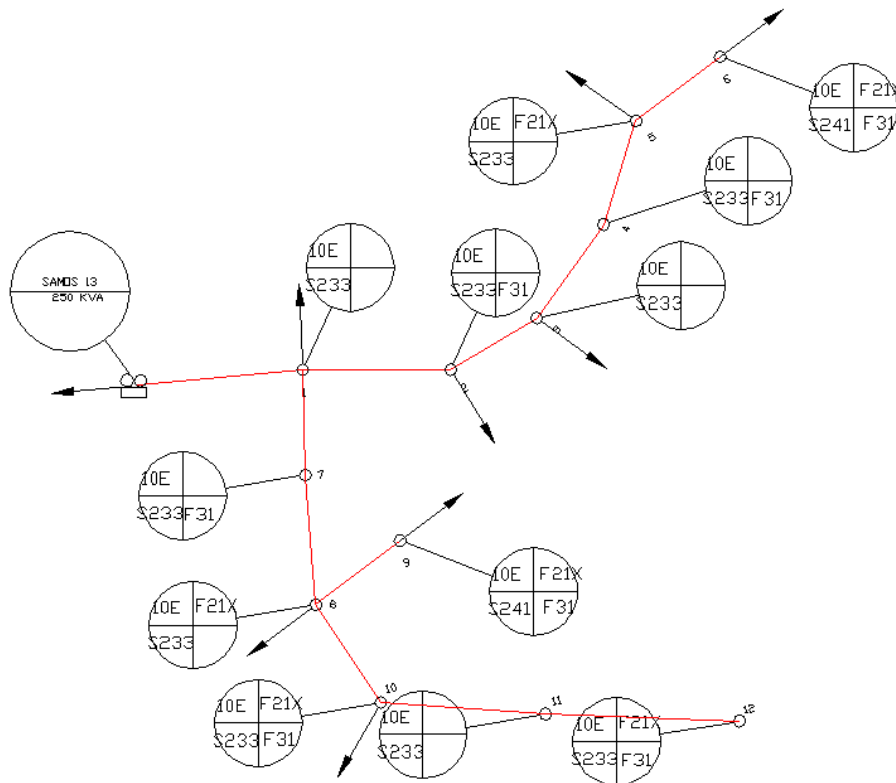
Σημαντικό: Υπάρχει περίπτωση επί του στύλου να υπάρχει χειριστήριο συνδεδεμένο αφενός με τον αγωγό γείωσης στη βάση του στύλου και αφετέρου στην κορυφή του στύλου. Σε αυτή την περίπτωση πρέπει να ανοιχτεί μία γείωση ώστε το όργανο να μην βρεθεί εντός του βρόχου που δημιουργείται, αλλά όπως προαναφέραμε να βρίσκεται πάντα σε βρόχο που παρεμβάλλεται η Γη.



Εικόνα 11 - Μέτρηση σε στύλο με καλώδιο MT

4. Παράδειγμα εφαρμογής

Εφαρμογή 1: Δίκτυο Χαμηλής τάσης 12 ανοιγμάτων καλώδιο 40μέτρων με ΣΚ 4X120mm²αl+25mm²αlτης εικόνας 12, έχει τοποθετηθεί F-31 σε κάθε δεύτερο στύλο και ο ΥΣ είναι 250 KVAσε δίστυλο.



Εικόνα 12 - Σχέδιο δικτύου XT

Γίνονται μετρήσεις σε όλους τους στύλους ΧΤ που έχουν γείωση F-31 και συμπληρώνεται ο παρακάτω πίνακας. Μετρώ στον Υποσταθμό και βλέπω στο όργανο μία πολύ μικρή τιμή, διαπιστώνω ότι βρίσκομαι σε βρόχο χωρίς να παρεμβάλλεται η γη. Για να γίνει η μέτρηση στον Υποσταθμό αποσυνδέω τη γείωση από τον ένα στύλο λαμβάνοντας τα απαραίτητα μέτρα προστασίας για την ενέργεια αυτή.

<i>A/A Στύλου</i>	<i>Τιμή</i>
Στύλος πριν ΥΣ 13	0,1 Ω
Στύλος μετά ΥΣ 13	6,00 Ω
2	53,00 Ω
4	600,00 Ω
6	15,00 Ω
7	14,00 Ω
9	1100,00 Ω
Στύλος 10 πριν	LOW
Στύλος 10 μετά	11,00 Ω
12	9,00 Ω

Μελετάω τις μετρήσεις και αποκαλύπτω τις ράβδους στους στύλους 4 και 9, για να εξετάσω τι συμβαίνει. Ο στύλος 10 δεν δίνει καμία τιμή καθότι όπως διαπιστώνεται δεν έχει συνδεθεί στην κορυφή του με τον ουδέτερο, οπότε δεν υπάρχει βρόχος για να μετρήσει το όργανο. Γίνεται η σύνδεση και μετρώ εκ νέου.

Επιπλέον από τη σχέση 2 μπορεί να εκτιμηθεί κατά προσέγγιση η συνολική τιμή της

Αντίστασης Γείωσης $R_{ολ} = \frac{1}{n \sum_{k=1}^n \frac{1}{R_k}}$ (σχέση 2) δηλαδή:

$$R_{ολ} = \frac{1}{0,167+0,019+0,002+0,067+0,071+0,001+0,090+0,111} = \frac{1}{0,528} = 1,89 \Omega$$

Διαπιστώνω ότι η συνολική αντίσταση βρίσκεται στα 1,89 Ω και εξετάζω αν η τιμή αυτή ικανοποιεί την Οδηγία.

Εφαρμογή 2: Δίκτυο Χαμηλής τάσης 10 ανοιγμάτων καλώδιο 40 μέτρων με ΣΚ

4Χ120mm²al+25mm²al της εικόνας 6, έχει τοποθετηθεί F-31 σε κάθε δεύτερο στύλο και ο ΥΣ είναι 50 KVA σε μονόστυλο.

Στους στύλους 8 και 9 το όργανο δεν μπορεί να μετρήσει και δίνει την ένδειξη Low που σημαίνει ότι δεν υπάρχει βρόχος, συνεπώς διερευνώ τη συνέχεια των αγωγών Γείωσης και τις συνδέσεις στον Ουδέτερο και στη Ράβδο. Στον στύλο 8 διαπιστώθηκε ότι στη ράβδο Γείωσης έχει χαλαρώσει η σύνδεση και δεν υπάρχει επαφή του αγωγού με τη ράβδο στον

σφιγκτήρα (εικόνα 14) ενώ στον στύλο 9 βρέθηκε κομμένος ο αγωγός Γείωσης σε δίκυκλο στην κορυφή του στύλου, όταν αποκατάστησαν οι μετρήσεις ήταν κανονικές.



Εικόνα 13 - Πριν και μετά το πρόβλημα

Επιπλέον από τη σχέση 2 μπορεί να εκτιμηθεί κατά προσέγγιση η συνολική τιμή της Αντίστασης Γείωσης $R_{ολ} = \frac{1}{\sum_{k=1}^n \frac{1}{R_k}}$ (σχέση 2) δηλαδή:

$$R_{ολ} = \frac{1}{0,006 + 0,0013 + 0,002 + 0,003 + 0,002 + 0,003 + 0,002 + 0,111} = \frac{1}{0,015} = 65,46 \, \Omega$$

Διαπιστώνω ότι η συνολική αντίσταση βρίσκεται στα 65,46 Ω και εξετάζω αν η τιμή αυτή ικανοποιεί την Οδηγία.