ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΔΙΑΡΡΟΗΣ ΜΟΝΩΤΗΡΩΝ ΥΨΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ ΣΤΟΝ ΥΠΑΙΘΡΙΟ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ ΔΟΚΙΜΩΝ «ΤΑΛΩΣ»

Μ. Κληρονόμου[1], Δ. Πυλαρινός[2], Κ. Σιδεράκης[3], Ι. Φ. Γκόνος[1], Ι. Α. Σταθόπουλος[1] και Ε. Θαλασσινάκης[2]
[1]Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών Ε.Μ.Π., Ηρώων Πολυτεχνείου 9, Πολυτεχνειούπολη, Ζωγράφου, ΤΚ. 15780
[2]ΔΕΔΔΗΕ, Τέρμα Καστοριάς, Κατσαμπάς, Ηράκλειο Κρήτης
[3]ΤΕΙ Κρήτης, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών Τ.Ε., Εσταυρωμένος, ΤΘ. 1939, ΤΚ. 71004 Ηράκλειο Κρήτης
E-mail: kl_mai@hotmail.com

Περίληψη

Η μέτρηση του ρεύματος διαρροής αποτελεί ευρέως διαδεδομένη τεχνική παρακολούθησης και διερεύνησης της συμπεριφοράς μονωτήρων υψηλής τάσης (Υ.Τ.). Προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα, όπως η δυνατότητα συνεχούς επιτήρησης και η διενέργεια παράλληλων μετρήσεων σε πλήθος δοκιμίων, ενώ μπορεί να εφαρμοστεί σε εργαστηριακές και πραγματικές συνθήκες. Παράλληλα όμως εμφανίζει σημαντικές τεχνικές δυσκολίες καθώς η ορθή παρακολούθηση, ειδικά σε πραγματικές συνθήκες, απαιτεί την καταγραφή και επεξεργασία ενός τεράστιου όγκου δεδομένων. Στην παρούσα εργασία εξετάζεται η μέτρηση του ρεύματος διαρροής ως εργαλείο παρακολούθησης με περίπτωση εφαρμογής το δίκτυο Κρήτης όπου, δεδομένων των έντονων προβλημάτων ρύπανσης, διεξάγεται πολύχρονη έρευνα για τη συμπεριφορά μονωτήρων Υ.Τ., στην οποία συμπεριλαμβάνεται η παρακολούθηση του ρεύματος στο πεδίο. Πλέον πρόσφατο στάδιο της έρευνας αποτελεί η κατασκευή και λειτουργία του υπαίθριου σταθμού δοκιμών «ΤΑΛΩΣ» του ΔΕΔΔΗΕ στο Ηράκλειο Κρήτης. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται η διάταξη καταγραφής και παρατίθεται αξιολόγησή της, συγκριτικά με προγενέστερες εκδοχές, σε θέματα ευκολίας χρήσης, ευελιξίας, περιορισμών και κόστους λειτουργίας.

Λέξεις - κλειδιά: ρύπανση μονωτήρων υψηλής τάσης, ανασκόπηση μεθόδων μέτρησης ρεύματος διαρροής, δίκτυο Κρήτης, Data Acquisition System, Σταθμός Δοκιμών «ΤΑΛΩΣ»

Abstract

Measuring leakage current is a widespread monitoring technique for the investigation of the performance of high voltage (HV) insulators. It offers many advantages, such as continuous and parallel monitoring and testing of different specimens, and can be applied both under laboratory and field conditions. However, it bears obvious technical difficulties, especially in the case of field measurements where long term monitoring results to vast amounts of data. In this paper, an insight of leakage current monitoring is presented with the Cretan network as a case study. Given the intense pollution problems in Crete, a significant research effort is focused on the performance of HV insulators. In this paper the various aspects of field leakage current monitoring at TALOS High Voltage Test Station, constructed in Iraklion, are presented.

Keywords: high voltage insulators pollution, review of leakage current monitoring techniques, Cretan Network, Data Acquisition System, "TALOS" test station

1. Εισαγωγή

Η συμπεριφορά των μονωτήρων υψηλής τάσης αποτελεί βασικό παράγοντα σχετικά με την αξιοπιστία και ασφαλή λειτουργία ενός δικτύου μεταφοράς. Η συμπεριφορά και απόδοση των μονωτήρων εξαρτάται από ένα πλήθος παραγόντων με έντονα τοπικό χαρακτήρα (Cigre 2000, IEC 60815). Σημαντικότερος ίσως παράγοντας είναι το φαινόμενο της ρύπανσης των μονωτικών επιφανειών από εναέριες εναποθέσεις, οι οποίες, συνήθως με την επίδραση ενός μηχανισμού ύγρανσης, επιτρέπουν τη ροή ρεύματος διαρροής στην επιφάνεια. Ξηρές ζώνες δημιουργούνται, καταγράφονται τοπικές υπερπηδήσεις και εκκενώσεις, οι οποίες μπορεί να επεκταθούν μέχρι την τελική υπερπήδηση του μονωτήρα (Cigre 2000). Κύρια πηγή ρύπανσης θεωρείται η θάλασσα, λόγω της μεταφοράς και συσσώρευσης αλατιού στην επιφάνεια των μονωτήρων, με την απόσταση από την ακτή να θεωρείται κυρίαρχος παράγοντας για τον καθορισμό της βαρύτητας της ρύπανσης, σε συνδυασμό με τις περιβαλλοντικές συνθήκες και ιδιαίτερα τη σφοδρότητα του ανέμου (IEC 60815). Το δίκτυο Κρήτης αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα επιβαρυμένου περιβάλλοντος λόγω των τοπικών περιβαλλοντικών συνθηκών αλλά και της παράκτιας ανάπτυξης του δικτύου. Έτσι, η ΔΕΗ έχει προχωρήσει σε εφαρμογή ποικίλων μεθόδων για τη διερεύνηση και καταπολέμηση του φαινομένου.

Σημαντικό ρόλο στην έρευνα κατέχει η μελέτη του ρεύματος διαρροής, καθώς η εξέλιξη του φαινομένου αντικατοπτρίζεται στην κυματομορφή του ρεύματος, και έτσι η καταγραφή του ρεύματος διαρροής αποτελεί ένα ευρέως χρησιμοποιούμενο εργαλείο για την παρακολούθηση και διερεύνηση του φαινομένου της ρύπανσης και της συμπεριφοράς των μονωτήρων (Cigre 2000, Cigre 2007, IEC 60815). Πρέπει να σημειωθεί ότι, όσον αφορά στη μέτρηση του ρεύματος διαρροής, παρατηρείται ένας βασικός διαχωρισμός μεταξύ μετρήσεων στο εργαστήριο και στο πεδίο (Fernando and Gubanski 1999). Στις πρώτες εξετάζονται πρόσθετα στοιχεία, όπως το συχνοτικό περιεχόμενο, και έχει εφαρμοστεί ποικιλία τεχνικών επεξεργασίας σήματος, ενώ καταγράφεται συχνά και η πρωτογενής κυματομορφή. Στην περίπτωση καταγραφής στο πεδίο όμως, λόγω των προφανών τεχνικών δυσκολιών, το σύνηθες είναι η εξαγωγή και καταγραφή μόνο συγκεκριμένων μεγεθών από την κυματομορφή, με συνηθέστερα την τιμή κορυφής, την rms τιμή και το φορτίο, ενώ αυτή καθαυτή η κυματομορφή καταγράφεται αποσπασματικά ή καθόλου (Pylarinos, Siderakis and Pyrgioti 2011). Στην περίπτωση της Κρήτης, η αρχική προσέγγιση δεν ξέφευγε από τα παραπάνω, με τη διαφορά της μακροχρόνιας παρακολούθησης που, έστω και μέσω αποσπασματικής καταγραφής κυματομορφών, κατέληξε σε καταγραφή ενός σημαντικού πλήθους κυματομορφών, η επεξεργασία των οποίων οδήγησε σε σημαντικά ερευνητικά συμπεράσματα (Pylarinos et al. 2012, Theofilatos et al. 2014). Το επόμενο βήμα της έρευνας αφορά στη συνεχή καταγραφή της κυματομορφής ρεύματος διαρροής πολλαπλών μονωτήρων τοποθετημένων στον Υπαίθριο Σταθμό Δοκιμών Υψηλής Τάσης «ΤΑΛΩΣ». Στην παρούσα εργασία θα παρουσιαστεί η εξέλιξη της μετρητικής διάταξης τόσο από πλευράς εγκατάστασης όσο και λογισμικού.

2. Ρεύμα διαρροής και επιφανειακή δραστηριότητα

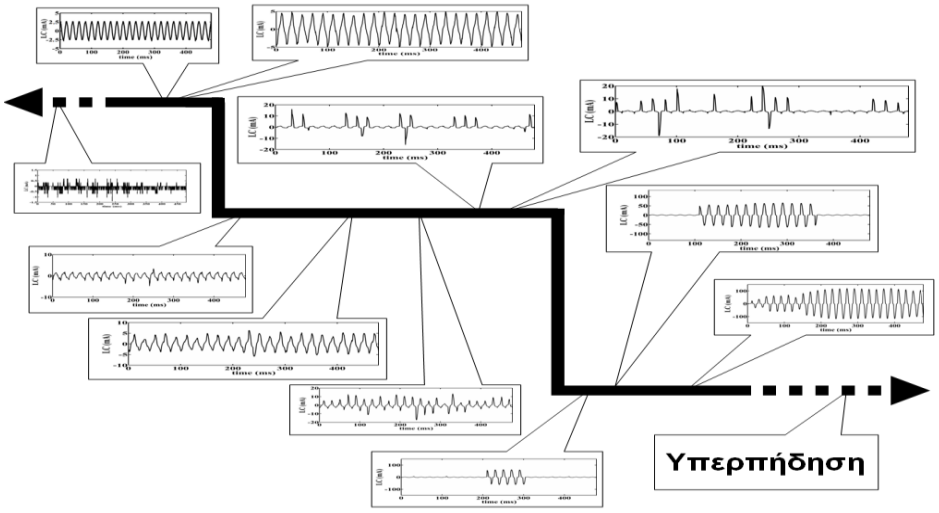
Η επιφανειακή δραστηριότητα έχει αντιστοιχηθεί με συγκεκριμένα σχήματα κυματομορφών ρεύματος διαρροής από πλήθος ερευνητών σε εργαστηριακές επιταχυνόμενες δοκιμές (Πυλαρινός 2012), τα οποία συνοψίζονται ως εξής:

- Στο πρώτο στάδιο *(πρώιμη δραστηριότητα)* ο μονωτήρας διατηρεί σε μεγάλο βαθμό τη διηλεκτρική του συμπεριφορά, με το ρεύμα διαρροής να είναι αρχικά χωρητικό.

Καθώς η διηλεκτρική συμπεριφορά υποβαθμίζεται, γίνεται ωμικό ημιτονοειδές και στη συνέχεια παραμορφωμένο ημιτονοειδές.

- Στο δεύτερο στάδιο *(ασθενείς εκκενώσεις)* αρχίζει η καταγραφή ασθενών εκκενώσεων, με παλμούς να υπερτίθενται στις κορυφές των ημιπεριόδων των ημιτόνων. Καθώς η δραστηριότητα προχωρά, οι εκκενώσεις γίνονται περισσότερες και πιο ισχυρές και οι παλμοί αυξάνουν σε εύρος και συχνότητα εμφάνισης.
- Στο τρίτο στάδιο *(ισχυρές εκκενώσεις)* οι εκκενώσεις είναι τόσο έντονες και εκτεταμένες που δίνουν στην κυματομορφή σχεδόν συμμετρικό μη γραμμικό σχήμα με μεγάλες τιμές κορυφής.

Στην περίπτωση καταγραφής σε πραγματικές συνθήκες, η έρευνα έδειξε ότι καταγράφονται αντίστοιχες κυματομορφές, με τη διαφορά ότι το χωρητικό ρεύμα είναι συνήθως εκτός ενδιαφέροντος (και ακρίβειας, καθώς υπερκαλύπτεται από τον περιβάλλοντα θόρυβο), η πορεία της δραστηριότητας δεν είναι μονοσήμαντη (όπως στις επιταχυνόμενες δοκιμές) αλλά παρουσιάζει οπισθοχωρήσεις και άλματα (φάσεις) ανάλογα με τις συνθήκες και το υλικό, ενώ κυματομορφές προγενέστερων σταδίων μπορεί να παρουσιάσουν μεγαλύτερο εύρος (και αντίστροφα) κατά τη διάρκεια διαφορετικών φάσεων (Πυλαρινός 2012). Μια σχηματική αναπαράσταση των διαφορετικών σταδίων, σε συνάρτηση με τις καταγραφόμενες κυματομορφές και σε αντιστοιχία με τα βιβλιογραφικά δεδομένα που αφορούν εργαστηριακές δοκιμές, παρουσιάζεται στο Σχήμα 1.



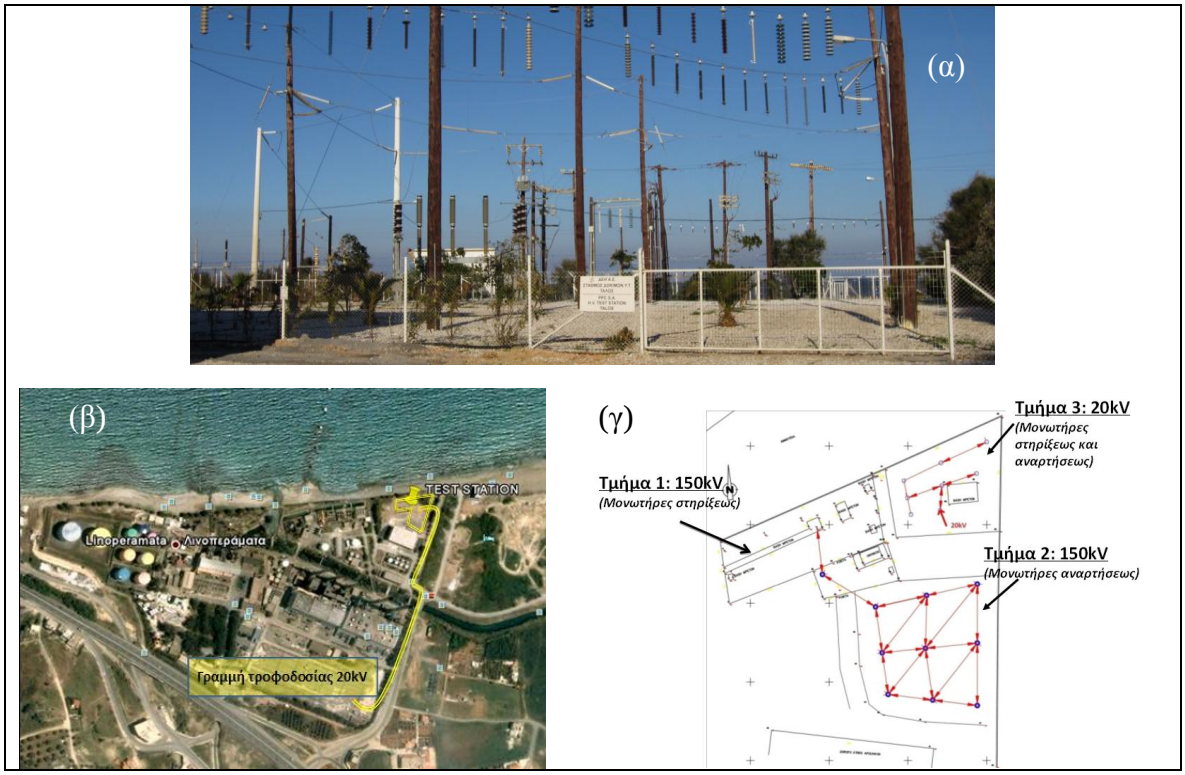
Σχήμα 1: Σχηματική αναπαράσταση της δραστηριότητας στο πεδίο (Πυλαρινός 2012)

3. Η περίπτωση της Κρήτης

Η Κρήτη αποτελεί από άποψη ρύπανσης μια εξαιρετικά ιδιαίτερη περίπτωση για δύο κυρίως λόγους: τις τοπικές συνθήκες, με την παρουσία μακράς ξηράς περιόδου, ισχυρών ανέμων και βραχωδών ακτών, και τον παράκτιο σχεδιασμό του συστήματος μεταφοράς (Stefanakis et al. 2001). Το σύστημα Κρήτης φαίνεται στο Σχήμα 2. Από τα πρώτα βήματα ανάπτυξης του συστήματος μεταφοράς, τα σφάλματα λόγω ρύπανσης αποτελούσαν αξιοσημείωτο ποσοστό των συνολικών σφαλμάτων που καταγράφονταν στο δίκτυο (Siderakis et al. 2000), με το πρόβλημα να βελτιώνεται σημαντικά με την εφαρμογή διαφόρων τεχνικών αντιμετώπισης, όπως καθαρισμό μονωτήρων εντός και εκτός τάσης, εφαρμογή RTV επικαλύψεων και εγκατάσταση συνθετικών μονωτήρων (Siderakis et al. 2002, 2006 & 2008). Επιπλέον, σημαντική ερευνητική προσπάθεια έχει

γίνει προς την κατεύθυνση της διερεύνησης του ρεύματος διαρροής (Pylarinos et al. 2011 & 2012, Theofilatos et al. 2014) αλλά και την περαιτέρω διερεύνηση της συμπεριφοράς των μονωτήρων σε πραγματικές συνθήκες καταπόνησης, με πιο πρόσφατο βήμα την κατασκευή του Υπαίθριου Σταθμού Δοκιμών Υψηλών Τάσεων «ΤΑΛΩΣ» από τον ΔΕΔΔΗΕ, όπου και επικεντρώνεται πλέον η ερευνητική προσπάθεια (Pylarinos et al. 2011). Περισσότερες πληροφορίες για τον σταθμό και σχετική βιβλιογραφία μπορούν να αναζητηθούν στην ιστοσελίδα *talos-ts.com*.

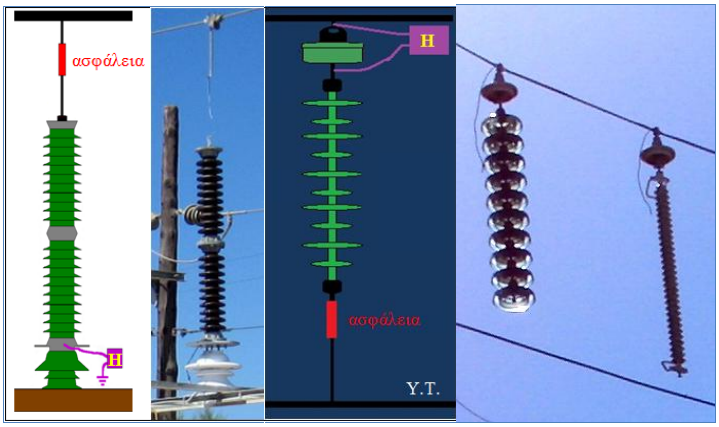
Σχήμα 2: Το σύστημα Κρήτης



Σχήμα 3. (α) Η είσοδος του Σταθμού Δοκιμών «ΤΑΛΩΣ» (β) Η γραμμή τροφοδοσίας του Σταθμού Δοκιμών «ΤΑΛΩΣ» και η θέση του στον Υποσταθμό Λινοπεραμάτων (γ) Κάτοψη

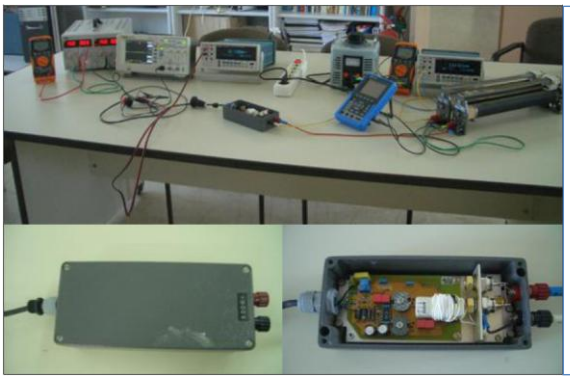
4. Αισθητήρες

Για τη μέτρηση του ρεύματος διαρροής χρησιμοποιούνται αισθητήρες Hall, ενώ για να οδηγηθεί το ρεύμα μέσω αυτών στη γη χρησιμοποιούνται ενδιάμεσοι (stand-off) μονωτήρες. Επίσης έχουν τοποθετηθεί και κατάλληλες εκρηκτικές ασφάλειες, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4. Οι αισθητήρες Hall επιλέχθηκαν διότι διαθέτουν αξιοσημείωτα χαμηλή αντίσταση εισόδου, μεγάλο εύρος ζώνης (έως 20kHz) και γαλβανική απομόνωση του ηλεκτρικού συστήματος μέτρησης από την πλευρά της υψηλής τάσης.

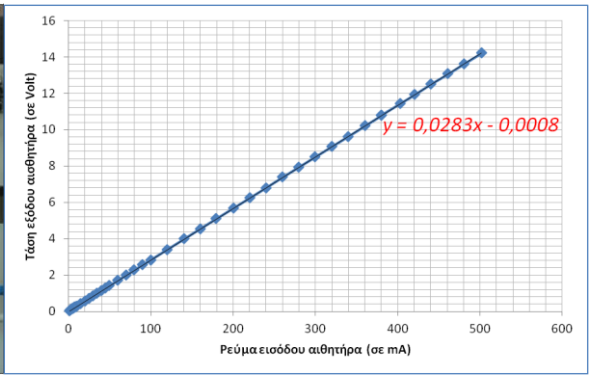


Σχήμα 4: Η συνδεσμολογία αισθητήρων για μονωτήρες στήριξης και ανάρτησης και ανάλογες φωτογραφίες από «ΤΑΛΩΣ» (Πυλαρινός 2012)

Η γραμμικότητα των αισθητήρων ελέγχθηκε στο εργαστήριο, με τη διάταξη να απεικονίζεται στο Σχήμα 5, ενώ η χαρακτηριστική που προέκυψε δίνεται στο Σχήμα 6.



Σχήμα 5: Φωτογραφία της διάταξης βαθμονόμησης του αισθητήρα Hall



Σχήμα 6: Χαρακτηριστική αισθητήρα Hall (όπως υπολογίστηκε από τη βαθμονόμηση)

Η δοκιμή έγινε για ρεύμα μέτρησης (εισόδου) από 1.2 mA έως 501.9 mA και αντίστοιχη τάση εξόδου από 0.03 V έως 14.204 V. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 6, ο αισθητήρας Hall είναι γραμμικός στην εξεταζόμενη περιοχή και η σχέση εξόδου (Τάσης) – εισόδου (Ρεύματος) είναι:

V (Volt) = **0.0283 I** (mA) - **0.0008** (1)

4.1 Αρχικό καταγραφικό σύστημα (OLCA)

Το πρώτο καταγραφικό που χρησιμοποιήθηκε ήταν το ειδικά σχεδιασμένο Online Leakage Current Analyzer (OLCA) της CTLab (Installation Guide 2001). Πρόκειται για μια από τις πλέον διαδεδομένες συσκευές παρακολούθησης ρεύματος διαρροής στο πεδίο, και έχει αναφερθεί η χρήση της σε πληθώρα χωρών από διάφορους ερευνητές (Bologna et al. 1999, Vosloo et al. 2001, Natan et al. 2006, Vosloo et al. 2007, Kazemi et al. 2008, Chrzan et al. 2011). Ο ρυθμός δειγματοληψίας που χρησιμοποιούσε η OLCA ήταν 2 kHz, η ακρίβεια 12 bit και το εύρος μέτρησης καναλιών ρεύματος ±500 mA ή ±3 A. Για την αποθήκευση των μετρήσεων χρησιμοποιούνταν μνήμη flash 48 MB. Η OLCA ήταν μια συσκευή κυρίως προσανατολισμένη στην καταγραφή στατιστικών στοιχείων, όπως η τιμή κορυφής, η rms τιμή, το φορτίο κλπ. Για την καταγραφή των κυματομορφών εφάρμοζε τη λογική του χρονικού παραθύρου, αποθηκεύοντας μία κυματομορφή (διάρκειας 480 ms)

ανά κανάλι και χρονικό παράθυρο (συνήθως 24 ωρών), με την κυματομορφή που επιλεγόταν να είναι εκείνη με τη μεγαλύτερη τιμή κορυφής εντός του συγκεκριμένου παράθυρου (OLCA User's Guide). Για την επέκταση δε της έρευνας προς την κατεύθυνση των κυματομορφών, απαιτήθηκε η συγγραφή συμπληρωματικού αυτόνομου λογισμικού (Pylarinos 2011).

4.2 Προδιαγραφές νέου συστήματος

Το σύστημα OLCA παρουσίαζε αρκετές αδυναμίες, με σημαντικότερες το «πάγωμα» της συσκευής και την απώλεια των μετρήσεων μέχρι να γίνει επανεκκίνηση, την απώλεια του επιπέδου του μηδενός αλλά κυρίως την αποσπασματική μόνο καταγραφή κυματομορφών, η οποία επέτρεπε τον εντοπισμό προβλημάτων αλλά όχι και τον πλήρη καθορισμό της επίδρασης τους στα στατιστικά μεγέθη (Πυλαρινός, 2012). Επιπλέον, η λογική καταγραφής όσον αφορά τις κυματομορφές οδηγούσε στην καταγραφή σε μεγάλα ποσοστά κυματομορφών θορύβου (Pylarinos et al. 2012). Οι εν γένει περιορισμένες δυνατότητες, η προβληματική υποστήριξη από την κατασκευάστρια εταιρεία και ορισμένες πρόσφατες βλάβες, σε συνδυασμό με την πρόοδο που έχει επιτευχθεί πλέον σε προσιτά οικονομικά καταγραφικά συστήματα αλλά και την ανάγκη περαιτέρω διερεύνησης κυματομορφών, οδήγησαν στην απόφαση αγοράς νέου καταγραφικού συστήματος το φθινόπωρο του 2012. Δεδομένου ότι ο σταθμός δοκιμών βρίσκεται σε φάση ανάπτυξης, ήταν σημαντικό για την νέα συσκευή να διαθέτει υψηλή προσαρμοστικότητα και χαμηλό κόστος. Συγκεκριμένα, τα κριτήρια που τέθηκαν για την αγορά της ήταν τα εξής:

- Δυνατότητα καταγραφής όσο το δυνατόν περισσότερων μονωτήρων (καναλιών).
- Δυνατότητα συνεχούς καταγραφής κυματομορφών, αλλά και υποστήριξη λειτουργιών σκανδαλισμού, με δυνατότητα ορισμού από το χρήστη του πλήθους των σημείων πριν και μετά τον σκανδαλισμό.
- Μικρό αρχικό κόστος και δυνατότητα χρησιμοποίησης των ήδη διαθέσιμων αισθητήρων Hall για επιπλέον συμπίεση του κόστους.
- Απλή και εύκολα υλοποιήσιμη εγκατάσταση, επικοινωνία και καταγραφή χωρίς την ανάγκη μετατροπών, ενισχύσεων και συμπληρωματικού software / hardware.
- Δυνατότητα εγκατάστασης σε διάφορα σημεία του σταθμού και επικοινωνίας από ποικίλες και μεγάλες αποστάσεις με Η/Υ στεγασμένο στον ειδικό οικίσκο ελέγχου.
- Δυνατότητα εύκολης επέκτασης του δικτύου, συνεργασίας/συγχρονισμού με άλλες συσκευές κλπ.

4.3 Το νέο Data Acquisition System (DATAQ DI-722-32)

Με βάση τα παραπάνω κριτήρια προτιμήθηκε η καταγραφική συσκευή DI-722-32 της DATAQ (DI-7xx series User's Manual 2012), η οποία διαθέτει:

- 32 διαφορικά κανάλια εύρους ± 20 V, που επιτρέπουν τη χρήση των ήδη διαθέσιμων αισθητήρων Hall με τάση εξόδου ± 15 V.
- Δυνατότητα συνεχούς καταγραφής κυματομορφών, αλλά και λειτουργία σκανδαλισμού με δυνατότητα ορισμού σημείων πριν και μετά τον σκανδαλισμό.
- Συνολικό διαθέσιμο ρυθμό δειγματοληψίας 50 kHz, με δυνατότητα επιλογής του αριθμού των ενεργών καναλιών και του ρυθμού δειγματοληψίας τους.
- Πολύ χαμηλότερο κόστος από τον προκάτοχο της (της τάξεως του 1/10).
- Δυνατότητα εγκατάστασης και λειτουργίας σε τοπικό δίκτυο, σε συνεργασία και συγχρονισμό με άλλες συσκευές τις ίδιας εταιρείας.

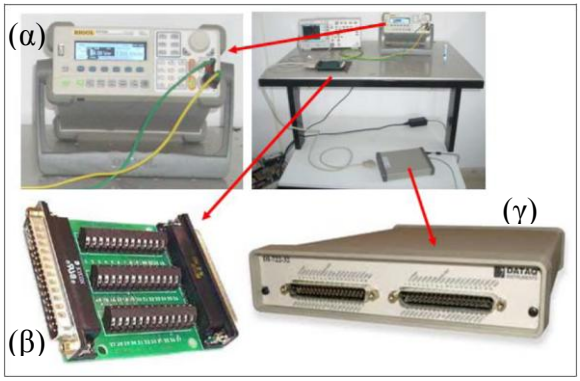
- Δυνατότητα επικοινωνίας με υπολογιστή μέσω καλωδίου Ethernet, που προσφέρει τη μεγαλύτερη ωφέλιμη απόσταση (100 m) σε σχέση με τα απλά πρωτόκολλα επικοινωνίας (π.χ. USB, RS232).
- Διαθέσιμο λογισμικό (για Windows) θέασης και καταγραφής κυματομορφών με αρκετές ιδιότητες, δυνατότητα επέκτασής του με χρήση πρόσθετων προγραμμάτων (addons) και δυνατότητα διασύνδεσης με ευρέως διαδεδομένα προγραμματιστικά περιβάλλοντα (Labview, Matlab, C++, Excel κλπ).

Στο Σχήμα 7 δίνεται άποψη του σταθμού δοκιμών (εικόνα από Google Earth), στην οποία σημειώνονται αρχικές πιθανές θέσεις τοποθέτησης της καταγραφικής συσκευής καθώς και η θέση του οικίσκου ελέγχου. Το Σχήμα δίνεται για να υπογραμμίσει τη σημασία της Ethernet σύνδεσης, η οποία θα επέτρεπε την διασύνδεση με τον οικίσκο από όλες τις πιθανές θέσεις εγκατάστασης σε αντίθεση με τα άλλα πρωτόκολλα επικοινωνίας.

Σχήμα 7. Άποψη του Σταθμού Δοκιμών «ΤΑΛΩΣ». Πιθανά σημεία τοποθέτησης της καταγραφικής συσκευής κατά τη φάση σχεδιασμού (Α-Γ), η θέση που βρίσκεται ο οικίσκος ελέγχου (Β) και η θέση τοποθέτησης της συσκευής (Γ).

4.4 Έλεγχος και δοκιμές πριν την εγκατάσταση

Καθώς ο σταθμός δοκιμών «ΤΑΛΩΣ» βρισκόταν σε φάση εξέλιξης, η συσκευή αρχικά μεταφέρθηκε στο χώρο του Φωτοβολταϊκού Πάρκου του ΤΕΙ Κρήτης. Εκεί ερευνήθηκαν οι δυνατότητές της κατά το δυνατόν πριν την τοποθέτηση, καθώς προβλέπεται η συνεχής λειτουργία της, αποκλειστικά για καταγραφή κυματομορφών, για διάστημα τουλάχιστον ενός έτους. Για τη δημιουργία των απαιτούμενων σημάτων εισόδου χρησιμοποιήθηκε κατάλληλη παλμογεννήτρια. Η συνολική διάταξη απεικονίζεται στο Σχήμα 8.



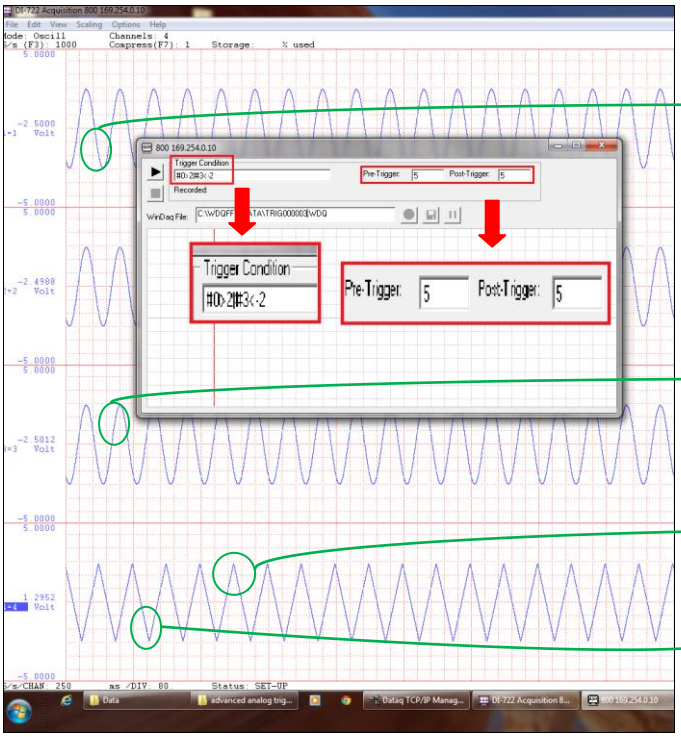
Σχήμα 8: (α) Η παλμογεννήτρια (β) Pass-through connector για σύνδεση σημάτων (γ) Η συσκευή

4.5 Λογισμικό

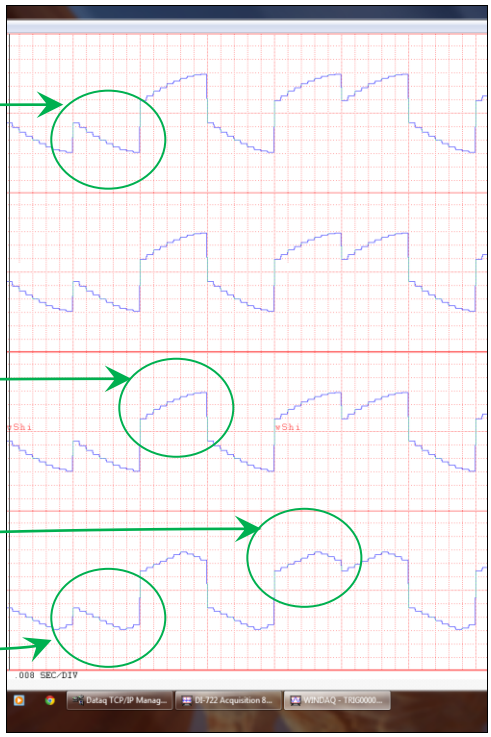
Το λογισμικό που συνοδεύει τη συσκευή περιέχει δύο βασικά προγράμματα (WinDaq Software Manual 2012):

- Το **WinDaq Acquisition** (Waveform Recording Software), που δίνει τη δυνατότητα ελέγχου των παραμέτρων που αφορούν στη συλλογή δεδομένων (αριθμός ενεργών καναλιών, ρυθμός δειγματοληψίας, εγγραφή κυματομορφών σε αρχείο κλπ), καθώς και τη δυνατότητα αλλαγής γραφικών ρυθμίσεων που σχετίζονται με την θέαση των δεδομένων κατά τη συλλογή τους.
- Το **WinDaq Waveform Browser** (Playback and Analysis Software), που δίνει τη δυνατότητα επεξεργασίας των αποθηκευμένων δεδομένων στο πεδίο του χρόνου και της συχνότητας, την εξαγωγή στατιστικών στοιχείων και την αποθήκευση των δεδομένων σε διάφορους τύπους αρχείων (xls, csv, txt κλπ).

Αξίζει να σημειωθεί ότι ο συνολικός διαθέσιμος ρυθμός δειγματοληψίας της συσκευής είναι 50 kHz και υπερεπαρκεί για τη συνεχή καταγραφή κυματομορφών σε 16 διαφορικά κανάλια με ρυθμό αντίστοιχο της προηγούμενης συσκευής. Τα αρχεία καταγραφής έχουν περιορισμό μεγίστου μεγέθους (4GB), που αντιστοιχεί σε 18 ώρες συνεχούς καταγραφής για 16 διαφορικά κανάλια με ρυθμό καταγραφής 2 kHz. Για να αποφευχθεί η απώλεια δεδομένων, το λογισμικό επιτρέπει την κυκλική καταγραφή μεταξύ δύο αρχείων. Για την αυτοματοποίηση της αντιγραφής του πρώτου αρχείου, όταν χρησιμοποιείται το δεύτερο, επιλέχθηκε η λύση της συγγραφής κατάλληλου κώδικα (script) που θα εκτελεί προγραμματισμένη αντιγραφή του αρχείου σε επιλεγμένη θέση.



Σχήμα 9α: Το λογισμικό WinDaq Acquisition με τα αρχικά σήματα και το λογισμικό Advanced Analog Triggered Recorder με τη συνθήκη σκανδαλισμού



Σχήμα 9β: Το αρχείο που προέκυψε από τη σκανδαλισμένη εγγραφή των σημάτων του σχήματος 9α

Παράγωγο της διεξοδικής μελέτης των δυνατοτήτων της συσκευής αποτέλεσε η σύνταξη ενός εγχειριδίου χρήσης της συσκευής DI-722-32 και του λογισμικού WinDaq, για τη

διευκόλυνση των μελλοντικών χρηστών στη λειτουργία του νέου μετρητικού συστήματος (Κληρονόμου 2014). Ως ενδεικτικό παράδειγμα παρατίθεται μια δοκιμή σκανδαλισμένης μέτρησης σε 4 ενεργά κανάλια με σύνθετη συνθήκη (Σχήμα 9α & 9β), που επετεύχθη συνδυάζοντας το WinDaq Acquisition με το πρόσθετο λογισμικό Advanced Analog Triggered Recorder. Στα 3 πρώτα κανάλια δίνεται ως είσοδος το ίδιο ημιτονοειδές σήμα συχνότητας 50 Hz και πλάτους 5 V_{p-p} , ενώ στο τέταρτο κανάλι η είσοδος είναι τριγωνικός παλμός ίδιας συχνότητας και πλάτους. Όταν ικανοποιείται η δοθείσα συνθήκη σκανδαλισμού **#0>2|#3<-2** (δηλαδή εγγραφή όταν το $1^{ο}$ κανάλι υπερβεί τα 2 V ή όταν το $4^{ο}$ κανάλι είναι κατώτερο από -2 V), το λογισμικό καταγράφει για καθορισμένο από το χρήστη αριθμό σημείων τα δεδομένα από όλα τα ενεργά κανάλια.

5. Συμπεράσματα – Προτάσεις

Το καταγραφικό DI-722-32 της DATAQ προσφέρει μια οικονομικά προσιτή λύση με αρκετές δυνατότητες επέκτασης. Στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος Συνεργασία-POLYDIAGNO 2011 αναμένεται η αγορά και η εγκατάσταση νέου καταγραφικού συστήματος στον Σταθμό Δοκιμών ΤΑΛΩΣ, για την καταγραφή και παρακολούθηση διαφόρων μεγεθών που θα εξάγονται από την πρωτογενή μέτρηση (δηλαδή τις κυματομορφές) με χρήση διαφόρων τεχνικών επεξεργασίας σήματος. Ως εκ τούτου το DI-722-32 θα δώσει τη δυνατότητα οι δύο λογικές καταγραφής να παραμείνουν ανεξάρτητες, γεγονός αρκετά σημαντικό για την αξιόπιστη λειτουργία και των δύο. Η συνεχής καταγραφή του ρεύματος διαρροής σε 16 διαφορετικούς μονωτήρες για τουλάχιστον ένα έτος θα οδηγήσει στη συσσώρευση ενός σημαντικού όγκου δεδομένων που αναμένεται να βοηθήσει σημαντικά στην εμβάθυνση της έρευνας.

6. Βιβλιογραφία

- Δ. Πυλαρινός, *"Διερεύνηση συμπεριφοράς μονωτήρων υψηλής τάσης μέσω μετρήσεων του ρεύματος διαρροής"*, Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Τεχνολογίας Υπολογιστών, Εργαστήριο Υψηλών Τάσεων, 2012, Πάτρα
- Μ. Κληρονόμου, "*Οδηγός Χρήσης Συσκευής Συλλογής Δεδομένων DI-722-32 και του λογισμικού WinDaq",* 2014
- F. F. Bologna, A. C. Britten, G. Watridge, D. J. Stevens, G. Grigorakis, *"Leakage currents on lightly polluted 275 kV glass disc insulator strings in conditions of light wetting"*, IEEE Africon Conference, Vol. 2, pp. 739 – 742, 1999, South Africa
- K. L. Chrzan, W. L. Vosloo, J. P. Holtzhausen, *"Leakage Current on Porcelain and Silicone Insulators Under Sea or Light Industrial Pollution"*, IEEE Transactions On Power Delivery, Vol. 26, No. 3, pp. 2051-2052, 2011
- CIGRE WG 33-04, TF 01, *"Polluted insulators: a review of current knowledge"*, Cigre publications, June 2000
- CIGRE WG B2.03, *"Guide for the establishment of naturally polluted insulator testing stations"*, Cigre publications, October 2007
- DI-720 Series, DI-722 Series, DI-730 Series, DI-725/E, DI-78B, DI-75B User's Manual, Manual Revision AN, DATAQ Instruments, 2012 *(http://www.dataq.com/products/hardware/di722.htm)*
- M.A.R.M. Fernando, S.M. Gubanski, *"Leakage Currents on Non-ceramic Insulators and Materials"*, IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol. 6 No. 5, 1999
- *"Greek Utility Readies to Energize New Insulator Test Station"*, INMR, Issue 82, Volume 16, Number 4, pp. 32-37, 2008
- IEC/TS 60815, *"Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions"*, IEC, 2008

- A. Kazemi, M.T. Hassanzadeh, A.Gholami, *"Artificial Neural Network for Insulator Leakage Currents Prediction from Environmental Data"*, 2nd IEEE International Conference on Power and Energy, pp. 13-17, 2008, Malaysia
- E. Natan, R. Munteanu, R. Rabinovici, *"Prediction of Insulator Flashover Based on Leakage Current and Humidity Measurements"*, IEEE 24th Convention of Electrical and Electronics Engineers in Israel, pp. 260-264, 2006
- OLCA installation guide, CTLab, September, 1999; reviewed 2001, South Africa *(http://www.ctlab.com/downloads/OLCAv3%20Installation%20Guide.pdf)*
- OLCA Data Manager User's Guide, CTLab
- D. Pylarinos, "*A custom-made MATLAB based software to manage leakage current waveforms"*, Engineering, Technology & Applied Science Research, Vol. 1, No. 2, pp. 36-42, 2011
- D. Pylarinos, K. Siderakis, E. Pyrgioti *"Measuring and analyzing leakage current for outdoor insulators and specimens"*, Reviews on Adv. Mater. Sci., Vol. 29, No. 1, pp. 31-53, 2011
- D. Pylarinos, K. Siderakis, E. Thalassinakis, I. Vitellas, E. Pyrgioti, *"Recording and managing field leakage current waveforms in Crete. Installation, measurement, software development and signal processing"*, ISAP 16th International Conference on Intelligent System Applications to Power Systems, Hersonissos, September 25-28, 2011, Crete, Greece
- D. Pylarinos, K. Theofilatos, K. Siderakis, E. Thalassinakis, I. Vitellas, A. T. Alexandridis, E. Pyrgioti, *"Investigation and classification of field leakage current waveforms"*, IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol. 19, No. 6, pp. 2111-2118, 2012
- D. Pylarinos, K. Siderakis, E. Thalassinakis, E. Pyrgioti, I. Vitellas, S. L. David, *"Online applicable techniques to evaluate field leakage current waveforms"*, Electric Power Systems Research, Vol. 84, No. 1, pp. 65-71, 2012
- K. Siderakis, J. Stefanakis, E. Thalassinakis, D. Agoris, E. Dialynas, *"Coastal contamination of the high voltage insulators in the Cretan power system"*, 2nd Mediterranean Conference on Power Generation, Transmission, Distribution and Energy Conversion, IEE Conference Med Power 2000, November 13-15 2000, Herzlia, Israel
- K. Siderakis, D. Agoris, E. Thalassinakis, J. Stefanakis, *"Evaluation of the pollution performance of SIR materials in the Cretan transmission system in correlation to the pollution model of Crete"*, 3rd Mediterranean Conference and Exhibition on Power Generation, Transmission, Distribution and Energy Conversion, MED POWER 2002, November 4-6 2002, Athens, Greece
- K. Siderakis, D. Agoris, J. Stefanakis, E. Thalassinakis, *"Influence of the profile on the performance of porcelain insulators installed in coastal high voltage networks in the case of condensation wetting"*, Science, Measurement and Technology, IEE Proceedings, Vol. 153, No. 4, pp. 158-163, 2006
- K. Siderakis, D. Agoris, *"Performance of RTV silicone rubber coatings installed in coastal systems"*, Electric Power Systems Research, Issue 78, pp. 248-254, 2008
- J. Stefanakis, E. Thalassinakis, K. Siderakis, D. Agoris, E. Dialynas, *"Fighting pollution in the Cretan transmission system.25 years experience"*, Contamination Issues on High Voltage Installations, 2001, Iraklion, Greece
- K. Theofilatos, D. Pylarinos, S. Likothanassis, D. Melidis, K. Siderakis, E. Thalassinakis, S. Mavroudi, *"A Hybrid Support Vector Fuzzy Inference System for the Classification of Leakage Current Waveforms Portraying Discharges"*, Electric Power Components & Systems, Vol. 42, No. 2, pp. 180-189, 2014
- W. L. Vosloo, I. Gutman, R. Hartings, *"Long-term service testing of insulators at a test tower in South Africa"*, CIGRE Regional Conference, 2001, Somerset West
- W. L. Vosloo, F. Engelbrecht, N. Heger, J. P. Holtzhausen, *"Implementation of 220 kV In-Service Insulator Performance Test Tower in Namibia"*, 2007 Africon Conference, pp. 1-6, 2007
- WinDaq Acquisition Waveform Recording Software, WinDaq Waveform Browser Playback and Analysis Software, ActiveX Controls and XControls Software Modules User's Manual, Manual Revision K, DATAQ Instruments, 2012 *(http://www.dataq.com/products/hardware/di722.htm)*