



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΣΤΕΦ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ

**Μελέτη και κατασκευή διάταξης μέτρησης του
ρεύματος ηλεκτρικών εκκενώσεων σε διάκενα αέρος
με την βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή**

Σπουδαστής: Γκοτσορότσης Φώτης

Εισηγητής: Δρ. Σιδεράκης Κυριάκος

2011

Ευχαριστίες

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εκπονήθηκε από τον φοιτητή Γκοτσορότση Φώτη του τμήματος Ηλεκτρολογίας του ΤΕΙ Κρήτης. Το πειραματικό μέρος της εργασίας πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο Υψηλών Τάσεων κατά το ακαδημαϊκό έτος 2010-2011 υπό την επίβλεψη του Δρ. Σιδεράκη Κυριάκου.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κύριο Σιδεράκη Κυριάκο για την καθοδήγηση, την υποστήριξη και την βοήθεια του καθ' όλη τη διάρκεια διεκπεραίωσης της παρούσας πτυχιακής εργασίας. Τον ευχαριστώ θερμά για τις γνώσεις που μου παρείχε, αλλά και για το αμείωτο ενδιαφέρον και τη συμπαράσταση του τόσο κατά την εκτέλεση του πειραματικού μέρους όσο και κατά την συγγραφή και διόρθωση της εργασίας.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την βοήθεια και την αγάπη της όλα αυτά τα χρόνια αλλά και την ψυχολογική και ηθική υποστήριξη που μου προσέφερε. Τέλος, ευχαριστώ πολύ την φίλη μου Τζεγιαννάκη Βασιλική για την αμέριστη υπομονή της στα άγχη και στα προβλήματα μου καθώς και τις συμβουλές της που ήταν πάντα μία νότα αισιοδοξίας για μένα.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Κεφάλαιο 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Περιεχόμενα της πτυχιακής.....	5
------------------------------------	---

Κεφάλαιο 2 ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΤΩΝ ΜΟΝΩΤΗΡΩΝ

2.1 Βασικά στάδια εξέλιξης.....	6
2.2 Επιπτώσεις του φαινομένου.....	11
2.3 Τρόποι αντιμετώπισης.....	13
2.4 Το πρόβλημα της ρύπανσης στην Ελλάδα.....	15
2.5 Μονωτήρες από σύνθετα πολυμερή υλικά.....	16
2.6 Η περίπτωση των υποσταθμών.....	19
2.7 Επικαλύψεις από RTV SIR.....	20

Κεφάλαιο 3 ΔΙΑΤΑΞΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΕΚΚΕΝΩΣΕΩΝ

3.1 Παραγωγή εναλλασσόμενης υψηλής τάσης.....	22
3.1.1 Γενικά.....	22
3.1.2 Μετασχηματιστές δοκιμής.....	23
3.1.3 Σύνδεση Μ/Σ δοκιμής κατά βαθμίδες.....	23
3.2 Πλάκα-Ακίδες διαφόρων γεωμετριών.....	25
3.2.1 Αντοχή των μονώσεων.....	25
3.2.2 Είδη μονώσεων.....	25
3.2.3 Συμπεριφορά του αέρα σαν μονωτικό.....	25
3.2.3.1 Διάσπαση του αέρα σε ομοιογενές πεδίο.....	26
3.2.3.2 Διάσπαση του αέρα σε ανομοιογενές πεδίο.....	26
3.2.4 Διάσπαση διακένων ακίδα-ακίδα και ακίδα-πλάκας.....	26
3.3 Αισθητήρας Hall Effect.....	27
3.4 Εξωτερική κάρτα NUDAQ PCI-9812.....	28
3.4.1 Εισαγωγή.....	28
3.4.2 Χαρακτηριστικά.....	28
3.4.3 Προδιαγραφές.....	29
3.4.4 Εφαρμογές.....	29
3.5 Πρόγραμμα 9812DMA.....	30
3.6 Αισθητήρας μέτρησης υγρασίας-θερμοκρασίας.....	31
3.6.1 Γενικά.....	31
3.6.2 Αισθητήρας υγρασίας.....	32
3.6.3 Αισθητήρας θερμοκρασίας.....	32
3.7 Πίνακας ελέγχου διάταξης Υ.Τ.....	33
3.8 Ολοκληρωμένη διάταξη για την πραγματοποίηση μετρήσεων...	33

Κεφάλαιο 4 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

4.1 Πραγματοποίηση μετρήσεων.....35

4.2 Αποτελέσματα από την επεξεργασία των μετρήσεων..... 37

Κεφάλαιο 5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....77

Κεφάλαιο 6 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ..... 78

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Παρουσίαση της συγκεκριμένης πτυχιακής εργασίας μέσω του Power Point

Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή

1.1 Περιεχόμενα της πτυχιακής

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αποτελείται από 5 κεφάλαια:

Το κεφάλαιο 1 αποτελεί την εισαγωγή, όπου περιγράφεται με λίγα λόγια το περιεχόμενο του κάθε κεφαλαίου, δηλαδή όλες εκείνες οι ενέργειες που πραγματοποιήθηκαν για να φέρουν εις πέρας την συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία.

Στο κεφάλαιο 2 γίνεται μια σύντομη αναφορά στην διαθέσιμη πληροφορία σχετικά με το φαινόμενο της ρύπανσης, τις επιδράσεις που αυτό έχει και τις συνήθεις μεθόδους αντιμετώπισης, κάνοντας ιδιαίτερη αναφορά στην χρήση συνθετικών πολυμερών υλικών.

Στο κεφάλαιο 3 παρουσιάζονται και αναλύονται όλα τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την πραγματοποίηση της πτυχιακής εργασίας αλλά και απεικονίζεται η διάταξη μέτρησης ηλεκτρικών εκκενώσεων στο εργαστήριο Υψηλών Τάσεων ώστε να παρθούν οι κατάλληλες μετρήσεις.

Το κεφάλαιο 4 επικεντρώνεται στην διαδικασία καταγραφής αλλά και στην επεξεργασία των μετρήσεων σε διάκενα αέρος μέσω του λογισμικού Origin Pro. Για την ανάλυση χρησιμοποιήθηκε ο Γρήγορος Μετασχηματισμός Fourier (FFT) και το ολοκλήρωμα (Integrate).

Στο κεφάλαιο 5 παρατίθενται τα συμπεράσματα, όσον αφορά το ρεύμα διαρροής μεταξύ των διακένων αέρος και τους μονωτήρες. Επιπλέον προτείνονται βελτιώσεις στα προβλήματα που δημιουργήθηκαν κατά την διάρκεια της συγκεκριμένης πτυχιακής εργασίας.

Κεφάλαιο 2 Το πρόβλημα της ρύπανσης των μονωτήρων

2.1 Βασικά στάδια εξέλιξης

Το φαινόμενο της ρύπανσης των μονωτήρων, αποτελεί την σημαντικότερη επίδραση του περιβάλλοντος, στη λειτουργία υπαίθριων εγκαταστάσεων υψηλής τάσης και είναι μία από τις κυριότερες αιτίες σφαλμάτων, σε Συστήματα Μεταφοράς και Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας.

Γενεσιουργός αιτία είναι η συγκέντρωση στην επιφάνεια των μονωτήρων, από τον άνεμο ή άλλους μηχανισμούς (όξινη βροχή κ.α.), ρύπων, που έχουν ή μπορούν να αποκτήσουν ηλεκτρική αγωγιμότητα. Το επιφανειακό φιλμ το οποίο προκύπτει, επιτρέπει την ροή ρεύματος, γνωστό και ως ρεύμα διαρροής, με αποτέλεσμα όπως θα φανεί παρακάτω, μέχρι και στην υπερπήδηση (flashover) του μονωτήρα.

Ο μηχανισμός του φαινομένου θεωρείται ως μια διαδικασία έξι σταδίων, ως εξής:

Στάδιο 1:

Όπως αναφέρθηκε ήδη, η συγκέντρωση μιας ποσότητας ρύπων στην επιφάνεια ενός μονωτήρα είναι πιθανή, οι οποίοι μεταφέρονται κυρίως από τον άνεμο και εναποτίθενται υπό την δράση της δύναμης F_p . Η δύναμη αυτή αποτελεί την συνισταμένη τριών επιμέρους δυνάμεων, σύμφωνα με την εξίσωση 2.1.

$$F_p = F_W + F_g + F_E \quad (2.1)$$

Όπου

F_E : αφορά την δράση του ηλεκτρικού πεδίου σε φορτισμένα (electrostatic) ή μη σωματίδια και ενδιαφέρει μόνο στην περίπτωση λειτουργίας υπό συνεχή τάση

F_g : είναι η δύναμη της βαρύτητας, και

F_W : είναι η δύναμη του ανέμου και σχετίζεται ουσιαστικά με την αεροδυναμική συμπεριφορά του μονωτήρα και το μέγεθος των μεταφερόμενων σωματιδίων.

Επιπλέον του ανέμου, υπάρχουν και άλλοι δύο μηχανισμοί, με τους οποίους είναι δυνατή η μεταφορά ρύπων. Οι μηχανισμοί αυτοί είναι η όξινη βροχή και η εναπόθεση περιττωμάτων από μεγάλα πτηνά (bird droppings).

Στάδιο 2:

Στην επιφάνεια ενός μονωτήρα, ανάλογα με το περιβάλλον λειτουργίας, μπορούν να βρεθούν πολλών τύπων ρύποι. Η επιφανειακή ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι το βασικό χαρακτηριστικό που ενδιαφέρει, όσον αφορά την εξέλιξη του μηχανισμού της ρύπανσης. Έτσι διακρίνουμε δύο είδη κατηγοριών, την ενεργό ρύπανση, όπου οι ρύποι είναι ήδη αγώγιμοι ή μπορούν να αποκτήσουν αγωγιμότητα μετά από διάλυση στο νερό και την αδρανή ρύπανση, η οποία δεν είναι αγώγιμη. Παραδείγματα ρύπων παρουσιάζονται στον πίνακα 2.1.

Ρύποι		Κατάσταση	Πηγή
Μεταλλεύματα	Σιδηροπυρίτης FeS_2 Μαγνητίτης Fe_3O_4	Ενεργός, δεν απαιτεί διάλυση	Ορυχεία και σχετικές βιομηχανίες
Αέρια σε κατάσταση διαλύματος	SO_2 , H_2S , NH_3	Ενεργός, είναι ήδη σε διάλυση	Όξινη βροχή
Ιοντικά άλατα	NaCl , Na_2CO_3 , MgCl_2 , CaSO_4	Ενεργός, απαιτεί διάλυση	Θάλασσα, έρημος κτλ
Περιττώματα πουλιών		Ενεργός, δεν απαιτεί διάλυση	Περιοχές διέλευσης μεγάλων πουλιών
Στάχτη		Συμπεριφέρεται ανάλογα με την πηγή	
Πηλός		Αδρανής	

Πίνακας 2.1 Τυπικά παραδείγματα ρύπων

Συνήθως, όπου υπάρχει πρόβλημα στην συμπεριφορά ενός μονωτήρα, είναι η παρουσία αλάτων, τα οποία με την διάλυση τους στο νερό δημιουργούν ένα αγώγιμο ηλεκτρολυτικό διάλυμα. Απαιτείται συνεπώς η ύγρανση της επιφάνειας, η οποία είναι δυνατή, ως αποτέλεσμα μηχανισμών όπως:

- Η συμπύκνωση (δρόσος, ομίχλη κτλ)
- Η βροχόπτωση
- Η υγροσκοπική συμπεριφορά των ρύπων
- Η μοριακή διάχυση

Στάδιο 3:

Ο σχηματισμός αυτού του αγώγιμου στρώματος, στην επιφάνεια του μονωτήρα, έχει ως αποτέλεσμα τη ροή του ρεύματος, λόγω της εφαρμοζόμενης τάσης. Η ηλεκτρική συμπεριφορά των ρύπων, κατά το στάδιο αυτό, μπορεί να χαρακτηριστεί ως ωμική, δηλαδή, η παρουσία ρεύματος συνεπάγεται την κατανάλωση ενέργειας, υπό την μορφή των απωλειών Joule. Έτσι στο επιφανειακό στρώμα ρύπων εξελίσσονται ταυτόχρονα δύο μηχανισμοί, που μπορούν να επηρεάσουν την τιμή της επιφανειακής αγωγιμότητας. Αφενός λόγω των απωλειών Joule παρατηρείται εξάτμιση ύδατος, δηλαδή ξήρανση και αφετέρου υπάρχει ο μηχανισμός της ύγρανσης, ο οποίος τείνει να αυξήσει την υπάρχουσα ποσότητα ύδατος.

Στάδιο 4:

Η τελική τιμή της αγωγιμότητας που προκύπτει, η οποία είναι συνάρτηση του βαθμού διάλυσης των ρύπων, εξαρτάται τόσο από την ποσότητα των ρύπων, αλλά και από την αντίρροπη δράση των δύο παραπάνω μηχανισμών. Δεδομένου ότι σε πραγματικές συνθήκες, τόσο η ύγρανση της επιφάνειας, όσο και η κατανομή των ρύπων, δεν είναι ομοιόμορφες, προκύπτει ότι η τιμή της επιφανειακής αγωγιμότητας μεταβάλλεται σε σχέση με το μήκος του ερπυσμού. Όμως ακόμα και αν υποθεθεί ότι έχουμε ομοιόμορφη κατανομή ρύπων και ύγρανσης, η ίδια η γεωμετρία του μονωτήρα δημιουργεί εστίες αυξημένης θέρμανσης, όπου δηλαδή ο μηχανισμός της ξήρανσης υπερισχύει. Δημιουργούνται έτσι περιοχές μειωμένης αγωγιμότητας, οι οποίες μάλιστα επεκτείνονται περιμετρικά του μονωτήρα, δεδομένου ότι ξεκινούν από ένα τμήμα της περιμέτρου, εξαναγκάζουν την αύξηση της πυκνότητας ρεύματος στο υπόλοιπο. Έχουν δηλαδή την μορφή ζώνης και ως εκ τούτου χαρακτηρίζονται ως ξηρές ζώνες (dry bands).

Στάδιο 5:

Έτσι, λόγω της γεωμετρίας του μονωτήρα, αλλά και της αντίρροπης δράσης των μηχανισμών ύγρανσης και ξήρανσης, η επιφάνεια του μονωτήρα μπορεί να θεωρηθεί ως μια ομάδα ωμικών αντιστάσεων συνδεδεμένες σε σειρά, των οποίων η τιμή είναι η συνάρτηση της θέσης τους.

Η κατάσταση αυτή, οδηγεί στην ανακατανομή της τάσης κατά μήκος του μονωτήρα, η οποία τώρα εξαρτάται από τις περιοχές υψηλής αντίστασης (ξηρές ζώνες) και όχι από την σχεδίαση του μονωτήρα, όπως ισχύει σε ξηρές συνθήκες. Πλέον η καταπόνηση εστιάζεται κυρίως κατά μήκος των ξηρών ζωνών, αφού έχουν υψηλότερη αντίσταση και όταν αυτή υπερβεί την αντοχή του αέρα που τις περιβάλλει, παρατηρούνται τοπικές υπερπηδήσεις (dry band arcing). Στο σχήμα 2.1 φαίνεται η επιφανειακή δραστηριότητα σε μονωτήρες πορσελάνης κατά την διάσπαση ξηρών ζωνών.

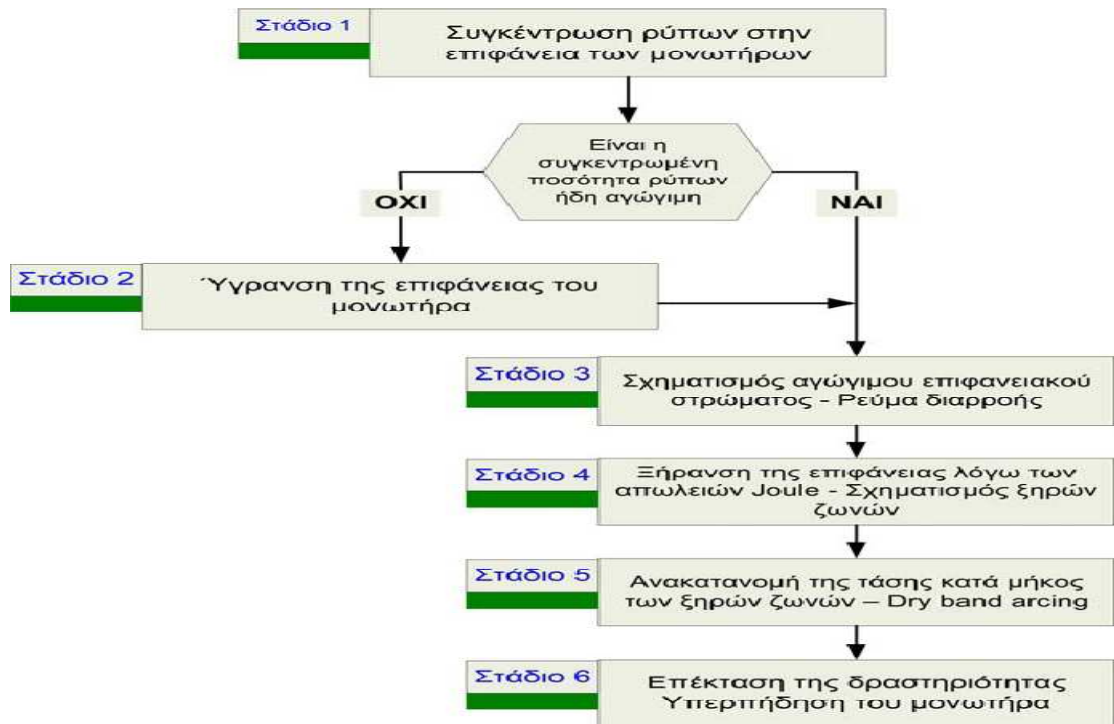


Σχήμα 2.1 Ηλεκτρική διάσπαση ξηρών ζωνών σε μονωτήρες πορσελάνης

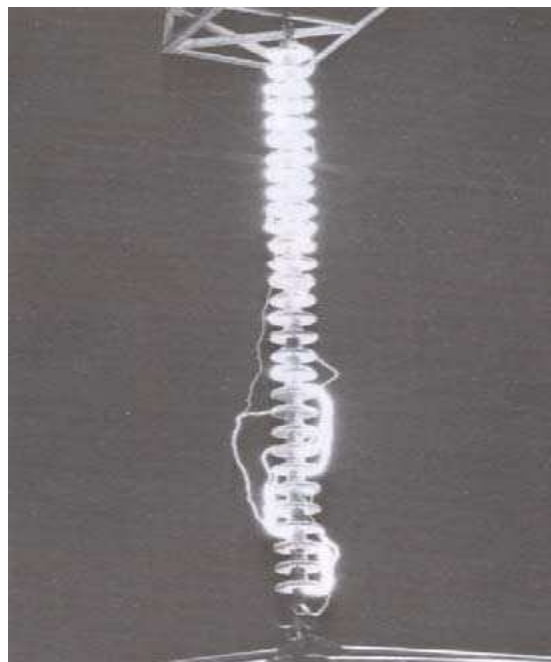
Στάδιο 6:

Η δραστηριότητα αυτή, η οποία αρχικά εστιάζεται στις ξηρές ζώνες, μπορεί όταν οι συνθήκες το ευνοούν, να επεκταθεί με αποτέλεσμα την

συνολική υπερπήδηση (flashover) του μονωτήρα. Στο σχήμα 2.2 φαίνονται τα στάδια εξέλιξης του φαινομένου της ρύπανσης σε ένα μονωτήρα. Επίσης στο σχήμα 2.3 καταγράφεται η υπερπήδηση ενός μονωτήρα πορσελάνης κατά την διάρκεια δοκιμής τεχνητής ρύπανσης.



Σχήμα 2.2 Η εξέλιξη του φαινομένου της ρύπανσης σε στάδια



Σχήμα 2.3 Υπερπήδηση μονωτήρα πορσελάνης σε δοκιμή τεχνητής ρύπανσης

2.2 Επιπτώσεις του φαινομένου της ρύπανσης

Η πιο γνωστή και ίσως η πιο σημαντική επίπτωση του φαινομένου της ρύπανσης, είναι οι διακοπές τροφοδότησης, οι οποίες προκύπτουν σε περίπτωση υπερπήδησης. Λόγω ότι για το χρονικό διάστημα κατά το οποίο οι συνθήκες είναι ευνοϊκές για το φαινόμενο, δεν είναι δυνατή η επανηλέκτριση της γραμμής μεταφοράς ή του υποσταθμού όπου παρατηρήθηκε το πρόβλημα, οι διακοπές αυτές μπορεί να είναι πολύς μεγάλης διάρκειας. Όπως φάνηκε παραπάνω, το φαινόμενο εξελίσσεται στην επιφάνεια του, έτσι πρέπει να σημειωθεί, ότι μία υπερπήδηση δεν συνεπάγεται απαραίτητα και με την καταστροφή του μονωτήρα. Όμως παρουσιάζονται προβλήματα ακόμα και όταν η εξέλιξη του φαινομένου δεν οδηγήσει σε υπερπήδηση, τα οποία επίσης απασχολούν. Τέτοια προβλήματα είναι τα παρακάτω:

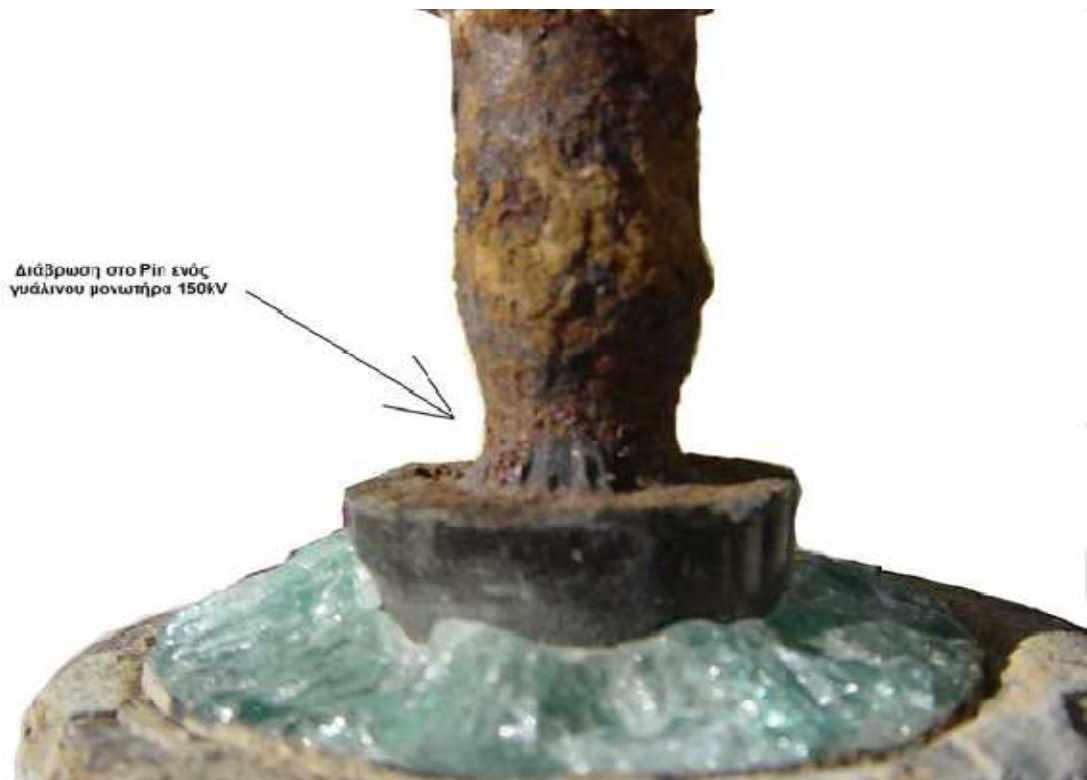
➤ Διάβρωση της μεταλλικής υποδομής

Το πρόβλημα της διάβρωσης, λόγω του ρεύματος διαρροής και της ηλεκτρόλυσης που παρατηρείται, εμφανίζεται ιδιαίτερα στην περίπτωση λειτουργίας συστημάτων με συνεχή τάση (HVDC). Ως αποτέλεσμα είναι η μείωση της μηχανικής αντοχής των μονωτήρων. Ένα επιπλέον πρόβλημα που παρατηρείται στην περίπτωση συστημάτων εναλλασσόμενης τάσης (HVAC), είναι όταν η επιφανειακή δραστηριότητα συνεπάγεται την ύπαρξη μιας συνεχούς ρεύματος συνιστώσας στο ρεύμα διαρροής. Στην περίπτωση αυτή παρατηρείται επίσης ελάττωση της μηχανικής αντοχής των μονωτήρων. Στο σχήμα 2.4 φαίνεται ένας μονωτήρας cap and pin ο οποίος έχει κατασκευαστεί από γυαλί, όπου λόγω της διάβρωσης έχει ελαττωθεί η διάμετρος του στελέχους (pin).

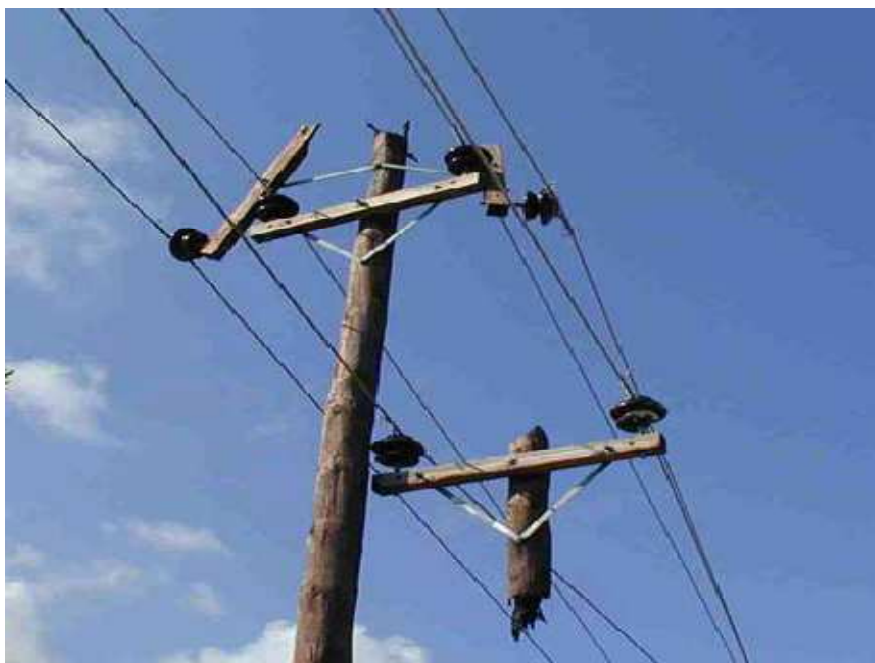
➤ Πυρκαγιές

Παρατηρούνται όταν χρησιμοποιείται ξύλινη υποδοχή και οφείλονται στην ροή ρεύματος μέσα στο ξύλο και ιδιαίτερα στην εμφάνιση τόξων, είτε στα σημεία επαφής μεταλλικών τμημάτων με το ξύλο, είτε μέσα στο ξύλο λόγω ανομοιόμορφης ύγρανσης. Βασική προϋπόθεση είναι η παροχή αρκετής ποσότητας αέρα.

Στο σχήμα 2.5 φαίνεται ένας στύλος του δικτύου διανομής των 20kV, ο οποίος έχει καταστραφεί σε πολύ σημαντικό βαθμό, από πυρκαγιά που δημιουργήθηκε λόγω της ρύπανσης.



Σχήμα 2.4 Μείωση της διατομής του στελέχους ενός Cap and Pin μονωτήρα από γυαλί λόγω διάβρωσης



Σχήμα 2.5 Καταστροφή στύλου του δικτύου διανομής 20kV από πυρκαγιά λόγω ρύπανσης

- **Παρεμβολές**
 Στην περίπτωση της έντονης επιφανειακής δραστηριότητας ή εξαιτίας τόξων, που εμφανίζονται κοντά στην μεταλλική υποδομή, σε περιοχές όπου παρατηρείται διάβρωση ή οξείδωση, υπάρχει το ενδεχόμενο ύπαρξης ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών σε ραδιοφωνικές ή και σε τηλεοπτικές συχνότητες.

- **Όχληση**
 Η επιφανειακή ηλεκτρική δραστηριότητα που μπορεί να οφείλεται είτε στο φαινόμενο corona είτε στην διάσπαση των ξηρών ζωνών μπορεί να προκαλέσει σημαντική όχληση σε περιοίκους, όταν η όδευση μιας γραμμής μεταφοράς περιλαμβάνει και κατοικημένες περιοχές.
 Η ηχητική όχληση μπορεί να είναι αισθητή σε υψηλά επίπεδα ρύπανσης, ενώ η οπτική όχληση, προϋποθέτει χαμηλότερα επίπεδα δραστηριότητας.

2.3 Τρόποι αντιμετώπισης

Για την αποφυγή των προβλημάτων ρύπανσης και με σκοπό την εξασφάλιση της λειτουργίας ενός συστήματος μεταφοράς, πολλές μέθοδοι έχουν εφαρμοστεί. Κάθε μία εξ' αυτών, στοχεύει στην διακοπή της εξέλιξης του μηχανισμού, που περιγράφηκε στην παράγραφο 2.2. Ο βαθμός αποτελεσματικότητας, εξαρτάται από τις κατά τόπους συνθήκες, την ευκολία και το κόστος εφαρμογής, ενώ τα τελευταία χρόνια ενδιαφέρει ιδιαίτερα και η δυνατότητα εφαρμογής υπό τάση, και ως εκ τούτου αποφυγής των διακοπών τροφοδότησης. Στον πίνακα 2.2 καταγράφονται οι περισσότερο χρησιμοποιούμενες μέθοδοι.

ΜΕΘΟΔΟΣ	ΣΤΑΔΙΟ ΕΞΕΛΙΞΗΣ	
Καθαρισμός μονωτήρων	Συγκέντρωση ρύπων	
Επιλογή μονωτήρων με αεροδυναμικό προφίλ	Συγκέντρωση ρύπων	

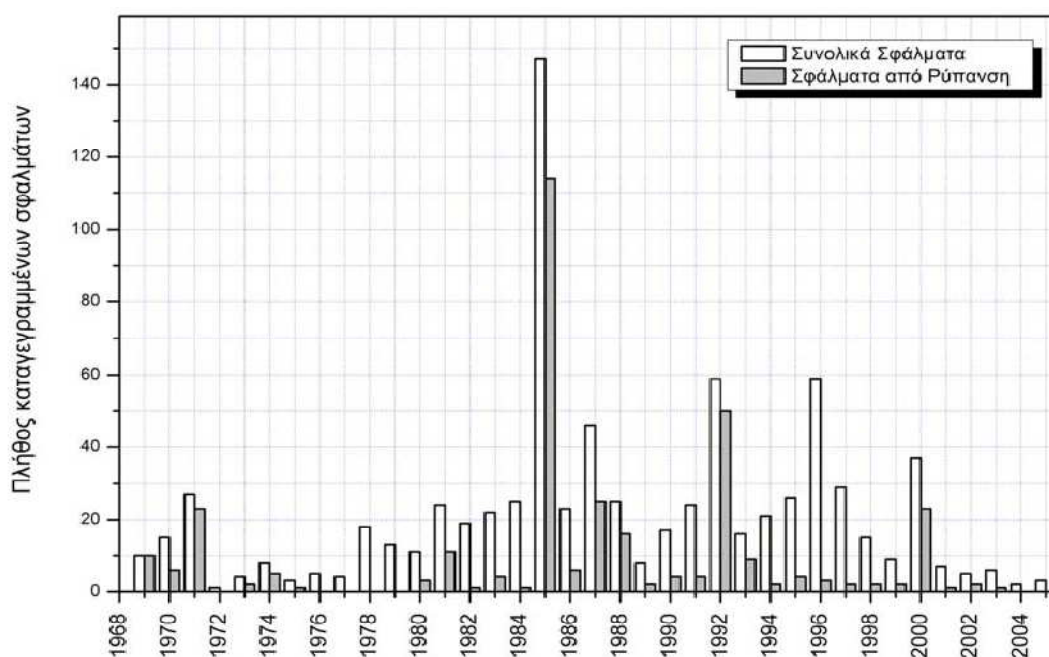
Κατασκευή κλειστών συστημάτων (με μόνωση αέρα ή SF ₆)	Συγκέντρωση ρύπων	
Επιλογή μονωτήρων με προφίλ ομίχλης	Ύγραυση	
Επιλογή μονωτήρων με υδρόφοβη επιφάνεια	Ύγραυση	
Επιλογή μονωτήρων με ημιαγωγίμο σμάλτο (semi conductive glaze)	Σχηματισμός ξηρών ζωνών	
Επικάλυψη των μονωτήρων με υδρόφοβα υλικά	Ύγραυση	
Επιλογή μονωτήρων με αυξημένο μήκος ερπυσμού	Επέκταση ξηρών ζωνών (arc propagation)	
Αύξηση του μήκους ερπυσμού (Creepage extenders)	Επέκταση ξηρών ζωνών (arc propagation)	

Πίνακας 2.2 Μέθοδοι αντιμετώπισης του προβλήματος της ρύπανσης

2.4 Το πρόβλημα της ρύπανσης στην Ελλάδα

Το πρόβλημα της ρύπανσης στην χώρα μας, εμφανίζεται ιδιαίτερα έντονο στα νησιά του Αιγαίου, συνήθως τους καλοκαιρινούς μήνες, λόγω της θαλάσσιας επίδρασης. Δεν είναι λίγες οι φορές, όπου η λειτουργία των δικτύων έχει διακοπεί για αρκετές ώρες εξαιτίας του συγκεκριμένου προβλήματος, με ότι αυτό συνεπάγεται. Για τον συγκεκριμένο λόγο έχουν χρησιμοποιηθεί πολλές μέθοδοι με σκοπό την έγκαιρη καταστολή του προβλήματος και την προστασία του δικτύου από πιθανές υπερπηδήσεις (flashovers). Μέχρι και σήμερα όμως δεν έχει καταστεί δυνατή η πλήρης αντιμετώπιση του προβλήματος.

Η περίπτωση της Κρήτης χρήζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για το πρόβλημα της ρύπανσης στον Ελληνικό χώρο, όπου το πρόβλημα είναι ιδιαίτερα έντονο και επιπλέον, η Κρήτη είναι το μόνο νησί στον Ελληνικό χώρο με Δίκτυο Μεταφοράς στα 150kV. Από τα καταγεγραμμένα σφάλματα στο Σύστημα Μεταφοράς Κρήτης, ξεκινώντας από το 1969, όπου και ηλεκτρίσθηκε η πρώτη Γραμμή Μεταφοράς 66kV μέχρι και το 2005 μπορεί εύκολα να επιβεβαιωθεί η σημασία και η έκταση του προβλήματος. Η κατανομή των σφαλμάτων ανά έτος, συνολικά και λόγω ρύπανσης, παρουσιάζεται στο σχήμα 2.6.



Σχήμα 2.6 Κατανομή των σφαλμάτων (συνολικών και λόγω ρύπανσης) ανά έτος (Σύστημα Μεταφοράς Κρήτης, περίοδος 1969-2005).

Όπως φαίνεται, κατά τα έτη όπου εμφανίζεται το πρόβλημα, η συμβολή του στον συνολικό αριθμό σφαλμάτων είναι σημαντική.

2.5 Μονωτήρες από σύνθετα πολυμερή υλικά

Από τα μέσα της δεκαετίας του 1940 ξεκίνησε η εφαρμογή πολυμερών υλικών, για την ηλεκτρική μόνωση εγκαταστάσεων, όπου για την κατασκευή μονωτήρων χρησιμοποιήθηκαν εποξικές ρητίνες (bisphenol). Οι μονωτήρες αυτοί χρησιμοποιήθηκαν σε εσωτερικές εγκαταστάσεις (indoor insulation), μη εκτεθειμένες στο περιβάλλον.

Μια δεκαετία αργότερα, αναπτύχθηκε ενδιαφέρον και για την περίπτωση των υπαίθριων εγκαταστάσεων (outdoor insulation), με σκοπό την κατασκευή ενός μονωτήρα με αντίστοιχα ή καλύτερα ηλεκτρικά και μηχανικά χαρακτηριστικά, σε σχέση με τους κεραμικούς, αλλά με μικρότερο βάρος. Ο πρώτος μονωτήρας με πολυμερές κέλυφος (housing) διατέθηκε προς χρήση στις Η.Π.Α, από την General Electric, το 1959. Για την κατασκευή του κελύφους είχε επίσης χρησιμοποιηθεί εποξική ρητίνη, διαφορετικού τύπου όμως (cycloaliphatic). Ο μονωτήρας αυτός παρουσίασε προβλήματα πολύ γρήγορα, που αφορούσαν κυρίως το πολυμερές κέλυφος, λόγω φαινομένων όπως ο σχηματισμός αγώγιμων καναλιών άνθρακα (tracking) και η διάβρωση (erosion).

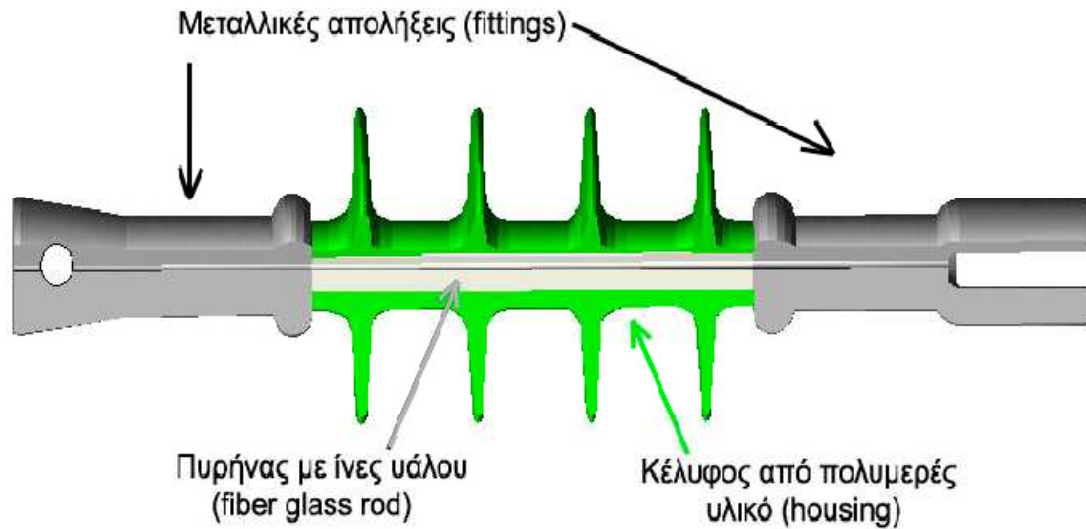
Λίγα χρόνια αργότερα, η κατασκευή μονωτήρων από πολυμερή υλικά επεκτάθηκε και στην Ευρώπη, όπου και ουσιαστικά παράχθηκε η πρώτη γενιά συνθετικών μονωτήρων, όπως τους ξέρουμε σήμερα. Ένας τέτοιος μονωτήρας αποτελείται ουσιαστικά από τρία τμήματα, ένα πυρήνα με ίνες γυαλιού (fiber glass core), ο οποίος αναλαμβάνει το μηχανικό φορτίο, τις μεταλλικές απολήξεις (fittings), οι οποίες προσαρμόζονται στα άκρα του και το πολυμερές κέλυφος. Μια τομή ενός τέτοιου μονωτήρα φαίνεται στο σχήμα 2.7.

Τα πρώτα αποτελέσματα από την εφαρμογή αυτών των μονωτήρων ήταν μάλλον απογοητευτική, με αποτέλεσμα να εγκαταλειφθεί η ιδέα από πολλούς κατασκευαστές, ιδιαίτερα όσον αφορά το επίπεδο της μεταφοράς. Έτσι περιορίστηκε το ενδιαφέρον σε πολύ λίγους κατασκευαστές, οι οποίοι συνέχισαν την εξέλιξη των μονωτήρων, διαθέτοντας παράλληλα μονωτήρες για το επίπεδο της διανομής.

Η εξέλιξη που έγινε, βελτιώνοντας σημαντικά τα χαρακτηριστικά των μονωτήρων, σε συνδυασμό με τα πλεονεκτήματα τα οποία προσέφεραν, αλλά και την εμπειρία που υπήρχε από την διανομή, οδήγησαν σε μεταστροφή του κλίματος, όσον αφορά τις ηλεκτρικές εταιρίες.

Για μονωτήρες κατασκευής μετά το 1986, τα δεδομένα που έρχονταν από την εφαρμογή σε πραγματικές συνθήκες ήταν ιδιαίτερα ενθαρρυντικά. Έρευνες έδειξαν, ότι η εμπιστοσύνη των ηλεκτρικών εταιριών, όσον αφορά την χρήση συνθετικών μονωτήρων, αυξήθηκε σημαντικά μετά τα τέλη της δεκαετίας του 1980, ενώ σήμερα θεωρούνται πλέον ως μια εξίσου καλή εναλλακτική λύση, σε σχέση με τους κεραμικούς μονωτήρες. Παράμετρος κλειδί στην επιλογή αυτή, ήταν η σημαντικά καλύτερη συμπεριφορά των συνθετικών μονωτήρων σε συνθήκες ρύπανσης.

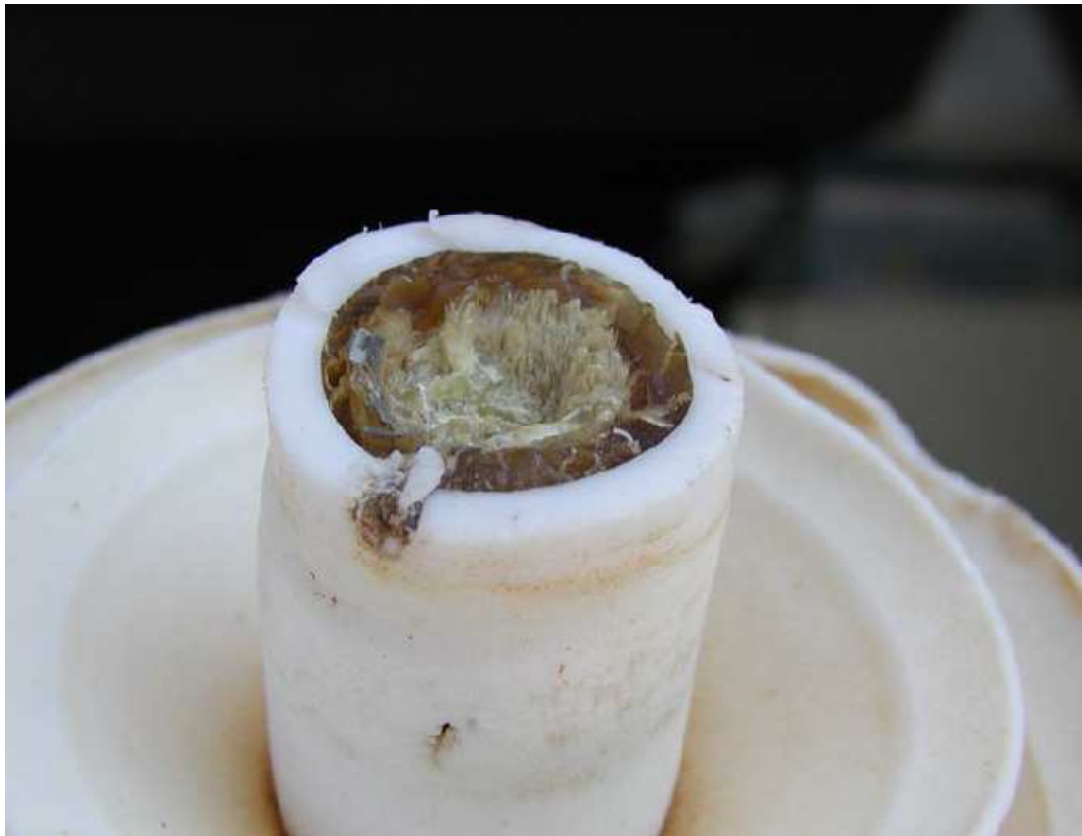
Βέβαια πρέπει να σημειωθεί ότι η μικρή διάρκεια ζωής και ιδιαίτερα η δυνατότητα πρόβλεψής της, συνεχίζουν να αποτελούν τα σημαντικότερα προβλήματα, όσον αφορά την λειτουργία των μονωτήρων αυτών.



Σχήμα 2.7 Τομή σε μοντέλο συνθετικού μονωτήρα όπου διακρίνονται το κέλυφος, ο πυρήνας και οι μεταλλικές απολήξεις.

Η πρώτη εφαρμογή μονωτήρων από συνθετικά, στην Ελλάδα, έγινε στο Σύστημα Μεταφοράς Κρήτης το 1979. Οι μονωτήρες από PTFE (Teflon), Ιταλικής κατασκευής, εγκαταστάθηκαν στην Γραμμή 150kV, Λινοπεράματα-Ιεράπετρα, η οποία αντιμετώπιζε πολύ μεγάλα προβλήματα ρύπανσης. Η συμπεριφορά τους κρίνεται αρκετά ικανοποιητική όσον αφορά την ρύπανση, αφού μέχρι το 2002 οπότε και αντικαταστάθηκαν από μονωτήρες SIR, στα πλαίσια αναβάθμισης της Γραμμής σε διπλό κύκλωμα, δεν καταγράφηκε ούτε μία υπερπήδηση. Υπήρχε όμως ένα σοβαρό μειονέκτημα σε σχέση με την μηχανική αντοχή, λόγω της θραύσης του πυρήνα (brittle fracture) με αποτέλεσμα την εισροή υγρασίας. Στο σχήμα 2.8 φαίνεται το σημείο θραύσης ενός τέτοιου μονωτήρα.

Το πρόβλημα ήταν, ότι η θραύση συνεπάγονταν την πτώση του αγωγού Υψηλών Τάσεων στο έδαφος. Τέτοιου τύπου σφάλματα παρουσιάστηκαν πέντε φορές, το 1982 και ένα χρόνο αργότερα το 1983, οπότε και αποφασίστηκε αντί να υπάρχει ένας μονωτήρας να τοποθετηθούν δύο σε διάταξη Λ, όπως φαίνεται και στο σχήμα 2.9. Έκτοτε κατεγράφησαν άλλα έξι σφάλματα, που αφορούσαν πάλι το φαινόμενο brittle fracture, πολλά χρόνια μετά (ένα το 1992, και τα υπόλοιπα μεταξύ 1997 και 1999.)



Σχήμα 2.8 Σημείο θραύσης ενός συνθετικού μονωτήρα από Teflon ως αποτέλεσμα του φαινομένου brittle fracture



Σχήμα 2.9 Τοποθέτηση μονωτήρων από Teflon σε διάταξη Λ, στην Γραμμή 150kV Λινοπεράματα-Ιεράπετρα

2.6 Η περίπτωση των υποσταθμών

Η ανάπτυξη μονωτήρων από σύνθετα πολυμερή υλικά και η χρήση αυτών με σκοπό την αντιμετώπιση του φαινομένου της ρύπανσης, αφορά κυρίως τις γραμμές μεταφοράς. Στο πεδίο των υποσταθμών, η διάθεση μονωτήρων με συνθετικό κέλυφος ξεκίνησε πολύ αργότερα, στην δεκαετία του 1990. Οπό τε η προσπάθεια αντιμετώπισης του φαινομένου, εστιάστηκε στην ανάπτυξη υλικών, τα οποία θα μπορούσαν να βελτιώσουν την συμπεριφορά των κεραμικών μονωτήρων.

Στην περίπτωση αυτή, διατέθηκαν προς χρήση διάφοροι τύποι επικαλύψεων, έχοντας ως στόχο, με την εφαρμογή, την δημιουργία μιας νέας επιφάνειας με υδρόφοβη συμπεριφορά. Με αυτό τον τρόπο, όπως συμβαίνει και στην περίπτωση των συνθετικών μονωτήρων, δεν είναι δυνατή η ύγρανση της επιφάνειας (στάδιο 2), με αποτέλεσμα να αναστέλλεται η εξέλιξη του φαινομένου. Βέβαια επιβάλλεται η διατήρηση της υδρόφοβης συμπεριφοράς, παρά την επικάθιση στην επιφάνεια του υλικού υδροφίλων ρύπων. Έτσι διακρίνονται δύο κύριες κατηγορίες υλικών, οι οποίες είναι:

Κατηγορία Α:

Στην κατηγορία αυτή, ανήκουν επικαλύψεις, όπου για την διατήρηση της υδρόφοβης επιφάνειας παρατηρείται ενθουλάκωση των ρύπων στον όγκο του υλικού. Έχουν την μορφή λίπους (grease), το οποίο επαλείφεται στην επιφάνεια των μονωτήρων, προσδίδοντας την επιθυμητή συμπεριφορά. Βασίζονται είτε σε υδρογονάνθρακες (hydrocarbon grease) είτε είναι σιλικονούχα (silicon grease). Μεταξύ των δύο, μεγαλύτερη εφαρμογή είχαν τα σιλικονούχα, δεδομένου ότι διατηρούσαν σταθερά τα χαρακτηριστικά τους και ιδιαίτερα το ιξώδες, για μεγαλύτερο εύρος θερμοκρασιών (-50°C μέχρι 200°C), επιτρέποντας την εφαρμογή ανεξάρτητου κλίματος και θερμοκρασίας μονωτήρα.

Βασικό μειονέκτημα της κατηγορίας αυτής, λόγω του κορεσμού που επέρχεται από την διαδικασία ενθουλάκωσης των ρύπων είναι η σημαντικά μικρή διάρκεια ζωής των υλικών. Για παράδειγμα στην περίπτωση της Κρήτης, όπου χρησιμοποιήθηκε σε περιορισμένη κλίμακα silicone grease, αναφέρεται μια μέση διάρκεια ζωής της τάξης των έξι μηνών.

Σημαντικότερο μειονέκτημα της κατηγορίας αυτής, λαμβάνοντας επιπλέον υπόψη ότι η συμπεριφορά του μονωτήρα με την κορεσμένη επικάλυψη καταλήγει χειρότερη από αυτή του μη επικαλυμμένου κεραμικού είναι το κόστος τοποθέτησης ή καθαρισμού των μονωτήρων αλλά και η εναπόθεση του κορεσμένου λίπους.

Κατηγορία Β:

Στην κατηγορία αυτή, αντί της ενθυσιάκωσης παρατηρείται μετάδοση της υδροφοβίας στο επιφανειακό στρώμα ρύπων, επιτυγχάνοντας με αυτό τον τρόπο υδρόφοβη συμπεριφορά αλλά και σημαντικά μεγαλύτερη διάρκεια ζωής. Κύριος εκπρόσωπος είναι οι επικαλύψεις από RTV Silicone Rubber, ενώ διατίθενται ακόμη επικαλύψεις βασιζόμενες σε φθοριοουρεθάνες (fluorourethane coatings), που έχουν όμως περιορισμένη εφαρμογή. Σημαντική διαφορά αυτής της κατηγορίας από την προηγούμενη αποτελεί το γεγονός ότι η επικάλυψη στην περίπτωση αυτή προσκολλάται στην επιφάνεια του μονωτήρα και ως εκ τούτου είναι σχετικά δύσκολη η απομάκρυνση του υλικού.

Μεταξύ των δύο κατηγοριών αλλά και των τεσσάρων τύπων επικαλύψεων που παρουσιάστηκαν παραπάνω, σήμερα έχουν επικρατήσει οι επικαλύψεις από RTV SIR, οι οποίες προσφέρουν συμπεριφορά εφάμιλλη των συνθετικών μονωτήρων όσον αφορά το φαινόμενο της ρύπανσης και σημαντικά μεγαλύτερη διάρκεια ζωής μεταξύ των επικαλύψεων.

2.7 Επικαλύψεις από RTV SIR

Τα πρώτα βήματα στο πεδίο των επικαλύψεων τύπου RTV SIR έγιναν στις Η.Π.Α. , στα τέλη της δεκαετίας του 1960. Συγκεκριμένα, το 1968 τοποθετήθηκε σε πιλοτική βάση για πρώτη φορά, μικρή ποσότητα επικάλυψης, σε υποσταθμό της Bonneville Power Administration. Αρχικά παρατηρήθηκε σημαντική βελτίωση της συμπεριφοράς των κεραμικών μονωτήρων, όμως πολύ σύντομα εμφανίστηκαν προβλήματα, κυρίως λόγω των φαινομένων tracking και erosion. Λίγα χρόνια αργότερα, το 1974, ξεκίνησε ένα πρόγραμμα αξιολόγησης μιας βελτιωμένης σύνθεσης επικάλυψης από την εταιρία PG&E. Το πρόγραμμα πραγματοποιήθηκε στον σταθμό δοκιμών της εταιρίας, ο οποίος ήταν εγκατεστημένος, στον χώρο ενός σταθμού παραγωγής με κάρβουνο σε απόσταση 300m από την ακτή (βιομηχανική και θαλάσσια ρύπανση). Η επικάλυψη τοποθετήθηκε σε αλυσίδες μονωτήρων πορσελάνης Cap and Pin, οι οποίες στην συνέχεια ηλεκτρίστηκαν σε τάση 66kV (φασική). Η παράλληλη λειτουργία των μονωτήρων με και χωρίς επικάλυψη, ανέδειξε την σημαντική βελτίωση της συμπεριφοράς των μονωτήρων ως αποτέλεσμα της επικάλυψης, δεδομένου ότι για περισσότερο από έξι χρόνια δεν παρατηρήθηκε καμία υπερπήδηση στους επικαλυμμένους μονωτήρες, σε αντίθεση με τους μη επικαλυμμένους, όπου οι υπερπηδήσεις ήταν συχνές.

Την ίδια περίοδο τοποθετήθηκαν επίσης σε δοκιμαστική βάση επικαλύψεις σε μονωτήρες 400kV DC του σταθμού μετατροπής συνεχούς τάσης (HVDC) Sylmar στο Λος Άντζελες. Τα αποτελέσματα και στην περίπτωση αυτή, όπου υπήρχε αστική ρύπανση (κυρίως ρύποι από αυτοκίνητα), ήταν αρκετά ικανοποιητικά, οδηγώντας

σε πλήρη κάλυψη του σταθμού την περίοδο 1981-1984. Αξίζει να σημειωθεί, ότι στην περίπτωση αυτή, τα πρώτα προβλήματα παρουσιάστηκαν το 1987, στους πρώτους μονωτήρες που επικαλύφθηκαν μετά από 19 χρόνια λειτουργίας.

Η καλή εμπειρία που προέκυψε από τις παραπάνω εφαρμογές, αύξησε το ενδιαφέρον ολοένα και περισσότερων ηλεκτρικών εταιριών, οι οποίες υιοθέτησαν την χρήση επικαλύψεων RTV SIR σε υποσταθμούς με σημαντικά προβλήματα ρύπανσης. Έτσι το 1983, διατέθηκαν για πρώτη φορά στην αγορά επικαλύψεις μονωτήρων από RTV SIR, ενώ η πρώτη μαζική εφαρμογή αναφέρεται το 1987 όπου 2500kg υλικού τοποθετήθηκαν σε υποσταθμό 345kV του πυρηνικού σταθμού παραγωγής Millstone στο Long Island.

Την ίδια εποχή, ξεκίνησε η δοκιμαστική εφαρμογή RTV SIR επικαλύψεων και στην Κίνα από το Πανεπιστήμιο Tsinghua. Αρχικά το 1986 τοποθετήθηκε μικρή ποσότητα σε γραμμές μεταφοράς των 35kV και δεδομένης της καλής συμπεριφοράς, μετά το 1990 η εφαρμογή επεκτάθηκε και σε άλλες εγκαταστάσεις, σε μεγαλύτερο επίπεδο τάσης. Οι επικαλύψεις στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι μόνο κινέζικης κατασκευής και η μέχρι σήμερα εμπειρία, δείχνει μια μέση διάρκεια ζωής της τάξης των εννέα χρόνων.

Στην Ευρώπη, η διερεύνηση της συμπεριφοράς επικαλύψεων από RTV SIR, ξεκινά στα μέσα της δεκαετίας του 1980, σε ερευνητικό επίπεδο, ενώ ήδη είχε προηγηθεί, η χρήση του υλικού στην κατασκευή συνθετικών μονωτήρων. Οι πρώτες αρχικά περιορισμένες εφαρμογές, άρχισαν να επεκτείνονται στις αρχές της δεκαετίας του 1990, κυρίως στον χώρο των υποσταθμών. Σήμερα επικαλύψεις από RTV SIR έχουν χρησιμοποιηθεί σε χώρες όπως: Σουηδία, Ηνωμένο Βασίλειο, Βέλγιο, Ισπανία, Γαλλία και Ιταλία. Ανάλογη εξάπλωση παρατηρήθηκε και σε παγκόσμιο επίπεδο, σε χώρες όπως το Ισραήλ, το Κατάρ, η Τυνησία, το Πακιστάν, η Ινδονησία, η Ινδία, η Βραζιλία, η Σρι Λάνκα και η Νότια Αφρική.

Στην Ελλάδα, η εφαρμογή επικαλύψεων RTV SIR ξεκίνησε σε δοκιμαστικό επίπεδο το 1996, στον Υποσταθμό 150kV του ΑΗΣ Λινοπεραμάτων, στο Ηράκλειο Κρήτης. Δύο χρόνια αργότερα, το 1998, επεκτάθηκε η εφαρμογή των επικαλύψεων τόσο στον ίδιο, όσο και σε άλλους υποσταθμούς του Συστήματος Κρήτης, με σημαντικά προβλήματα ρύπανσης.

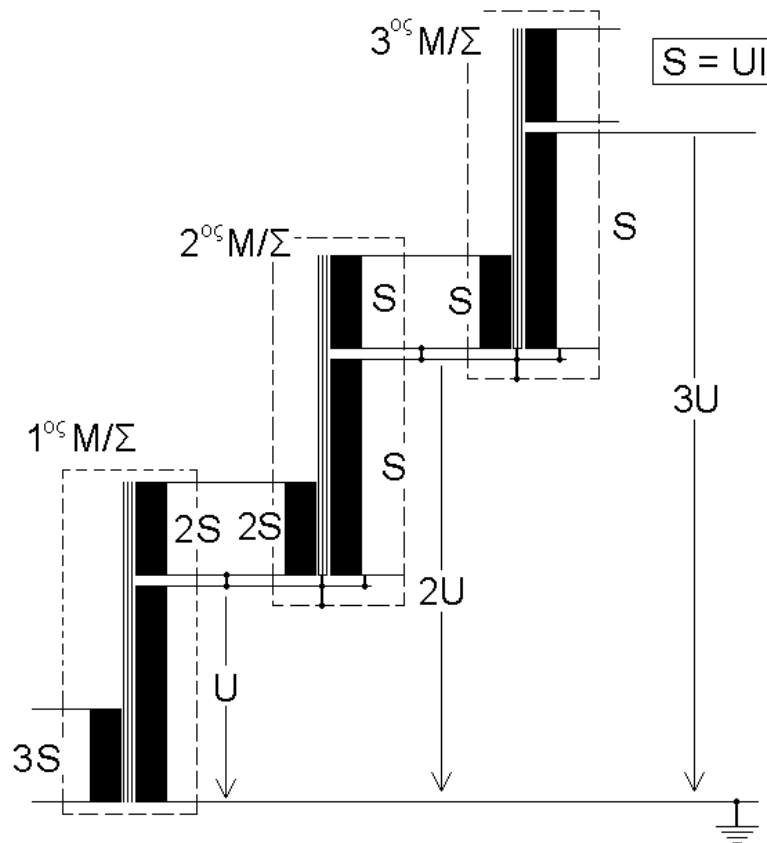
3.1.2 Μετασχηματιστές δοκιμής

Η παραγωγή Ε.Υ.Τ. στα εργαστήρια Υ.Τ γίνεται συνήθως με Μ/Σ ειδικής σχεδίασης. Δεδομένου ότι καλούνται να ικανοποιήσουν τις ανάγκες ενός εργαστηρίου οι μετασχηματιστές δοκιμής διαφέρουν από τους κοινούς Μ/Σ. Οι σημαντικότερες διαφορές τους είναι:

1. Έχουν την δυνατότητα μεταβολής της τάσης από το μηδέν μέχρι την μέγιστη τιμή τους.
2. Μπορούν να συνδεθούν κατά βαθμίδες.
3. Επειδή ένας Μ/Σ δοκιμής χρησιμοποιείται σε ελεγχόμενες συνθήκες και δεν πρόκειται να αντιμετωπίσει υπερτάσεις από κεραυνούς ή χειρισμούς η ηλεκτρική μόνωση σχεδιάζεται με βάση την ονομαστική τάση λειτουργίας.
4. Είναι μονοφασικοί αφού για τις δοκιμές Υ.Τ αρκεί η μονοφασική καταπόνηση, δεδομένου ότι όσον αφορά την καταπόνηση ενδιαφέρει η διαφορά δυναμικού, η οποία μπορεί να υλοποιηθεί και με μία φάση.
5. Επειδή είναι μικρότερης ισχύος για το ίδιο επίπεδο τάσης έχει ως αποτέλεσμα το ρεύμα εξόδου να είναι πολύ μικρό και οι απώλειες Joule να είναι περιορισμένες. Άρα δεν υπάρχουν ανάγκες ψύξεως όπως σε ένα Μ/Σ ισχύος.
6. Τέλος ο πυρήνας τους πρέπει να έχει σχετικά μεγάλη διατομή ώστε να αποφεύγεται ο κορεσμός και κατά συνέπεια η αλλοίωση της παραγόμενης τάσης.

3.1.3 Σύνδεση Μ/Σ δοκιμής κατά βαθμίδες

Η σύνδεση κατά βαθμίδες είναι μία δυνατότητα που συναντάται γενικότερα στον εργαστηριακό εξοπλισμό Υ.Τ.. Προσφέρεται με σκοπό να καλυφθεί η ανάγκη ευελιξίας, που υπάρχει σε ένα εργαστήριο. Έτσι αντί για παράδειγμα να επιλέγει ένας Μ/Σ 300 kV επιλέγονται τρεις των 100 kV οι οποίοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν αυτόνομα ώστε να υλοποιηθούν τρεις ανεξάρτητες διατάξεις των 100 kV ή σε σύνδεση κατά βαθμίδες για μια διάταξη των 300 kV. Στο σχήμα 3.2 φαίνεται η σύνδεση κατά βαθμίδες τριών Μ/Σ. Όπως φαίνεται, αυτή είναι εφικτή διότι υπάρχει ένα τριτεύων τύλιγμα, 1:1 σε σχέση με το δευτερεύων στο οποίο όμως ο ένας ακροδέκτης είναι σε δυναμικό U σε σχέση με τη γη (δυναμικό μηδέν). Το τύλιγμα αυτό χρησιμοποιείται για να τροφοδοτηθεί η επόμενη βαθμίδα οπότε, η επόμενη βαθμίδα τροφοδοτείται με την ίδια διαφορά δυναμικού στην είσοδο (τύλιγμα 1:1) και η ανύψωση προκύπτει με τον ίδιο λόγο μετασχηματισμού. Αλλά το δυναμικό αναφοράς στην δεύτερη βαθμίδα είναι ήδη σε δυναμικό U σε σχέση με τη γη, οπότε και η τάση εξόδου είναι $2U$.



Σχήμα 3.2 Σύνδεση Μ/Σ κατά βαθμίδες

Ανάλογα υπολογίζεται η τάση εξόδου και για τις άλλες βαθμίδες. Έτσι για την περίπτωση των n βαθμίδων προκύπτει:

$$U_t = nU \quad (3.c)$$

$$P_i = (n + 1 - i) \frac{P_t}{n} \quad (3.d)$$

$$U_i = (i - 1)U \quad (3.e)$$

Όπου P_i η ισχύς κάθε βαθμίδας, P_t η συνολική ισχύς U_t η τάση εξόδου, U η μέγιστη τάση κάθε βαθμίδας και U_i η τάση ως προς γη του κοινού σημείου κάθε βαθμίδας.

Η σύνδεση κατά βαθμίδες, επιτρέπει την παραγωγή Ε.Υ.Τ. μεγαλύτερων από την ονομαστική τάση της κάθε βαθμίδας. Αυτό όμως δεν μπορεί να συμβαίνει επ' άπειρο. Υπάρχει δηλαδή κάποιο μέγιστο πλήθος βαθμίδων λόγω του φαινομένου Ferranti. Επιπλέον κάθε Μ/Σ αποτελεί ένα LC κύκλωμα. Βάζοντας πολλούς μαζί η πιθανότητα να προκύψουν ταλαντευόμενα LC κυκλώματα είναι μεγαλύτερη, αλλοιώνοντας με αυτόν τον τρόπο την τάση εξόδου.

3.2 Πλάκα-Ακίδες διαφόρων γεωμετριών

3.2.1 Αντοχή των μονώσεων

Διηλεκτρική αντοχή μιας μονώσεως ορίζεται ως η ικανότητα της να αντέχει σε μία συγκεκριμένη ηλεκτρική καταπόνηση είτε μόνιμη είτε προσωρινή καταστροφή της.

3.2.2 Είδη μονώσεων

Ανάλογα με τις συνθήκες που απαιτούνται να λειτουργήσουν και τα βασικά χαρακτηριστικά τους διακρίνονται τα παρακάτω είδη μονώσεων:

Εξωτερική μόνωση καλείται η μόνωση αέρος των υπό τάση μεταλλικών τμημάτων μιας συσκευής ή διατάξεως ενός ηλεκτρικού συστήματος ή η μόνωση κατά μήκος μιας μονωτικής επιφάνειας που κατά την διάρκεια που δέχεται την ηλεκτρική καταπόνηση βρίσκεται εκτεθειμένη στις διάφορες ατμοσφαιρικές συνθήκες όπως είναι η πυκνότητα και η υγρασία του αέρα, βροχή χιόνι κλπ.

Εσωτερική μόνωση σε αντίθεση με την εξωτερική μόνωση, η εσωτερική είναι απόλυτα προστατευμένη από τις ατμοσφαιρικές συνθήκες.

Επανορθωμένη μόνωση λέγεται εκείνη που μετά από ένα βραχυκύκλωμα επαναφέρει όλα τα χαρακτηριστικά που είχε πριν απ' αυτό. Ο αέρας είναι επανορθωμένο υλικό και η εξωτερική μόνωση είναι σχεδόν πάντα μια επανορθωμένη μόνωση.

Μη επανορθωμένη μόνωση είναι εκείνη που μετά από μία ηλεκτρική διάσπαση χάνει τελείως ή εν μέρει τις μονωτικές της ιδιότητες. Μη επανορθωμένα μονωτικά υλικά είναι τα στερεά μονωτικά.

3.2.3 Συμπεριφορά του αέρα σαν μονωτικό

Λόγω φυσικού ιονισμού ο αέρας περιέχει πολλές χιλιάδες ιόντα και ελεύθερα ηλεκτρόνια. Όταν μία ποσότητα αέρα βρεθεί μέσα σε ένα ηλεκτρικό πεδίο, όλα τα ιόντα και τα ηλεκτρόνια αποκτούν εκτός από την θερμική τους κίνηση και μία κατευθυνόμενη ταχύτητα που εξαρτάται από το μέγεθος του ηλεκτρικού πεδίου. Κατά την κατευθυνόμενη αυτή κίνηση τους, ιόντα και ηλεκτρόνια συγκρούονται με τα μόρια του αέρα και τα πρώτα μεταφέρουν στα δεύτερα μέρος της κινητικής τους ενέργειας. Η μέση ταχύτητα που αποκτά ένα ιόν ή ηλεκτρόνιο σε δύο διαδοχικές κρούσεις εξαρτάται, αφ' ενός από το μέγεθος του ηλεκτρικού πεδίου και αφ' ετέρου από την μέση ελεύθερη απόσταση ανάμεσα σε δύο κρούσεις η οποία με την σειρά της εξαρτάται από την πυκνότητα του αέρα.

Η πλειονότητα των ηλεκτρονίων συγκεντρώνεται στο κεφάλι της στοιβάδας ενώ στην ουρά της παραμένουν βαρεια ιόντα που στην πλειονότητα τους είναι θετικά. Η

διάταξη αυτή ηλεκτρικού φορτίου έχει σαν συνέπεια την ενίσχυση του ηλεκτρικού πεδίου στο κεφάλι της στοιβάδας. Με ορισμένο πολλαπλασιασμό, το πεδίο μπροστά από την στοιβάδα γίνεται τόσο ισχυρό, ώστε η φύση του φαινομένου μεταβάλλεται. Η στοιβάδα μετατρέπεται σε οχετό κορόνα που αποτελεί την πρώτη μορφή συντηρούμενης εκκενώσεως μέσα στον αέρα γνωστή με το όνομα κορόνα. Ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της πηγής και τη διάταξη των ηλεκτροδίων, η αρχική αυτή μορφή διασπάσεως μπορεί να περιοριστεί στο φαινόμενο κορόνα ή να μεταπηδήσει στην επόμενη μορφή τον οχετό προ-εκκενώσεως που είναι πολύ φωτεινότερος και αγωγιμότερος από τον οχετό κορόνα.

3.2.3.1 Διάσπαση του αέρα σε ομοιογενές πεδίο

Όταν ανάμεσα σε δύο ηλεκτρόδια που σχηματίζουν ομοιογενές πεδίο εφαρμοστεί τάση, τα ελεύθερα ηλεκτρόνια και ιόντα παρασύρονται και έτσι και υπό πολύ μικρές τάσεις ακόμα προκύπτει ένα ασθενές ρεύμα. Όταν η τάση αποκτήσει ορισμένη τιμή, όλα τα παραγόμενα από φυσικές αιτίες ιόντα και ηλεκτρόνια παρασύρονται προς τα ηλεκτρόδια και η ένταση i , σταθεροποιείται. Την στιγμή που η τάση υπερβεί ορισμένη τιμή U_0 , αρχίζει ο ιονισμός και σε μία τιμή U_D επέρχεται διάσπαση.

3.2.3.2 Διάσπαση του αέρα σε ανομοιογενές πεδίο

Η διάσπαση σε ένα ανομοιογενές πεδίο πραγματοποιείται όπως και σε ένα ομοιογενές πεδίο με μία διαφορά. Στο ομοιογενές ηλεκτρικό πεδίο, η αναγκαία πεδική ένταση για την έναρξη ιονισμού κρούσεων αποκαθιστάται ταυτόχρονα σε όλα τα σημεία του διακένου. Έτσι, μόλις αρχίσει ο ιονισμός, το εξωτερικά επιβαλλόμενο πεδίο, ενισχυόμενο και από το πεδίο του φορτίου χώρου, δημιουργεί σχεδόν ακαριαία συνθήκες για πολύ ταχεία εξάπλωση της εκκενώσεως και ολοκλήρωση της διάσπασης. Αντίθετα, η πεδική ένταση σε ένα ανομοιογενές πεδίο είναι από ορισμό, διάφορη στα διάφορα σημεία του διακένου.

3.2.4 Διάσπαση διακένων ακίδα-πλάκας και ακίδα-ακίδα

Στο σχήμα 3.3 απεικονίζονται τα διάκενα αέρος που χρησιμοποιήθηκαν για να φέρουν εις πέρας το πειραματικό μέρος της συγκεκριμένης εργασίας.

Με την βαθμιαία ανύψωση της τάσης και την έναρξη κορόνα, το ηλεκτρικό πεδίο του διακένου υφίσταται εξ' αιτίας του σχηματιζόμενου φορτίου χώρου, σοβαρή παραμόρφωση πριν η τάση φτάσει στην τιμή της διασπάσεως. Με αυτό τον τρόπο μειώνεται η επίδραση που έχουν τα ιδιαίτερα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του διακένου με συνέπεια η τάση διάσπασης να καθορίζεται κυρίως από την κατανομή της πυκνότητας του φορτίου χώρου στις διάφορες θέσεις του διακένου. Η τάση διάσπασης του διακένου ακίδα-ακίδα είναι και για τις δύο πολικότητες ίση με την θετική τάση διασπάσεως του διακένου πλάκα-ακίδας.



Σχήμα 3.3 Διάκενα αέρος, πλάκα και ακίδες 30° , 60° , 90° και 120°

Για την θετική πολικότητα η περάτωση της ακίδας, σε ένα διάκενο ακίδας-πλάκα ή των δύο ακίδων σε ένα διάκενο ακίδας-ακίδας έχει υπό εναλλασσόμενη τάση παροδική επίδραση που εκδηλώνεται μόνο για σχετικά μικρά μήκη του διακένου συγκρινόμενα με τις διαστάσεις των ηλεκτροδίων περατώσεως. Όταν το μήκος του διακένου υπερβεί ορισμένο μέγεθος, η τάση διάσπασης και των δύο διακένων καθίσταται ανεξάρτητη από τις περατώσεις των ηλεκτροδίων.

Για αρνητική πολικότητα, η τάση διάσπασης του διακένου ακίδα-ακίδα είναι σημαντικά μεγαλύτερη από την τάση διάσπασης θετικής πολικότητας και παρουσιάζει και κάποια εξάρτηση, όχι ιδιαίτερα μεγάλη από την περάτωση της ακίδας. Επίσης, η τάση διάσπασης εξαρτάται σημαντικά από την ποιότητα της επιφάνειας της πλάκας, πράγμα που δεν παρατηρείται με την θετική πολικότητα.

3.3 Αισθητήρας Hall

Ο Hall Effect αισθητήρας στηρίζεται σε ένα φυσικό φαινόμενο που ανακαλύφθηκε από τον Edwin Hall το 1879. Βρήκε ότι όταν ένα λεπτό ορθογώνιο πλαίσιο από χρυσό τοποθετείται μέσα σε ένα ισχυρό μαγνητικό πεδίο κάθετο προς το επίπεδο του ορθογωνίου εμφανίζεται μία διαφορά τάσης όταν ένα ηλεκτρικό ρεύμα περνάει κατά μήκος αυτού. Ένα ηλεκτρόνιο που κινείται μέσα σε ένα μαγνητικό πεδίο δέχεται μία δύναμη, γνωστή ως δύναμη Lorentz, η οποία είναι κάθετη τόσο κατά

μήκος της διεύθυνσης της κίνησης όσο και στη διεύθυνση του πεδίου. Η απόκριση σε αυτή τη δύναμη δημιουργεί την τάση Hall.

Το αποτέλεσμα Hall στους μεταλλικούς αγωγούς δεν χρήζει ιδιαίτερης σημασίας, σε αντίθεση με τους υπεραγωγούς όπου θεωρείται αρκετά εντονότερο. Αφού υπάρχουν λίγα ηλεκτρόνια αγωγιμότητας σε ένα υπεραγωγό, αν το ολικό ρεύμα που διαρρέει ένα υπεραγωγό είναι το ίδιο με το ρεύμα που διαρρέει το μέταλλο, τα ηλεκτρόνια στον υπεραγωγό πρέπει να έχουν πολύ μεγαλύτερη ταχύτητα εκτροπής από αυτή στα μέταλλα. Όσο γρηγορότερα κινούνται τα ηλεκτρόνια, τόσο μεγαλύτερη είναι η δύναμη που δέχονται και τόσο μεγαλύτερη είναι η τάση Hall για να έχουμε ισορροπία. Στην αγορά κυκλοφορούν πολλών ειδών αισθητήρες Hall Effect, οι αισθητήρες από πυρίτιο όπου έχουν μικρότερη οικονομική αξία, εκείνοι όπου έχουν μεγαλύτερη ευαισθησία, και είναι κατασκευασμένοι από ημιαγωγούς III-IV, οι οποίοι έχουν ηλεκτρόνια μεγαλύτερης ευκινησίας από αυτά του πυριτίου, και τέλος οι πιο εμπορικά διαθέσιμοι αισθητήρες όπου έχουν στοιχεία κατασκευασμένα από IIIIV ημιαγωγούς ινδίου αντιμονίου.

Οι συσκευές Si έχουν κλίμακα ευαισθησίας από 10G έως 1000G και οι αισθητήρες ινδίου αντιμονίου έχουν χαμηλότερο όριο στα 10^{-1} G. Οι Hall Effect αισθητήρες μπορούν να μετρούν σταθερή ή μεταβαλλόμενη ροή. Η συχνότητα οριοθέτησης είναι περίπου 1MHz. Είναι ελαφροί με μέγεθος περίπου 0.1 in^2 . Η απαιτούμενη ισχύς είναι μεταξύ 0.1 και 0.2W και μπορούν να λειτουργούν σε εξαιρετικά ευρεία κλίμακα θερμοκρασίας, η οποία περιορίζεται μόνο από την κατασκευή. Συσκευές τέτοιου είδους είναι διαθέσιμες με κλίμακα θερμοκρασίας από 200°C έως περίπου στο απόλυτο μηδέν (-273°C).

3.4 Εξωτερική κάρτα NuDAQ PCI-9812

3.4.1 Εισαγωγή

Η PCI-9812 είναι μία προηγμένη απόκτηση δεδομένων κάρτα που βασίζεται στη 32-bit αρχιτεκτονική διαύλου PCI. Με μέγιστη δειγματοληψία ποσοστού έως και 20 εκατομμύρια δείγματα ανά δευτερόλεπτο, το PCI-9812 παρέχει συνεχή και υψηλή ταχύτητα ροής του A/D δείγματα στη μνήμη υποδοχής. Ο σχεδιασμός υψηλής απόδοσης και η κατάσταση τεχνικής κάνουν αυτή τη κάρτα ιδανική για ψηφιακή επεξεργασία σήματος (DSP), μετασχηματισμό Fourier (FFT), ψηφιακά φίλτρα και εφαρμογές επεξεργασίας εικόνας.

3.4.2 Χαρακτηριστικά

Η PCI-9812 έχει σχεδιαστεί με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

1. 12-bit αναλογική ανάλυση εισόδου
2. Μέχρι και 20MHz A/D συχνότητα δειγματοληψίας

3. Τέσσερα αναλογικά κανάλια εισόδου
4. Διπολικά σήματα εισόδου
5. Τέσσερις A/D μετατροπείς με ταυτόχρονη δειγματοληψία
6. Πέντε A/D τρόπους ενεργοποίησης
7. 32K λέξεις (δείγματα) A/D FIFO της μνήμης
8. 32-bit PCI που κυριαρχεί την μεταφορά δεδομένων DMA

3.4.3 Προδιαγραφές

Οι προδιαγραφές της κάρτας διαφέρουν ανάλογα με την είσοδο που έχουμε.

❖ Αναλογική είσοδο

- Μετατροπείς: B.B. ADS800 series
- Τέσσερα κανάλια εισόδου
- Ανάλυση: 12-bit
- Εύρος εισόδου: Διπολικός $\pm 1V$, ή $\pm 5V$ με τη συγκόλληση της επιλογής
- Προστασία από υπερτάσεις: Διπολικός $\pm 2V$, ή $\pm 10V$ σχετικά με το εύρος εισόδου
- Μέγιστος ρυθμός δειγματοληψίας: 20 MHz δείγματα ανά δευτερόλεπτο
- Ακρίβεια: Σφάλμα κέρδους $\pm 1.5\%$ σε $25^{\circ}C$
- Αντίσταση εισόδου: 50Ω ($\pm 1V$ και $\pm 5V$), $1.25K\Omega$ (μόνο $\pm 5V$), $15M\Omega$ (μόνο $\pm 1V$)

❖ Ψηφιακή είσοδο

- Αριθμός των καναλιών: Τρία TTL συμβατά με είσοδο $10K\Omega$ αντίσταση
- Τάση εισόδου:
Χαμηλή: Ελάχιστη $0V$ Μέγιστη $0.8V$
Υψηλή: Ελάχιστη $+2.0V$ Μέγιστη $5.5V$
Φορτίο εισόδου:
Χαμηλή: $\pm 1\mu A$ $0V$, $0.5mA$ $5V$
Υψηλή: $+2.7V$ ελάχιστο, $20mA$ μέγιστο

Υπάρχουν και κάποιες γενικές προδιαγραφές που αναφέρονται παρακάτω:

- Θερμοκρασία λειτουργίας: $0^{\circ}C - 40^{\circ}C$
- Θερμοκρασία αποθήκευσης: $-20^{\circ}C - 80^{\circ}C$
- Υγρασία: 5 – 85%, μη συμπυκνωμένη
- Κατανάλωση: $+5V$ $2.5A$ (μέγιστο)
- Διάσταση: $101mm(H) \times 173mm(L)$

3.4.4 Εφαρμογές

- Τηλεοπτική ψηφιοποίηση
- Απεικόνιση CCD
- Όργανο δοκιμής

- Φωτογραφικές μηχανές γάμμα
- Απεικόνιση υπέρηχου
- Ψηφιοποίηση ζωνών βάσης

3.5 Πρόγραμμα 9812DMA

Όπως βλέπουμε στο σχήμα 2.3 το περιβάλλον του προγράμματος μας δίνει την δυνατότητα να έχουμε πληθώρα επιλογών. Αρχικά το data size είναι η ρύθμιση εκείνη που μας επιτρέπει να οριοθετήσουμε τον αριθμό των δειγμάτων που θέλουμε να καταγραφεί. Στην συνέχεια υπάρχει το channel count στο οποίο επιλέγουμε από τα τέσσερα κανάλια της κάρτας που υπάρχουν πόσα θέλουμε να παίρνουμε μετρήσεις. Επίσης υπάρχει και η επιλογή mode η οποία έχει πέντε τρόπους ώθησης οι οποίες είναι:

- Soft-Trigger

Αυτός ο τρόπος ενεργοποίησης δεν απαιτεί καμία εξωτερική πηγή. Η εκδήλωση συμβαίνει όταν εμείς πατήσουμε να ξεκινήσει το πρόγραμμα (start).

- Post-Trigger

Με αυτή την επιλογή έχουμε καταγραφή των δεδομένων μετά από την ολοκλήρωση της διάσπασης. Το έναυσμα μπορεί να είναι μία εξωτερική αναλογική ενεργοποίηση ή ψηφιακή ενεργοποίηση και αυτό ισχύει και για τις παρακάτω ρυθμίσεις.

- Pre-Trigger

Σε αντίθεση με την προηγούμενη επιλογή, η συγκεκριμένη σκοπό έχει την συλλογή των δεδομένων πριν από την διάσπαση.

- Middle-Trigger

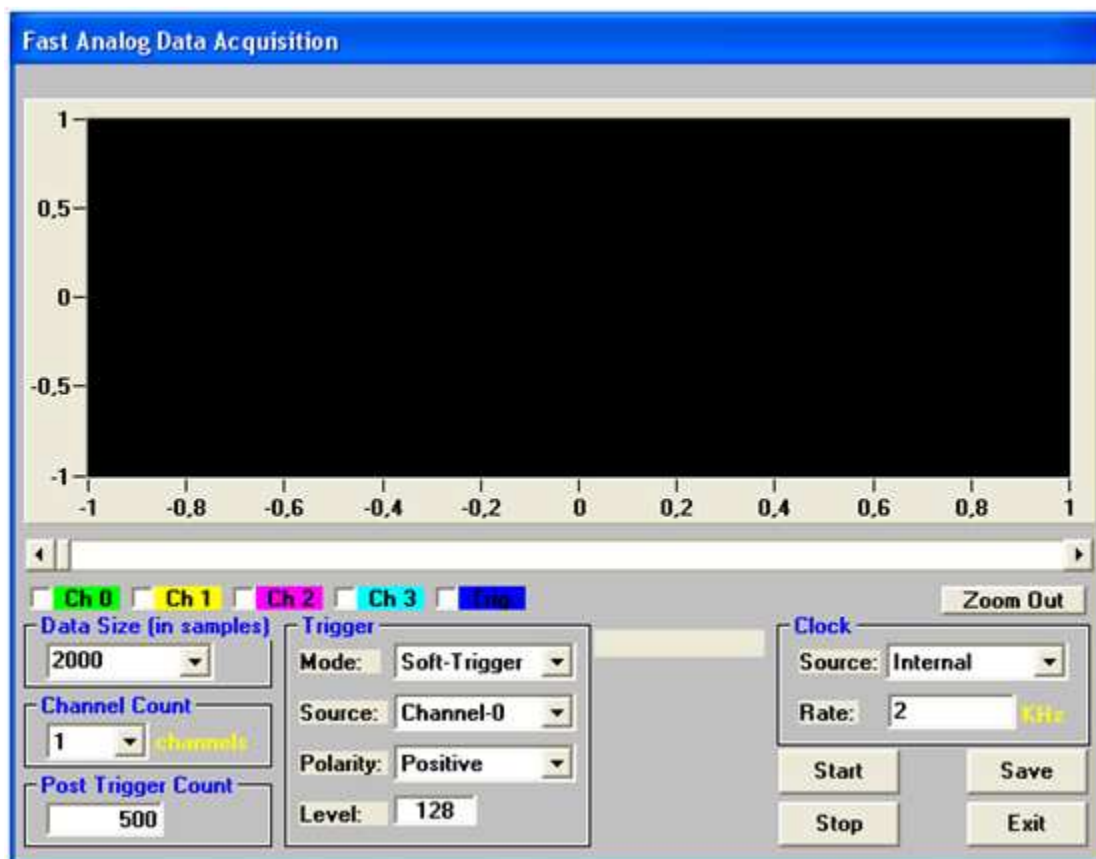
Χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις που θέλουμε να γίνει καταγραφή των δεδομένων πριν αλλά και μετά από την διάσπαση.

- Delay-Trigger

Έχοντας επιλέξει το delay-trigger η συλλογή των δεδομένων ξεκινάει μετά από την διάσπαση και όταν μηδενιστεί ο μετρητής(post trigger count) που είναι προ-φορτωμένος. Ο μετρητής ξεκινάει την αντίστροφη μέτρηση μετά την διάσπαση.

Το PCI-9812 υποστηρίζει πέντε πηγές. Το CH0, CH1, CH2, CH3 και την εξωτερική ψηφιακή πηγή. Ανάλογα τι θα επιλέξουμε εμείς τότε το πρόγραμμα καταγράφει τις μετρήσεις όταν αντιληφθεί ένα γεγονός στο κανάλι που έχουμε επιλέξει. Αν όμως δεν υπάρχει πηγή δεν έχουμε καταγραφή των μετρήσεων. Γι' αυτό το λόγο με την επιλογή disabled μας δίνεται η δυνατότητα να ξεκινήσουμε εμείς πατώντας το start την συλλογή των δεδομένων.

Μία από τις τελευταίες επιλογές είναι το rate στο οποίο επιλέγουμε την τιμή συχνότητας που μας ενδιαφέρει. Τέλος όλα όσα έχουν καταγραφεί από το πρόγραμμα αποθηκεύονται σε ένα αρχείο της επιλογής μας.



Σχήμα 3.4 Περιβάλλον προγράμματος

3.6 Αισθητήρας μέτρησης υγρασίας-θερμοκρασίας

3.6.1 Γενικά

Ο συγκεκριμένος αισθητήρας μας βοηθάει να μετρήσουμε την υγρασία και την θερμοκρασία την στιγμή που γίνεται η διάσπαση στο δοκίμιο. Το αισθητήριο όπως φαίνεται και στο σχήμα 3.2 είναι της εταιρία SIEMENS (QFM65) και έχει αυτήν τη κατασκευή διότι κανονικά χρησιμοποιείται για την μέτρηση της υγρασίας-θερμοκρασίας μέσα σε αεραγωγούς. Με το κάτω μέρος του το οποίο κινείται ρυθμίζεται σε ποιο βάθος του αεραγωγού θέλουμε να πάρουμε την μέτρηση. Στην δική μας περίπτωση ο αισθητήρας έχει τοποθετηθεί εσωτερικά του κιγκλιδώματος του εργαστηρίου. Η τάση λειτουργίας του είναι 24V εναλλασσόμενου ρεύματος και έχει σήματα εξόδου 0-10V συνεχούς ρεύματος.



Σχήμα 3.5 Αισθητήρας μέτρησης υγρασίας-θερμοκρασίας

3.6.2 Αισθητήρας υγρασίας

Οι μετρήσεις αισθητήρων για την σχετική υγρασία γίνονται με την βοήθεια ενός πυκνωτή του οποίου η ηλεκτρική χωρητικότητα αλλάζει σε συνάρτηση με την σχετική υγρασία του αέρα στο περιβάλλον. Ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα μέτρησης μετατρέπει το σήμα του αισθητήρα σε μια συνεχή τάση 0-10V που αντιστοιχεί σε 0-10% σχετική υγρασία. Το εύρος χρήσης του είναι από 0 έως 90% σχετική υγρασία. Το σήμα εξόδου του είναι γραμμικό και το μέγιστο ρεύμα εξόδου είναι $\pm 1\text{mA}$.

3.6.3 Αισθητήρας θερμοκρασίας

Ο αισθητήρας μετράει την θερμοκρασία με την βοήθεια του αισθητηρίου Pt1000 του οποίου η ηλεκτρική αντίσταση μεταβάλλεται ανάλογα με την θερμοκρασία του αέρα. Η μεταβολή στην αντίσταση μετατρέπεται σε δύο DC 0 έως 10V τα σήματα των οποίων δρουν ανεξάρτητα. Ένα DC σήμα αντιστοιχεί στο εύρος θερμοκρασίας από 0 έως 50°C , ενώ το άλλο από -35 έως $+35^{\circ}\text{C}$. Όπως και στον αισθητήρα υγρασίας έτσι και στον αισθητήρα θερμοκρασίας το σήμα εξόδου του είναι γραμμικό και το μέγιστο ρεύμα εξόδου είναι $\pm 1\text{mA}$.

3.7 Πίνακας ελέγχου διάταξης Υ.Τ

Ο πίνακας ελέγχου όπως φαίνεται στο σχήμα 3.5 χρησιμοποιείται για να ελέγξει και να ενεργοποιήσει τον εξοπλισμό δοκιμής υψηλής τάσης εναλλασσόμενου ρεύματος, συνεχούς ρεύματος αλλά και κρουστικές. Η τάση τροφοδοσίας του είναι 220V και ισχύ εισόδου 7KVA. Υπάρχουν κάποιοι διακόπτες και ενδείξεις ώστε να ελέγχουμε πλήρως την διάταξη μας.

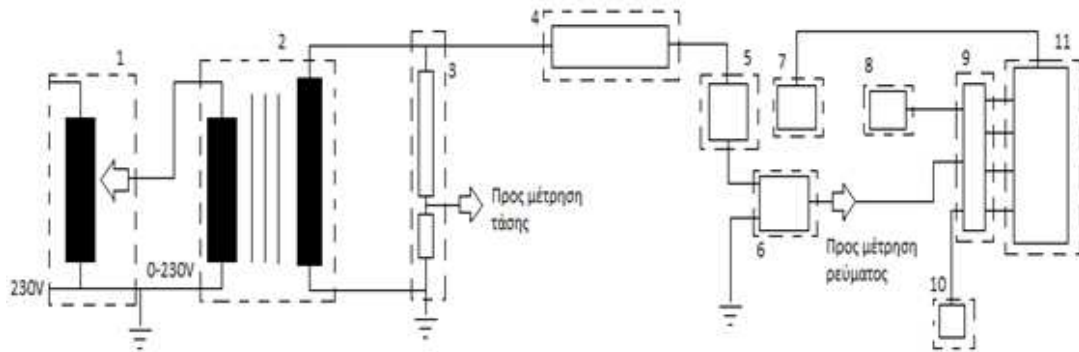


Σχήμα 3.6 Πίνακας ελέγχου

3.8 Ολοκληρωμένη διάταξη για την πραγματοποίηση των μετρήσεων

Στο σχήμα 3.3 απεικονίζεται η ολοκληρωμένη διάταξη που χρησιμοποιήθηκε για την εκπόνηση της πτυχιακής εργασίας. Αρχικά ο ηλεκτρονικός υπολογιστής στον οποίο είναι εγκατεστημένο το πρόγραμμα όπως αναλύθηκε στην παράγραφο 3.5 και είναι ρυθμισμένο να καταγράφει 80000 δείγματα με συχνότητα 2 kHz. Έχουμε επιλέξει το middle-trigger διότι θέλουμε να καταγράφει τα δεδομένα πριν αλλά και μετά την διάσπαση και σαν πηγή το κανάλι που μας ενδιαφέρει το οποίο στην προκειμένη περίπτωση είναι το ρεύμα. Στην κάρτα η οποία είναι συνδεδεμένη με τον ηλεκτρονικό υπολογιστή συνδέονται, ο αισθητήρας Hall ο οποίος μας δίνει το ρεύμα, ο αισθητήρας υγρασίας-θερμοκρασίας και ένα ομοαξονικό καλώδιο το οποίο μας έδινε την τάση.

Στην συνέχεια ο αισθητήρας Hall συνδέθηκε με την τηλεχειριζόμενη διάταξη μελέτης διακένων αέρος. Στην συγκεκριμένη έχει τοποθετηθεί μία κάμερα όπου με την βοήθεια του ηλεκτρονικού υπολογιστή είναι εφικτή η ρύθμιση της απόστασης των διακένων χωρίς να χρειαστεί η είσοδος στο κυκλίδωμα του εργαστηρίου Υ.Τ.. Ο πυκνωτής που χρησιμοποιείται για την παραγωγή της Ε.Υ.Τ. όπως φαίνεται και στο σχήμα 3.1 συνδέθηκε με ένα όργανο (TETROX) στο οποίο παρατηρούσαμε την τάση στην έξοδο του κυκλώματος.



- | | | |
|-------------------------|---|----------------------------------|
| 1. Variac | 2. Μ/Σ δοκιμής | 3. Χωρητικός καταμεριστής 100 pF |
| 4. Αντίσταση 43 ΚΩ | 5. Τηλεχειριζόμενη διάταξη μελέτης διακένων αέρος | 6. Αισθητήρας Hall |
| 7. Κάμερα | 8. Αισθητήρας υγρασίας-θερμοκρασίας | 9. Προσαρμογέας |
| 10. Βολτόμετρο (TETROX) | | 11. Ηλεκτρονικός υπολογιστής |

Σχήμα 3.7 Ολοκληρωμένη διάταξη μετρήσεων

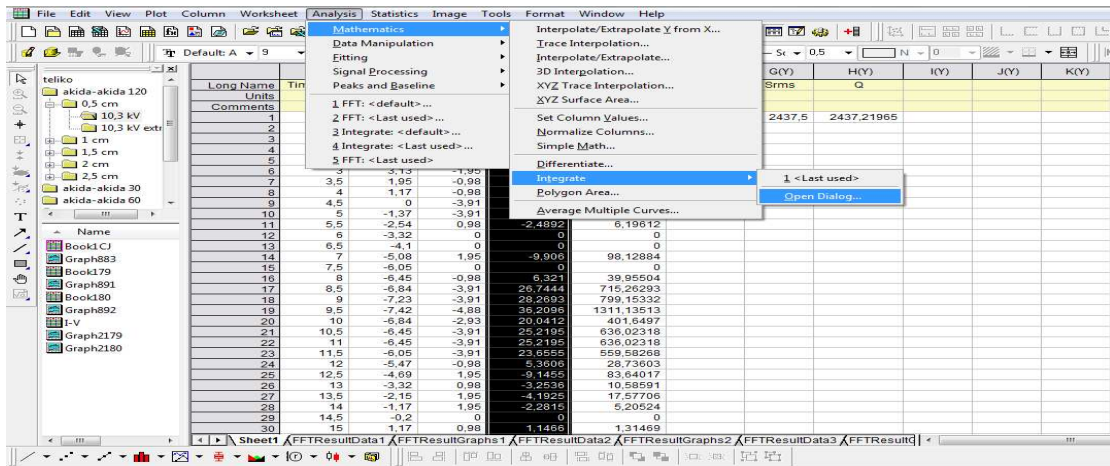
Κεφάλαιο 4 Μετρήσεις

4.1 Πραγματοποίηση μετρήσεων

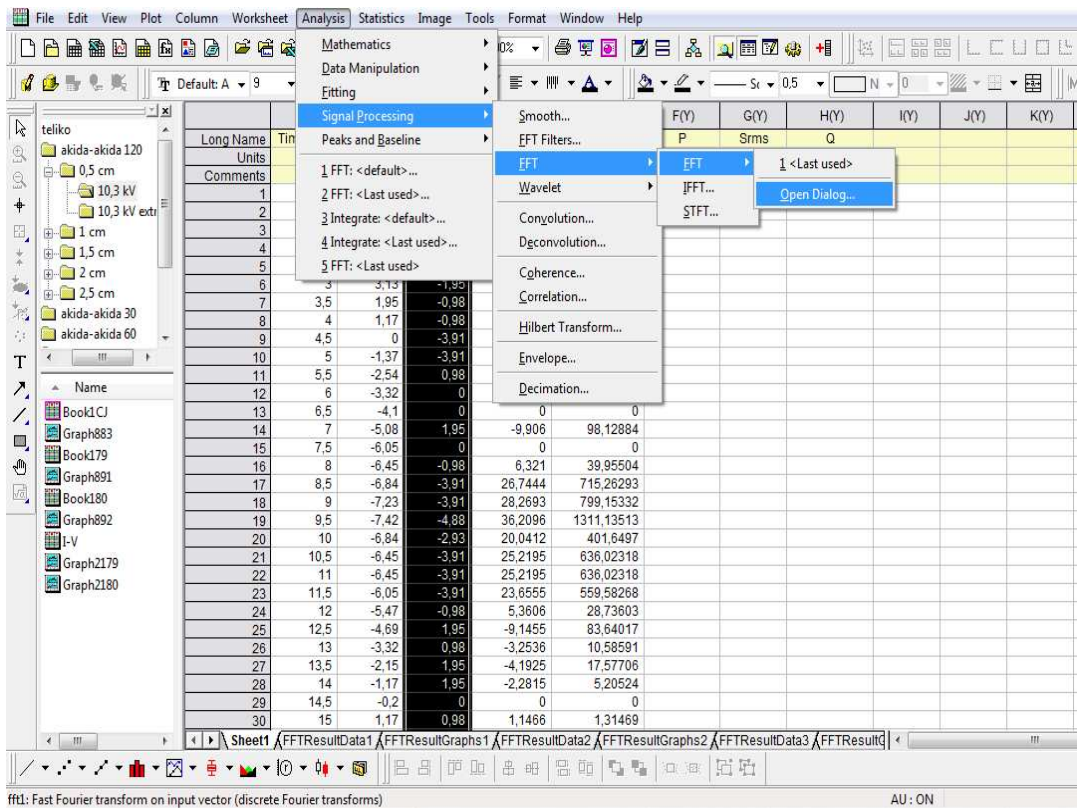
Αρχικά, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις σε οχτώ γεωμετρίες, ακίδα-ακίδα 30° , 60° , 90° και 120° και με την βοήθεια μιας πλάκας και μιας ακίδας από τις τέσσερις περιπτώσεις που αναφέρθηκαν προηγουμένως. Και στις οχτώ περιπτώσεις, γίνανε μετρήσεις σε πέντε διαφορετικά μήκη διακένων, ξεκινώντας από 0.5cm και αυξάνοντας την απόσταση ανά μισό εκατοστό (δηλαδή 0.5, 1, 1.5, 2 και 2.5cm), φθάνοντας μέχρι και τα 2.5cm.

Η εκπλήρωση των μετρήσεων έγινε με βάση το πρότυπο IEC 60060-1 (Edition 3.0 2009-10). Η τάση πρέπει να εφαρμόζεται στο αντικείμενο δοκιμής αρχίζοντας από μία τιμή αρκετά χαμηλή. Θα πρέπει να αυξηθεί αρκετά αργά για να επιτρέψει την ανάγνωση της τάσης στην έξοδο της διάταξης από το όργανο μέτρησης. Η τελευταία τιμή της τάσης πρέπει να καταγράφεται πριν από την στιγμή της εκκένωσης. Αυτό πρέπει να επαναλαμβάνεται δέκα φορές όπως ορίστηκε, ώστε να δώσει μία σειρά μετρήσεων. Η τιμή της τάσης θα διατηρηθεί για τον καθορισμένο χρόνο που στην συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία ήταν 60s, σε διάφορα στάδια της, κοντά στην τάση εκκένωσης και η μείωση της πρέπει να είναι σταδιακή, όχι όμως ξαφνική, καθώς αυτό μπορεί να προκαλέσει βλάβη ή εσφαλμένα αποτελέσματα.

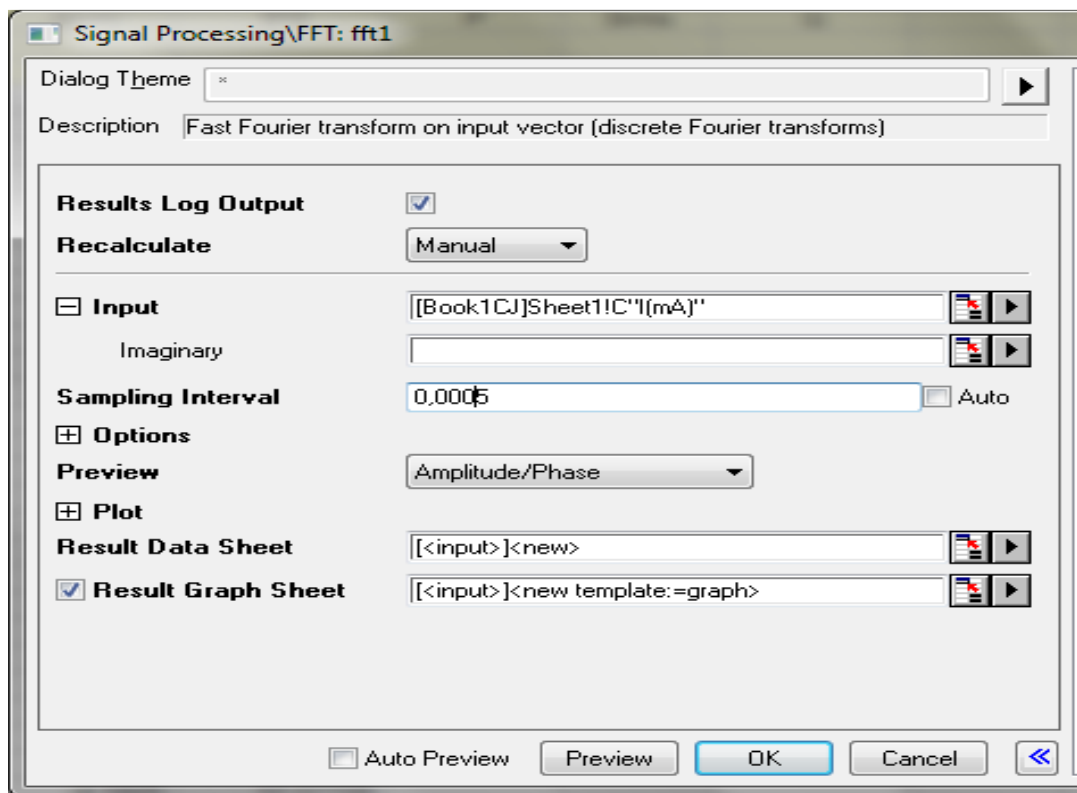
Για την επεξεργασία των μετρήσεων και για την υλοποίηση των γραφικών που φαίνονται παρακάτω χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Origin. Οι επιλογές από το πρόγραμμα αυτό ήταν ο μετασχηματισμός Fourier αλλά και το ολοκλήρωμα ώστε να έχουμε το επιθυμητό αποτέλεσμα. Ο τρόπος που ακολουθήθηκε για τον μετασχηματισμό Fourier φαίνεται στα σχήματα 4.2 και 4.3. Στο σχήμα 4.3 και στην επιλογή sampling interval τοποθετούμε την συχνότητα δειγματοληψίας που έχουμε. Στο σχήμα 4.1 φαίνεται η διαδικασία που ακολουθήθηκε ώστε να έχουμε σαν αποτέλεσμα το ολοκλήρωμα.



Σχήμα 4.1 Διαδικασία ολοκλήρωματος

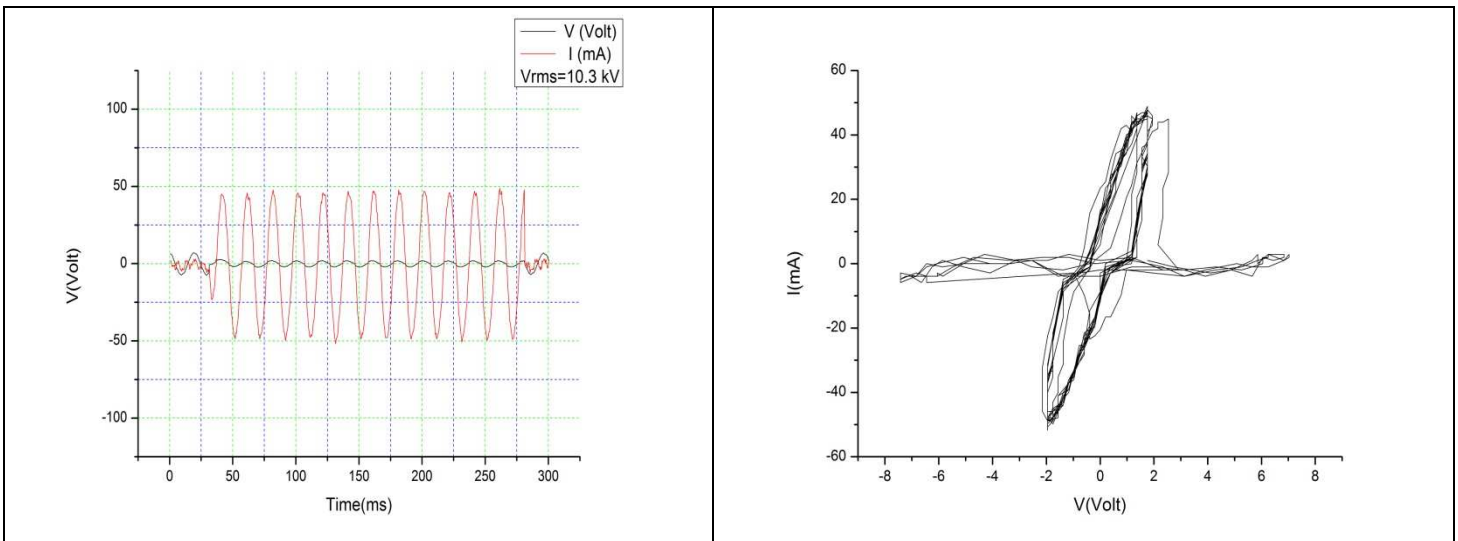


Σχήμα 4.2 Επιλογή για μετασχηματισμό Fourier



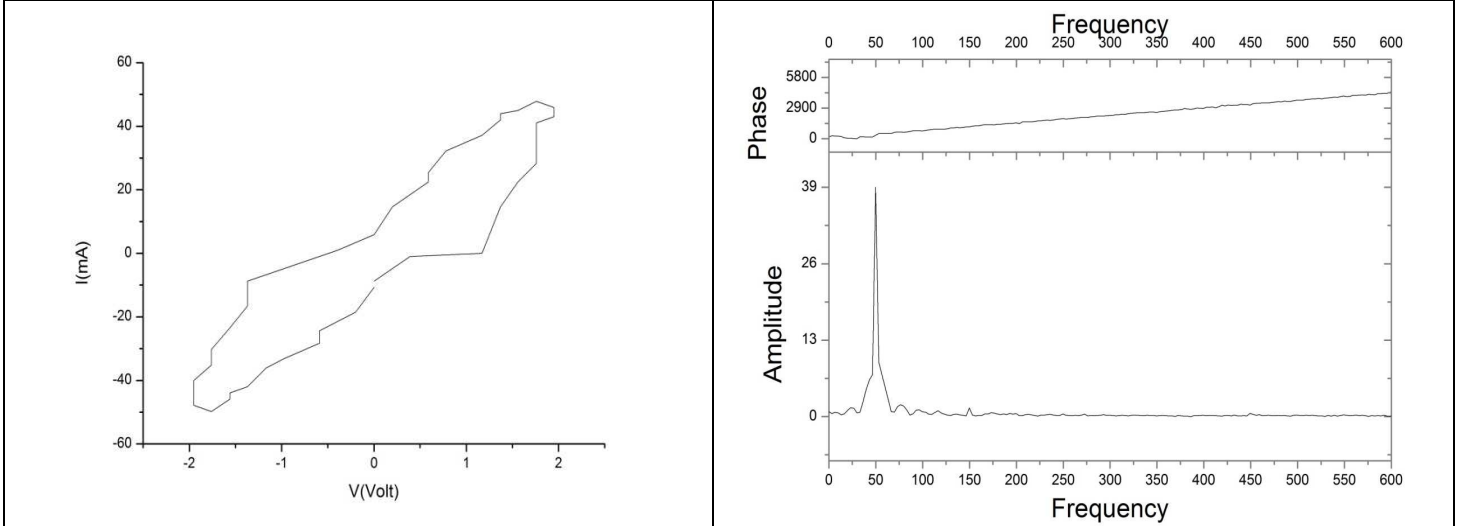
Σχήμα 4.3 Μετασχηματισμός Fourier

4.2 Αποτελέσματα από την επεξεργασία των μετρήσεων



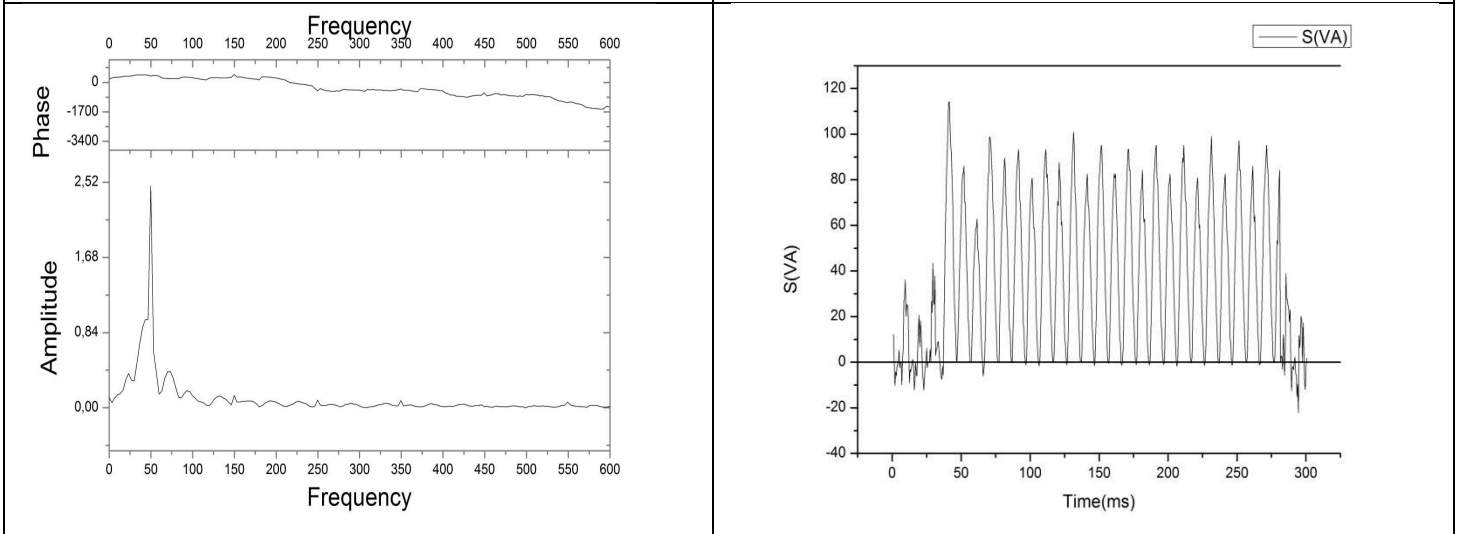
(a) Διάγραμμα χρόνου-τάσης-ρεύμα

(b) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος



(c) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος περιόδου

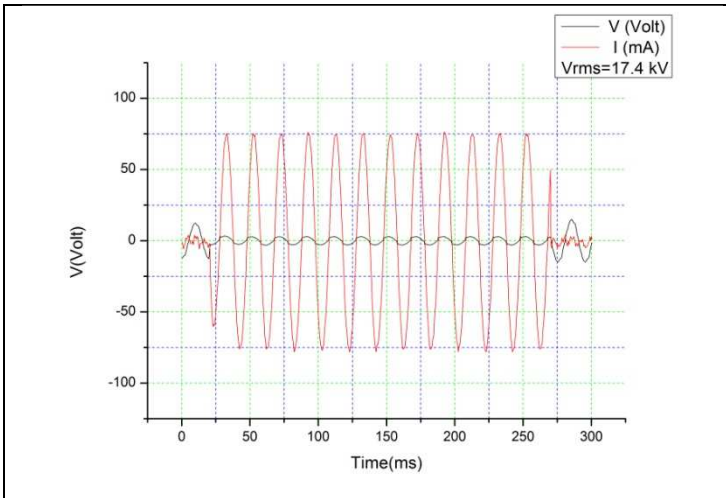
(d) Διάγραμμα ρεύματος-συχνότητας (FFT)



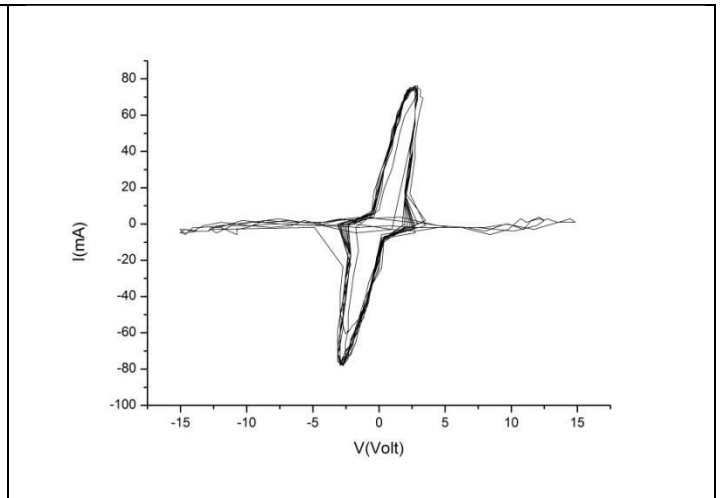
(e) Διάγραμμα τάσης-συχνότητας (FFT)

(f) Διάγραμμα χρόνου-φαινόμενης ισχύς

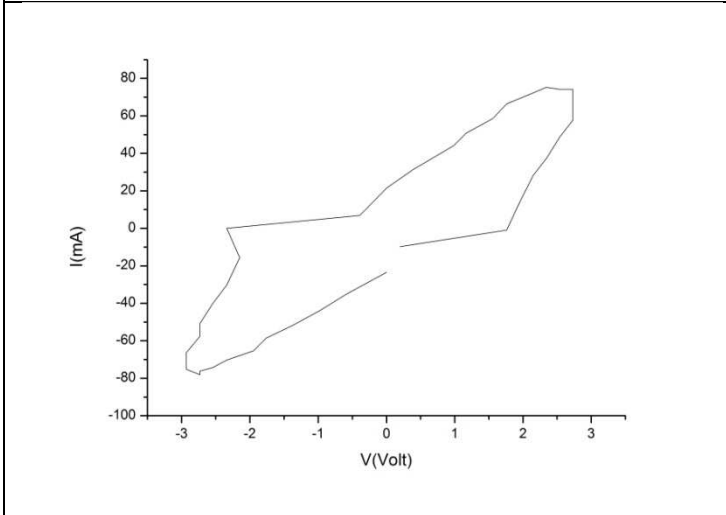
Γεωμετρία Ακίδα-Ακίδα 120° διάκενο 0.5cm



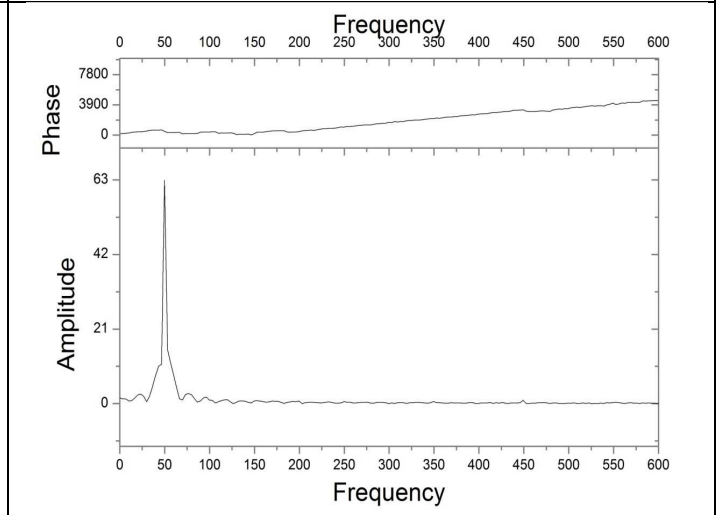
(a) Διάγραμμα χρόνου-τάσης-ρεύμα



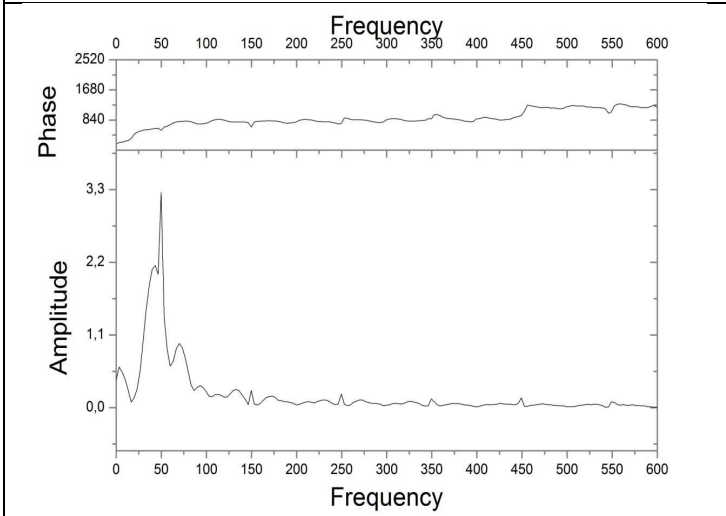
(b) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος



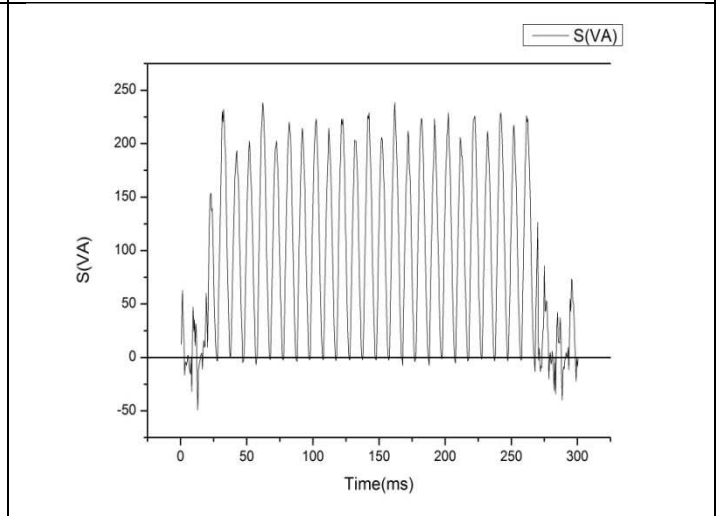
(c) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος περιόδου



(d) Διάγραμμα ρεύματος-συχνότητας (FFT)

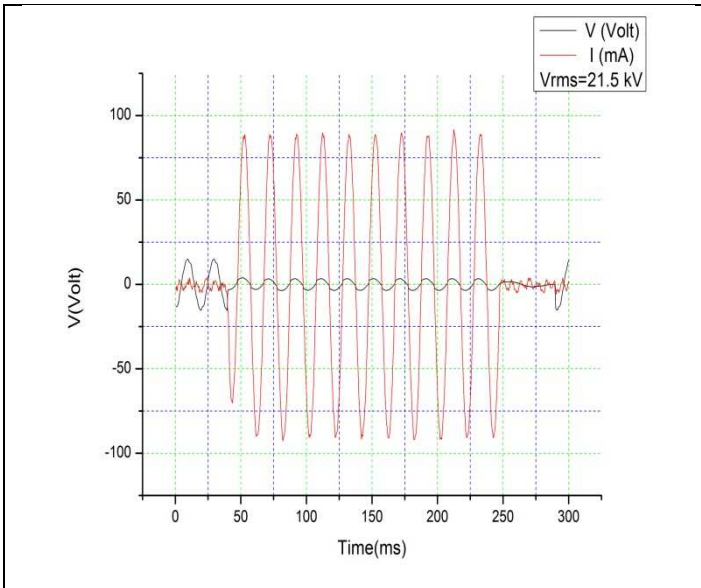


(e) Διάγραμμα τάσης-συχνότητας (FFT)

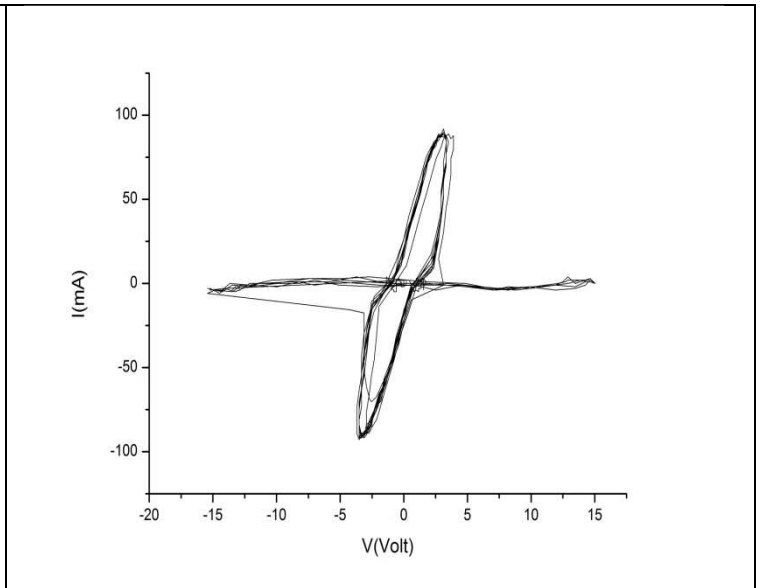


(f) Διάγραμμα χρόνου-φαινόμενης ισχύς

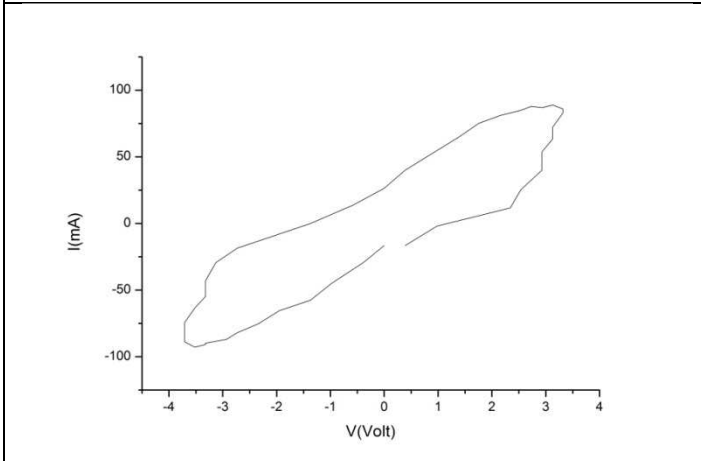
Γεωμετρία Ακίδα-Ακίδα 120° διάκενο 1cm



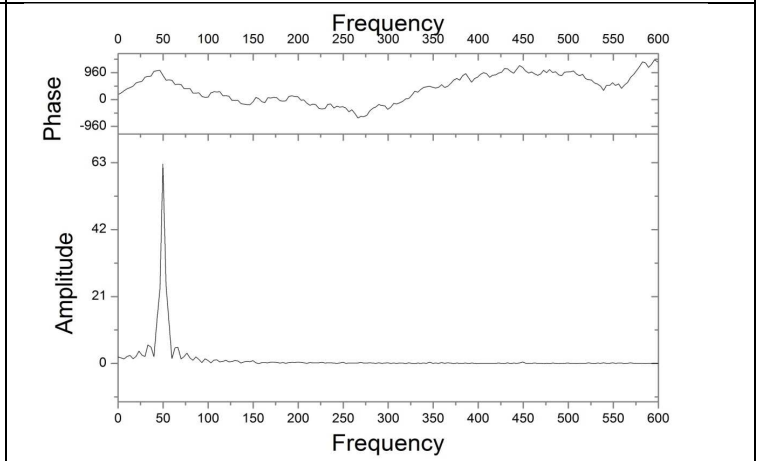
(a) Διάγραμμα χρόνου-τάσης-ρεύμα



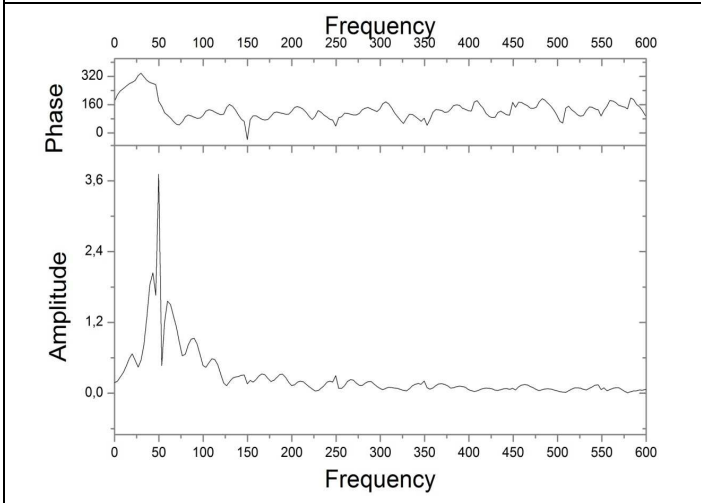
(b) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος



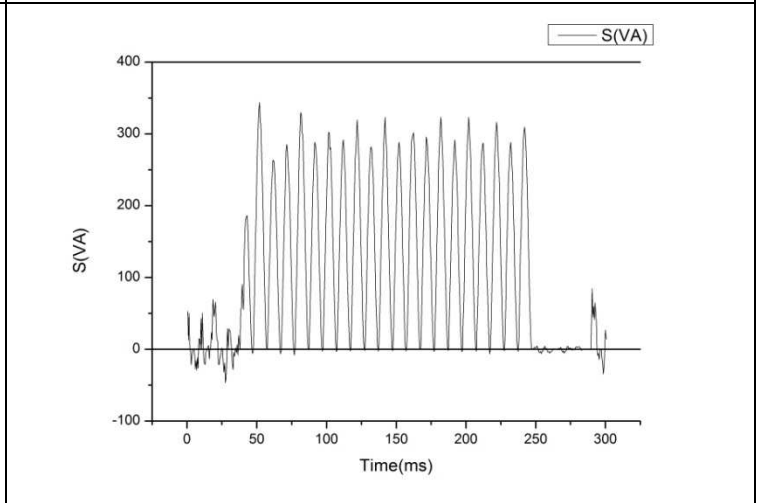
(c) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος περιόδου



(d) Διάγραμμα ρεύματος-συχνότητας (FFT)

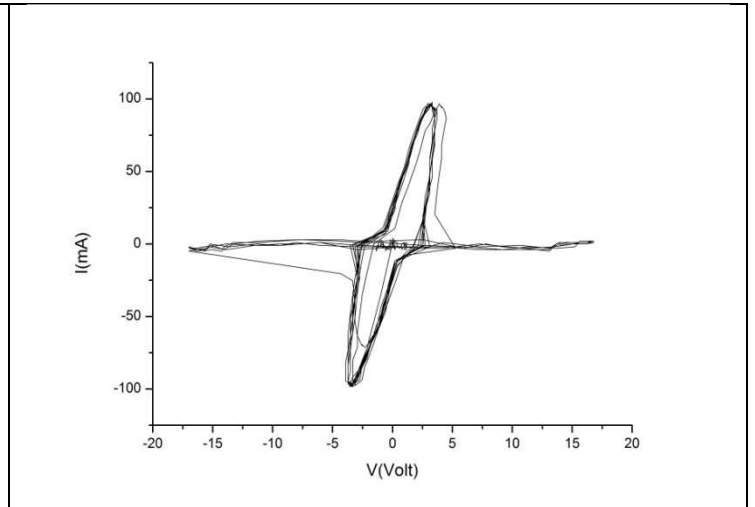
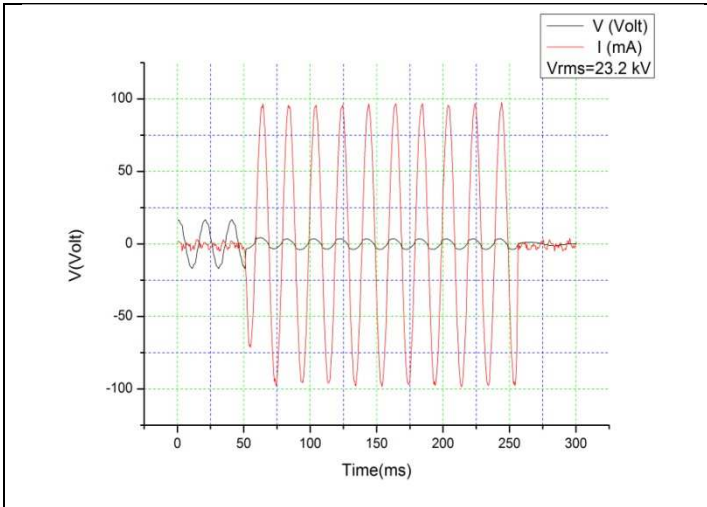


(e) Διάγραμμα τάσης-συχνότητας (FFT)



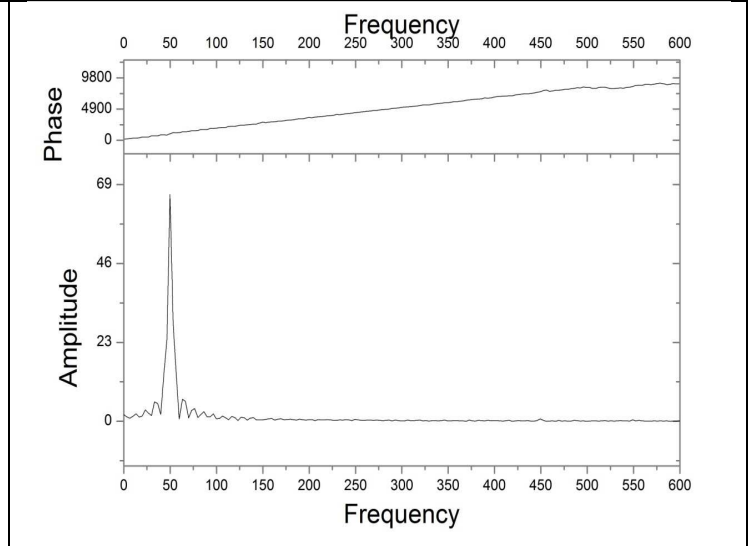
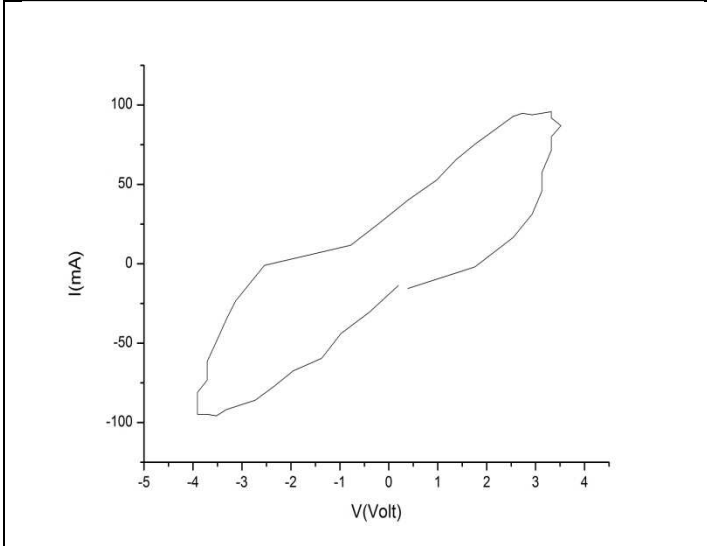
(f) Διάγραμμα χρόνου-φαινόμενης ισχύς

Γεωμετρία Ακίδα-Ακίδα 120° διάκενο 1.5 cm



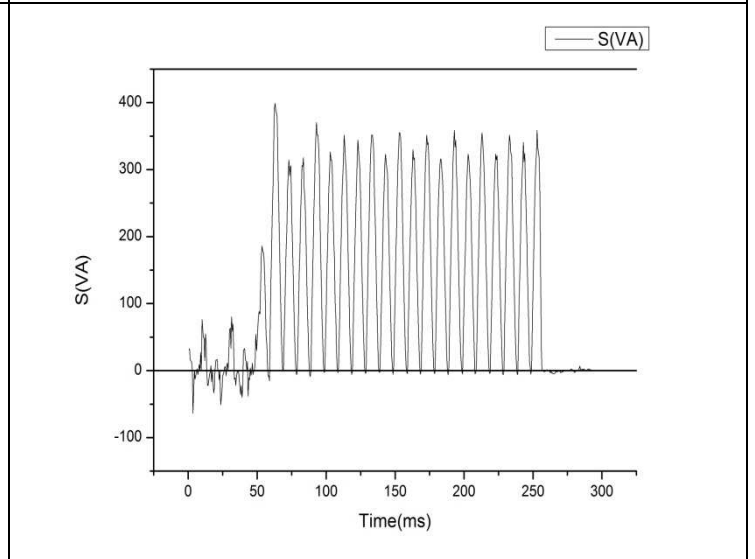
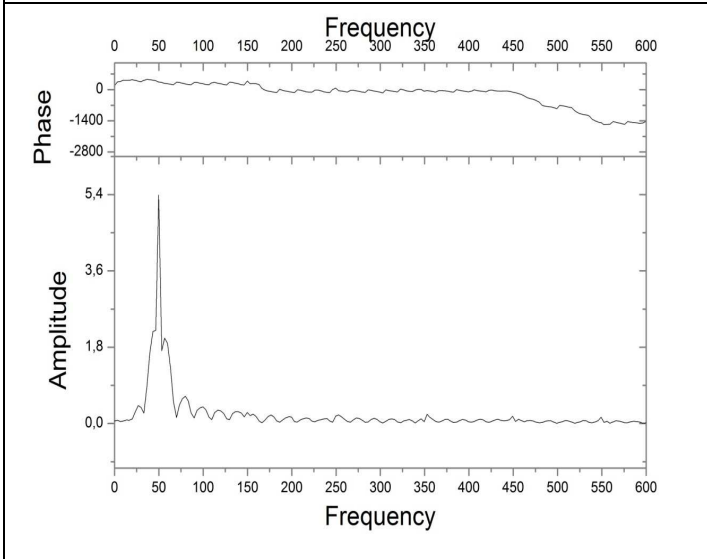
(a) Διάγραμμα χρόνου-τάσης-ρεύμα

(b) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος



(c) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος περιόδου

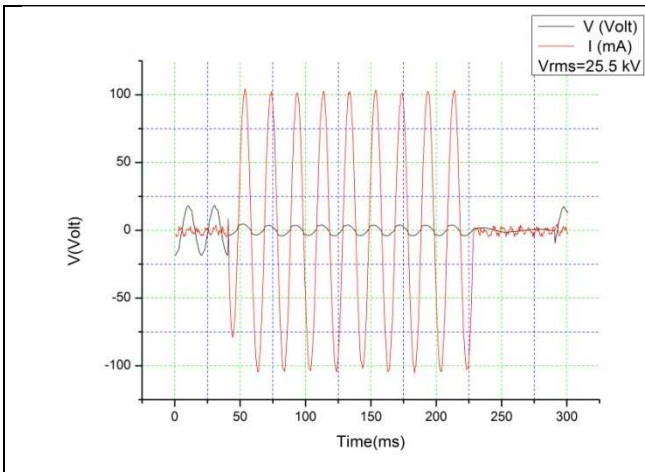
(d) Διάγραμμα ρεύματος-συχνότητας (FFT)



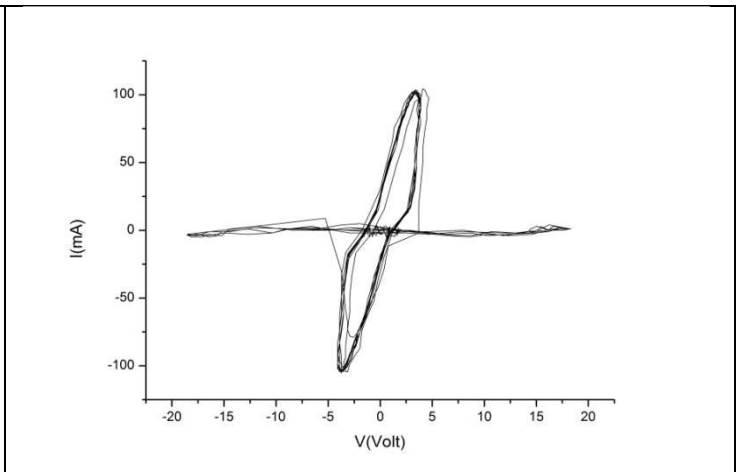
(e) Διάγραμμα τάσης-συχνότητας (FFT)

(f) Διάγραμμα χρόνου-φαινόμενης ισχύς

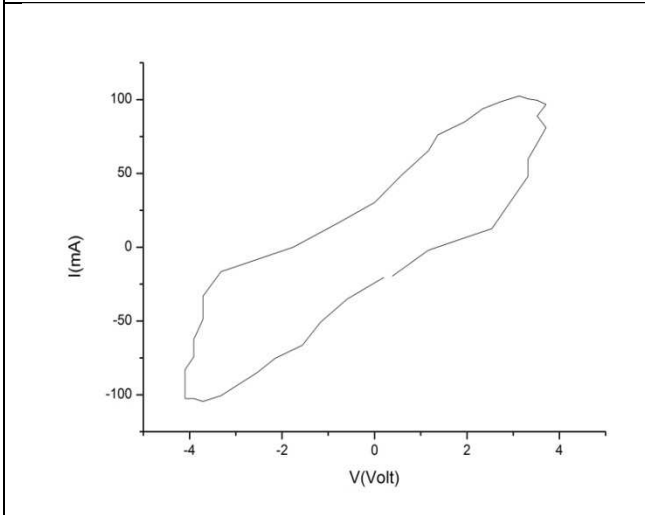
Γεωμετρία Ακίδα-Ακίδα 120° διάκενο 2 cm



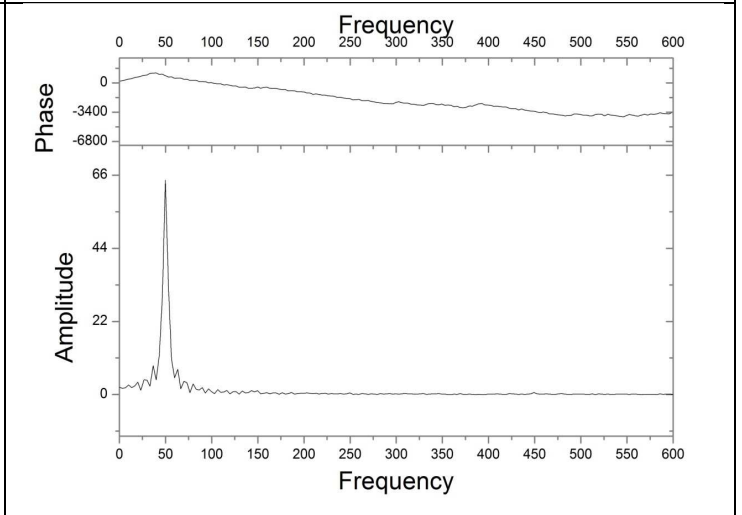
(a) Διάγραμμα χρόνου-τάσης-ρεύμα



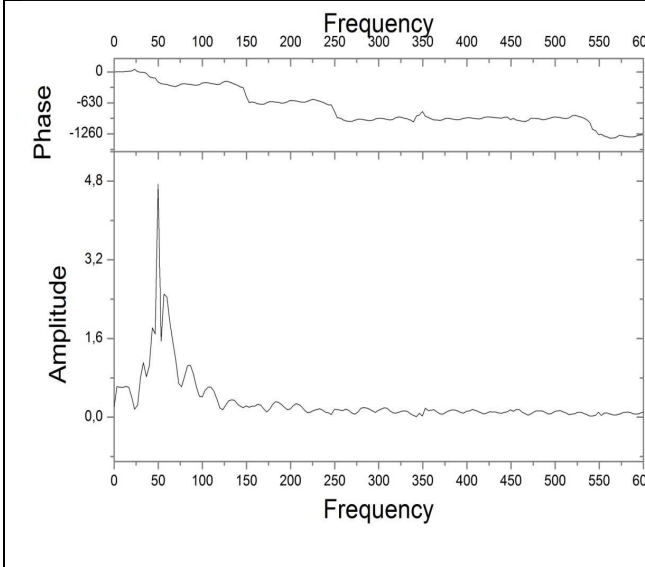
(b) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος



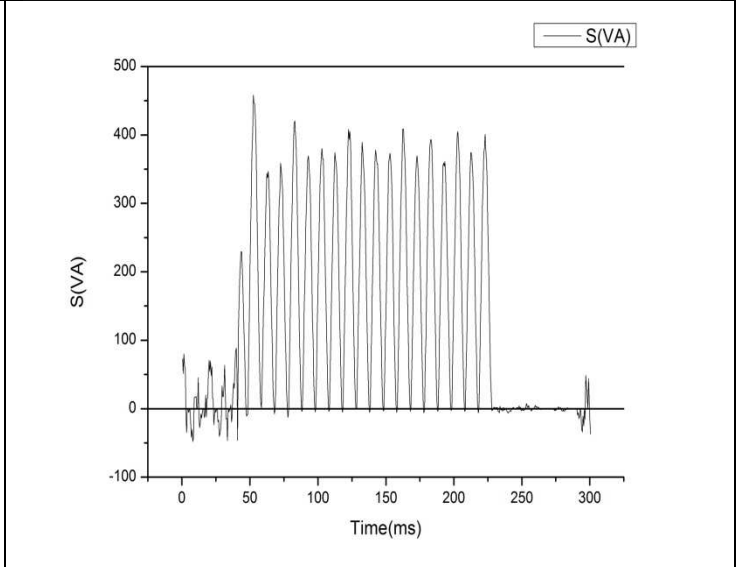
(c) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος περιόδου



(d) Διάγραμμα ρεύματος-συχνότητας (FFT)

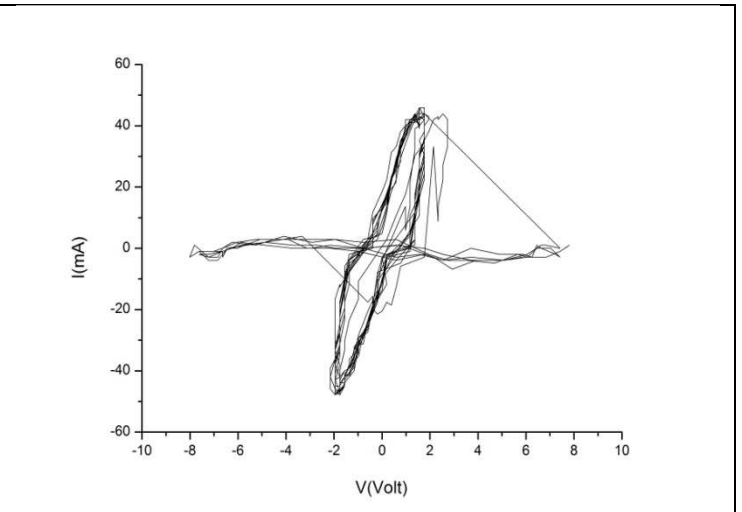
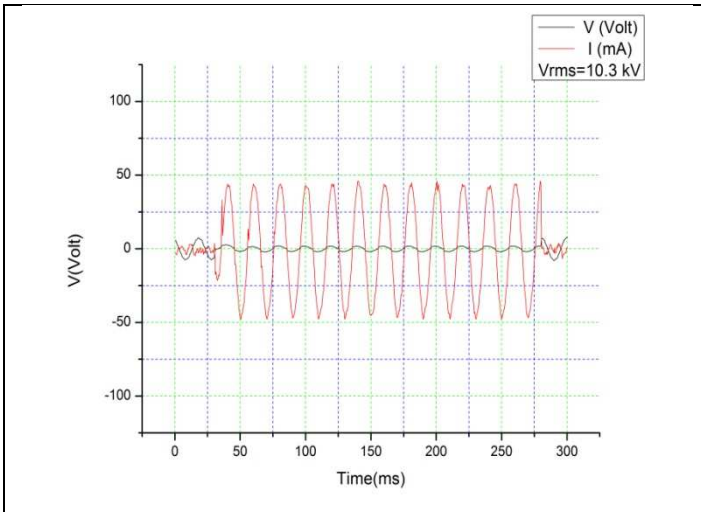


(e) Διάγραμμα τάσης-συχνότητας (FFT)



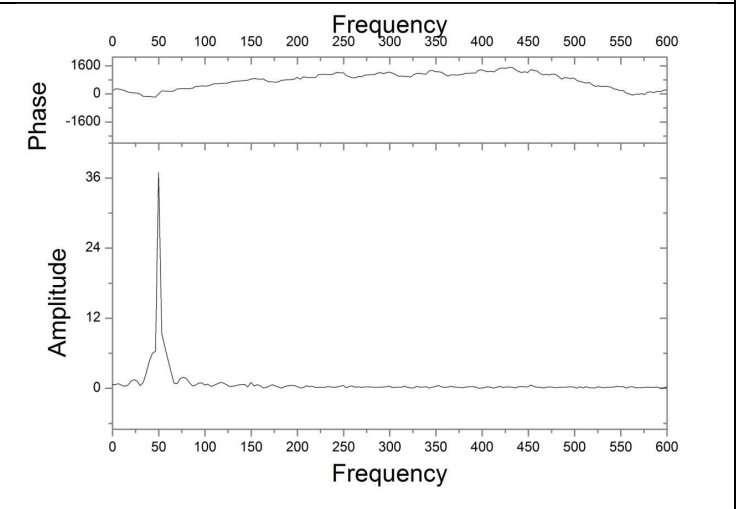
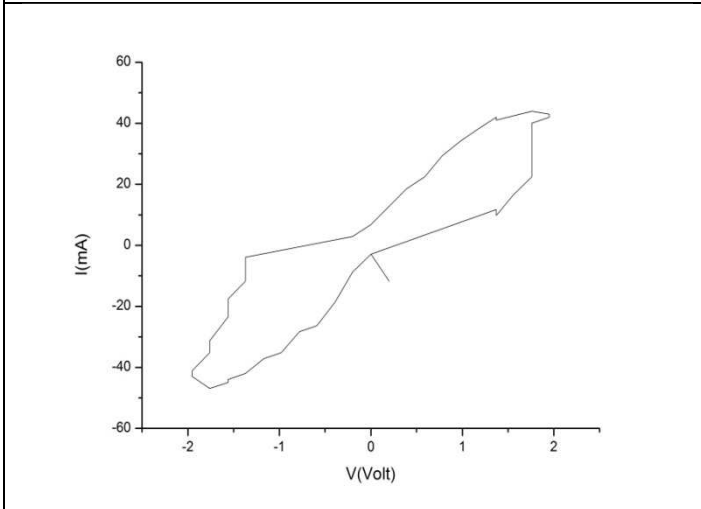
(f) Διάγραμμα χρόνου-φαινόμενης ισχύς

Γεωμετρία Ακίδα-Ακίδα 120° διάκενο 2.5 cm



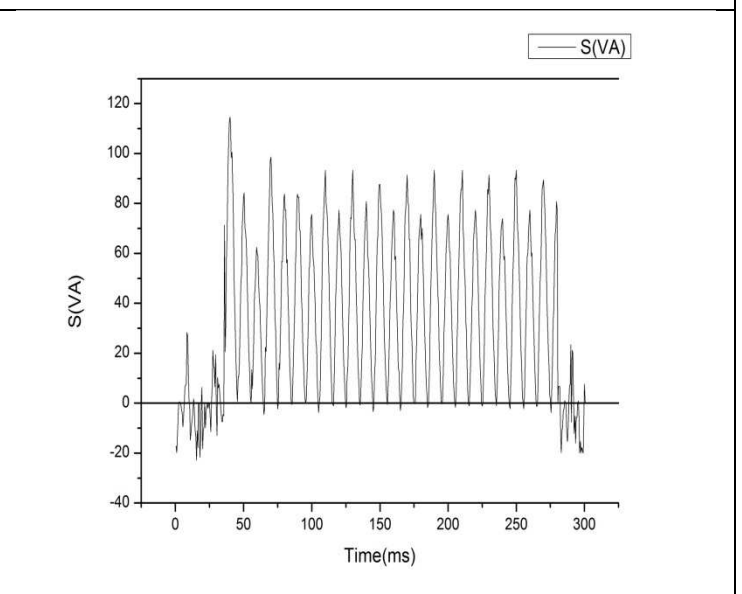
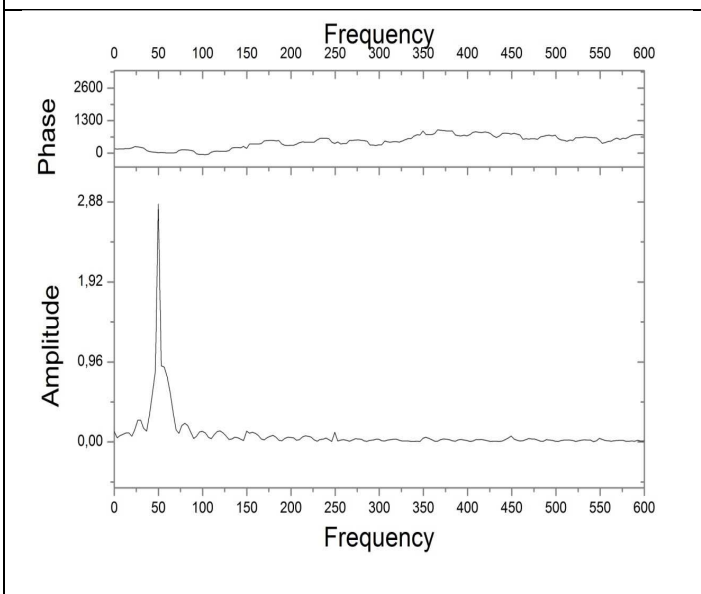
(a) Διάγραμμα χρόνου-τάσης-ρεύμα

(b) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος



(c) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος περιόδου

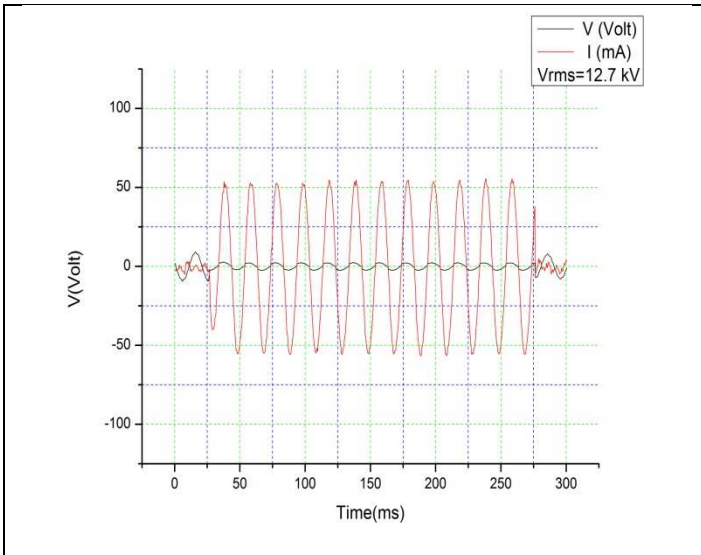
(d) Διάγραμμα ρεύματος-συχνότητας (FFT)



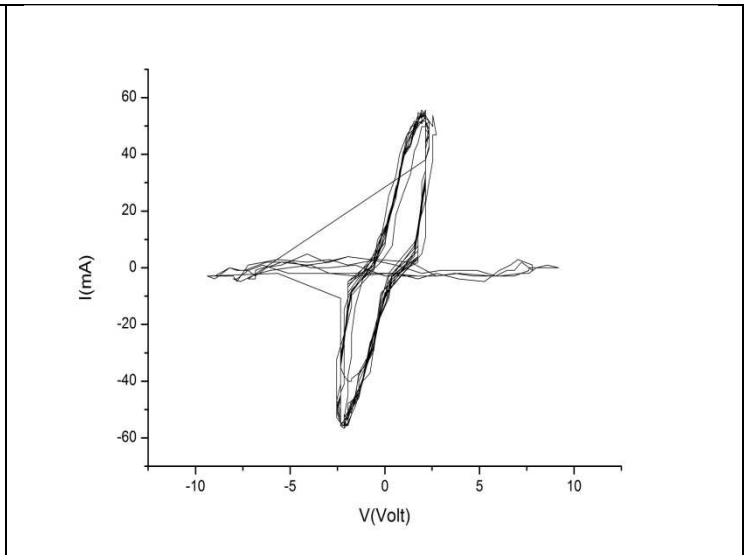
(e) Διάγραμμα τάσης-συχνότητας (FFT)

(f) Διάγραμμα χρόνου-φαινόμενης ισχύς

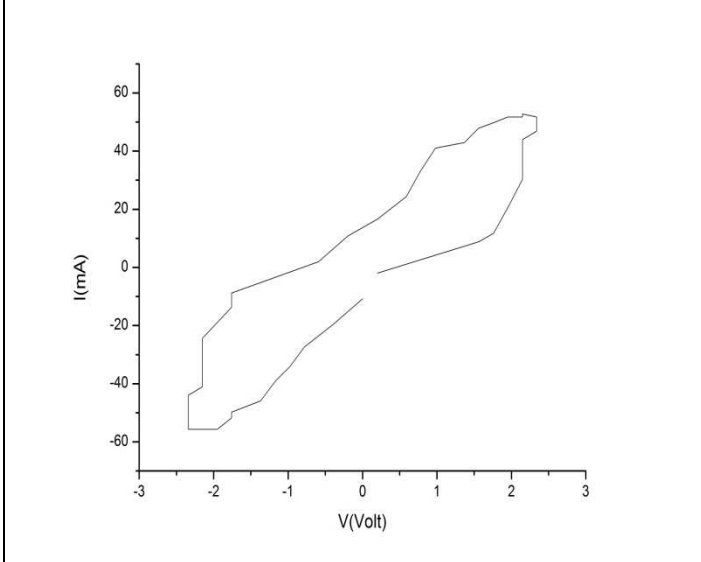
Γεωμετρία Ακίδα-Ακίδα 90° διάκενο 0.5 cm



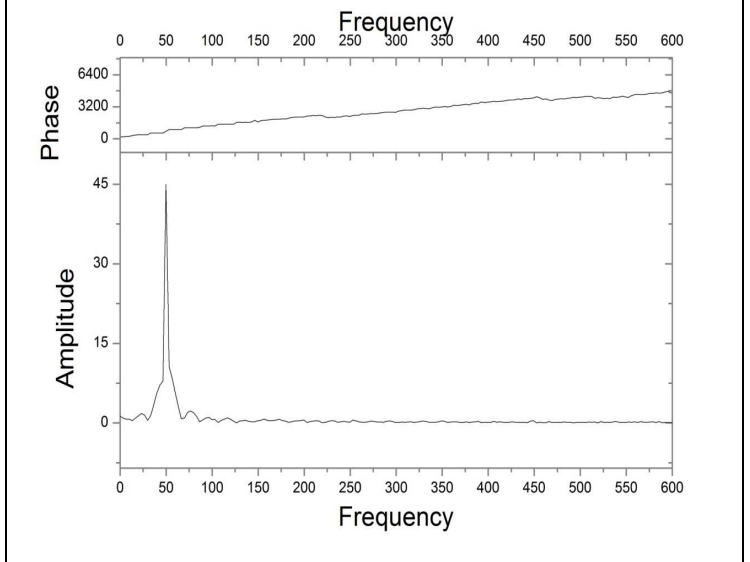
(a) Διάγραμμα χρόνου-τάσης-ρεύμα



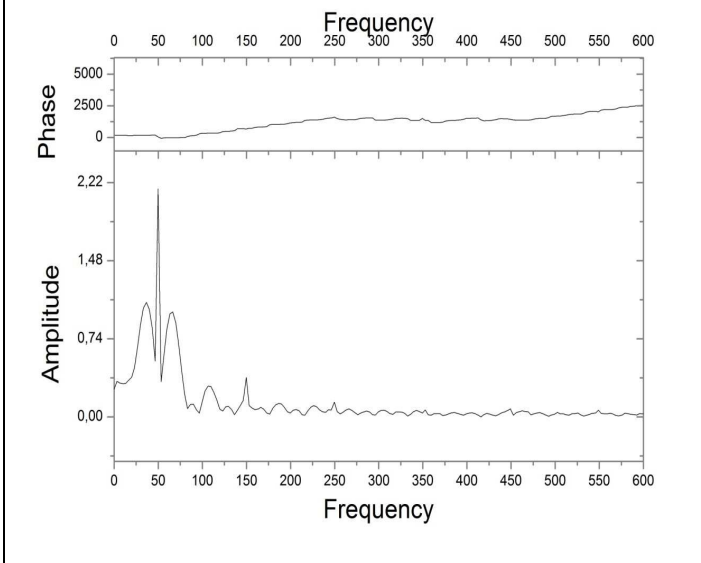
(b) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος



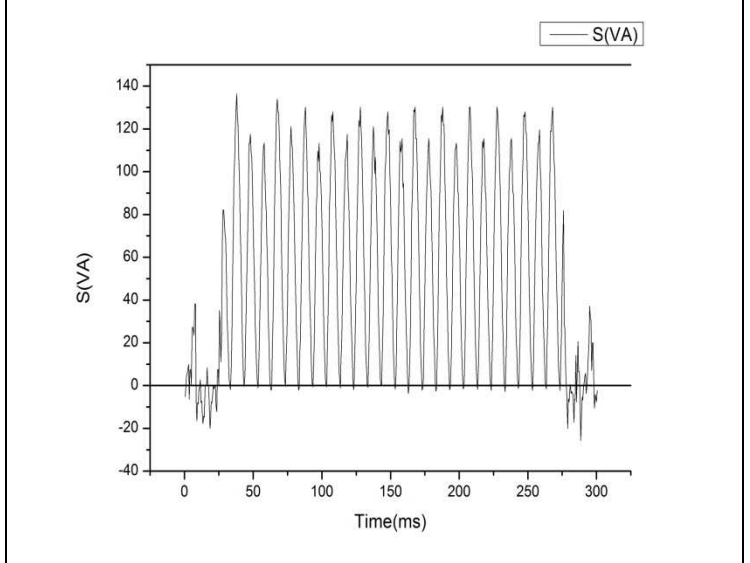
(c) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος περιόδου



(d) Διάγραμμα ρεύματος-συχνότητας (FFT)

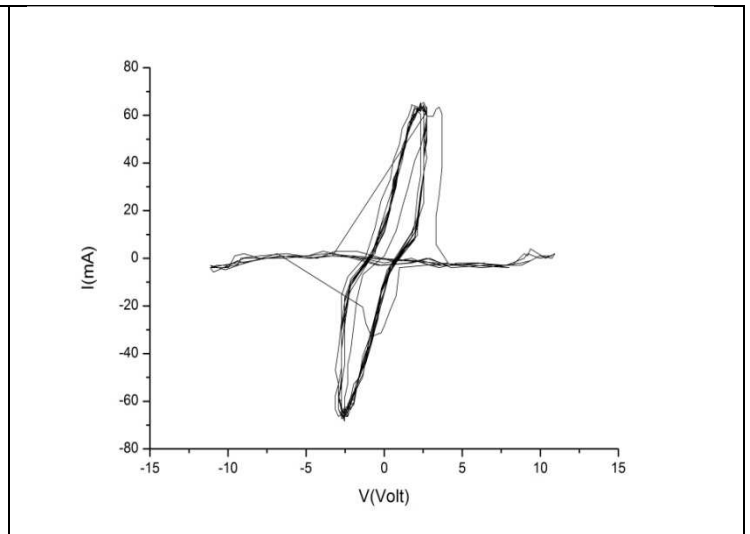
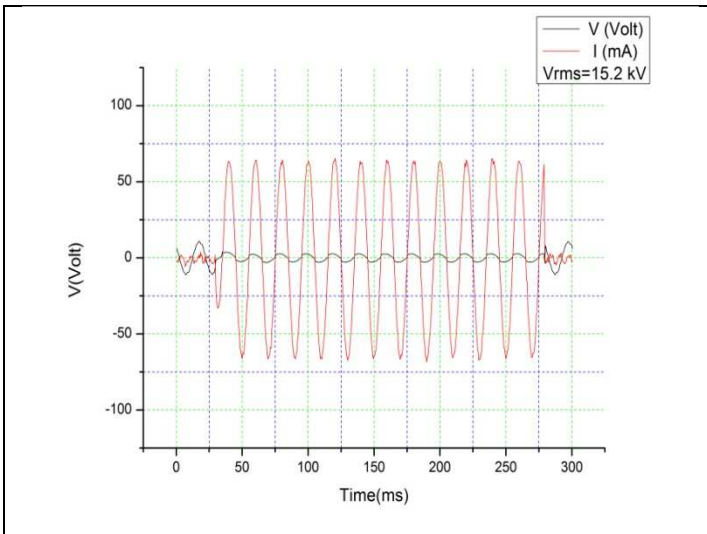


(e) Διάγραμμα τάσης-συχνότητας (FFT)



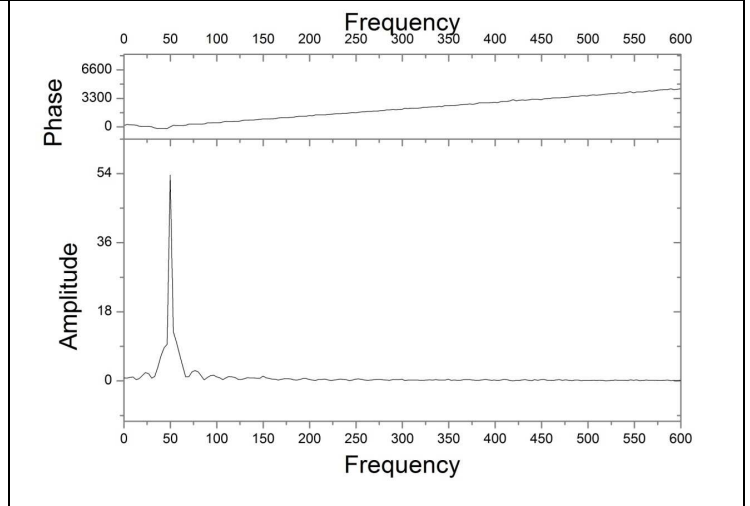
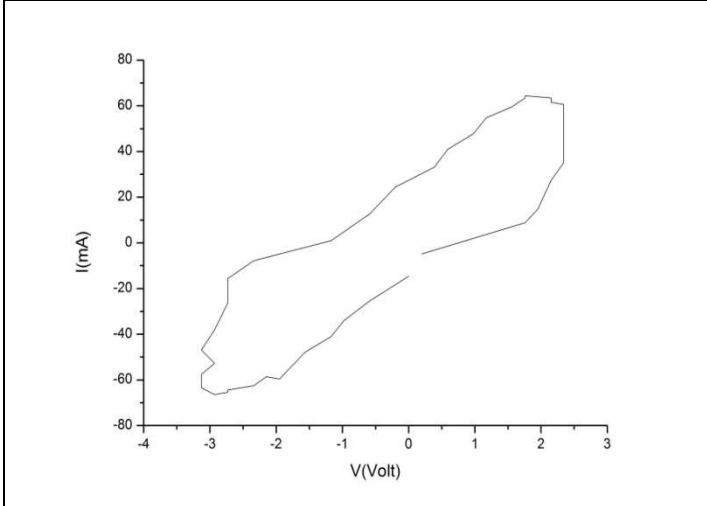
(f) Διάγραμμα χρόνου-φαινόμενης ισχύς

Γεωμετρία Ακίδα-Ακίδα 90° διάκενο 1 cm



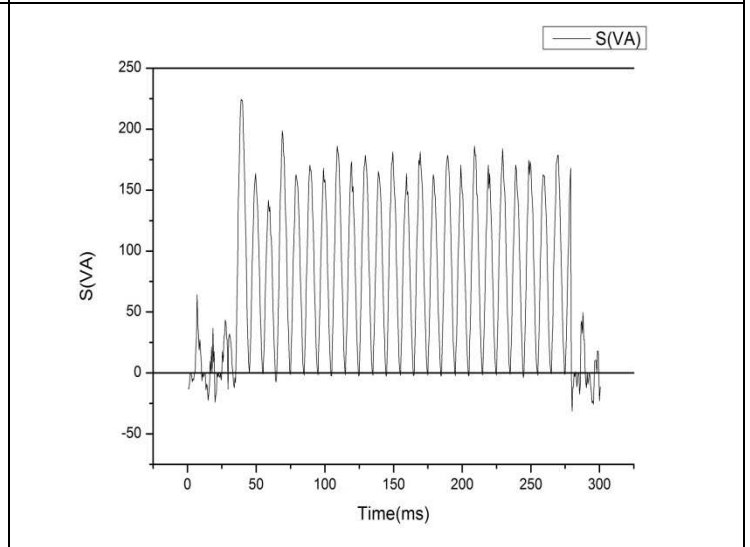
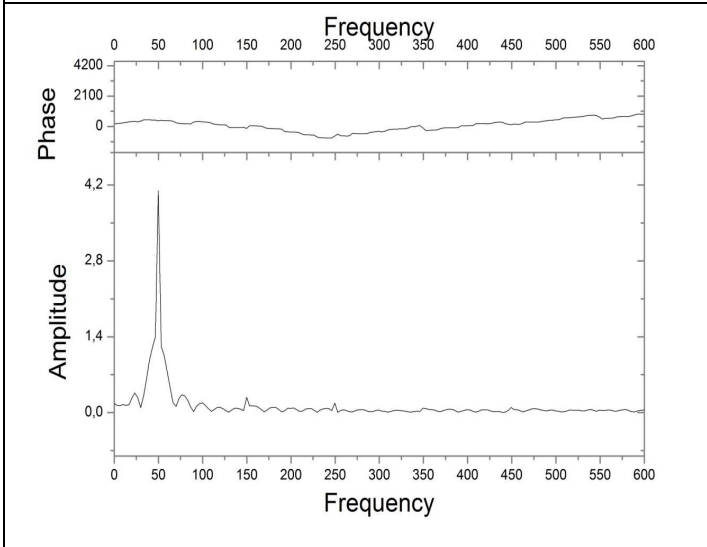
(a) Διάγραμμα χρόνου-τάσης-ρεύμα

(b) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος



(c) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος περιόδου

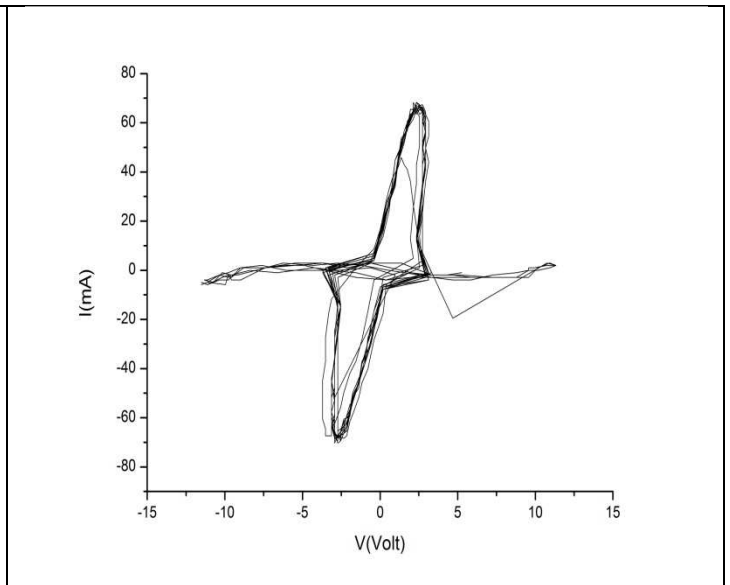
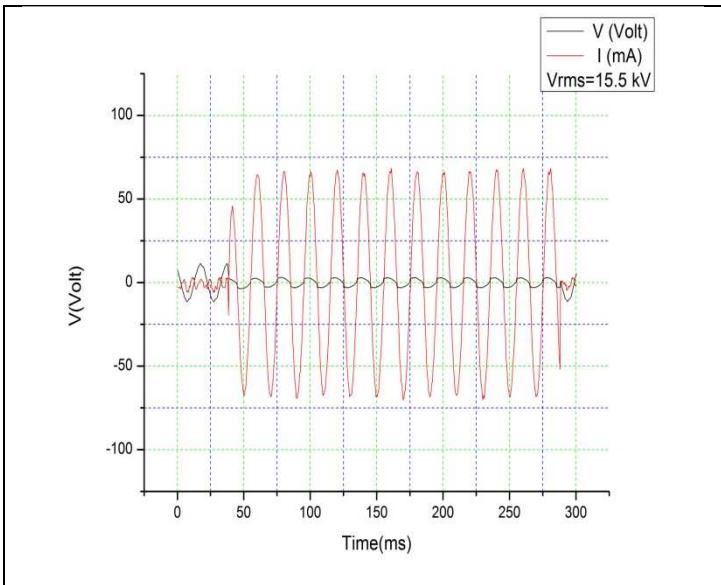
(d) Διάγραμμα ρεύματος-συχνότητας (FFT)



(e) Διάγραμμα τάσης-συχνότητας (FFT)

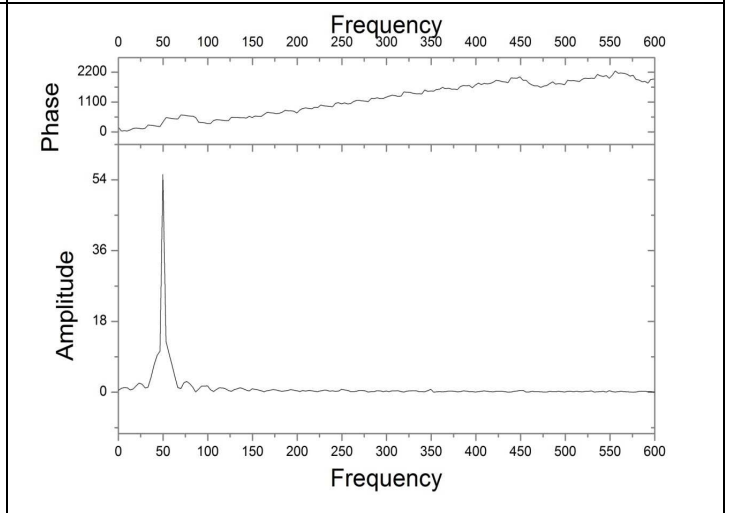
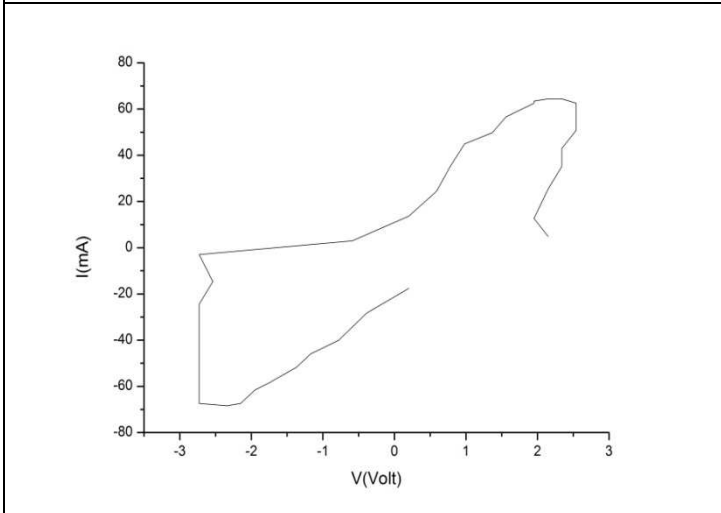
(f) Διάγραμμα χρόνου-φαινόμενης ισχύς

Γεωμετρία Ακίδα-Ακίδα 90⁰ διάκενο 1.5 cm



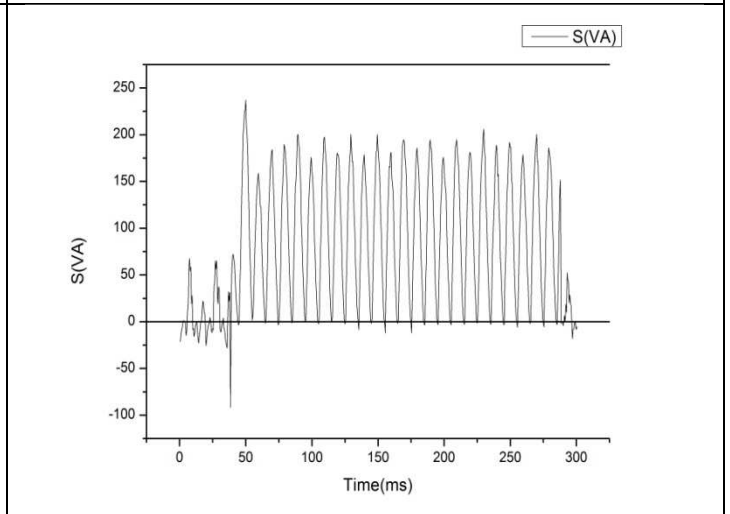
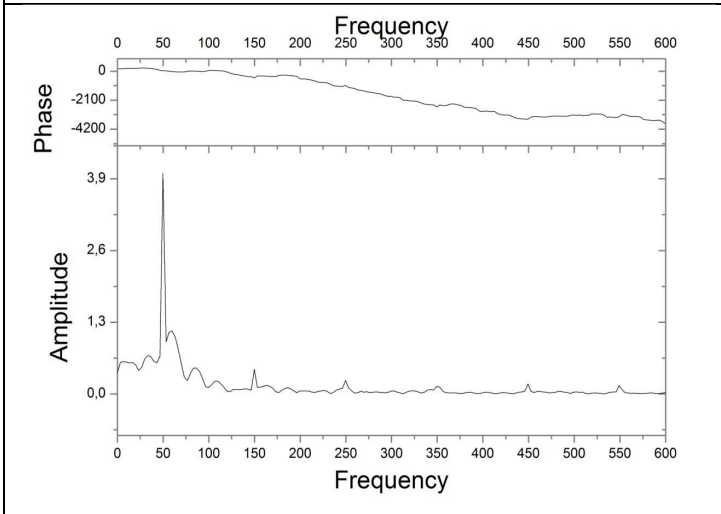
(a) Διάγραμμα χρόνου-τάσης-ρεύμα

(b) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος



(c) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος περιόδου

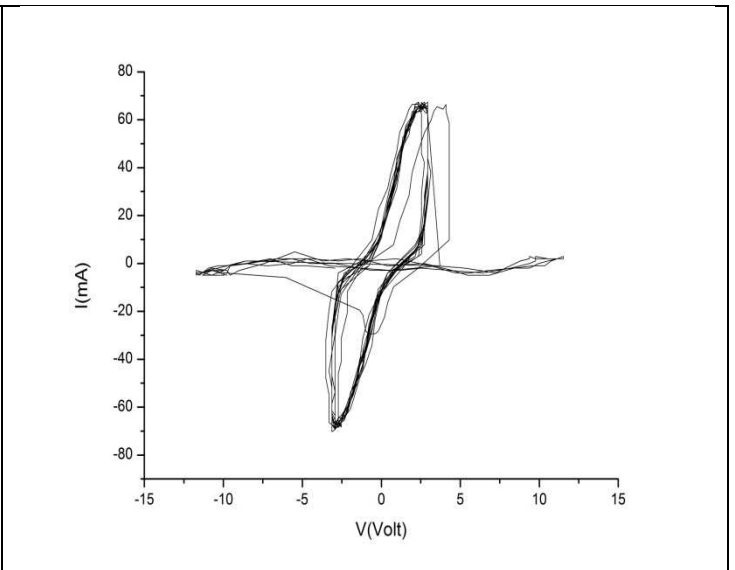
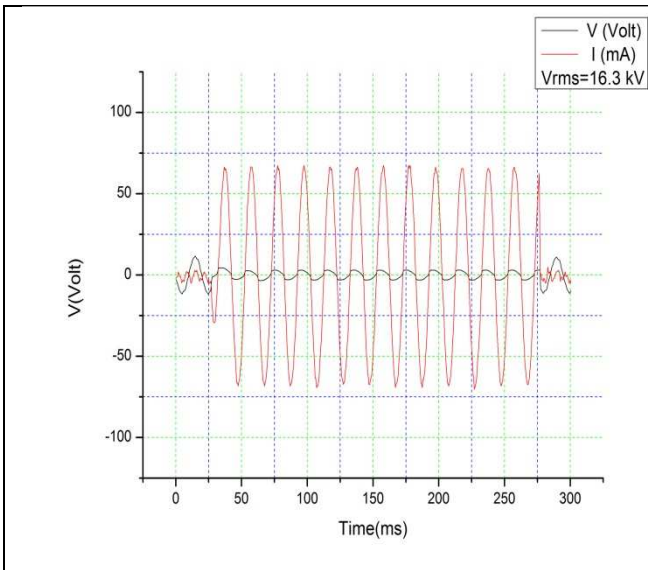
(d) Διάγραμμα ρεύματος-συχνότητας (FFT)



(e) Διάγραμμα τάσης-συχνότητας (FFT)

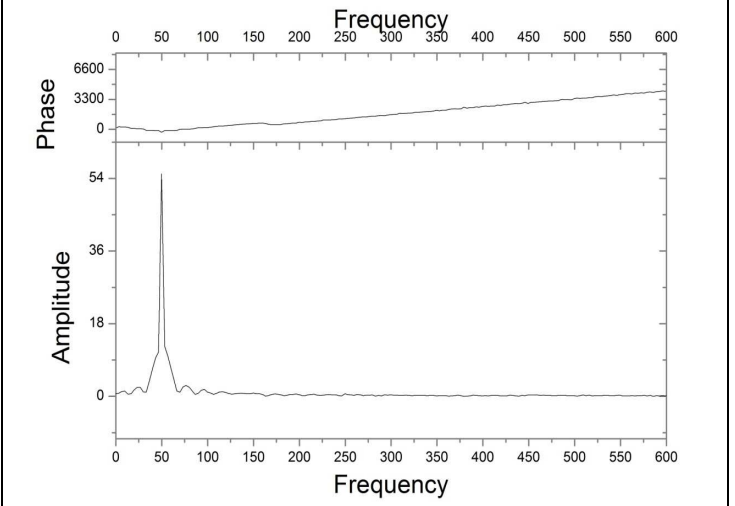
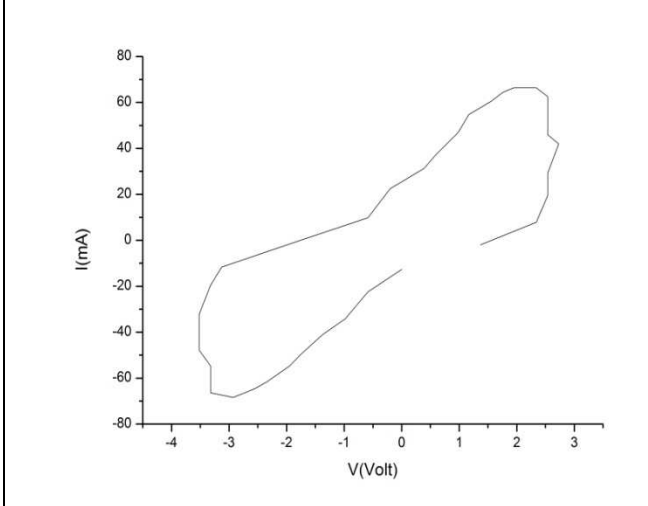
(f) Διάγραμμα χρόνου-φαινόμενης ισχύς

Γεωμετρία Ακίδα-Ακίδα 90° διάκενο 2 cm



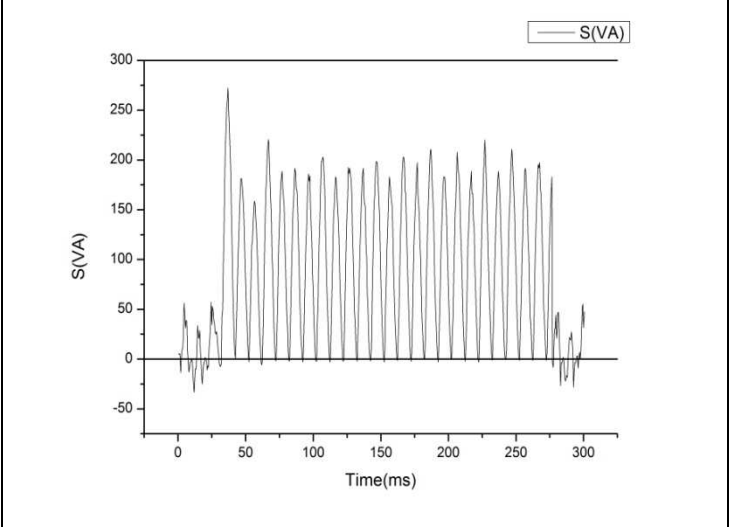
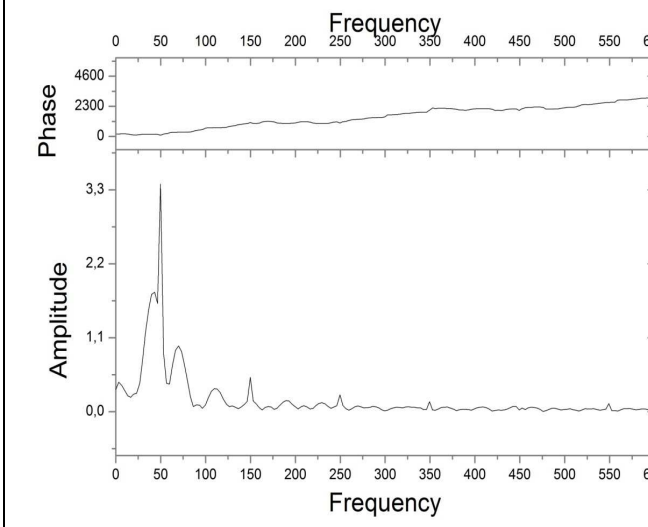
(a) Διάγραμμα χρόνου-τάσης-ρεύμα

(b) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος



(c) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος περιόδου

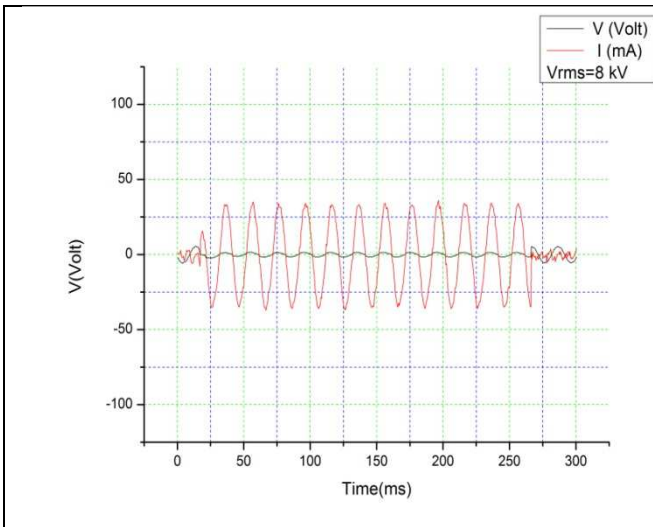
(d) Διάγραμμα ρεύματος-συχνότητας (FFT)



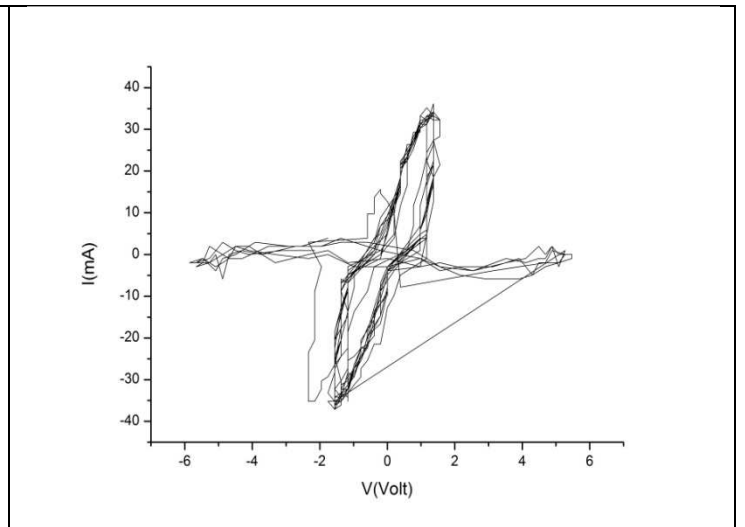
(e) Διάγραμμα τάσης-συχνότητας (FFT)

(f) Διάγραμμα χρόνου-φαινόμενης ισχύς

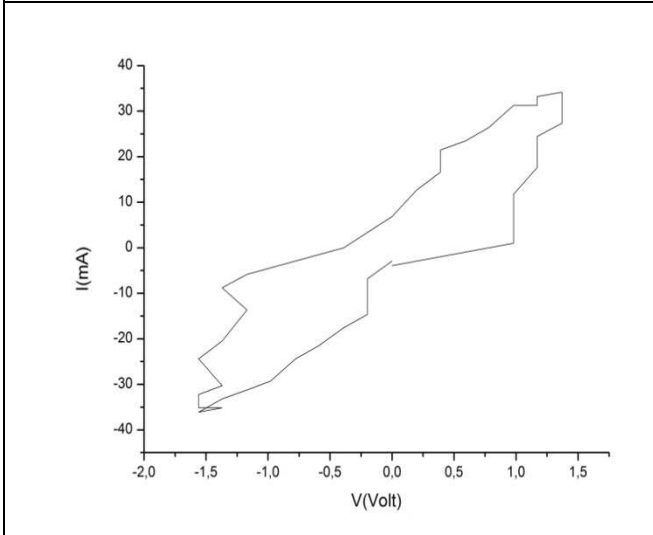
Γεωμετρία Ακίδα-Ακίδα 90° διάκενο 2.5 cm



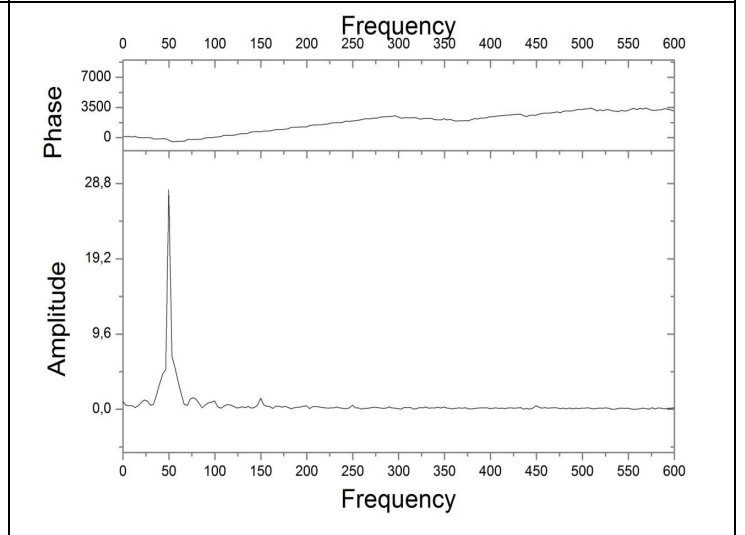
(a) Διάγραμμα χρόνου-τάσης-ρεύμα



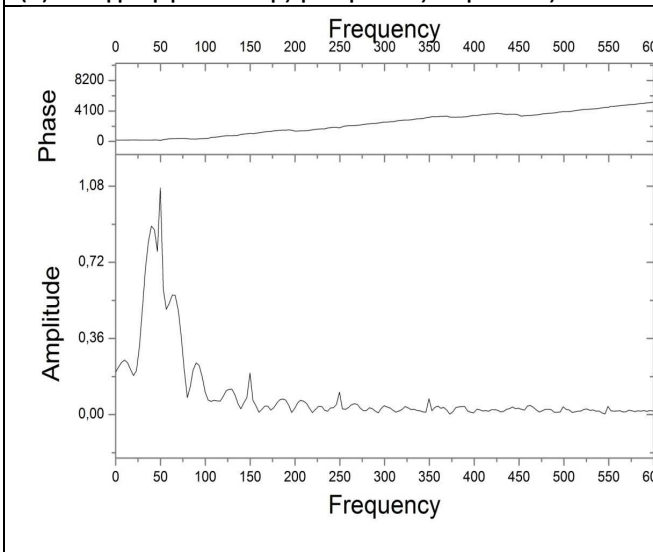
(b) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος



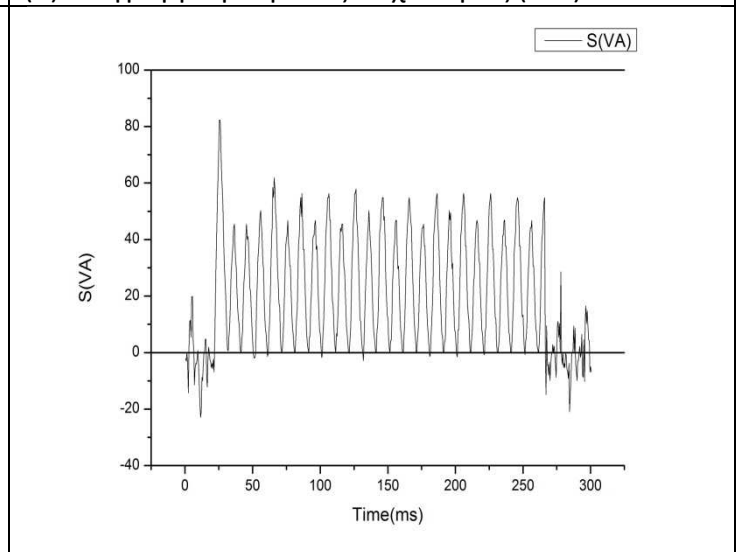
(c) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος περιόδου



(d) Διάγραμμα ρεύματος-συχνότητας (FFT)

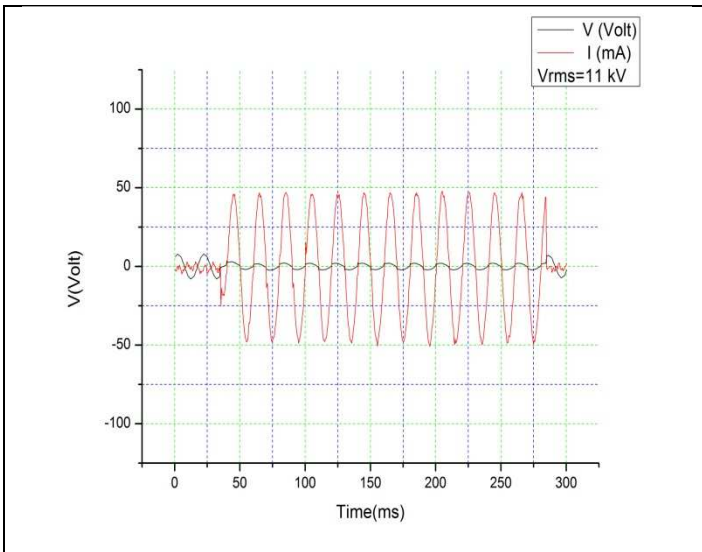


(e) Διάγραμμα τάσης-συχνότητας (FFT)

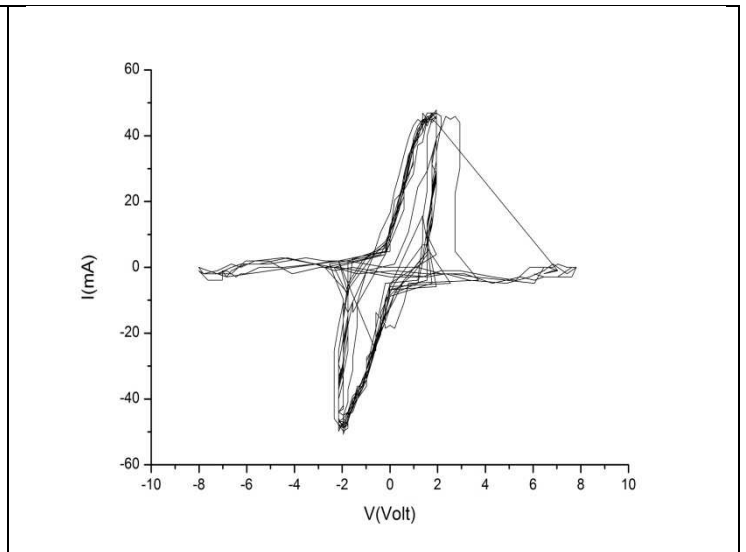


(f) Διάγραμμα χρόνου-φαινόμενης ισχύς

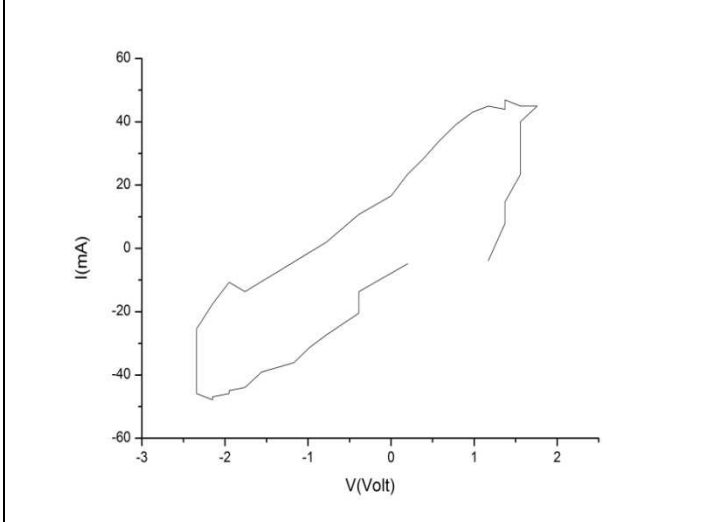
Γεωμετρία Ακίδα-Ακίδα 60° διάκενο 0.5 cm



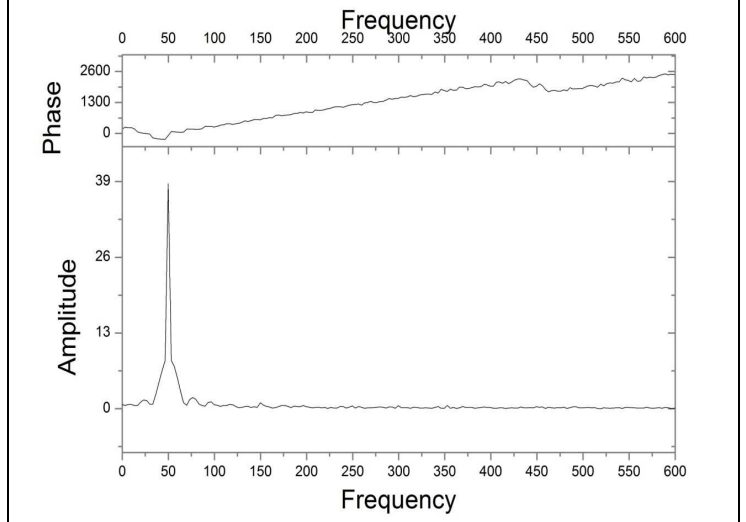
(a) Διάγραμμα χρόνου-τάσης-ρεύμα



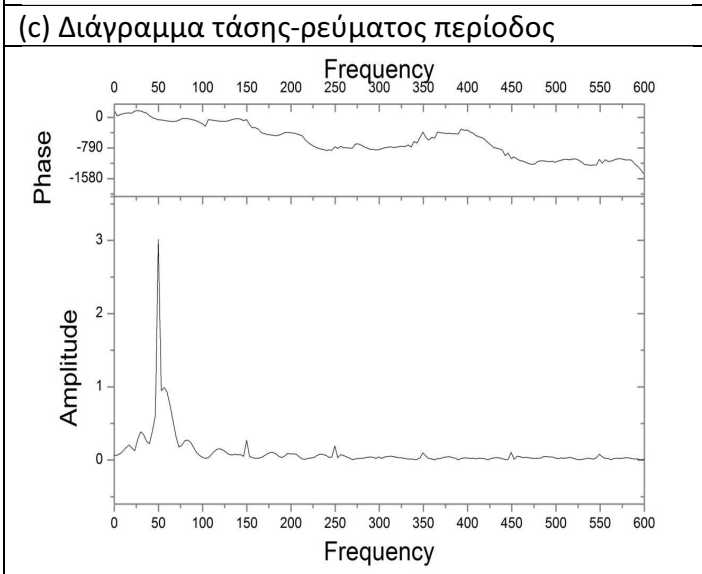
(b) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος



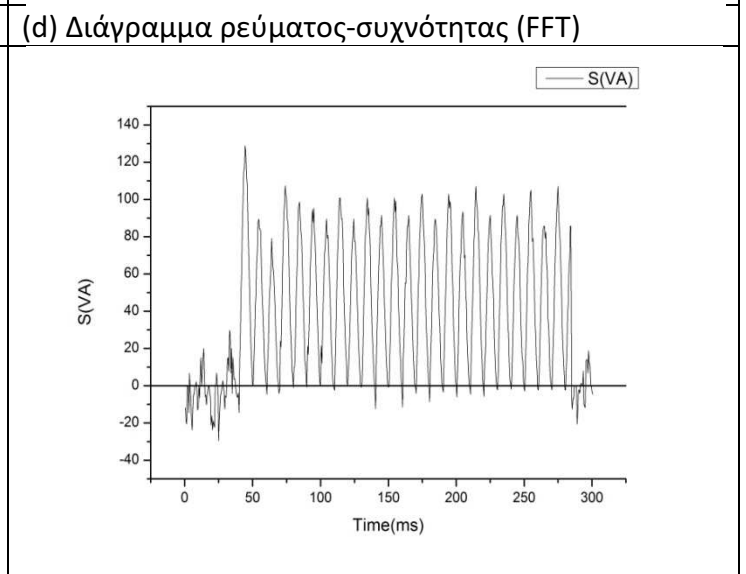
(c) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος περιόδου



(d) Διάγραμμα ρεύματος-συχνότητας (FFT)

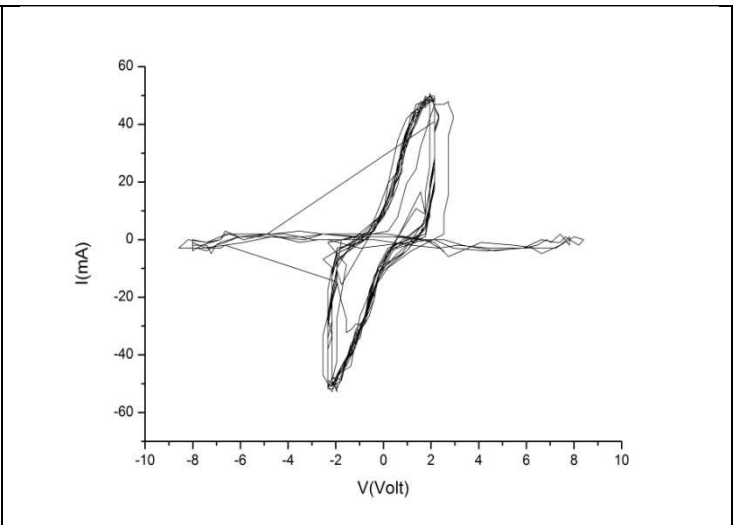
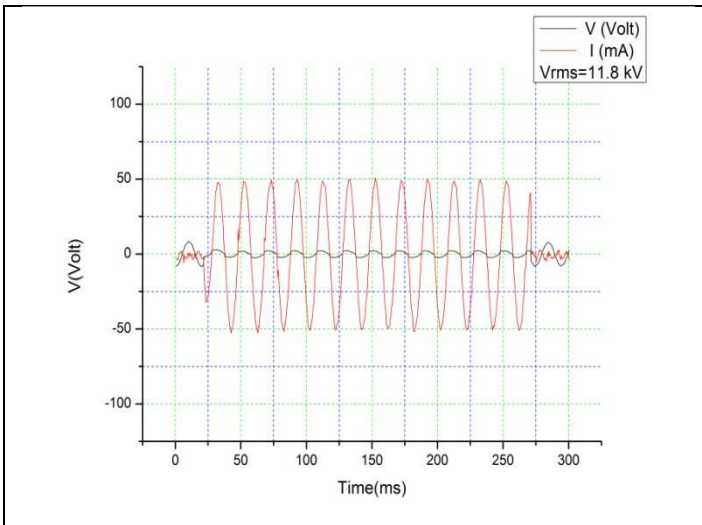


(e) Διάγραμμα τάσης-συχνότητας (FFT)



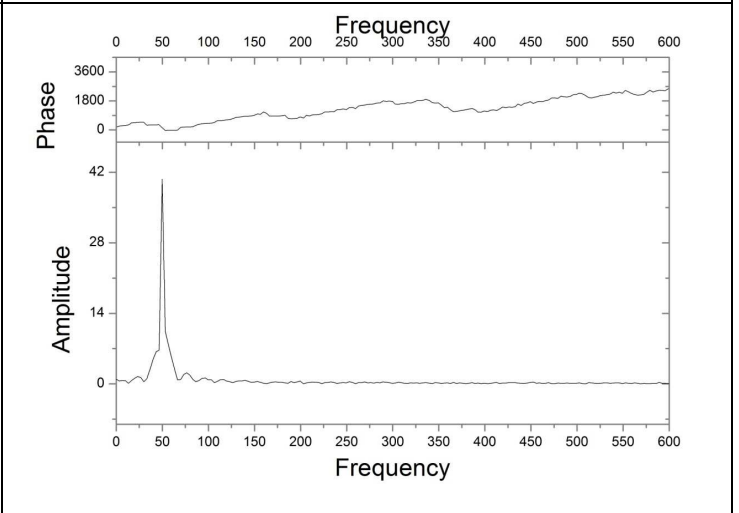
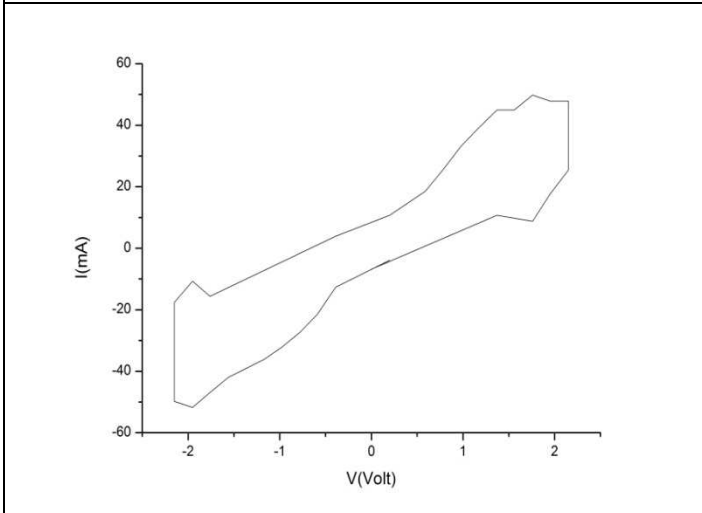
(f) Διάγραμμα χρόνου-φαινόμενης ισχύς

Γεωμετρία Ακίδα-Ακίδα 60° διάκενο 1 cm



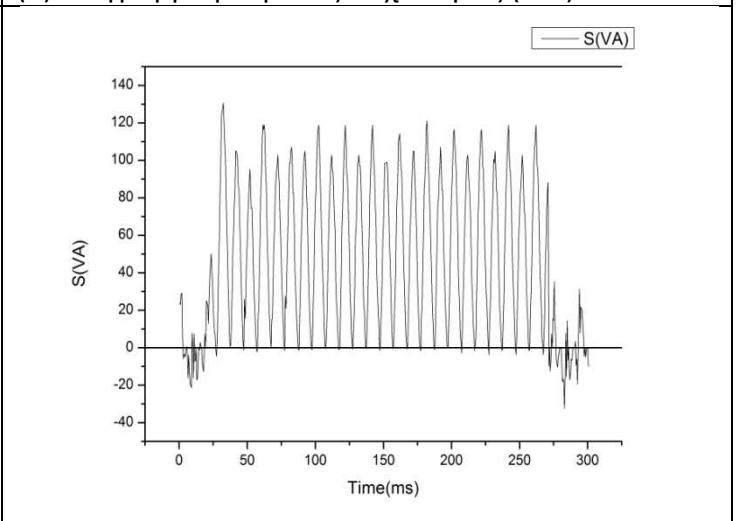
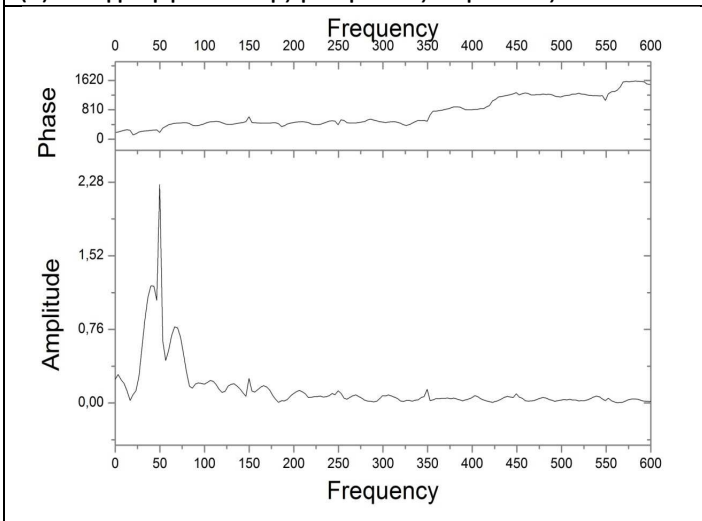
(a) Διάγραμμα χρόνου-τάσης-ρεύμα

(b) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος



(c) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος περιόδου

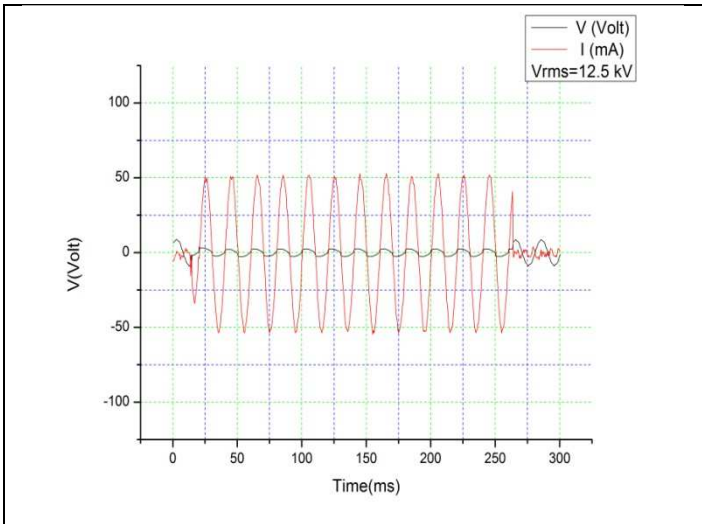
(d) Διάγραμμα ρεύματος-συχνότητας (FFT)



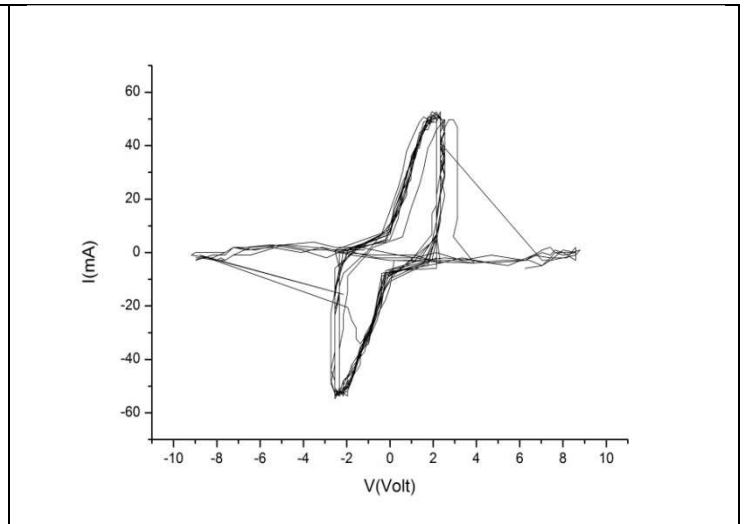
(e) Διάγραμμα τάσης-συχνότητας (FFT)

(f) Διάγραμμα χρόνου-φαινόμενης ισχύς

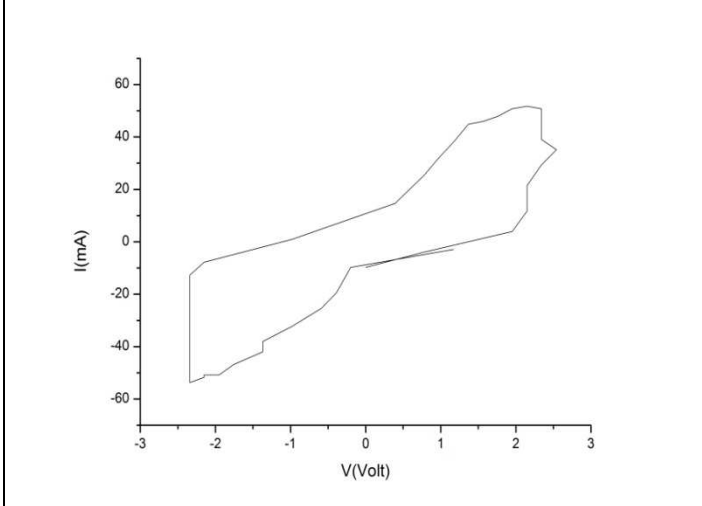
Γεωμετρία Ακίδα-Ακίδα 60° διάκενο 1.5 cm



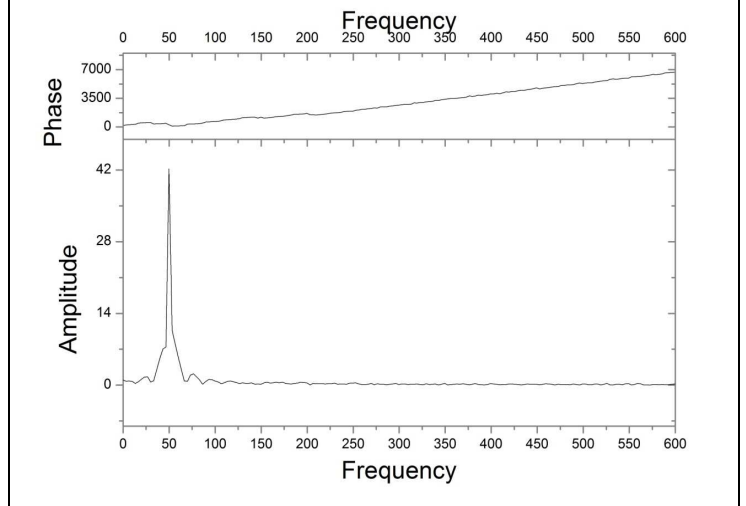
(a) Διάγραμμα χρόνου-τάσης-ρεύμα



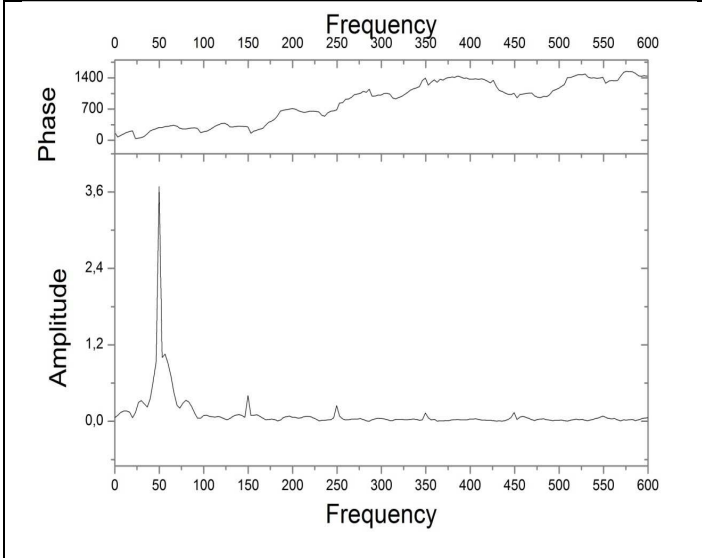
(b) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος



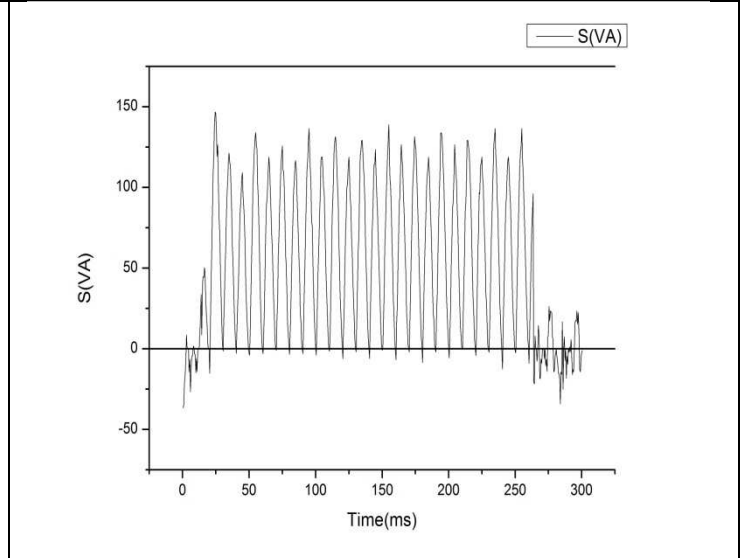
(c) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος περιόδου



(d) Διάγραμμα ρεύματος-συχνότητας (FFT)

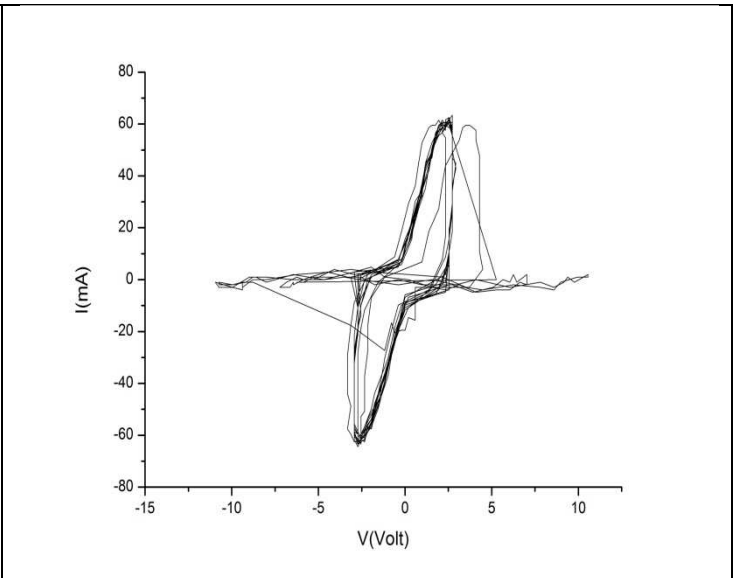
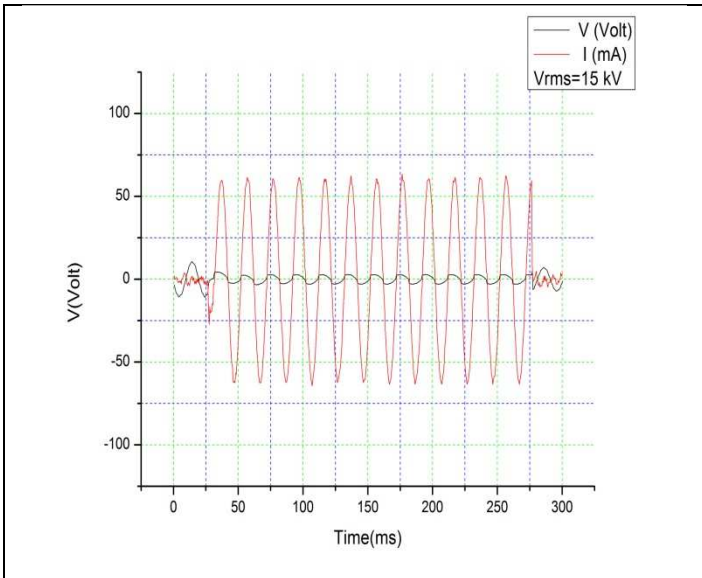


(e) Διάγραμμα τάσης-συχνότητας (FFT)



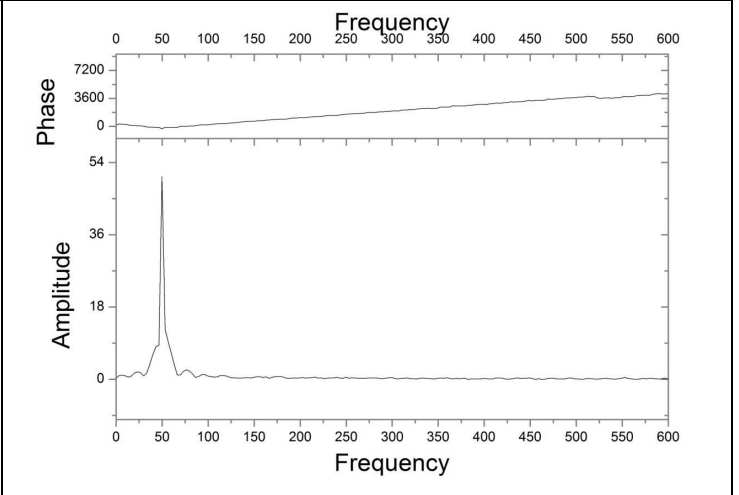
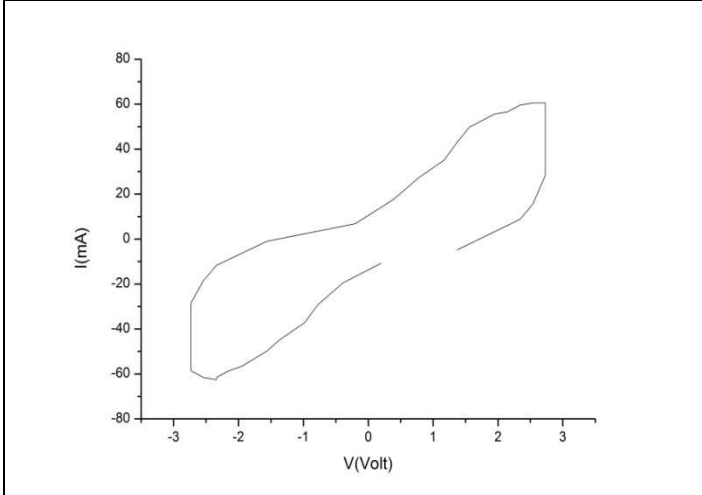
(f) Διάγραμμα χρόνου-φαινόμενης ισχύς

Γεωμετρία Ακίδα-Ακίδα 60° διάκενο 2 cm



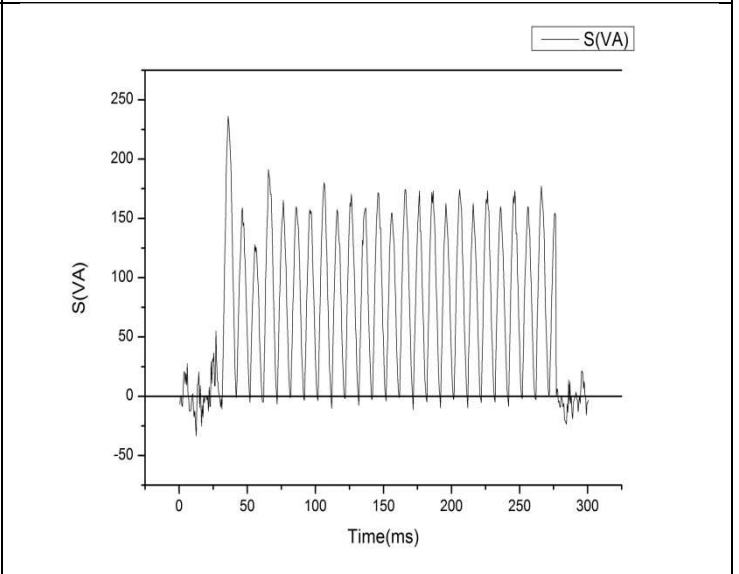
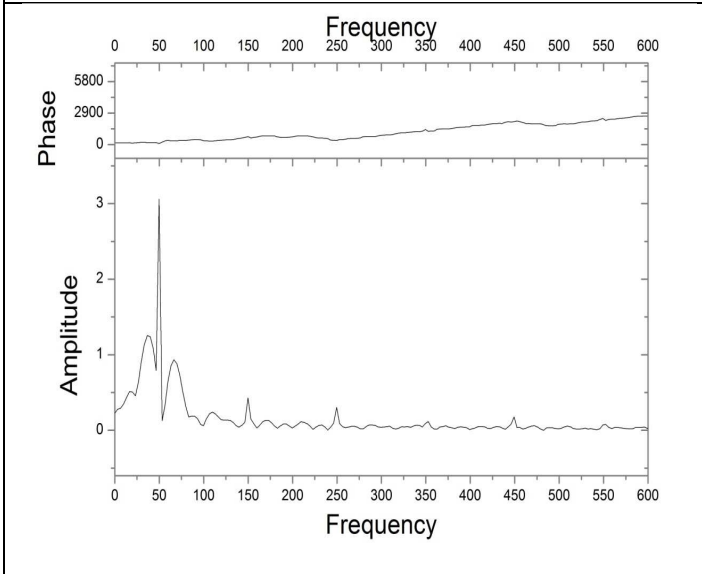
(a) Διάγραμμα χρόνου-τάσης-ρεύμα

(b) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος



(c) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος περιόδου

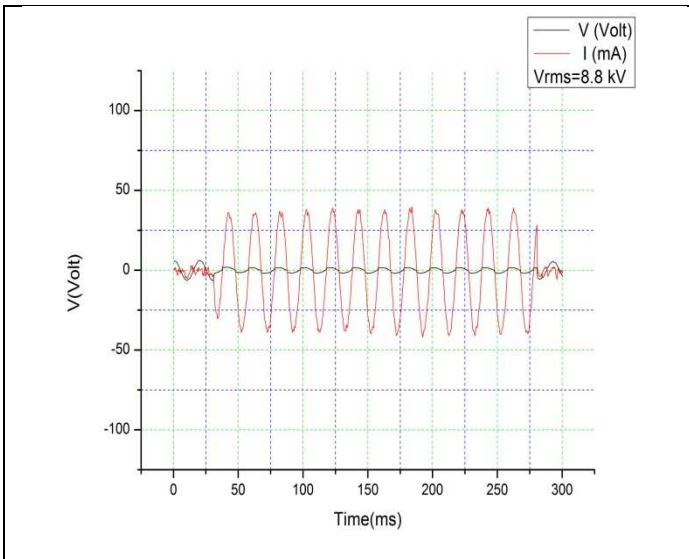
(d) Διάγραμμα ρεύματος-συχνότητας (FFT)



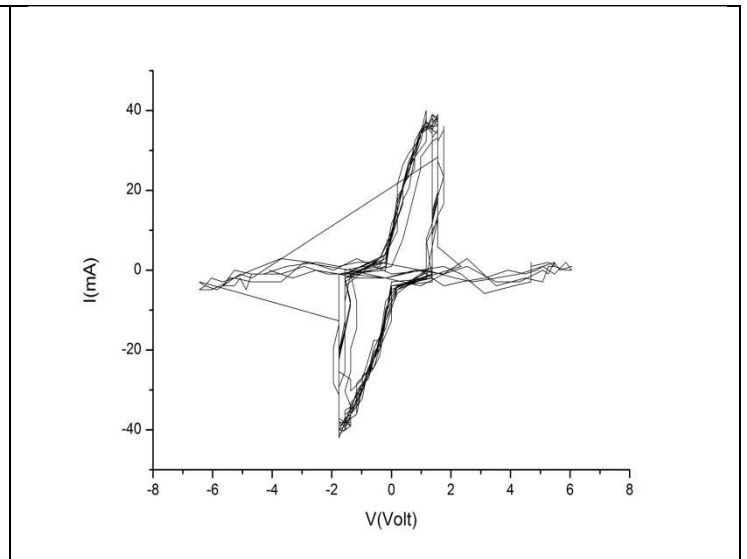
(e) Διάγραμμα τάσης-συχνότητας (FFT)

(f) Διάγραμμα χρόνου-φαινόμενης ισχύς

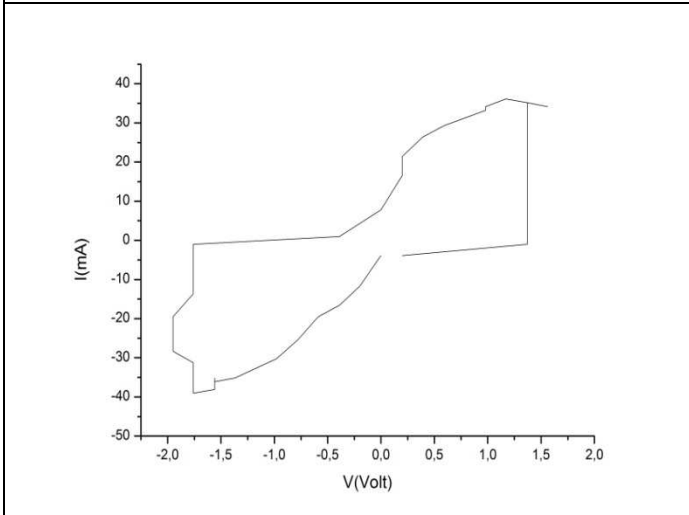
Γεωμετρία Ακίδα-Ακίδα 60° διάκενο 2.5 cm



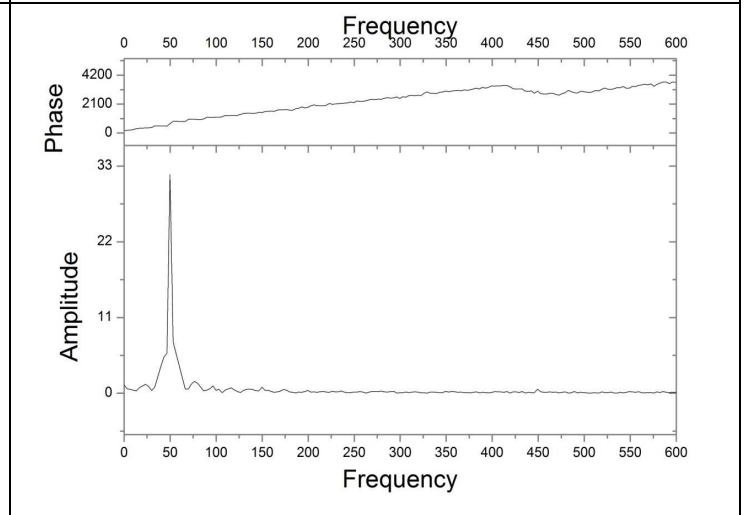
(a) Διάγραμμα χρόνου-τάσης-ρεύμα



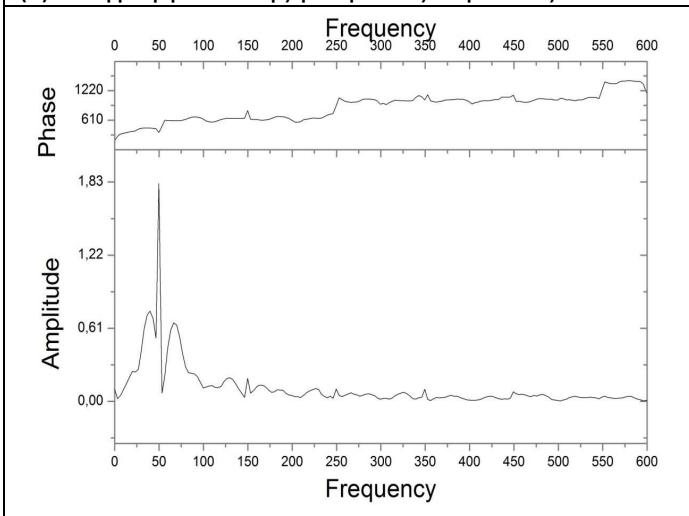
(b) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος



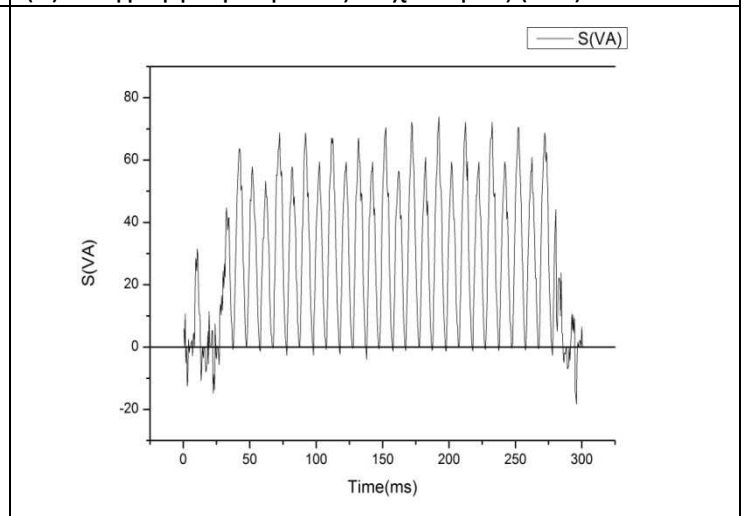
(c) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος περιόδου



(d) Διάγραμμα ρεύματος-συχνότητας (FFT)

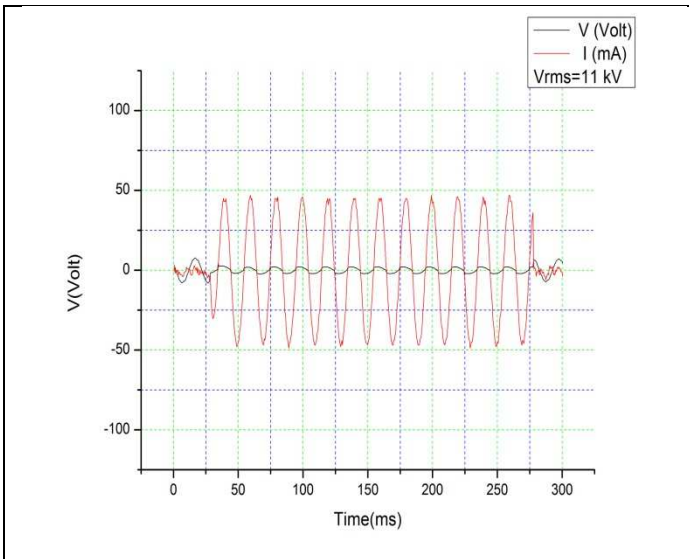


(e) Διάγραμμα τάσης-συχνότητας (FFT)

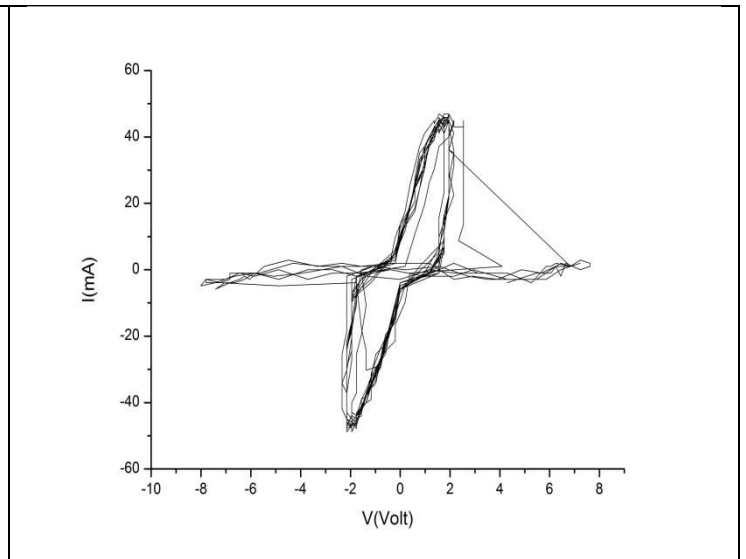


(f) Διάγραμμα χρόνου-φαινόμενης ισχύς

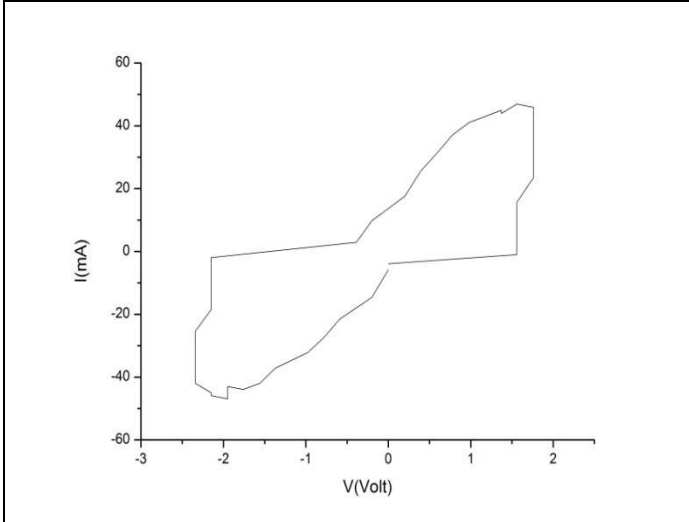
Γεωμετρία Ακίδα-Ακίδα 30° διάκενο 0.5 cm



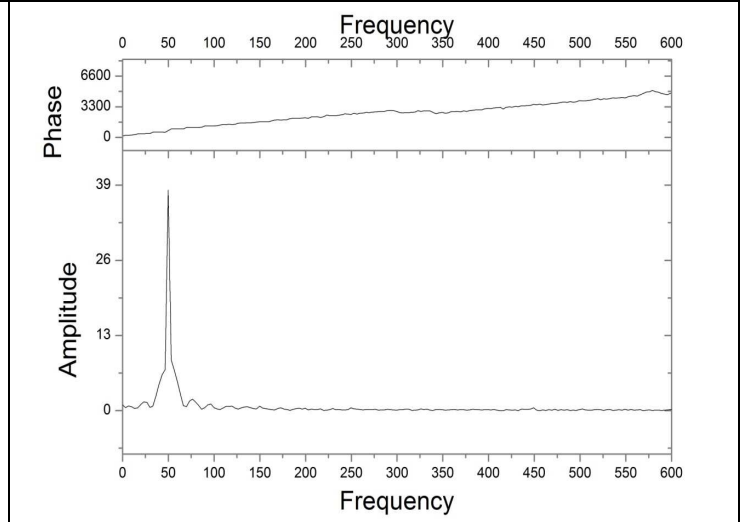
(a) Διάγραμμα χρόνου-τάσης-ρεύμα



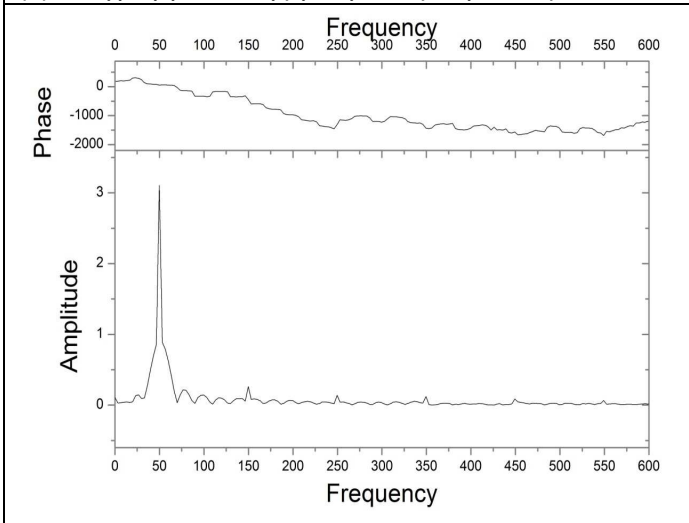
(b) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος



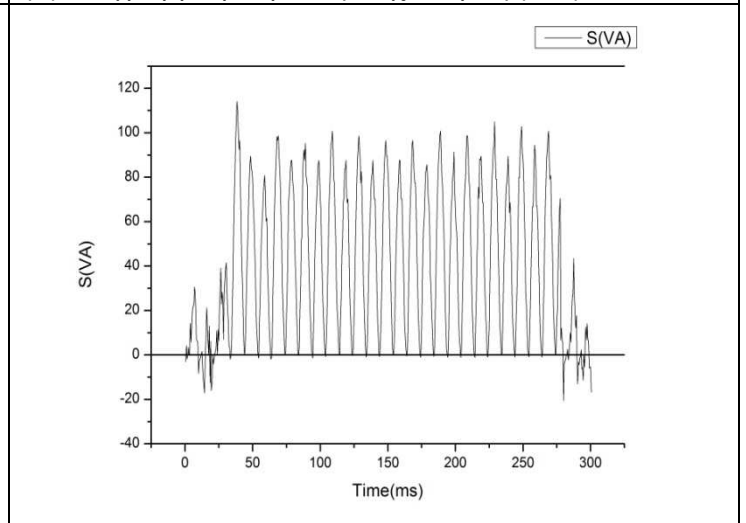
(c) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος περιόδου



(d) Διάγραμμα ρεύματος-συχνότητας (FFT)

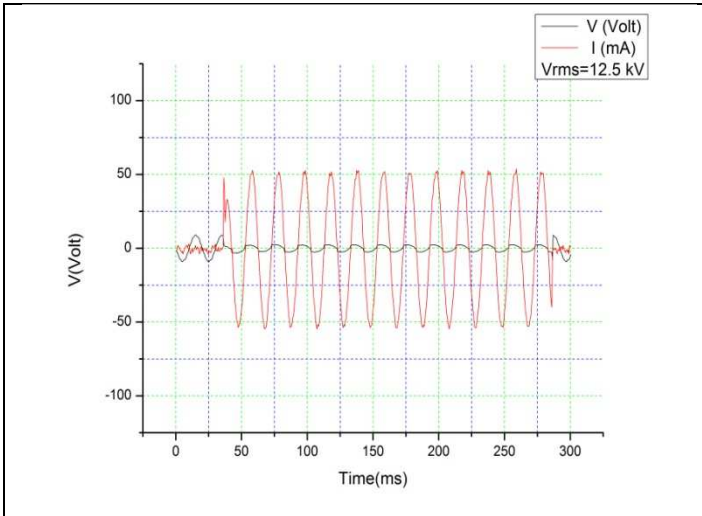


(e) Διάγραμμα τάσης-συχνότητας (FFT)

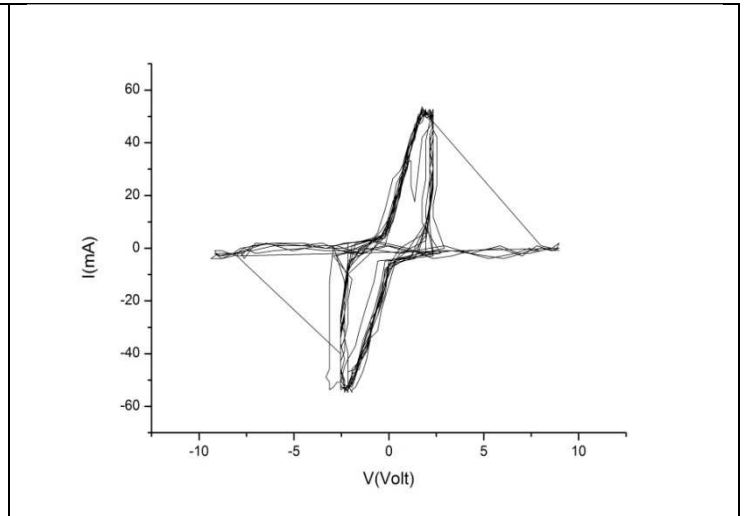


(f) Διάγραμμα χρόνου-φαινόμενης ισχύς

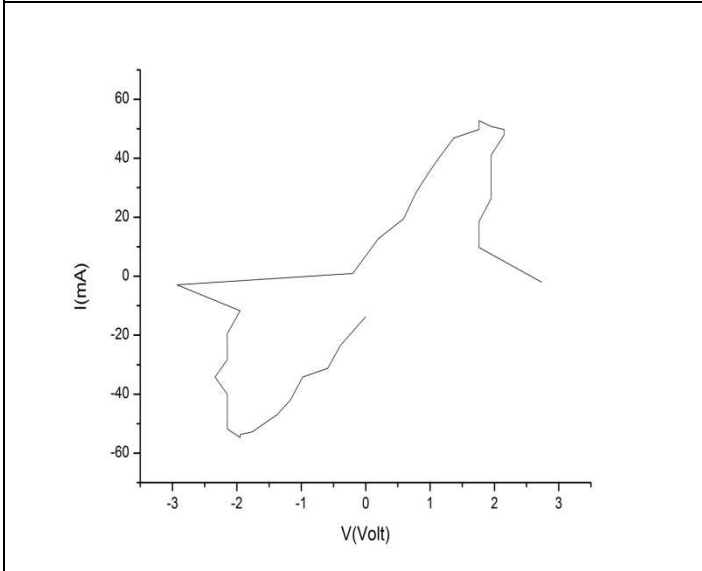
Γεωμετρία Ακίδα-Ακίδα 30⁰ διάκενο 1 cm



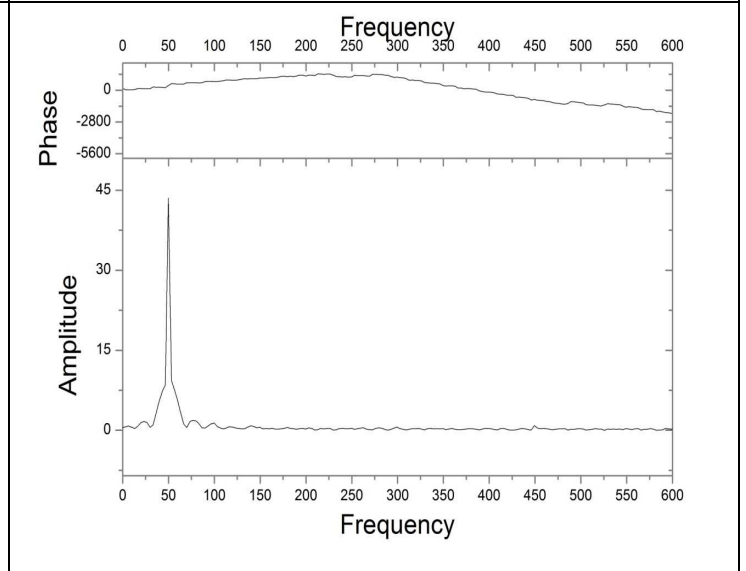
(a) Διάγραμμα χρόνου-τάσης-ρεύμα



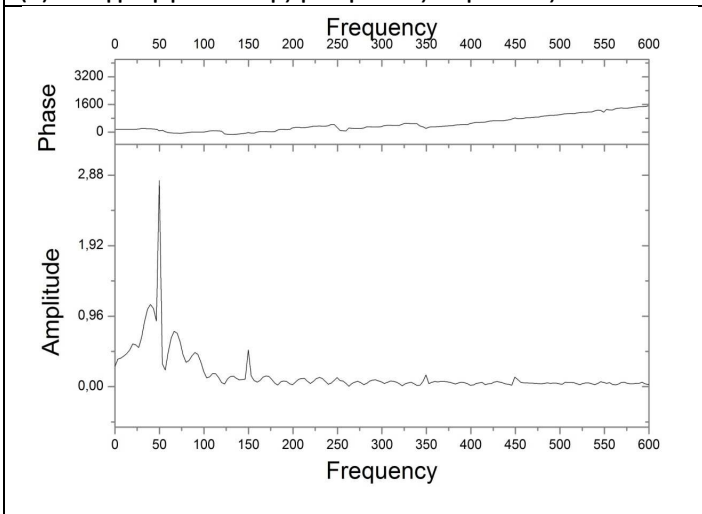
(b) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος



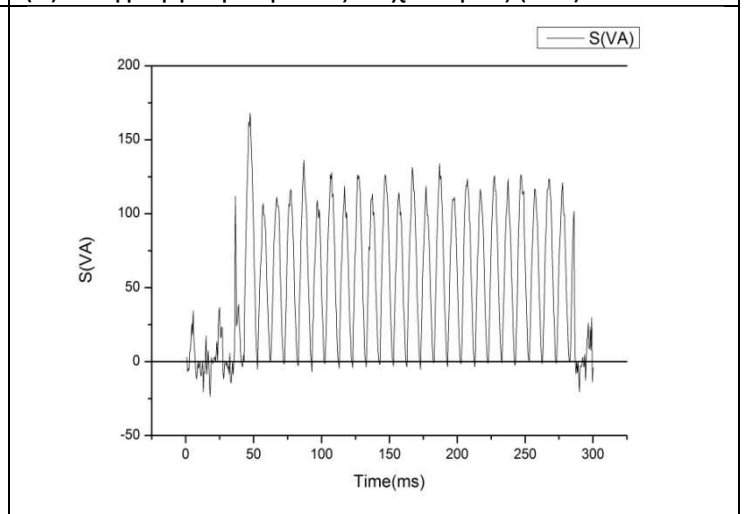
(c) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος περιόδου



(d) Διάγραμμα ρεύματος-συχνότητας (FFT)

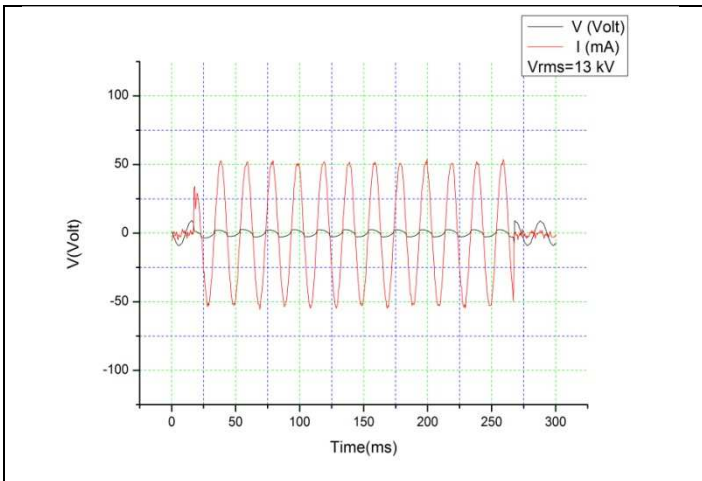


(e) Διάγραμμα τάσης-συχνότητας (FFT)

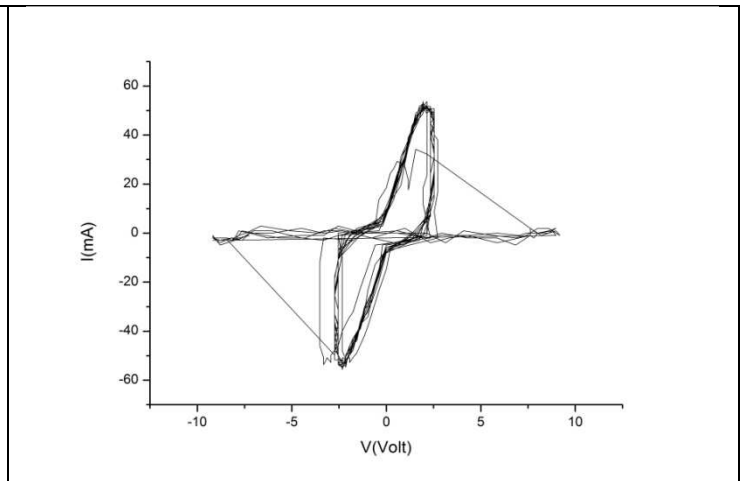


(f) Διάγραμμα χρόνου-φαινόμενης ισχύς

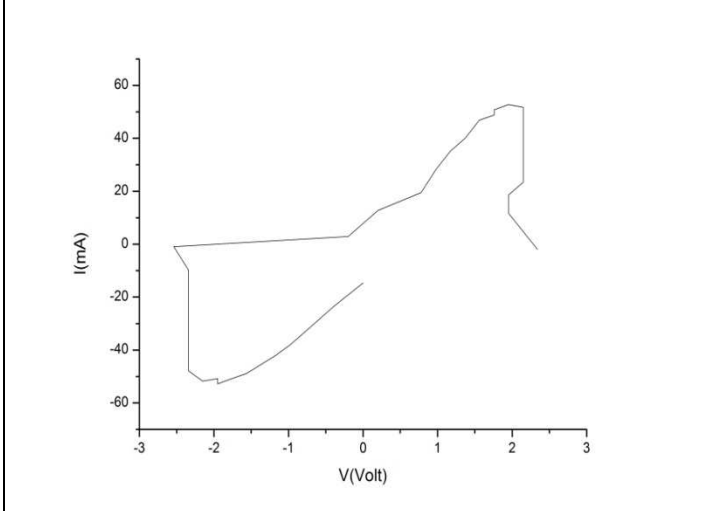
Γεωμετρία Ακίδα-Ακίδα 30° διάκενο 1.5 cm



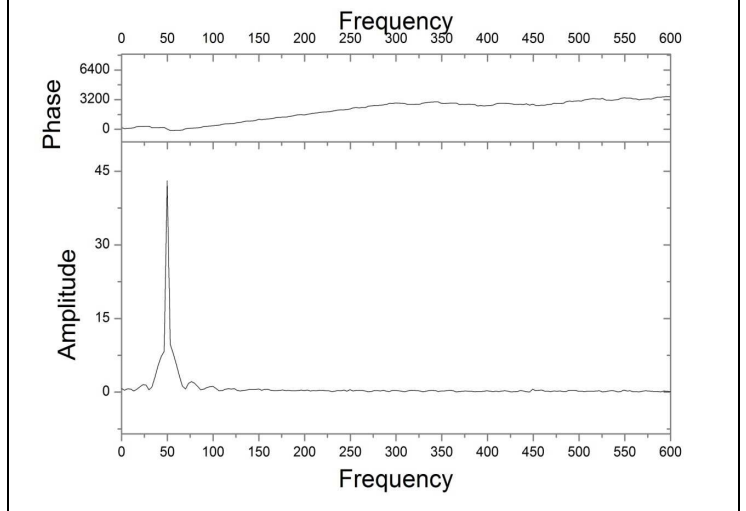
(a) Διάγραμμα χρόνου-τάσης-ρεύμα



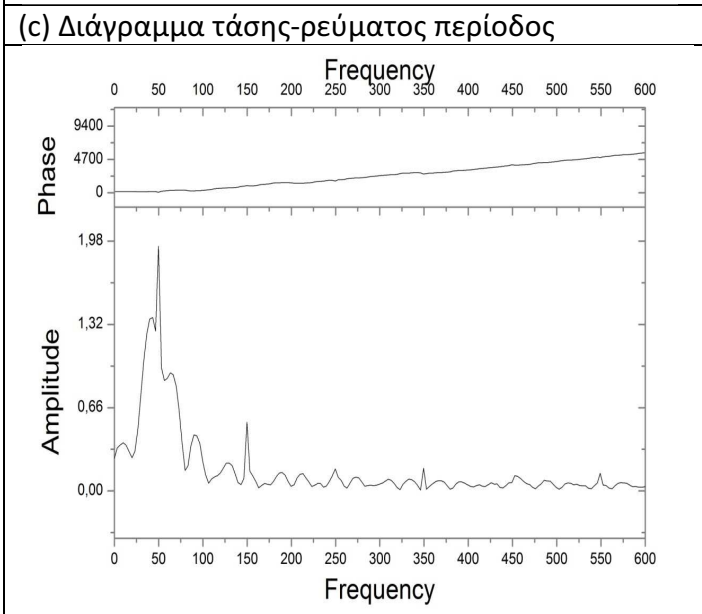
(b) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος



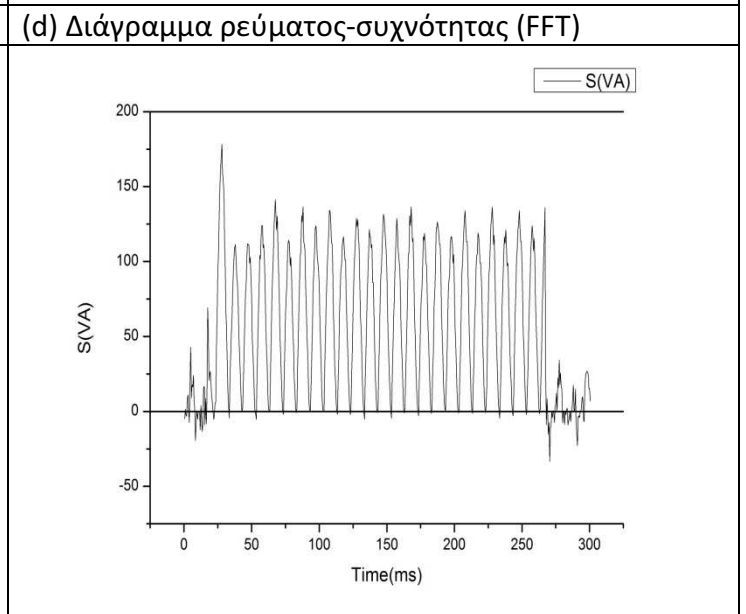
(c) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος περιόδου



(d) Διάγραμμα ρεύματος-συχνότητας (FFT)

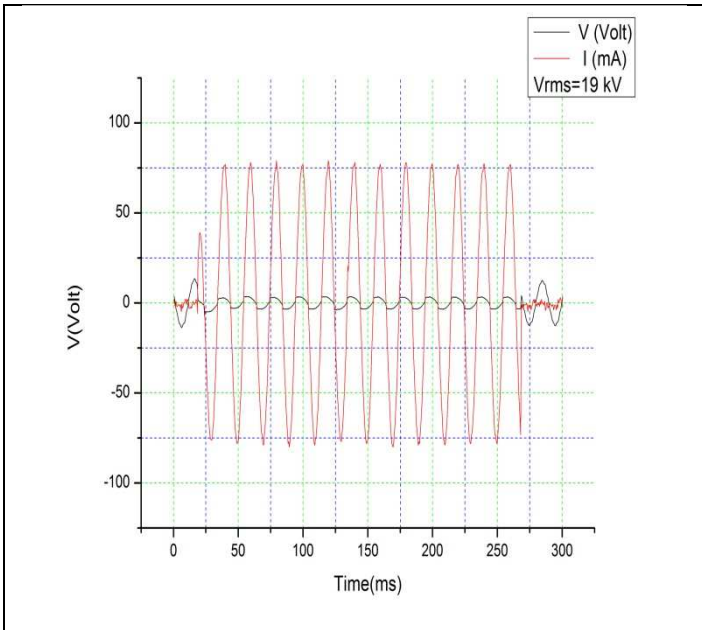


(e) Διάγραμμα τάσης-συχνότητας (FFT)

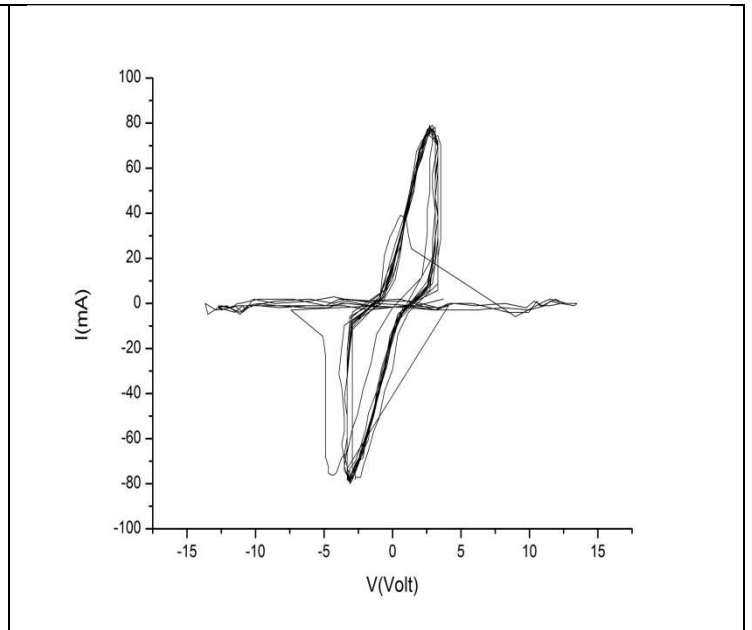


(f) Διάγραμμα χρόνου-φαινόμενης ισχύς

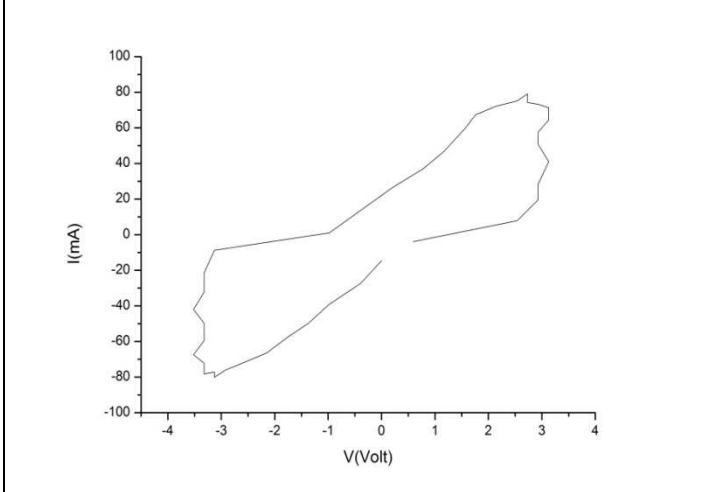
Γεωμετρία Ακίδα-Ακίδα 30° διάκενο 2 cm



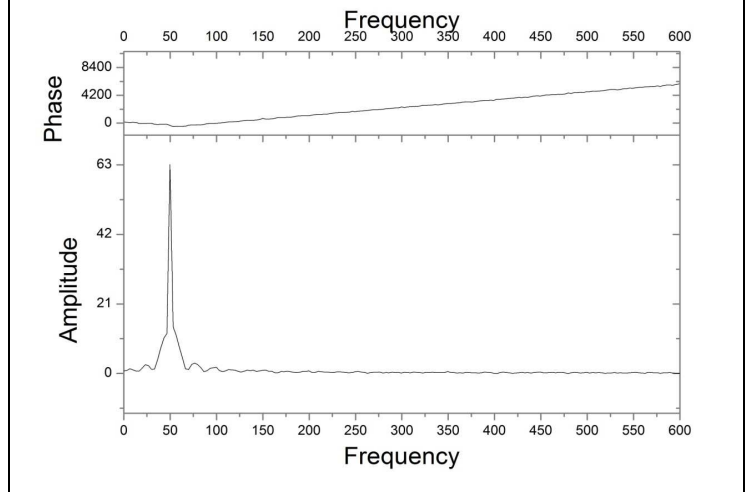
(a) Διάγραμμα χρόνου-τάσης-ρεύμα



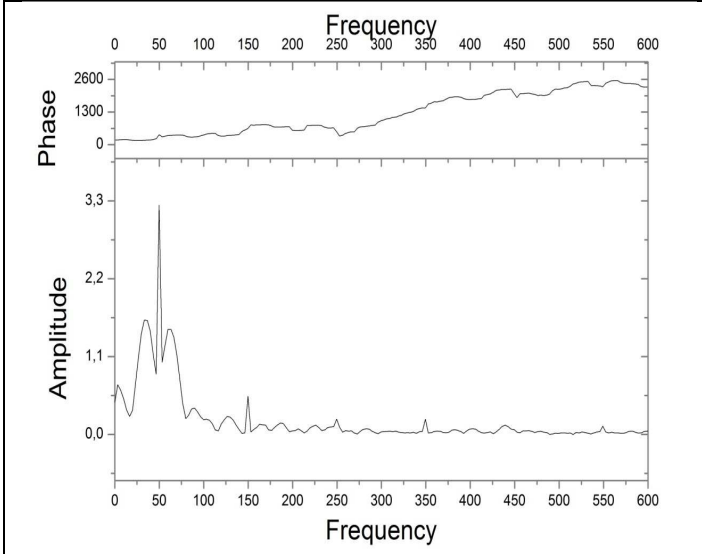
(b) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος



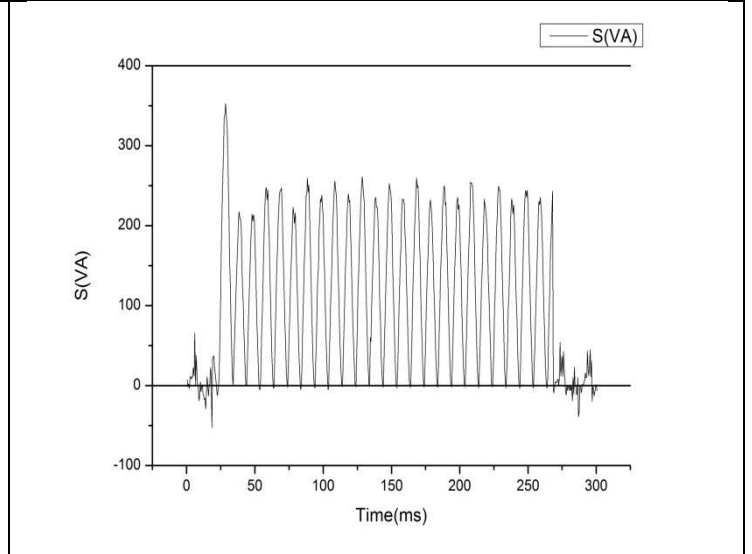
(c) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος περιόδου



(d) Διάγραμμα ρεύματος-συχνότητας (FFT)

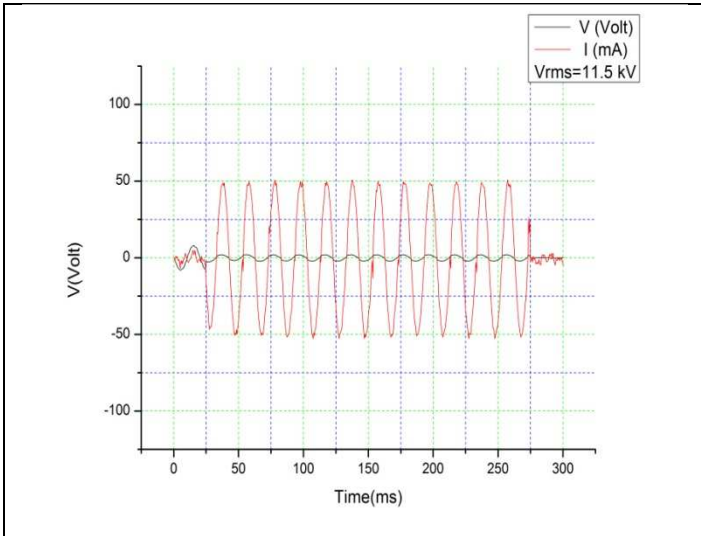


(e) Διάγραμμα τάσης-συχνότητας (FFT)

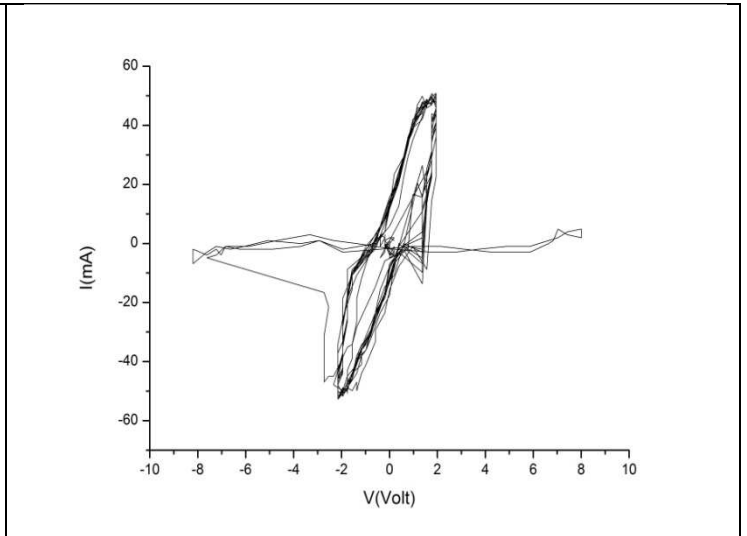


(f) Διάγραμμα χρόνου-φαινόμενης ισχύς

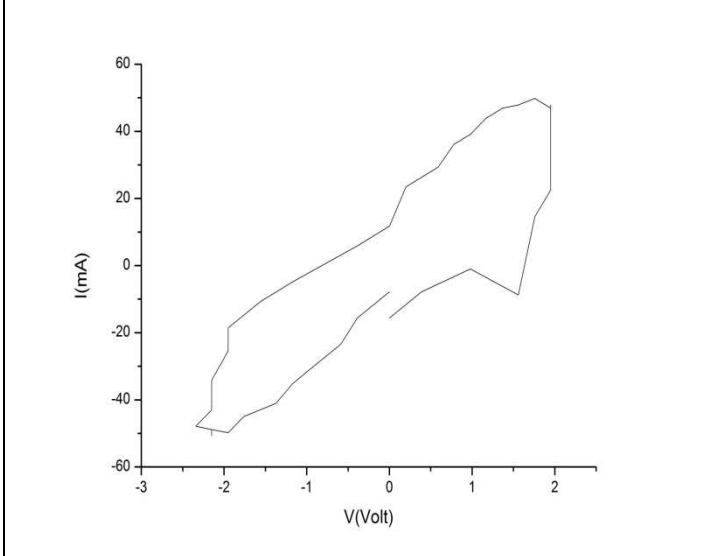
Γεωμετρία Ακίδα-Ακίδα 30° διάκενο 2.5 cm



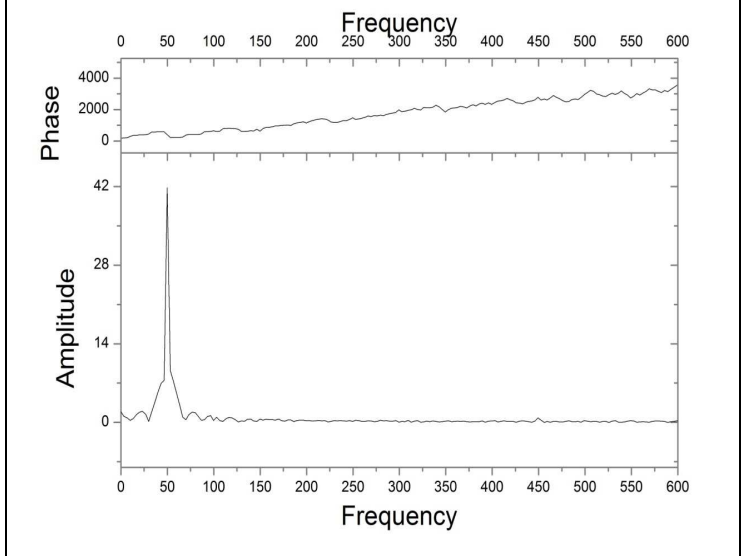
(a) Διάγραμμα χρόνου-τάσης-ρεύμα



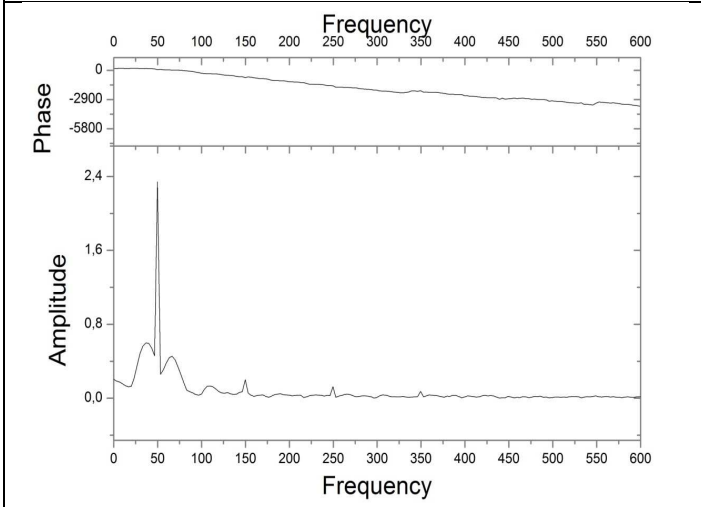
(b) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος



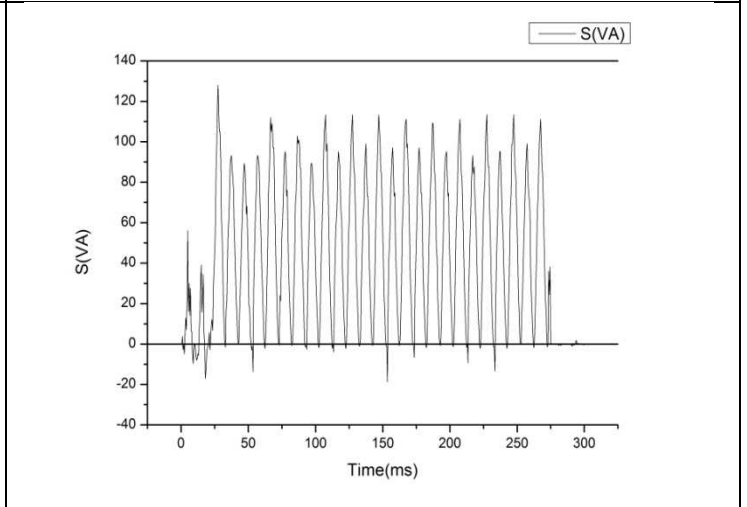
(c) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος περιόδου



(d) Διάγραμμα ρεύματος-συχνότητας (FFT)

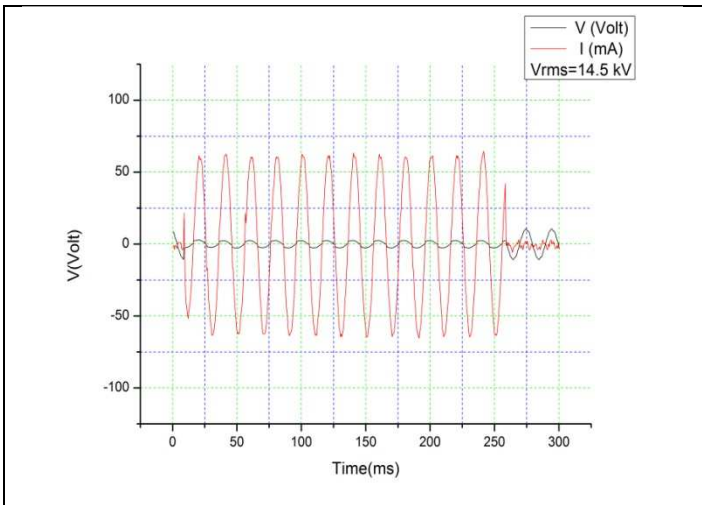


(e) Διάγραμμα τάσης-συχνότητας (FFT)

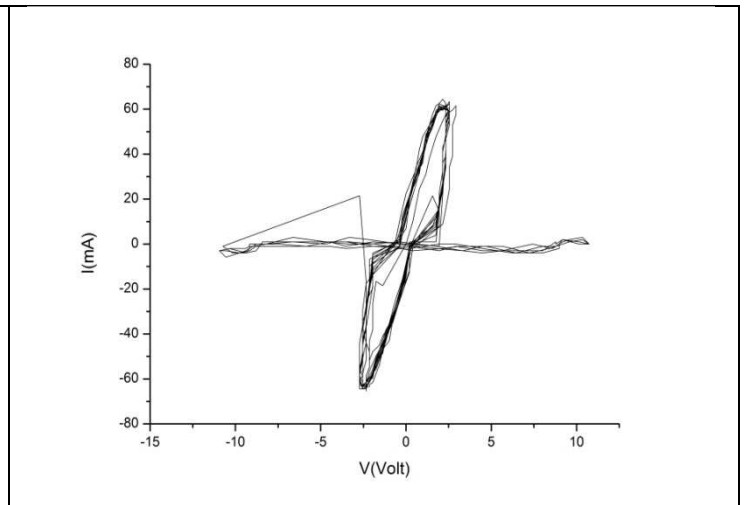


(f) Διάγραμμα χρόνου-φαινόμενης ισχύς

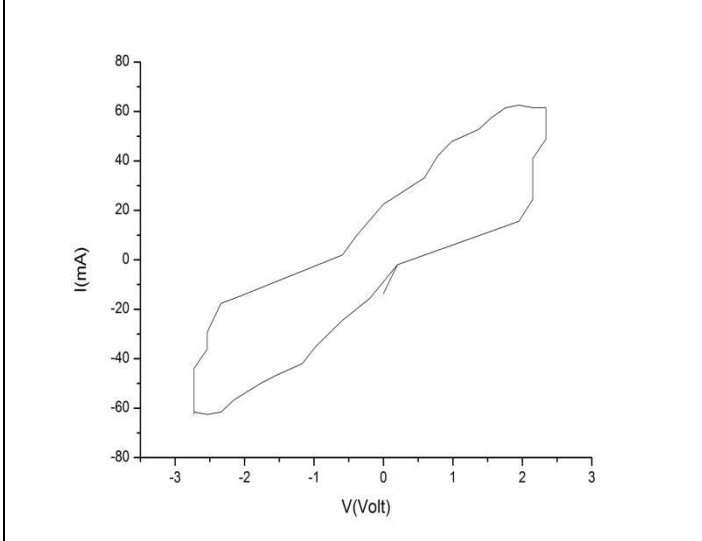
Γεωμετρία Πλάκα-Ακίδα 120° διάκενο 0.5 cm



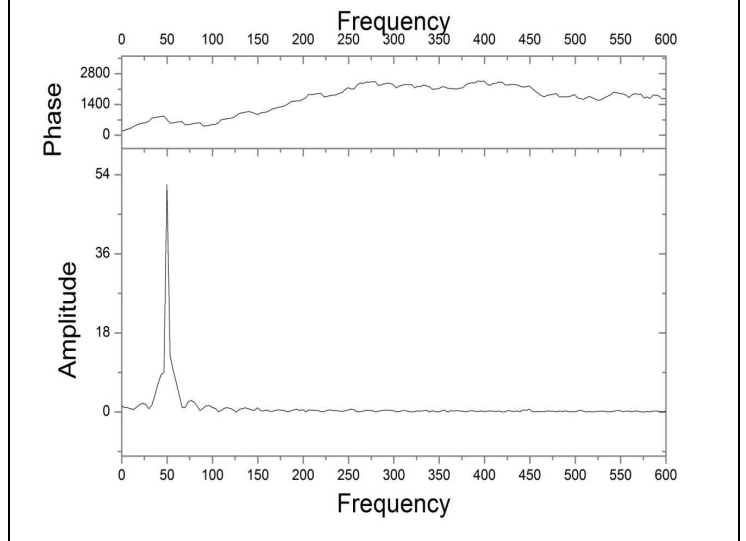
(a) Διάγραμμα χρόνου-τάσης-ρεύμα



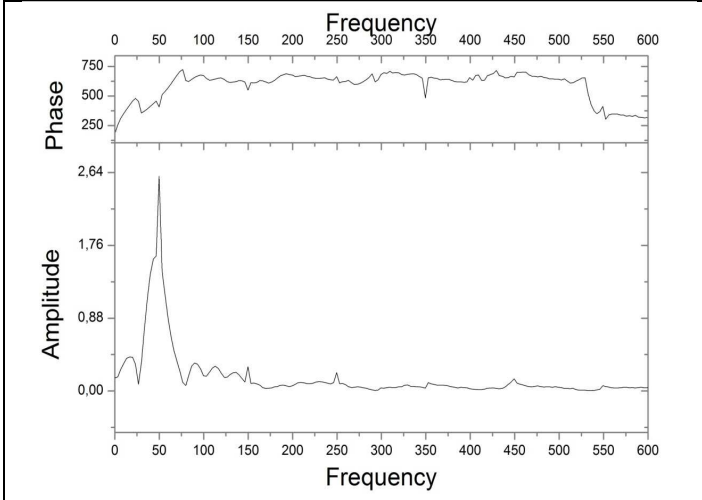
(b) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος



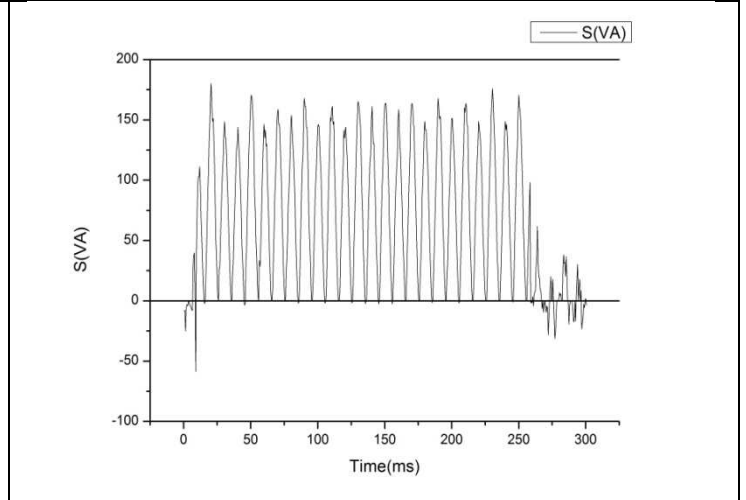
(c) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος περιόδου



(d) Διάγραμμα ρεύματος-συχνότητας (FFT)

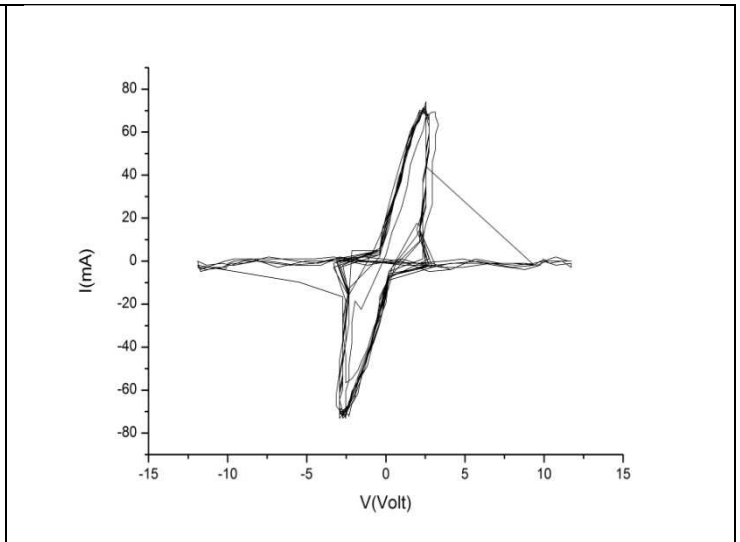
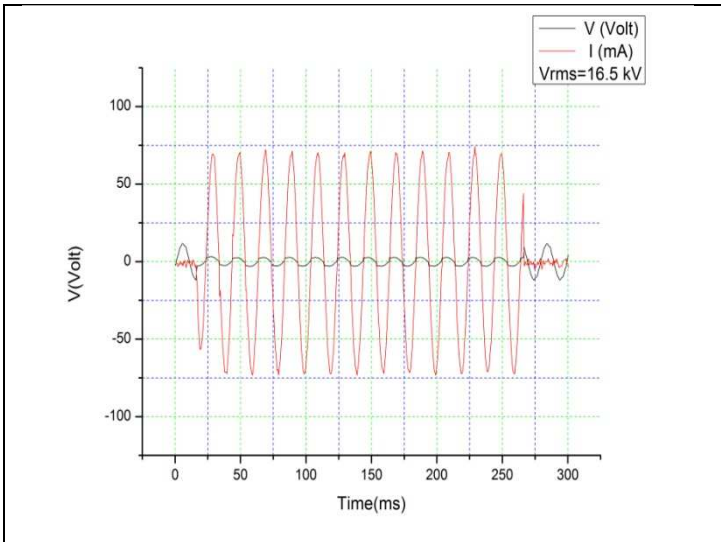


(e) Διάγραμμα τάσης-συχνότητας (FFT)



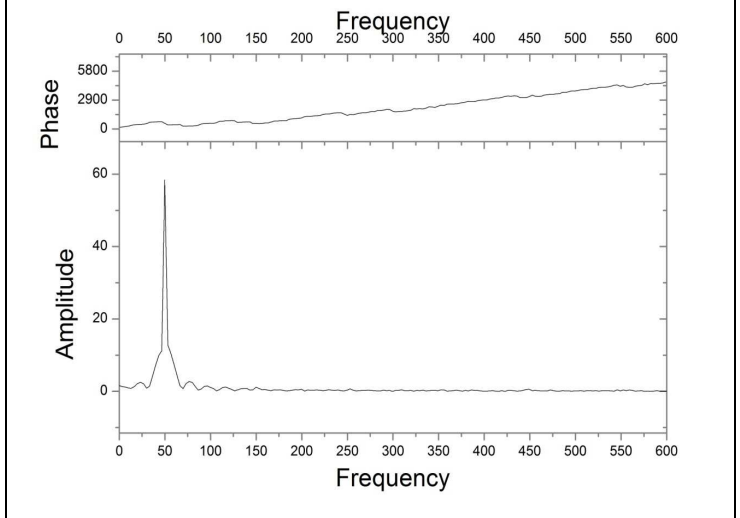
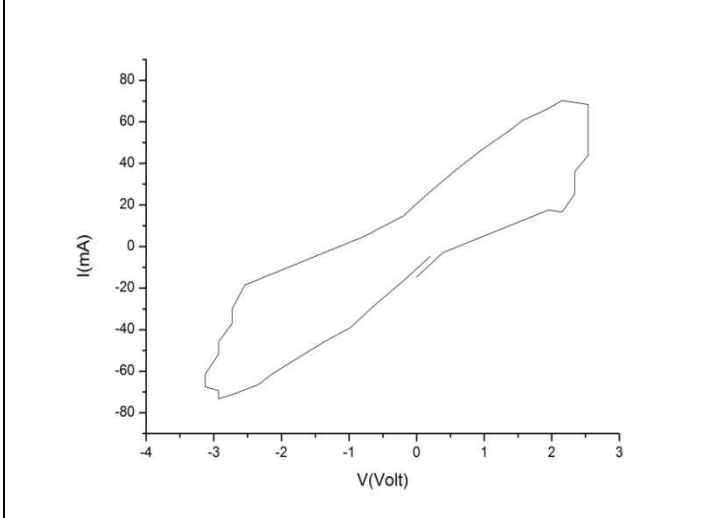
(f) Διάγραμμα χρόνου-φαινόμενης ισχύς

Γεωμετρία Πλάκα-Ακίδα 120° διάκενο 1 cm



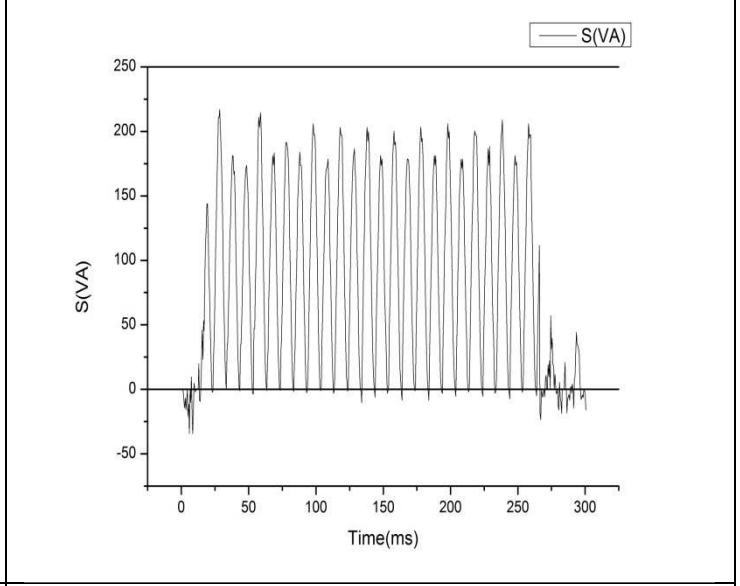
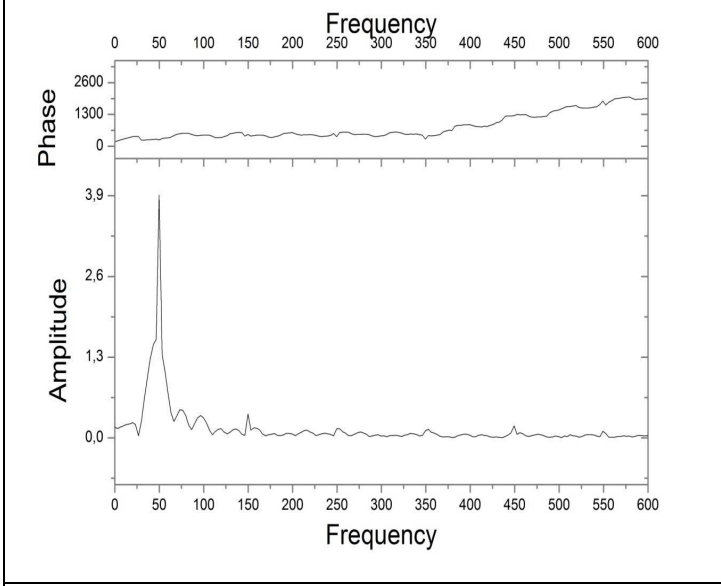
(a) Διάγραμμα χρόνου-τάσης-ρεύμα

(b) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος



(c) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος περιόδου

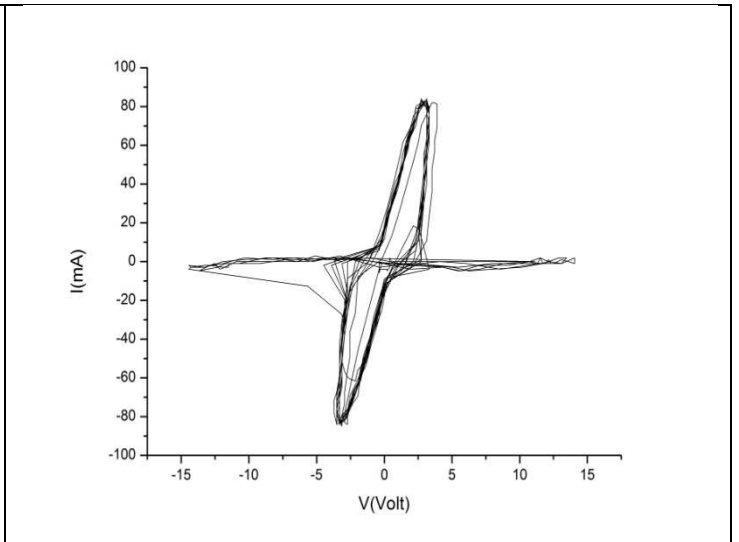
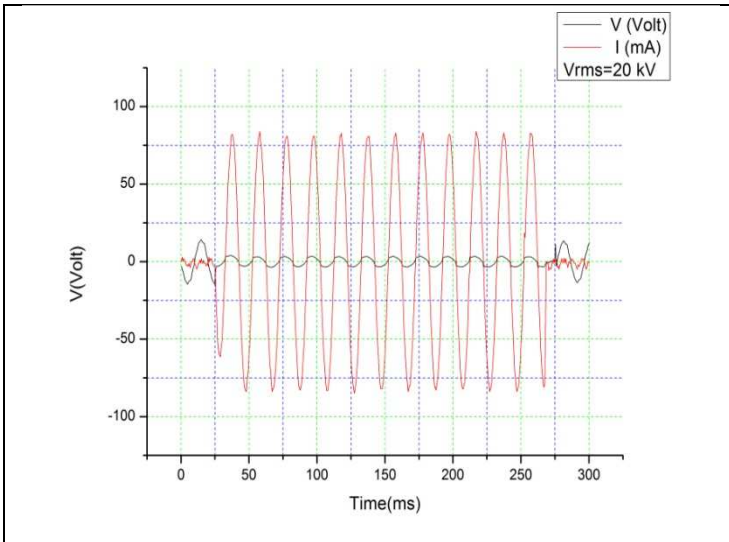
(d) Διάγραμμα ρεύματος-συχνότητας (FFT)



(e) Διάγραμμα τάσης-συχνότητας (FFT)

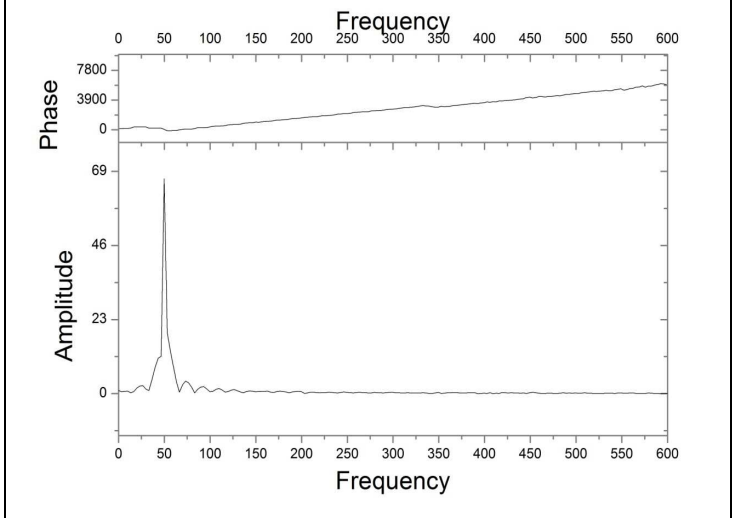
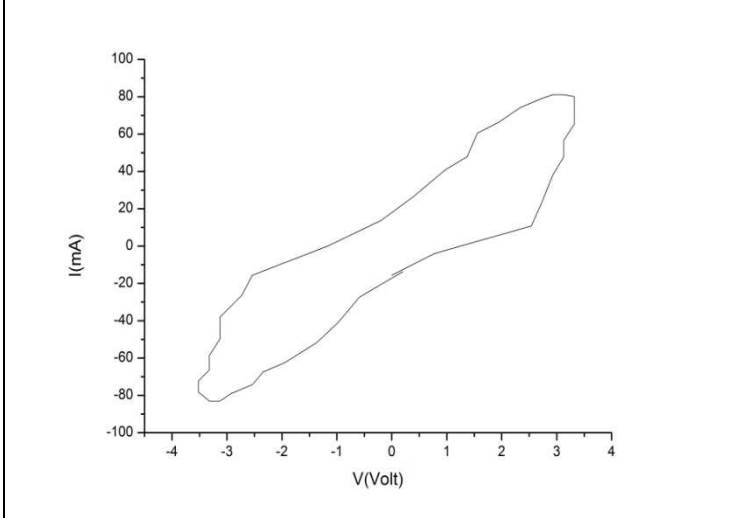
(f) Διάγραμμα χρόνου-φαινόμενης ισχύς

Γεωμετρία Πλάκα-Ακίδα 120⁰ διάκενο 1.5 cm



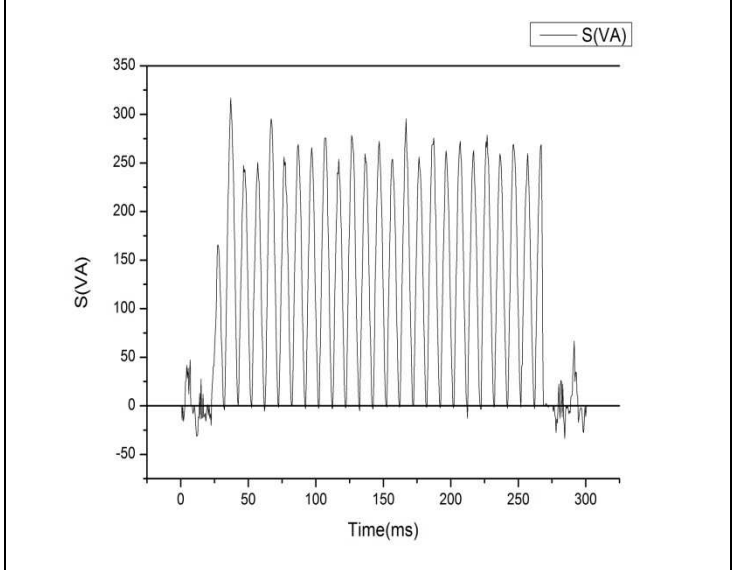
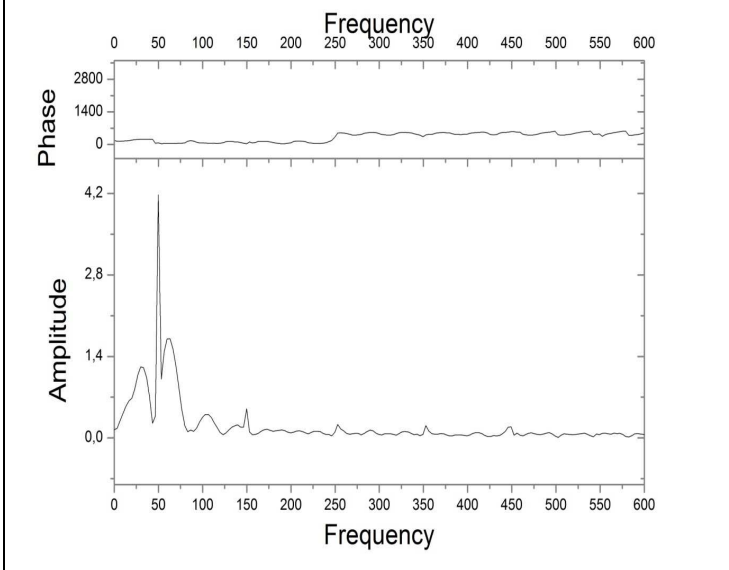
(a) Διάγραμμα χρόνου-τάσης-ρεύμα

(b) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος



(c) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος περιόδου

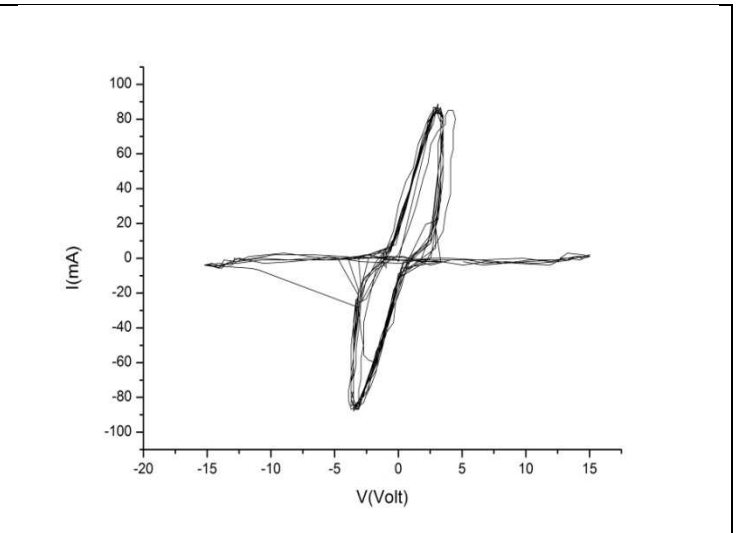
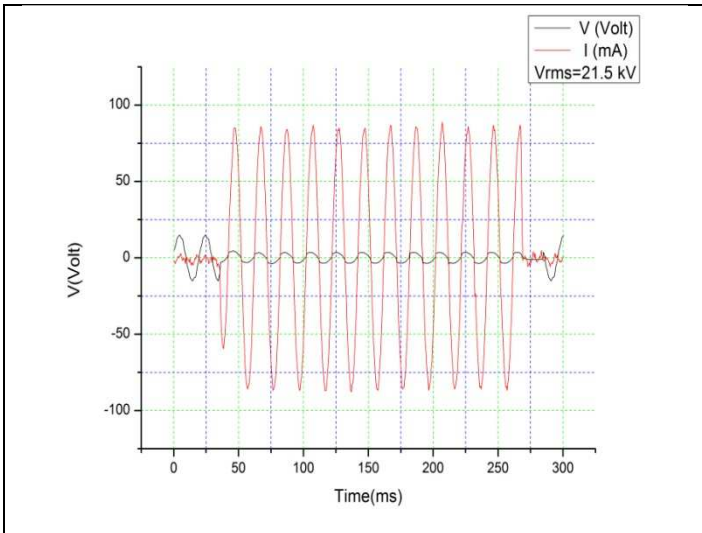
(d) Διάγραμμα ρεύματος-συχνότητας (FFT)



(e) Διάγραμμα τάσης-συχνότητας (FFT)

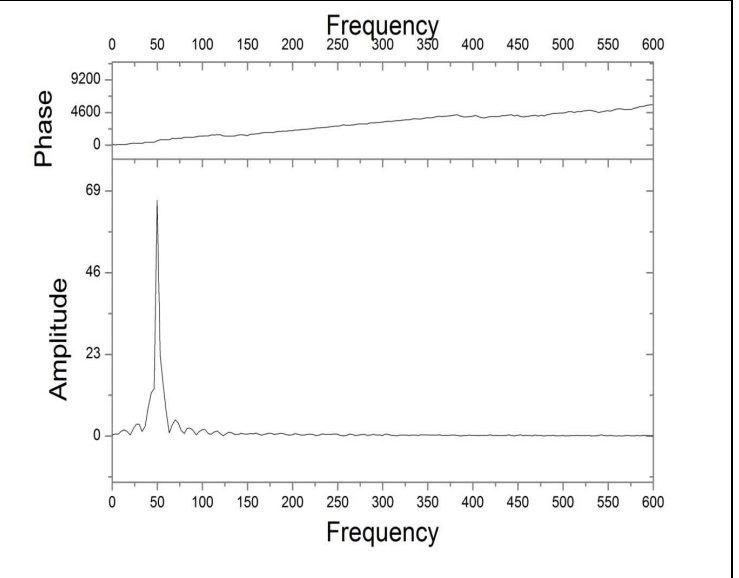
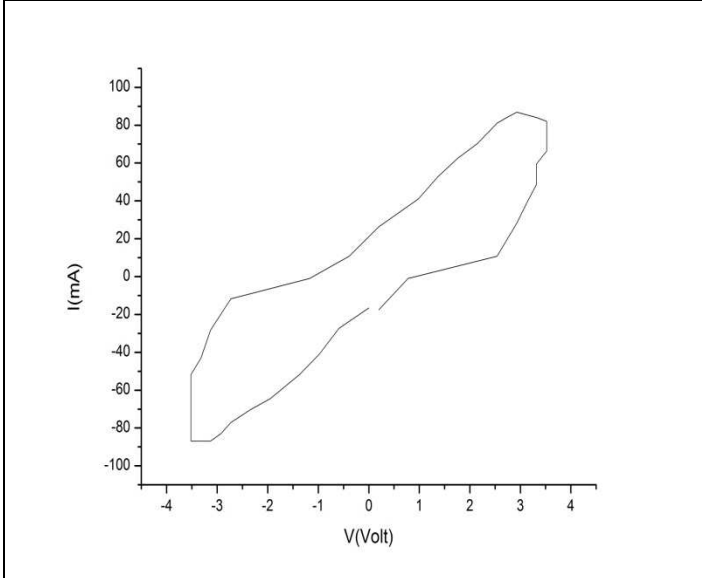
(f) Διάγραμμα χρόνου-φαινόμενης ισχύς

Γεωμετρία Πλάκα-Ακίδα 120⁰ διάκενο 2 cm



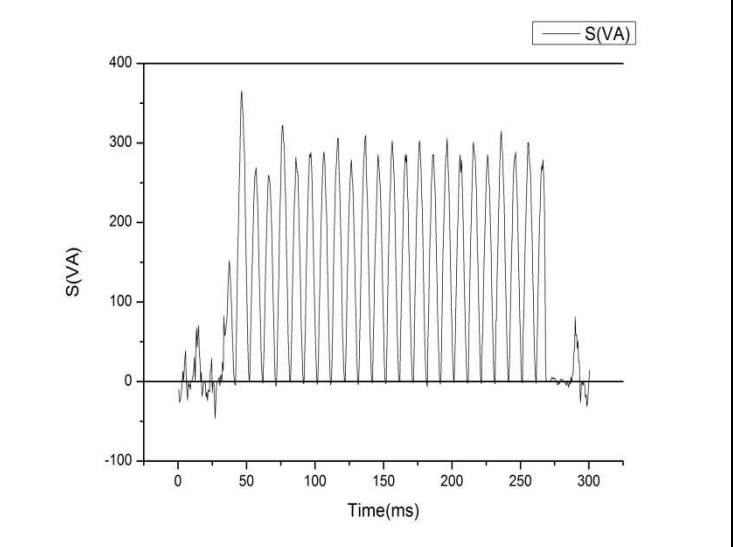
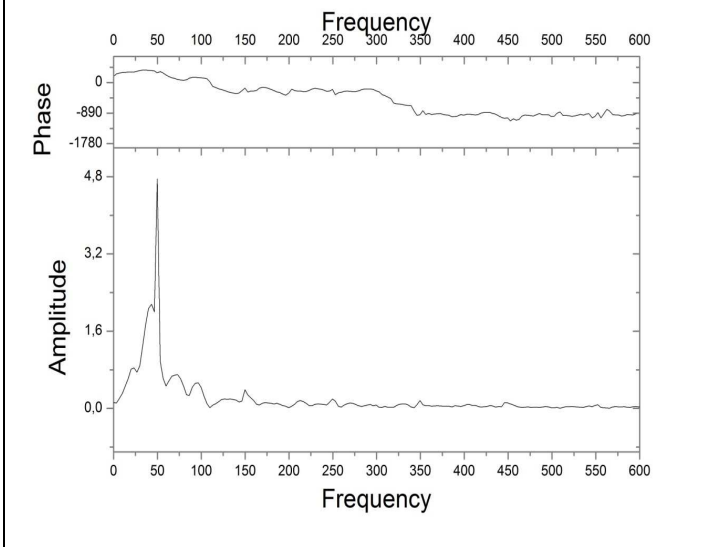
(a) Διάγραμμα χρόνου-τάσης-ρεύμα

(b) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος



(c) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος περιόδου

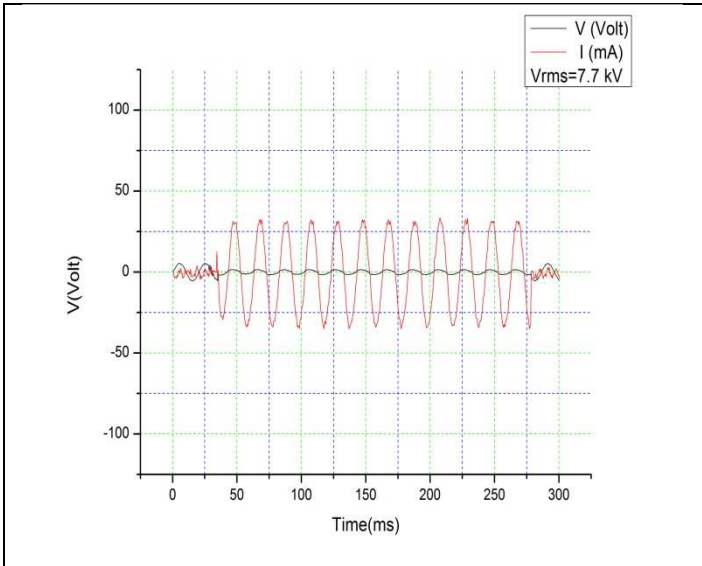
(d) Διάγραμμα ρεύματος-συχνότητας (FFT)



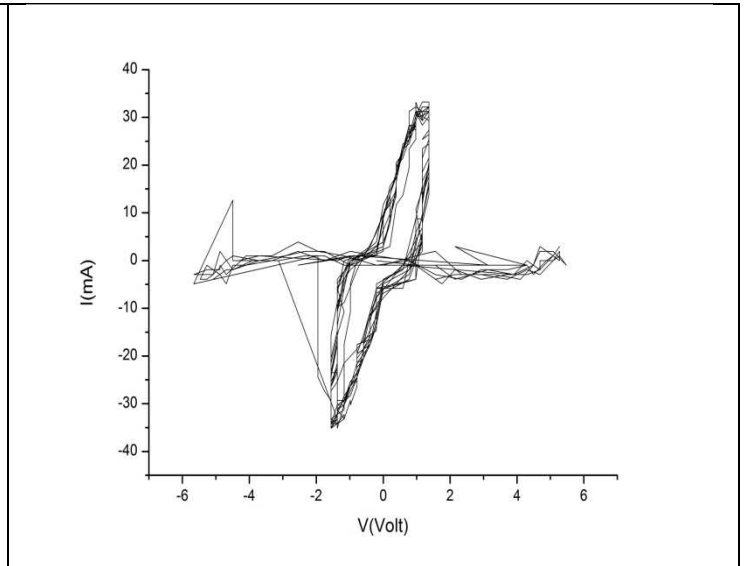
(e) Διάγραμμα τάσης-συχνότητας (FFT)

(f) Διάγραμμα χρόνου-φαινόμενης ισχύς

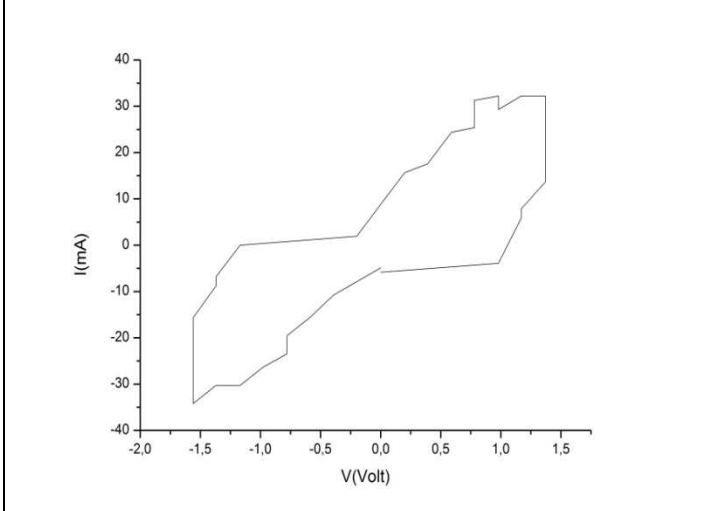
Γεωμετρία Πλάκα-Ακίδα 120° διάκενο 2.5 cm



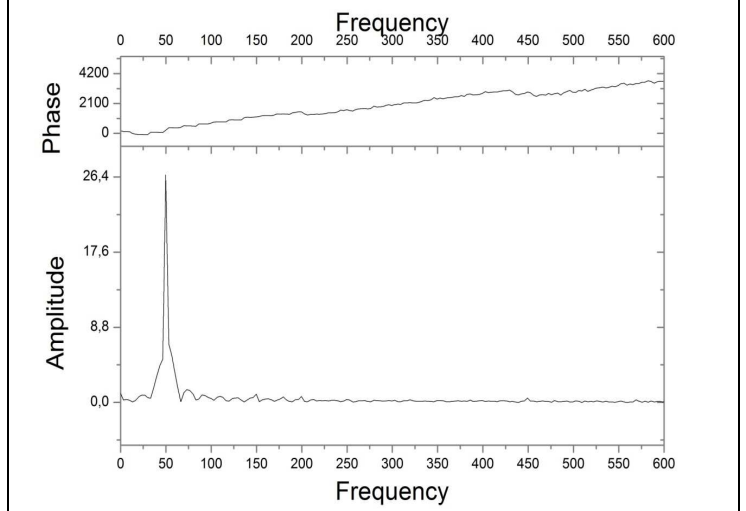
(a) Διάγραμμα χρόνου-τάσης-ρεύμα



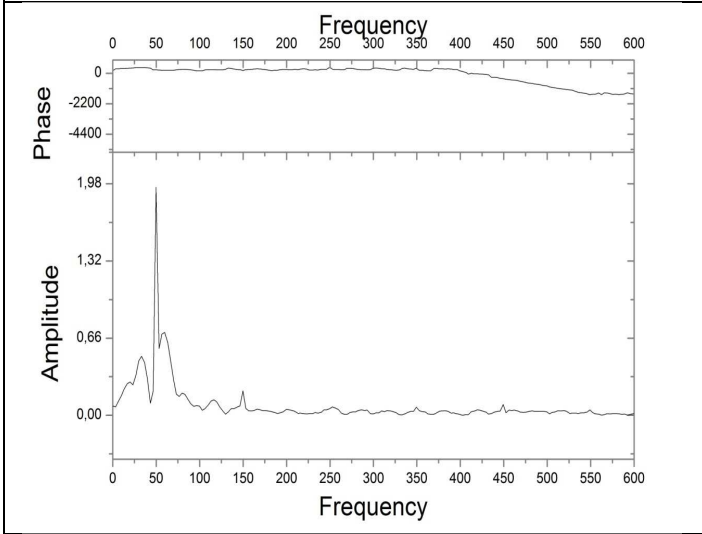
(b) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος



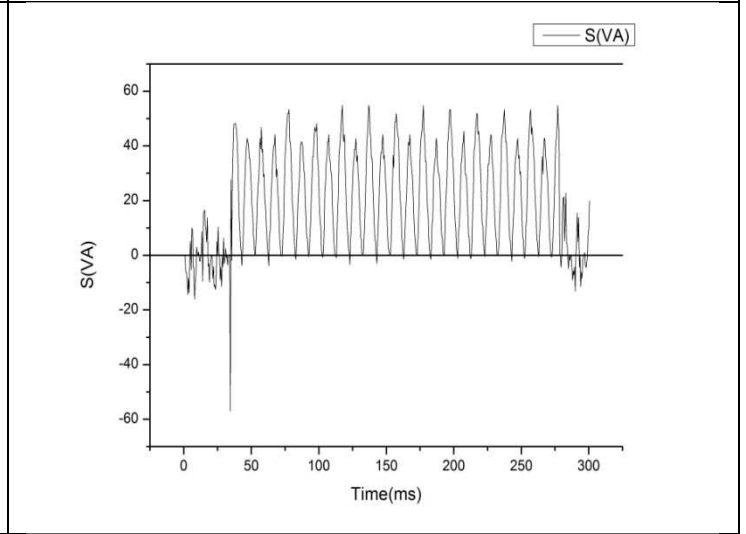
(c) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος περιόδου



(d) Διάγραμμα ρεύματος-συχνότητας (FFT)

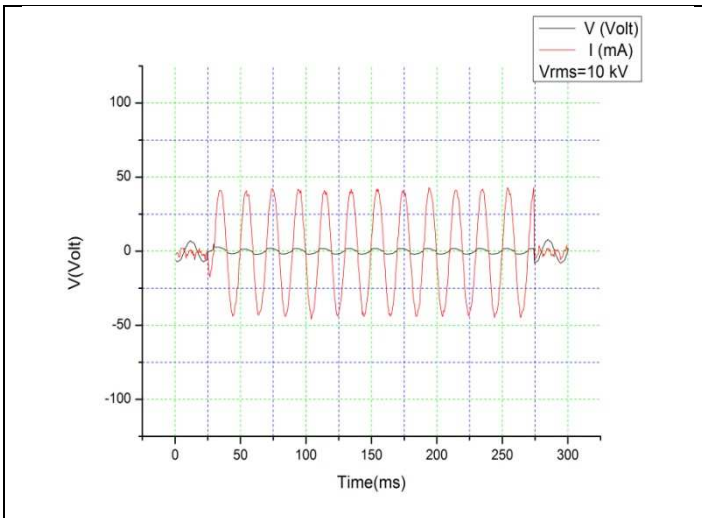


(e) Διάγραμμα τάσης-συχνότητας (FFT)

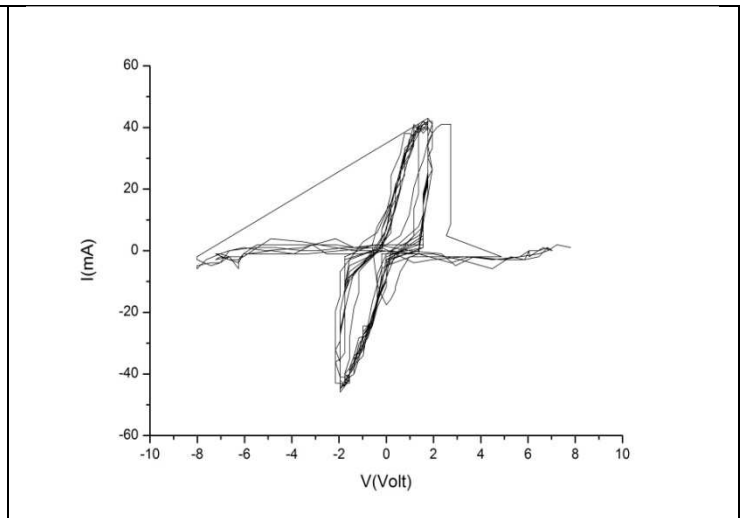


(f) Διάγραμμα χρόνου-φαινόμενης ισχύς

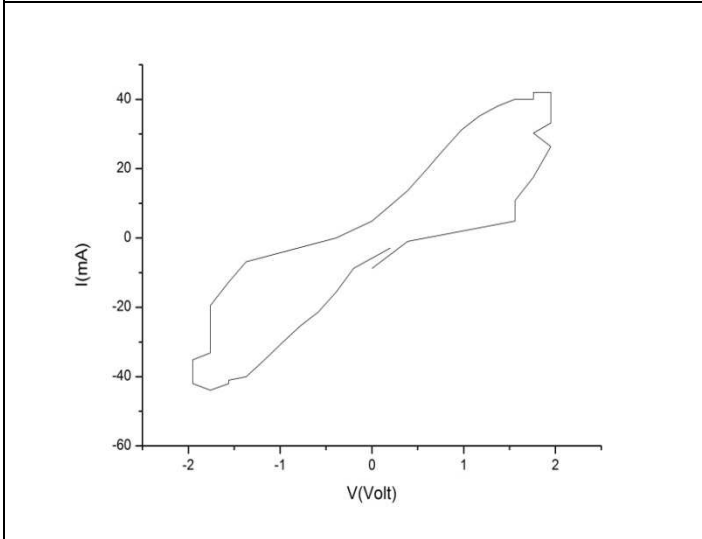
Γεωμετρία Πλάκα-Ακίδα 90⁰ διάκενο 0.5 cm



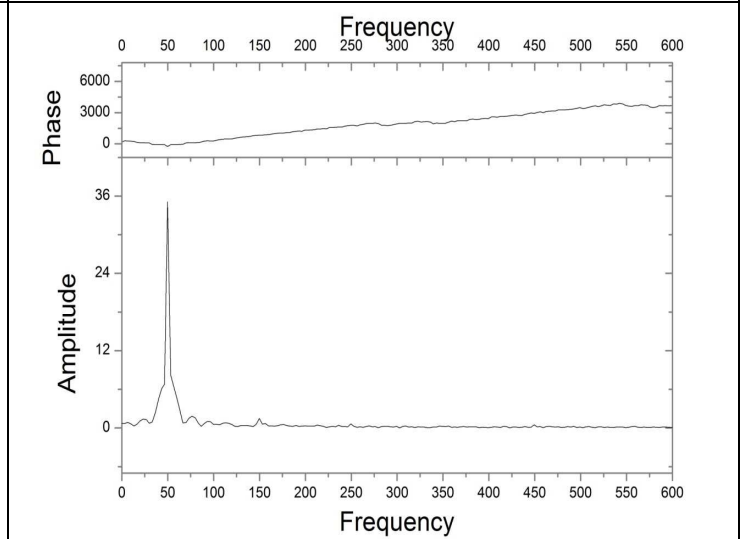
(a) Διάγραμμα χρόνου-τάσης-ρεύμα



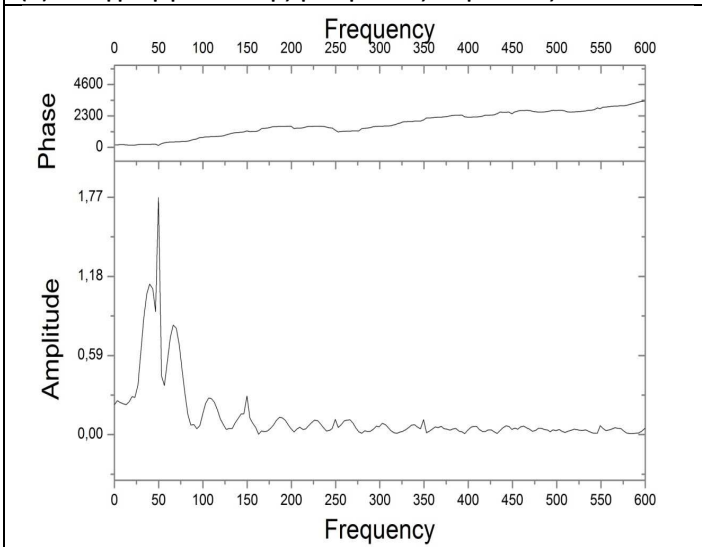
(b) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος



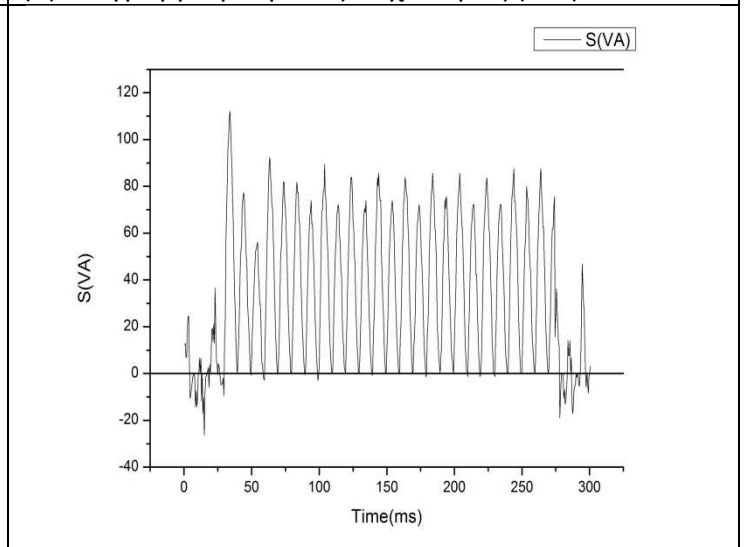
(c) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος περιόδου



(d) Διάγραμμα ρεύματος-συχνότητας (FFT)

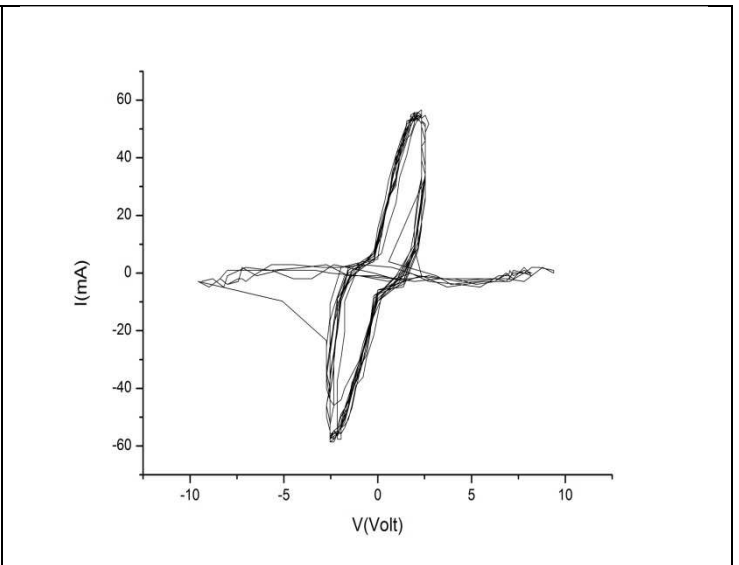
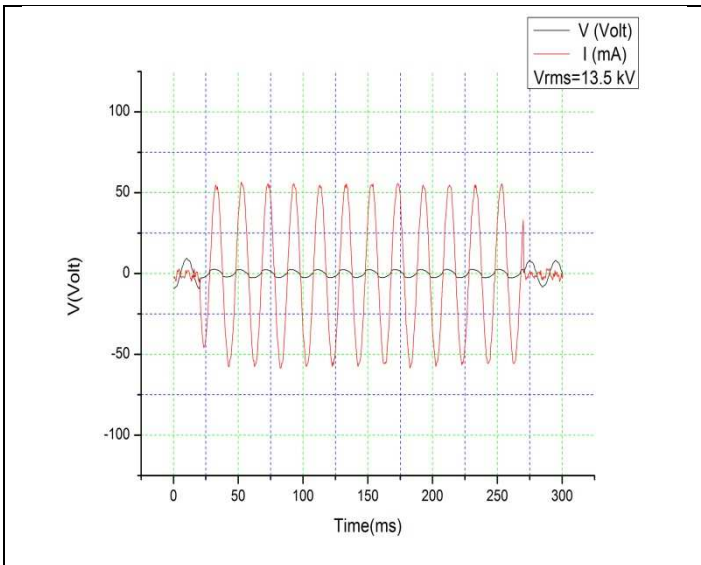


(e) Διάγραμμα τάσης-συχνότητας (FFT)



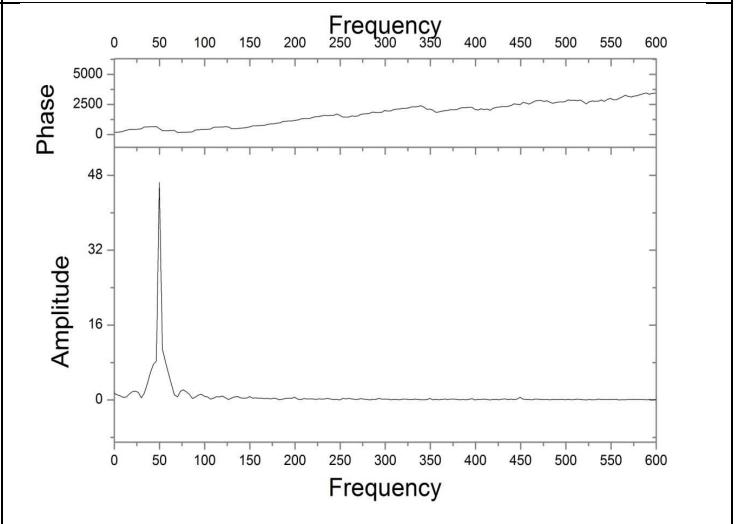
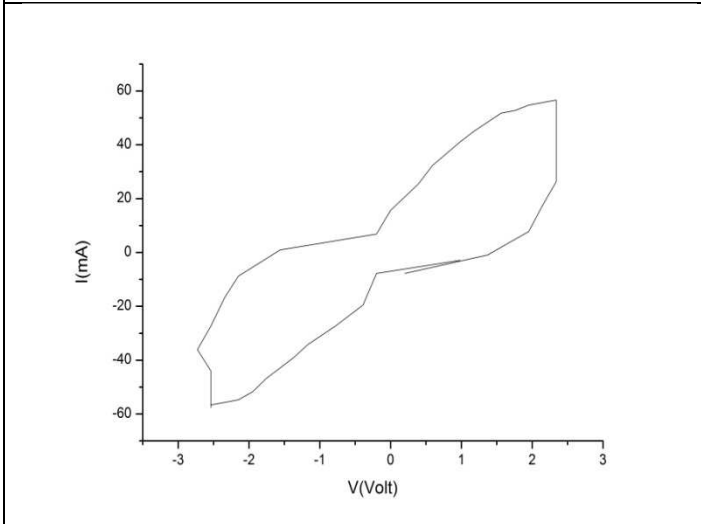
(f) Διάγραμμα χρόνου-φαινόμενης ισχύς

Γεωμετρία Πλάκα-Ακίδα 90° διάκενο 1 cm



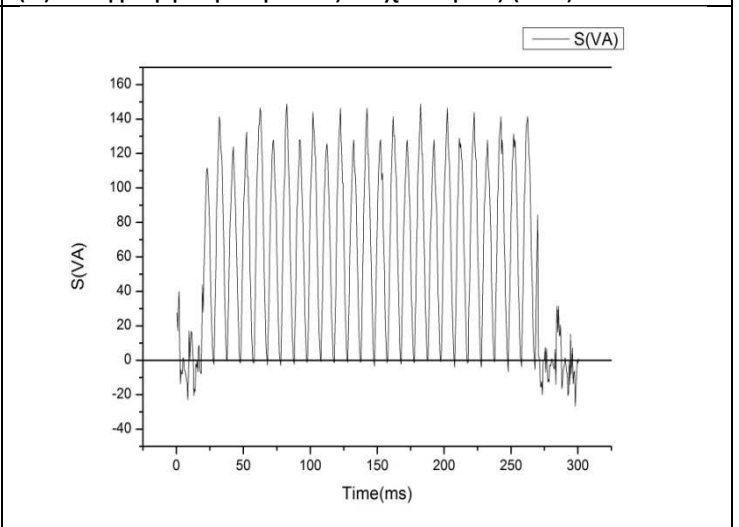
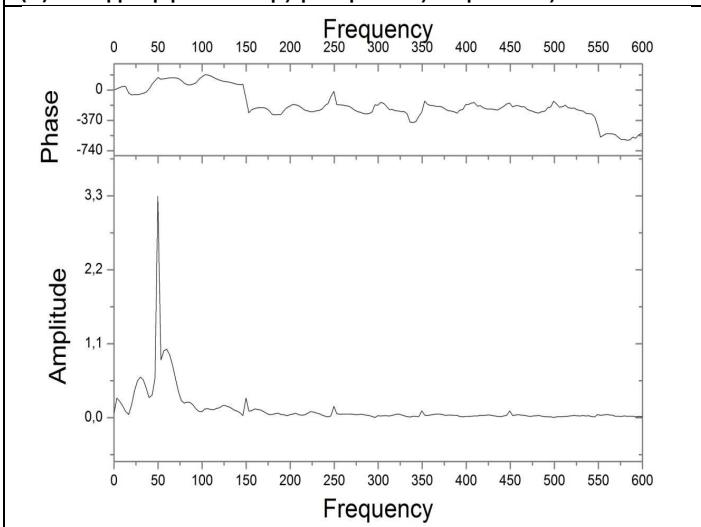
(a) Διάγραμμα χρόνου-τάσης-ρεύμα

(b) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος



(c) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος περιόδου

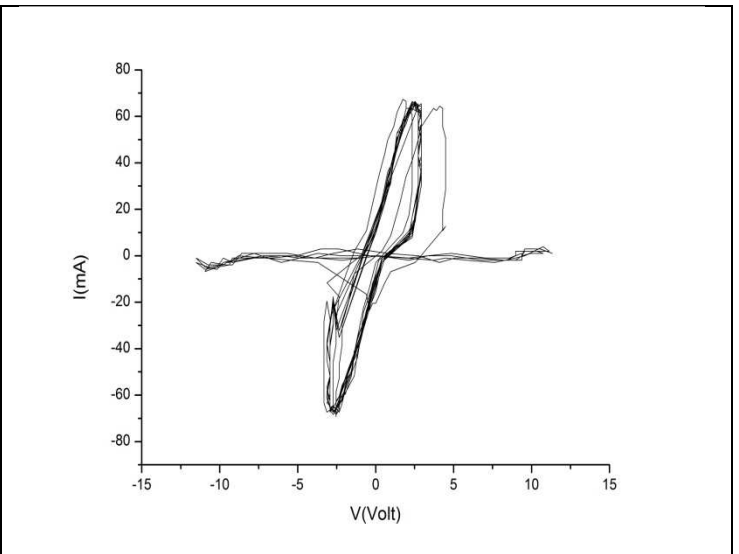
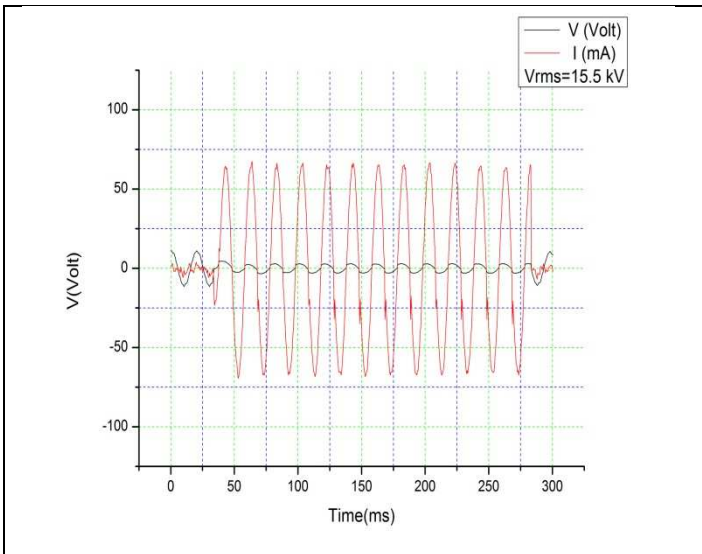
(d) Διάγραμμα ρεύματος-συχνότητας (FFT)



(e) Διάγραμμα τάσης-συχνότητας (FFT)

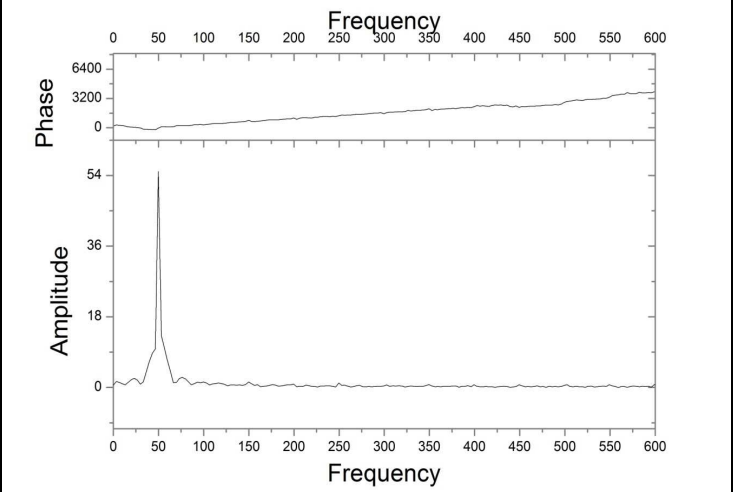
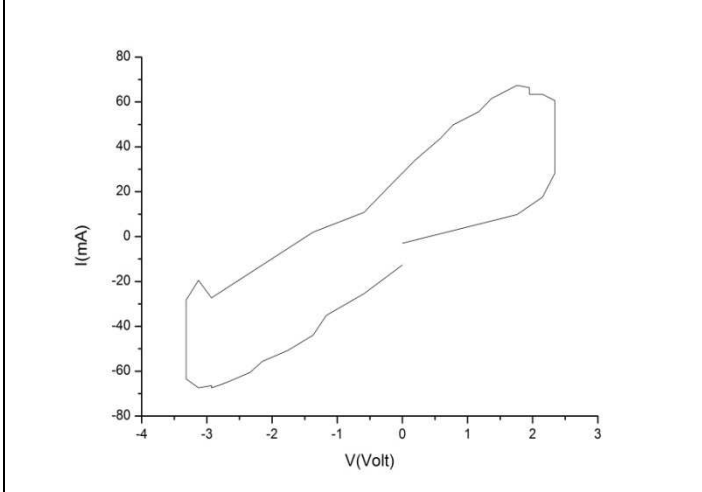
(f) Διάγραμμα χρόνου-φαινόμενης ισχύς

Γεωμετρία Πλάκα-Ακίδα 90° διάκενο 1.5 cm



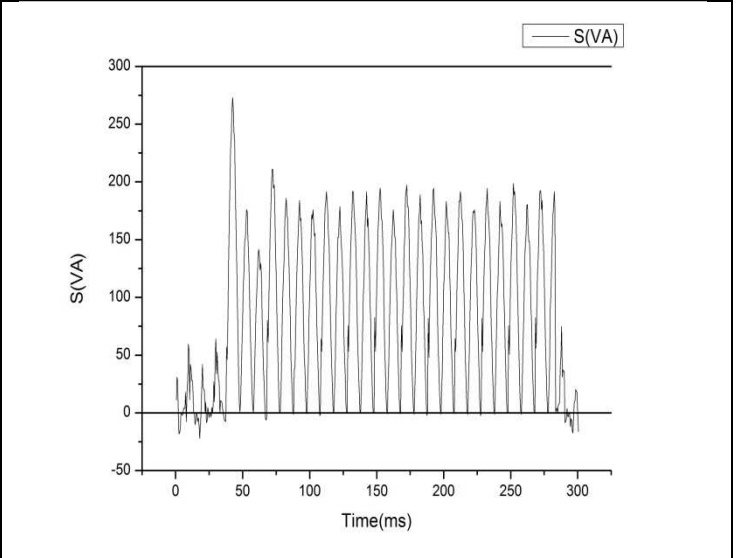
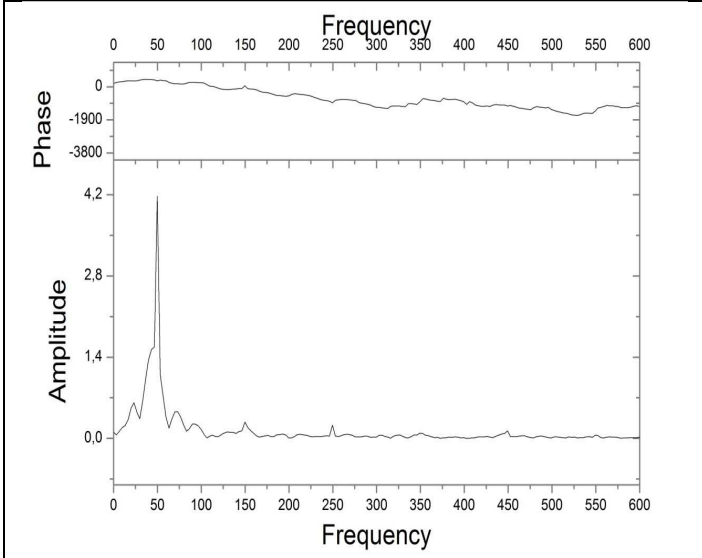
(a) Διάγραμμα χρόνου-τάσης-ρεύμα

(b) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος



(c) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος περιόδου

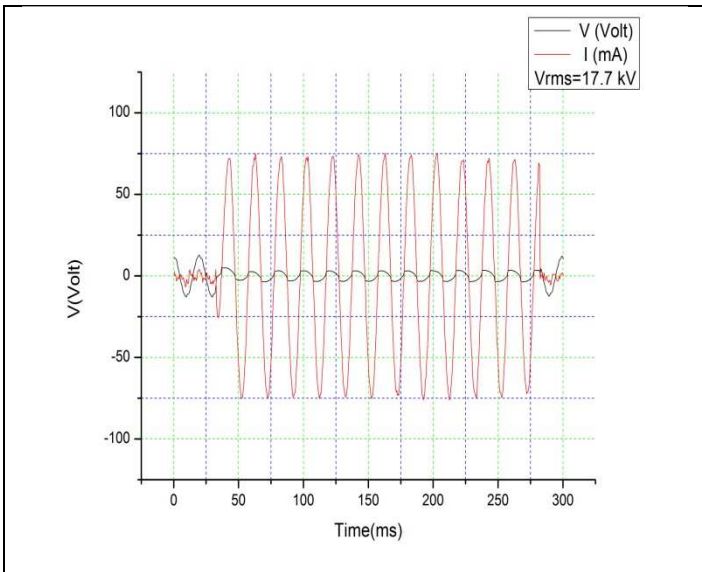
(d) Διάγραμμα ρεύματος-συχνότητας (FFT)



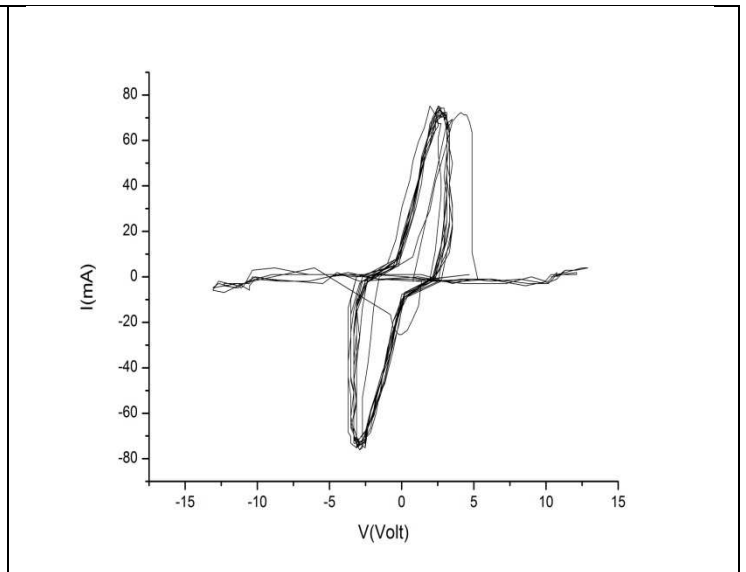
(e) Διάγραμμα τάσης-συχνότητας (FFT)

(f) Διάγραμμα χρόνου-φαινόμενης ισχύς

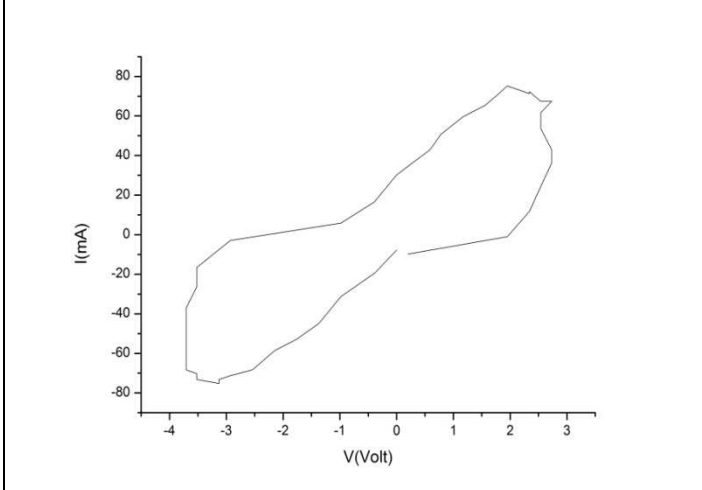
Γεωμετρία Πλάκα-Ακίδα 90° διάκενο 2 cm



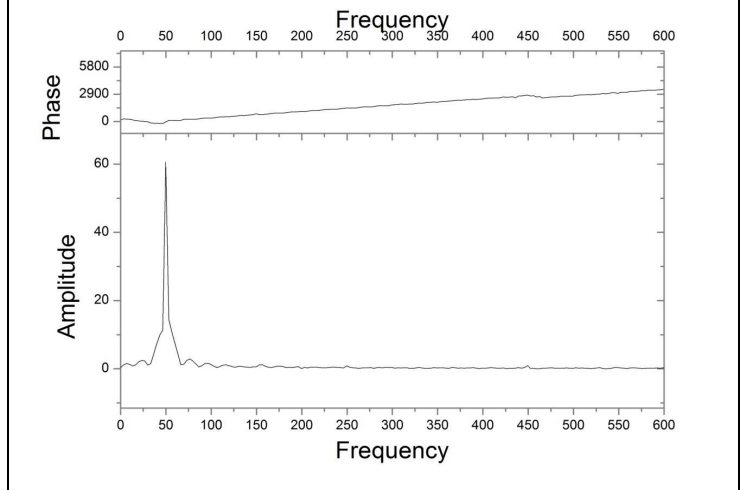
(a) Διάγραμμα χρόνου-τάσης-ρεύμα



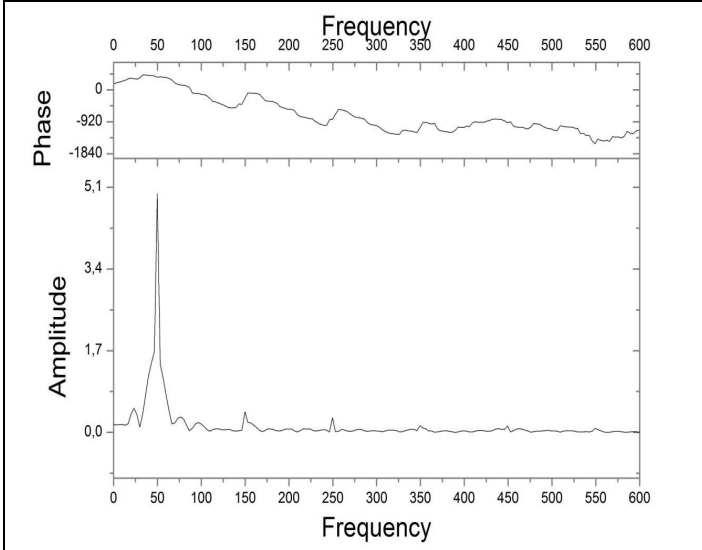
(b) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος



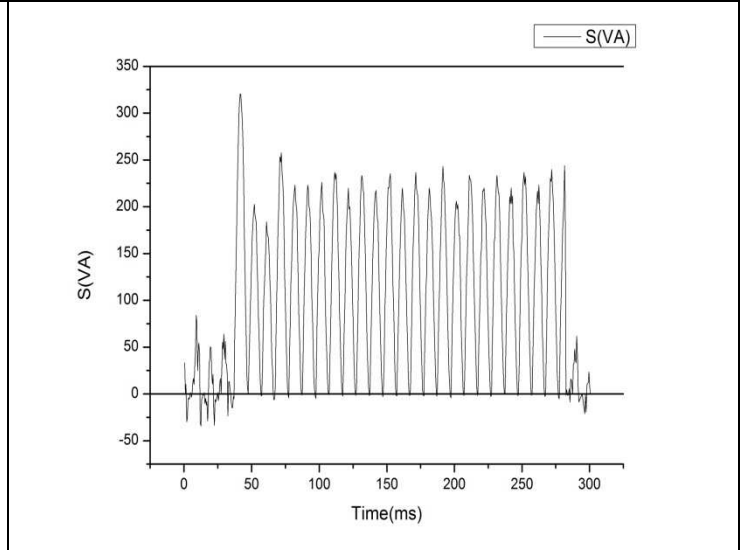
(c) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος περιόδου



(d) Διάγραμμα ρεύματος-συχνότητας (FFT)

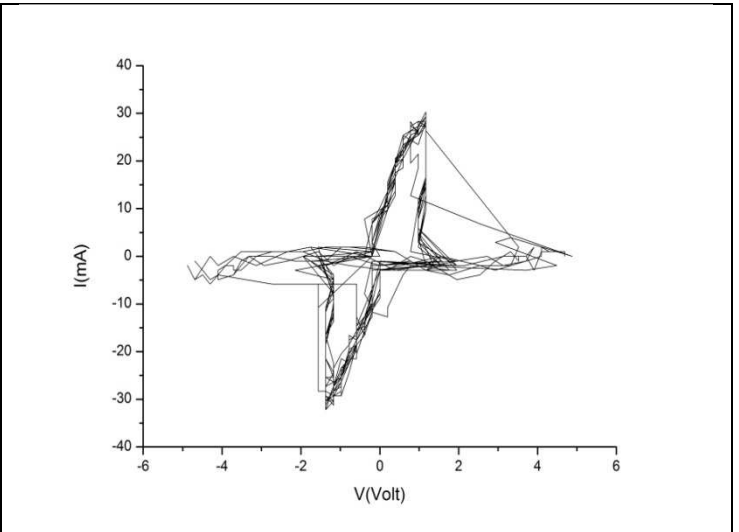
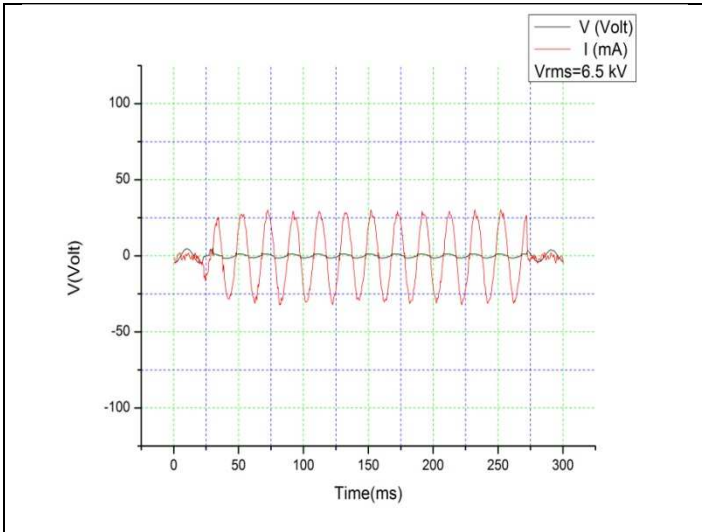


(e) Διάγραμμα τάσης-συχνότητας (FFT)



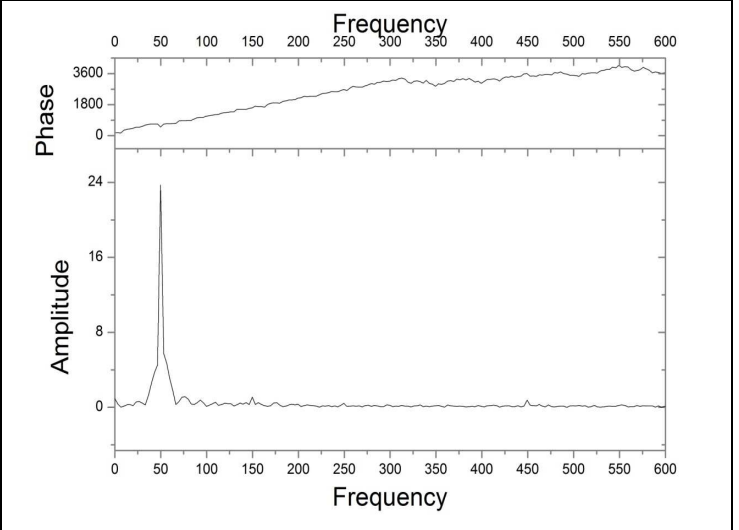
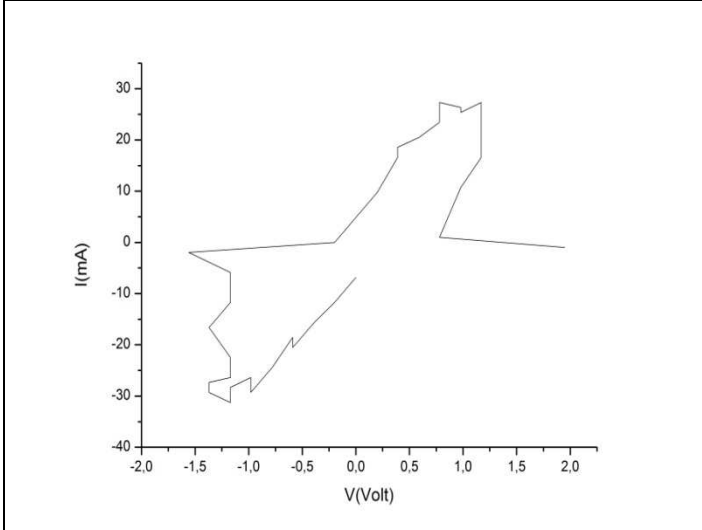
(f) Διάγραμμα χρόνου-φαινόμενης ισχύς

Γεωμετρία Πλάκα-Ακίδα 90⁰ διάκενο 2.5 cm



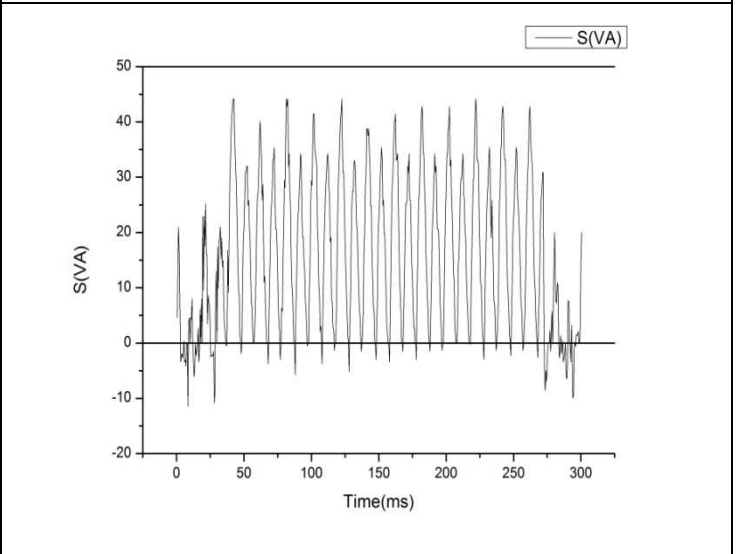
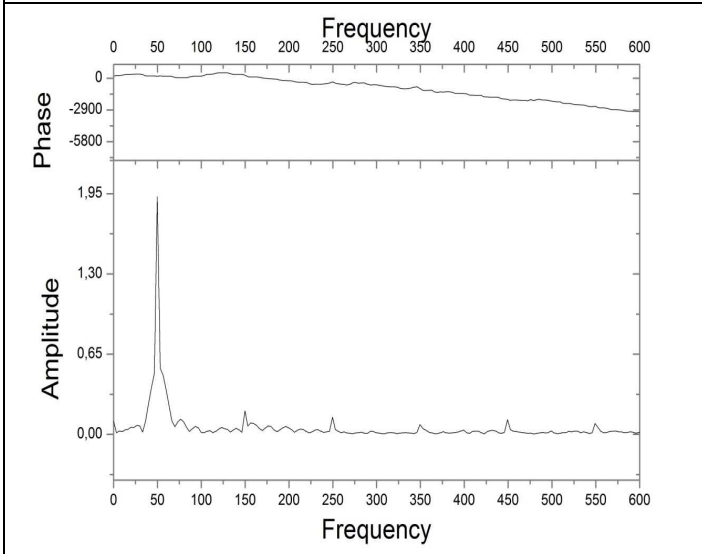
(a) Διάγραμμα χρόνου-τάσης-ρεύμα

(b) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος



(c) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος περιόδου

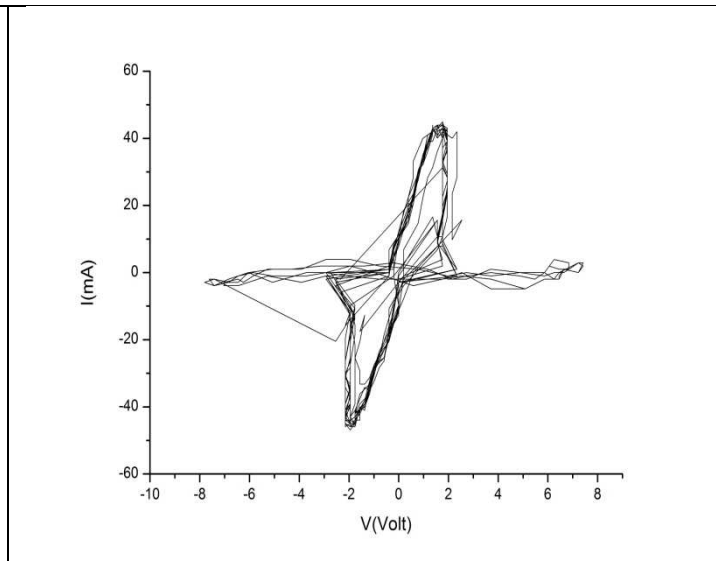
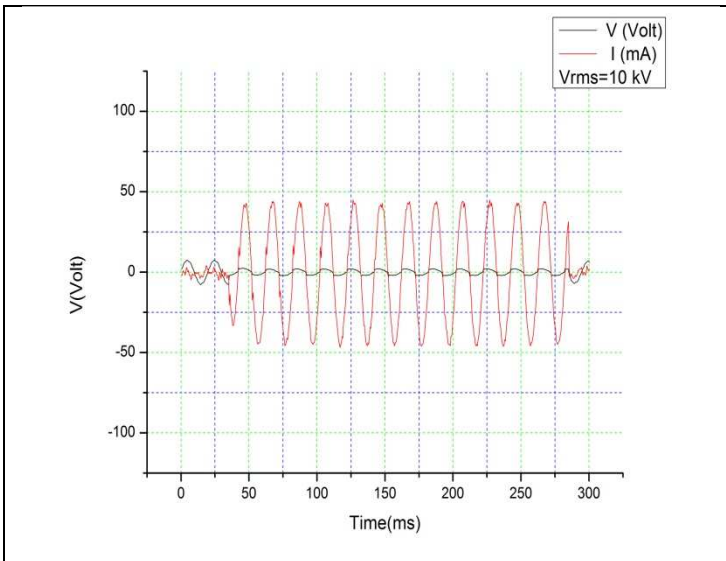
(d) Διάγραμμα ρεύματος-συχνότητας (FFT)



(e) Διάγραμμα τάσης-συχνότητας (FFT)

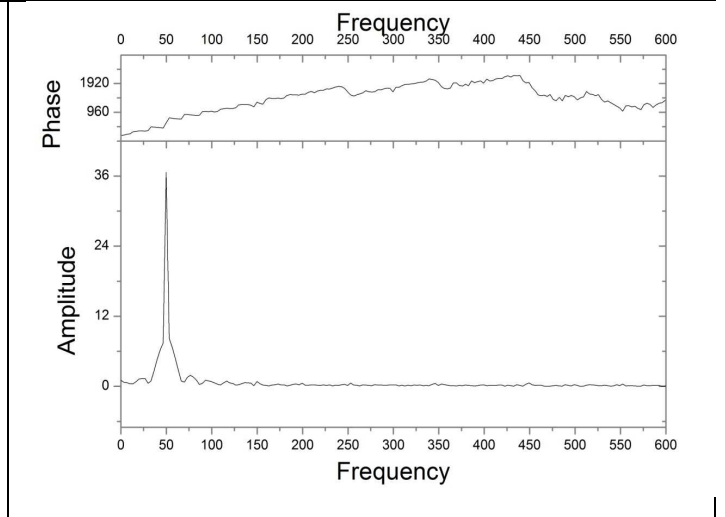
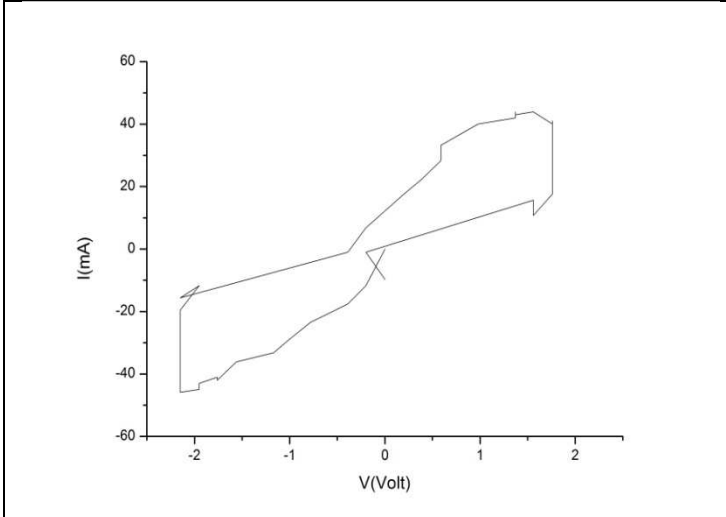
(f) Διάγραμμα χρόνου-φαινόμενης ισχύς

Γεωμετρία Πλάκα-Ακίδα 60⁰ διάκενο 0.5 cm



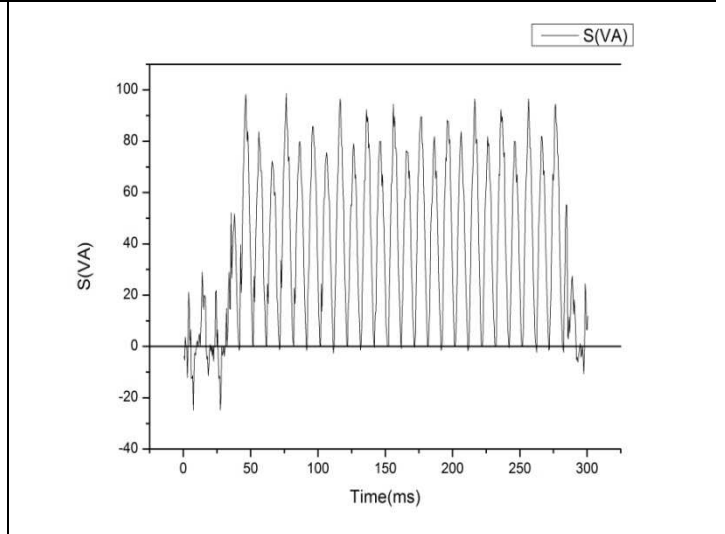
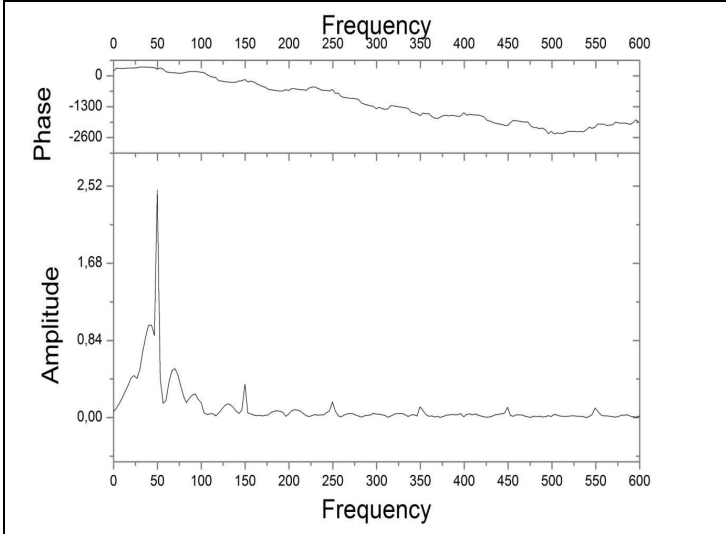
(a) Διάγραμμα χρόνου-τάσης-ρεύμα

(b) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος



(c) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος περιόδου

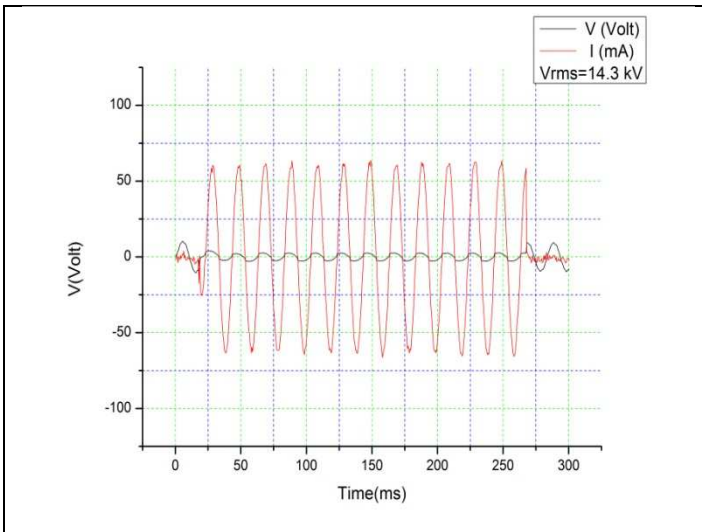
(d) Διάγραμμα ρεύματος-συχνότητας (FFT)



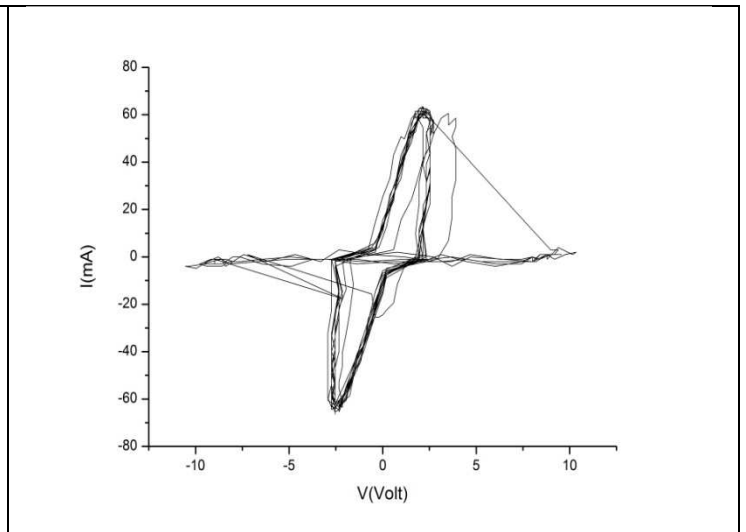
(e) Διάγραμμα τάσης-συχνότητας (FFT)

(f) Διάγραμμα χρόνου-φαινόμενης ισχύς

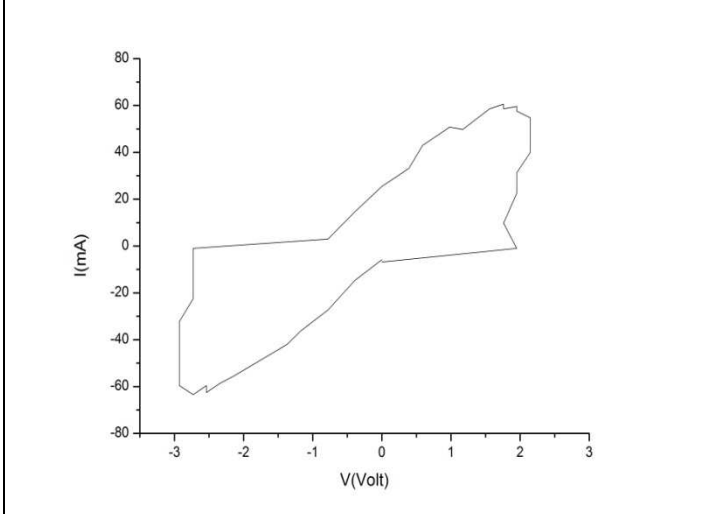
Γεωμετρία Πλάκα-Ακίδα 60° διάκενο 1 cm



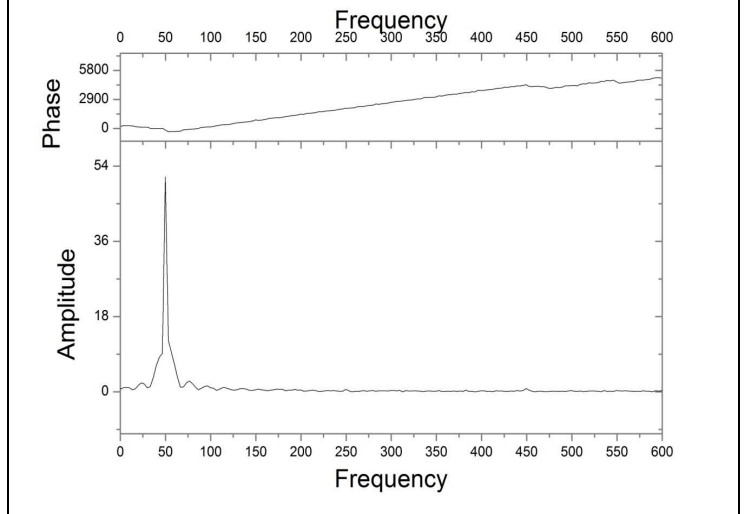
(a) Διάγραμμα χρόνου-τάσης-ρεύμα



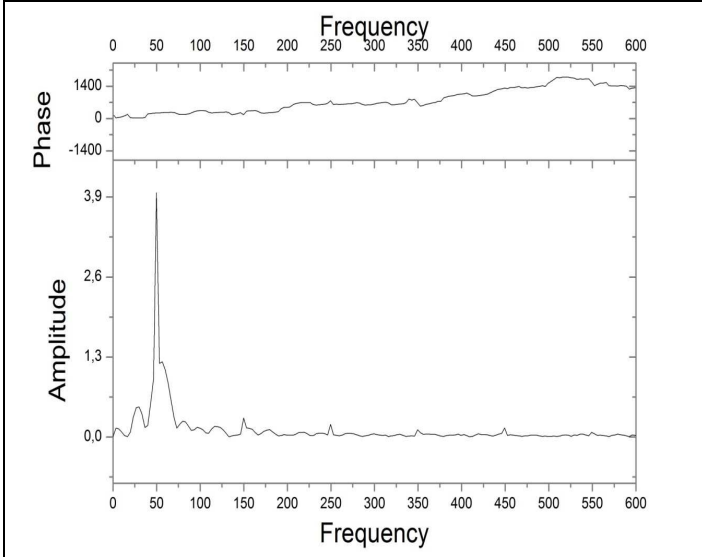
(b) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος



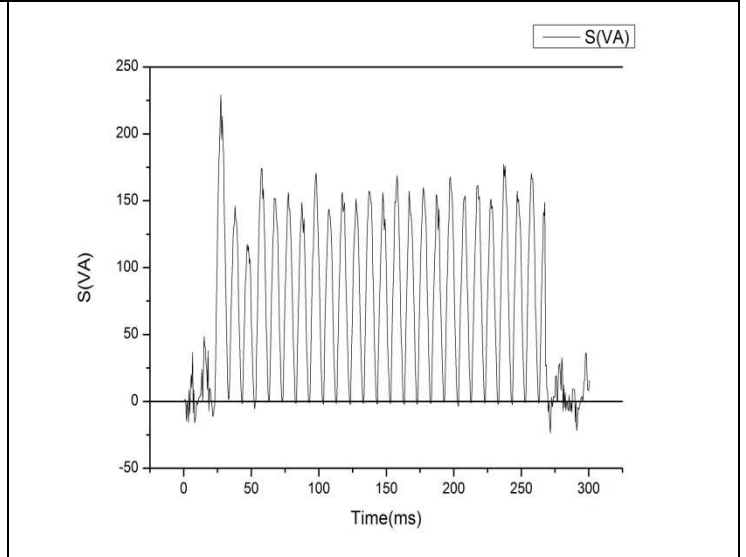
(c) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος περιόδου



(d) Διάγραμμα ρεύματος-συχνότητας (FFT)

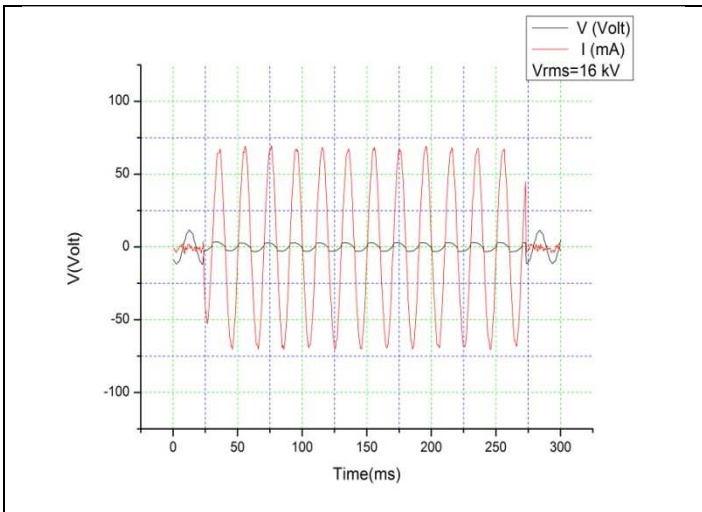


(e) Διάγραμμα τάσης-συχνότητας (FFT)

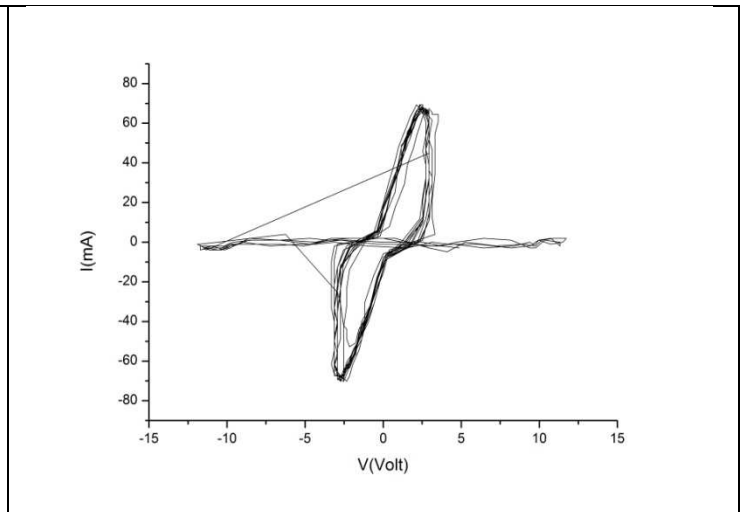


(f) Διάγραμμα χρόνου-φαινόμενης ισχύς

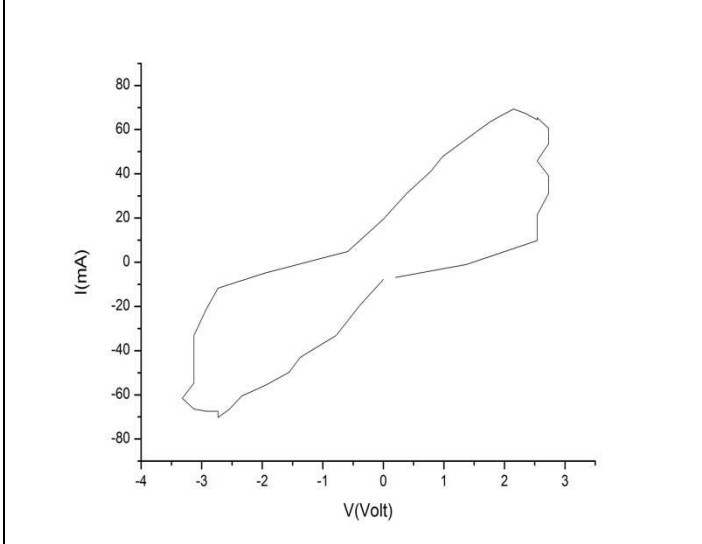
Γεωμετρία Πλάκα-Ακίδα 60° διάκενο 1.5 cm



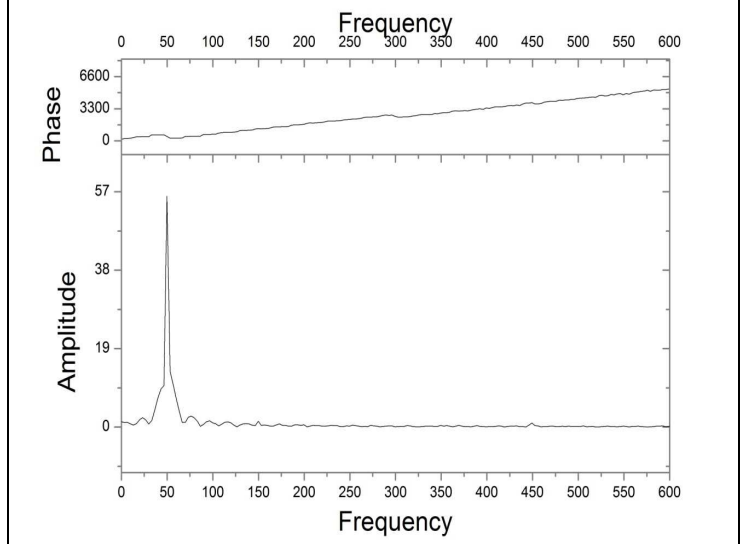
(a) Διάγραμμα χρόνου-τάσης-ρεύμα



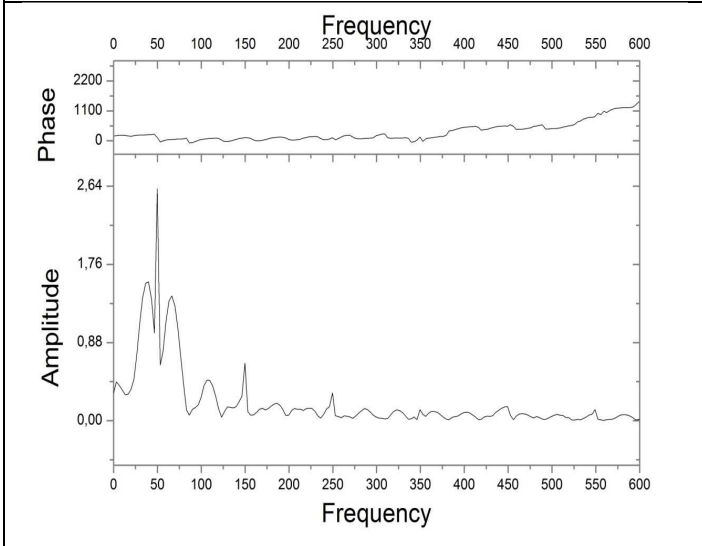
(b) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος



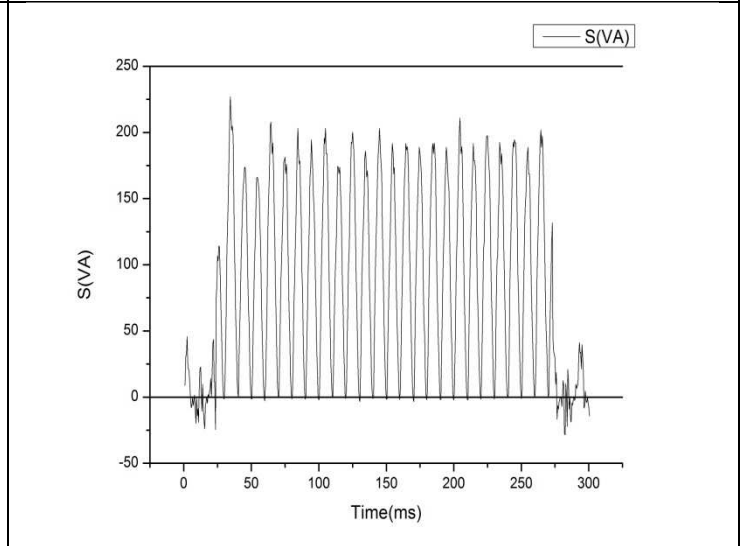
(c) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος περιόδου



(d) Διάγραμμα ρεύματος-συχνότητας (FFT)

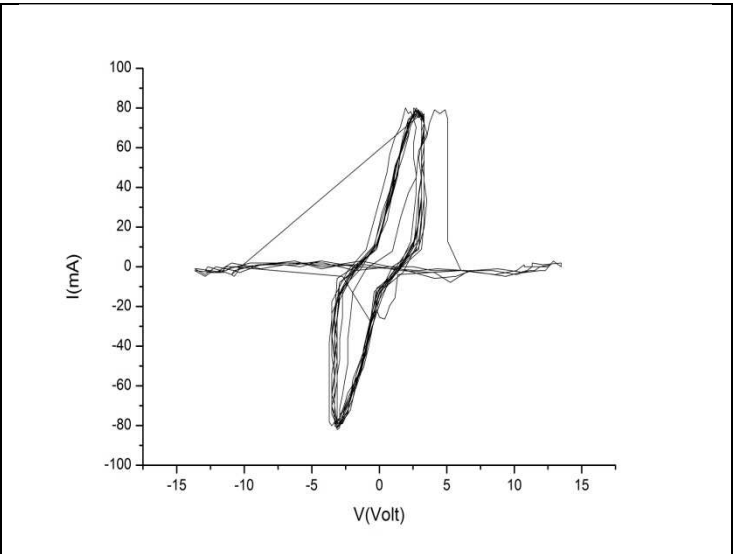
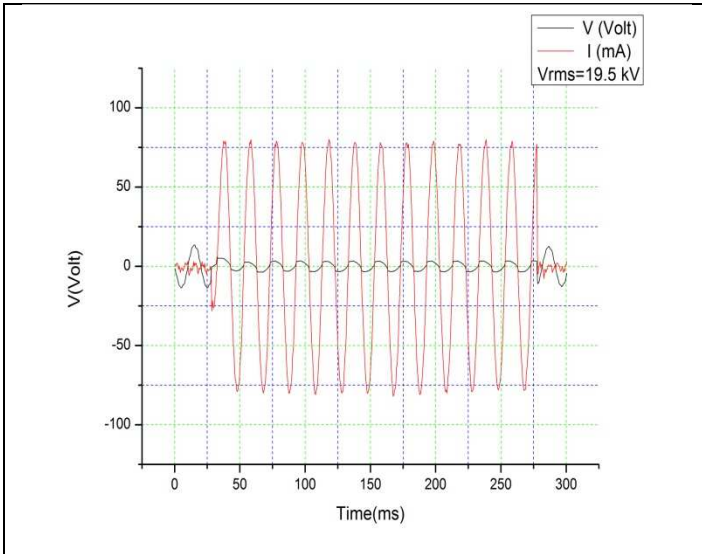


(e) Διάγραμμα τάσης-συχνότητας (FFT)



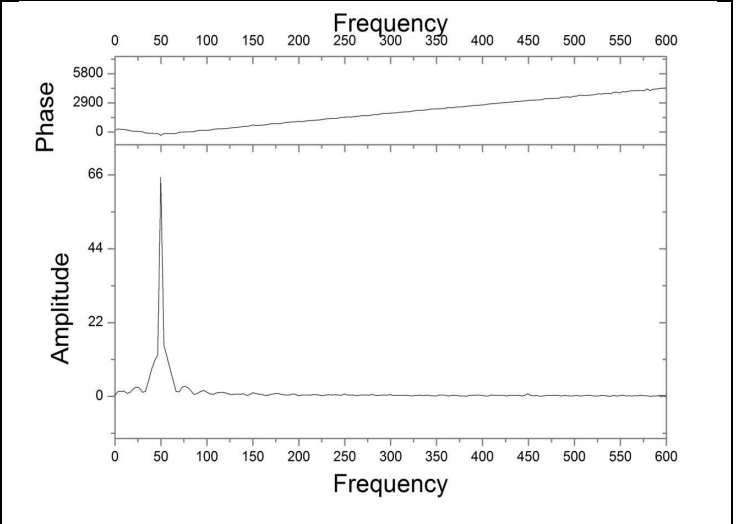
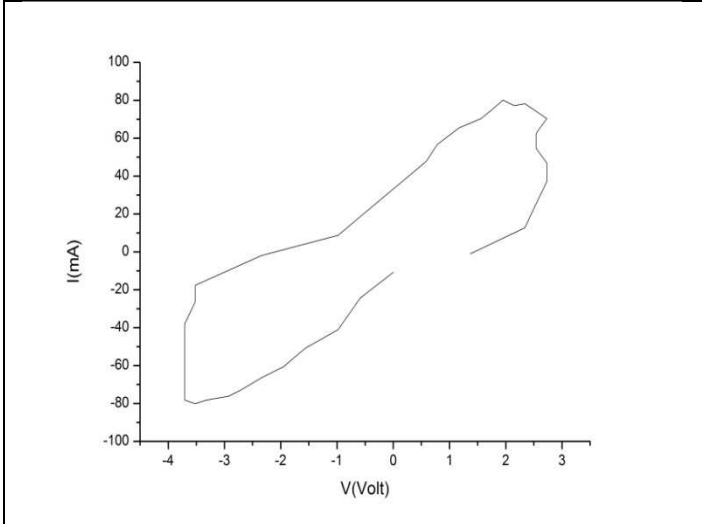
(f) Διάγραμμα χρόνου-φαινόμενης ισχύς

Γεωμετρία Πλάκα-Ακίδα 60⁰ διάκενο 2 cm



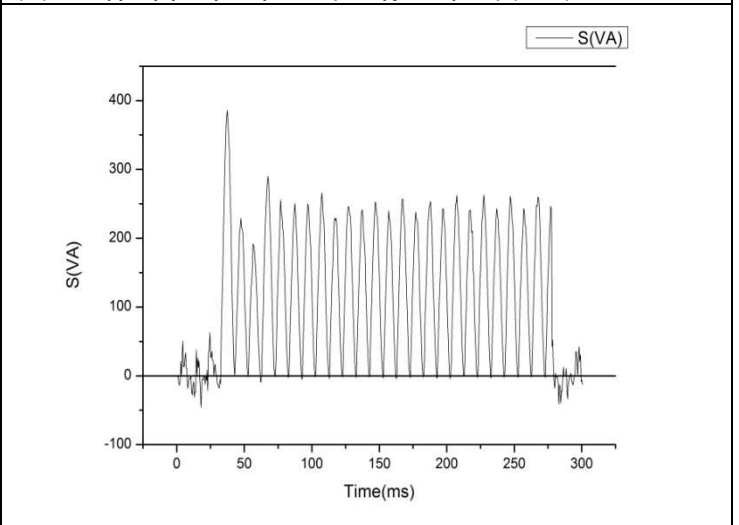
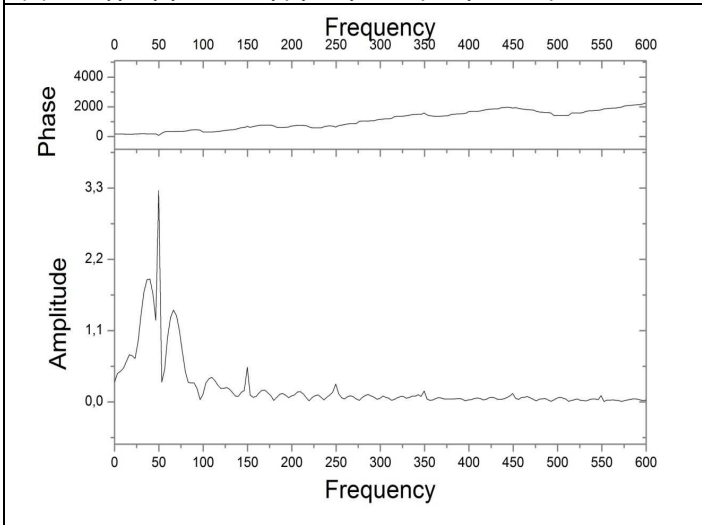
(a) Διάγραμμα χρόνου-τάσης-ρεύμα

(b) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος



(c) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος περιόδου

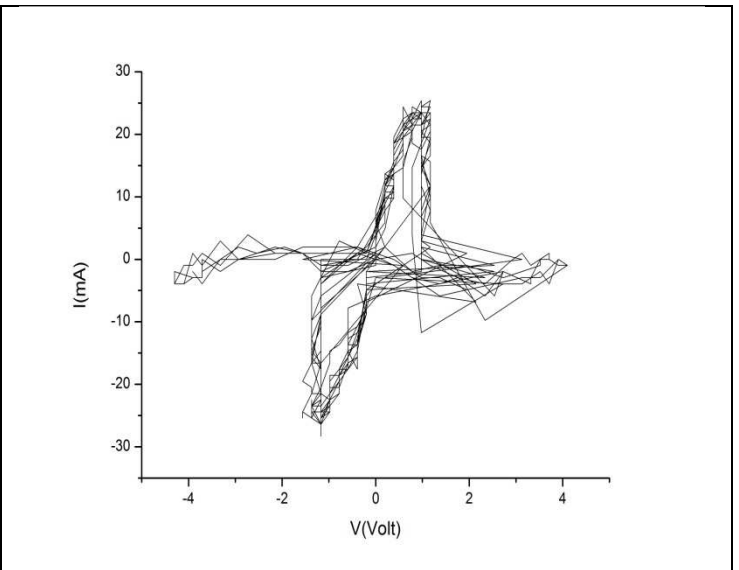
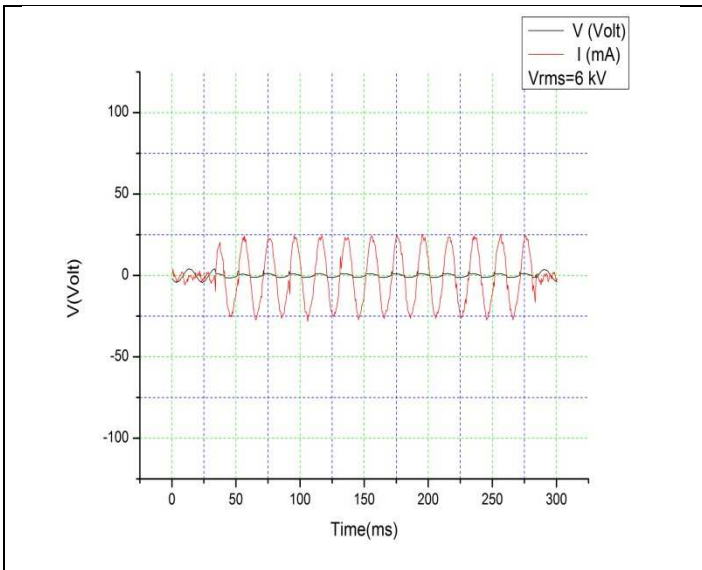
(d) Διάγραμμα ρεύματος-συχνότητας (FFT)



(e) Διάγραμμα τάσης-συχνότητας (FFT)

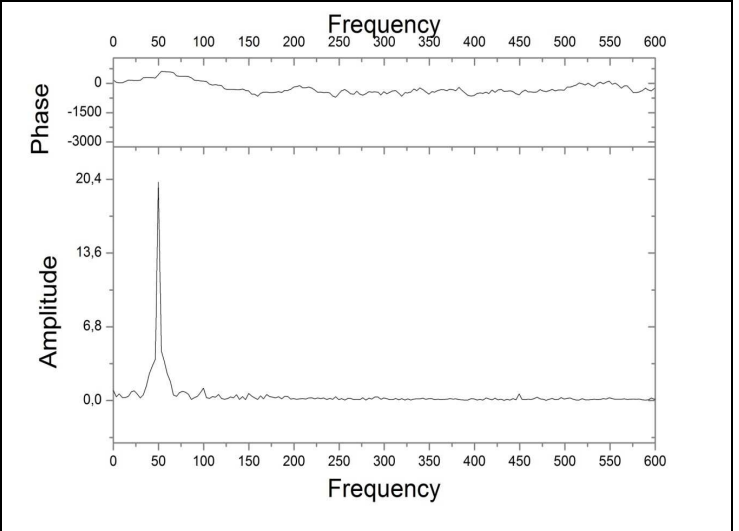
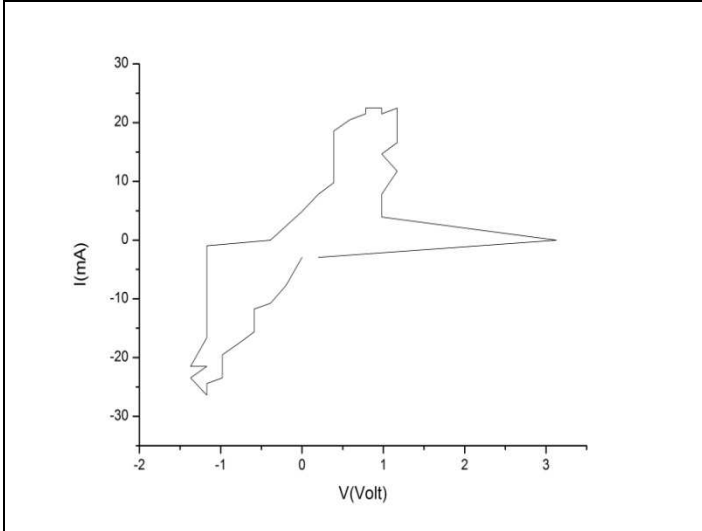
(f) Διάγραμμα χρόνου-φαινόμενης ισχύς

Γεωμετρία Πλάκα-Ακίδα 60° διάκενο 2.5 cm



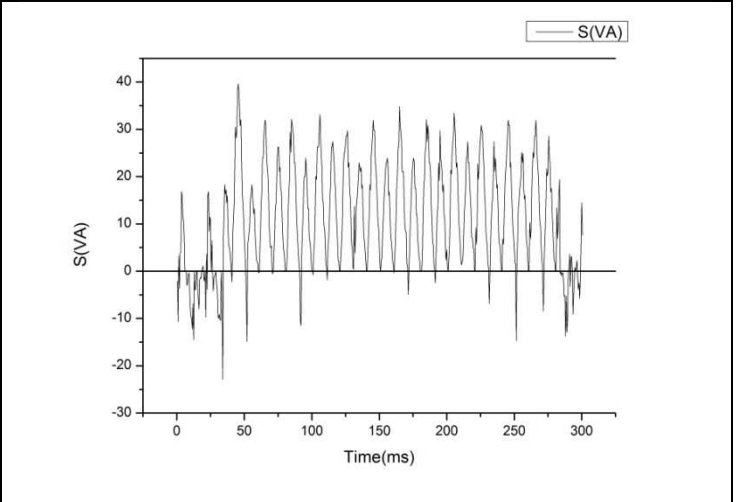
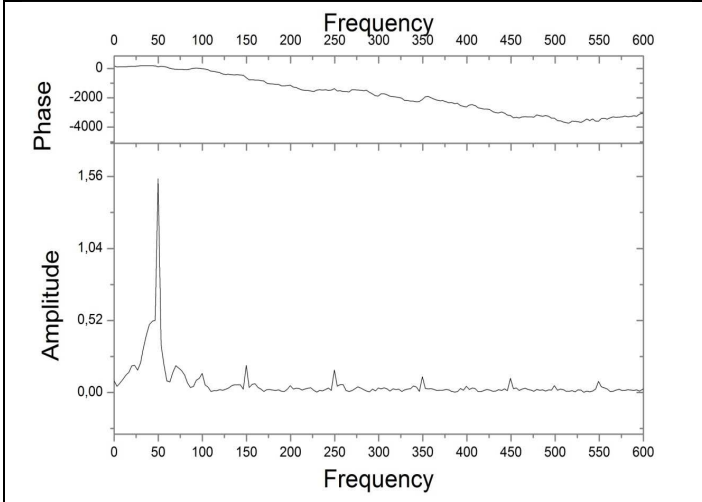
(a) Διάγραμμα χρόνου-τάσης-ρεύμα

(b) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος



(c) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος περιόδου

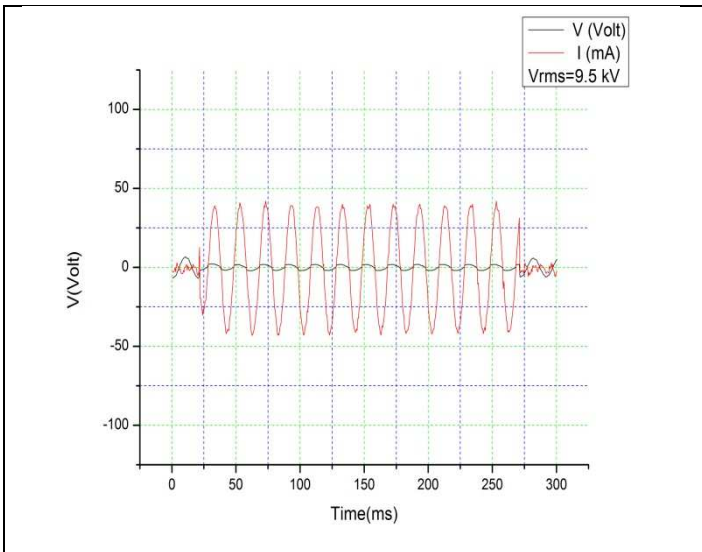
(d) Διάγραμμα ρεύματος-συχνότητας (FFT)



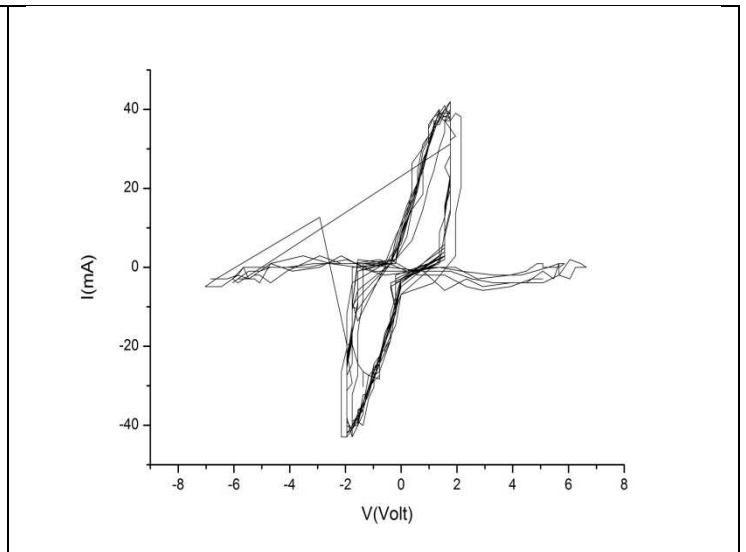
(e) Διάγραμμα τάσης-συχνότητας (FFT)

(f) Διάγραμμα χρόνου-φαινόμενης ισχύς

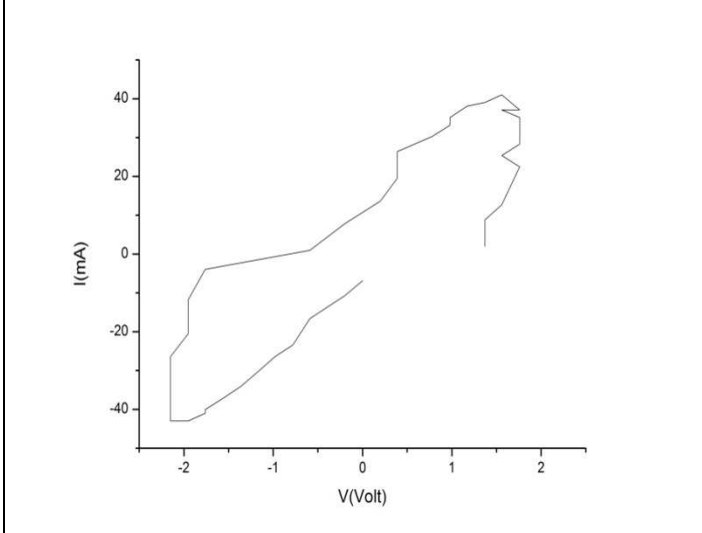
Γεωμετρία Πλάκα-Ακίδα 30⁰ διάκενο 0.5 cm



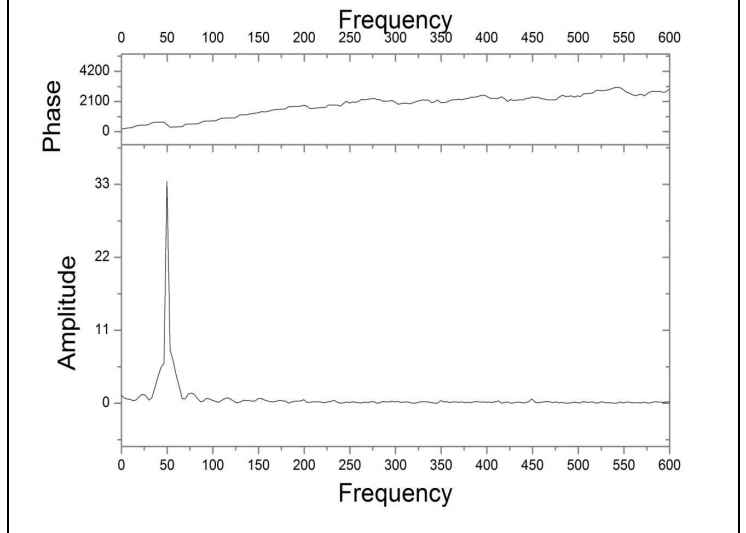
(a) Διάγραμμα χρόνου-τάσης-ρεύμα



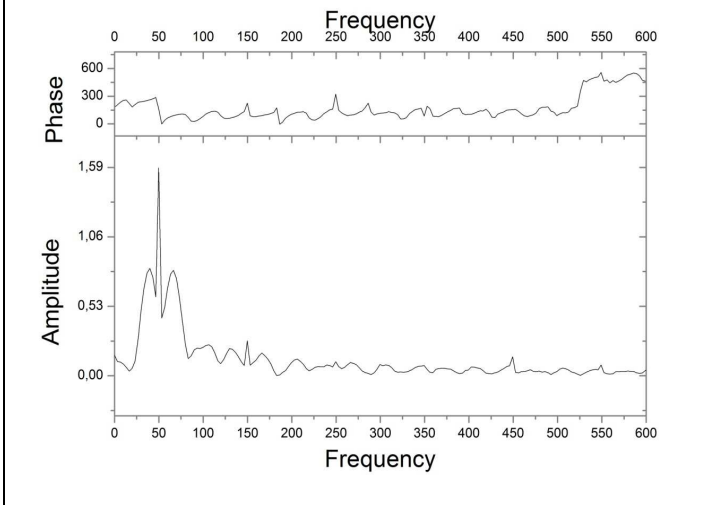
(b) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος



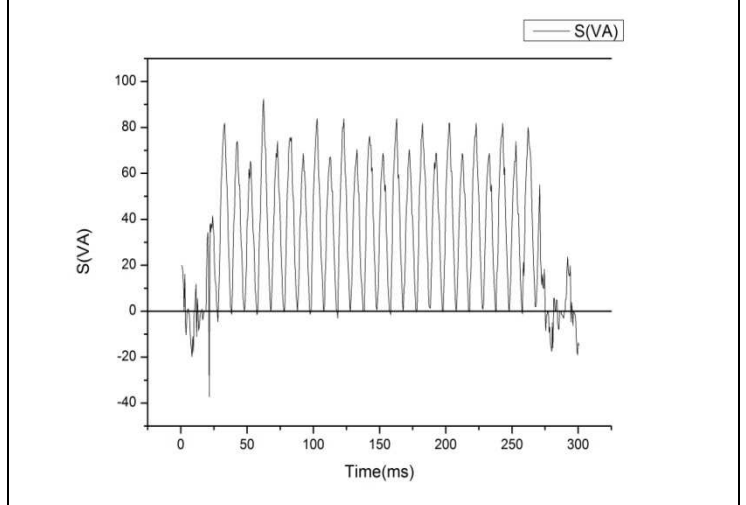
(c) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος περιόδου



(d) Διάγραμμα ρεύματος-συχνότητας (FFT)

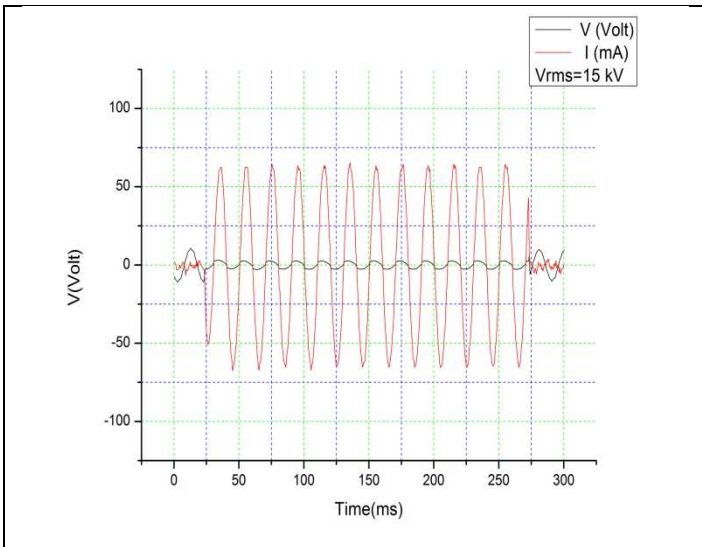


(e) Διάγραμμα τάσης-συχνότητας (FFT)

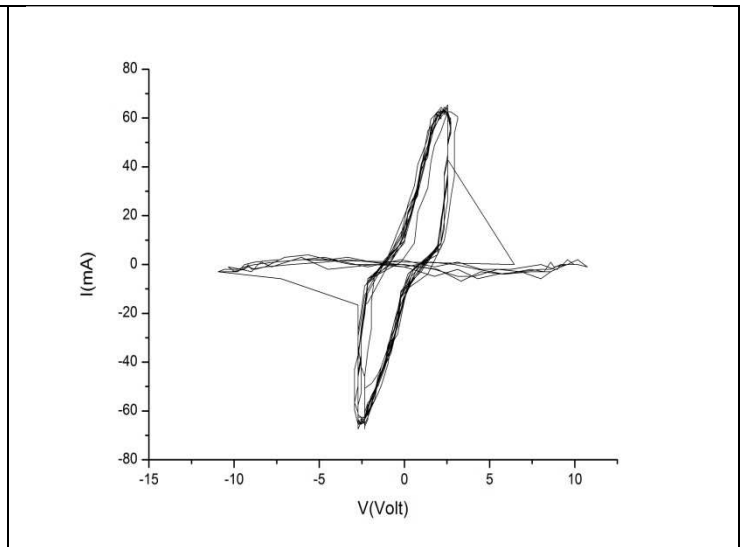


(f) Διάγραμμα χρόνου-φαινόμενης ισχύς

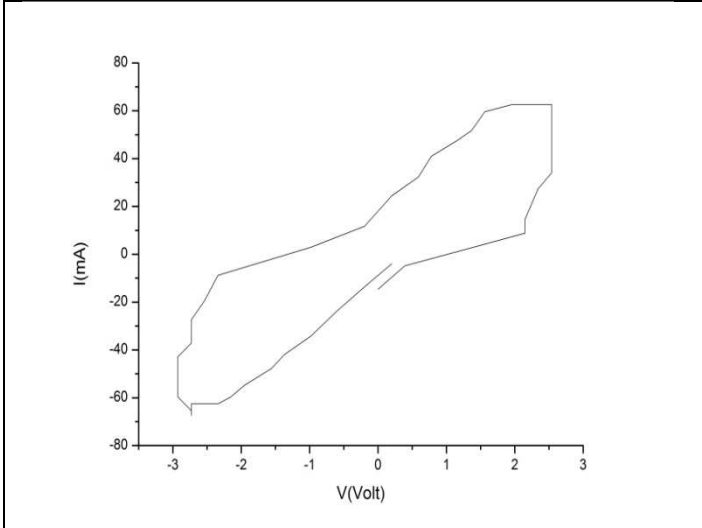
Γεωμετρία Πλάκα-Ακίδα 30⁰ διάκενο 1 cm



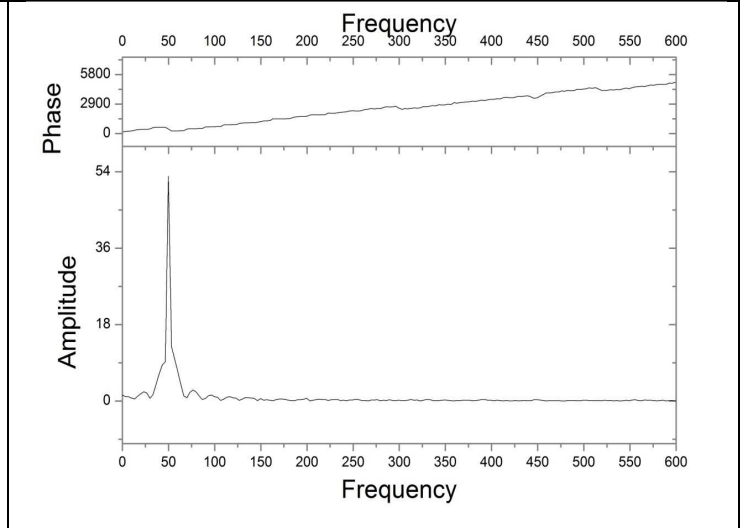
(a) Διάγραμμα χρόνου-τάσης-ρεύμα



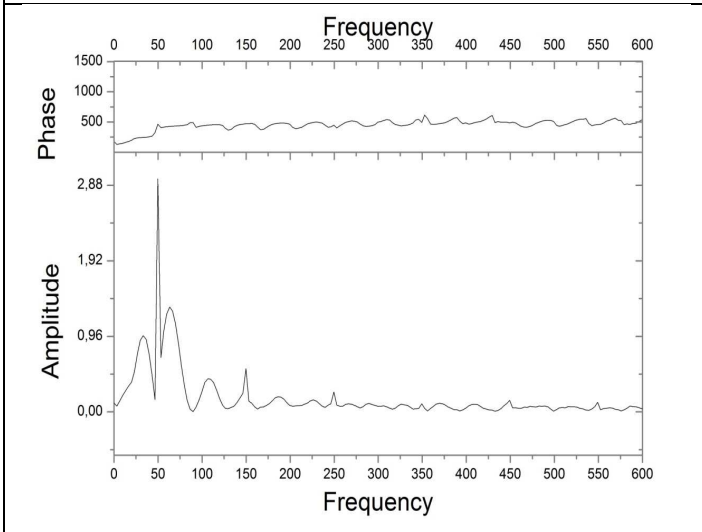
(b) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος



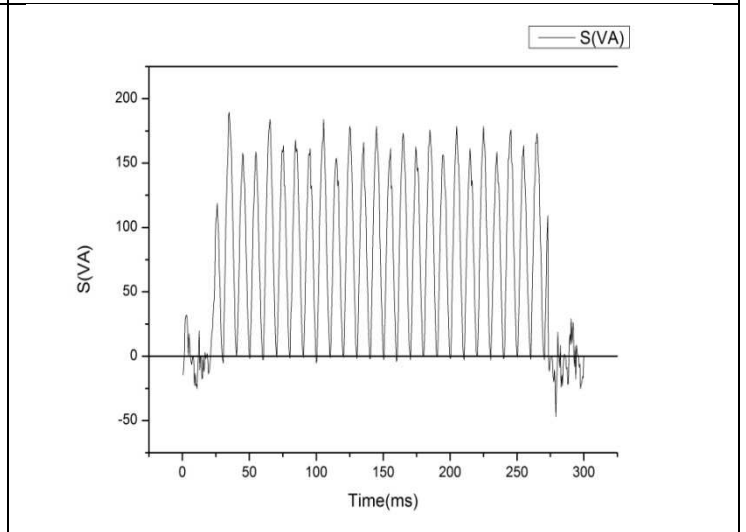
(c) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος περιόδου



(d) Διάγραμμα ρεύματος-συχνότητας (FFT)

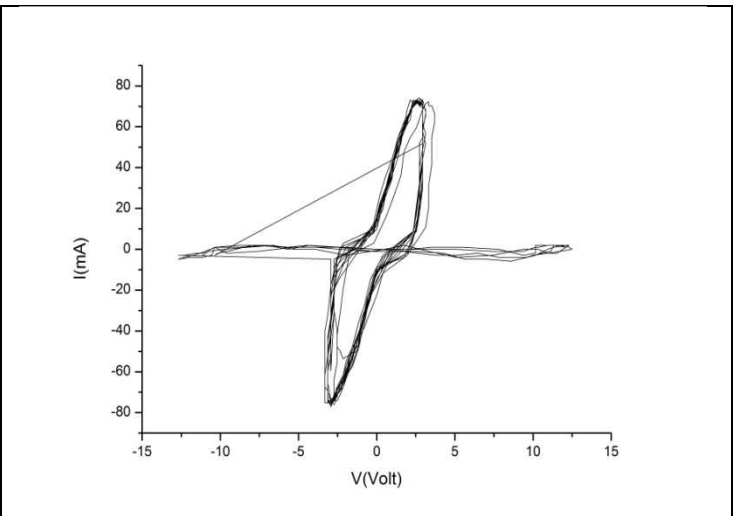
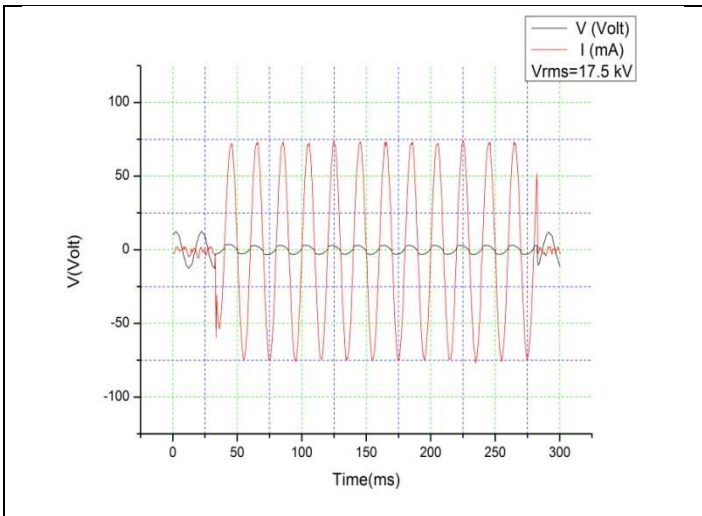


(e) Διάγραμμα τάσης-συχνότητας (FFT)



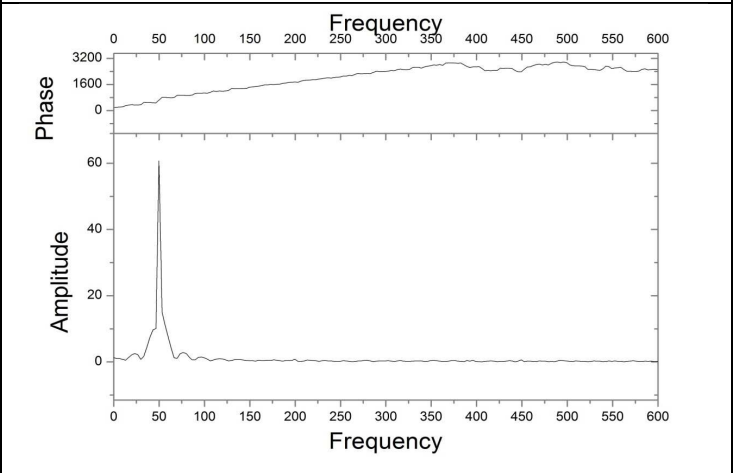
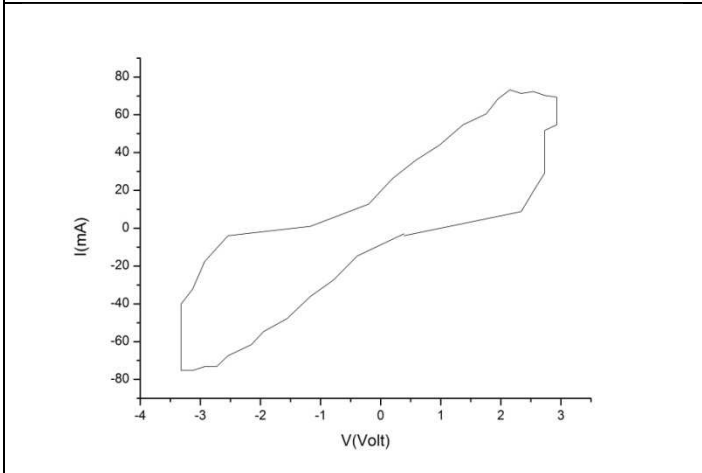
(f) Διάγραμμα χρόνου-φαινόμενης ισχύς

Γεωμετρία Πλάκα-Ακίδα 30° διάκενο 1.5 cm



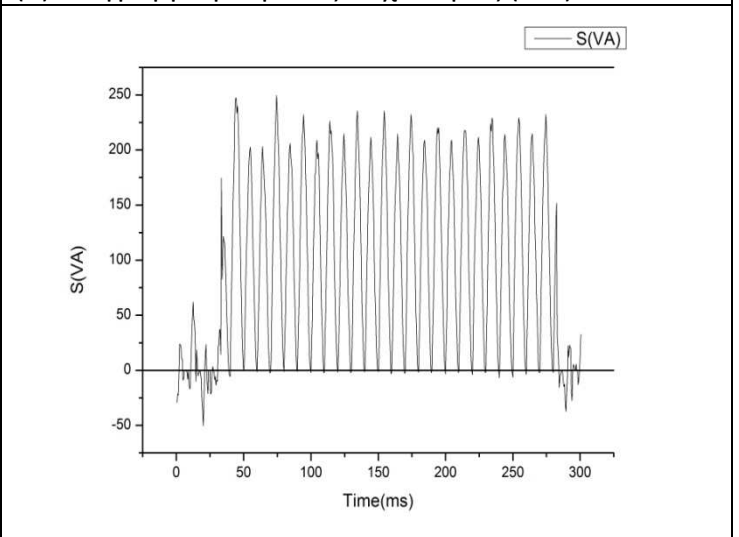
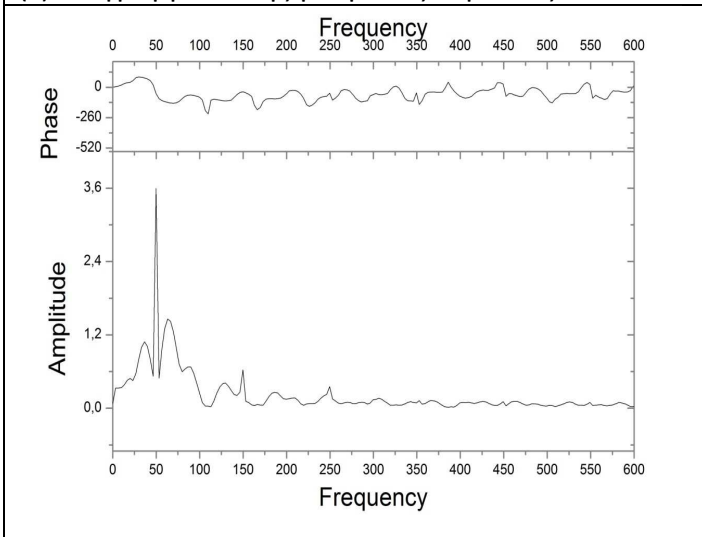
(a) Διάγραμμα χρόνου-τάσης-ρεύμα

(b) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος



(c) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος περιόδου

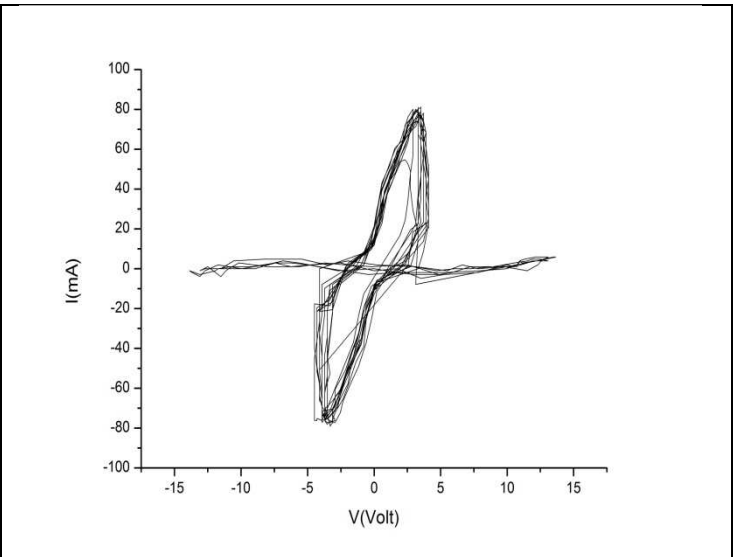
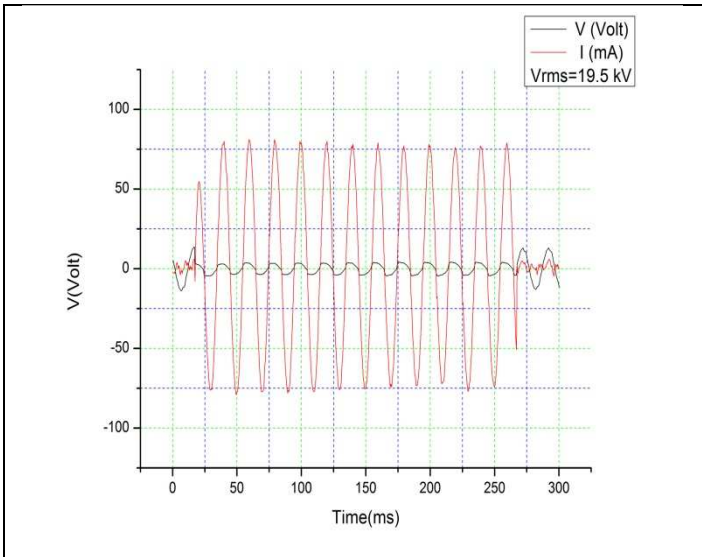
(d) Διάγραμμα ρεύματος-συχνότητας (FFT)



(e) Διάγραμμα τάσης-συχνότητας (FFT)

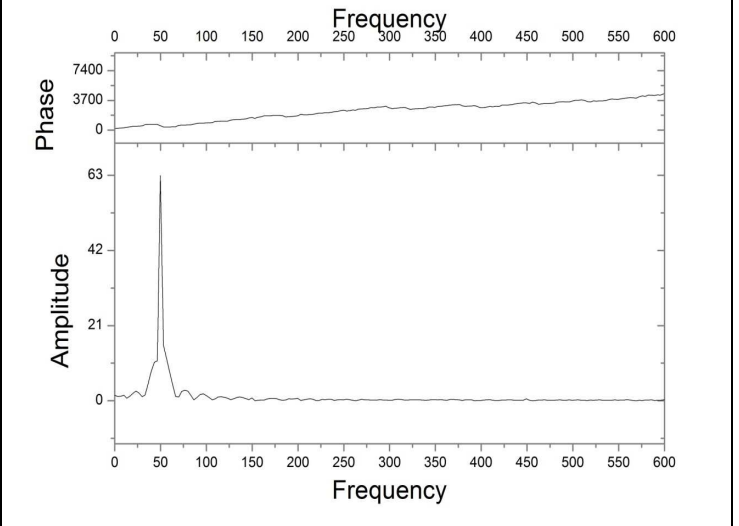
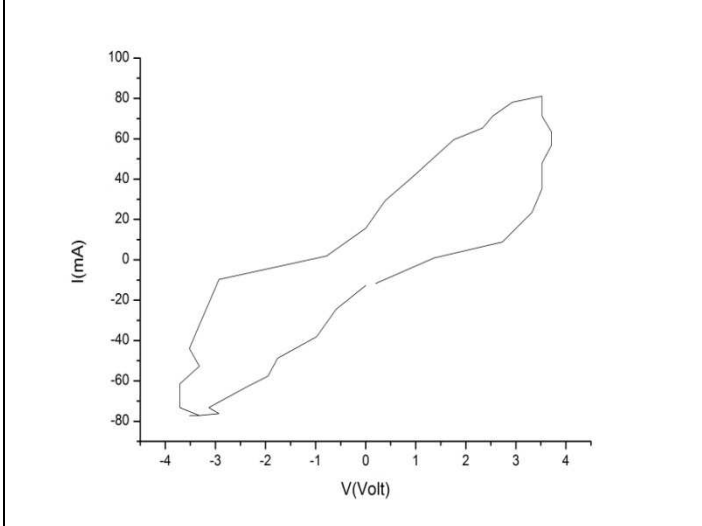
(f) Διάγραμμα χρόνου-φαινόμενης ισχύς

Γεωμετρία Πλάκα-Ακίδα 30⁰ διάκενο 2 cm



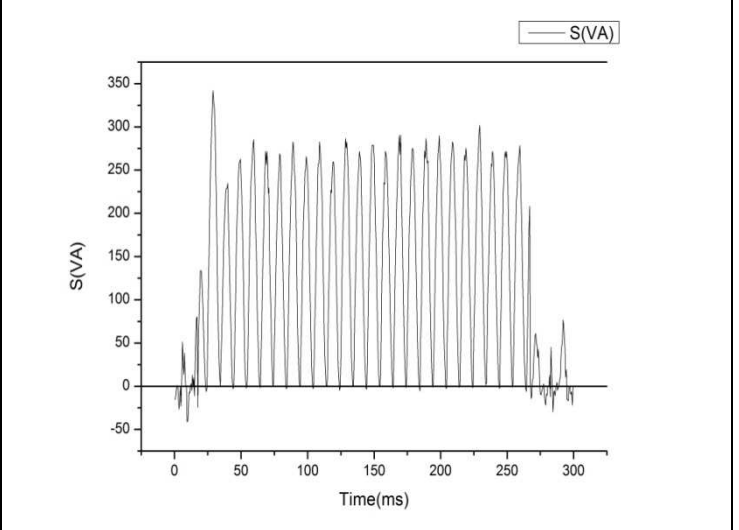
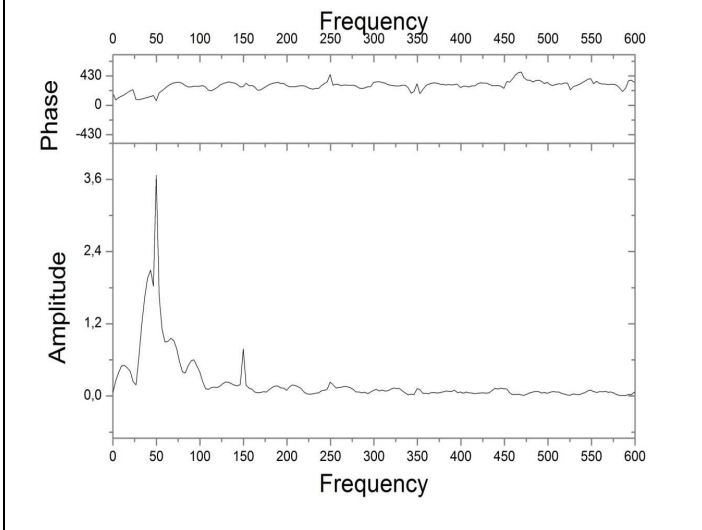
(a) Διάγραμμα χρόνου-τάσης-ρεύμα

(b) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος



(c) Διάγραμμα τάσης-ρεύματος περιόδου

(d) Διάγραμμα ρεύματος-συχνότητας (FFT)



(e) Διάγραμμα τάσης-συχνότητας (FFT)

(f) Διάγραμμα χρόνου-φαινόμενης ισχύς

Γεωμετρία Πλάκα-Ακίδα 30° διάκενο 2.5 cm

Κεφάλαιο 5 Συμπεράσματα

Πραγματοποιήθηκαν δοκιμές διάσπασης διακένων ακίδας-ακίδας και ακίδας-πλάκας στο εργαστήριο Υψηλών Τάσεων, χρησιμοποιώντας ακίδες διαφορετικής γεωμετρίας. Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας ήταν η καταγραφή του ρεύματος κατά την διάσπαση και η ανάλυση των χαρακτηριστικών του σε σχέση με το ρεύμα διαρροής σε ένα μονωτήρα.

Οι μετρήσεις του ρεύματος κατά την διάσπαση ανέδειξαν σημαντικές παρατηρήσεις και συμπεράσματα τα οποία είναι:

- Κατά την εκτέλεση των πειραμάτων παρατηρήθηκε σημαντική παραμόρφωση της τάσης σε αντίθεση με ότι συμβαίνει στην πραγματικότητα στο δίκτυο. Το γεγονός αυτό οφείλεται στα χαρακτηριστικά της πηγής.
- Μια πιθανή βελτίωση θα ήταν η χρήση μεγαλύτερης αντίστασης ΥΤ με σκοπό τον περιορισμό του ρεύματος, ώστε να αποφεύγεται η υπερφόρτωση του Μ/Σ δοκιμής.
- Η ανάλυση των αποτελεσμάτων έγινε με την χρήση ανάλυσης Fourier και I-V διαγραμμάτων χρησιμοποιώντας το λογισμικό Origin.
- Η συμπεριφορά όπως κατεγράφη στα I-V διαγράμματα είναι τυπική σε διάσπαση διακένων αέρος.
- Στα διαγράμματα ανάλυσης Fourier παρατηρήθηκε αύξηση των περιττών αρμονικών όπως ήταν και αναμενόμενο.
- Υπάρχει σαφής διαφορά μεταξύ της συμπεριφοράς των διακένων και της επιφάνειας σε ρύπανση, δεδομένου ότι στην πρώτη περίπτωση δεν είναι δυνατή η εξομοίωση των ξηρών ζωνών.
- Αυτό επιβεβαιώνεται συγκρίνοντας με την περίπτωση καταγραφής ρεύματος διαρροής υπό ασθενή βροχόπτωση, όπου ο σχηματισμός ξηρών ζωνών είναι δύσκολος.
- Προτείνεται η πραγματοποίηση δοκιμών χρησιμοποιώντας διηλεκτρικό επίπεδο με έλεγχο της επιφανειακής αγωγιμότητας.

Κεφάλαιο 8 Βιβλιογραφία

1. Κ.Σιδεράκης, Σημειώσεις εργαστηρίου Υψηλών Τάσεων, 2009, Εκδόσεις ΤΕΙ Κρήτης
2. Κ.Σιδεράκης, Διδακτορική διατριβή <Διερεύνηση της συμπεριφοράς μονωτήρων πορσελάνης και υλικών RTV SIR σε πραγματικές συνθήκες με μετρήσεις του ρεύματος διαρροής> , 2006
3. Χ. Μαινεμενλής, Τεχνική του Εργαστηρίου Υψηλών Τάσεων, ΟΕΒΔ, Αθήνα, 1984
4. Χ. Μαινεμενλής, Μόνωση Ηλεκτρικών Δικτύων Υψηλής Τάσης, ΟΕΒΔ, Αθήνα, 1984
5. Λ. Οικονόμου, Εισαγωγή στις Υψηλές Τάσεις, 2010, Εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑ
6. International standard, IEC 60060-1 Edition 3.0, 2010
7. Kuffel, Υψηλές Τάσεις 2η Έκδοση, 2000, Εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑ
8. Μ. Δανίκας, Στοιχεία υψηλών τάσεων, 2005, Εκδόσεις Σμπίλιας
9. G. Johnson, R. Jennings, LabView graphical programming, 2006, Εκδόσεις McGraw-Hill
10. D. Ritter, LabView for everyone: graphical programming made easy and fun, 2007, Εκδόσεις Prentice Hall