

Τ.Ε.Ι - Πάτρας
Τμήμα: Ηλεκτρολογίας

Πτυχιακή Εργασία

Αριθμός 373

**Θέμα: «Μελέτη διακένων «ακίδα-πλάκα» με μόνωση
αέρα και διάφορες μορφές κρουστικών τάσεων»**

Εισηγητής:
Ε. Πυργιώτη

Σπουδάστριες:
Δ. Κάτσακα
Ν. Τσάκωνα



Πάτρα - Φ 99

ΑΡΙΘΜΟΣ
ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ

3214

Πρόλογος

Η πτυχιακή αυτή εργασία έχει σαν στόχο να καθοριστεί με αλληπάλληλα πειράματα η πιθανότητα διάσπασης ενός διακένου «ακίδα-πλάκα» με μόνωση αέρα κάτω από διάφορες μορφές κρουστικών τάσεων.

Για την επίτευξη του στόχου αυτού χρειάστηκε να γίνουν πολλά πειράματα, ώστε, να μπορέσουμε να εξετάσουμε διάφορα συστήματα και να καταλήξουμε σε όσο το δυνατόν πιο αντικειμενικά συμπεράσματα. Θα πρέπει οπωσδήποτε να τονίσουμε πως τα συμπεράσματα στα οποία καταλήγουμε είναι αποτελέσματα πειραμάτων και οπότε δεν μπορούν να γενικευτούν. Πιστεύουμε όμως πως τα συμπεράσματα των πειραμάτων αυτών είναι χρήσιμα και μας δίνουν μια καλή ένδειξη για τα πραγματικά συστήματα.

Για την πλήρη κατανόηση του πειράματός μας θεωρήσαμε αναγκαίο να αναφερθούμε στις φυσικές ιδιότητες του αέρα και στο φαινόμενο της διάσπασης του διακένου «ακίδα-πλάκα» με διάφορες μορφές κρουστικών τάσεων. Επίσης υπάρχει και πλήρη ανάλυση της γεννήτριας υψηλής τάσης που χρησιμοποιήθηκε κατά την διάρκεια των πειραμάτων.

Περιεχόμενα

Πρόλογος..... 1

Εισαγωγή..... 4

Κεφάλαιο 1

Διηλεκτρική ικανότητα του αέρα 6

Επίδραση της μορφής του ηλεκτρικού πεδίου και του μήκους
του διακένου στη εξέλιξη της ηλεκτρικής διάσπασης 10

Κεφάλαιο 2

Ανάγκη χρησιμοποίησης ηλεκτρικών καταπονήσεων στο
εργαστήριο 19

Κρουστικές τάσεις 21

Ισοδυναμία πραγματικών με εργαστηριακές κρουστικές
τάσεις..... 24

Κρουστική γεννήτρια Multi test set της Haefely..... 27

Κυκλώματα της κρουστικής γεννήτριας..... 29

Τοπολογία των στοιχείων της γεννήτριας..... 32

Περιγραφή λειτουργίας της γεννήτριας..... 35

Κεφάλαιο 3

Στατιστική ανάλυση των πειραματικών αποτελεσμάτων	41
Κατανομή της πιθανότητας διάσπασης με κρουστικές τάσεις .	41
Καθορισμός της αντιπροσωπευτικότερης κανονικής κατανομής μιας σειράς πειραματικών αποτελεσμάτων	46
Επίδραση ατμοσφαιρικών συνθηκών στην τάση διάσπασης του αέρα.....	51
Εξάρτηση του συντελεστή K_h , από την μεταβολή της πυκνότητας	59

Κεφάλαιο 4

Διεξαγωγή του πειράματος	61
Επεξεργασία μετρήσεων	68

Μετρήσεις

Πακέτο μετρήσεων No 1	73
Πακέτο μετρήσεων No 2	83
Πακέτο μετρήσεων No 3	93
Πακέτο μετρήσεων No 4	104
Πακέτο μετρήσεων No 5	116
Συνοπτικά αποτελέσματα.....	126
Συμπεράσματα.....	129
Βιβλιογραφία.....	130

Εισαγωγή

Ο αέρας ήταν το πρώτο υλικό που χρησιμοποιήθηκε σαν μονωτικό σε ηλεκτρικές εφαρμογές. Το σπουδαιότερο πλεονέκτημά του είναι ότι αποτελεί «επανορθούμενη μόνωση». Δηλαδή μετά από μια διάσπαση ανακτά τις ιδιότητές του σ' αντίθεση με άλλα σύγχρονα μονωτικά υλικά (στερεά, υγρά και ειδικά αέρια). Επίσης η μόνωση με αέρα είναι για τις περισσότερες εφαρμογές φθηνότερη. Οι διατάξεις με μόνωση αέρα παρουσιάζουν όμως ένα βασικό μειονέκτημα ότι έχουν μεγάλες διαστάσεις σε σχέση με διατάξεις που χρησιμοποιούν άλλα μονωτικά υλικά.

Τα προαναφερθέντα πλεονεκτήματα όμως είναι αρκετά για να χρησιμοποιείται ακόμα και σήμερα ο αέρας σαν μονωτικό σε ευρεία κλίμακα. Και μόνο όπου υπάρχουν λόγοι περιορισμένου χώρου, λειτουργικοί, αισθητικοί και οικονομικοί χρησιμοποιούνται άλλα υλικά.

Για τη διαμόρφωση της μόνωσης αέρα πρέπει να είναι γνωστή η συμπεριφορά του αέρα σε διηλεκτρικές καταπονήσεις. Η επιστημονική διερεύνηση της διηλεκτρικής συμπεριφοράς του αέρα άρχισε πολύ νωρίς με τις βασικές έρευνες των Townsend, Raether, Loeb, Meek [1], [2], [3] και άλλων ερευνητών.

Παρά τις εκτεταμένες θεωρητικές γνώσεις που αποκτήθηκαν από αυτές τις έρευνες και πολλές άλλες που έγιναν στη συνέχεια μέχρι σήμερα σε πολύ λίγες περιπτώσεις είναι δυνατή η πρόβλεψη της τάσης διάσπασης ενός μονωτικού διακένου όταν υπόκειται σε καταπονήσεις που εμφανίζονται υπό συνθήκες λειτουργίας.

Η πτυχιακή αυτή εργασία έχει σαν σκοπό την πειραματική διερεύνηση της μονωτικής ικανότητας του αέρα σε διάκενο ακίδα-πλάκα με διάφορες μορφές κρουστικών τάσεων.

Πρέπει εδώ να τονιστεί ότι τα πειράματά μας έγιναν σε πολύ μικρή κλίμακα και τ' αποτελέσματά μας αποτελούν ένδειξη για τα πραγματικά συστήματα.

Οι μετρήσεις για την πειραματική αυτή διερεύνηση έγινε στο Εργαστήριο Υψηλών Τάσεων του τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών του Πανεπιστημίου της Πάτρας. Την περίοδο 1997/98, υπό την καθοδήγηση της καθηγήτριας κα. Πυργιώτη την οποία και θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε ιδιαίτερα για την πολύτιμη βοήθεια που μας προσέφερε.

Κεφάλαιο 1

Διηλεκτρική ικανότητα του αέρα

Γενικά

Ο αέρας όταν υποβάλλεται σ' ένα ηλεκτρικό πεδίο χαμηλής σχετικά έντασης, παρουσιάζει ιδιότητες μονωτικού. Τα βασικά συστατικά του αέρα Άζωτο και Οξυγόνο και μικρότερες προσμίξεις άλλων αερίων εμφανίζονται στο μεγαλύτερο μέρος τους σαν ουδέτερα μόρια και άτομα. Εκτός όμως από τα ουδέτερα μόρια και άτομα ο αέρας περιέχει και μικρό αριθμό θετικών και αρνητικών ιόντων και ελευθέρων ηλεκτρονίων. Φυσικές αιτίες όπως η φυσική ραδιενέργεια του εδάφους και η κοσμική ακτινοβολία επιδρούν στα ουδέτερα μόρια και άτομα και αποσπώντας από αυτά ένα ή περισσότερα ηλεκτρόνια δημιουργούν ένα θετικό ιόν και ένα (ή περισσότερα) ελεύθερα ηλεκτρόνια. Ένα ελεύθερο ηλεκτρόνιο συγκρουόμενο μ' ένα ουδέτερο μόριο μπορεί να προκαλέσει τις ακόλουθες αντιδράσεις.

- Εάν η ενέργεια του ηλεκτρονίου είναι μικρή και το ουδέτερο μόριο ή άτομο δεν έχει δυνατότητα ενσωμάτωσης προσθέτων ηλεκτρονίων (έλλειψη ηλεκτραρνητικότητας) μπορεί να συμβεί μόνο μηχανική ανταλλαγή ενέργειας (ελαστική κρούση)
- Εάν το ουδέτερο μόριο ή άτομο παρουσιάζει «ηλεκτραρνητικότητα» το ηλεκτρόνιο μπορεί να ενσωματωθεί σ' αυτό και να προκύψει ένα «αρνητικό ιόν»
- Εάν η ενέργεια του ηλεκτρονίου είναι λίγο μεγαλύτερη είναι δυνατόν κατά την κρούση να απορροφηθεί από το μόριο ή άτομο ένα μέρος της ενέργειας του και να χρησιμοποιηθεί για τη μεταπήδηση ενός ηλεκτρονίου από μία εσωτερική στοιβάδα σε μία εξωτερικότερη να «διεγερθεί», δηλαδή το άτομο ή το μόριο.
- Εάν τέλος η ενέργεια του ηλεκτρονίου είναι αρκετά μεγάλη, μπορεί να προκαλέσει απόσπαση (απελευθέρωση) ενός ή περισσότερων ηλεκτρονίων από το μόριο ή άτομο και να προκύψουν έτσι θετικά ιόντα και πρόσθετα ελεύθερα ηλεκτρόνια. Εκτός από τον άμεσο αυτό τρόπο, απόσπαση ηλεκτρονίου μπορεί να γίνει σε περισσότερες από μια βαθμίδες, να γίνει δηλαδή πρώτα διέγερση και στη συνέχεια με μια πρόσθετη πρόσδοση ενέργειας να συμβεί η απόσπαση.

Σ' ένα αέριο που δεν υπόκειται σε ηλεκτρικό πεδίο, η μέση ενέργεια των ηλεκτρονίων οφείλεται μόνο στη θερμοκρασία τους

και είναι πολύ μικρή ($t=20\text{ο [C]}$, 0 , $0,025[\text{eV}]$). Στη περίπτωση αυτή συμβαίνουν κυρίως μόνο οι δυο πρώτες από τις πάνω αντιδράσεις. Όταν επιβληθεί στο αέριο, ηλεκτρικό πεδίο, στη θερμική ενέργεια των ηλεκτρονίων προστίθεται και η κινητική ενέργεια που οφείλεται στο ηλεκτρικό πεδίο. Η μέση τιμή της πρόσθετης αυτής ενέργειας που προσλαμβάνει ένα ηλεκτρόδιο από το ηλεκτρικό πεδίο είναι ανάλογη αφ' ενός της έντασης του πεδίου και αφ' ετέρου του «μέσου ελευθέρου βήματος» της μέσης δηλαδή διανυόμενης απόστασης μεταξύ δυο διαδοχικών κρούσεων.

Για την μελέτη ηλεκτρικών εκκενώσεων μέσα στον αέρα (ή οποιοδήποτε αέριο) σημασία έχει κυρίως η τελευταία από τις πιο πάνω αντιδράσεις δηλαδή η απελευθέρωση ηλεκτρονίων από ουδέτερα άτομα ή μόρια με κρούσεις με ηλεκτρόνια αρκετά μεγάλης ενέργειας. Για τα περισσότερα αέρια (του αζώτου και του οξυγόνου συμπεριλαμβανόμενων) η ενέργεια αυτή είναι $\approx 15 [\text{eV}]$ (electron-volt).

Εάν η πιο πάνω αντίδραση επαναληφθεί διαδοχικά πολλές φορές δημιουργείται μια «ηλεκτρονική στοιβάδα» που περιέχει στη κεφαλή της το σύνολο σχεδόν των ελευθέρων ηλεκτρονίων που έχουν σχηματισθεί μέχρι μια ορισμένη χρονική στιγμή, εκτός από εκείνα που συγκρατήθηκαν από ουδέτερα άτομα και σχημάτισαν αρνητικά ιόντα και στην ουρά της τα (λίγα) αυτά αρνητικά ιόντα

καθώς και το σύνολο των θετικών ιόντων που προέκυψαν κατά την απόσπαση των ηλεκτρονίων της στιβάδας.

Οι δυο αυτοί πληθυσμοί-ηλεκτρονίων στη κεφαλή και θετικών (κυρίως) ιόντων στην ουρά της στιβάδας -δημιουργούν το δικό τους ηλεκτρικό πεδίο που υπερτίθεται στο εξωτερικά επιβαλλόμενο με συνέπεια την ενίσχυση του ηλεκτρικού πεδίου στη κεφαλή της στιβάδας. Η ενίσχυση αυτή είναι τόσο μεγαλύτερη όσο μεγαλύτερος ο αριθμός των ελευθέρων ηλεκτρονίων. Η εξέλιξη αυτή συνεχίζεται μέχρι που το (συνολικό) πεδίο μπροστά στη κεφαλή της στιβάδας φτάνει μια κρίσιμη τιμή. Από κει και πέρα η εξέλιξη της στιβάδας παίρνει τη μορφή ενός «οχετού κορόνα». Η κρίσιμη αυτή τιμή του πεδίου εμφανίζεται όταν η στιβάδα αποκτήσει «κρίσιμο πολλαπλασιασμό» που είναι 10^8 - 10^9 ηλεκτρόνια.

Ένας οχετός κορόνα που εμφανίζεται σε ένα διάκενο δεν αποτελεί ακόμα ηλεκτρική διάσπαση έστω και αν γεφυρώνει το διάκενο ανάμεσα στα δυο ηλεκτρόδια. Η διάσπαση που αποτελεί τη φάση της ηλεκτρικής εκκένωσης που κυρίως ενδιαφέρει την παρούσα διερεύνηση αποτελεί μια επόμενη φάση με την οποία θα ασχοληθούμε στη συνέχεια.

Επίδραση της μορφής του ηλεκτρικού πεδίου και του μήκους του διακένου στη εξέλιξη της ηλεκτρικής διάσπασης

Η μορφή ενός ηλεκτρικού πεδίου σ' ένα χώρο που δεν περιέχει ελεύθερα ηλεκτρικά φορτία, εξαρτάται κυρίως από τη μορφή και την απόσταση των δυο ηλεκτροδίων μεταξύ των οποίων επιβάλλεται η τάση. Σε μικρότερο βαθμό η μορφή του πεδίου επηρεάζεται από τη γειτνίαση αγωγών γειωμένων η υπό τάση. Στη παρούσα φάση αναφέροντας «μορφή πεδίου» εννοούμε αυτή που καθορίζεται από τα δυο κύρια ηλεκτρόδια. Η βασική διάκριση που γίνεται στα ηλεκτρικά πεδία σε σχέση με την εξέλιξη μιας ηλεκτρικής διάσπασης, είναι σε «ομοιογενή» στα οποία η ένταση του πεδίου είναι η αυτή για όλα τα σημεία του διακένου και σε «ανομοιογενή» στα οποία η ένταση του πεδίου είναι διαφορετική στις διάφορες θέσεις του διακένου.

Από τη σύντομη περιγραφή της εξέλιξης μιας στοιβάδας και τη μετάβαση της στη φάση του οχετού κορόνα γίνεται φανερό πως η εξέλιξη αυτή είναι διαφορετική όταν το επιβαλλόμενο εξωτερικό πεδίο είναι ομοιογενές ή ανομοιογενές. Εκτός από τη χονδρική διάκριση των πεδίων σε ομοιογενή και ανομοιογενή, σημασία για την εξέλιξη της διάσπασης έχει και το «πόσο» ανομοιογενές είναι ένα πεδίο και ποια είναι ακόμα η γενικότερη μορφή των γραμμών

του. Το «πόσο» ανομοιογενές είναι ένα πεδίο χαρακτηρίζεται από το λόγο $n = E_{\max}/E_{\text{αν}}$ της μέγιστης πεδιακής έντασης που εμφανίζεται σε κάποια θέση του πεδίου (κατά κανόνα στη επιφάνεια ενός ηλεκτροδίου) προς τη μέση πεδιακή ένταση που προκύπτει σαν λόγος της επιβαλλόμενης τάσης προς την απόσταση των ηλεκτροδίων. Σε προβλήματα που αφορούν την διαμόρφωση της μόνωσης ενός ηλεκτρικού δικτύου συναντάται συχνά και το αντίστροφο του λόγου αυτού που χαρακτηρίζεται σαν «συντελεστής εκμετάλλευσης» ενός διακένου διότι, όπως θα προκύψει στη συνέχεια, όσο μεγαλύτερος είναι ο συντελεστής $1/n$ τόσο καλύτερη εκμετάλλευση του διακένου αυτού γίνεται σαν στοιχείου μόνωσης.

Πιο κάτω δίνεται σε γενικές γραμμές η εξάρτηση που παρουσιάζει η τάση διάσπασης ενός διακένου από τη μορφή του ηλεκτρικού πεδίου και το μήκος του διακένου.

Σ' ένα ομοιογενές διάκενο διάσπαση συμβαίνει μόλις η ομοιόμορφη πεδιακή ένταση υπερβεί μια κατώτερη τιμή που για τον ατμοσφαιρικό αέρα είναι 25 [kV/cm] . Στο ομοιογενές πεδίο η αναγκαία πεδιακή ένταση διάσπασης είναι ανεξάρτητη από τη μορφή και τη πολικότητα της τάσης. Έτσι η απαιτούμενη τάση για τη διάσπαση ενός ομοιογενούς διακένου θα είναι:

$$V_0 = 25 \times l \quad (V_0 \rightarrow \text{[kV]}, l \rightarrow \text{[cm]})$$

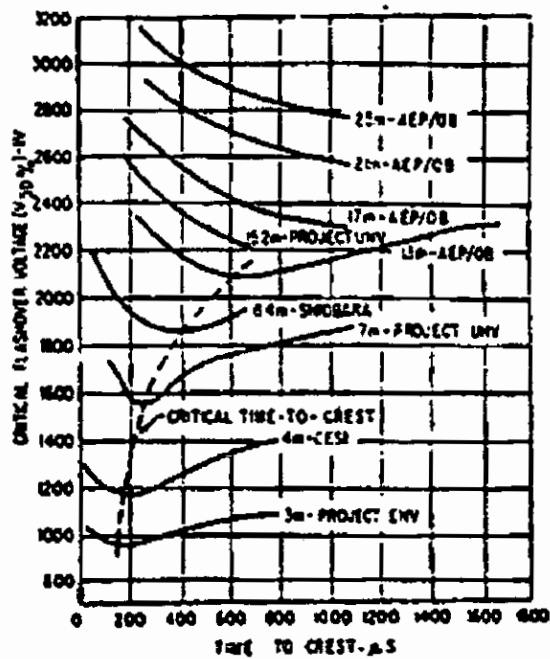
Σ' ένα ανομοιογενές διάκενο κοντά σε ηλεκτρόδια μικρής ακτίνας καμπυλότητας εμφανίζονται αρκετά υψηλές πεδιακές εντάσεις (ικανές για έναρξη ιονισμού) για τάσεις ηλεκτροδίων μικρότερες από 25kV. Παρόλο που η έναρξη ιονισμού είναι αναγκαία όχι όμως και ικανή συνθήκη για τη διάσπαση ενός ανομοιογενούς διακένου, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι ανομοιογενή διάκενα οφείλουν να διασπώνται σε μικρότερη τάση απ' αυτή που απαιτείται για να διασπασθεί ένα ομοιογενές διάκενο ίδιου μήκους-πειραματικά αποδεικνύεται ότι ο παραπάνω συλλογισμός αποτελεί κανόνα. Πόσο όμως μικρότερη είναι η τάση διάσπασης του ανομοιογενούς πεδίου απ' αυτή του αντίστοιχου ομοιογενούς εξαρτάται από διάφορους παράγοντες οι σπουδαιότεροι από τους οποίους είναι η γεωμετρία του διακένου και η μορφή και η πολικότητα της επιβαλλόμενης τάσης.

Η ασθενέστερη διάταξη ανομοιογενούς διακένου που επιτυγχάνεται με απλά μέσα στο εργαστήριο είναι η διάταξη «ράβδος-πλάκα» όταν καταπονείται από θετική κρουστική τάση. Από πειράματα σε μεγάλα σχετικά διάκενα καταπονούμενα με θετικές κρουστικές τάσεις χειρισμών 250/2500 [μs] βρέθηκε πως η κρίσιμη τάση διάσπασης μπορεί να εκφραστεί με τη σχέση 1.

$$V_{50} = 500 D^{0.5} [kV] \quad (1)$$

όπου D το μήκος του διακένου σε [m]

Η τυποποιημένη κρουστική τάση 250/2500 [μ s] επιλέχθηκε γιατί για ηλεκτρικά συστήματα E.H.V. ονομαστικής τάσης 400-750 [kV] πλησιάζει τη μορφή της τάσης με κρίσιμο μέτωπο. Για κάθε μεγάλο διάκενο όμως υπάρχει ένα κρίσιμο μέτωπο διαφορετικό από το τυποποιημένο. Στο σχήμα 1 [12] φαίνεται η κρίσιμη τάση διάσπασης (V_{50}) σε συνάρτηση της διάρκειας του μετώπου της επιβαλλομένης κρουστικής τάσης για διάφορα μήκη διακένου. Από το σχήμα αυτό φαίνεται ότι η τυποποιημένη μορφή κρουστικής τάσης χειρισμών δεν είναι και η κρίσιμη για όλα τα μήκη διακένων.

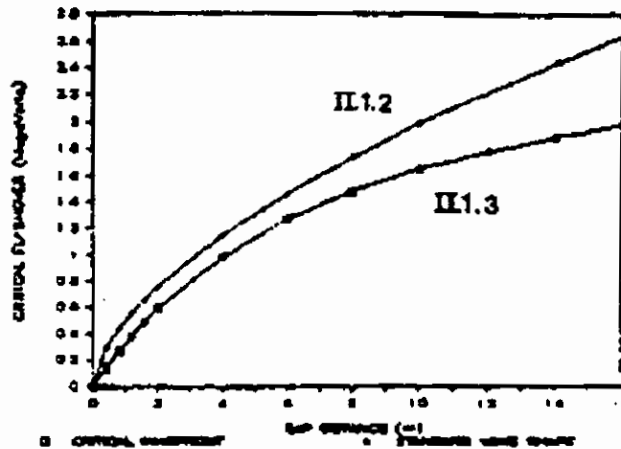


Σχήμα 1. Κρίσιμη τάση διάσπασης για διάκενα ράβδος-πλάκα συναρτήσει της διάρκειας μετώπου [12]

Για διάκενα «ράβδος-πλάκα» μέχρι 10 [m] καταπνούμενα με θετικές κρουστικές τάσεις χειρισμών με κρίσιμο μέτωπο ισχύει η σχέση:

$$V_{50} = \frac{3400}{1+8 \frac{D}{D}} [kV] \quad (2)$$

V_{50} [kV] και D [m] [13]. Η σημαντική διαφορά των σχέσεων 1 και 2 φαίνεται στο σχήμα 2



Σχήμα 2. Σύγκριση της τυπικής διάσπασης για κρίσιμο μέτωπο και για τυποποιημένη μορφή τάσης [9]

Εάν το διάκενο δεν έχει τη μορφή «ράβδος-πλάκα» (με τη ράβδο θετική) η κρίσιμη τάση διάσπασης είναι μεγαλύτερη από αυτή που αντιστοιχεί σε διάκενο «ράβδος-πλάκα». Το πόσο

μεγαλύτερη είναι εξαρτάται από τη μορφή του διακένου και δίνεται από ένα συντελεστή k που ονομάζεται «συντελεστής διακένου» [11].

Έτσι για τυχόν διάκενο μεγάλου μήκους καταπνοούμενο με θετική κρουσική τάση κρίσιμου μετώπου ισχύει η σχέση 3.

$$V_{50} = k \frac{3400}{1+8 \frac{D}{D}} [kV] \quad (3)$$

οι τιμές του συντελεστή k κυμαίνονται μεταξύ 1 και 2. Για διατάξεις που χρησιμοποιούνται συνηθέστερα στη μόνωση δικτύων $k \approx 1.2-1.3$

Η σχέση 2 ισχύει για διάκενα 2 έως 10 [m]. Ενώ για διάκενα 0.4 έως 2 [m] καλά αποτελέσματα δίνει η σχέση 4 [14], [5]

$$V_{50} = k100[\sqrt{50d+1} - 250] [kV] \quad (4)$$

Άλλη σχέση που δίνει την κρίσιμη τάση διάσπασης για πολύ μεγάλα διάκενα (μέχρι 30 [m]) και με τιμές που είναι πιο σύμφωνες με τις πειραματικές είναι η εξής:

$$V_{50} = k \frac{1350d^{0.33}}{1.31+2.11d} \quad (kV \text{ για } d \text{ σε } [m]) \quad (5)$$

Στον παρακάτω πίνακα [9] έχουν συγκεντρωθεί τιμές του συντελεστή διακένου για διάφορες διατάξεις από τρεις διαφορετικές αναφορές: Canadian Standard CAN3-C398-M85 [15], Italian 1000 [kV] Project (ENEL/CEST) 1985 paper [12] και το Red Book της EPRI [16].

Πίνακας: Συντελεστής διακένου k για διάφορες διατάξεις

Διάταξη	EPRI	CAN3-C308	1000 [kV] Proj
Ράβδος-πλάκα	1.0	1.0	1.0
Αγωγός-πλάκα	1.2 (2)	1.15	1.15
Αγωγός-πλαίσιο	1.2 (3)	1.2	1.15
Αγωγός βραχίονας πύργου	1.25 (4)	1.35	1.25 (5)
Κάθετη διατ. Ράβδος-ράβδος	1.73 (6)	1.4 (7)	1.4 (8)
Οριζ. Διατ. Ράβδος-ράβδος	1.36 (9)	-	-
dead-end w/o shield	1.1	-	-
Αγωγός, υπερκείμενη κατασκευή	1.15	-	1.15 (10)

Επεξηγήσεις του παραπάνω πίνακα:

Οι τιμές του πίνακα ισχύουν για το κρίσιμο μέτωπο, εκτός και αν σημειώνεται το αντίθετο.

1. οι τιμές πάρθηκαν από την αναφορά [12]
2. ισχύει για θετική κρουστική τάση χειρισμών με διάρκεια μετώπου 350 [μs].
3. για πλάτος πύργου 1.2 (w) και τετράγωνο πλαίσιο (παράθυρο)
4. για W/D πολύ μεγάλο και 350 [μs] (D= μήκος διακένου).
5. χαμηλότερη τιμή για «chainette» τύπου κατασκευή.
6. για H/D πολύ μεγάλο (H= ύψος γειωμένης ράβδου).
7. με γειωμένη ράβδος 5 μέτρων (H= 5[m]).
8. με H/D=3.
9. καθορίστηκε από την αναφορά [15].
10. για κατασκευή μεγάλου πλάτους.

Από τα παραπάνω φαίνεται η μεγάλη πρακτική αξία της γνώσης της τάσης διάσπασης του διακένου «ράβδος-πλάκα».

Έτσι αν για μια ορισμένη μορφή τάσης είναι γνωστή η χαρακτηριστική τάσης-μήκους του διακένου «ράβδος-πλάκα» και ο «συντελεστής διακένου» ενός πραγματικού διακένου, μπορεί να υπολογισθεί η τάση διάσπασης του τελευταίου για οποιοδήποτε

μήκος διακένου. Σημειώνεται πως από ακριβέστερες μετρήσεις αλλά και θεωρητικούς συλλογισμούς προέκυψε πως ο συντελεστής k δεν παραμένει απολύτως σταθερός όταν το μήκος του διακένου μεταβάλλεται, αλλά για όλες σχεδόν τις πρακτικές εφαρμογές η παραδοχή σταθερής τιμής για το k είναι αποδεκτή.

Κεφάλαιο 2

Ανάγκη χρησιμοποίησης ηλεκτρικών καταπονήσεων στο εργαστήριο

Κατά την λειτουργία μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης δημιουργούνται ηλεκτρικές καταπονήσεις που καθορίζονται από την μορφή, το εύρος, και την διάρκεια των ηλεκτρικών τάσεων, που εμφανίζονται στις διάφορες θέσεις της εγκατάστασης.

Οι ηλεκτρικές καταπονήσεις χωρίζονται σε τρεις γενικές κατηγορίες:

1. Υπερτάσεις στην συχνότητα του κυκλώματος.
2. Ατμοσφαιρικές υπερτάσεις
3. Εσωτερικές υπερτάσεις ή υπερτάσεις χειρισμών, που οφείλονται σε αλλαγή της κατάστασης του κυκλώματος, κυρίως από το άνοιγμα και το κλείσιμο των επαφών διακοπών.

Η σοβαρότητα αυτών των υπερτάσεων, εξαρτάται από τις παραμέτρους του κυκλώματος (τάση και δομή του κυκλώματος) καθώς επίσης και από τις κλιματολογικές συνθήκες (μόλυνση, ισοκεραυνικό επίπεδο κλπ.)

Ανάμεσα στα στοιχεία ενός κυκλώματος, που βρίσκονται σε διαφορά τάσης, παρεμβάλλονται υλικά που ονομάζονται μονώσεις και οι οποίες σκοπό έχουν να αποτρέψουν τις τυχόν ηλεκτρικές υπερπηδησεις.

Η συμπεριφορά της κάθε μόνωσης, σε κάθε είδος υπέρτασης, είναι διαφορετική. Για τον λόγο αυτό, πρέπει να γίνεται μελέτη των διαφόρων χαρακτηριστικών των μονωτικών υλικών, έτσι ώστε, να μπορούμε να σιγουρέψουμε την ικανότητα της κάθε μόνωσης να αντιστέκεται στις διάφορες υπερτάσεις.

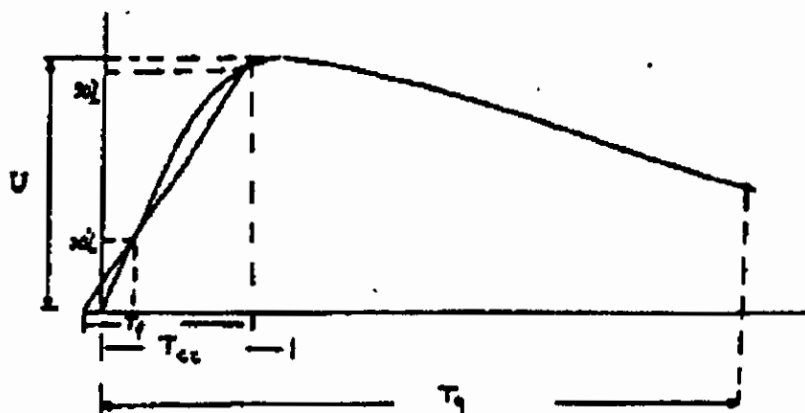
Η μελέτη αυτή, μπορεί να γίνει μέσα στα εργαστήρια, με καταπονήσεις όμοιες ή ισοδύναμες των ηλεκτρικών καταπονήσεων, που εμφανίζονται κατά την λειτουργία μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης, πάνω στις μονώσεις. Οι πρώτες καταπονήσεις-δοκιμές που γίνανε αφορούσαν την αντοχή της μόνωσης στην τάση του δικτύου. Κατόπιν η μελέτη αυτή επεκτάθηκε και σε πιο επίπονες καταπονήσεις.

Ένα άλλο πρόβλημα που μπορούμε να μελετήσουμε είναι αυτό των ατμοσφαιρικών υπερτάσεων. Τέτοιες υπερτάσεις προκαλούνται στις κατασκευές, από τα ηλεκτρικά φαινόμενα που συμβαίνουν στην ατμόσφαιρα, κατά τη διάρκεια καταιγίδων. Η πιο επικίνδυνη υπέρταση δημιουργείται από την πτώση ενός κεραυνού, πάνω σε κάποια κατασκευή ή κοντά σ' αυτή προκαλώντας έτσι βίαιες μετακινήσεις φορτίων, μέσα σ' αυτή, με

αποτέλεσμα την εμφάνιση υπερτάσεων υπό μορφή κυμάτων. Βεβαίως τέτοιες υπερτάσεις, που συμβαίνουν μεταξύ νέφους και γης (κεραυνοί), είναι επικίνδυνοι για την ζωή των ανθρώπων, εφόσον μπορούν να προκαλέσουν πυρκαγιές καθώς επίσης και άλλες καταστροφές. Γι' αυτό το λόγο, η μελέτη στο εργαστήριο, ενός συστήματος προστασίας, είναι αναγκαία και ωφέλιμη.

Κρουστικές τάσεις

Μετά τον εμπλουτισμό των γνώσεων, σχετικά με την φύση και τις παραμέτρους των κεραυνών, έγινε φανερή η ανάγκη, ορισμού μιας εργαστηριακής δοκιμής, αντιπροσωπευτικής των καταπονήσεων, που εφαρμόζεται σε οποιαδήποτε κατασκευή, λόγω της ύπαρξης των κεραυνών. Αυτό, λοιπόν, το αντιπροσωπευτικό είδος τάσης, που χρησιμοποιείται στα εργαστήρια, είναι η κρουστική τάση η οποία φαίνεται στο σχήμα 3



Σχήμα 3. Κρουστική τάση

Οι παράμετροι, που προσεγγιστικά προσδιορίζουν την διπλοεκθετική κρουστική τάση, η οποία είναι της μορφής

$$V(t) = U \left[e^{-\frac{at}{1}} - e^{-\frac{at}{1}} \right], \text{ είναι:}$$

- α. Η πραγματική διάρκεια μετώπου, δηλαδή ο χρόνος T_{cr} , από την αρχή, μέχρι την στιγμή που η τάση παίρνει την μέγιστη τιμή της.
- β. Η διάρκεια ουράς T_q , που είναι ο χρόνος από την αρχή, μέχρι η τάση να πέσει στο μισό της τιμής κορυφής της.
- γ. Το εύρος της τάσης (τιμή κορυφής).

Η διάρκεια ουράς, ονομάζεται και διάρκεια μισού εύρους για προφανείς λόγους. Εκτός από την πραγματική διάρκεια μετώπου

T_{cr} , μπορεί να οριστεί και ένας συμβατικός χρόνος T_f , παίρνοντας τα σημεία $0.3U$ (ή σύμφωνα με άλλους κανονισμούς $0.1U$) και $0.9U$ όταν ανεβαίνει η τάση από την τιμή μηδέν, στην τιμή κορυφής U (μέτωπο της κρουστικής τάσης). Μια κρουστική τάση, με μέτωπο T_{cr} και ουρά T_q , σε [μsec], συμβολίζεται με το σύμβολο T_{cr}/T_q ή T_f/T_q [μsec].

Το ουσιαστικό χαρακτηριστικό, του μετώπου μιας κρουστικής τάσης είναι όχι η διάρκεια, αλλά η κλίση, δηλαδή ο ρυθμός με τον οποίο αυξάνει, ενώ ο χρόνος T_{cr} ή T_f , σε συνδυασμό με το εύρος της τάσης, σκοπό έχουν να καθορίσουν την κλίση αυτή.

Η ουρά από την άλλη, είναι αυτή που καθορίζει την διάρκεια της κρουστικής τάσης. Επειδή, για την ανάπτυξη της διάσπασης, συμβάλλει συνήθως, μόνο το μέρος της τάσης που υπερβαίνει ορισμένη τιμή, η ουρά καθορίζεται, όπως προαναφέρθηκε, με τον χρόνο T_q .

Έτσι λοιπόν, η κλίση του μετώπου μαζί με τον χρόνο T_f T_{cr} , που την καθορίζει, καθώς και ο χρόνος T_q είναι τα στοιχεία αυτά που επηρεάζουν τον μηχανισμό διάσπασης. Γι' αυτό, η κρουστική τάση, συμβολίζεται με το σύμβολο T_{cr}/T_q ή T_f/T_q [μsec], όπως προαναφέρθηκε.

Για τον έλεγχο της μόνωσης, έναντι κεραυνών, έχει τυποποιηθεί η κρουστική τάση, με διάρκεια μετώπου $T_f=1.2$ [μsec] και διάρκεια ουράς $T_q= 50$ [μsec].

Στην συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία, οι δοκιμές στο εργαστήριο, περιλαμβάνουν κρουστικές τάσεις της μορφής $T_f=1[\mu s]/T_q= 1800 [\mu s]$, $T_f=1[\mu s]/T_q= 50[\mu s]$, $T_f=26[\mu s]/T_q= 1800[\mu s]$, $T_f=1[\mu s]/T_q=200 [\mu s]$, $T_f= 26 [\mu s]/T_q= 420 [\mu s]$.

Ισοδυναμία πραγματικών με εργαστηριακές κρουστικές τάσεις

Από τα τρία είδη των ηλεκτρικών καταπονήσεων (κανονική τάση λειτουργίας, ατμοσφαιρικές υπερτάσεις και υπερτάσεις χειρισμών), οι δυο τελευταίες, εξομοιώνονται στο εργαστήριο με κρουστικές τάσεις, οι οποίες παράγονται από κρουστικές γεννήτριες.

Η εργαστηριακή εξομοίωση, θα πρέπει να δημιουργεί τον ίδιο κίνδυνο διάσπασης, στην μόνωση, με τις πραγματικές ισοδύναμες υπερτάσεις, οι οποίες κατά κανόνα έχουν ανώμαλη μορφή. Λόγω αυτής της ανώμαλης μορφής πρέπει να βρεθούν κανόνες, έτσι ώστε, οι πραγματικές υπερτάσεις, να εξομοιώνονται με ισοδύναμες κρουστικές τάσεις, οι οποίες θα μπορούν να παραχθούν στο εργαστήριο, με σκοπό τον εργαστηριακό έλεγχο, της συμπεριφοράς της μόνωσης, που μπορεί να είναι και ένα σύστημα προστασίας.

Οι ατμοσφαιρικές υπερτάσεις, είναι ανεξάρτητες από την τάση του δικτύου, επειδή τα αίτια δημιουργίας τους είναι εξωτερικά, σε αντίθεση με τις υπερτάσεις χειρισμών, που είναι ανάλογες με την τάση του δικτύου. Έτσι, για δίκτυα μέσο-υψηλών τάσεων, μέχρι 300 [kV], περίπου, οι κυριότερες καταπονήσεις των μονώσεων, προέρχονται από τους κεραυνούς (ατμοσφαιρικές υπερτάσεις). Όσο όμως αυξάνεται η τάση, τόσο η καταπόνηση από τις υπερτάσεις χειρισμών μεγαλώνει και έτσι για τα δίκτυα υπερύψηλης τάσης, οι υπερτάσεις αυτές, αποτελούν τις κρίσιμες καταπονήσεις.

Οι ατμοσφαιρικές υπερτάσεις, έχουν σαν πηγή τις ατμοσφαιρικές εκκενώσεις και πιο συγκεκριμένα τις εκκενώσεις νέφους-γης, που ονομάζονται κεραυνοί. Ένα μέγεθος του κεραυνού, που ενδιαφέρει, είναι το εύρος του ρεύματος, το οποίο δημιουργεί, ανάλογα με την τιμή του σε [KA], την υπέρταση στο δίκτυο. Το σχήμα, του ρεύματος του κεραυνού, είναι ένα κρουστικό κύμα. Άρα, σημαντικό ρόλο για την καταπόνηση του δικτύου ή μιας κατασκευής, παίζει και η μορφή του κρουστικού κύματος (διάρκεια μετώπου και ουράς). Η κρουστική τάση 1.2/50 [μsec], χρησιμοποιείται στο εργαστήριο, σαν μια εξομοίωση των ατμοσφαιρικών υπερτάσεων και πλησιάζει αρκετά την μέση τιμή, των παρατηρηθέντων κεραυνών.

Στην συγκεκριμένη εργασία μας ενδιαφέρει η διερεύνηση της μονωτικής ικανότητας του αέρα σε σύστημα ακίδα-πλάκα. Εδώ

μας ενδιαφέρει όταν κάτω από κάποιες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας, προκληθούν διασπάσεις, να μελετήσουμε τις πιθανότητες διάσπασης του διακένου και να διαπιστώσουμε αν και πως αυτές επηρεάζονται από την μορφή της κρουστικής τάσης και το διάκενο μεταξύ ακίδας-πλάκας.

Γι' αυτό τον λόγο στο εργαστήριο χρησιμοποιούμε την κρουστική γεννήτρια, η οποία μας δίνει κρουστικές τάσεις διαφόρων μορφών θετικής πολικότητας. Στο έδαφος βρίσκεται μια πλάκα από ανοξείδωτη λαμαρίνα. Η απόσταση μεταξύ ακίδας και πλάκας ρυθμίζεται στα 10 [cm]. Παρατηρούμε, για διαφορετικές μορφές κρουστικών τάσεων και για σταθερό διάκενο 10 [cm] την πιθανότητα διάσπασης του αέρα. Σε επόμενο κεφάλαιο θα γίνει ειδικότερη αναφορά του συστήματος αυτού. Παρακάτω δίνονται μερικά στοιχεία για την χρησιμοποιούμενη κρουστική γεννήτρια.

Κρουστική γεννήτρια Multi test set της Haefely

Η κρουστική γεννήτρια του εργαστηρίου είναι κατασκευασμένη από την εταιρεία Haefely, η οποία εξοπλίζει εργαστήρια υψηλών τάσεων, κατασκευάζοντας γεννήτριες και βοηθητικές συσκευές για την παραγωγή AC, DC και κρουστικών τάσεων.

Το Multi test set της Haefely είναι ένα ευπροσάρμοστο κινητό σύστημα, αποτελούμενο από εναλλακτικά εξαρτήματα, μέσω των οποίων μπορούμε να παράγουμε τα τρία προαναφερθέντα είδη υψηλών τάσεων δημιουργώντας τις αντίστοιχες γεννήτριες. Οι συνδέσεις μεταξύ των εξαρτημάτων γίνονται με ειδικό τρόπο, έτσι ώστε το φτιάξιμο κάποιας γεννήτριας ή η αλλαγή της, από ένα τύπο σε άλλο, να γίνεται εύκολα, γρήγορα και μηχανικά σταθερά.

Το βασικό εξάρτημα του Multi test set είναι ένας μετασχηματιστής υψηλής τάσης. Στα άκρα του μπορούν να συνδεθούν σταδιακά ανορθωτικές διατάξεις για την παραγωγή DC τάσεων και στη συνέχεια βαθμίδες κρουστικών γεννητριών για κρουστικές τάσεις. Με την βοήθεια του Multi test set μπορούν να παραχθούν οι εξής υψηλές τάσεις:

- i. Υψηλές εναλλασσόμενες τάσεις έως 80 [kV rms] 50/60 [Hz], χρησιμοποιώντας μόνο τον μετασχηματισμό, το πρωτεύον του οποίου συνδέεται στο δίκτυο (220 ή 110 [V]). Η ονομαστική

ισχύς του μετασχηματιστή είναι 5 [kVA] για συνεχή φόρτιση και 7.5 [kVA] για μέγιστη φόρτιση 10 λεπτών.

- ii. Υψηλές συνεχείς τάσεις μέσω τριών ανορθωτικών διατάξεων μισού κύματος 100, 200 και 400 [kV]. Εδώ χρησιμοποιούνται δίοδοι υψηλής τάσεως (100 [kV], 20 [mA]). Η γεννήτρια 100 [kV] είναι απλή ανόρθωση με εξομάλυνση πυκνωτού όπου μια δίοδος και ένας πυκνωτής συνδέονται εν σειρά στο δευτερεύον του μετασχηματιστή. Οι γεννήτριες των 200 [kV] DC και 400 [kV] DC είναι ανορθωτικές διατάξεις διπλασιαστού και τετραπλασιαστού τάσεως που πάλι συνδέονται στον δευτερεύον του μετασχηματιστή.
- iii. Υψηλές κρουστικές τάσεις μέσω τριών κρουστικών γεννητριών 100 [kV], 200 [kV] και 400 [kV]. Απ' αυτές τις γεννήτριες με κατάλληλη αλλαγή των αντιστάσεων ουράς και μετώπου παράγονται και κρουστικές τάσεις κεραυνών (1.2/50 [μsec]) και κρουστικές τάσεις χειρισμών (250/2500 [μsec]). Στην περίπτωση μας οι κρουστικές τάσεις που παράγονται είναι διαφόρων μορφών και θετικής πολικότητας.

Οι κρουστικές γεννήτριες των 100 και 200 [kV] είναι μονοβάθμιες κρουστικές γεννήτριες με την διαφορά ότι η μεν πρώτη χρησιμοποιεί σαν πηγή συνεχούς τάσεως την DC γεννήτρια με έξοδο 100 [kV], ενώ η δεύτερη αυτήν με 200 [kV] DC. Η

κρουστική γεννήτρια των 400 [kV] είναι διβάθμια και χρησιμοποιεί την γεννήτρια συνεχούς τάσεως 200 [kV] DC.

Στο εργαστήριο υπάρχει η κρουστική γεννήτρια των 400 [kV] και είναι αυτή που χρησιμοποιείται για το πείραμά μας.

Κυκλώματα της κρουστικής γεννήτριας

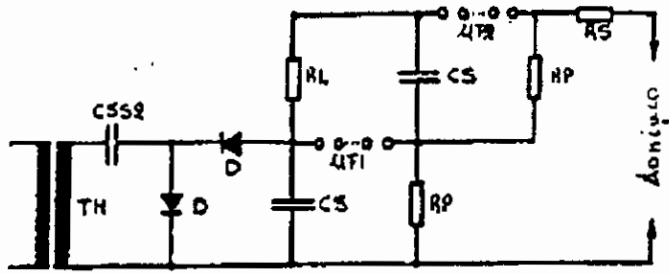
Το ηλεκτρικό κύκλωμα της κρουστικής γεννήτριας του εργαστηρίου των 400 [kV] φαίνεται στο σχήμα 4, τα στοιχεία του οποίου εξηγούνται παρακάτω:

TH	Μετασχηματιστής 230/80.000 [V], 5 [kVA], 50/60 [Hz]
CCS2	Πυκνωτής 100 [kV] DC, 2 [nF]
D	Δίοδος υψηλής τάσεως, 100 [kV], 20 [mA]
CS	Πυκνωτής βαθμίδας, 200 [kV] DC, 15 [nF]
RM1	Ωμικός καταμεριστής 200 [kV] DC, 800 [MΩ]
EW	Αντίσταση γείωσης 200 [kV] DC, 25 [kΩ]
ES	Διακόπτης γείωσης
MF1, MF2	Σπινθηριστές με πολλαπλά διάκενα
RL	Αντίσταση φορτίσεως 200 [kV] DC, 10 [MΩ]

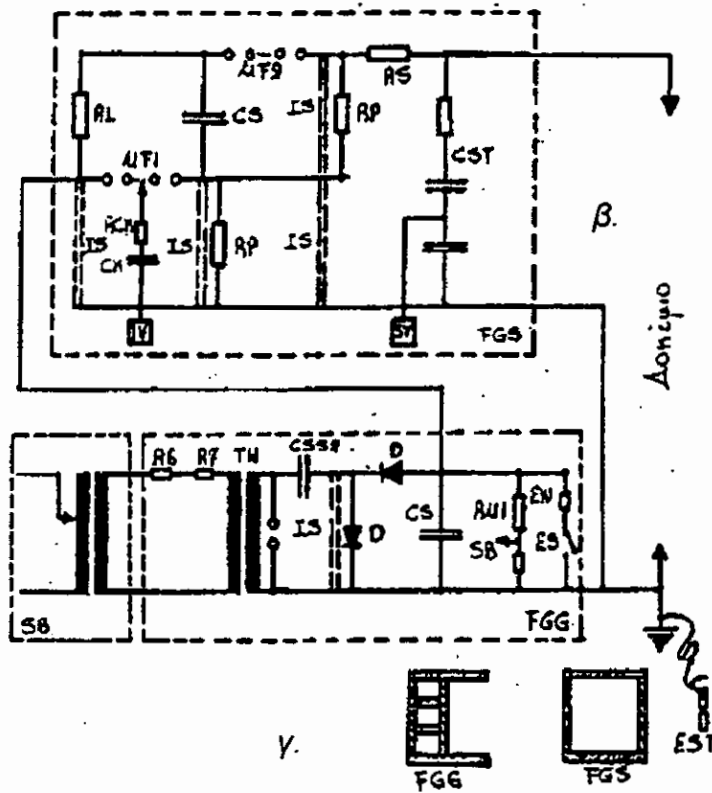
CK, RCK	Σύνθεση ενισχυτή παλμών IV με MF1, CK= 1550 [pF]
RP	Αντιστάσεις ουράς
RS	Αντιστάσεις μετώπου
CST	Χωρητικός καταμεριστής 80 [kV] rms, 400[kV] κρουστικής 500 [pF], χρόνος απόκρισης 100 [ns]
SB	Κουτί ελέγχου (Control Box Type 273)
IV	Ενισχυτής παλμών (Impulse Amplifier Typer 35)
SV	Κρουστικό βολτόμετρο (Impulse Peak Voltometer, IPV, Type 65)
EST	Κοντάρι γείωσης

Για την στήριξη της γεννήτριας χρησιμοποιούνται επίσης:

FGG	Κινητή βάση για τον μετασχηματιστή και τον ανορθωτή
FGS	Κινητή βάση για τη κυρίως κρουστική γεννήτρια
IS	Μονωτήρας-υποστήριγμα 200 [kV] DC
VS	Αγώγιμη ράβδος συνδέσεως



α.



γ.

Σχήμα 4. Κρουστική γεννήτρια εργαστηρίου 400 [kV], α. Κυρίως ηλεκτρικό κύκλωμα, β. Ηλεκτρικό κύκλωμα της γεννήτριας, γ. Κατόψεις των δύο κινητών βάσεων

Τοπολογία των στοιχείων της γεννήτριας

Η κρουστική γεννήτρια είναι τοποθετημένη επάνω σε δυο κυλιόμενες μεταλλικές βάσεις, FGG και FGS, οι οποίες είναι γειωμένες.

Στην πρώτη βάση, FGG, είναι τοποθετημένοι ο μετασχηματιστής και ο ανορθωτής, δηλαδή (βλέπε σχ.4) ο TH, ο CSS2, οι δυο δίοδοι, ο πρώτος πυκνωτής CS, ο ωμικός καταμεριστής RM1 και ο διακόπτης γείωσης ES μαζί με την αντίσταση γείωσης EW.

Στη δεύτερη βάση βρίσκονται τα υπόλοιπα στοιχεία της κρουστικής γεννήτριας.

Μεταξύ τους οι δυο βάσεις συνδέονται ε μια αγώγιμη ράβδο συνδέσεως VS. Πρακτικά η συνδεσμολογία θα μπορούσε να χαρακτηριστεί κατακόρυφος από άποψη τάσεως, δηλαδή όσο ανεβαίνουμε σε ύψος, ανεβαίνει και το επίπεδο τάσεως. Οι βάσεις έχουν δυναμικό μηδέν, ενώ η κορυφή της γεννήτριας έχει δυναμικό 400 [kV].

Η οριζόντια και η κατακόρυφη διάταξη των στοιχείων είναι όπως φαίνεται στο σχήμα 4. Έχοντας μπροστά μας τη γεννήτρια διακρίνουμε την εξής τοπολογία:

Στη μέση, περίπου, της πρώτης βάσης FGG είναι τοποθετημένος ο μετασχηματιστής TH. Στο άνω μέρος του μετασχηματιστή, που

βρίσκεται υπό τάση AC 75 [kV] rms= 100 [kV] peak, συνδέεται οριζόντια ο πυκνωτής CSS2, το άλλο άκρο του οποίου ακουμπά πάνω σ' ένα μονωτήρα-υποστήριγμα IS. Το IS είναι τοποθετημένο κατακόρυφα σε μια ανοιχτή γωνία της πρώτης βάσης FGG. Παράλληλα προς το IS συνδέεται η πρώτη δίοδος D του ανορθωτή. Τα υποστηρίγματα IS εκτός της μονωτικής τους ιδιότητας να αντέχουν μέχρι τάσεις 200 [kV] DC που εφαρμόζονται στα άκρα τους, παρουσιάζουν και καλές μηχανικές ιδιότητες, προσφέροντας έτσι καλή στήριξη. Στην κορυφή της πρώτης δίοδου D, συνδέεται οριζόντια η δεύτερη δίοδος D υψηλής τάσεως. Το άλλο άκρο της συνδέεται στην κοινή κορυφή των CS και RM1 που βρίσκονται τοποθετημένοι κατακόρυφα στην άλλη ανοιχτή γωνία της βάσης FGG. Στην κοινή κορυφή των CS και RM1, τοποθετημένοι η αντίσταση γείωσης EW, σε τέτοια θέση ώστε να μπορεί η κεραία του διακόπτη γείωσης να κάνει επαφή.

Στη δεύτερη τετράγωνη βάση FGS είναι τοποθετημένος κατακόρυφα ένας μονωτήρας IS, η κορυφή του οποίου συνδέεται μέσω μιας αγωγίμης ράβδου VS με τη κοινή κορυφή των CS και RM1 της πρώτης βάσης.

Στη γειτονική γωνία υπάρχει άλλος ένας IS, ο οποίος περικλείει και τις αντιστάσεις ουράς RP της πρώτης βαθμίδας της κρουστικής γεννήτριας για κρουστικές χειρισμών 250/2500 [μ s] (RPS). Όπως θα δούμε παρακάτω, όταν θέλουμε να παράγουμε

κρουστικές κεραυνών (1.2/50 [μ s]), συνδέομε παράλληλα στο IS με τις RP χειρισμών (RPS), τις αντιστάσεις ουράς RP για κρουστικές κεραυνών (RPS). Βλέπουμε ότι οι RP χειρισμών είναι μόνιμα συνδεδεμένες στη κρουστική γεννήτρια. Όταν όμως συνδέονται παράλληλα με τις RP κεραυνών, αμελούνται εξαιτίας της σχετικά μεγάλης τιμής τους και της εν παραλλήλω συνδέσεως. Επάνω στους δύο μονωτήρες IS κάθετα ο πρώτος σπινθηριστής MF1. Κάτω από τον MF1 υπάρχει ο ενισχυτής παλμών IV, βιδωμένος επάνω στη βάση, και ο πυκνωτής και η αντίσταση σύνδεσης CK και RCK. Επάνω στον πρώτο IS τοποθετείται κατακόρυφα η αντίσταση φορτίσεως RL και στο δεύτερο IS (με τις περικλειόμενες RPS) ο δεύτερος πυκνωτής CS, οι κορυφές των οποίων συνδέονται με μια ράβδο συνδέσεως VS. Στη γειτονική γωνία του CS υπάρχει κατακόρυφα ένας μονωτήρας IS, η κορυφή του οποίου συνδέεται με το κάτω μέρος του CS. Πάνω σ' αυτόν τον IS είναι τοποθετημένος και άλλος ένας IS, ο οποίος περικλείει τις αντιστάσεις ουράς RPS της δεύτερης βαθμίδας της κρουστικής γεννήτριας για παραγωγή κρουστικών χειρισμών, όπως και στη πρώτη βαθμίδα. Στις κορυφές αυτού του IS και του CS δεύτερης βαθμίδας βρίσκεται οριζόντια τοποθετημένος ο δεύτερος σπινθηριστής MF2. Στη τέταρτη γωνία της δεύτερης βάσης FGS βρίσκεται οριζόντια τοποθετημένος ο χωρητικός καταμεριστής CST. Μεταξύ του άκρου του MF2, που είναι συνδεδεμένο με το IS που περικλείει

τις RPS δεύτερης βαθμίδος, και της κορυφής του CST είναι τοποθετημένες οι αντιστάσεις μετώπου RS.

Διάφορα καλώδια ξεκινούν από τις δύο βάσεις και καταλήγουν σε όργανα για την μέτρηση ηλεκτρικών μεγεθών και σε συσκευές για τον έλεγχο της λειτουργίας της κρουστικής γεννήτριας. Επίσης πάνω στην πρώτη βάση FGG, υπάρχουν δύο αντιστάσεις, δίπλα στον μετασχηματιστή TH. Δίπλα επίσης στον μετασχηματιστή υπάρχει και ένα κιβώτιο διανομής καλωδίων.

Τα όργανα μετρήσεως και οι συσκευές ελέγχου του εργαστηρίου βρίσκονται τοποθετημένα πάνω σε ένα γραφείο, κοντά στην γεννήτρια, έτσι ώστε ο χειριστής να μπορεί να παρατηρεί το δοκίμιο, και είναι τα εξής:

1. Το κουτί ελέγχου SB, Control Box Type 273 Haefely.
2. Το κρουστικό βολτόμετρο SV, Impulse Peak Voltmeter Type 65 Haefely, IPV Type 65.

Περιγραφή λειτουργίας της γεννήτριας

Η κρουστική γεννήτρια του εργαστηρίου αποτελείται από δυο βαθμίδες. Η κάθε βαθμίδα αποτελείται από ένα πυκνωτή (CS), ένα σπινθηριστή (MF1 ή MF2) και τις αντιστάσεις ουράς (RP). Οι δυο βαθμίδες είναι τοποθετημένες με τέτοιο τρόπο ώστε να ισχύει

η αρχή λειτουργίας των πολυβάθμιων γεννητριών, δηλαδή οι πυκνωτές CS να συνδέονται παράλληλα κατά τη διάρκεια της φορτίσεως τους από μια πηγή συνεχούς τάσεως, και σε σειρά κατά τη διάρκεια της εκφορτίσεως.

Οι πυκνωτές CS φορτίζονται σε μια DC τάση 200 [kV], και κατά της εν σειρά εκφόρτιση τους παράγεται μια κρουστική τάση 400 [kV].

Για να παραχθεί η υψηλή συνεχής τάση των 200 [kV] DC χρησιμοποιείται, ο μετασχηματιστής υψηλής τάσης TH και μια ανορθωτική διάταξη μισού κύματος διπλασιασμού της τάσεως.

Με το πρωτεύον του μετασχηματιστού TH συνδεδεμένο στο δίκτυο (220 [V] AC rms), στο δευτερεύον του παράγεται η υψηλή εναλλασσόμενη τάση 75 [kV] rms.

Όταν η εναλλασσόμενη τάση του δευτερεύοντος του TH αρχίζει και γίνεται θετική, κατά τη διάρκεια μιας περιόδου, άγει η πρώτη δίοδος D έως ότου η τάση αποκτήσει τη τιμή κορυφής της, περίπου 100 [kV], και στην οποία φορτίζεται ο πυκνωτής SCC2. Στην ημιπερίοδο που ακολουθεί η τάση του δευτερεύοντος γίνεται αρνητική και μέσω της δεύτερης δίοδου που άγει, ο πυκνωτής CS φορτίζεται στην αρνητική τάση 200 [kV] όταν η τάση του δευτερεύοντος φτάσει τη μέγιστη αρνητική τιμή της, δηλαδή στο άθροισμα της τάσεως του πυκνωτή CSS2 και της αρνητικής τιμής κορυφής του δευτερεύοντος του TH. Κατόπιν σταματάει να άγει

και η δεύτερη δίοδος. Βλέπουμε λοιπόν ότι στα άκρα του πυκνωτή CS επικρατεί μια DC τάση 200 [kV].

Η απώλεια φορτίου, που οφείλεται στην εκφόρτιση του CS, μέσω του ωμικού καταμεριστή RM1 επανακτάται σε κάθε περίοδο επειδή άγει η δεύτερη δίοδος μόλις παρατηρηθεί μια διαφορά τάσεως στα άκρα της. Η πτώση τάσεως όμως στα άκρα του CS είναι μικρή επειδή ο RM1 έχει πολύ μεγάλη τιμή (800 [MΩ]), με αποτέλεσμα η κυμάτωση της τάσεως στα άκρα του CS να είναι μικρή και πρακτικά αυτή να θεωρείται συνεχής και ίση με 200 [kV] DC.

Ο πυκνωτής CS της δεύτερης βαθμίδας είναι παράλληλα συνδεδεμένος με τον CS της πρώτης βαθμίδας μέσω της αντίστασης φορτίσεως RL, με αποτέλεσμα να φορτίζεται και αυτός στην αρνητική συνεχή τάση των 200 [kV].

Η πολικότητα της τάσης φορτίσεως των πυκνωτών εξαρτάται από τον τρόπο συνδέσεως των δυο διοδίων D. Αν λοιπόν βάλουμε τις διόδους αντίστροφα, σχετικά με τον τρόπο που δείχνεται στο σχήμα 4, τότε η τάση φορτίσεως των πυκνωτών CS θα είναι θετική.

Μέσω λοιπόν της ανορθωτικής διάταξης, οι δύο πυκνωτές CS φορτίζονται σε μια συνεχή τάση 200 [kV]. Άρα η συνολική ενέργεια που αποθηκεύεται στους πυκνωτές CS είναι:

$$W = (1/2) \times 2 \times 15 [nC] \times 200 [kV]^2 = 600 [Joule]$$

Μόλις δοθεί εντολή έναυσης, βραχυκυκλώνονται οι σπινθηριστές MF1 και MF2, συνδέοντας σε σειρά τους δυο πυκνωτές CS. Ο πρώτος σπινθηριστής MF1 βραχυκυκλώνεται με τη βοήθεια ενός παλμού που παράγεται από τον ενισχυτή παλμών IV, ενώ ο δεύτερος MF2 από την υπέρταση που δημιουργείται αμέσως μετά τη διάσπαση του MF1.

Αμέσως μετά τη διάσπαση των σπινθηριστών η συνολική τάση στα άκρα των δυο βαθμίδων γίνεται 400 [kV] και σχηματίζεται ένα κύκλωμα με την σε σειρά σύνδεση των δυο πυκνωτών CS, της αντίστασης μετώπου RS και της χωρητικότητας του δοκιμίου C_b, ενώ παράλληλα με κάθε φορτισμένο πυκνωτή CS υπάρχει και μια αντίσταση ουράς RP. Η αντίσταση φορτίσεως RL παραλείπεται, διότι είναι συνδεδεμένη παράλληλα με την κατά πολύ μικρότερη της, αντίσταση ουράς RP της δεύτερης βαθμίδας. Μέσα σ' αυτό το κύκλωμα ρέει ένα ρεύμα μέσω της αντίστασης μετώπου RS, προς τη χωρητικότητα δοκιμίου C_b, που αυξάνει τη τάση του C_b σε μια λίγο μικρότερη από 400 [kV], ανάλογα με το βαθμό απόδοσης της γεννήτριας, σχηματίζοντας το μέτωπο της κρουστικής τάσης. Κατόπιν οι δυο πυκνωτές CS και ο C_b εκφορτίζονται μέσω των RP και RS, η τάση στα άκρα του C_b πέφτει προς το μηδέν, σχηματίζοντας την ουρά της κρουστικής τάσης.

Από τους διεθνείς κανονισμούς επιβάλλεται η τιμή των CS να είναι πολύ μεγαλύτερη από του C_b . Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι ο ρυθμός φόρτισης ή εκφόρτισης του C_b είναι πολύ μεγαλύτερος από τον αντίστοιχο ρυθμό του CS ή αλλιώς ότι ο CS είναι αρκετά στιβαρότερος του C_b . Συνεπώς κατά το σχηματισμό του μετώπου της κρουστικής τάσης, οι δυο πυκνωτές CS μπορούν να θεωρηθούν (με προσέγγιση) σαν σταθερές πηγές DC τάσης και η διάρκεια μετώπου θα εξαρτάται κυρίως από τη σταθερά φόρτισης του C_b , δηλαδή θα είναι ανάλογη με τη σταθερά χρόνου $(RS)X(C_b)$. Κατά το σχηματισμό όμως της ουράς, αυτό που καθορίζει κυρίως το ρυθμό πτώσης τάσεως στα άκρα του C_b θα είναι ο ρυθμός εκφόρτισης των στιβαρότερων CS, δηλαδή η διάρκεια ουράς (μισού πλάτους) θα εξαρτάται κυρίως από τη σταθερά χρόνου $(CS)X(RP)$.

Αφού η αντίσταση φόρτισης RL δεν επηρεάζει καθόλου τη μορφή της κρουστικής τάσης, ο μόνος ρόλος της είναι να περιορίζει το ρεύμα φορτίσεως του πυκνωτή CS και κατά συνέπεια την απαιτούμενη ισχύ της ανορθωτικής διάταξης.

Με την κρουσική γεννήτρια του εργαστηρίου μπορούμε να καταπονήσουμε δοκίμια με κρουστικές κεραυνών και χειρισμών, συνδέοντας τις κατάλληλες αντιστάσεις ουράς και μετώπου.

Το επίπεδο της τάσης δοκιμής, δηλαδή η τιμή κορυφής της κρουστικής τάσης καθορίζεται από ένα ρυθμιζόμενο

μετασχηματιστή του κουτιού ελέγχου SB (σχήμα 4) ο οποίος τροφοδοτεί το πρωτεύον του μετασχηματιστή υψηλής τάσης TH με εναλλασσόμενη τάση από 0 έως 220 [V] rms. Έτσι η τάση δευτερεύοντος του TH μεταβάλλεται από 0 έως 75 [kV] rms (0-100 [kV] περίπου peak), η τάση φόρτισης των πυκνωτών CS από 0 έως 200 [kV] DC και τέλος η τιμή κορυφής της κρουστικής από 0 έως 400 [kV] περίπου ανάλογα με τον συντελεστή απόδοσης που εξαρτάται από το δοκίμιο.

Κεφάλαιο 3

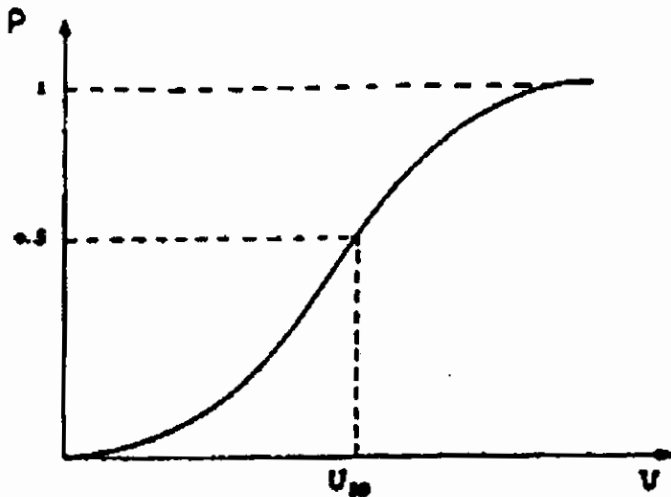
Στατιστική ανάλυση των πειραματικών αποτελεσμάτων

Η στατιστική ανάλυση, εφαρμόζεται, κυρίως, όταν πρόκειται να καθοριστεί η κρουστική τάση διάσπασης, μιας μόνωσης που έχει την ικανότητα μετά από κάθε διάσπαση, να επανακτά τα χαρακτηριστικά που είχε πριν απ' αυτή. Σ' αυτόν τον τύπο μόνωσης ανήκουν όλα τα διάκενα αέρος όπως στην περίπτωση μας.

Κατανομή της πιθανότητας διάσπασης με κρουστικές τάσεις

Αν μια κρουστική τάση, με σταθερή μορφή και εύρος U_k , εφαρμοζόμενη σ' ένα διάκενο n_k φορές, προκαλεί X_k διασπάσεις ο λόγος $P_k = X_k/n_k$ ορίζεται σαν η «πιθανότητα διάσπασης», του διακενου που αντιστοιχεί στην τάση U_k . Όταν τώρα, το εύρος της κρουστικής τάσης U_k μεταβάλλεται, ο λόγος P_k , μπορεί να πάρει τιμές από «μηδέν» μέχρι «ένα». Η συνάρτηση $P_k = f(U_k)$,

ονομάζεται «κατανομή της πιθανότητας διάσπασης» του διακένου και παριστάνεται στο επίπεδο P_k-U_k από μια καμπύλη (σχήμα 5):



Σχήμα 5. Κατανομή της πιθανότητας με κρουσική τάση

η μορφή της οποίας, εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του διακένου. Η τιμή $U_{k50\%}$ της τάσης, που αντιστοιχεί σε πιθανότητα διάσπασης $P_k=50\%$, ονομάζεται, «κριτική τάση διάσπασης» ή απλώς τάση διάσπασης 50%.

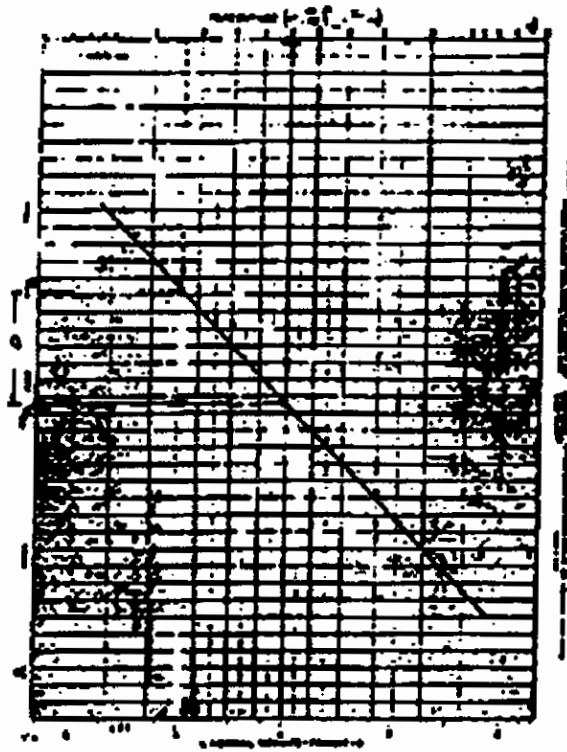
Παρόλο που η συνάρτηση $P_k(U_k)$, εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του διακένου, έχει προκύψει από πειράματα, πως συχνά πλησιάζει μια κανονική κατανομή (Gauss) που, όπως είναι γνωστό, έχει την αναλυτική έκφραση,

$$P_{\kappa}(U_{\kappa}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{U_{\kappa}} e^{-\frac{(U-U_{\kappa 50})^2}{2\sigma^2}} dU \quad (5)$$

Για τον λόγο αυτό και την απλούστερη που παρέχει στους υπολογισμούς, η παραδοχή μιας κανονικής κατανομής, γίνεται κατά κανόνα δεκτό, πως πράγματι η κατανομή της τάσης διάσπασης διακένων αέρος, είναι κανονική.

Για τον καθορισμό μιας κανονικής κατανομής, επαρκούν δυο παράμετροι: το εύρος $U_{\kappa 50\%}$ και η τυπική απόκλιση σ_{κ} . Για την εκτίμηση των καταλληλότερων τιμών, των παραμέτρων $U_{\kappa 50\%}$ και σ_{κ} που αντιστοιχούν σε ένα ορισμένο διάκενο, καθορίζονται πειραματικά πολλά ζεύγη τιμών $P_{\kappa i}-U_{\kappa i}$ και κατόπιν, είτε γραφικά, είτε με μεθόδους παρεμβολής, καθορίζεται η συνάρτηση $P_{\kappa}(U_{\kappa})$, απ' όπου βρίσκουμε τα $U_{\kappa 50\%}$ και σ_{κ} .

Ένας απλός γραφικός τρόπος, για τον καθορισμό των παραμέτρων της συνάρτησης $P_{\kappa}(U_{\kappa})$, είναι η χρησιμοποίηση ενός «φύλλου κατανομής» σαν αυτό του κάτωθι σχήματος:



Σχήμα 6. Φύλλο Κανονικής Κατανομής

Εδώ, όπως άλλωστε αποδεικνύετε, η κλίμακα των P_k , δίνεται από την σχέση:

$$P_k(U_k) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{U_k} e^{-\frac{(U-U_k50)^2}{2\sigma^2}} dU$$

Η καμπύλη μιας κανονικής κατανομής, σχεδιασμένη σε ένα τέτοιο φύλλο, παριστάνεται από μια ευθεία.

Καθορίζονται από πειράματα, μερικά ζεύγη τιμών $P_{ki}-U_{ki}$ και τοποθετώντας τα, σε ένα τέτοιο φύλλο, είναι δυνατόν να χαραχθεί οπτικά, η πιο κατάλληλη ευθεία, που παρεμβάλλεται σ' αυτά τα σημεία. Η ακρίβεια που παρέχει η μέθοδος αυτή, είναι επαρκής για τις περισσότερες εφαρμογές, με την προϋπόθεση πως τα πειραματικά αποτελέσματα, δεν αποκλίνουν σημαντικά από μια κατανομή. Όταν γίνει ο καθορισμός της καταλληλότερης ευθείας, που αντιπροσωπεύει το πείραμα, (καθορισμός αυτός περιγράφεται παρακάτω) τα $U_{κ50\%}$ και $\sigma_{κ}$ που χαρακτηρίζουν το διάκενο, καθορίζονται γραφικά, όπως φαίνεται στο σχήμα 6. Για συνήθεις εφαρμογές, 4 έως 5 ζεύγη τιμών $P_{ki}-U_{ki}$, θεωρούνται αρκετά, για τον καθορισμό της ευθείας, που παριστάνει την κατανομή και κατά συνέπεια των $U_{κ50\%}$ και $\sigma_{κ}$. Όπως φαίνεται οπτικά από το σχήμα 6, όταν επιδιώκεται ο ακριβέστερος καθορισμός του $U_{50\%}$, τα ζεύγη $P_{ki}-U_{ki}$, πρέπει να πλησιάζουν κατά το δυνατόν το ζεύγος $P_{κ50\%}-U_{κ50\%}$ ενώ όταν επιδιώκεται ο ακριβέστερος καθορισμός του $\sigma_{κ}$, τα ζεύγη $P_{ki}-U_{ki}$, πρέπει να πλησιάζουν περισσότερο τις τιμές $P_{κ5\%}-U_{κ5\%}$ και $P_{κ100\%}-U_{κ100\%}$. Συνήθως γίνεται ένας συγκερασμός των δυο απαντήσεων και επιδιώκεται τα πειραματικά ζεύγη (σημεία) να καλύπτουν την περιοχή από $P_{κ}=5-10\%$ μέχρι $P_{κ}=80-90\%$.

Καθορισμός της αντιπροσωπευτικότερης κανονικής κατανομής μιας σειράς πειραματικών αποτελεσμάτων

Αν σε ένα ορισμένο διάκενο, εφαρμοστεί n_{ki} φορές, η τάση U_{ki} θα προκύψει η πιθανότητα διάσπασης P_{ki} και το ζεύγος $P_{ki}-U_{ki}$, θα παριστάνεται σε ένα σύστημα συντεταγμένων P_k-U_k , από ένα σημείο. Αν η πιθανότητα P_k , ακολουθεί θεωρητικά μια κανονική κατανομή και η κλίμακα των P_k έχει καθοριστεί με βάση την εξίσωση (5), τότε τα σημεία που αντιστοιχούν στα διάφορα ζεύγη τιμών $P_{ki}-U_{ki}$, θα πρέπει θεωρητικά να κείτονται πάνω σε μια ευθεία. Έτσι το πρόβλημα αναζήτησης της αντιπροσωπευτικότερης κανονικής κατανομής, των σημείων $P_{ki}-U_{ki}$, μετατρέπεται σε ένα πρόβλημα γραμμικής παρεμβολής, κατάλληλα προσαρμοσμένης στην παρούσα περίπτωση, όπως περιγράφεται πιο κάτω.

Αφού τα διάφορα σημεία $P_{ki}-U_{ki}$ τοποθετηθούν πάνω σε ένα φύλλο κανονικής κατανομής, σχήμα 6 μια πρόχειρη εκτίμηση της κριτικής τάσης $U_{k50\%}$ και της τυπικής απόκλισης σ_k , μπορεί να γίνει, με την οπτική παρεμβολή μιας ευθείας διερχόμενης, ανάμεσα από τα πειραματικά σημεία, όπως δείχνεται στο σχήμα 6. η καταλληλότερη θέση της ευθείας αυτής, διορθώνεται στην συνέχεια με διαδοχικές προσεγγίσεις, ξεκινώντας από την

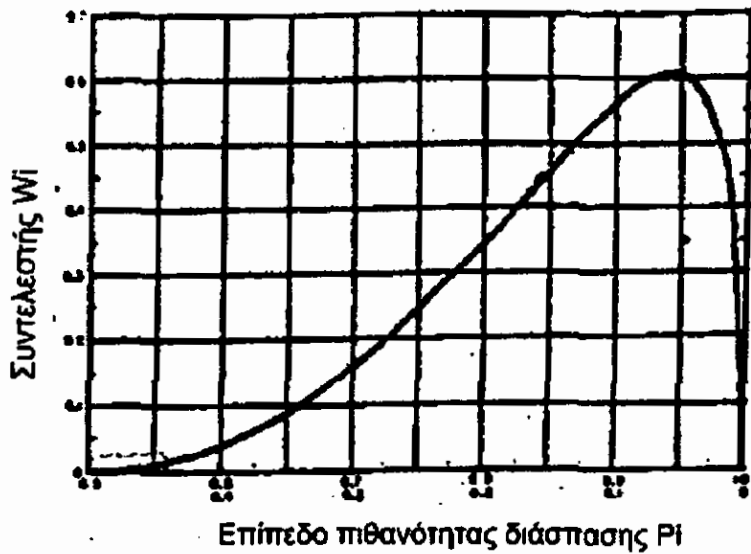
υπόθεση, πως η μια από τις δυο παραμέτρους $U_{κ50\%}$ ή $\sigma_{κ}$, που καθορίστηκαν όπως πιο πάνω, αποτελεί ήδη την καλύτερη δυνατή εκτίμηση και βάση αυτής της παραδοχής, επιδιώκεται η διόρθωση της άλλης παραμέτρου. Επειδή, από την πρώτη οπτική εκτίμηση η $U_{κ50\%}$ καθορίζεται με καλύτερη προσέγγιση παρά η $\sigma_{κ}$, η μέθοδος των διαδοχικών προσεγγίσεων, αρχίζει με την παραδοχή πως η παράμετρος $U_{κ50\%}$, είναι γνωστή και αναζητείται η αντιπροσωπευτικότερη τιμή του $\sigma_{κ}$. Θεωρώντας το σημείο $P_{κ50\%}-U_{κ50\%}$ γνωστό, κάθε σημείο $P_{κi}-U_{κi}$ ενώνεται με μια ευθεία, με το $P_{κ50\%}-U_{κ50\%}$ και από κάθε μια από τις ευθείες αυτές εκτιμάται ένα $\sigma_{κi}$, από την σχέση

$$\sigma_{κi} = U_{κ50\%} - (U_{κ16\%}) i$$

Η μέση τιμή όλων των $\sigma_{κi}$, αποτελεί την καλύτερη εκτίμηση του $\sigma_{κ}$, με την προϋπόθεση, πως σε κάθε $\sigma_{κi}$, έχει δοθεί ένας συντελεστής βαρύτητας, με τον οποίο λαμβάνεται υπόψη, αφ' ενός ο αριθμός $n_{κi}$ εφαρμογών της τάσης, που χρησιμοποιήθηκαν, για τον καθορισμό του σημείο $P_{κi}-U_{κi}$ και αφετέρου, το επίπεδο της πιθανότητας $P_{κi}$ στην οποία αντιστοιχεί το σημείο $P_{κi}-U_{κi}$.

Ο συντελεστής βαρύτητας, που αναφέρεται στον αριθμό εφαρμογών της τάσης, είναι αυτός ο ίδιος ο αριθμός $n_{κ}$ (στην περίπτωση μας πάντα $n_{κi} = n_{κ} = 50$).

Με την προϋπόθεση, πως για κάθε $P_{ki}-U_{ki}$, ακολουθεί μια κανονική κατανομή, μπορεί να δείχνει πως ο συντελεστής $W_{ki}=W_i$, με τον οποίο λαμβάνεται υπόψη, το επίπεδο πιθανότητας $P_{ki}=P_i$ δίνεται από την καμπύλη του σχήματος 7.



Σχήμα 7. Καμπύλη για τον συντελεστή βαρύτητας W_i όταν U_{50} θεωρείται γνωστό και αναζητείται το αντίστοιχο σ .

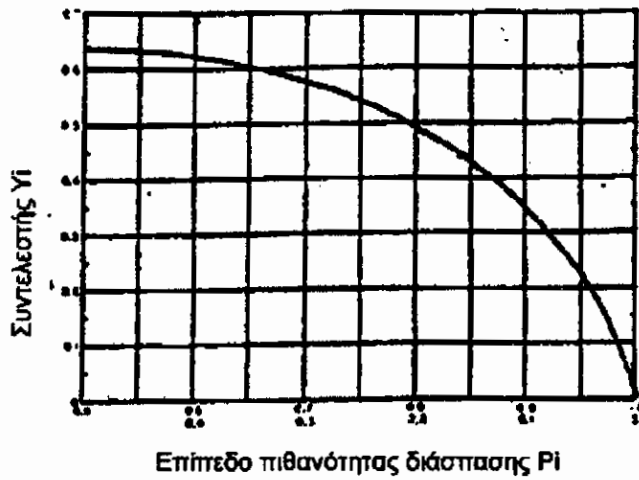
Η αντιπροσωπευτικότερη τιμή του σ_k θα δίνεται από την σχέση:

$$\sigma_k = \frac{\sum_{ki} n_{ki} W_i \sigma_{ki}}{\sum_{ki} n_{ki} W_i}, \quad i=1 \text{ έως } m \quad (6)$$

όπου $\sigma_{ki} = \sigma_i$ και n το πλήθος των πειραματικών σημείων.

Ξεκινώντας, έτσι, με την παραδοχή πως η τιμή του $U_{k50\%}$ που καθορίστηκε από την αρχική οπτική παρεμβολή, των πειραματικών σημείων $P_{ki}-U_{ki}$, είναι η θεωρητικά αντιπροσωπευτικότερη, καθορίζεται από την σχέση 6, το θεωρητικά καταλληλότερο σ_k . Γίνεται στη συνέχεια δεκτό, πως το σ_k αυτό είναι το θεωρητικά αντιπροσωπευτικότερο και επιδιώκεται η διόρθωση του $U_{k50\%}$, με την πιο κάτω μέθοδο.

Αν από κάθε πειραματικό σημείο ($P_{ki}-U_{ki}$), χαρακτηί μία ευθεία, που να έχει σαν τυπική απόκλιση, την τιμή του σ_k , που καθορίστηκε πιο πάνω, από την εξίσωση (6), όλες αυτές οι ευθείες, θα είναι παράλληλες και από κάθε μία τους μπορεί να οριστεί μια τιμή $U_{k50\%}$. Η μέση αντιπροσωπευτικότερη τιμή, του $U_{k50\%}$, προκύπτει, σαν η μέση τιμή όλων των $U_{k50\%}$, με την προϋπόθεση, πως σε κάθε ένα από αυτά εφαρμόζεται πάλι ένας συντελεστής βαρύτητας, που αφορά τον αριθμό εφαρμογών της τάσης και που είναι ο αριθμός n_{ki} και ένας άλλος συντελεστής $Y_{ik}=Y_i$, που εξαρτάται, από το επίπεδο της πιθανότητας $P_{ik}=P_i$. Με την ίδια παραδοχή που έγινε για τα σ_k μπορεί να δειχτεί, πως ο συντελεστής Y_i , δίνεται από την καμπύλη του σχήματος 8.



Σχήμα 8. Καμπύλη για τον συντελεστή βαρύτητας Y_i , όταν το σ θεωρείται γνωστό

Η αντιπροσωπευτικότερη τιμή του $U_{k50\%}$, δίνεται από την σχέση:

$$U_{50} = \frac{\sum_{k_i} n_{k_i} Y_i U_{50i}}{\sum_{k_i} n_{k_i} Y_i}, \quad i=1 \text{ έως } m$$

όπου $U_{k50i} = U_{50i}$ και m το πλήθος των πειραματικών σημείων.

Με το νέο καθορισμό του $U_{k50\%}$ μπορεί να γίνει, νέα διόρθωση του σ_k . Οι τιμές των σ_k και $U_{50\%}$, που θα προκύψουν, από τις διαδοχικές αυτές προσεγγίσεις, θα πλησιάζουν όλο και

περισσότερο σε ένα όριο, που θα είναι το πιο αντιπροσωπευτικότερο των πειραματικών σημείων. Συνήθως μία ή δυο προσεγγίσεις είναι αρκετές.

Επίδραση ατμοσφαιρικών συνθηκών στην τάση διάσπασης του αέρα

Το βασικό φυσικό φαινόμενο, που διέπει την ηλεκτρική διάσπαση του αέρα, είναι ο προοδευτικός ιονισμός, των ουδέτερων μορίων, από ελεύθερα ηλεκτρόνια, που επιταχύνονται όταν βρεθούν μέσα σε ένα ηλεκτρικό πεδίο. Για να αρχίσει ο ιονισμός αυτός, χρειάζονται μερικά αρχικά ελεύθερα ηλεκτρόνια, τα οποία υπάρχουν σχεδόν πάντα, μέσα στον αέρα. Για να επιτευχθεί ένας ιονισμός, το σχετικό ηλεκτρόνιο, πρέπει, πριν από την σύγκρουσή του, με ένα ουδέτερο άτομο, να έχει ήδη αποκτήσει αρκετή ενέργεια, δηλαδή αρκετή ταχύτητα. Η ταχύτητα του ηλεκτρονίου κατά τη στιγμή της σύγκρουσης, εξαρτάται αφενός από την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου και αφετέρου από την ελεύθερη απόσταση, που είχε την ευκαιρία να διανύσει, πριν από την σύγκρουση. Η μέση ελεύθερη απόσταση, που έχει την δυνατότητα να διανύσει ένα ελεύθερο ηλεκτρόνιο, πριν από μια σύγκρουση, εξαρτάται, από την πυκνότητα του αέρα. Η πυκνότητα του αέρα, εξαρτάται, δε, από την πίεση και την

θερμοκρασία. Έτσι σύμφωνα με τον μηχανισμό αυτόν, η τάση διάσπασης ενός διάκενου αέρος, εξαρτάται, από την ατμοσφαιρική πίεση και την θερμοκρασία.

Έχει αποδειχθεί όμως, θεωρητικά αλλά και πειραματικά, πως, για συνήθεις διακυμάνσεις της, η θερμοκρασία του αέρα, δεν προσδίδει αρκετή ενέργεια, στα ηλεκτρόνια, ώστε να επηρεάζεται απ' αυτή η ενεργειακή τους κατάσταση (σημειώνεται πάντως ότι με την αύξησή της, μειώνεται η τάση διάσπασης).

Από όσα αναφέρθηκαν πιο πάνω, προκύπτει, πως ο ιονισμός από κρούσεις ηλεκτρονίων, με ουδέτερα άτομα, είναι καταρακτώδες φαινόμενο. Ένα αρχικό ηλεκτρόνιο, ελευθερώνει άλλο ένα (καμία φορά και περισσότερα από ένα) και έτσι προκύπτουν δυο ηλεκτρόνια, τα δυο κατόπιν γίνονται τέσσερα κ.ο.κ. Στην πραγματικότητα όμως, δεν παραμένουν διαθέσιμα όλα τα ηλεκτρόνια, που δημιουργούνται από τους διαδοχικούς ιονισμούς. Μερικά από αυτά, που δεν προφταίνουν να αποκτήσουν αρκετή ταχύτητα (κατά συνέπεια ενέργεια), όταν συγκρουστούν με ένα άτομο, το οποίο μάλιστα έχει την ικανότητα να ενσωματώνει ελεύθερα ηλεκτρόνια (ηλεκρο-αρνητικό), ενσωματώνονται μ' αυτό και έτσι σχηματίζεται ένα αρνητικό ιόν. Ένα τέτοιο ιόν, εξ' αιτίας της μεγάλης του μάζας, δεν μπορεί να επιταχυνθεί αξιόλογα, από το ηλεκτρικό πεδίο και έτσι είναι άχρηστο για την εξέλιξη του ιονισμού. Η απώλεια αυτή ηλεκτρονίων, είναι τόσο μεγαλύτερη όσο περισσότερα

ηλεκτροαρνητικά άτομα ή μόρια, υπάρχουν στον αέρα. Τα μόρια των υδρατμών, συμβαίνει να είναι ηλεκτρο-αρνητικά.

Όσο περισσότερα μόρια υδρατμών, υπάρχουν λοιπόν μέσα στον αέρα, δηλαδή όσο περισσότεροι υδρατμοί, τόσο μεγαλύτερη πρέπει να είναι, η τάση που απαιτείται για την διάσπαση ενός διακένου. Επειδή η επίδραση των μορίων υδρατμών, εξαρτάται από τον σχετικό αριθμό αυτών, ως προς τα μόρια του αέρα, η επίδραση αυτή θα εξαρτάται, από την απόλυτη υγρασία, δηλαδή τα γραμμάρια υδρατμών ανά κυβικό μέτρο αέρος (κανονικής θερμοκρασίας και πίεσεως) και όχι από την σχετική υγρασία, που εξαρτάται και από την θερμοκρασία. Σημειώνεται πως όσα αναφέρθηκαν, ισχύουν για μόρια υδρατμών και όχι για σταγονίδια νερού, που σχηματίζονται μετά την συμπύκνωση των υδρατμών.

Σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν, πιο πάνω, οι κύριοι ατμοσφαιρικοί παράγοντες που επηρεάζουν την τάση διάσπασης του αέρα είναι:

- α. Η πυκνότητα του αέρα, που χαρακτηρίζεται με τη σχετική πυκνότητα (RAD), δηλαδή τον λόγο της μάζας μιας ποσότητας αέρα, προς την μάζα ίδιου όγκου, αλλά υπό κανονικές συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσεως και
- β. Η απόλυτη υγρασία, μετρούμενη σε γραμμάρια υδρατμών, ανά κυβικό μέτρο αέρα κανονικών συνθηκών [gr/m^3].

Η επίδραση των ατμοσφαιρικών συνθηκών, στην τάση διάσπασης καθορίζεται με τον λόγο της τάσης διάσπασης, ενός διακένου, υπό κανονικές ατμοσφαιρικές συνθήκες, προς την τάση διάσπασης του ίδιου διακένου, υπό τις κρατούσες ατμοσφαιρικές συνθήκες. Ο λόγος αυτός, εκφράζεται με έναν συντελεστή, με τον οποίο πρέπει να πολλαπλασιαστεί η τάση διάσπασης που προκύπτει από τις κρατούσες καιρικές συνθήκες, για να προκύψει η τάση διάσπασης υπό κανονικές ατμοσφαιρικές συνθήκες. Ο συντελεστής αυτός, ονομάζεται συντελεστής διόρθωσης ατμοσφαιρικών συνθηκών, ένας για την πυκνότητα του αέρα και ένας για την υγρασία.

Ως κανονικές ατμοσφαιρικές συνθήκες, δεχόμαστε τις παρακάτω:

Θερμοκρασία: $T_0 = 20 [^{\circ}\text{C}]$

Ατμοσφαιρική πίεση: $P_0 = 760 [\text{mmHg}]$ ή $100 [\text{Kpa}]$

Απόλυτη υγρασία: $H_0 = 11 [\text{gr/m}^3]$

Ο συντελεστής διόρθωσης της τάσης για την πυκνότητα του αέρα και για σχετικά μικρά διάκενα $2[\text{m}]$ είναι με την σχετική πυκνότητα του αέρα:

$$Kd = \frac{P}{P_0} \cdot \frac{T_0}{T}$$

όπου:

P : Η επικρατούσα ατμοσφαιρική πίεση

P_0 : Η κανονική ατμοσφαιρική πίεση

T_0 : $273 + T_0$ η κανονική θερμοκρασία σε Kelvin

T : $273 + T$ η επικρατούσα θερμοκρασία σε Kelvin

Επειδή η σχετική πυκνότητα του αέρα, αυξάνει με την ατμοσφαιρική πίεση και μειώνεται με την θερμοκρασία, την ίδια επίδραση θα έχουν οι δυο αυτές παράμετροι στην τάση διάσπασης του αέρα. Από την παρατήρηση αυτή, προκύπτει ότι, εγκαταστάσεις υψηλής τάσης, που βρίσκονται σε μεγάλα υψόμετρα, θα παρουσιάζουν μειωμένη τάση διάσπασης και αυτό θα είναι ένα γεγονός που θα πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπ' όψη κατά τη σχεδίαση τέτοιων εγκαταστάσεων.

Ο φυσικός μηχανισμός, με τον οποίο η υγρασία επηρεάζει την τάση διάσπασης, είναι εξαιρετικά πολύπλοκος. Η διάσπαση, ιδίως σε μεγάλα διάκενα, συντελείται σε τρεις διακεκριμένες φάσεις: την αρχική κορόνα, τον οχετό προεκκένωσης και το τελικό πήδημα. Η διάρκεια και η σπουδαιότητα κάθε μιας από αυτές τις φάσεις, εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, ένας από τους οποίους (που έχει και την μεγαλύτερη επίδραση), είναι το μήκος του διακένου. Σε μικρά διάκενα, κυριαρχεί η πρώτη φάση της αρχικής κορόνας, ενώ σε μεγαλύτερα διάκενα, αποκτά μεγαλύτερη σπουδαιότητα η φάση του οχετού προεκκένωσης.

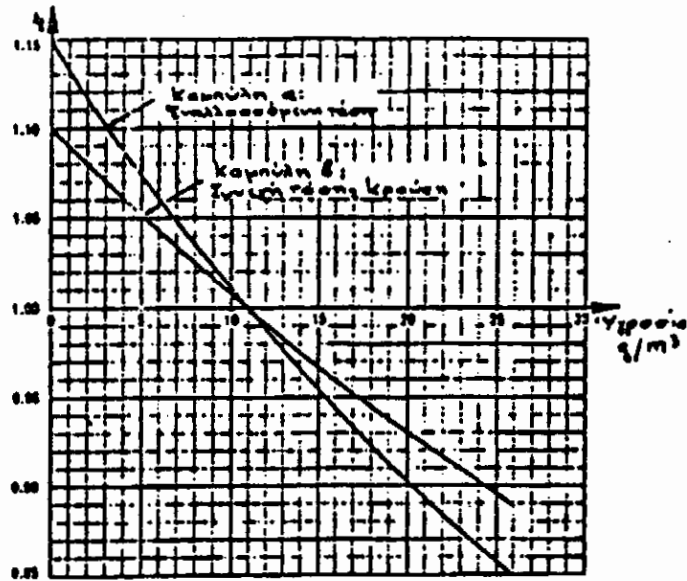
Η απώλεια ηλεκτρονίων, εξαιτίας της ενσωμάτωσής τους με τα ηλεκτροαρνητικά μόρια των υδρατμών, επηρεάζει βασικά την φάση της αρχικής κορόνας. Πειράματα όμως, έχουν δείξει ότι η παρουσία των μορίων υδρατμών επηρεάζει επίσης την φάση του οχετού προεκκένωσης, με ένα μηχανισμό που δεν είναι απόλυτα γνωστός. Ανάλογα λοιπόν, με το μήκος του διακένου, επειδή κάθε μια από τις φάσεις της διάσπασης, αποκτά διαφορετική σπουδαιότητα, η επίδραση της υγρασίας μεταβάλλεται.

Πειράματα έχουν δείξει, πως η επίδραση της υγρασίας, μειώνεται, όσο και το μήκος του διακένου αυξάνει.

Ένα άλλο ιδιαίτερο χαρακτηριστικό, που παρουσιάζει η υγρασία, είναι ότι η επίδραση της δεν είναι συνεχής. Η μεταβολή δηλαδή του μεγέθους του συντελεστή διόρθωσης, με το μέγεθος της υγρασίας, δεν είναι συνεχής. Για ένα ορισμένο ποσό υγρασίας, που εξαρτάται από διάφορους άλλους δευτερογενείς παράγοντες ο συντελεστής παρουσιάζει ένα απότομο πήδημα.

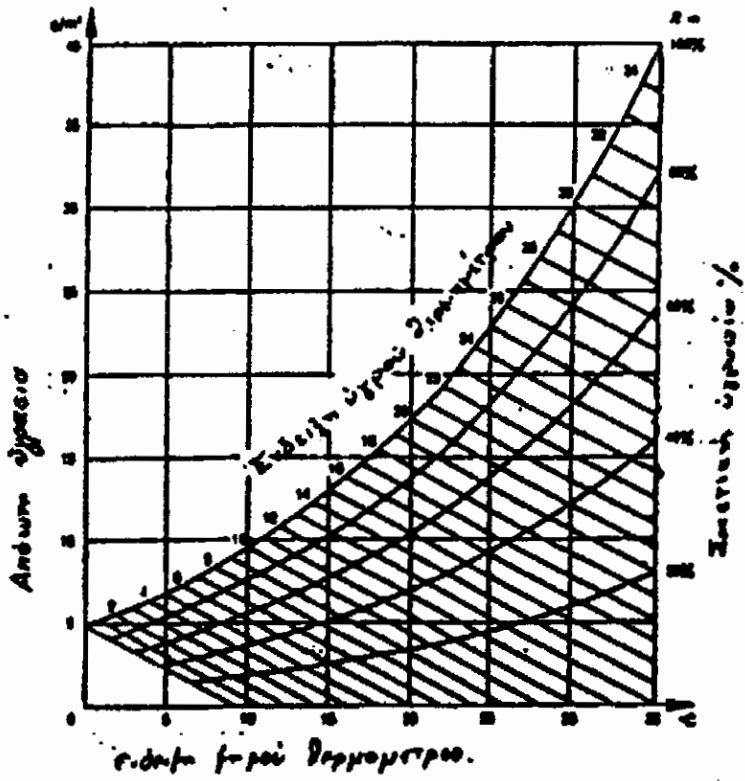
Όλες οι πάνω παρατηρήσεις, δείχνουν πως η διόρθωση της τάσης διάσπασης, για την επίδραση της υγρασίας, είναι και πολύπλοκη και αβέβαιη. Παρόλα αυτά, έχουν καθοριστεί πειραματικοί συντελεστές που καλύπτουν τις πιο συνήθεις περιπτώσεις.

Οι συντελεστές αυτοί, δείχνονται από το σχήμα 9:



Σχήμα 9: Συντελεστής διόρθωσης υγρασίας K_h σαν συνάρτηση της απόλυτης υγρασίας

Η πιο συνηθής, μέθοδος μέτρησης της υγρασίας, είναι με δυο θερμομέτρα ένα υγρό και ένα ξηρό. Η σχετική και η απόλυτη υγρασία, προκύπτουν από τις ενδείξεις των δυο θερμομέτρων, με την βοήθεια του διαγράμματος του σχήματος 10



Σχήμα 10: Διάγραμμα για τον υπολογισμό της απόλυτης υγρασίας του αέρα

Εξάρτηση του συντελεστή K_h , από την μεταβολή της πυκνότητας

Στην εύρεση του συντελεστή K_h , σύμφωνα με την προηγούμενη παράγραφο λάβαμε υπ' όψιν, μόνο την απόλυτη υγρασία και την μορφή της επιβαλλόμενης τάσης.

Πειραματικά αποτελέσματα, με επιβολή κρουστικής τάσης, έχουν δείξει, ότι υπάρχει εξάρτηση του συντελεστή K_h και από την σχετική πυκνότητα. Όταν μειώνεται, η σχετική πυκνότητα του αέρα, αυξάνεται η επίδραση της υγρασίας, στην τάση διάσπασης.

Αυτό εξηγείται και από φυσικής απόψεως. Όταν η απόλυτη υγρασία παραμένει σταθερή, μια μείωση της σχετικής πυκνότητας του αέρα, θα έχει σαν αποτέλεσμα, μια αύξηση του ποσοστού των μορίων των υδρατμών στον αέρα. Έτσι, για κάθε σύγκρουση μεταξύ ηλεκτρονίων και μορίων, η πιθανότητα δημιουργίας αρνητικών ιόντων, θα αυξηθεί. Επομένως, θα πρέπει, να αναμένεται μια εντονότερη επίδραση της υγρασίας.

Μετά από σειρά πειραμάτων, με επιβολή κρουστικής τάσης, βρέθηκε καινούργιος ορισμός του συντελεστή K_h , που λαμβάνει υπ' όψη του και την επίδραση της σχετικής πυκνότητας:

$$K_h = \frac{1}{1 + \frac{h - h_0}{100K_d}}$$

όπου h : η απόλυτη υγρασία που επικρατεί την στιγμή της διεξαγωγής του πειράματος.

h_0 : 11 [gr/m³]

K_d : Σχετική πυκνότητα

Τα παραπάνω στοιχεία, είναι απαραίτητα για την επεξεργασία των μετρήσεων, που θα γίνει στο επόμενο κεφάλαιο.

Κεφάλαιο 4

Διεξαγωγή του πειράματος

Στο εργαστήριο Υψηλών Τάσεων του Πανεπιστημίου Πατρών υπό την επίβλεψη της καθηγήτριας κα. Ε. Πυργιώτη έγιναν το ακαδημαϊκό έτος 97-98 μετρήσεις πάνω σε ανομοιογενές διάκενα «ακίδα-πλάκα» για τον προσδιορισμό της κρίσιμης τάσης διάσπασης U50% και της τυπικής απόκλισης για διάφορες μορφές κρουστικών τάσεων σ, κάθε φορά. Το μήκος του διακένου ήταν 10 [cm].

Η τοπολογία της κρουστικής γεννήτριας που χρησιμοποιήθηκε παρουσιάστηκε στο κεφ. 2. Το πείραμα περιλαμβάνει 5 φύλλα των 20 μετρήσεων το καθένα, για την κάθε μία από τις περιπτώσεις. Οι διάφορες μορφές κρουστικών τάσεων που χρησιμοποιήθηκαν για την διεξαγωγή του πειράματος ήταν οι εξής: 1/200 [μs] 1/180 [μs], 1/50 [μs], 26/420 [μs] και 26/1800 [μs].

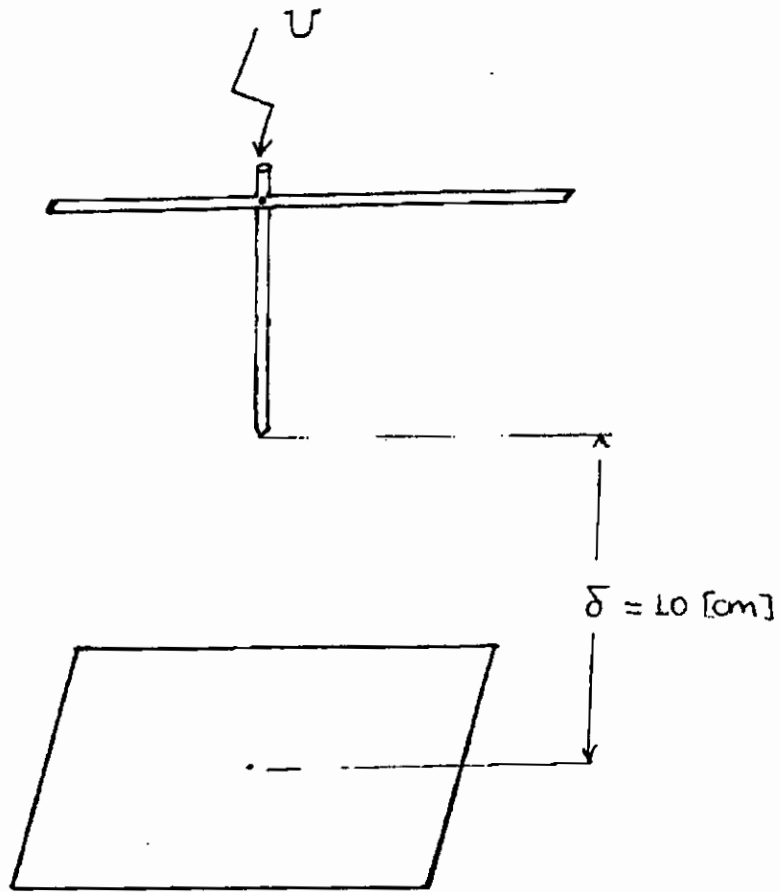
Ρυθμίζουμε κατ' αρχήν, το διάκενο 10 [cm] που σχηματίζεται από μία ράβδο εξ' ορειχάλκου (συνδεδεμένη με την κρουστική γεννήτρια, τερματίζουσα σε ακίδα) και από την πλάκα του δαπέδου από ανοξείδωτη λαμαρίνα. Τα παραπάνω εξάλλου

φαίνονται και στην σχηματική αναπαράσταση της πειραματικής διάταξης που δίνεται πιο κάτω.

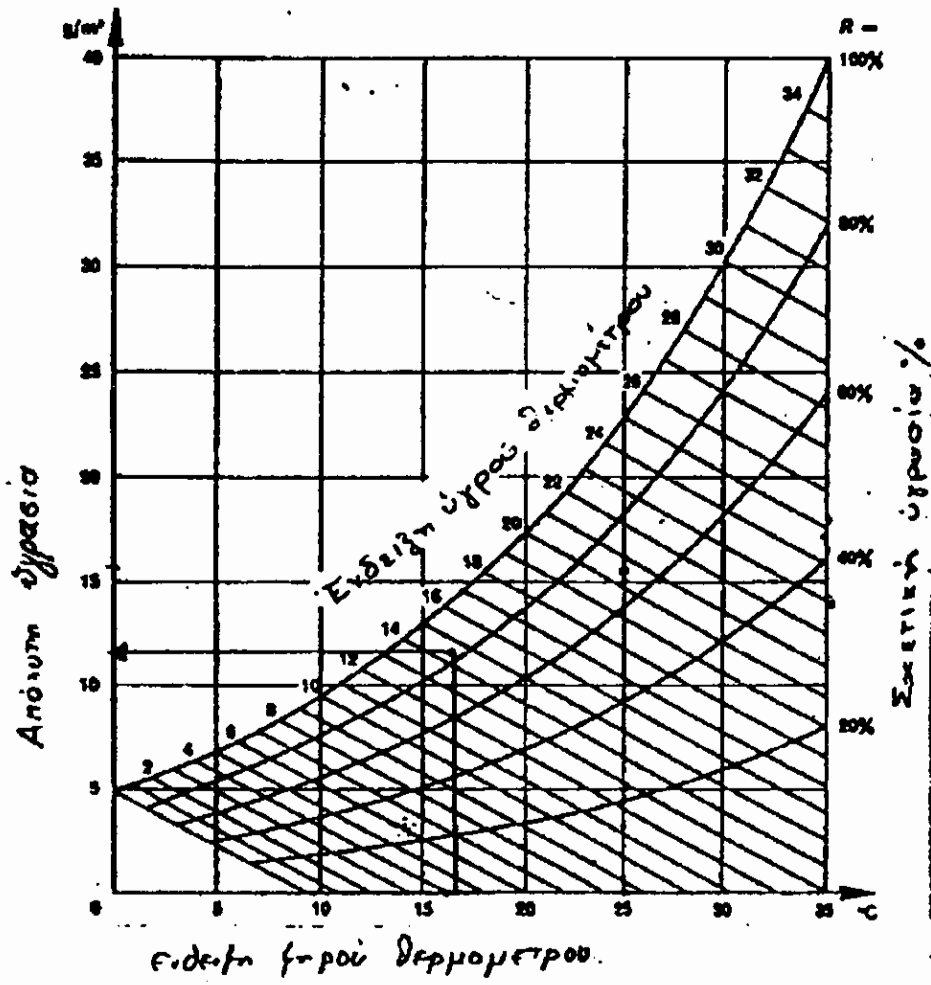
Κατόπιν ξεκλειδώνουμε το Control box και ενεργοποιούμε το πράσινο μπουτόν εκκίνησης, ώστε να πέσει η ράβδος γείωσης. Αν αυτή επανέλθει στην αρχική της κατάσταση που σημαίνει ότι δεν ενεργοποιήθηκε η γεννήτρια επαναλαμβάνουμε συνεχώς, ώσπου να μείνει μόνιμα πεσμένη.

Ας πάρουμε τώρα για παράδειγμα το πρώτο φύλλο μετρήσεων. Το διάκενο μεταξύ ράβδου και πλάτος είναι $\delta = 10$ [cm]. Μετρούμε την ατμοσφαιρική πίεση της συγκεκριμένης ημέρας που γίνεται το πείραμα. Αναγράφουμε τώρα την τιμή της η οποία στην περίπτωση αυτή είναι 747,5 [mmHg]. Η τιμή αυτή όπως έχει αναφερθεί χρειάζεται για να ληφθεί υπόψιν η πυκνότητα του αέρα στην διόρθωση της τάσης. Αμέσως μετά αναγράφουμε την ένδειξη του ξηρού και του υγρού θερμομέτρου που στην περίπτωση μας είναι 17 [°C] και 14,5 [°C] αντίστοιχα. Με την βοήθεια του διαγράμματος του σχήματος 11 μπορούμε να βρούμε την απόλυτη υγρασία σε [gr/m³].

Εδώ η τιμή αυτή είναι 11,5 [gr/m³]. Η συγκεκριμένη διαδικασία εύρεσης των τιμών αυτών, φαίνεται παρακάτω όπου παραθέτουμε εκ νέου, το διάγραμμα του σχ. 11.



Σχήμα 11. Πειραματική διάταξη, ανομοιογενούς πεδίου ακίδα-πλάκα, διακένου δ , μόνωση αέρα.



Σχήμα 12. Διάγραμμα για τον υπολογισμό της απόλυτης υγρασίας του αέρα

Μπορούμε τώρα, μετά από την διαδικασία που περιγράφηκε να βρούμε από την αρχή την σχέση

$$K_d = \left(\frac{P}{P_0} \right) \cdot \left(\frac{T_0}{T} \right)$$

τον συντελεστή διόρθωσης της τάσης, για την πυκνότητα του αέρα. Τοποθετώντας όπου $P = 747,5$ [mmHg] και $T = 273 + 17 = 290\text{K}$ (17 [°C] είναι η ένδειξη του ξηρού θερμομέτρου), θα έχουμε:

$$K_d = \frac{745,5}{760} \cdot \frac{293}{290} = 0,9936$$

Από την σχέση

$$K_h = \frac{1}{1 + \frac{(h - h_0)}{100K_d}}$$

βρίσκουμε τον συντελεστή διόρθωσης, για την υγρασία, ως εξής:

$$K_h = \frac{1}{\frac{1+(11,5-11)}{100 \cdot 0,9936}} = 0,995$$

Ο λόγος $(K_h/K_d) = 1,0014$ θα χρησιμοποιηθεί, κατόπιν για την διόρθωση της τάσης διάσπασης.

Αυτή η διαδικασία ακολουθείται για κάθε φύλλο μετρήσεων. Όταν φυσικά αλλάζουν οι ατμοσφαιρικές συνθήκες (πίεση, απόλυτη υγρασία) τότε χρησιμοποιώντας τις ίδιες σχέσεις, θα βρούμε άλλη τιμή για τον λόγο (K_h/K_d) . Έτσι για τα φύλλα 1-3 του πρώτου πακέτου των μετρήσεων, έχουμε:

$$(K_h/K_d) = 1,0014$$

Μετά διαλέγουμε μια τάση, περιστρέφοντας τον διακόπτη Charging range και δίνουμε έναυση, με το μπουτόν Trigger.

Κάθε 20 [sec], επαναλαμβάνουμε την έναυση, και παρατηρούμε τη ένδειξη του κρουστικού βολτομέτρου, καθώς επίσης και αν έγινε διάσπαση ή όχι. Αν μετά την έναυση προκλήθηκε διάσπαση μεταξύ ακίδας και πλάκας. Την σημειώνουμε στα φύλλα μετρήσεων, με το σύμβολο «+», ενώ την μη διάσπαση με το σύμβολο «-».

Αφού κατά του προαναφερθέντα τρόπο, καταγράφουμε 20 μετρήσεων για κάθε φύλλο, βρίσκουμε τον αριθμό διασπάσεων που γίνανε και υπολογίζουμε την πιθανότητα διάσπασης επί τοις εκατό. Έτσι για παράδειγμα στο φύλλο μετρήσεων 1 έχουμε (5) διασπάσεις που σημαίνει ότι η πιθανότητα διάσπασης θα είναι:

$$\left(\frac{5}{20}\right) \cdot 100 = 25\%$$

Έτσι στο συγκεκριμένο φύλλο μετρήσεων 1 θα έχουμε 5 διασπάσεις στην ράβδο.

Κατόπιν υπολογίζουμε τον μέσο όρο των τάσεων μη διάσπασης, επειδή τότε περνά όλη η τάση μέσα από το διάκενο. Στο παράδειγμα μας η τιμή αυτή είναι 66 [V].

Μετατρέπουμε κατόπιν το μέσο όρο των τάσεων μη διάσπασης στην πραγματική τάση που δίνει η γεννήτρια, πολλαπλασιάζοντας την τιμή αυτή, με τον συντελεστή του βολτομέτρου που είναι η τιμή τέσσερα (4) και με τον λόγο του καταμεριστή, που εδώ είναι 241. Έτσι η τιμή της τάσης διάσπασης, θα γίνει:

$$(66) \cdot (4) \cdot (241) = 63,624[kV]$$

Για να βρούμε τώρα το επίπεδο της τάσης διάσπασης (διορθωμένη τιμή, σύμφωνα με τις ατμοσφαιρικές συνθήκες) πολλαπλασιάζουμε τον μέσο όρο της τάσης διάσπασης (63,624 [kV]) με τον λόγο (K_h/K_d)= 1,0014. Έτσι θα έχουμε:

$$(63,624)X(1,0014)=63,71 [kV]$$

Αυτή λοιπόν είναι για το φύλλο μετρήσεων 1 η τιμή του επιπέδου για την τάση διάσπασης. Κατά τον ίδιο τρόπο, αφού αλλάξουμε την τάση περιστρέφοντας τον διακόπτη Charging range, βρίσκουμε τα υπόλοιπα φύλλα μετρήσεων και κατόπιν κάνουμε τους απαραίτητους υπολογισμούς.

Επεξεργασία μετρήσεων

Βασιζόμενοι τώρα στο κεφάλαιο 3 και σε όσα προαναφέρθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο, θα παραθέσουμε την επεξεργασία των μετρήσεων, για το πρώτο πακέτο των μετρήσεων (φύλλα μετρήσεων 1-3). Η διαδικασία αυτή ακολουθείται και για τα άλλα πακέτα μετρήσεων.

Ξεκινούμε, θυμίζοντας ότι στην περίπτωση αυτή, το διάκενο ράβδου-πλάκας είναι $\delta= 10$ [cm].

Βρίσκουμε τώρα, από το διάγραμμα 20, τους συντελεστές βαρύτητας W_i συναρτήσει των επίπεδων πιθανότητας $P_{ki}=P_i$. Στην περίπτωση μας, τα επίπεδα πιθανότητας είναι: $P_{k1}=25\%$, $P_{k2}=75\%$, $P_{k3}=90\%$, (ο τρόπος υπολογισμού, αυτών των πιθανοτήτων δείχνεται στην προηγούμενη παράγραφο). Έτσι οι συντελεστές βαρύτητας είναι $W_1=0,23$, $W_2=0,23$, $W_3=0,56$. Κατά τον ίδιο ακριβώς τρόπο, μπορούμε να βρούμε από το διάγραμμα του σχήματος 8 τους συντελεστές βαρύτητας Y_i . Έτσι θα έχουμε: $Y_1=0,54$, $Y_2=0,54$, $Y_3=0,35$

Μεταφερόμαστε τώρα σε ένα φύλλο κανονικής κατανομής, όπου σημειώνουμε τα τρία (3) σημεία που αντιστοιχούν σε τρία (3) ζεύγη τιμών ($P_{ki}-U_{ki}$). Αυτά φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

	P_{ki} [%]	U_{ki} [KV]
1	25	63,71
2	75	67,574
3	90	70,47

Κατόπιν με την μέθοδο της οπτικής παρεμβολής χαράζουμε μια ευθεία, η οποία να διέρχεται ανάμεσα από τα πειραματικά σημεία. μ' αυτόν τον τρόπο μπορούμε να βρούμε την πρώτη τιμή του

$U_{50\%}$ η οποία εδώ είναι $U'_{50\%}=65,65$ [kV] και την τιμή του $U_{16\%}$ η οποία εδώ είναι $U'_{16\%}=62,4$ [kV]

Η πρώτη τιμή της σ , θα είναι $\sigma' = U'_{50\%} - U'_{16\%} = 65,65 - 62,4 = 3,25$ [kV]. Κατόπιν, θεωρώντας ότι η πρώτη τιμή της $U_{50\%}$ είναι σωστή, προσπαθούμε να διορθώσουμε την πρώτη τιμή της σ . Αυτό θα γίνει αν στο φύλλο κανονικής κατανομής, φέρουμε τώρα, ευθείες που διέρχονται από το σημείο $P_{50\%} - U'_{50\%}$ και τα πειραματικά σημεία ($P_{ki} - U_{ki}$). Αυτές όλες οι ευθείες έχουν φυσικά ίδιο $U_{50\%}$ και διαφορετικό σ . Αυτά, τα διαφορετικά σ , βρίσκονται από την σχέση

$$\sigma_{ki} = U'_{\kappa 50\%} - (U_{\kappa 16\%})i$$

Εδώ θα είναι:

$$\sigma_1' = U'_{50\%} - U_{\kappa 161} = 65,65 - 62,775 = 2,875$$

$$\sigma_2' = U'_{50\%} - U_{\kappa 162} = 65,65 - 62,775 = 2,875$$

$$\sigma_3' = U'_{50\%} - U_{\kappa 163} = 65,65 - 61,825 = 3,825$$

Κατόπιν από την σχέση

$$\sigma = \frac{\sum niWi\sigma_i'}{\sum niWi}$$

($i=1-3$) βρίσκουμε τη νέα τιμή του σ , που είναι $\sigma'' = 3,396$ [kV]

Θεωρώντας τώρα τη τιμή αυτή σωστή, προσπαθούμε να διορθώσουμε την τιμή του $U_{50\%}$. Αυτό θα γίνει αν στο φύλο κανονικής κατανομής χαράξουμε την ευθεία με $U_{50\%}=65,65$ και $\sigma'' = 3,396$ [kV] και φέρουμε από όλα τα πειραματικά σημεία ευθείες παράλληλες στην προαναφερόμενη ευθεία, δηλαδή ευθείες με το ίδιο $\sigma'' = 3,396$ [kV]. Μπορούμε έτσι να βρούμε τα $U_{50\%}$ για κάθε ευθεία. Αυτά είναι:

$$U'_{50\%1} = 66,075$$

$$U'_{50\%2} = 65,325$$

$$U'_{50\%3} = 66,075$$

Κατόπιν από την σχέση

$$U_{50} = \frac{\sum niYiU'_{50i}}{\sum niYi}$$

($i= 1-3$) βρίσκουμε νέα τιμή του U_{50} , που είναι $U'_{50}= 65,783$ [kV]

Επειδή η νέα τιμή του U_{50} ($U'_{50}= 65,783$ [kV]) διαφέρει πολύ λίγο (0,133 [kV]) της προηγούμενης τιμής ($U'_{50}= 65,65$ [kV]) θεωρούμε πως αυτή η τιμή είναι σωστή και σταματάμε την διόρθωση. Την ίδια ακριβώς διαδικασία ακολουθούμε και για όλα τα άλλα πακέτα μετρήσεων.

Μετά από όλη αυτήν την διαδικασία και αφού βρεθούν ικανοποιητικές τιμές για τα U_{50} και σ χαράζουμε, με βάση αυτές την «καλύτερη ευθεία».

Στην αρχή κάθε πακέτου μετρήσεων περιγράφονται οι συνθήκες, ενώ καταγράφονται και οι ατμοσφαιρικές συνθήκες που επικρατούσαν την ώρα της εκτέλεσής του. Επίσης υπάρχει και ένας πίνακας σε κάθε πακέτο που δείχνει αναλυτικά που έγιναν οι διασπάσεις, την πιθανότητα διάσπασης στη ράβδο, και το επίπεδο της τάσης διάσπασης για κάθε πιθανότητα.

Πακέτο μετρήσεων Νο 1

Φύλλα μετρήσεων 1-3

Διάκενο ακίδα-πλάκα, μήκους $\delta = 10$ [cm]

Κρουστική τάση μορφής 1/1800 [μs]

Ατμοσφαιρικές συνθήκες:

Πίεση: 747,5 [mmHg]

Ξηρό θερμόμετρο: 17 [°C]

Υγρό θερμόμετρο: 14,5 [°C]

Απόλυτη υγρασία: 11,5 [g/m^3]

$U_{50} = 65,783$ [kV]

$U_{16} = 62,254$ [kV]

$\sigma = 3,396$ [kV]

Πακέτο Μετρήσεων Νο 1

Φύλλα Μετρήσεων 1-3

	Κρούσεις	Διαστάσεις	Πιθανότητα Αύξησης	Επίπεδο Τόσης Αύξησης
		t	P _k %	U _k [KV]
1	20	5	25	63,71
2	20	15	75	67,574
3	20	18	90	70,47

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΥΨΗΛΩΝ ΤΑΣΕΩΝ

Ημερομηνία:..... Αριθμός Φύλλου Μετρήσεων:..... 1.....
 Σύντομη περιγραφή πειράματος: Ακίδα-Πλάκα.....

Μήκος Διακένου: 1.0.....[cm] Πολικότητα: (+) Μέτωπο: 1/1800.....[μs]
 Επίπεδο Τάσεως Διασπάσεως : 63.71.....[KV]
 Πιθανότητα Διασπάσεως : 25.....
 Συντελεστής Βολτομέτρου : 4.....
 Λόγος Καταμεριστή : 1 : 241.....
 Μ.Ο. Τάσεως Διασπάσεως : 66.....[KV]
 Συντελεστής Διορθώσεως

$$K_d = \left(\frac{P}{P_0} \right) \cdot \left(\frac{T_0}{T} \right) = \left(\frac{747.5}{760} \right) \cdot \left(\frac{293}{290} \right) = 0.9936.....$$

$$K_h = 0.995.....$$

$$\frac{K_h}{K_d} = 1.0014.....$$

Ατμοσφαιρικές Συνθήκες

Ατμοσφαιρική πίεση : 747.5.....[mmHg]
 Ένδειξη Ξηρού θερμομέτρου : 17.....[°C]
 Ένδειξη Υγρού θερμομέτρου : 14.5.....[°C]
 Απόλυτη Υγρασία : 11.5.....[gr/m³]

A/A	EKB	+/-	A/A	EKB	+/-
1	66	-	11	66	-
2	66	+	12	66	-
3	66	-	13	66	-
4	66	-	14	66	-
5	66	+	15	66	+
6	66	-	16	66	-
7	66	-	17	66	-
8	66	-	18	66	-
9	66	+	19	66	+
10	66	-	20	66	-

EKB= Ένδειξη κρουστικού βολτομέτρου

Εκτέλεση μετρήσεων

Τσάκωνα Νικολίτσα

Κάτσακα Δάφνη

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΥΨΗΛΩΝ ΤΑΣΕΩΝ

Ημερομηνία: Αριθμός Φύλλου Μετρήσεων: 2
 Σύντομη περιγραφή πειράματος: Ακίδα-Πλάκα

Μήκος Διακένου: 10 [cm] Πολικότητα: (+) Μέτωπο: 1 / 1800 [μs]
 Επίπεδο Τάσεως Διασπάσεως : 67.574 [KV]
 Πιθανότητα Διασπάσεως : 75
 Συντελεστής Βολτομέτρου : 24
 Λόγος Καταμεριστή : 1.241
 Μ.Ο. Τάσεως Διασπάσεως : 70 [KV]
 Συντελεστής Διορθώσεως

$$K_d = \left(\frac{P}{P_0} \right) \cdot \left(\frac{T_0}{T} \right) = \left(\frac{775}{760} \right) \cdot \left(\frac{293}{290} \right) = 0.9936$$

$$K_h = 0.995$$

$$\frac{K_h}{K_d} = 1.0014$$

Ατμοσφαιρικές Συνθήκες

Ατμοσφαιρική πίεση : 747.5 [mmHg]
 Ένδειξη Ξηρού θερμομέτρου : 17 [°C]
 Ένδειξη Υγρού θερμομέτρου : 14.5 [°C]
 Απόλυτη Υγρασία : 11.5 [gr/m³]

A/A	EKB	+/-	A/A	EKB	+/-
1	69	+	11	70	-
2	70	+	12	70	+
3	70	-	13	70	+
4	70	+	14	70	+
5	70	+	15	70	+
6	70	+	16	70	-
7	70	+	17	70	-
8	70	+	18	70	+
9	70	-	19	70	+
10	70	+	20	71	+

EKB= Ένδειξη κρουστικού βολτομέτρου

Εκτέλεση μετρήσεων

Τσάκωνα Νικολίτσα

Κάτσακα Δάφνη

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΥΨΗΛΩΝ ΤΑΣΕΩΝ

Ημερομηνία:..... Αριθμός Φύλλου Μετρήσεων: 3.....
 Σύντομη περιγραφή πειράματος: Ακίδα-Πλάκα.....

Μήκος Διακένου: 50.....[cm] Πολικότητα: (+) Μέτωπο: 1/(1800).....[μs]
 Επίπεδο Τάσεως Διασπάσεως : 70,43.....[KV]
 Πιθανότητα Διασπάσεως : 90.....
 Συντελεστής Βολτομέτρου : x4.....
 Λόγος Καταμεριστή : 1:241.....
 Μ.Ο. Τάσεως Διασπάσεως : 73.....[KV]
 Συντελεστής Διορθώσεως

$$K_d = \left(\frac{P}{P_0} \right) \cdot \left(\frac{T_0}{T} \right) = \left(\frac{747,5}{760} \right) \cdot \left(\frac{293}{280} \right) = 0,9936.....$$

$$K_h = 0,995.....$$

$$\frac{K_h}{K_d} = 1,0014.....$$

Ατμοσφαιρικές Συνθήκες

Ατμοσφαιρική πίεση : 747,5.....[mmHg]
 Ένδειξη Ξηρού θερμομέτρου : 17.....[°C]
 Ένδειξη Υγρού θερμομέτρου : 14,5.....[°C]
 Απόλυτη Υγρασία : 11,5.....[gr/m³]

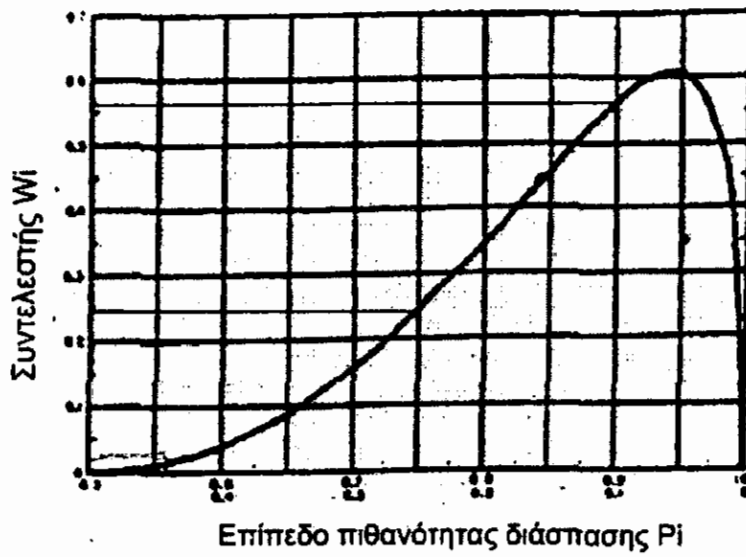
A/A	EKB	+/-	A/A	EKB	+/-
1	73	+	11	73	-
2	73	+	12	73	+
3	73	+	13	73	+
4	73	+	14	73	+
5	73	+	15	73	+
6	73	+	16	73	-
7	73	+	17	73	+
8	73	+	18	73	+
9	73	+	19	73	+
10	73	+	20	73	+

EKB= Ένδειξη κρουστικού βολτομέτρου

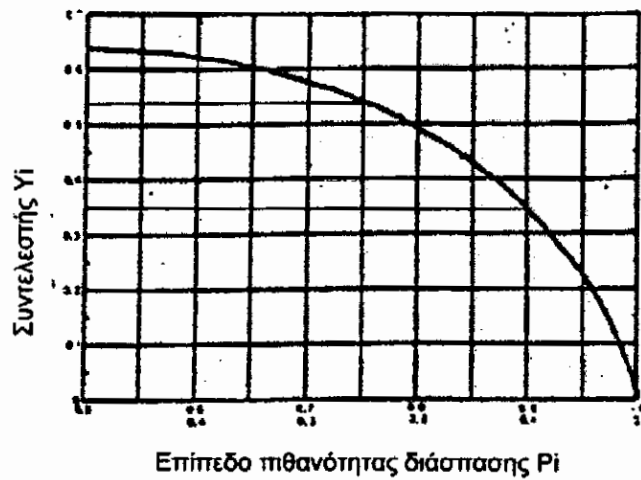
Εκτέλεση μετρήσεων

Τσάκωνα Νικολίτσα

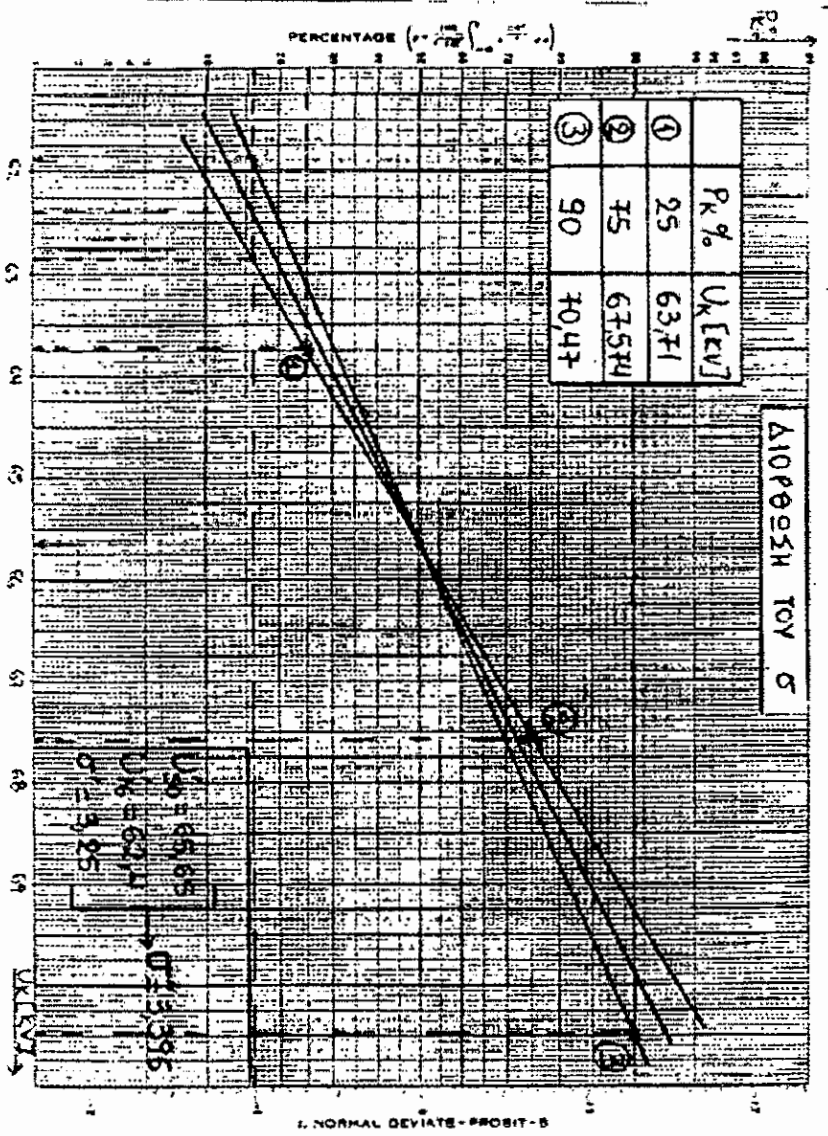
Κάτσακα Δάφνη

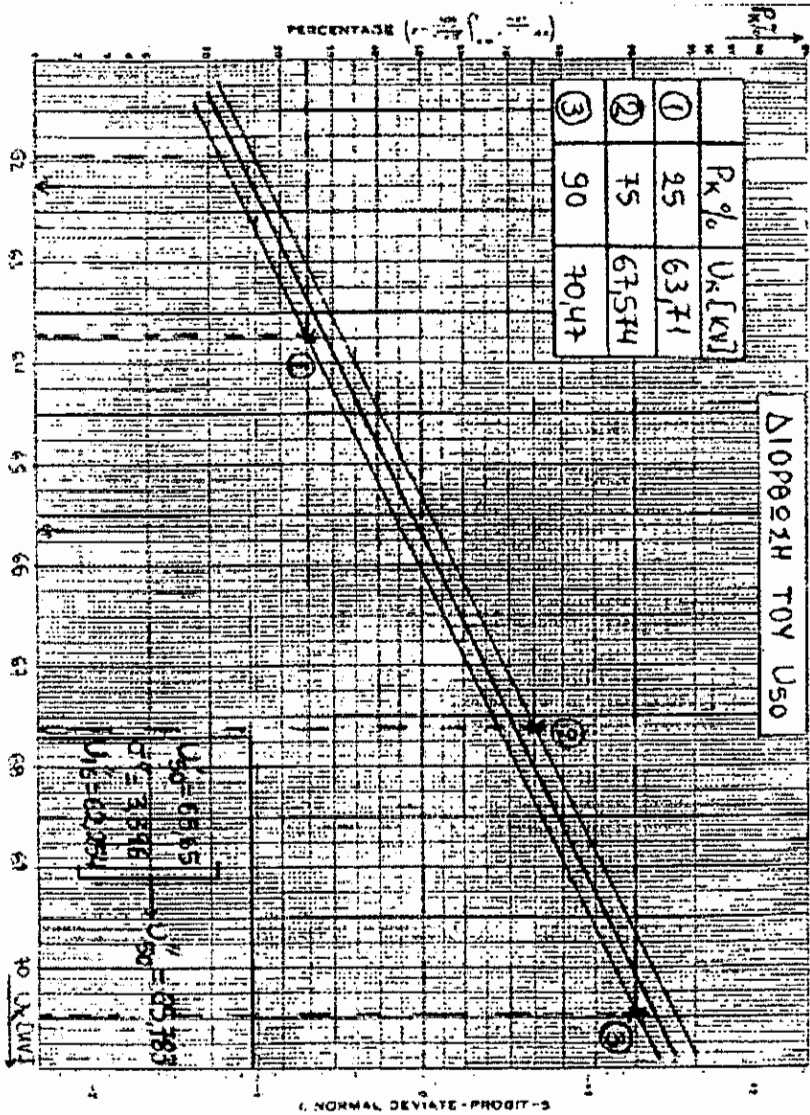


Συντελεστής W_i	Πιθανότητα P_i [%]
$W_1 = 0,23$	$P_{k1} = 25$
$W_2 = 0,23$	$P_{k2} = 75$
$W_3 = 0,56$	$P_{k3} = 90$

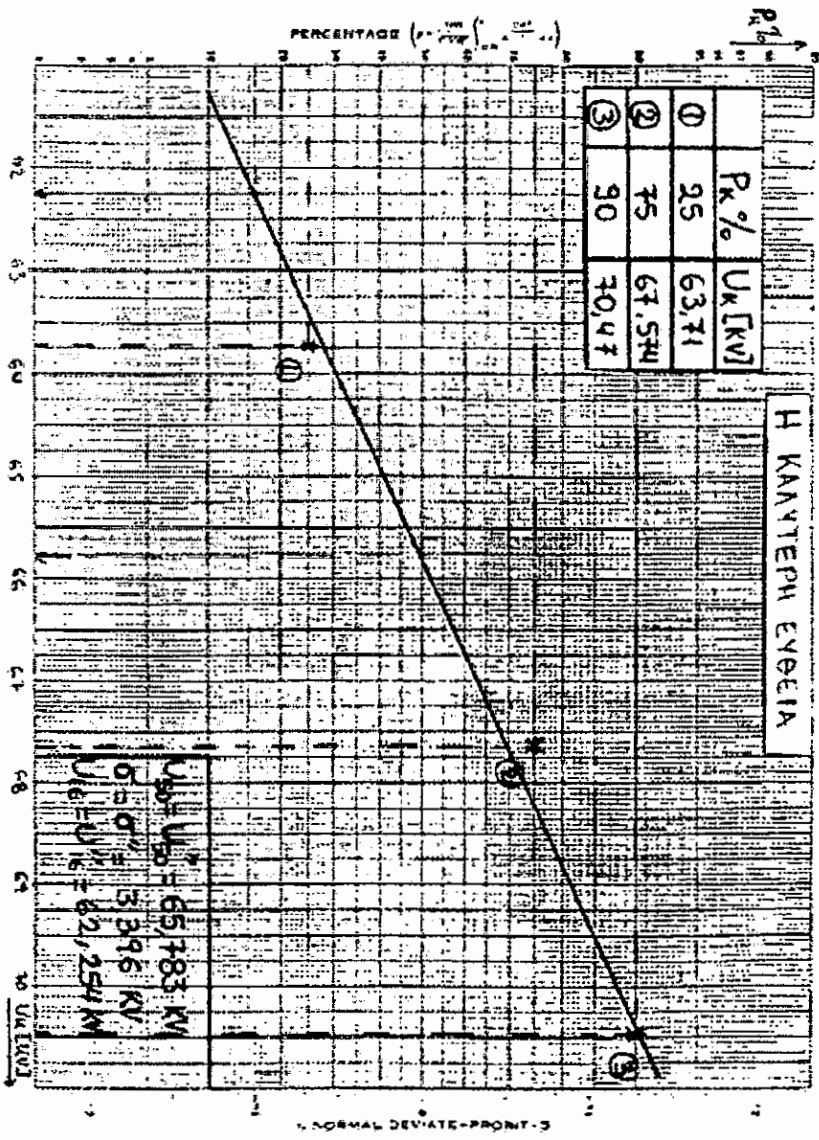


Συντελεστής Υἱ	Πιθανότητα Ρἱ [%]
$Υ_1 = 0,54$	$P_{κ1} = 25$
$Υ_2 = 0,54$	$P_{κ2} = 75$
$Υ_3 = 0,35$	$P_{κ3} = 90$





$U_k = 68.45$
 $U_k = 65.783$
 $U_k = 63.71$
 $U_k = 67.574$
 $U_k = 70.47$



Πακέτο μετρήσεων Νο 2

Φύλλα μετρήσεων

Διάκενο ακίδα-πλάκα, μήκους $\delta = 10$ [cm]

Κρουστική τάση, μορφής 1/50 [μs]

Ατμοσφαιρικές συνθήκες:

Πίεση: 752 [mmHg]

Ξηρό θερμόμετρο: 25 [$^{\circ}\text{C}$]

Υγρό θερμόμετρο: 20,5 [$^{\circ}\text{C}$]

Απόλυτη υγρασία: 15,5 [g/m^3]

$U_{50} = 82,35$ [kV]

$U_{16} = 80,012$ [kV]

$\sigma = 2,588$ [kV]

Πακέτο Μετρήσεων Νο 2

Φύλλα Μετρήσεων 1-3

	Κρούσεις	Διαστάσεις	Πιθανότητα Διάσρασης	Επίπεδο Τάσης Διάσρασης
		t	P _k %	U _k [KV]
1	20	4	20	80,35
2	20	11	55	82,588
3	20	17	85	85,328

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΥΨΗΛΩΝ ΤΑΣΕΩΝ

Ημερομηνία: Αριθμός Φύλλου Μετρήσεων: 1
 Σύντομη περιγραφή πειράματος: Ακίδα-Πλάκα

Μήκος Διακένου: 10 [cm] Πολικότητα: (+) Μέτωπο: 1/50 [μs]
 Επίπεδο Τάσεως Διασπάσεως : 80,35 [KV]
 Πιθανότητα Διασπάσεως : 20
 Συντελεστής Βολτομέτρου : x4
 Λόγος Καταμεριστή : 1:241
 Μ.Ο. Τάσεως Διασπάσεως : 84,75 [KV]
 Συντελεστής Διορθώσεως

$$Kd = \left(\frac{P}{P_0} \right) \cdot \left(\frac{T_0}{T} \right) = \left(\frac{752}{760} \right) \cdot \left(\frac{293}{298} \right) = \underline{0,972} \dots\dots$$

$$Kh = \underline{0,956} \dots\dots$$

$$\frac{Kh}{Kd} = \underline{0,9835} \dots\dots$$

Ατμοσφαιρικές Συνθήκες

Ατμοσφαιρική πίεση : 752 [mmHg]
 Ένδειξη Ξηρού θερμομέτρου : 25 [°C]
 Ένδειξη Υγρού θερμομέτρου : 20,5 [°C]
 Απόλυτη Υγρασία : 15,5 [gr/m³]

A/A	EKB	+/-	A/A	EKB	+/-
1	84	+	11	85	-
2	84	-	12	85	-
3	85	-	13	85	-
4	84	-	14	85	-
5	84	+	15	85	-
6	84	-	16	85	-
7	85	+	17	85	-
8	85	-	18	85	-
9	85	-	19	85	-
10	84	-	20	84	+

EKB= Ένδειξη κρουστικού βολτομέτρου

Εκτέλεση μετρήσεων

Τσάκωνα Νικολίτσα

Κάτσακα Δάφνη

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΥΨΗΛΩΝ ΤΑΣΕΩΝ

Ημερομηνία:..... Αριθμός Φύλλου Μετρήσεων:.....2.....
 Σύντομη περιγραφή πειράματος: Ακίδα-Πλάκα.....

Μήκος Διακένου: L_0[cm] Πολικότητα: (+) Μέτωπο: $1.15a$[μs]
 Επίπεδο Τάσεως Διασπάσεως : 82.500 [KV]
 Πιθανότητα Διασπάσεως : 55.....
 Συντελεστής Βολτομέτρου : X.4.....
 Λόγος Καταμεριστή : 1:241.....
 Μ.Ο. Τάσεως Διασπάσεως : 83.11 [KV]
 Συντελεστής Διορθώσεως

$$K_d = \left(\frac{P}{P_0}\right) \cdot \left(\frac{T_0}{T}\right) = \left(\frac{752}{760}\right) \cdot \left(\frac{293}{298}\right) = \dots 0,972 \dots$$

$$K_h = \dots 0,956 \dots$$

$$\frac{K_h}{K_d} = \dots 0,9825 \dots$$

Ατμοσφαιρικές Συνθήκες

Ατμοσφαιρική πίεση : 752 [mmHg]
 Ένδειξη Ξηρού θερμομέτρου : 25 [°C]
 Ένδειξη Υγρού θερμομέτρου : 20,5 [°C]
 Απόλυτη Υγρασία : 15,5 [gr/m³]

A/A	EKB	+/-	A/A	EKB	+/-
1	87	-	11	88	+
2	87	-	12	87	+
3	87	+	13	87	+
4	87	-	14	87	-
5	88	-	15	87	+
6	87	-	16	87	+
7	87	-	17	87	+
8	87	+	18	87	-
9	87	+	19	87	+
10	88	+	20	87	-

EKB= Ένδειξη κρουστικού βολτομέτρου

Εκτέλεση μετρήσεων

Τσάκωνα Νικολίτσα

Κάτσακα Δάφνη

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΥΨΗΛΩΝ ΤΑΣΕΩΝ

Ημερομηνία:..... Αριθμός Φύλλου Μετρήσεων: 3
 Σύντομη περιγραφή πειράματος: Ακίδα-Πλάκα.....

Μήκος Διακένου: $\Sigma\Omega$ [cm] Πολικότητα: (+) Μέτωπο:..... [μs]
 Επίπεδο Τάσεως Διασπάσεως : 85,328 [KV]
 Πιθανότητα Διασπάσεως : 85
 Συντελεστής Βολτομέτρου : x 4
 Λόγος Καταμεριστή : 1:241
 Μ.Ο. Τάσεως Διασπάσεως : 90 [KV]
 Συντελεστής Διορθώσεως

$$Kd = \left(\frac{P}{Po}\right) \cdot \left(\frac{To}{T}\right) = \left(\frac{752}{760}\right) \cdot \left(\frac{293}{298}\right) = 0,972$$

$$Kh = 0,956$$

$$\frac{Kh}{Kd} = 0,9835$$

Ατμοσφαιρικές Συνθήκες

Ατμοσφαιρική πίεση : 752 [mmHg]
 Ένδειξη Ξηρού θερμομέτρου : 25 [°C]
 Ένδειξη Υγρού θερμομέτρου : 20,5 [°C]
 Απόλυτη Υγρασία : 15,5 [gr/m³]

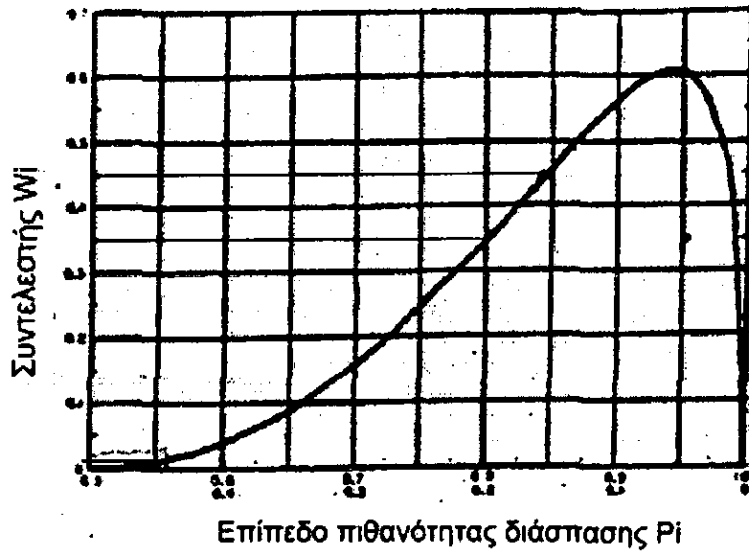
A/A	EKB	+/-	A/A	EKB	+/-
1	90	+	11	89	+
2	90	-	12	89	+
3	90	+	13	90	+
4	90	-	14	90	+
5	90	+	15	90	-
6	90	+	16	90	+
7	90	+	17	90	+
8	90	+	18	90	+
9	90	+	19	90	+
10	89	+	20	90	+

EKB= Ένδειξη κρουστικού βολτομέτρου

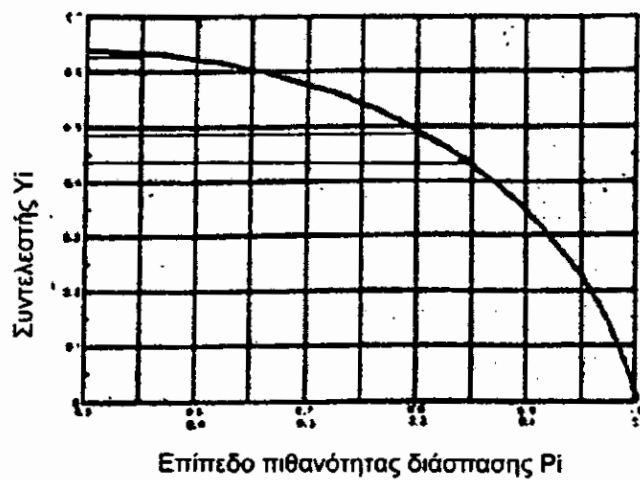
Εκτέλεση μετρήσεων

Τσάκωνα Νικολίτσα

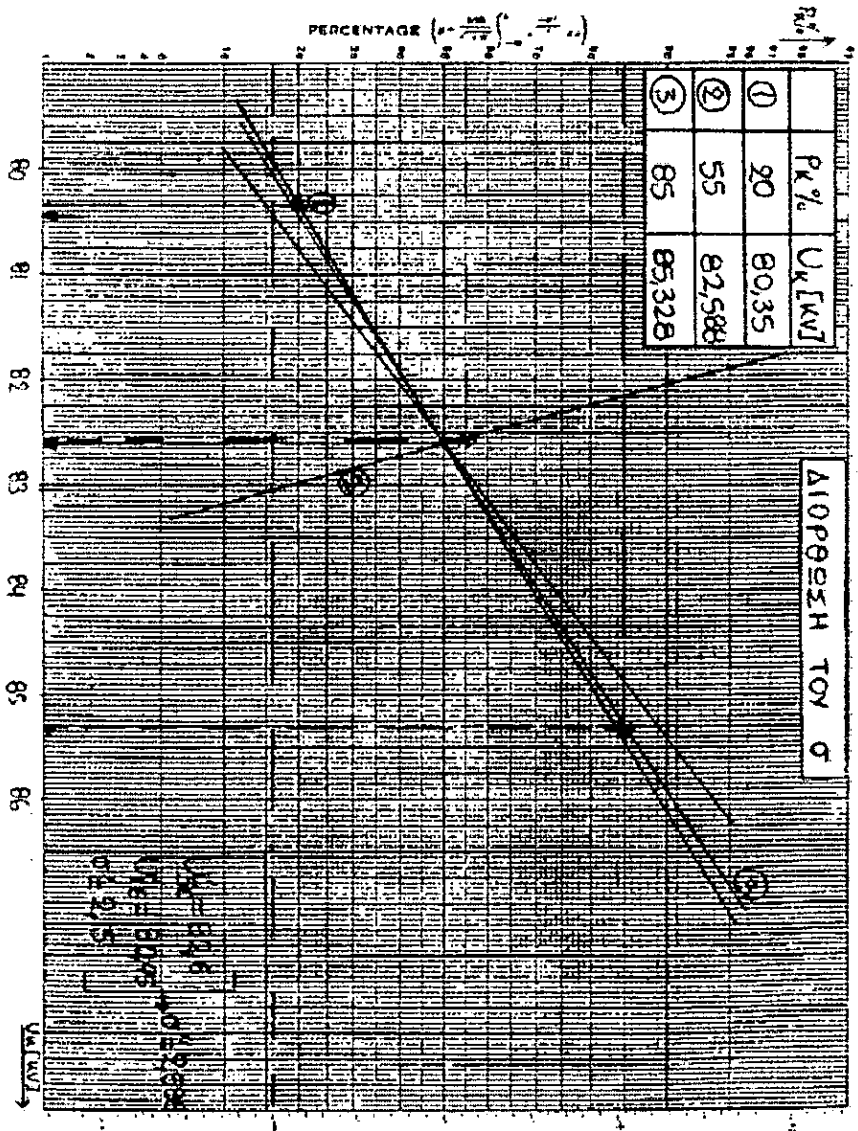
Κάτσακα Δάφνη



Συντελεστής W_i	Πιθανότητα P_i [%]
$W_1 = 0,35$	$P_{K1} = 20$
$W_2 = 0,01$	$P_{K2} = 55$
$W_3 = 0,45$	$P_{K3} = 85$



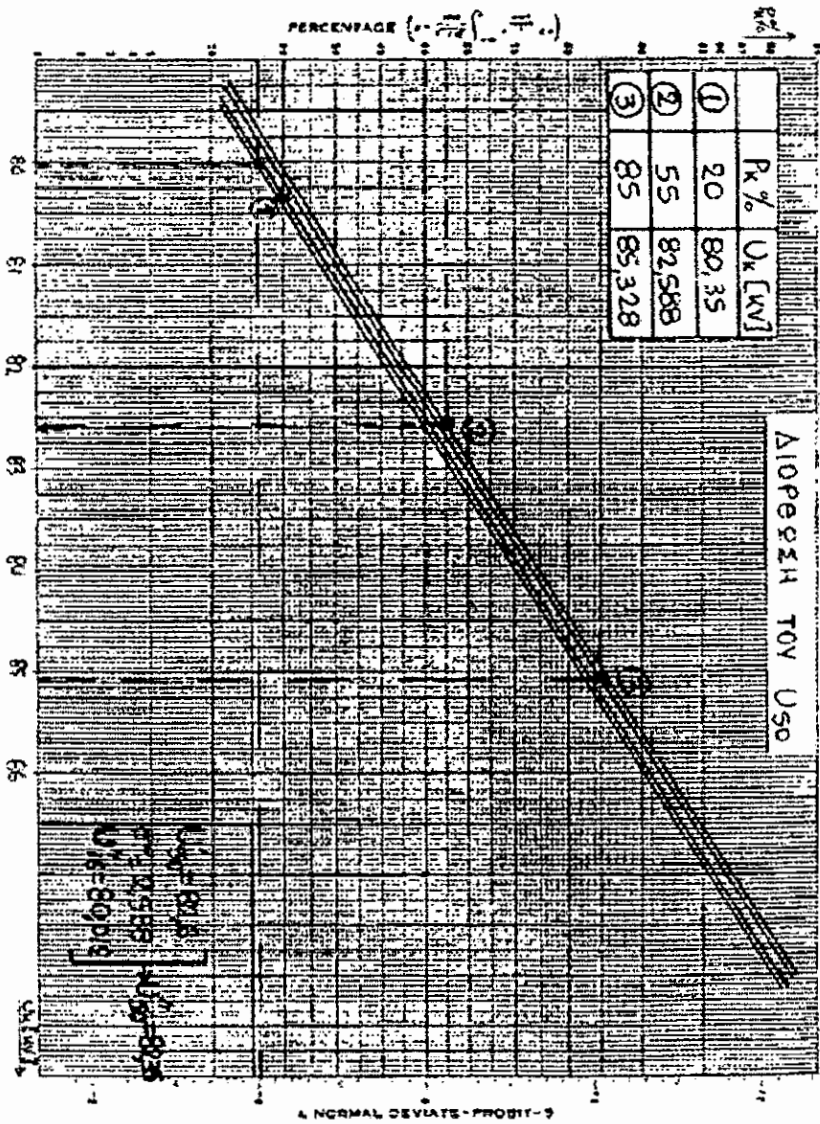
Συντελεστής Υἱ	Πιθανότητα Ρἱ [%]
$Υ_1 = 0,49$	$P_{κ1} = 20$
$Υ_2 = 0,64$	$P_{κ2} = 55$
$Υ_3 = 0,44$	$P_{κ3} = 85$

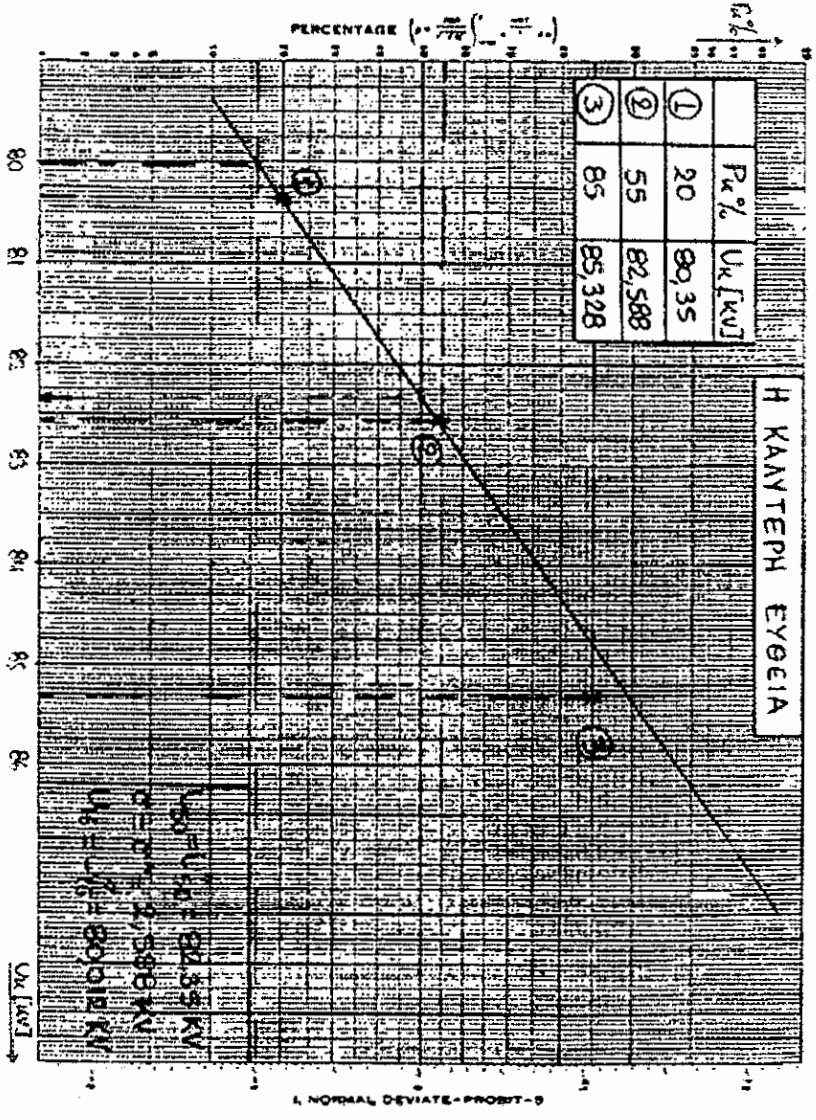


	Pk%	U_k [kV]
①	20	80,35
②	55	82,588
③	85	85,328

Δ10P9EKH TOY σ

U_k = 80,35
 U_k = 82,588
 U_k = 85,328





Πακέτο μετρήσεων Νο 3

Φύλλα μετρήσεων

Διάκενο ακίδα-πλάκα, μήκους $\delta = 10$ [cm]

Κρουστική τάση, μορφής 26/1800 [μs]

Ατμοσφαιρικές συνθήκες:

Πίεση: 749 [mmHg]

Ξηρό θερμόμετρο: 16,5 [$^{\circ}\text{C}$]

Υγρό θερμόμετρο: 14,5 [$^{\circ}\text{C}$]

Απόλυτη υγρασία: 11,5 [g/m^3]

$U_{50} = 63,80$ [kV]

$U_{16} = 61,324$ [kV]

$\sigma = 2,176$ [kV]

Πακέτο Μετρήσεων Νο 3

Φύλλα Μετρήσεων 1-4

	Κρούσεις	Διαστάσεις	Πιθανότητα Διάσπασης Ρκ %	Έπιπεδο Τάσης Διάσπασης Uκ [KV]
1	20	1	5	60,658
2	20	8	40	62,69
3	20	11	55	64,34
4	20	17	85	66,38

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΥΨΗΛΩΝ ΤΑΣΕΩΝ

Ημερομηνία:.....Αριθμός Φύλλου Μετρήσεων:.....1.....
 Σύντομη περιγραφή πειράματος: Ακίδα-Πλάκα.....

Μήκος Διακένου: 10.....[cm] Πολικότητα: (+) Μέτωπο: 26,11899.....[μs]
 Επίπεδο Τάσεως Διασπάσεως : 60,658.....[KV]
 Πιθανότητα Διασπάσεως : 5.....
 Συντελεστής Βολτομέτρου : x 4.....
 Λόγος Καταμεριστή : 1:241.....
 Μ.Ο. Τάσεως Διασπάσεως : 63,05.....[KV]
 Συντελεστής Διορθώσεως

$$Kd = \left(\frac{P}{Po}\right) \cdot \left(\frac{To}{T}\right) = \left(\frac{749}{760}\right) \cdot \left(\frac{293}{289,5}\right) = 0,997.....$$

$$Kh = 0,995.....$$

$$\frac{Kh}{Kd} = 0,998.....$$

Ατμοσφαιρικές Συνθήκες

Ατμοσφαιρική πίεση : 749.....[mmHg]
 Ένδειξη Ξηρού θερμομέτρου : 16,5.....[°C]
 Ένδειξη Υγρού θερμομέτρου : 14,5.....[°C]
 Απόλυτη Υγρασία : 11,5.....[gr/m³]

A/A	EKB	+/-	A/A	EKB	+/-
1	63	-	11	63	+
2	63	-	12	63	-
3	63	-	13	63	-
4	63	-	14	64	-
5	63	-	15	63	-
6	63	-	16	63	-
7	63	-	17	63	-
8	63	-	18	63	-
9	63	-	19	63	-
10	63	-	20	63	-

EKB= Ένδειξη κρουστικού βολτομέτρου

Εκτέλεση μετρήσεων

Τσάκωνα Νικολίτσα

Κάτσακα Δάφνη

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΥΨΗΛΩΝ ΤΑΣΕΩΝ

Ημερομηνία:..... Αριθμός Φύλλου Μετρήσεων:..... 2.....
 Σύντομη περιγραφή πειράματος: Ακίδα-Πλάκα.....

Μήκος Διακένου: 30.....[cm] Πολικότητα: (+) Μέτωπο: 26.1800.....[μs]
 Επίπεδο Τάσεως Διασπάσεως : 62,69.....[KV]
 Πιθανότητα Διασπάσεως : 4,9.....
 Συντελεστής Βολτομέτρου : 8,4.....
 Λόγος Καταμεριστή : 1,24.....
 Μ.Ο. Τάσεως Διασπάσεως : 65,166.....[KV]
 Συντελεστής Διορθώσεως

$$K_d = \left(\frac{P}{P_0} \right) \cdot \left(\frac{T_0}{T} \right) = \left(\frac{749}{760} \right) \cdot \left(\frac{293}{289,5} \right) = \dots 0,997 \dots$$

$$K_h = \dots 0,995 \dots$$

$$\frac{K_h}{K_d} = \dots 0,998 \dots$$

Ατμοσφαιρικές Συνθήκες

Ατμοσφαιρική πίεση : 749.....[mmHg]
 Ένδειξη Ξηρού θερμομέτρου : 16,5.....[°C]
 Ένδειξη Υγρού θερμομέτρου : 14,5.....[°C]
 Απόλυτη Υγρασία : 11,5.....[gr/m³]

A/A	EKB	+/-	A/A	EKB	+/-
1	65	-	11	65	+
2	65	-	12	65	-
3	65	+	13	65	+
4	65	-	14	65	+
5	65	-	15	65	-
6	65	-	16	66	+
7	65	+	17	66	-
8	65	+	18	66	-
9	65	-	19	65	-
10	65	+	20	65	-

EKB= Ένδειξη κρουστικού βολτομέτρου

Εκτέλεση μετρήσεων

Τσάκωνα Νικολίτσα

Κάτσακα Δάφνη

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΥΨΗΛΩΝ ΤΑΣΕΩΝ

Ημερομηνία:..... Αριθμός Φύλλου Μετρήσεων: 3.....
 Σύντομη περιγραφή πειράματος: Ακίδα-Πλάκα.....

Μήκος Διακένου: 10.....[cm] Πολικότητα: (+) Μέτωπο: 26/1800.....[μs]
 Επίπεδο Τάσεως Διασπάσεως : 64,34.....[KV]
 Πιθανότητα Διασπάσεως : 5,5.....
 Συντελεστής Βολτομέτρου : 2,4.....
 Λόγος Καταμεριστή : 1:241.....
 Μ.Ο. Τάσεως Διασπάσεως : 66,88.....[KV]
 Συντελεστής Διορθώσεως

$$K_d = \left(\frac{P}{P_0} \right) \cdot \left(\frac{T_0}{T} \right) = \left(\frac{749}{760} \right) \cdot \left(\frac{293}{289,5} \right) = 0,997.....$$

$$K_h = 0,995.....$$

$$\frac{K_h}{K_d} = 0,998.....$$

Ατμοσφαιρικές Συνθήκες

Ατμοσφαιρική πίεση : 749.....[mmHg]
 Ένδειξη Ξηρού θερμομέτρου : 16,5.....[°C]
 Ένδειξη Υγρού θερμομέτρου : 14,5.....[°C]
 Απόλυτη Υγρασία : 11,5.....[gr/m³]

A/A	EKB	+/-	A/A	EKB	+/-
1	66	-	11	68	+
2	68	+	12	68	+
3	66	+	13	67	-
4	67	-	14	67	-
5	67	+	15	67	-
6	67	-	16	67	+
7	67	+	17	67	+
8	67	+	18	68	+
9	67	+	19	67	-
10	67	-	20	67	-

EKB= Ένδειξη κρουστικού βολτομέτρου

Εκτέλεση μετρήσεων

Τσάκωνα Νικολίτσα

Κάτσακα Δάφνη

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΥΨΗΛΩΝ ΤΑΣΕΩΝ

Ημερομηνία:..... Αριθμός Φύλλου Μετρήσεων: 4.....
 Σύντομη περιγραφή πειράματος: Ακίδα-Πλάκα.....

Μήκος Διακένου: 19 [cm] Πολικότητα: (+) Μέτωπο: 26/1800 [μs]
 Επίπεδο Τάσεως Διασπάσεως : 66,38 [KV]
 Πιθανότητα Διασπάσεως : 85.....
 Συντελεστής Βολτομέτρου : 7,4.....
 Λόγος Καταμεριστή : 1,241.....
 Μ.Ο. Τάσεως Διασπάσεως : 69 [KV]
 Συντελεστής Διορθώσεως

$$Kd = \left(\frac{P}{Po} \right) \cdot \left(\frac{T_0}{T} \right) = \left(\frac{749}{760} \right) \cdot \left(\frac{293}{289,5} \right) = \underline{0,997}$$

$$Kh = \underline{0,995}$$

$$\frac{Kh}{Kd} = \underline{0,998}$$

Ατμοσφαιρικές Συνθήκες

Ατμοσφαιρική πίεση : 749 [mmHg]
 Ένδειξη Ξηρού θερμομέτρου : 16,5 [°C]
 Ένδειξη Υγρού θερμομέτρου : 14,5 [°C]
 Απόλυτη Υγρασία : 11,5 [gr/m³]

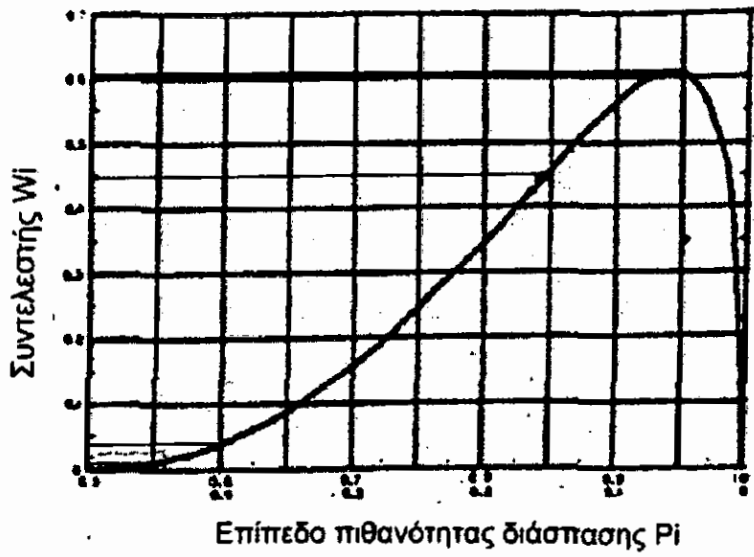
A/A	EKB	+/-	A/A	EKB	+/-
1	69	-	11	69	+
2	69	+	12	69	-
3	69	+	13	69	+
4	69	+	14	69	+
5	69	+	15	69	-
6	69	+	16	69	+
7	68	+	17	69	+
8	69	+	18	68	+
9	69	+	19	69	+
10	69	+	20	69	+

EKB= Ένδειξη κρουστικού βολτομέτρου

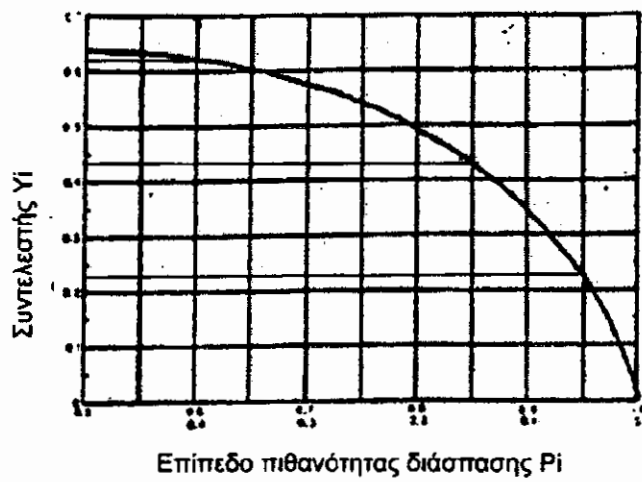
Εκτέλεση μετρήσεων

Τσάκωνα Νικολίτσα

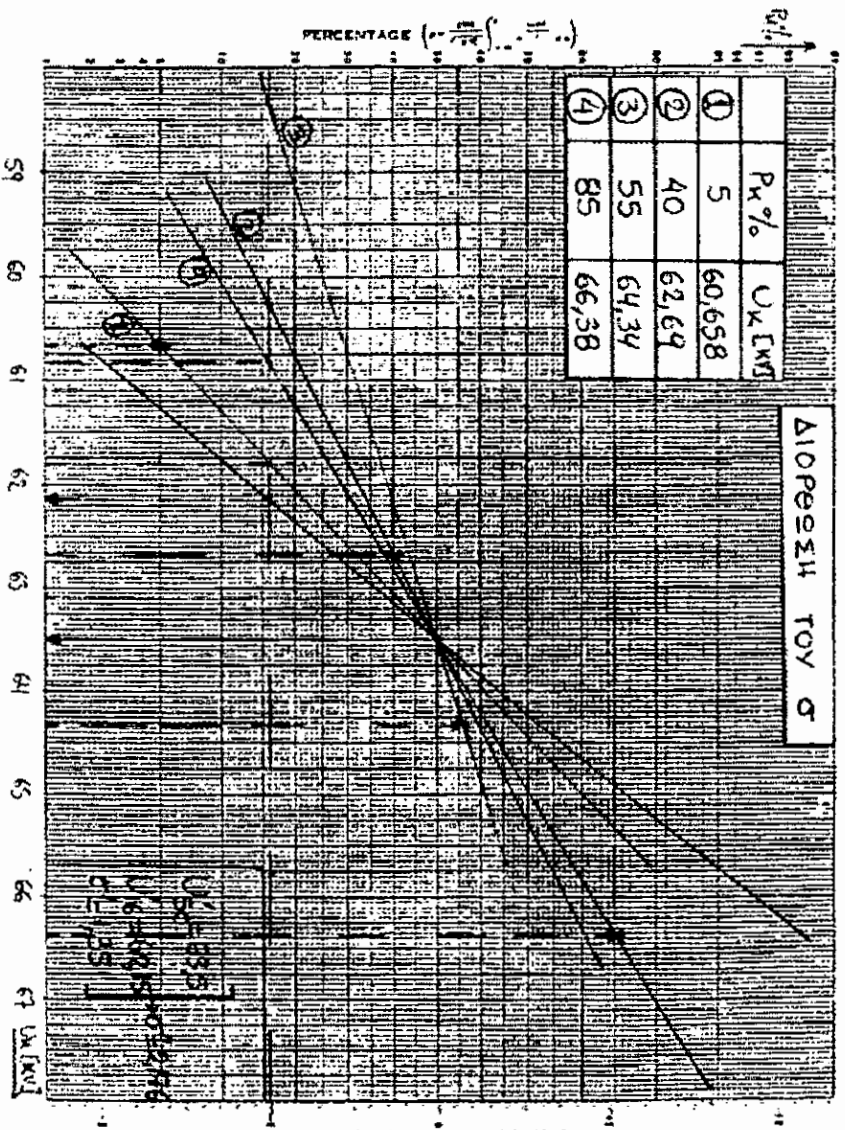
Κάτσακα Δάφνη

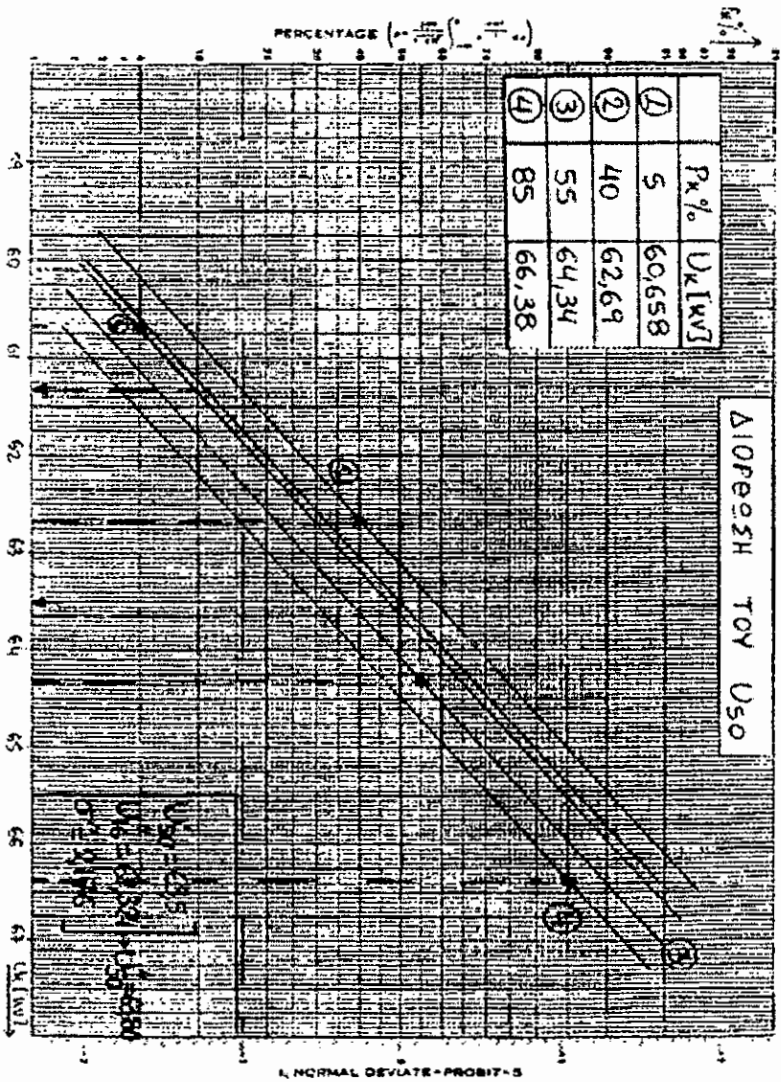


Συντελεστής W_i	Πιθανότητα P_i [%]
$W_1 = 0,6$	$P_{κ1} = 5$
$W_2 = 0,03$	$P_{κ2} = 40$
$W_3 = 0,01$	$P_{κ3} = 55$
$W_4 = 0,45$	$P_{κ4} = 85$



Συντελεστής Υἱ	Πιθανότητα Ρἱ [%]
Υ ₁ = 0,22	Ρ _{κ1} = 5
Υ ₂ = 0,63	Ρ _{κ2} = 40
Υ ₃ = 0,64	Ρ _{κ3} = 55
Υ ₄ = 0,43	Ρ _{κ4} = 85





PERCENTAGE ($\frac{U_k - U_m}{\sigma}$)

$\frac{U_k - U_m}{\sigma}$

24 60 61 62 63 64 65 66 67

U_k [kV]

1

1

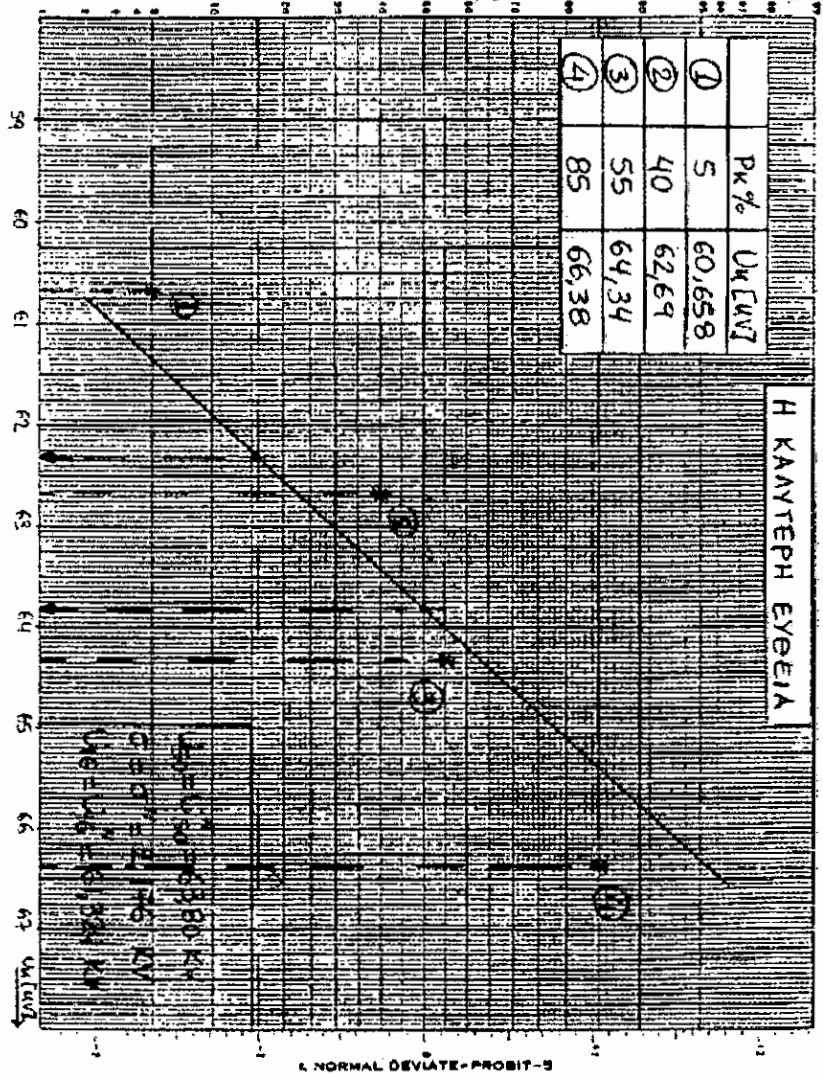
1

P_k%

PERCENTAGE $\left(\frac{100}{1 + \frac{1.483}{\sqrt{10}} \cdot \frac{U_k}{\sigma} \right)$

	P _k %	U _k [LV]
①	5	60,658
②	40	62,69
③	55	64,34
④	85	66,38

H KAVYTEPH EYGEIA



$U_k = 60,658$
 $U_k = 62,69$
 $U_k = 64,34$
 $U_k = 66,38$

NORMAL DEVIATE-PROBIT-3

Πακέτο μετρήσεων Νο 4

Φύλλα μετρήσεων

Διάκενο ακίδα-πλάκα, μήκους $\delta = 10$ [cm]

Κρουστική τάση, μορφής 1/200 [μs]

Ατμοσφαιρικές συνθήκες:

Πίεση: 747,5 [mmHg]

Ξηρό θερμόμετρο: 17 [$^{\circ}\text{C}$]

Υγρό θερμόμετρο: 14,5 [$^{\circ}\text{C}$]

Απόλυτη υγρασία: 11,5 [g/m^3]

$U_{50} = 77,955$ [kV]

$U_{16} = 73,254$ [kV]

$\sigma = 3,846$ [kV]

Πακέτο Μετρήσεων Νο 4

Φύλλα Μετρήσεων 1-5

	Κρούσεις	Διασπάσεις	Πιθανότητα Διάσπασης	Επίπεδο Τάσης Αίστασης U _K [KV]
		t	P _K %	
1	20	2	10	73,367
2	20	7	35	75,515
3	20	9	45	77,227
4	20	11	55	79,158
5	20	18	90	83,02

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΥΨΗΛΩΝ ΤΑΣΕΩΝ

Ημερομηνία:..... Αριθμός Φύλλου Μετρήσεων: 1.....
 Σύντομη περιγραφή πειράματος: Ακίδα-Πλάκα.....

Μήκος Διακένου: 10.....[cm] Πολικότητα: (+) Μέτωπο: 1/200.....[μs]
 Επίπεδο Τάσεως Διασπάσεως : 73,367.....[KV]
 Πιθανότητα Διασπάσεως : 10.....
 Συντελεστής Βολτομέτρου : 8,4.....
 Λόγος Καταμεριστή : 1,241.....
 Μ.Ο. Τάσεως Διασπάσεως : 76.....[KV]
 Συντελεστής Διορθώσεως

$$Kd = \left(\frac{P}{P_0} \right) \cdot \left(\frac{T_0}{T} \right) = \left(\frac{747,5}{760} \right) \cdot \left(\frac{293}{290} \right) = \dots 0,9936 \dots$$

$$Kh = \dots 0,995 \dots$$

$$\frac{Kh}{Kd} = \dots 1,0014 \dots$$

Ατμοσφαιρικές Συνθήκες

Ατμοσφαιρική πίεση : 747,5.....[mmHg]
 Ένδειξη Ξηρού θερμομέτρου : 17.....[°C]
 Ένδειξη Υγρού θερμομέτρου : 14,5.....[°C]
 Απόλυτη Υγρασία : 11,5.....[gr/m³]

A/A	EKB	+/-	A/A	EKB	+/-
1	75	+	11	76	-
2	76	-	12	75	+
3	76	-	13	76	-
4	76	-	14	76	-
5	76	-	15	76	-
6	76	-	16	76	-
7	76	-	17	76	-
8	76	-	18	76	-
9	76	-	19	76	-
10	76	-	20	76	-

EKB= Ένδειξη κρουστικού βολτομέτρου

Εκτέλεση μετρήσεων

Τσάκωνα Νικολίτσα

Κάτσακα Δάφνη

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΥΨΗΛΩΝ ΤΑΣΕΩΝ

Ημερομηνία:..... Αριθμός Φύλλου Μετρήσεων: 2
 Σύντομη περιγραφή πειράματος: Ακίδα-Πλάκα

Μήκος Διακένου: 10.....[cm] Πολικότητα: (t.) Μέτωπο: 11,200.....[μs]
 Επίπεδο Τάσεως Διασπάσεως : 75,515.....[KV]
 Πιθανότητα Διασπάσεως : 35.....
 Συντελεστής Βολτομέτρου : x 4.....
 Λόγος Καταμεριστή : 1,241.....
 Μ.Ο. Τάσεως Διασπάσεως : 78,23.....[KV]
 Συντελεστής Διορθώσεως

$$Kd = \left(\frac{P}{P_0} \right) \cdot \left(\frac{T_0}{T} \right) = \left(\frac{7475}{760} \right) \cdot \left(\frac{293}{290} \right) = \dots 99936 \dots$$

$$Kh = \dots 0,995 \dots$$

$$\frac{Kh}{Kd} = \dots 1,0014 \dots$$

Ατμοσφαιρικές Συνθήκες

Ατμοσφαιρική πίεση : 747,5.....[mmHg]
 Ένδειξη Ξηρού θερμομέτρου : 17.....[°C]
 Ένδειξη Υγρού θερμομέτρου : 14,5.....[°C]
 Απόλυτη Υγρασία : 11,5.....[gr/m³]

A/A	EKB	+/-	A/A	EKB	+/-
1	78	-	11	79	-
2	78	+	12	79	-
3	78	-	13	78	+
4	78	-	14	78	-
5	78	-	15	78	+
6	79	-	16	78	+
7	78	+	17	78	-
8	78	-	18	78	+
9	78	-	19	78	+
10	78	-	20	78	-

EKB= Ένδειξη κρουστικού βολτομέτρου

Εκτέλεση μετρήσεων

Τσάκωνα Νικολίτσα

Κάτσακα Δάφνη

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΥΨΗΛΩΝ ΤΑΣΕΩΝ

Ημερομηνία: Αριθμός Φύλλου Μετρήσεων: 3
 Σύντομη περιγραφή πειράματος: Ακίδα-Πλάκα

Μήκος Διακένου: 80 [cm] Πολικότητα: (+) Μέτωπο: 11200 [μs]
 Επίπεδο Τάσεως Διασπάσεως : 77,227 [KV]
 Πιθανότητα Διασπάσεως : 4,5
 Συντελεστής Βολτομέτρου : x 4
 Λόγος Καταμεριστή : 1,241
 Μ.Ο. Τάσεως Διασπάσεως : 80 [KV]
 Συντελεστής Διορθώσεως

$$Kd = \left(\frac{P}{P_0} \right) \cdot \left(\frac{T_0}{T} \right) = \left(\frac{747,5}{760} \right) \cdot \left(\frac{293}{290} \right) = 0,9936 \dots\dots$$

$$Kh = 0,995 \dots\dots$$

$$\frac{Kh}{Kd} = 1,0014 \dots\dots$$

Ατμοσφαιρικές Συνθήκες

Ατμοσφαιρική πίεση : 747,5 [mmHg]
 Ένδειξη Ξηρού θερμομέτρου : 17 [°C]
 Ένδειξη Υγρού θερμομέτρου : 14,5 [°C]
 Απόλυτη Υγρασία : 11,5 [gr/m³]

A/A	EKB	+/-	A/A	EKB	+/-
1	80	-	11	80	+
2	80	-	12	80	-
3	80	+	13	80	-
4	80	+	14	80	-
5	80	+	15	80	-
6	80	+	16	80	-
7	80	+	17	80	-
8	80	+	18	80	-
9	80	+	19	80	-
10	80	+	20	80	-

EKB= Ένδειξη κρουστικού βολτομέτρου

Εκτέλεση μετρήσεων

Τσάκωνα Νικολίτσα

Κάτσακα Δάφνη

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΥΨΗΛΩΝ ΤΑΣΕΩΝ

Ημερομηνία:..... Αριθμός Φύλλου Μετρήσεων: 4.....
 Σύντομη περιγραφή πειράματος: Ακίδα-Πλάκα.....

Μήκος Διακένου:.....[cm] Πολικότητα: (+) Μέτωπο: 1/200.....[μs]
 Επίπεδο Τάσεως Διασπάσεως : 79.158.....[KV]
 Πιθανότητα Διασπάσεως : 5.5.....
 Συντελεστής Βολτομέτρου : 8.4.....
 Λόγος Καταμεριστή : 1.241.....
 Μ.Ο. Τάσεως Διασπάσεως : 8.2.....[KV]
 Συντελεστής Διορθώσεως

$$Kd = \left(\frac{P}{Po} \right) \cdot \left(\frac{To}{T} \right) = \left(\frac{747.5}{760} \right) \cdot \left(\frac{293}{290} \right) = 0.9936$$

$$Kh = 0.995$$

$$\frac{Kh}{Kd} = 1.0014$$

Ατμοσφαιρικές Συνθήκες

Ατμοσφαιρική πίεση : 747.5.....[mmHg]
 Ένδειξη Ξηρού θερμομέτρου : 17.....[°C]
 Ένδειξη Υγρού θερμομέτρου : 14.5.....[°C]
 Απόλυτη Υγρασία : 11.5.....[gr/m³]

A/A	EKB	+/-	A/A	EKB	+/-
1	82	+	11	82	-
2	82	-	12	82	-
3	82	-	13	82	-
4	82	+	14	82	+
5	82	+	15	82	-
6	82	+	16	82	+
7	82	-	17	82	+
8	82	+	18	82	+
9	82	+	19	81	+
10	82	-	20	82	-

EKB= Ένδειξη κρουστικού βολτομέτρου

Εκτέλεση μετρήσεων

Τσάκωνα Νικολίτσα

Κάτσακα Δάφνη

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΥΨΗΛΩΝ ΤΑΣΕΩΝ

Ημερομηνία:..... Αριθμός Φύλλου Μετρήσεων: 5.....
 Σύνομη περιγραφή πειράματος: Ακίδα-Πλάκα.....

Μήκος Διακένου: 10.....[cm] Πολικότητα: (+) Μέτωπο: 1/200.....[μs]
 Επίπεδο Τάσεως Διασπάσεως : 83,02.....[KV]
 Πιθανότητα Διασπάσεως : 90.....
 Συντελεστής Βολτομέτρου : x 4.....
 Λόγος Καταμεριστή : 1:241.....
 Μ.Ο. Τάσεως Διασπάσεως : 86.....[KV]
 Συντελεστής Διορθώσεως

$$Kd = \left(\frac{P}{Po}\right) \cdot \left(\frac{To}{T}\right) = \left(\frac{747,5}{760}\right) \cdot \left(\frac{293}{290}\right) = 0,9936.....$$

$$Kh = 0,995.....$$

$$\frac{Kh}{Kd} = 1,0014.....$$

Ατμοσφαιρικές Συνθήκες

Ατμοσφαιρική πίεση : 747,5.....[mmHg]
 Ένδειξη Ξηρού θερμομέτρου : 17.....[°C]
 Ένδειξη Υγρού θερμομέτρου : 14,5.....[°C]
 Απόλυτη Υγρασία : 11,5.....[gr/m³]

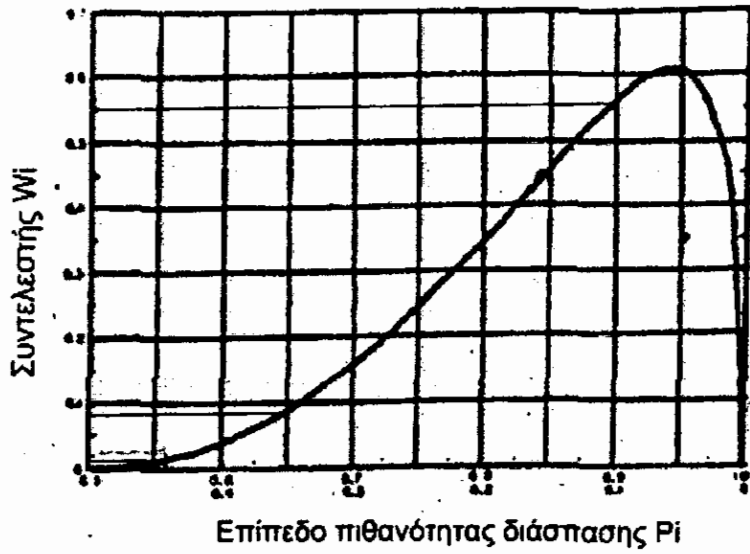
A/A	EKB	+/-	A/A	EKB	+/-
1	84	+	11	85	+
2	85	+	12	85	+
3	85	+	13	85	+
4	86	+	14	85	+
5	86	-	15	85	+
6	85	+	16	86	+
7	86	+	17	85	+
8	85	+	18	86	-
9	86	+	19	85	+
10	85	+	20	85	+

EKB= Ένδειξη κρουστικού βολτομέτρου

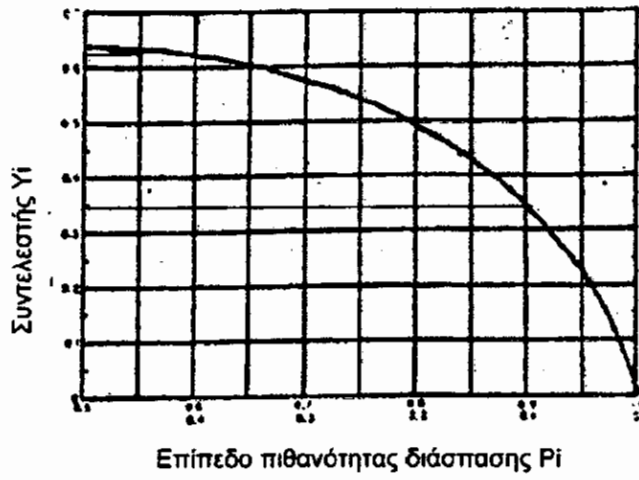
Εκτέλεση μετρήσεων

Τσάκωνα Νικολίτσα

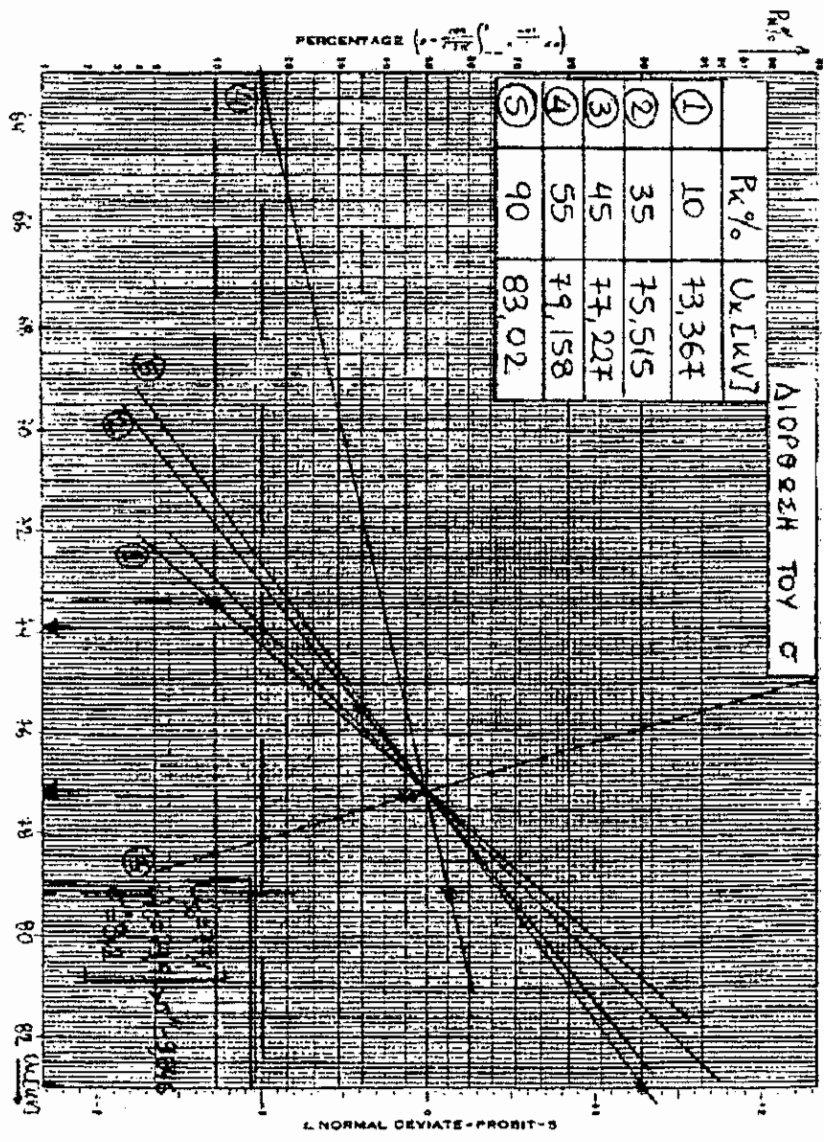
Κάτσακα Δάφνη

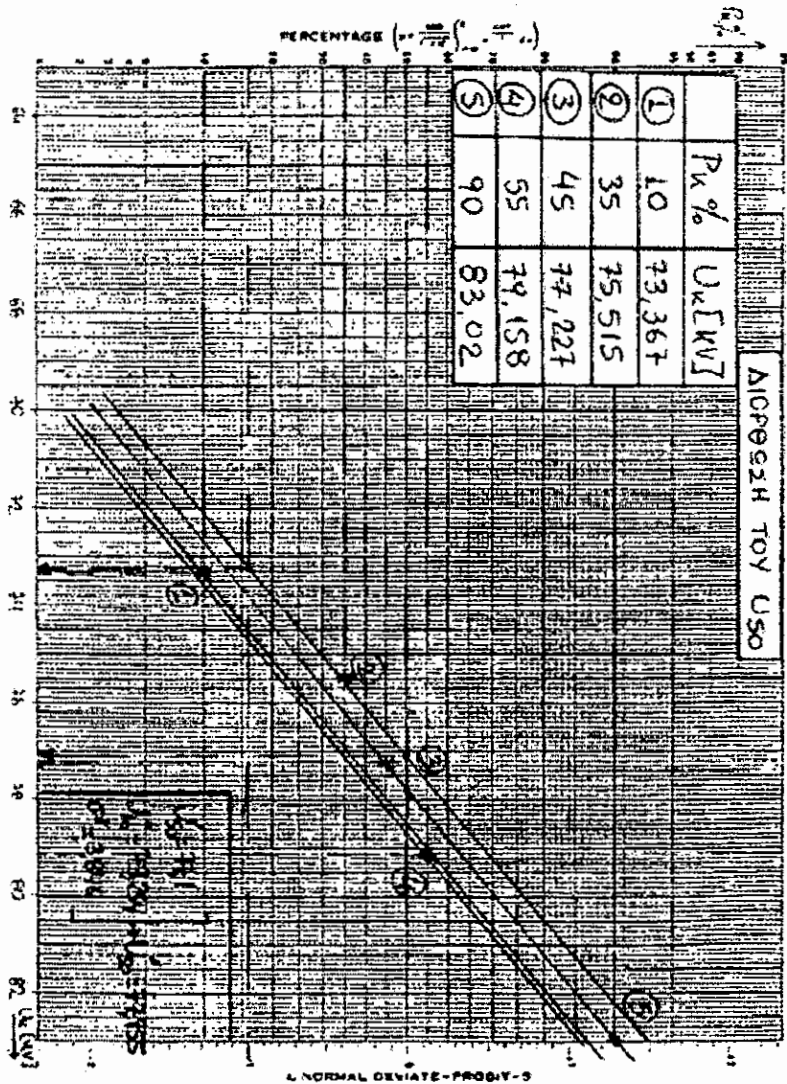


Συντελεστής W_i	Πιθανότητα P_i [%]
$W_1 = 0,56$	$P_{κ1} = 10$
$W_2 = 0,08$	$P_{κ2} = 35$
$W_3 = 0,02$	$P_{κ3} = 45$
$W_4 = 0,02$	$P_{κ4} = 55$
$W_5 = 0,56$	$P_{κ5} = 90$



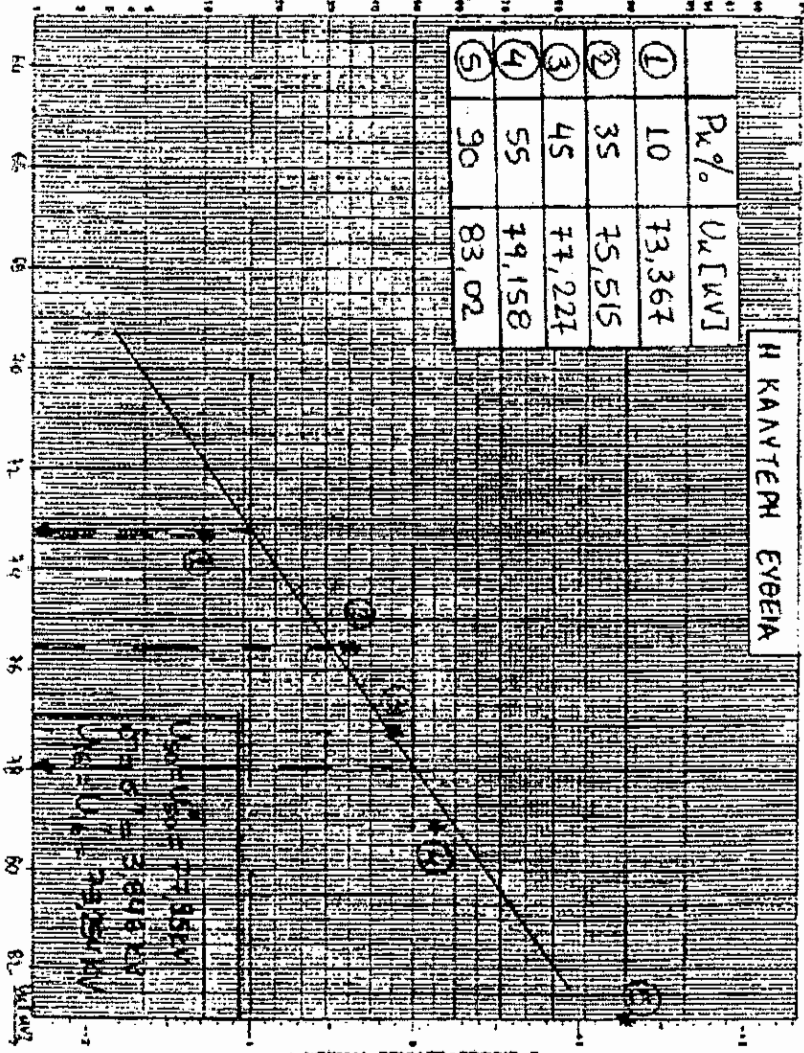
Συντελεστής Y_i	Πιθανότητα P_i [%]
$Y_1 = 0,35$	$P_{κ1} = 10$
$Y_2 = 0,6$	$P_{κ2} = 35$
$Y_3 = 0,64$	$P_{κ3} = 45$
$Y_4 = 0,64$	$P_{κ4} = 55$
$Y_5 = 0,35$	$P_{κ5} = 90$





PERCENTAGE (---)

ft



1. NORMAL DEVIATE-PROBIT-5

Πακέτο μετρήσεων Νο 5

Φύλλα μετρήσεων

Διάκενο ακίδα-πλάκα, μήκους $\delta = 10$ [cm]

Κρουστική τάση, μορφής 26/420 [μs]

Ατμοσφαιρικές συνθήκες:

Πίεση: 749 [mmHg]

Ξηρό θερμόμετρο: 16,5 [$^{\circ}\text{C}$]

Υγρό θερμόμετρο: 14,5 [$^{\circ}\text{C}$]

Απόλυτη υγρασία: 11,5 [g/m^3]

$U_{50} = 73,069$ [kV]

$U_{16} = 68,6$ [kV]

$\sigma = 4,30$ [kV]

Πακέτο Μετρήσεων Νο 5

Φύλλα Μετρήσεων 1-3

	Κρούσεις	Διαστάσεις	Πιθανότητα Αίστασης	Επίπεδο Τάσης Αίστασης
		t	Pk %	U _k [KV]
1	20	8	40	72,155
2	20	17	85	76,965
3	20	19	95	80,814

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΥΨΗΛΩΝ ΤΑΣΕΩΝ

Ημερομηνία:..... Αριθμός Φύλλου Μετρήσεων: 1
 Σύντομη περιγραφή πειράματος: Ακίδα-Πλάκα

Μήκος Διακένου: 10.....[cm] Πολικότητα: (t.) Μέτωπο: 26/420.....[μs]
 Επίπεδο Τάσεως Διασπάσεως : 72,125.....[KV]
 Πιθανότητα Διασπάσεως : 40.....
 Συντελεστής Βολτομέτρου : x4.....
 Λόγος Καταμεριστή : 1:241.....
 Μ.Ο. Τάσεως Διασπάσεως : 75.....[KV]
 Συντελεστής Διορθώσεως

$$K_d = \left(\frac{P}{P_0} \right) \cdot \left(\frac{T_0}{T} \right) = \left(\frac{749}{760} \right) \cdot \left(\frac{293}{2895} \right) = 0,997$$

$$K_h = 0,995$$

$$\frac{K_h}{K_d} = 0,998$$

Ατμοσφαιρικές Συνθήκες

Ατμοσφαιρική πίεση : 749.....[mmHg]
 Ένδειξη Ξηρού θερμομέτρου : 16,5.....[°C]
 Ένδειξη Υγρού θερμομέτρου : 14,5.....[°C]
 Απόλυτη Υγρασία : 11,5.....[gr/m³]

A/A	EKB	+/-	A/A	EKB	+/-
1	75	-	11	74	+
2	75	+	12	75	+
3	75	-	13	75	-
4	75	-	14	75	-
5	75	+	15	75	-
6	75	+	16	75	-
7	75	-	17	75	+
8	75	-	18	75	+
9	75	+	19	75	-
10	75	-	20	75	-

EKB= Ένδειξη κρουστικού βολτομέτρου

Εκτέλεση μετρήσεων

Τσάκωνα Νικολίτσα

Κάτσακα Δάφνη

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΥΨΗΛΩΝ ΤΑΣΕΩΝ

Ημερομηνία:..... Αριθμός Φύλλου Μετρήσεων: 2.....
 Σύντομη περιγραφή πειράματος: Ακίδα-Πλάκα.....

Μήκος Διακένου: 10.....[cm] Πολικότητα: (+) Μέτωπο: 26/420.....[μs]
 Επίπεδο Τάσεως Διασπάσεως : 76,965.....[KV]
 Πιθανότητα Διασπάσεως : 85.....
 Συντελεστής Βολτομέτρου : Χ4.....
 Λόγος Καταμεριστή : 1:241.....
 Μ.Ο. Τάσεως Διασπάσεως : 80.....[KV]
 Συντελεστής Διορθώσεως

$$Kd = \left(\frac{P}{Po}\right) \cdot \left(\frac{To}{T}\right) = \left(\frac{749}{760}\right) \cdot \left(\frac{293}{289,5}\right) = \dots 0,997 \dots$$

$$Kh = \dots 0,995 \dots$$

$$\frac{Kh}{Kd} = \dots 0,998 \dots$$

Ατμοσφαιρικές Συνθήκες

Ατμοσφαιρική πίεση : 749.....[mmHg]
 Ένδειξη Ξηρού θερμομέτρου : 16,5.....[°C]
 Ένδειξη Υγρού θερμομέτρου : 14,5.....[°C]
 Απόλυτη Υγρασία : 11,5.....[gr/m³]

A/A	EKB	+/-	A/A	EKB	+/-
1	79	+	11	80	+
2	80	+	12	79	+
3	80	+	13	79	+
4	80	-	14	80	+
5	79	+	15	80	-
6	80	-	16	80	+
7	80	+	17	75	+
8	79	+	18	79	+
9	76	+	19	77	+
10	80	+	20	76	+

EKB= Ένδειξη κρουστικού βολτομέτρου

Εκτέλεση μετρήσεων

Τσάκωνα Νικολίτσα

Κάτσακα Δάφνη

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΥΨΗΛΩΝ ΤΑΣΕΩΝ

Ημερομηνία:..... Αριθμός Φύλλου Μετρήσεων: 5
 Σύντομη περιγραφή πειράματος: Ακίδα-Πλάκα.....

Μήκος Διακένου: 10 [cm] Πολικότητα: (+) Μέτωπο: 26/4.20 [μs]
 Επίπεδο Τάσεως Διασπάσεως : 80, 814 [KV]
 Πιθανότητα Διασπάσεως : 95
 Συντελεστής Βολτομέτρου : 1.4
 Λόγος Καταμεριστή : 1.241
 Μ.Ο. Τάσεως Διασπάσεως : 84 [KV]
 Συντελεστής Διορθώσεως

$$Kd = \left(\frac{P}{P_0} \right) \cdot \left(\frac{T_0}{T} \right) = \left(\frac{149}{160} \right) \cdot \left(\frac{293}{280,5} \right) = 0,997$$

$$Kh = 0,995$$

$$\frac{Kh}{Kd} = 0,998$$

Ατμοσφαιρικές Συνθήκες

Ατμοσφαιρική πίεση : 749 [mmHg]
 Ένδειξη Ξηρού θερμομέτρου : 16,5 [°C]
 Ένδειξη Υγρού θερμομέτρου : 14,5 [°C]
 Απόλυτη Υγρασία : 11,5 [gr/m³]

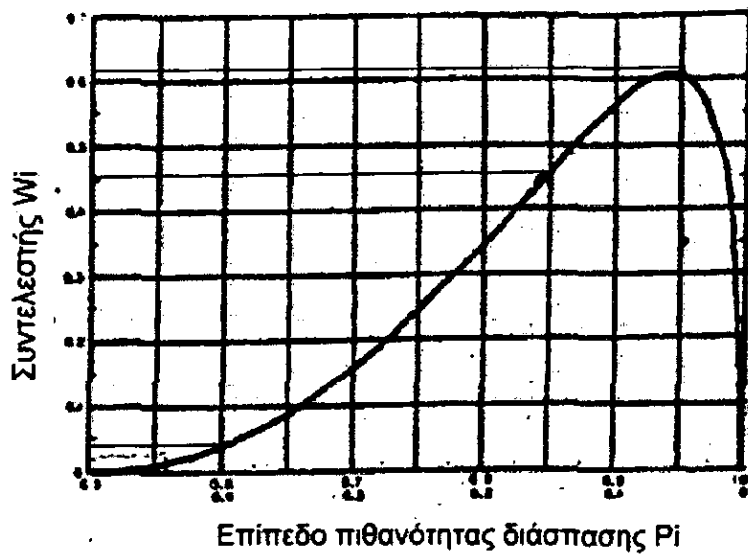
A/A	EKB	+/-	A/A	EKB	+/-
1	84	-	11	80	+
2	80	+	12	82	+
3	81	+	13	84	+
4	80	+	14	82	+
5	82	+	15	82	+
6	83	+	16	84	+
7	82	+	17	79	+
8	82	+	18	84	+
9	84	+	19	80	+
10	84	+	20	82	+

EKB= Ένδειξη κρουστικού βολτομέτρου

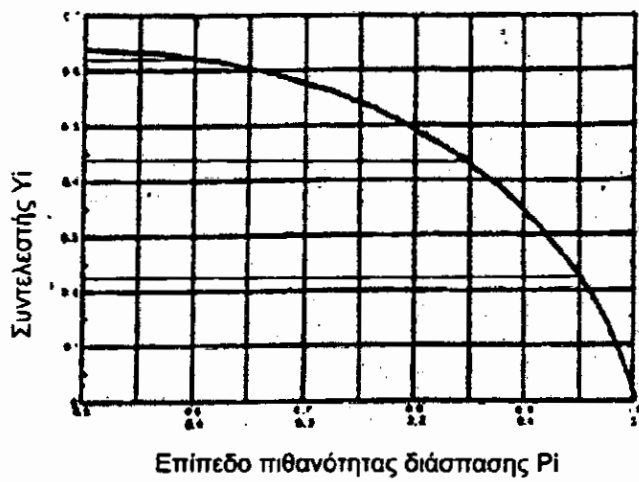
Εκτέλεση μετρήσεων

Τσάκωνα Νικολίτσα

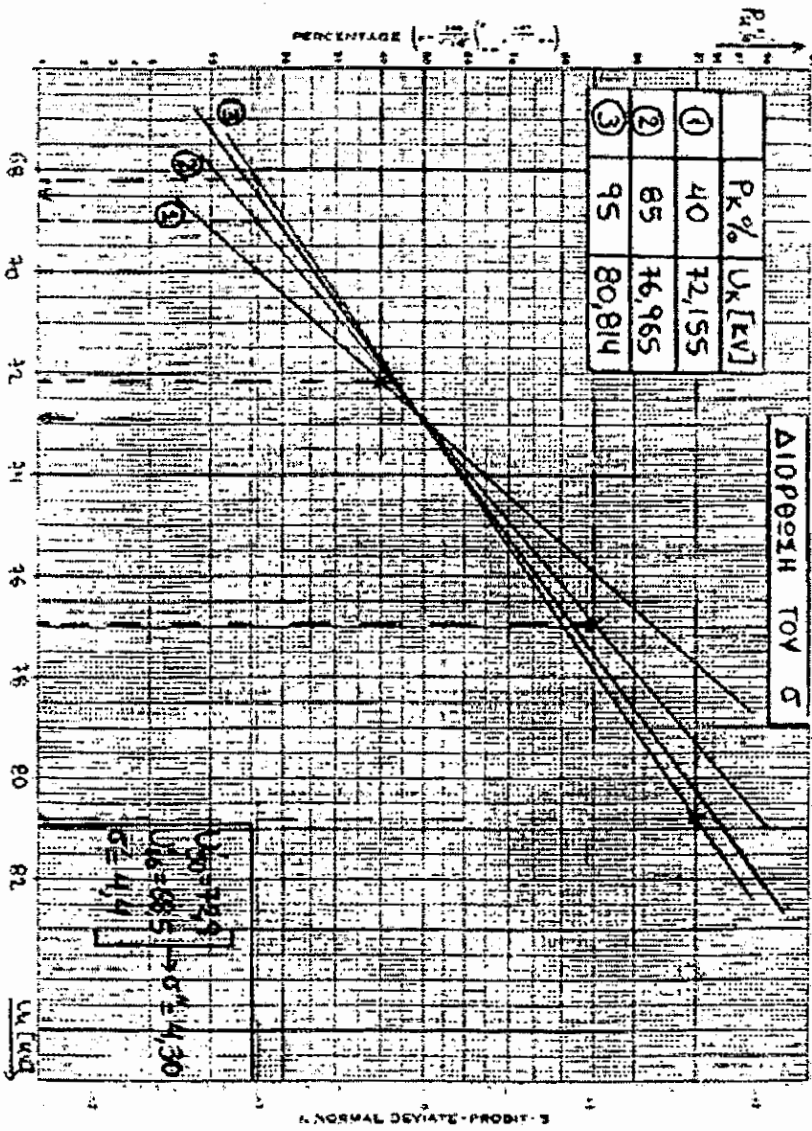
Κάτσακα Δάφνη

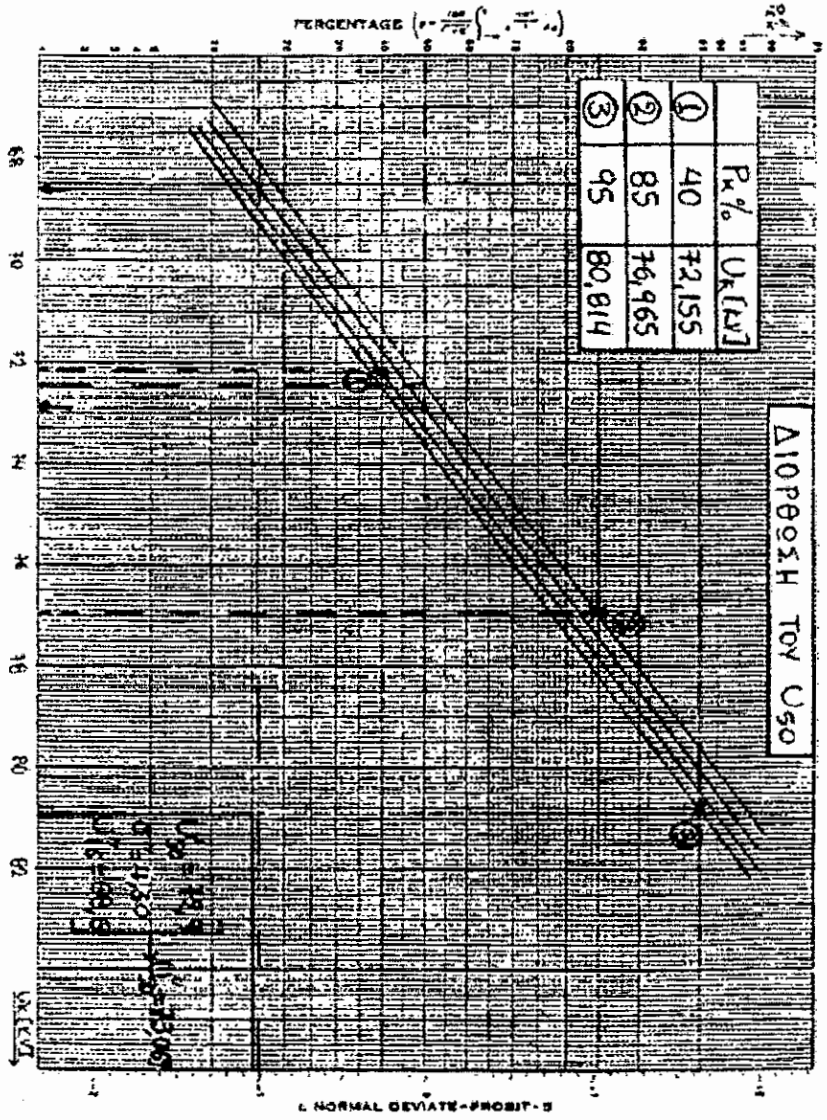


Συντελεστής W_i	Πιθανότητα P_i [%]
$W_1 = 0,04$	$P_{K1} = 40$
$W_2 = 0,45$	$P_{K2} = 85$
$W_3 = 0,61$	$P_{K3} = 95$



Συντελεστής Υἱ	Πιθανότητα Ρἱ [%]
Υ ₁ = 0,62	Ρ _{κ1} = 40
Υ ₂ = 0,42	Ρ _{κ2} = 85
Υ ₃ = 0,22	Ρ _{κ3} = 95





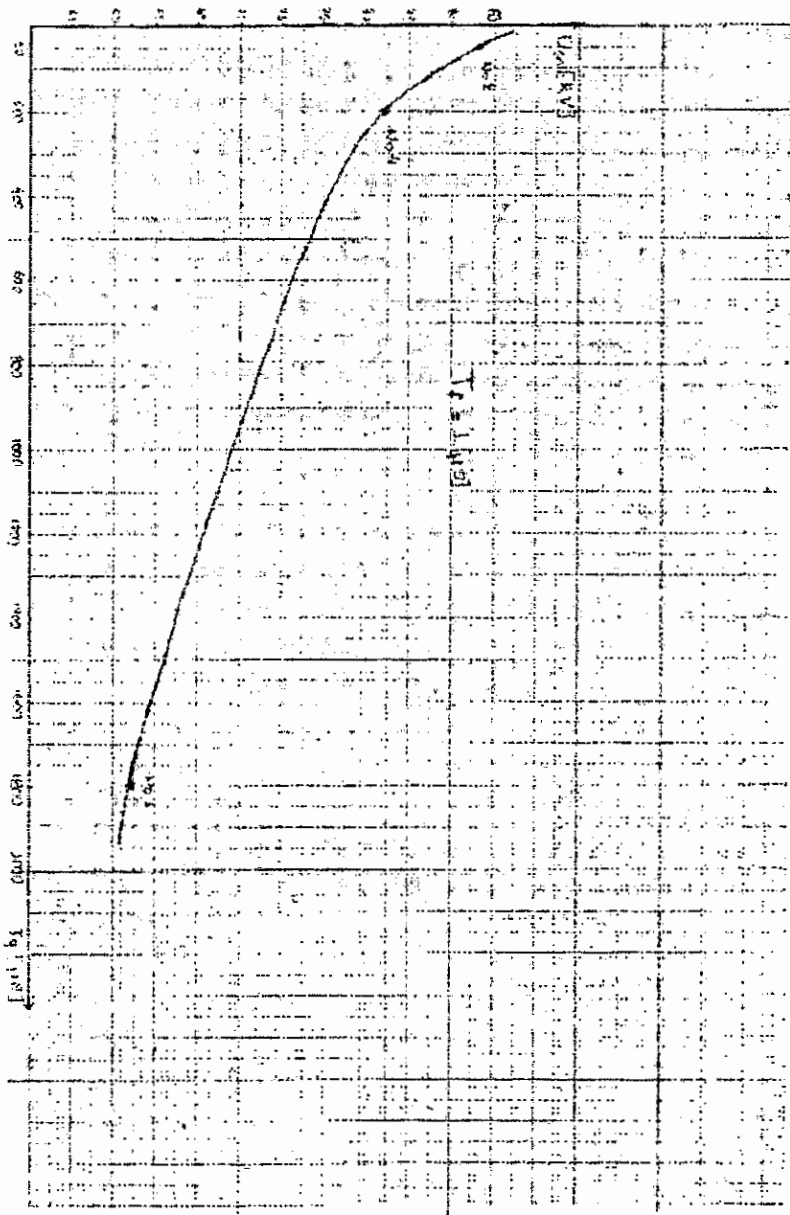
	P%	$U_k [U]$
①	40	2.155
②	85	4.965
③	95	8.814

ΔIOP035H TOY U50

NORMAL DEVIATE - PROBIT - U

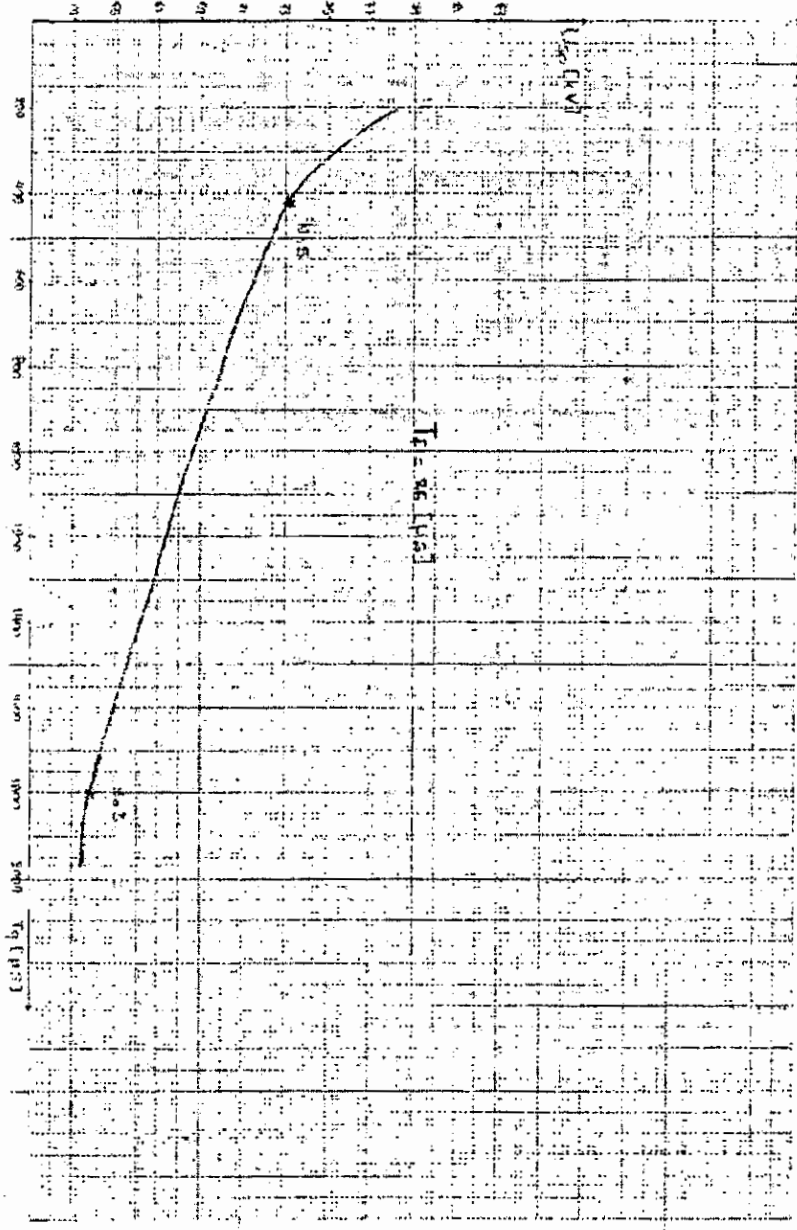
ΣΥΝΟΠΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Πακέτο Μετρήσεων	Μήκος Διακένου [cm]	Μορφή Κρουστικής Τόνης [μs]	Τιμή Κρουστικής Τόνης U_{50} [kV]	Τυπική Απόκλιση σ [kV]
No 1	10	1/1800	65,783	3,396
No 2	10	1/50	82,35	2,588
No 3	10	26/1800	63,80	2,176
No 4	10	1/200	77,95	3,846
No 5	10	26/420	73,069	4,30



Σημια 13

Σχήμα 14



$$T_c = 96 \text{ [ms]}$$

Συμπεράσματα

Μετά την επεξεργασία των μετρήσεων όπως φαίνεται στον παραπάνω πίνακα και την παράθεση των κατάλληλων γραφικών παραστάσεων (σχήματα 13, 14), παρατηρούμε ότι:

- α. Όσο μεγαλύτερη τιμή έχει η διάρκεια ουράς T_q τόσο μικρότερη τιμή έχει το U_{50} .
- β. Όσο μικρότερη τιμή έχει η διάρκεια ουράς T_q τόσο μεγαλύτερη τιμή έχει το U_{50} .
- γ. Όταν το μέτωπο είναι μικρό (1 [μs]) χρειαζόμαστε μεγαλύτερη τάση από ότι για μεγαλύτερο μέτωπο (26 [μs]).

Βιβλιογραφία

1. Χρήστος Μαινεμνλής: «Τεχνική του εργαστηρίου υψηλών τάσεων»
2. Ελευθερία Πυργιώτη: «Σχεδιασμός Προστασίας Κατασκευών από Κεραυνούς»
3. Multi Test Set - Haefely