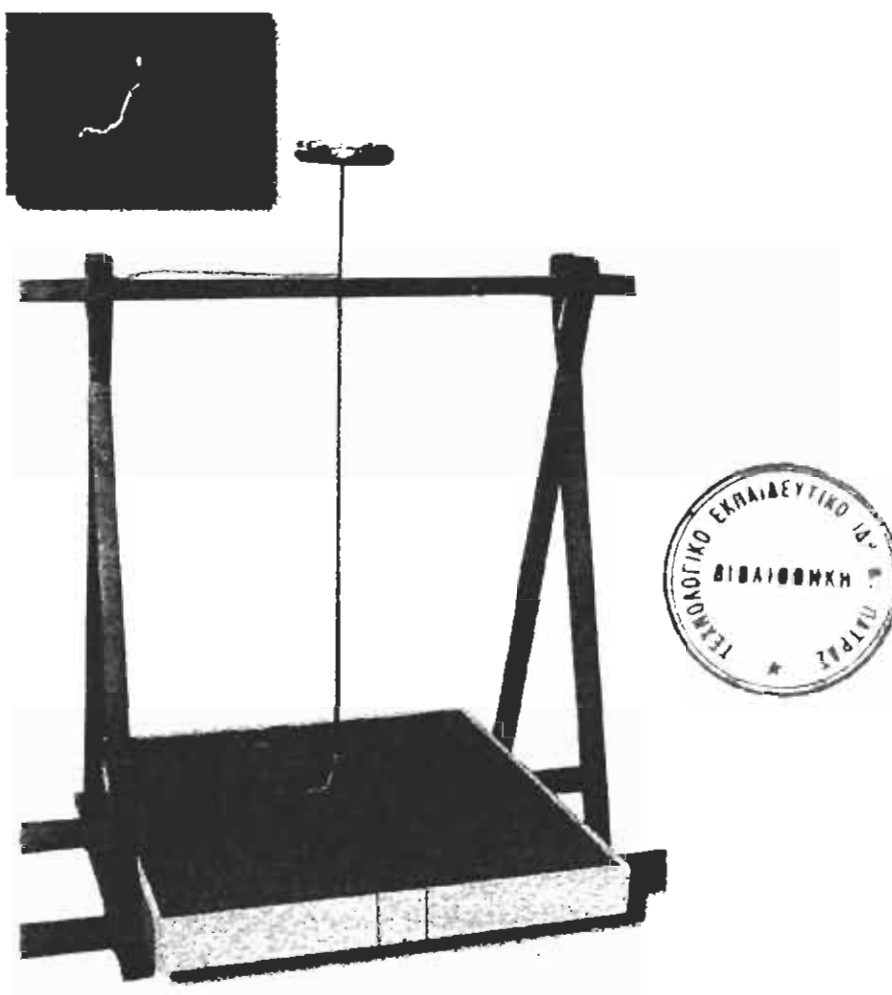


ΤΕΙ ΠΑΤΡΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ

<< ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΣΥΛΛΗΨΗΣ ΚΕΡΑΥΝΩΝ ΚΑΤΑ
ΤΗΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΚΤΙΣΜΑΤΩΝ, ΥΠΟ ΜΙΚΡΗ ΚΛΙΜΑΚΑ >>



ΥΠΕΥΘΥΝΟΙ : ΠΥΡΓΙΩΤΗ Ε.
ΜΑΥΡΟΓΕΝΝΗΣ Ι.
ΛΟΗΣ Η.

ΝΤΑΣΙΟΣ Α.

ΚΟΤΣΕΤΑΣ Π.

PROMOZ
LIZAFQHC

2056

0. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.

Οι κεραυνοί, αποτελούν ένα φυσικό φαινόμενο, με επικίνδυνα αποτελέσματα για την ασφάλεια των ανθρώπων και των κτιρίων.

Ο πρώτος που άνοιξε τον δρόμο της προστασίας από κεραυνούς, ήταν ο Βενιαμίν Φραγκλίνος, που στα 1753 παρουσίασε το αλεξικέραυνο ή πιο σωστά τον κάθετο ιστό απαγωγής κεραυνών. Η εφεύρεση αυτή, παρ' όλο που διαδόθηκε γρήγορα, δεν παρουσίασε καμία σημαντική εξέλιξη, γιατί ακριβώς δεν είχε κατορθωθεί να δοθεί η ερμηνεία του φαινομένου της εκκένωσης των κεραυνών.

Η ερμηνεία του φαινομένου αυτού, έγινε στις αρχές του 1900, με την κατασκευή της περιστροφικής κάμερας από τον G. V BOYS και του καθοδικού μεγάλης ταχύτητας, παλμογράφου από τον DUFOR. Ιδιαίτερη ήταν και η συμβολή του κ. BERGER, που παρήγαγε και μελέτησε μία σειρά παλμογραφημάτων από κεραυνούς.

Από την στιγμή που κατορθώθηκε, να μελετηθούν πλήρως αρκετά φαινόμενα, σχετιζόμενα με τις εκκενώσεις κεραυνών, είχαμε ταχύτατη εξέλιξη στο όλο θέμα της προστασίας κατασκευών από κεραυνούς. Πέρα από αυτό, έγινε δυνατή η δημιουργία αρκετών διεθνών κανονισμών καθώς επίσης και η εξομοίωση του φαινομένου στο εργαστήριο.

Έτσι φθάσαμε στο σημείο, να έχουν βρεθεί καλύτερα συστήματα προστασίας, τα οποία έρχονται σήμερα να αντικαταστήσουν το κλασικό αλεξικέραυνο.

Ένα από τα συστήματα, που σήμερα χρησιμοποιούνται, είναι αυτό του κλωβού. Η παρούσα πτυχιακή εργασία, με τον

τίτλο διαμόρφωση διάταξης για την προστασία κατασκευών από κεραυνούς, σκοπό έχει, να βελτιώσει το υπάρχον σύστημα κλωβού.

Οι μετρήσεις για την μελέτη του συστήματος αυτού, έγιναν στο εργαστήριο Υψηλών Τάσεων, του τμήματος των Ηλεκτρολόγων Μηχανικών, του Πανεπιστημίου της Πάτρας, υπό την αμέριστη βοήθεια και επίβλεψη της καθηγήτριας κ. Ε. Πυργιώτη.

1. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.

Ηλεκτρικά ατμοσφαιρικά φαινόμενα, κεραυνοί, δημιουργία των κεραυνών, συστήματα προστασίας

1.1 ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΓΗΣ.

Η γη εμφανίζεται μόνιμα φορτισμένη με αρνητικό ηλεκτρικό φορτίο της τάξης των $5 \cdot 10^5 C$. Το φορτίο αυτό προκαλεί στην επιφάνεια της γης, υπό συνθήκες καλοκαιρίας, ηλεκτρικό πεδίο με την κατεύθυνση από την ατμόσφαιρα προς τη γη με ένταση περίπου $0.13 \frac{KV}{M}$. Ισοδύναμη ποσότητα θετικού φορτίου παραμένει κατανεμημένη στην ατμόσφαιρα με μεγαλύτερη πυκνότητα στα χαμηλότερα στρώματα. Η παρουσία του κατανεμημένου θετικού φορτίου έχει σαν αποτέλεσμα την προοδευτική μείωση του πεδίου της γης με το ύψος. Εξ' αιτίας αυτού του κατακόρυφου πεδίου, η γη βρίσκεται συνεχώς σε τάση $300KV$ σε σχέση με τα ανώτερα τμήματα της ατμόσφαιρας.

Είναι γνωστό πως ιονισμένα σωματίδια και των δύο προσήμων που παράγονται από κοσμική ακτινοβολία, γήινη

ραδιενέργεια και από άλλες αιτίες προσδίδουν στον αέρα ορισμένη αγωγιμότητα. Εξ' αιτίας της αγωγιμότητας και του ηλεκτρικού πεδίου της ατμόσφαιρας, ιόντα και των δύο προσήμων κινούνται σε αντίθετες κατευθύνσεις. Αυτό θα είχε σαν αποτέλεσμα την εξομάλυνση του γήινου πεδίου και κατά συνέπεια την εκφόρτιση της γης. Το γεγονός ότι αυτό δεν συμβαίνει οφείλεται στο ότι η γη δέχεται ταυτόχρονα αρνητικό φορτίο ισοδύναμο μ' αυτό του ρεύματος των θετικών ιόντων. Πιστεύεται πως η κύρια αιτία, πηγή, που τροφοδοτεί την γη με αρνητικό φορτίο είναι τα ηλεκτρικά σύννεφα και οι κεραυνοί.

1.2 ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΟΥ ΝΕΦΟΥΣ

Η πιο συνηθισμένη εικόνα ενός σύννεφου, είναι ένα ηλεκτρικό δίπολο με θετικό φορτίο στην κορυφή του και αρνητικό στην προς την γη πλευρά του, χωρίς όμως αυτό να αποτελεί γενικό κανόνα.

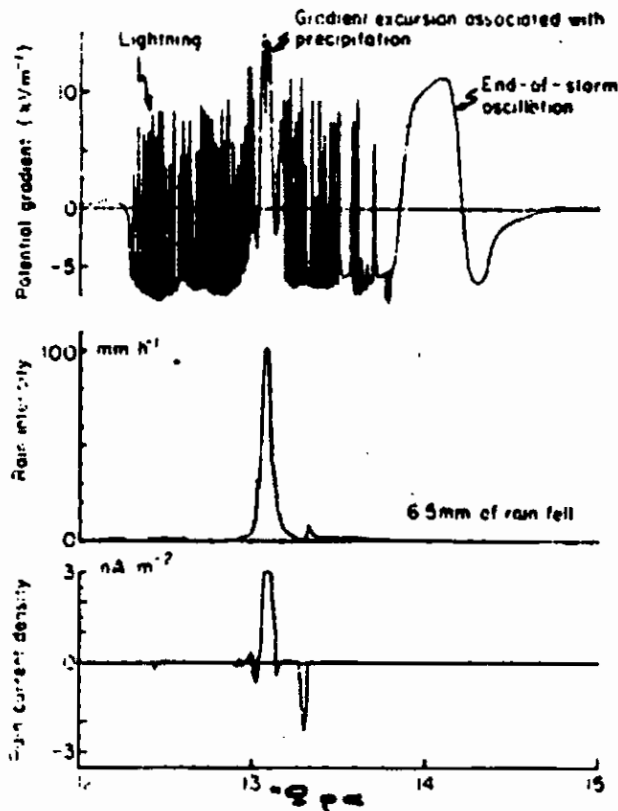
Για τον τρόπο συγκέντρωσης του ηλεκτρικού φορτίου στα σύννεφα έχουν διατυπωθεί διάφορες θεωρίες, χωρίς όμως καμία να είναι γενικά παραδεκτή. Οι θεωρίες αυτές μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες. Σε αυτές που βασίζονται στην φόρτιση σταγονιδίων του νέφους που συμβαίνει μόλις αρχίσει η πτώση τους προς τη γη και σε αυτές που βασίζονται στην μεταφορά φορτίων σε ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας, με ανοδικά ρεύματα που οφείλονται σε θερμοκρασιακές διαφορές.

Το ηλεκτρικό πεδίο ενός σύννεφου με την ηλεκτρική εικόνα που περιγράφηκε, διαταράσσει το ομαλό πεδίο καλοκαιρίας με αποτέλεσμα να προκαλεί την αναστροφή του. Έτσι αναστρέφεται και η φορά του ρεύματος καλοκαιρίας που

ρέει προς τη γη. Η σταθερά χρόνου αύξησης του ηλεκτρικού πεδίου ενός συννέφου είναι περίπου 2 λεπτά, που σημαίνει πως το σύννεφο περνά από την ουδέτερη στην ηλεκτρισμένη κατάσταση σε λίγα μόνο λεπτά.

Με τον σχηματισμό ενός ηλεκτρισμένου νέφους το ηλεκτρικό πεδίο καλοκαιρίας, αφού πρώτα αναστραφεί αποκτά με την κατεύθυνση της κακοκαιρίας, από την γη προς την ατμόσφαιρα, τιμές που φθάνουν τα $10 \frac{KV}{M}$. Το πεδίο αυτό διαταράσσεται στιγμιαία με κάθε εκκένωση κεραυνού ή εσωτερική του νέφους. Στην συνέχεια όμως αποκαθίσταται πάλι στην προηγούμενη τιμή του. το σχήμα 1. δείχνει ένα τυπικό παλμογράφημα του ηλεκτρικού πεδίου στην επιφάνεια της γης κατά την διάρκεια μιας καταιγίδας.

Όταν το πεδίο που προκαλείται στην επιφάνεια της γης, από την παρουσία ενός ηλεκτρισμένου σύννεφου, γίνει αρκετά μεγάλο (μεγαλύτερο από $15 \pm 2 \frac{KV}{M}$) αρχίζει ιονισμός από κρούσεις σε αιχμηρές προεξοχές του εδάφους, όπως πολύ ψηλά κτήρια, απαγωγείς κεραυνών κ.λ.π. και θετικά ιόντα μεταφέρονται από την γη διαμέσου της προεξοχής, στην ατμόσφαιρα. Το ηλεκτρικό ρεύμα που δημιουργείται ονομάζεται ρεύμα ιονισμού της προεξοχής (POINT - DISCHARGE CURRENT). Αυτό το ρεύμα, όπως και τα φορτία χώρου που δημιουργούνται, παίζουν σημαντικό ρόλο στην εκκένωση του κεραυνού, ιδιαίτερα στα τελευταία στάδια της εξέλιξης του, όπως θα φανεί παρακάτω. Πάντως πρέπει να σημειώσουμε πως η ταχύτητα αυτών των ιόντων είναι μικρή, συγκρινόμενη με αυτή του ανέμου, κατά την διάρκεια της καταιγίδας. Έτσι η κίνηση τους καθορίζονται κύρια από την ταχύτητα του ανέμου, ώστε πολλά από τα ιόντα αυτά να διασκορπίζονται στην ατμόσφαιρα.



Σχήμα 1:

Τυπικό παλμογράφημα του ηλεκτρικού πεδίου στην επιφάνεια της Γης κατά την διάρκεια ηλεκτρικής καταιγίδας. Οι θετικές τιμές του πεδίου αντιστοιχούν στην κατεύθυνση του πεδίου καλοκαιρίας.

Επομένως η τιμή του ρεύματος είναι συνάρτηση του μεγέθους του ηλεκτρικού πεδίου, του ύψους του αγωγού αγωγίμου, επιφανείας ενός

βρεγμένου κτιρίου, δέντρου, κ.λ.π., από το οποίο παράγεται και από την ταχύτητα του ανέμου. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι για αγωγούς ύψους μερικών δεκάδων μέτρων η τιμή του ρεύματος είναι μερικά μA .

Από το σχήμα 1 μπορούμε επίσης να δούμε πως εκκενώσεις στο σύννεφο και προς στη γη μπορούνε να παρατηρηθούνε, όταν η ένταση του πεδίου στην επιφάνεια της γης αποκτά τιμές της τάξης των $3 \frac{KV}{M}$ και πάνω. Πρέπει εδώ να σημειώσουμε πως όλα τα σύννεφα δεν προκαλούν ηλεκτρικές εκκενώσεις, έστω και αν παρουσιάζουν συνθήκες φόρτισης.

1.3 ΟΡΙΣΜΟΙ ΣΧΕΤΙΚΟΙ ΜΕ ΤΑ ΜΕΓΕΘΗ ΤΟΥ ΚΕΡΑΥΝΟΥ

Πιο κάτω δίνονται μερικοί ορισμοί για τις διάφορες παραμέτρους του κεραυνού που συμφωνούν με αυτούς που έχουν υιοθετηθεί από τον K.BERGER.

1) Πολικότητα κεραυνού: Η εκκένωση ενός *αρνητικού νέφους προς την γη γίνεται με έναν αρνητικό κεραυνό και ενός θετικού νέφους με έναν θετικό κεραυνό.*

2) Πολικότητα του ρεύματος κεραυνού: Κατά την εκκένωση ενός *αρνητικού νέφους* ρέει προς την γη ένα *αρνητικό ρεύμα* και αντίθετα.

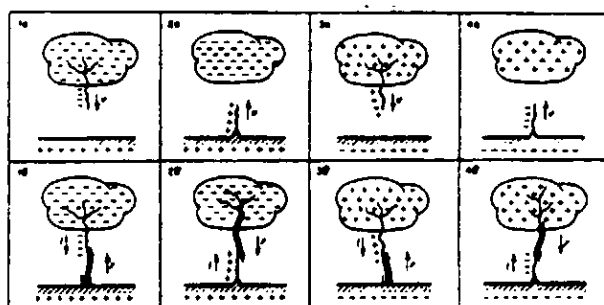
3) Κατεύθυνση οχετού προεκκένωσης: Ένας *κατερχόμενος οχετός εκκένωσης* (που συχνά ονομάζεται και *οδηγός οχετός*) προχωρεί από το σύννεφο προς το έδαφος, ένας *ανερχόμενος οχετός προεκκένωσης* προχωρεί από το έδαφος προς το σύννεφο. Ένας *ανερχόμενος οχετός σύνδεσης* είναι μια εκκένωση που ξεκινά από το έδαφος και συναντά, έναν *κατερχόμενο οχετό.*

4) Πολικότητα του οχετού προεκκένωσης: Η πολικότητα ενός οχετού προεκκένωσης ταυτίζεται με την πολικότητα του φορτίου της θέσης από την οποία ξεκινά. Έτσι, από ένα θετικό σύννεφο, ξεκινά ένας *θετικός οχετός προεκκένωσης* και αντίθετα. Από μια προεξοχή του εδάφους κάτω από ένα θετικό σύννεφο ξεκινά ένας *αρνητικός οχετός προεκκένωσης.*

5) Πολικότητα του ηλεκτρικού πεδίου: Το ηλεκτρικό πεδίο κάτω από ένα *αρνητικό σύννεφο* ορίζεται σαν *αρνητικό* και το αντίθετο. Σύμφωνα με αυτόν τον ορισμό, το πεδίο καλοκαιρίας του εδάφους έχει *θετική κατεύθυνση.*

1.4 ΕΙΔΗ ΚΕΡΑΥΝΩΝ

Ο κεραυνός ξεκινά από τα σημεία υψηλής πεδιακής έντασης. Δύο ετερόσημα φορτία μέσα στο ίδιο σύννεφο ή σε δύο γειτονικά σύννεφα δημιουργούν στο διάστημα που παρεμβάλλεται μεταξύ τους υψηλές πεδιακές εντάσεις που μπορούν να προκαλέσουν μια εκκένωση εσωτερική του νέφους ή ανάμεσα σε δύο σύννεφα. Συγκέντρωση φορτίου ενός πρόσημου σε μια θέση του νέφους και το φορτίο αντίθετου πρόσημου, που επάγεται εξ' αιτίας του στο έδαφος, δημιουργούν ανάμεσα στο νέφος και το έδαφος, μια ζώνη αυξημένων πεδιακών εντάσεων. Οι υψηλότερες εντάσεις μέσα στην ζώνη αυτή, μπορεί να αναπτύσσονται είτε κοντά στο νέφος είτε σε περίπτωση που το έδαφος παρουσιάζει μια σημαντική προεξοχή στην πλευρά του εδάφους. Στην πρώτη περίπτωση, ενδεχόμενη εκκένωση που θα επακολουθήσει θα αρχίσει από το νέφος με έναν κατερχόμενο οχετό προεκκένωσης, ενώ στη δεύτερη από το έδαφος με έναν ανερχόμενο οχετό προεκκένωσης).



Σύμφωνα με τα παραπάνω οι ακόλουθες τέσσερες περιπτώσεις διακρίνονται για την έναρξη του οχετού

προεκκένωσης του κεραυνού και φαίνονται στο ακόλουθο σχήμα.

Σχήμα 2: Είδη κεραυνών: (α) ανάπτυξη οχετού προεκκένωσης & (β) συμπλήρωση του αντίστοιχου είδους κεραυνού με οχετό επιστροφής. I: οχετός προεκκένωσης Γ: οχετός επιστροφής V: κατεύθυνση μετάδοσης

- 1) Κατερχόμενος αρνητικός οχετός προεκκένωσης που αρχίζει από ένα αρνητικό σύννεφο (περίπτωση ένα 1a).
- 2) Ανερχόμενος θετικός οχετός προεκκένωσης που αρχίζει από μια προεξοχή του εδάφους κάτω από ένα αρνητικό σύννεφο (περίπτωση 2a).
- 3) Κατερχόμενος θετικός οχετός προεκκένωσης που αρχίζει από ένα θετικό σύννεφο (περίπτωση 3a).
- 4) Ανερχόμενος αρνητικός οχετός προεκκένωσης που αρχίζει από μια προεξοχή του εδάφους κάτω από ένα θετικό σύννεφο (περίπτωση 4a).

Αν ο οχετός προεκκένωσης που αναπτύσσεται με έναν από τους τέσσερις πιο πάνω τρόπους γεφυρώσει ολόκληρο το διάκενο σύννεφο - γη, επακολουθεί ο οχετός επιστροφής και έτσι ολοκληρώνεται ένας από τους τέσσερις τύπους κεραυνού που εικονίζονται στο κάτω μέρος του σχήματος 2 στους οποίους δίνονται οι πιο κάτω ορισμοί:

- 1) Κατερχόμενη αρνητική εκκένωση που πηγάζει από ένα αρνητικό σύννεφο με έναν κατερχόμενο οχετό προεκκένωσης και αποτελεί τον πιο συνηθισμένο τύπο κεραυνού που παρατηρείται στα 90% περίπου των περιπτώσεων (περίπτωση 1b).
- 2) Ανερχόμενος θετικός οχετός / αρνητική εκκένωση πηγάζει από μια προεξοχή του εδάφους κάτω από ένα αρνητικό σύννεφο (περίπτωση 2b).
- 3) Κατερχόμενη θετική εκκένωση πηγάζει από ένα θετικό σύννεφο (περίπτωση 3b).
- 4) Ανερχόμενος αρνητικός οχετός / θετική εκκένωση πηγάζει από μια προεξοχή του εδάφους κάτω από ένα θετικό σύννεφο (περίπτωση 4b).

Από τους πιο πάνω τύπους, ο 4b που πρώτο παρατηρήθηκε στο σταθμό του SAN SALVATORE και

μελετήθηκε από τον K.BERGER, αποτελεί τον ισχυρότερο τύπο κεραυνού που συνοδεύεται από τα ισχυρότερα ρεύματα που έχουν καταγραφεί. Φαίνεται πως σε όλες τις υπερυψώσεις του εδάφους ο τύπος 4b αντικαθιστά τον τύπο 3b και για αυτό αυτός ο τύπος (3b) είναι γενικά σπάνιος. Κατά τον K.BERGER οι κεραυνοί αυτοί εμφανίζονται μια φορά μόνο στο τέλος της καταιγίδας.

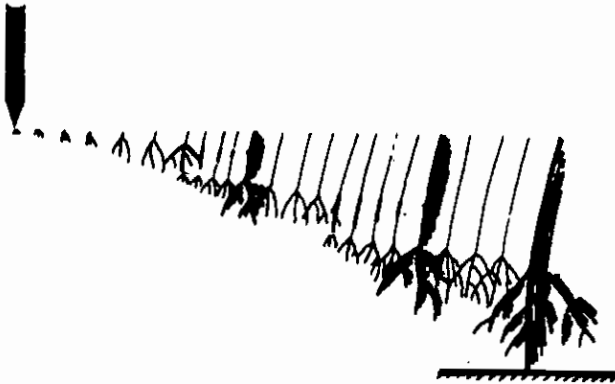
Η πιο πάνω εικόνα των κεραυνών είναι απλοποιημένη. Στην πραγματικότητα, πριν ο σχετός προεκκένωσης συναντήσει το έδαφος ή το νέφος, ένας αντίθετος σχετός αναπτύσσεται από την αντίθετη πλευρά που έρχεται να προϋπαντήσει τον κύριο σχετό προεκκένωσης.

1.5 ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΚΕΡΑΥΝΟΥ, ΕΞΟΜΟΙΩΣΗ ΣΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ.

Η εκκένωση του κεραυνού, παρουσιάζει ομοιότητα με την εκκένωση μεγάλων διακένων, που παράγεται στο εργαστήριο με την βοήθεια της κρουστικής γεννήτριας (λεπτομερέστερη παρουσίαση για την εξομοίωση στο εργαστήριο θα γίνει σε άλλο κεφάλαιο).

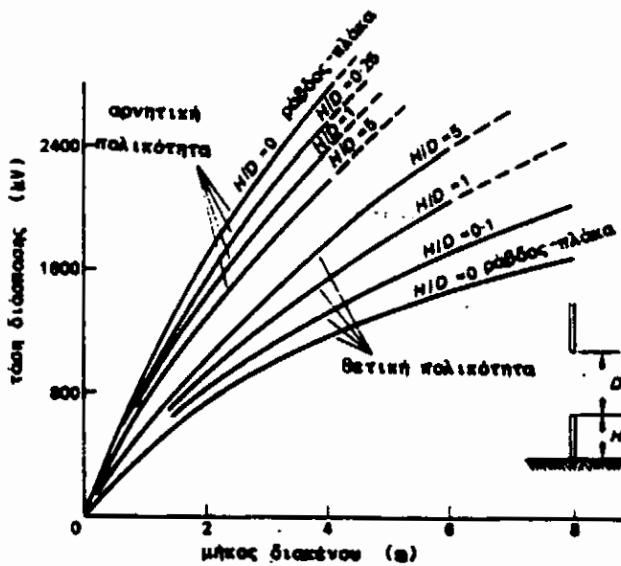
Κάνοντας μια μικρή εισαγωγή, μπορούμε να παρουσιάσουμε τον μηχανισμό που παρατηρείται στο εργαστήριο, αναφορικά με την περίπτωση κατερχόμενου αρνητικού σχετού, *σχήμα 2 περίπτωση 2b*, με το σχήμα 3. Το παρακάτω σχήμα 4 προέρχεται από πειραματικά αποτελέσματα (ANDERSON & TANGEN. 1968) και μας δίνει την μεταβολή της τάσης διάσπασης. Σε σχέση με το μήκος του διακένου έχοντας ως παράμετρο τον λόγο $\frac{H}{D}$ του

ύψους του γειωμένου ηλεκτροδίου προς το μήκος του διακένου.



Σχήμα 3:

Σχηματική παράσταση εξέλιξης σε διάκενο αρνητικής ακίδας γεωμένης πλάκας.



Σχήμα 4: Κρουστική τάση διάσπασης σε χειρισμούς διακένων ράβδου - ράβδου και ράβδου - πλάκας.

Από το σχήμα 4 μπορούμε να βγάλουμε μερικά συμπεράσματα τα οποία είναι χρήσιμα για την

μελέτη των βημάτων που προχωρεί η εκκένωση του κεραυνού.

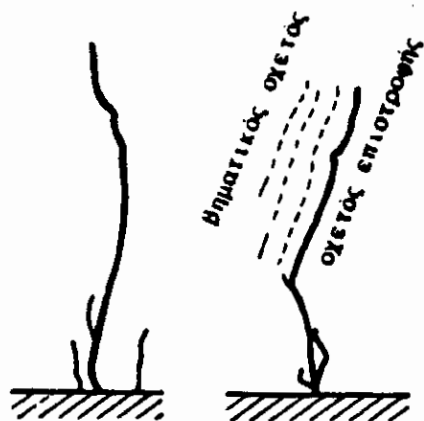
Έτσι μπορούμε να δούμε πως η τάση διάσπασης για αρνητικής πολικότητα είναι μεγαλύτερη από αυτή για θετική

πολικότητα και έτσι οι καταπονήσεις που προέρχονται από θετικές διασπάσεις θετικούς κεραυνούς είναι πιο δυσμενείς, όπως εξάλλου προαναφέρθηκε. Επί πλέον παρατηρούμε πως για σταθερό μήκος διακένου, η τάση διάσπασης μικραίνει, για αρνητική πολικότητα και αυξάνει για θετική, όσο το γειωμένο ηλεκτρόδιο γίνεται ψηλότερο. Επομένως για εγκαταστάσεις αρκετά μεγάλου ύψους, συγκρινόμενου με την απόσταση διάσπασης, η τάση διάσπασης θα είναι μικρότερη και επομένως το διάκενο εγκατάστασης - σύννεφου θα έχει μικρότερη αντοχή.

Μια τρίτη παρατήρηση είναι ότι η κλήση των καμπυλών φαίνεται να πλησιάζει σε κάποιο ανώτατο όρο όσο το μήκος του διακένου μεγαλώνει. Πάντως η μέση μεταβολή της τάσης ορίζεται σαν ο λόγος της τάσης διάσπασης, προς την απόσταση διάσπασης και επομένως η κρίσιμη τάση διάσπασης είναι περίπου $5 \frac{KV}{CM}$ για αρνητική πολικότητας και $3 \frac{KV}{CM}$ για θετική.

Για τον κατερχόμενο αρνητικό οχετό, ο μηχανισμός που παρατηρείται στο εργαστήριο μοιάζει με αυτόν που παρατηρείται σε διάφορες φωτογραφίες κεραυνών. Η βηματική πρόοδος του οχετού του κεραυνού συμπίπτει με τις αναλαμπές που παρουσιάζει ο οχετός του κεραυνού προεκκένωσης με το τέλος του μετασχηματισμού κάθε φωτεινού στελέχους, σε ενδοδιάκενο οχετό προεκκένωσης. Από παρατηρήσεις στον Ελβετικό σταθμό παρατήρησης κεραυνών του SAN SALVATORE, διαπιστώθηκε πως τα βήματα επιμήκυνσης του κατερχόμενου αρνητικού οχετού προεκκένωσης ποικίλουν από 3 μέχρι 50 M. Στον ίδιο σταθμό παρατηρήθηκε πως ο θετικός οχετός κατερχόμενος ή

ανερχόμενος δεν παρουσιάζει ευδιάκριτα βήματα και ότι προχωρεί με ταχύτητα $240 \frac{CM}{\mu sec}$.



Σχήμα 5: Σχηματική παράσταση ενός κεραυνού, όπου φαίνεται το σημείο σύνδεσης του αρνητικού κατερχόμενου σχετού προεκκένωσης και του συνδέτικού σχετού. Διακρίνονται οι πολλαπλοί ανερχόμενοι σχετοί.

1.6 ΕΝΑΡΞΗ ΤΗΣ ΕΚΚΕΝΩΣΗΣ ΤΟΥ ΚΕΡΑΥΝΟΥ.

Στις παρυφές περιοχών του νέφους με μεγάλη πυκνότητα φορτίου, η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου μπορεί να πάρει αρκετά μεγάλες τιμές. Οι υψηλές αυτές εντάσεις συνδυαζόμενες με την μικρή πυκνότητα του αέρα λόγω ύψους και μερικούς άλλου παράγοντες που προκαλούν πρόσθετη τοπική ενίσχυση του ηλεκτρικού πεδίου, μπορούν να προκαλέσουν έναρξη ιονισμού των μορίων του αέρα από κρούσεις ηλεκτρονίων. Ο ιονισμός αυτός αποτελεί το πρώτο βήμα για την έναρξη μιας ηλεκτρικής εκκένωσης. Το επόμενο βήμα είναι ο σχηματισμός ενός σχετού ο οποίος ακολουθεί με μεγάλες όμως αποκλίσεις τις γραμμές του ηλεκτρικού πεδίου.

Όπως ειπώθηκε και προηγουμένως, η εικόνα που δόθηκε για το σύννεφο είναι πολύ γενική, διότι, το ίδιο σύννεφο μπορεί να περιέχει θύλακες ετερόσημων φορτίων. Αυτό

σημαίνει ότι η περιοχή μεγίστων εντάσεων του ηλεκτρικού πεδίου μπορεί να κατευθύνεται προς κάποιο άλλο θύλακα ετερόσημου φορτίου ή ακόμα και προς κάποια περιοχή ενός γειτονικού νέφους με επίσης ετερόσημο φορτίο. Ένας σχετός ακολουθώντας αυτή την κατεύθυνση θα προκαλέσει ηλεκτρική σύνδεση και αλληλοεξουδετέρωση των δύο ετερόσημων φορτίων. Η εξουδετέρωση αυτή συνοδεύεται από έντονη λάμψη *αστραπή* και δυνατό θόρυβο *βροντή* οι συνέπειές της όμως στο έδαφος περιορίζονται σε μια παροδική διαταραχή του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου που μπορεί να γίνει αισθητή σε δέκτες ραδιοφώνου, τηλεόρασης, τηλεπικοινωνίες κλπ.

Αν οι γραμμές μέγιστης πεδιακής έντασης κατευθύνονται προς το έδαφος ο σχετός θα κατευθυνθεί προς αυτό. Ο μηχανισμός με τον οποίο προχωρεί ο σχετός αυτός, που ονομάζεται *οχετός προεκκένωσης* έχει διερευνηθεί αρκετά καλά τόσο από άμεσες παρατηρήσεις κεραυνών, όσο και στο εργαστήριο. Η πρόοδός του πραγματοποιείται, όπως ειπώθηκε, διαδοχικά πηδήματα, με μήκος το καθένα, μερικά ή δεκάδες μέτρα. Η μέση ταχύτητα προόδου του οχετού προεκκένωσης είναι περί τα $0,15 \frac{m}{\mu sec}$. Η ταχύτητα αυτή, όσο και αν φαίνεται τεράστια, είναι μικρή σε σύγκριση με την ταχύτητα μετάδοσης ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων και του φωτός, στο κενό που είναι περί τα $300 \frac{m}{\mu sec}$.

1.7 Η ΦΑΣΗ ΤΟΥ ΟΧΕΤΟΥ ΕΠΙΣΤΡΟΦΗΣ.

Η διαμήκης πτώση τάσης και μήκος του οχετού προεκκένωσης πριν αυτός συναντήσει το έδαφος ποικίλει στις

διάφορες θέσεις του μικρότερη προς το σημείο έναρξης του οχετού. Η μέση τιμή της όμως είναι μικρότερη από $0,1 \frac{KV}{\Omega}$. Έτσι ο οχετός προεκκένωσης εμφανίζεται, περίπου σαν μία μεταλλική προεξοχή που επεκτείνεται από το σύννεφο προς το έδαφος.

Η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου γύρω από τον οχετό προεκκένωσης και ιδίως στο προς το έδαφος άκρο του είναι μεγάλη και υπερβαίνει κατά πολύ την πεδιακή ένταση που απαιτείται για ιονισμό από κρούσεις $30 \frac{KV}{cm}$. Γι' αυτό τον λόγο, ο οχετός περιβάλλεται διαρκώς από ένα μανδύα κορόνα που επεκτείνεται μερικά μέτρα γύρω από αυτόν. Το πάχος του μανδύα αυτού είναι μεγαλύτερο στο προς το έδαφος άκρο του οχετού και αυξάνει, όσο η κεφαλή του οχετού πλησιάζει το έδαφος. Όταν η κεφαλή του οχετού φτάσει σε μια απόσταση από το έδαφος τέτοια που η μέση πεδιακή ένταση να είναι περί τα $5 \frac{KV}{m}$, το τελευταίο αυτό μήκος γεφυρώνεται ολόκληρο από κορόνα και μετατρέπεται ταχύτατα σε 20–30 msec επίσης σε οχετό. Με αυτό το τελευταίο βήμα, που ορίζεται σαν το τελικό πήδημα, το φορτίο της περιοχής του νέφους από όπου άρχισε ο οχετός προεκκένωσης βρίσκεται, μέσω του οχετού προεκκένωσης, ημιαγώγιμα συνδεδεμένο με το έδαφος. Μέσα από την ημιαγώγιμη αυτή σύνδεση εκκενώνεται το φορτίο του νέφους προς το έδαφος με ένα μεγάλο ρεύμα πολλές δεκάδες ή εκατοντάδες KA. Από το ρεύμα αυτό ο οχετός προεκκένωσης θερμαίνεται και αποκτά πολύ μεγαλύτερη λαμπρότητα.

Η θέρμανση του οχετού προεκκένωσης αρχίζει από το άκρο που αυτός συναντά το έδαφος και προχωρεί προς το σημείο εκκίνησής του με ταχύτητα μερικά δέκατα της ταχύτητας του φωτός, δηλαδή πολύ μεγαλύτερη από αυτή, με

την οποία προχωρεί ο σχετός προεκκένωσης. Η φάση αυτή με την οποία συμπληρώνεται η εκκένωση ονομάζεται *οχετός επιστροφής* και η εκκένωση του σύννεφου προς την γη *κεραυνός*.

1.8 ΣΥΝΔΕΤΙΚΟΣ ΟΧΕΤΟΣ-ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΔΙΑΣΠΑΣΗΣ-ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΩΝ ΑΛΕΞΙΚΕΡΑΥΝΩΝ.

Η πιο πάνω περιγραφή του κεραυνού είναι εξιδανικευμένη και αφορά την περίπτωση που ένα σύννεφο βρίσκεται πάνω από ένα απόλυτα επίπεδο έδαφος ή μια επιφάνεια ήρεμου ύδατος. Αν ένα ηλεκτρισμένο σύννεφο βρεθεί πάνω από μία πολύ υψηλή και σχετικά αιχμηρή προεξοχή του εδάφους γύρω στα 100 με 150 μέτρα η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου στο άκρο της προεξοχής αυτής μπορεί να γίνει, εξ' επαγωγής, τόσο μεγάλη ώστε το οχετός προεκκένωσης να αρχίσει από το άκρο της προεξοχής και να κατευθυνθεί προς το σύννεφο. Προκύπτει έτσι ένας *ανερχόμενος οχετός προεκκένωσης*.

Αν οι προεξοχές του εδάφους έχουν σχετικά μικρό ύψος, μερικά μέτρα ή δεκάδες μέτρα, η ενίσχυση του ηλεκτρικού πεδίου στο άκρο τους που προκαλείται από την απλή παρουσία του νέφους πάνω από το έδαφος, δεν είναι αρκετή για να αρχίσει οχετός προεκκένωσης από αυτές. Ο κατερχόμενος όμως οχετός προεκκένωσης καθώς πλησιάζει το έδαφος, επάγει ένα ηλεκτρικό πεδίο. Η ένταση του επαγόμενου πεδίου είναι μεγαλύτερη σε προεξοχές και αν η ένταση ενισχυθεί αρκετά, θα αρχίσει από αυτή ένας *ανερχόμενος οχετός προεκκένωσης συνδεδετικός οχετός* που θα κατευθυνθεί προς την κεφαλή του κατερχόμενου οχετού

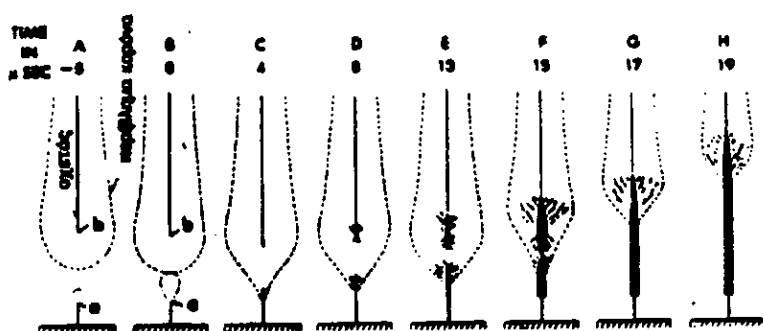
προεκκένωσης. Με την συνάντηση των δύο οχετών συμπληρώνεται η ημιαγώγιμη σύνδεση νέφους - εδάφους και επακολουθεί ο οχετός επιστροφής με τον οποίο συμπληρώνεται ο κεραυνός. Μια τέτοια λοιπόν προεξοχή δημιουργεί ένα σημείο προτίμησης για την περάτωση του οχετού προεκκένωσης. Σε αυτήν ακριβώς την αρχή στηρίζεται η προστασία μιας περιοχής με την γειωμένη μεταλλική ράβδο του αλεξικέραυνο του FRANKLIN, σχήμα 6.

Από τα πιο πάνω γίνεται φανερό πως το σημείο προτίμησης για την περάτωση του κεραυνού αποφασίζεται μόνο την τελευταία στιγμή, όταν δηλαδή ο οχετός προεκκένωσης πλησιάζει σε τέτοια απόσταση από το έδαφος ώστε να υπάρξουν συνθήκες σύνδεσης του κατερχόμενου οχετού με κάποιο σημείο του εδάφους. Οι συνθήκες σύνδεσης πληρούνται όταν η μέση πεδιακή ένταση ανάμεσα στην κεφαλή του κατερχόμενου οχετού και του σημείου προτίμησης πέσει στα $5 \frac{KV}{cm}$ με την προϋπόθεση πως ο οχετός προεκκένωσης ξεκινά από περιοχή αρνητικού φορτίου. Η απόσταση στην οποία η πεδιακή ένταση πέφτει στα $5 \frac{KV}{cm}$ ονομάζεται απόσταση διάσπασης (Α.Δ) *STRIKING DISTANCE* και προφανώς εξαρτάται από την τάση που παρουσιάζει η κεφαλή του κατερχόμενου οχετού προεκκένωσης προς το έδαφος. Η τάση αυτή εξαρτάται με τη σειρά της από το μέγεθος του φορτίου του θύλακα του νέφους από τον οποίο ξεκινά ο οχετός προεκκένωσης. Όσο μεγαλύτερο το φορτίο αυτό τόσο μεγαλύτερη θα είναι η απόσταση διάσπασης. Οι συνήθεις τιμές της απόστασης διάσπασης ποικίλουν από μερικές δεκάδες μέχρι 150 ή και 200m. Η (Α.Δ) συνδέεται με το ρεύμα σύμφωνα με τις σχέσεις:

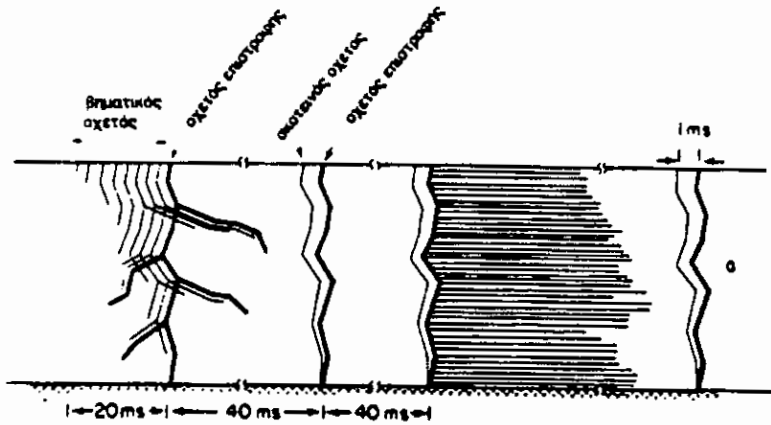
1) κατά WHITEHEAD θα έχουμε : $r_s = 8 \cdot I_0^{0.8}$ όπου r_s σε m και I_0 σε KA και

2) κατά LOVE θα είναι $r_s = 8 \cdot I_0^{0.65}$.

Αυτό το σημείο μας αποκαλύπτει και την αρχή λειτουργίας των συστημάτων προστασίας από τους κεραυνούς. Έτσι σύμφωνα με τους πιο πάνω συλλογισμούς, αν ένα κτίσμα είναι εφοδιασμένο με μεταλλικές γειωμένες προεξοχές για τις οποίες η απόσταση του κτίσματος, οι κερανοί θα περατώνονται κατά προτίμηση στις προεξοχές αυτές και θα διοχετεύονται στο έδαφος χωρίς να προξενούν ζημιά. Η αρχική εκκένωση του κεραυνού ακολουθείται από επόμενες εκκενώσεις, όπως φαίνεται στο σχήμα 7. Οι εκκενώσεις αυτές διαδέχονται η μία την άλλη σε μικρά χρονικά διαστήματα και η κάθε μία περιλαμβάνει δικό της συνδετικό οχετό και οχετό επιστροφής. Συνήθως οι διαδοχικές αυτές εκκενώσεις ακολουθούν την ίδια όδευση που χαράζει η αρχική εκκένωση χωρίς όμως να αποκλείεται και το αντίθετο. Έχει γενικά παρατηρηθεί πως πολλές εκκενώσεις παρουσιάζουν συνήθως οι κατερχόμενοι αρνητικοί κερανοί, που αποτελούν και το μεγαλύτερο ποσοστό των κεραυνών ενώ πολλαπλοί θετικοί κερανοί είναι σπανιότατοι.



Σχήμα 6: Τα βήματα σχηματισμού του οχετού επιστροφής. Διακρίνεται το κανάλι του οχετού προεκκένωσης και ο σχηματισμός κορόνα γύρω από αυτό.



Σχήμα 7: Δημιουργία ενός πολλαπλού κεραυνού, όπως φαίνεται από μία φωτογραφική μηχανή κινούμενη προς τα δεξιά.

1.9 ΡΕΥΜΑ ΤΟΥ ΚΕΡΑΥΝΟΥ ΚΑΙ ΣΧΕΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ.

Η καταπόνηση που θα υποστεί ένα αντικείμενο, όταν αυτό κτυπηθεί από κεραυνό, εξαρτάται από το ρεύμα που εκφορτίζεται στο έδαφος μέσω αυτού. Έτσι λοιπόν, από την άποψη της προστασίας κατασκευών από τους κεραυνούς, το ρεύμα αυτό αντιπροσωπεύει την πιο σημαντική παράμετρο της εκκένωσης του κεραυνού.

Το κύριο ρεύμα που συνοδεύει μία εκκένωση κεραυνού, οφείλεται στον οχετό επιστροφής. Κατ' αυτόν το ηλεκτρικό φορτίο του κατερχόμενου οχετού εξουδετερώνεται από το αντίστοιχο ετερόσημο φορτίο της γης. Το φορτίο αυτό ρέει μέσα από τον αγωγό προεκκένωσης που έχει συνδέσει προηγουμένως το σύννεφο με την γη. Το μέγεθος του ρεύματος που αναπτύσσεται κατά την ροή του φορτίου αυτού εξαρτάται κατ' αρχήν από το μέγεθος του φορτίου του νέφους αλλά επίσης και από την ταχύτητα με την οποία προχωρεί ο

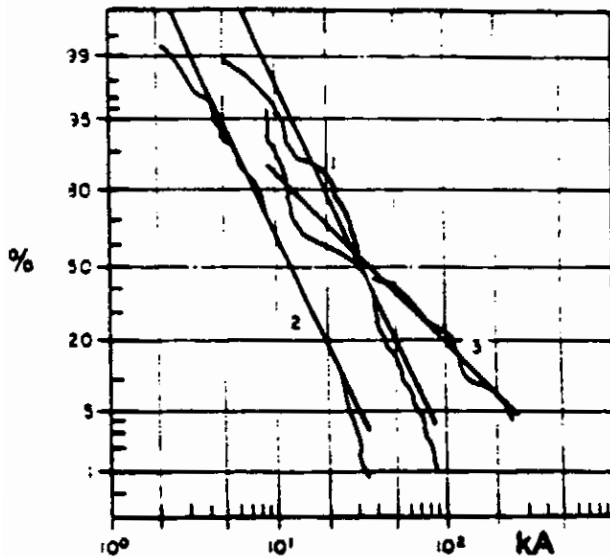
οχετός επιστροφής, από τον ήδη ιονισμένο δρόμο που χάραξε ο οχετός προεκκένωσης.

Για την μέτρηση αυτού του ρεύματος, όπως για την απόκτηση μιας αντίληψης για την μορφή του, τα οποία θα μας βοηθήσουν να βρούμε και τις άλλες σχετικές παραμέτρους του κεραυνού, όπως διάρκεια ροής κ.λ.π, έχουν αναπτυχθεί διάφοροι μέθοδοι. Οι παλαιότερες στηρίζονται σε μία εκτίμηση του ρεύματος που γινόταν από τα θερμικά ή μηχανικά αποτελέσματα που προκαλεί το πλήγμα του κεραυνού. Έτσι από την τήξη λεπτών μετάλλων ή τα ίχνη πάνω σε λεπτές μεταλλικές επιφάνειες, γινόταν εκτίμηση της συνολικής ενέργειας του κεραυνού, ενώ η εκτίμηση του εύρους του ρεύματος γινόταν από την σύσφιξη που προκαλεί η ροή του ρεύματος δια μέσου ενός σωλήνα.

Ένας άλλος τρόπος μέτρησης είναι η μέθοδος της μαγνητικής ζεύξης. Η μέθοδος αυτή στηρίζεται στο ότι όταν το ρεύμα του κεραυνού διαρρέει ένα αγωγό, σχηματίζεται γύρω του ένα μαγνητικό πεδίο. Αν τοποθετήσουμε κοντά στον αγωγό ένα μαγνητικό υλικό, αυτό θα μαγνητιστεί με την μέγιστη τιμή του πεδίου η οποία εξαρτάται από το μέγιστο ρεύμα που διέρρευσε τον αγωγό. Αν το υλικό παρουσιάζει μεγάλη υστέρηση μπορεί να μεταφερθεί στο εργαστήριο και να παρθούν οι σχετικές μετρήσεις. Τέτοια μαγνητιζόμενα υλικά MAGNETIC LINKS τοποθετούνται συνήθως σε επαφή με τα σκέλη μεταλλικών πύργων γραμμών μεταφοράς.

Η ακρίβεια όλων αυτών των μεθόδων είναι πολύ μέτρια γιατί πρώτα δεν μπορούν να μετρήσουν όλες τις περιοχές που εκτείνεται το ρεύμα του κεραυνού, όπως φαίνεται στο σχήμα 8. και δεύτερο γιατί μετρώντας μόνο τη μέγιστη τιμή, δεν γίνεται διάκριση ανάμεσα στο ρεύμα διαφόρων εκκενώσεων ενός πολλαπλού κεραυνού. Γι' αυτό, ο πλέον σύγχρονος

τρόπος μέτρησης που χρησιμοποιείται, είναι μέσω του παλμογράφου.



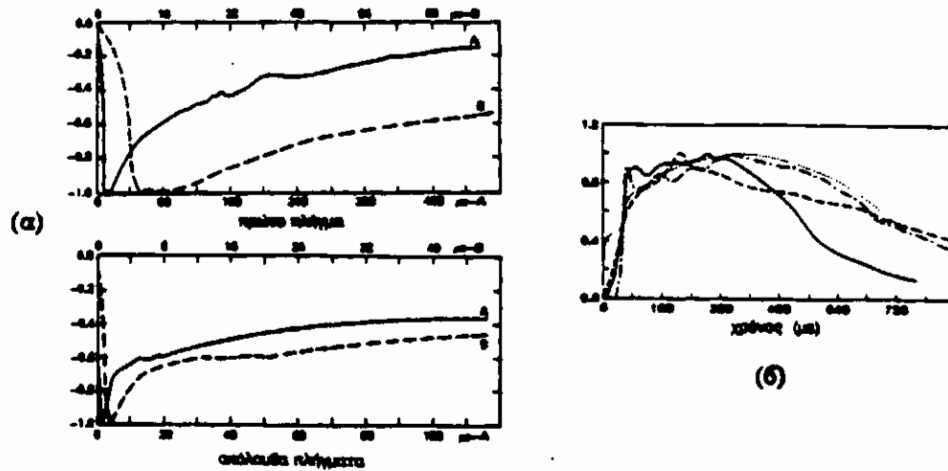
Σχήμα 8: Κατανομή ρεύματος κεραυνών κατά BERGER. Καμπύλη 1 1^η εκκένωση αρνητικών κεραυνών, Καμπύλη 2 επόμενες εκκενώσεις αρνητικών κεραυνών, Καμπύλη 3 θετικοί κεραυνοί.

Το βασικό πρόβλημα που υπάρχει με τον παλμογράφο, είναι ότι, το φαινόμενο

σπανίζει και επομένως, είναι δύσκολο να παρθούν παλμογραφήματα, ενώ παράλληλα η μέθοδος αυτή κοστίζει. Στο παρακάτω σχήμα 9 φαίνονται τα παλμογραφήματα, από ένα πολλαπλό αρνητικό κεραυνό και από ένα θετικό.

Από το σχήμα 9, μπορούμε να βγάλουμε μερικά συμπεράσματα. Έτσι από το σχήμα 9(a), φαίνεται ότι το ρεύμα της πρώτης εκκένωσης αυξάνει γρήγορα και φθάνει στην μέγιστη τιμή κορυφής, σε 10–15 μsec . Κατόπιν το ρεύμα παύει να αυξάνει και αρχίζει να μειώνεται είτε αμέσως είτε μετά από μια πλατιά κορυφή. Η διάρκεια της ουράς του ρεύματος, όπου το ρεύμα μειώνεται, είναι τέτοια ώστε το ρεύμα να φθάνει τα 20% της τιμής κορυφής, σε 200–300 μsec . Σε πολλαπλούς κεραυνούς, οι ακόλουθες εκκενώσεις έχουν πολύ συντομότερο μέτωπο από την πρώτη εκκένωση, φθάνοντας στην τιμή κορυφής, σε 1 ή 2 μsec . Η ουρά του ρεύματος των ακολούθων

εκκενώσεων είναι παρόμοια με αυτή της πρώτης εκκένωσης. Οι μέγιστες τιμές του ρεύματος των ακολούθων εκκενώσεων είναι κατά κανόνα μικρότερες της τιμής της πρώτης.



Σχήμα 9: Παλμογραφήματα του ρεύματος ενός πολλαπλού αρνητικού κεραυνού (α), και ενός θετικού κεραυνού (β).

Όπως φαίνεται από το σχήμα 8 οι θετικοί κεραυνοί παρουσιάζουν συχνά υψηλότερες τιμές ρεύματος από τους αντίστοιχους αρνητικούς. Από το σχήμα 9(b) βλέπουμε πως το μέτωπο του ρεύματος των θετικών κεραυνών διαρκεί περισσότερο από αυτό του αρνητικού ρεύματος και φθάνει τιμές 20–50 μsec . Η ουρά του επίσης είναι μακρύτερη και φθάνει τα 50% της τιμής κορυφής σε 1000 μsec περίπου.

Από τα σχήματα φαίνεται πως μια ενδιαφέρουσα παράμετρος, εκτός από την μέγιστη τιμή του ρεύματος, είναι και η διάρκεια ροής μιας ορισμένης έντασης ρεύματος. Όσο μεγαλύτερη είναι αυτή η διάρκεια τόσο μεγαλύτερη είναι η ενέργεια που συσσωρεύεται μέσα στην αντίσταση που διαρρέει και κατά συνέπεια τόσο μεγαλύτερη η ελκυσμένη θερμότητα, αφού είναι ανάλογη του $\int i^2 dt$. Για τον λόγο αυτό

κεραυνοί με μεγάλη διάρκεια ρεύματος, έστω και αν η μέγιστη τιμή του ρεύματος δεν είναι πολύ ψηλή, ονομάζονται θερμοί σε αντίθεση με άλλους που μπορεί να αναπτύσσουν μεγάλα ρεύματα μικρής διάρκειας. Οι θερμοί κεραυνοί είναι πιο επικίνδυνοι μόνο όταν προκύπτει θέμα πυρκαγιάς ή έκρηξης ενώ για τα ηλεκτρικά συστήματα πιο επικίνδυνοι είναι οι κεραυνοί με μεγάλες εντάσεις.

1.10 ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ.

Από τα προηγούμενα κεφάλαια μάθαμε αναλυτικά τον μηχανισμό δημιουργίας των κεραυνών και κατανοήσαμε ότι αυτό μπορούν να καταφέρουν ισχυρότατα πλήγματα *θερμικά, ηλεκτρικά, μηχανικά* σε οποιαδήποτε κατασκευή. Στο παρόν κεφάλαιο θα αναφερθούμε στον τρόπο διαμόρφωσης ενός συστήματος προστασίας.

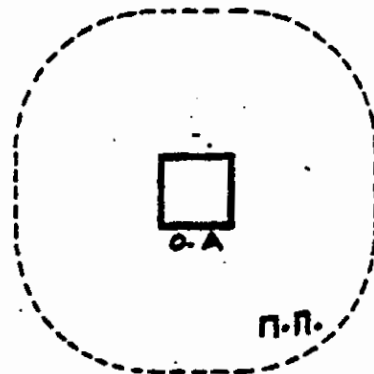
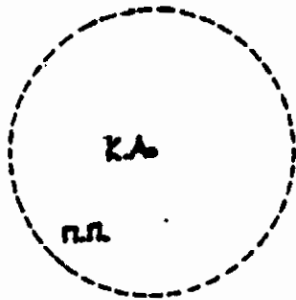
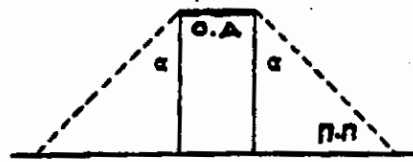
Γνωρίζοντας τα σχετικά για την απόσταση διάσπασης (*A.A.*), είναι δυνατόν γύρω από κάθε σημείο ενός κτίσματος να χαραχθεί ένας σφαιρικός τομέας, με ακτίνα την απόσταση διάσπασης. Οι τομείς που αντιστοιχούν στα διάφορα σημεία αλληλοτέμνονται. Αν επιτευχθεί, τομέας, που γράφονται με κέντρα σημεία στα οποία ένα πλήγμα κεραυνού είναι ακίνδυνο, να περιβάλλουν τους τομείς με κέντρα ευαίσθητα, σημεία, τότε η κατασκευή είναι απόλυτα προστατευμένη. Η μέθοδος αυτή ονομάζεται *ηλεκτρογεωμετρική* και εφαρμόζεται κυρίως στην σχεδίαση της προστασίας γραμμών μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Εδώ αξίζει να θυμηθούμε πως η (*A.A.*) $\propto I_0^{0,65}$ και επομένως ο όγκος που καταλαμβάνει ο σφαιρικός τομέας εξαρτάται από το ρεύμα του κεραυνού που πρόκειται να εκφορτισθεί *είναι μεγαλύτερος για μεγαλύτερο ρεύμα.*

Έτσι όμως είναι δυνατό ένα ικανοποιημένο σύστημα προστασίας από ασθενέστερα πλήγματα.

Για ένα κτίσμα μικρών σχετικά διαστάσεων το αποτέλεσμα αυτό μπορεί να επιτευχθεί με μια μόνη γειωμένη ράβδο - τη ράβδο του FRANKLIN. Ο ίδιος ο FRANKLIN συνιστούσε για κτίσματα μεγάλων σχετικά διαστάσεων την χρησιμοποίηση δύο ή περισσότερων ράβδων συνδεδεμένων μεταξύ τους. Σε σύγχρονα συστήματα προστασίας οι ράβδοι έχουν αντικατασταθεί με έναν γειωμένο κλωβό αγωγών που περιβάλλει το κτίσμα.

Η λειτουργία του κλωβού αυτού κάνει χρήση και της αρχής πως για να αναπτυχθεί σε κάποια θέση της κατασκευής υψηλή πεδιακή ένταση ώστε να εκπηδήσει από αυτή ένας συνδετικός οχετός, πρέπει να υπάρχει δυνατότητα ταχείας μετακίνησης φορτίων από την λοιπή μάζα της κατασκευής προς την θέση αυτή. Όμως είναι γνωστό ότι, η ταχύτητα μετακίνησης φορτίων μέσα σε ένα σώμα είναι ανάλογη με την ειδική του αγωγιμότητα. Ο μεταλλικός κλωβός που περιβάλλει το κτίσμα και παρουσιάζει, μεγαλύτερη αγωγιμότητα από τα λοιπά τμήματα του κτίσματος έχει την ικανότητα ταχύτερης μεταφοράς, φορτίων και ανάπτυξης του αναγκαίου πεδίου για την εκκίνηση από αυτόν του συνδετικού οχετού.

Στο παρακάτω σχήμα παραθέτουμε έναν κάθετο αγωγό, ένα οριζόντιο, εναέριο κύκλωμα και δύο γειτονικούς κάθετους ιστούς καθώς και τις περιοχές προστασίας που δημιουργούν αυτά τα συστήματα, σχήμα 10.

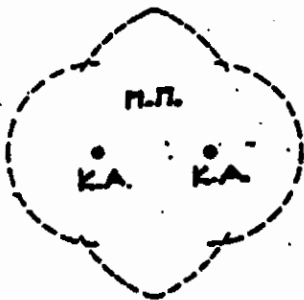


(α)

Άκλός κάθετος άγωγός

(β)

Όριζόντιο έναέριο κύκλωμα



π.π. περιοχή προστασίας

Κ.Α. κάθετος άγωγός

Ο.Α. όριζόντιος άγωγός

(δ) Γειτονικοί κάθετοι ίστοί

Σχήμα 10: Η περιοχή προστασίας.

1.11 ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΣΥΛΛΗΨΗΣ ΤΟΥ ΚΕΡΑΥΝΟΥ.

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία θα μελετηθεί η βελτίωση του συστήματος προστασίας με την βοήθεια παράλληλων συρμάτων εκτιθέμενων σε κατακόρυφο διάκενο των 8cm. Επιπλέον τίθεται μεταλλική πλάκα κάτω από τους παράλληλους αγωγούς μέσα στην καθαρή άμμο σε βάθος μερικών εκατοστών ώστε να μελετηθεί εκ νέου η συμπεριφορά. Γι' αυτόν τον λόγο πρέπει να αναφερθούν ορισμένα πράγματα για το εναέριο κύκλωμα προστασίας, για τους αγωγούς καθόδου και το κύκλωμα γείωσης, μέσω του οποίου πετυχαίνεται εκφόρτιση του ρεύματος κεραυνού στη γη μεταφερόμενο από τους αγωγούς καθόδου.

Ένας τέτοιος κλωβός προστασίας αποτελείται από ένα εναέριο κύκλωμα, από αγωγούς καθόδου και από το κύκλωμα γείωσης με τα ηλεκτρόδια γείωσης που πετυχαίνουν την εκφόρτιση του ρεύματος του κεραυνού στην γη μέσω των αγωγών καθόδου.

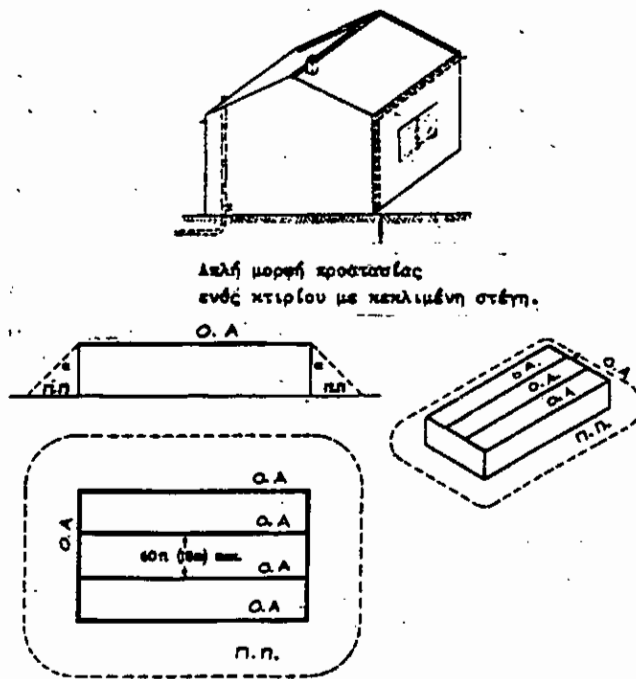
Το εναέριο κύκλωμα, ενός συστήματος προστασίας, έχει σκοπό να συλλαμβάνει τα πλήγματα, προφυλάσσοντας έτσι την κατασκευή. Αυτός ο σκοπός όμως, αμέσως μας θέτει ένα βασικό πρόβλημα. Όπως γνωρίζουμε η απόσταση μέσα στην οποία ένας απαγωγέας κεραυνών, οποιουδήποτε σχήματος, συλλαμβάνει ένα πλήγμα, είναι σταθερή, αλλά εξαρτάται από την δριμύτητα του κεραυνού. Επομένως ο μόνος τρόπος για να συλληφθούν όλα τα πλήγματα είναι η τοποθέτηση αγωγών πολύ κοντά μεταξύ τους.

Αυτό όμως πέρα από τα άλλα προβλήματα που μπορεί να δημιουργήσει είναι και ανποικονομικό και ακαλαίσθητο. Γι' αυτό πάντοτε επιδιώκεται η βέλτιστη λύση, έχοντας υπ' όψιν

μας ότι ένα πλήγμα που θα παρακάμψει το σύστημα προστασίας δεν έχει συνήθως μεγάλη ένταση και επομένως η ζημιά που θα προκαλέσει θα είναι μικρή.

Στο σχήμα 11 Φαίνεται μια απλή μορφή ενός κυκλώματος προστασίας. Εδώ φαίνεται πως το εναέριο κύκλωμα αποτελείται από αγωγούς που σχηματίζουν βρόχους. Επίσης στο σχήμα φαίνεται ότι χρησιμοποιούνται οι υδροροές ως μέρος του εναέριου κυκλώματος και ως αγωγοί καθόδου. Η καμινάδα προστατεύεται και αυτή από ένα βρόχο αγωγών, ο οποίος ενώνεται με το υπόλοιπο κύκλωμα.

Στο σχήμα 11 φαίνεται επίσης το εναέριο κύκλωμα σε ένα κτίριο με επίπεδη οροφή, όπως και η ζώνη προστασίας που αυτό δημιουργεί.



ισχύει σε διάφορες χώρες.

Σχήμα 11

Το συνηθισμένο πλάτος των βρόχων που σχηματίζουν οι αγωγοί είναι 15 με 20m ενώ ο παρακάτω πίνακας 1 μας δίνει την μέγιστη απόσταση μεταξύ των παραλλήλων αγωγών που

Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι τα πλήγματα που μπορούν να παρακάμψουν ένα βρόχο 20-20 έχουν ρεύμα 4ΚΑ ή μικρότερο, ενώ για βρόχους 10-10 η τιμή αυτή μειώνεται στα 1,8ΚΑ και μικρότερο.

Παλαιότερα χρησιμοποιούντο και μικροί τερματικοί ιστοί στις γωνίες των βρόγχων, οι οποίοι όμως, στους σύγχρονους κανονισμούς, έχουν καταργηθεί ως περιττοί.

ΧΩΡΑ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΣΕ ΜΕΤΡΑ
Αυστραλία	18
Αυστρία	20
Μ. Βρετανία	18
Ολλανδία	20
Ουγγαρία	20 X 30
Ελβετία	15
Η.Π.Α.	16

Κλείνοντας την μικρή παρουσίαση του εναέριου κυκλώματος προστασίας, πρέπει να αναφέρουμε, ότι όλα τα μεταλλικά αντικείμενα πάνω ή κάτω από την οροφή, πρέπει να συνδέονται ηλεκτρικά με αυτό για την αποφυγή του κινδύνου των εσωτερικών διασπάσεων· εσωτερική διάσπαση είναι η διάσπαση που μπορεί να συμβεί μεταξύ των αγωγών του συστήματος προστασίας και των εσωτερικών αγωγίμων επιφανειών του κτιρίου, ενώ σε πολλές περιπτώσεις οι μεταλλικές οροφές που έχουν ορισμένα κτίρια, μπορούν να ενσωματωθούν στο σύστημα προστασίας.

Οι αγωγοί καθόδου είναι εκείνο το μέρος του κυκλώματος που βοηθά στην μεταφορά του ρεύματος ενός πλήγματος, που συνελήφθη από το εναέριο κύκλωμα, Στο κύκλωμα γείωσης, όπου θα εκφορτισθεί. Βέβαια εδώ πρέπει να ειπωθεί ότι η επαγωγική αντίσταση των αγωγών καθόδου

μπορεί να προκαλέσει υπερτάσεις μεταξύ των υψηλότερων σημείων του κυκλώματος προστασίας και του κυκλώματος γείωσης. Οι υπερτάσεις αυτές μπορεί να οδηγήσουν στις λεγόμενες εσωτερικές διασπάσεις, SIDE FLASHES, οι οποίες είναι επικίνδυνες. Επομένως μειώνοντας τον δρόμο μεταφοράς, μειώνεται η επαγωγική αντίσταση και μαζί με αυτή όλα τα άλλα επικίνδυνα επακόλουθα υπερτάσεις, διασπάσεις.

Θεωρώντας τώρα ότι η επαγωγική αντίσταση είναι ανάλογη του μήκους του αγωγού, τότε μπορούμε να κάνουμε την απλή σκέψη, ότι δύο αγωγοί καθόλου, σε αρκετή απόσταση μεταξύ τους, θα μπορούσαν να μειώσουν την επαγωγική αντίσταση στον μισό σε σχέση με αυτή του ενός μόνο αγωγού. Η απόσταση των δύο αυτών παράλληλων αγωγών πρέπει να είναι μεγαλύτερη των 10m, για να μην υπάρχει αμοιβαία επαγωγική αντίσταση.

Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε, ότι για κάθε κτίριο απαιτούνται τουλάχιστον δύο αγωγοί καθόδου, στις απέναντι γωνίες του κτίσματος, αυξανόμενοι κατά ένα για κάθε 20 έως 30m περιμέτρου του κτιρίου, συμμετρικά κατανεμημένοι γύρω από αυτό.

Βέβαια πολλές φορές, αλλά με μεγάλη προσοχή, χρησιμοποιούνται ως αγωγοί καθόλου οι μεταλλικοί σκελετοί των κτιρίων, το οπλισμένο σκυρόδεμα, οι υδροροές, οι σωλήνες κλιματισμούς καθώς και άλλα μεταλλικά μέρη.

Το κύκλωμα γείωσης σκοπό έχει να κάνει δυνατή την εκφόρτιση του ρεύματος ενός πλήγματος κεραυνού μέσα στη γη, διαμέσου ενός μεταλλικού μέρους, του ηλεκτροδίου γείωσης, το οποίο είναι θαμμένο στο έδαφος.

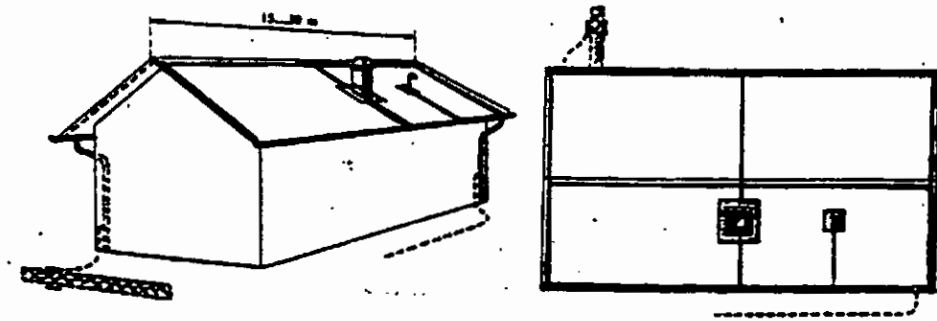
Η αντίσταση γείωσης του ηλεκτροδίου γείωσης, το οποίο είναι θαμμένο στο έδαφος.

Η αντίσταση γείωσης του ηλεκτροδίου αυτού, για ένα δοσμένο ρεύμα εκκένωσης κεραυνού, είναι ο λόγος της διαφοράς δυναμικού μεταξύ ενός σημείου του ηλεκτροδίου και ενός σημείου του εδάφους, σε *VOLTS*, προς το ρεύμα εκκένωσης σε *AMPERES*.

Η αντίσταση γείωσης επομένως, είναι η ωμική, αντίσταση του περιβάλλοντος του ηλεκτροδίου και όχι κάποια επιφανειακή αντίστασή του.

Ως ηλεκτρόδια γείωσης μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε απλές ή πολλαπλές ράβδους ή ηλεκτρόδια ταινίας τα οποία μπορούν να τοποθετηθούν είτε απλά, είτε σε πλέγμα.

Στο παρακάτω σχήμα 12 φαίνεται ένα ολοκληρωμένο σύστημα προστασίας:



Σχήμα 12:

Μετά από την μικρή και περιεκτική παρουσίαση του συστήματος προστασίας των κατασκευών, με την μέθοδο του κλωβού των αγωγών είναι στιγμή να αναφερθούμε στην προσπάθειά μας για μία βελτίωση του.

Ενθυμούμενοι, το εναέριο κύκλωμα προστασίας, θα σταθούμε στο σημείο, ότι αυτό αποτελείται βασικά από βρόχους μεταλλικών αγωγών. Η προσπάθειά μας, είναι να τοποθετήσουμε ανάμεσα στους *βασικούς αγωγούς*, παράλληλα σύρματα σε ίσες αποστάσεις μεταξύ τους ή παράλληλα και

κάθετα σύρματα σχηματίζοντας τετραγωνικά σχήματα. Με αυτό τον τρόπο, πιστεύουμε ότι θα μπορέσουμε να σταθούμε, σε ένα πιο αποτελεσματικό σύστημα προστασίας.

2. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.1 ΑΝΑΓΚΗ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΕΩΝ ΣΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ.

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 χεισιμών, 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 το 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.

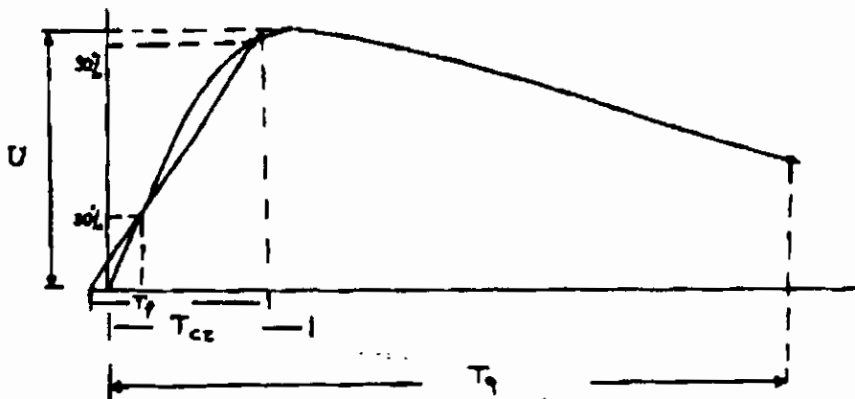
Η μελέτη αυτή, μπορεί να γίνει μέσα στα εργαστήρια, με καταπονήσεις όμοιες ή ισοδύναμες των ηλεκτρικών καταπονήσεων, που εμφανίζονται κατά τη λειτουργία μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης, πάνω στις μονώσεις. Οι πρώτες καταπονήσεις - δοκιμές που γίνανε, αφορούσαν την αντοχή της μόνωσης στην τάση του δικτύου. 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 σε αυτή, προκαλώντας έτσι βίαιες μετακινήσεις φορτίων, μέσα σε αυτή, με αποτέλεσμα την εμφάνιση υπερτάσεων, υπό μορφή κυμάτων. Βεβαίως τέτοιες υποθέσεις, 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 τον λόγο, η μελέτη στο εργαστήριο, ενός συστήματος προστασίας, είναι αναγκαία και ωφέλιμη.

2.2 ΚΡΟΥΣΤΙΚΕΣ ΤΑΣΕΙΣ.

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 13 και είναι μία μονώροφη τάση με μικρή διάρκεια.



Σχήμα 13: Κρουστική τάση.

Οι παράμετροι, που προσεγγιστικά προσδιορίζουν την διπλοεκθετική κρουστική τάση, που είναι της μορφής $V(t) = U \cdot (e^{-a_1 \cdot t} - e^{-a_2 \cdot t})$, είναι:

- 1) Η πραγματική διάρκεια μετώπου, δηλαδή ο χρόνος T_r από την αρχή, μέχρι την στιγμή που η τάση παίρνει την μέγιστη τιμή της.
- 2) Η διάρκεια ουράς T_q , που είναι ο χρόνος από την αρχή, μέχρι η τάση να πέσει στο μισό της τιμής κορυφής της.
- 3) Το εύρος της τάσης τιμή κορυφής.

Η διάρκεια ουράς, ονομάζεται και διάρκεια μισού εύρους για προφανείς λόγους. Εκτός από την πραγματική διάρκεια μετώπου T_{σ} , μπορεί να οριστεί και ένας συμβατικός χρόνος T_f , παίρνοντας τα σημεία $0,3 \cdot U$ ή σύμφωνα με άλλους κανονισμούς $0,1 \cdot U$ και $0,9 \cdot U$, όταν ανεβαίνει, η τάση από την τιμή μηδέν, στην τιμή κορυφής U μέτωπο της κρουστικής τάσης. Μία κρουστική τάση, με μέτωπο T_{σ} και ουρά T_q , σε μsec , συμβολίζεται με το σύμβολο $\frac{T_{\sigma}}{T_q}$ ή $\frac{T_f}{T_p}$.

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_{σ} 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 τρόπο T_q .

Έτσι λοιπόν, η κλίση του μετώπου μαζί με τον χρόνο T_f ή T_{σ} , 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 $\frac{T_{\sigma}}{T_q}$ ή $\frac{T_f}{T_q}$ σε μsec όπως προαναφέρθηκε.

Για τον έλεγχο της μόνωσης, έναντι κεραυνών, έχει τυποποιηθεί η κρουστική τάση, με διάρκεια μετώπου $T_f = 1,2 \mu\text{sec}$ και διάρκεια ουράς $T_q = 50 \mu\text{sec}$.

Στην συγκεκριμένη διπλωματική εργασία, οι δοκιμές στο εργαστήριο, περιλαμβάνουν κρουστική τάση της μορφής

$$\frac{(T_f = 1\mu\text{sec})}{(T_q = 36\mu\text{sec})}$$

2.3 ΙΣΟΔΥΝΑΜΙΑ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΩΝ ΜΕ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΚΡΟΥΣΤΙΚΕΣ ΤΑΣΕΙΣ.

Από τα τρία είδη των ηλεκτρικών καταπονήσεων κανονική τάση λειτουργίας, ατμοσφαιρικές υπερτάσεις και υπερτάσεις χειρισμών, οι δύο 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 μεσουψηλών τάσεων, μέχρι 300KV 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 KV , 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*. Στον πίνακα 1, του κεφαλαίου 1, δίνεται μια συλλογή παραμέτρων, του κεραυνού, από παρατηρήσεις του BERGER, στον σταθμό San Salvatore, της νότιας Ελβετίας. Από τον πίνακα αυτό, βλέπουμε ότι η κρουστική τάση $\frac{1,2}{50} \mu sec$, που χρησιμοποιείται στο εργαστήριο, σαν μία εξομοίωση των ατμοσφαιρικών υπερτάσεων, πλησιάζει αρκετά την μέση τιμή, των παρατηθέντων κεραυνών.

Στο εργαστήριο χρησιμοποιούμε την κρουστική γεννήτρια, η οποία μας δίνει κρουστική τάση της μορφής $\frac{1}{36} \mu sec$, αρνητικής πολικότητας. Στο έδαφος βρίσκονται δύο παράλληλοι αγωγοί κάθε φορά. Μεταβάλλοντας τώρα την απόσταση των αγωγών, κρατώντας την απόσταση του διακένου σταθερή, μεταξύ κατακόρυφης ράβδου και παράλληλων συρμάτων παρατηρούμε, για διαφορετικές τάσεις και για πολλές δοκιμές, πιο από τα συστήματα, είναι πιο αποτελεσματικά στο να *συλλέξει* τους κεραυνούς *διασπάσεις*, όταν αυτοί προκληθούν.

Στην επόμενη παράγραφο, δίνονται μερικά στοιχεία για την χρησιμοποιούμενη κρουστική γεννήτρια.

2.4 ΚΡΟΥΣΤΙΚΗ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ / 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:

1) Υψηλές εναλλασσόμενες τάσεις έως $80KV_{RMS}$, $\frac{50}{60} Hz$, χρησιμοποιώντας μόνο τον μετασχηματιστή, το πρωτεύον του οποίου συνδέεται στο δίκτυο 220 ή 110VOLT. Η

ονομαστική ισχύς του μετασχηματιστή είναι 5KVA για συνεχή φόρτιση και 7,5KVA για μέγιστη φόρτιση 10min.

2) Υψηλές συνεχείς τάσεις μέσω τριών ανορθωτικών διατάξεων μισού κύματος 100, 200 και 400KV. Εδώ χρησιμοποιούνται δίοδοι υψηλής τάσεως. Η γεννήτρια 100KV_{DC} είναι απλή ανόρθωση με εξομάλυνση πυκνωτού όπου μία δίοδος και ένας πυκνωτής συνδέονται σε σειρά στο δευτερεύον του μετασχηματιστή. Οι γεννήτριες των 220KV_{DC} και 400KV_{DC} είναι ανορθωτικές διατάξεις διπλασιασμού και τετραπλασιασμού τάσης που πάλι συνδέονται στο δευτερεύον του μετασχηματιστή.

3) Υψηλές κρουστικές τάσεις μέσω τριών κρουστικών γεννητριών 100KV, 200KV & 400KV. Από αυτές τις γεννήτριες με κατάλληλη αλλαγή των αντιστάσεων ουράς και μετώπου, παράγονται κρουστικές τάσεις κεραυνών $\frac{1,2}{50} \mu\text{sec}$ και κρουστικές τάσεις χειρισμών $\frac{250}{2500} \mu\text{sec}$. Στην περίπτωση μας η κρουστική τάση που παράγεται είναι της μορφής $\frac{1}{36} \mu\text{sec}$, και φυσικά αρνητικής πολικότητας.

Οι κρουστικές γεννήτριες των 100 και 200KV είναι μονοβάθμιες κρουστικές γεννήτριες με την διαφορά ότι η μεν πρώτη χρησιμοποιεί σαν πηγή συνεχούς τάσεως την DC γεννήτρια με έξοδο 100KV, ενώ η δεύτερη αυτήν με 200KV_{DC}. Η κρουστική γεννήτρια των 400KV είναι διβάθμια και χρησιμοποιεί την γεννήτρια συνεχούς τάσεως 200KV_{DC}.

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

2.5 ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ ΤΗΣ ΚΡΟΥΣΤΙΚΗΣ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

Το ηλεκτρικό κύκλωμα της κρουστικής γεννήτριας του εργαστηρίου των 400KV φαίνεται στο σχήμα 14 τα στοιχεία του οποίου εξηγούνται παρακάτω:

TH	Μετασχηματιστής, $\frac{230}{80000}V$, 5KVA, $\frac{50}{60}Hz$.
CSS2	Πυκνωτής, 100KV _{DC} , 2nF.
D	Δίοδος υψηλής τάσης, 100KV, 20mA.
CS	Πυκνωτής βαλβίδας, 200KV _{DC} , 15nF.
RM1	Ωμικός καταμεριστής, 200KV _{DC} , 800MΩ.
EW	Αντίσταση γείωσης, 200KV _{DC} , 25KΩ.
ES	Διακόπτης γείωσης.
MF1, MF2	Σπινθηριστές με πολλαπλά διάκενα.
RL	Αντίσταση φορτίσεως, 200KV, 10MΩ.
CK, RCK	Σύνθεση-ενίσχυση παλμών IV με MF1, C _K =1550pF.
RP	Αντιστάσεις ουράς.
RS	Αντιστάσεις μετώπου.
CST	Χωρητικός καταμεριστής, 80KV _{RMS} , 400KV κρουστικής 500pF, χρόνος απόκρισης 100nsec.
SB	Κουτί ελέγχου Control Box Type 273.
IV	Ενισχυτής παλμών IMPULSE AMPLIFIER TYPE 35.
SV	Κρουστικό βολτόμετρο impulse peak, voltmeter ipn, type 65.
EST	Κοντάρι γείωσης.

Για την στήριξη της γεννήτριας χρησιμοποιούνται επίσης τα εξής:

FGS	Κινητή βάση για τον μετασχηματιστή και των ανορθωτή.
FGS	Κινητή βάση για την κυρίως κρουστική γεννήτρια.
IS	Μονωτήρας - υποστήριγμα, $200KV_{dc}$.
VS	Αγώγιμη ράβδος σύνδεσης.

2.6 ΤΟΠΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΤΗΣ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ.

Η κρουστική γεννήτρια είναι τοποθετημένη πάνω σε δύο κυλιόμενες μεταλλικές βάσεις, τις **FGG** και **FGS** οι οποίες είναι γειωμένες.

Στην πρώτη βάση, είναι τοποθετημένοι ο μετασχηματιστής και ο ανορθωτής, δηλαδή από το σχήμα 15 ο **TH**, ο **CSS2**, οι δύο δίοδοι, ο πρώτος πυκνωτής **CS**, ο ωμικός καταμεριστής **RM1** και ο διακόπτης γείωσης **ES** μαζί με την αντίσταση γείωσης **EW**.

Στην δεύτερη βάση, βρίσκονται τα υπόλοιπα στοιχεία της κρουστικής γεννήτριας. Μεταξύ τους οι δύο βάσεις συνδέονται με μια αγώγιμη ράβδο σύνδεσης, την **VS**.

Πρακτικά η συνδεσμολογία, θα μπορούσε να χαρακτηριστεί κατακόρυφος από άποψη τάσης, δηλαδή όσο ανεβαίνουμε σε ύψος, ανεβαίνει και το επίπεδο τάσης. Οι βάσεις έχουν δυναμικό *μηδέν*, ενώ η κορυφή της γεννήτριας έχει δυναμικό $400KV$. Η οριζόντια και η κατακόρυφη διάταξη των στοιχείων είναι όπως φαίνεται στο σχήμα 15. Έτσι θα έχουμε:

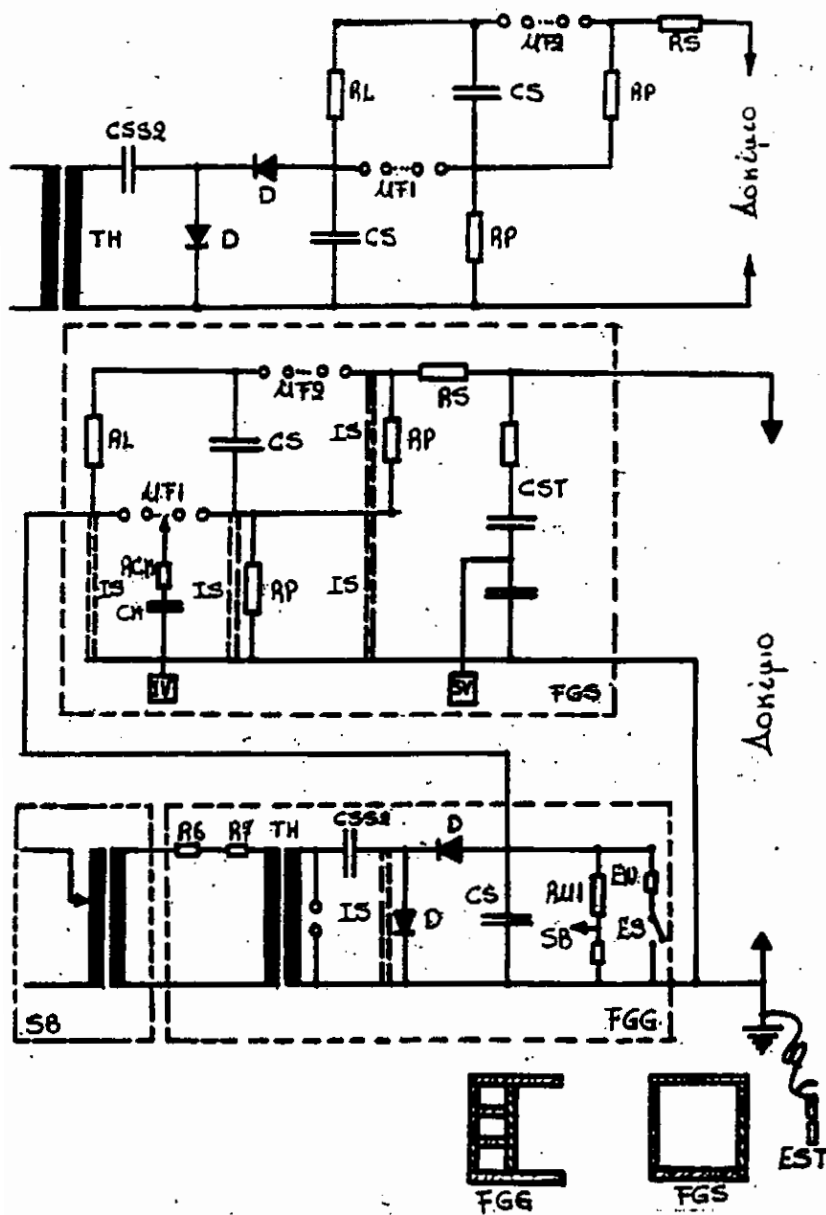
Στην μέση, περίπου, της πρώτης βάσης **FGG** είναι τοποθετημένος ο **M/T TH**. Στο άνω μέρος του **M/T**, που

βρίσκεται υπό τάση AC της τάξης των $75KV_{RMS}$, που ισούται με την τιμή των $100KV_{PEAK}$, συνδέεται οριζόντια ο πυκνωτής **GSS2**, το άλλο άκρο του οποίου ακουμπά πάνω σε ένα μονωτήρα υποστήριγμα, το **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 των $200KV_{DC}$ 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 τάσης. 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 **GS** και **RM1** τοποθετείται η αντίσταση γείωσης **EW**, σε τέτοια θέση ώστε να μπορεί η κεραία γείωσης του διακόπτη να κάνει επαφή.

Στην δεύτερη τετράγωνη βάση **FGS** είναι τοποθετημένος κατακόρυφα ένας μονωτήρας **IS**, η κορυφή του οποίου συνδέεται μέσω μιας αγωγίμη ράβδου της **VS** με την κοινή κορυφή των **GS** και **RM1** της πρώτης βάσης. Στη γειτονική γωνία υπάρχει άλλος ένας μονωτήρας **IS**, ο οποίος περικλείει και τις αντιστάσεις ουράς **RF** της πρώτης βαθμίδας της κρουστικής γεννήτριας για κρουστικές τάσεις χειρισμών

$$\frac{250}{2500} \mu\text{sec, rps.}$$



(a)Κυρίως ηλεκτρικό κύκλωμα, κρουστική γεννήτρια εργαστηρίου 400KV.
 (b)Ηλεκτρικό κύκλωμα της γεννήτριας, κάτοψης των δύο κινητών βάσεων.

Όταν θέλουμε π.χ. να παράγουμε κρουστικές τάσεις κεραυνών της μορφής $\frac{1,2}{50} \mu\text{sec}$, συνδέουμε παράλληλα στο **IS** με τις **RP** χειρισμών **rps**, τις αντιστάσεις ουράς **RE** για κρουστικές τάσεις κεραυνών **rpl**. Βλέπουμε ότι οι **RP** χειρισμών είναι μόνιμα συνδεδεμένες στην κρουστική γεννήτρια. Όταν όμως συνδέονται παράλληλα με τις **RP** κεραυνών, αμελούνται εξαιτίας της σχετικά μεγάλης τιμής των και της εν παραλλήλω σύνδεσης. Επάνω στους δύο μονωτήρες **IS** *κάθεται* ο πρώτος σπινθηριστής **MF1**. Κάτω από τον **MF1** υπάρχει ο ενισχυτής παλμών **IV**, βιδωμένος πάνω στη βάση, ο πυκνωτής και η αντίσταση σύνδεσης **CK** και **RCK**. Επάνω στον πρώτο **IS** τοποθετείται κατακόρυφα η αντίσταση φόρτισης **RL** και στο δεύτερο **IS** *με τις περικλειόμενες rps* ο δεύτερος πυκνωτής **CS** *με τις περικλειόμενες rps* ο δεύτερος πυκνωτής **CS**, οι κορυφές των οποίων συνδέονται με μία ράβδο σύνδεσης **VS**. Στην γειτονική γωνία του **GS** υπάρχει κατακόρυφα ένας μονωτήρας **IS**, η κορυφή του οποίου συνδέεται με το κάτω μέρος του **GS**. Πάνω σε αυτόν τον **IS** είναι τοποθετημένος άλλος ένας **IS**, ο οποίος περικλείει τις αντιστάσεις ουράς **rps** της δεύτερης βαθμίδας της κρουστικής γεννήτριας για παραγωγή κρουστικών χειρισμών, όπως στην πρώτη βαθμίδα. Στις κορυφές αυτού του **IS** και του **CS** της δεύτερης βαθμίδας είναι οριζόντια τοποθετημένος ο δεύτερος σπινθηριστής **MF2**. Στην τέταρτη γωνία της δεύτερης βάσης **FGS** είναι οριζόντια τοποθετημένος ο χωρητικός καταμεριστής **CST**. Μεταξύ του άκρου του **MF2**, που είναι συνδεδεμένος με το **IS**, που περικλείει τις **rps** της δεύτερης βαθμίδας 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 καθώς και σε συσκευές για τον έλεγχο της λειτουργίας της κρουστικής γεννήτριας. Επίσης επάνω στην πρώτη βάση FGG υπάρχουν δύο αντιστάσεις, δίπλα στον M/T TH.

Δίπλα επίσης στον M/T υπάρχει και ένα κιβώτιο διανομής καλωδίων.

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

- 1) Το κουτί ελέγχου SB, *Control Box Type 273-HAEFELY*.
- 2) Το κρουστικό βολτόμετρο SV, *IPV Type 65-HAEFELY*.

2.7 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΗΣ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ.

Η κρουστική γεννήτρια του εργαστηρίου αποτελείται από δύο βαθμίδες. Η κάθε βαθμίδα αποτελείται από ένα πυκνωτή CS, ένα σπινθηριστή MF1 ή MF2 και τις αντίστοιχες αντιστάσεις ουράς RF. Οι δύο βαθμίδες είναι τοποθετημένες με τέτοιο τρόπο ώστε να ισχύει η αρχή λειτουργίας των πολυβάθμιων γεννητριών, δηλαδή οι πυκνωτές CS να συνδέονται παράλληλα κατά την διάρκεια της φορτίσεώς τους από μια πηγή συνεχούς τάσης και σε σειρά κατά την διάρκεια της εκφορτίσεως.

Οι πυκνωτές CS φορτίζονται σε μια DC τάση 200KV και κατά την εν σειρά εκφόρτισή τους παράγεται μία κρουστική τάση 400KV.

Για να παραχθεί η υψηλή συνεχής τάση των 200KV_{DC} χρησιμοποιείται ο M/T υψηλής τάσης TH και μια ανορθωτική διάταξη μισού κύματος διπλασιασμού της τάσης.

Με το πρωτεύον του Μ/Τ ΤΗ συνδεδεμένο στο δίκτυο $220V, AC_{RMS}$ στο δευτερεύον παράγεται υψηλή AC τάση $75KV_{RMS}$.

Όταν η AC τάση του δευτερεύοντος του ΤΗ αρχίζει να γίνεται θετική, κατά την διάρκεια μιας περιόδου, άγει η πρώτη διάδος **D** έως ότου η τάση αποκτήσει την τιμή κορυφής της, περίπου $100KV$ και στην οποία φορτίζεται ο πυκνωτής **CSS2**. Στην ημιπερίοδο που ακολουθεί η τάση του δευτερεύοντος γίνεται αρνητική και μέσω της δεύτερης διάδου που άγει, ο πυκνωτής **CS** φορτίζεται στην αρνητική τάση των $200KV$ όταν η τάση του δευτερεύοντος φτάσει την μέγιστη αρνητική τιμή της, δηλαδή στο άθροισμα της τάσης του πυκνωτή **CSS2** και της αρνητικής τιμή κορυφής του δευτερεύοντος του Μ/Τ ΤΗ. Κατόπιν σταματά να άγει και η δεύτερη διάδος. Βλέπουμε λοιπόν ότι στα άκρα του πυκνωτή **CS** επικρατεί μία τάση της τάξης των $200KV_{DC}$.

Η απώλεια φορτίου που γίνεται από την εκφόρτιση του **CS** μέσω του ωμικού καταμεριστή **RM1** επανακτάται σε κάθε περίοδο επειδή άγει η δεύτερη, διάδος μόλις παρατηρηθεί μία διαφορά τάσης στα άκρα του **CS** είναι μικρή επειδή ο **RM1** έχει πολύ μεγάλη τιμή $800M\Omega$ με αποτέλεσμα η κυμάτωση της τάσης στα άκρα του **CS** να είναι μικρή και πρακτικά αυτή να θεωρείται συνεχής και ίση με $200KV_{DC}$.

Ο πυκνωτής **CS** της δεύτερης βαθμίδας είναι παράλληλα συνδεδεμένος με τον **CS** της πρώτης βαθμίδας μέσω της αντιστάσεως φόρτισης **RL**, με αποτέλεσμα να φορτίζεται και αυτός στην αρνητική συνεχή τάση των $200KV_{DC}$.

Η πολικότητα της τάσης φόρτισης των πυκνωτών εξαρτάται από τον τρόπο σύνδεσης των δύο διόδων **D**. Έτσι ανάλογα με την συνδεσμολογία των διόδων, οι πυκνωτές **CS** φορτίζονται σε αρνητική ή θετική ως προς την γη τάση και

άρα όταν εκφορτιστούν σειριακά παράγουν μιας ίδιας πολικότητας κρουστική τάση.

Μέσω λοιπόν της ανορθωτικής διάταξης, οι δύο πυκνωτές CS φορτίζονται σε μία DC τάση της τάξης των $200KV_{DC}$.

Άρα η συνολική ενέργεια που αποθηκεύεται στους πυκνωτές CS είναι: $W = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 15nF \cdot (200KV)^2 = 600Joule$.

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

Αμέσως μετά την διάσπαση των σπινθηριστών η συνολική τάση στα άκρα των δύο βαθμίδων γίνεται $400KV$ και σχηματίζεται ένα κύκλωμα με την εν σειρά σύνδεση των δύο πυκνωτών CS, της αντιστάσεως μετώπου RS και της χωρητικότητας του δοκιμίου Cb, ενώ παράλληλα με κάθε φορτισμένο πυκνωτή CS υπάρχει και μία αντίσταση ουράς RP. Η αντίσταση φόρτισης RL παραλείπεται, διότι είναι συνδεδεμένη παράλληλα με την κατά πολύ μικρότερη της αντίσταση ουράς RP της δεύτερης βαθμίδας. Μέσα στο κύκλωμα αυτό ρέει ένα ρεύμα μέσω της αντίστασης μετώπου RS, προς την χωρητικότητα δοκιμίου Cb, που αυξάνει την τάση του Cb σε μία τιμή λίγο μικρότερη από $400KV$, ανάλογα με τον βαθμό απόδοσης της γεννήτριας, σχηματίζοντας το μέτωπο της κρουστικής τάσης. Κατόπιν οι δύο πυκνωτές CS και ο Cb εκφορτίζονται μέσω του RP και RS, η τάση στα άκρα του Cb πέφτει προς το μηδέν, σχηματίζοντας την ουρά της κρουστικής τάσης.

Από τους διεθνείς κανονισμούς επιβάλλεται η τιμή των **CS** να είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτήν του **Cb**. Αυτό σημαίνει πρακτικά ότι ο ρυθμός φόρτισης ή εκφόρτισης του **Cb** είναι πολύ μεγαλύτερος από τον αντίστοιχο ρυθμό του **CS**, ή αλλιώς ότι ο **CS** είναι αρκετά *δυνατότερος* του **Cb**. Συνεπώς κατά τον σχηματισμό του μετώπου της κρουστικής τάσης, οι δύο πυκνωτές μπορούν να θεωρηθούν σαν σταθερές πηγές *DC* τάσης και η διάρκεια μετώπου θα εξαρτάται κυρίως από την σταθερά φόρτισης του **Cb**, ήτοι ανάλογη της σταθεράς χρόνου $RS \times Cb$. Κατά τον σχηματισμό όμως της ουράς, αυτό που κυρίως καθορίζει τον ρυθμό πτώσης στα άκρα του **Cb**, θα είναι ο ρυθμός εκφόρτισης των δυνατότερων **CS**, δηλαδή η διάρκεια ουράς *μισού πλάτους*, θα εξαρτάται κυρίως από την σταθερά χρόνου $CS \times RP$.

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

Με την κρουστική 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 *M/T* του κουτιού ελέγχου, ο οποίος τροφοδοτεί το πρωτεύον του *M/T*. υψηλής τάσης **TH**, με *AC* τάση από $0-200V_{RMS}$. Έτσι η τάση δευτερεύοντος του **TH**, μεταβάλλεται από $0-75KV_{RMS}$ $0-100KV_{Peak}$, η τάση φόρτισης των πυκνωτών **CS** από $0-200KV_{DC}$ και τέλος η τιμή κορυφής της κρουστικής από $0-400KV$ περίπου, ανάλογα με τον συντελεστή απόδοσης που εξαρτάται από το δοκίμιο.

Οι πολυβάθμιες κρουστικές γεννήτριες ισοδυναμούν με μία μονοβάθμια με την αντίσταση ουράς προς την αντίσταση ουράς προς την πλευρά της γεννήτριας.

Μετά την παρουσίαση της κρουστικής γεννήτριας, καθώς επίσης και της χρησιμότητας των κρουστικών τάσεων, που αυτές παράγουν, στο επόμενο κεφάλαιο, θα παρουσιασθεί ο τρόπος της επεξεργασίας των μετρήσεων, που πρέπει να γίνουν.

3. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.

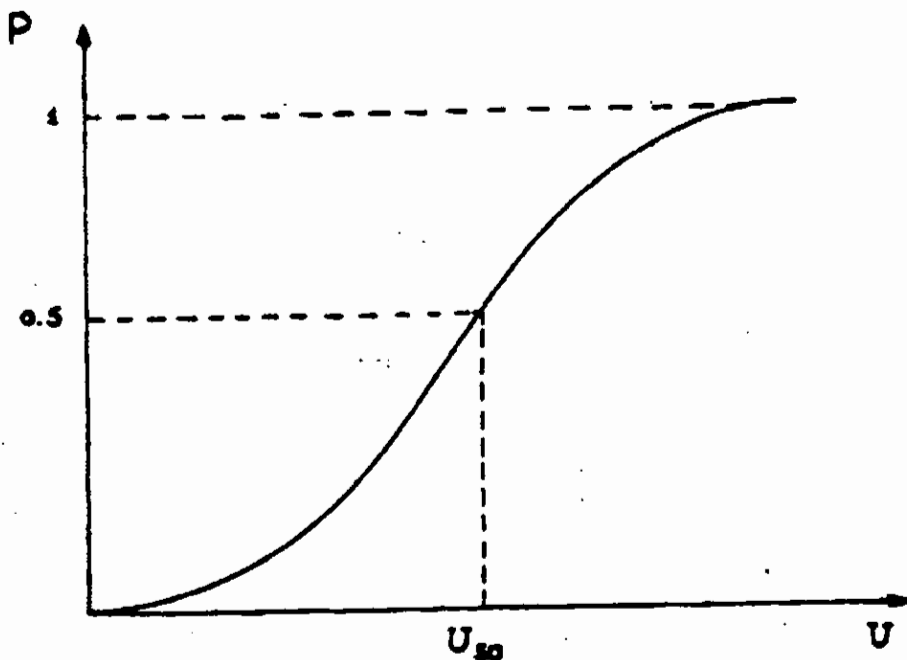
3.1 ΓΕΝΙΚΑ.

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

3.2 ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΗΣ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑΣ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ ΜΕ ΚΡΟΥΣΤΙΚΕΣ ΤΑΣΕΙΣ.

Αν μία κρουστική τάση με σταθερή μορφή και εύρος U_k , εφαρμοζόμενη σε ένα διάκενο η_k φορές, προκαλεί X_k διασπάσεις ο λόγος $P_k = \frac{X_k}{\eta_k}$ ορίζεται σαν η πιθανότητα

διάσπασης, του διακένου 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 μία καμπύλη σχήμα 15. η μορφή της οποίας, εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του διακένου. Η τιμή U_k 50% της τάσης, που αντιστοιχεί σε πιθανότητα διάσπασης $P_k = 50\%$ ονομάζεται *κριτική τάση διάσπασης* ή απλώς *τάση διάσπασης 50%*.



Κατανομή της πιθανότητας διάσπασης με κρουστική τάση.

Παρ' όλο που η συνάρτηση $P_k = f(U_k)$ 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: $P_k = f(U_k) = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi} \cdot \sigma} \int_{-\infty}^{U_k} e^{-\frac{(U-U_{k0})^2}{2 \cdot \sigma^2}} dU$.

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

Για τον καθορισμό μιας κανονικής κατανομής, επαρκούν δύο παράμετροι: το εύρος U_k 50% και η τυπική απόκλιση σ_k . Για την εκτίμηση των καταλληλότερων τιμών, των παραμέτρων U_k 50% και σ_k που αντιστοιχούν σε ένα ορισμένο διάκενο, καθορίζονται πειραματικά πολλά ζεύγη τιμών $P_k - U_k$ και κατόπιν είτε γραφικά είτε με μεθόδους παρεμβολής καθορίζεται η συνάρτηση $P_k = f(U_k)$, από όπου βρίσκουμε τα U_k 50% και σ_k .

Ένας απλός γραφικός τρόπος, για τον καθορισμό των παραμέτρων της συνάρτησης $P_k = f(U_k)$ είναι η χρησιμοποίηση ενός φύλλου κανονικής κατανομής σαν αυτό του σχήματος 16.

Εδώ, όπως άλλωστε φαίνεται, η κλίμακα των P_k , δίνεται από την σχέση: $P_k = f(U_k) = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi} \cdot \sigma} \int_{-\infty}^{U_k} e^{-\frac{(U-U_{k0})^2}{2 \cdot \sigma^2}} dU$.

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

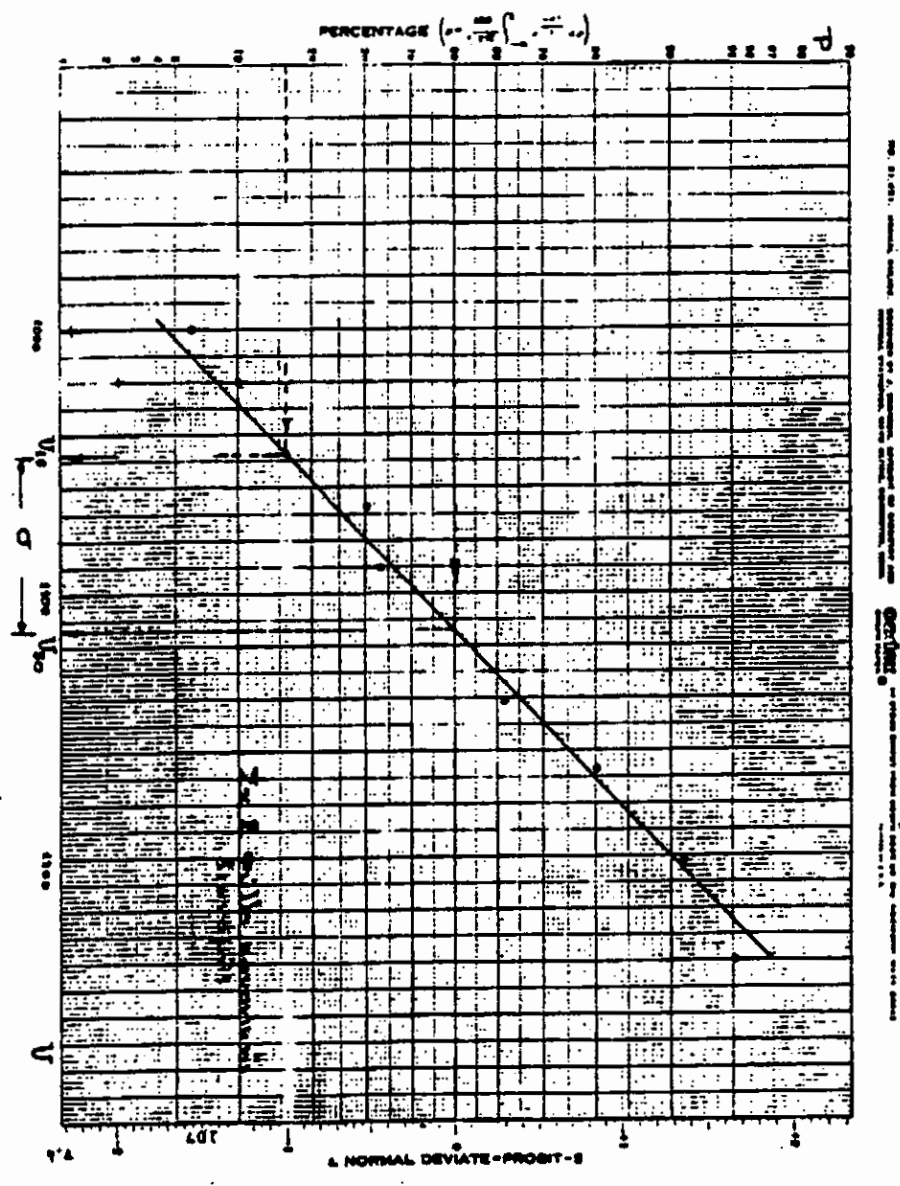
Καθορίζονται από πειράματα, μερικά ζεύγη τιμών $P_k - U_k$ και τοποθετώντας τα, σε ένα τέτοιο φύλλο, είναι δυνατό να χαραχθεί οπτικά, η πιο κατάλληλη ευθεία, που παρεμβάλλεται σε αυτά τα σημεία. Η ακρίβεια που παρέχει η μέθοδος αυτή, είναι επαρκής για τις περισσότερες εφαρμογές, με την προϋπόθεση πως τα πειραματικά αποτελέσματα, δεν

αποκλίνουν σημαντικά από μία κατανομή. Όταν γίνει ο καθορισμός της καταλληλότερης ευθείας, που αντιπροσωπεύει το πείραμα, καθορισμός αυτός περιγράφεται παρακάτω τα U_k 50% και σ_k , που χαρακτηρίζουν το διάκενο, καθορίζονται γραφικά, όπως φαίνεται στο σχήμα 16. Για συνήθεις εφαρμογές, 4-5 ζεύγη τιμών $P_k - U_k$, θεωρούνται αρκετά, για τον καθορισμό της ευθείας, που παριστάνει την κατανομή και κατά συνέπεια των U_k 50% και σ_k .

Όπως φαίνεται οπτικά από το σχήμα 16 όταν επιδιώκεται ο ακριβέστερος καθορισμός του U_k 50%, τα ζεύγη $P_k - U_k$, πρέπει να πλησιάζουν κατά το δυνατόν το ζεύγος $P_{50\%} - U_{50\%}$ ενώ όταν επιδιώκεται ο ακριβέστερος καθορισμός του σ_k , τα ζεύγη $P_k - U_k$, πρέπει να πλησιάζουν περισσότερο τις τιμές $P_{k0} - U_{k0}$ και $P_{k100} - U_{k100}$. Συνήθως γίνεται ένας συγκερασμός των δύο απαντήσεων και επιδιώκεται τα πειραματικά ζεύγη, σημεία να καλύπτουν την περιοχή από $P_k = 5-10\%$ μέχρι $P_k = 80-90\%$.

3.3 ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΕΥΤΙΚΟΤΕΡΗΣ ΚΑΝΟΝΙΚΗΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΜΙΑΣ ΣΕΙΡΑΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.

Αν σε ένα ορισμένο διάκενο, εφαρμοστεί n_k φορές, η τάση U_k θα προκύψει η πιθανότητα διάσπασης P_k και το ζεύγος $U_k - P_k$, θα παριστάνεται σε ένα σύστημα συντεταγμένων $U_k - P_k$, από ένα σημείο.



Σχήμα 16: Φύλλο κανονικής κατανομής.

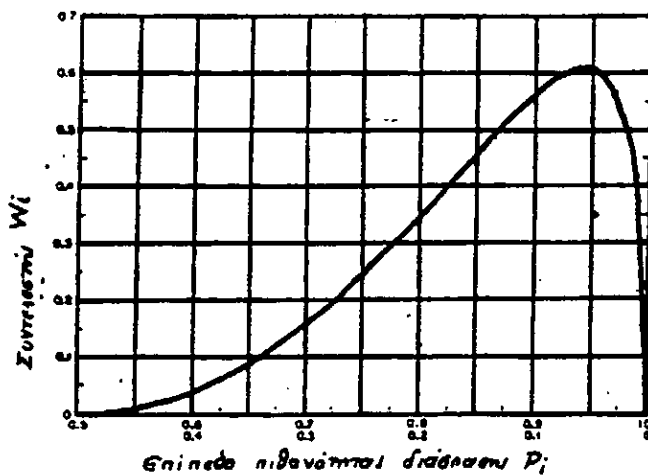
Αν η πιθανότητα P_k , ακολουθεί θεωρητικά μια κανονική κατανομή και η κλίμακα των P_k , έχει καθοριστεί με βάση την εξίσωση (I), τότε τα σημεία που αντιστοιχούν στα διάφορα ζεύγη τιμών $P_k - U_k$ θα πρέπει θεωρητικά να κείνται πάνω σε μία ευθεία. Έτσι, το πρόβλημα αναζήτησης της αντιπροσωπευτικότερης κανονικής κατανομής, των σημείων $P_k - U_k$, μετατρέπεται σε ένα πρόβλημα γραμμικής παρεμβολής, κατάλληλα προσαρμοσμένης στην παρούσα περίπτωση, όπως περιγράφεται πιο κάτω.

Από τα διάφορα σημεία $P_k - U_k$, τοποθετούνται πάνω σε ένα φύλλο κανονικής κατανομής, σχήμα 16 μια πρόχειρη εκτίμηση της κριτικής τάσης $U_k 50\%$ 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 16. Η καταλληλότερη θέση της ευθείας αυτής, διορθώνεται στην συνέχεια με διαδοχικές προσεγγίσεις, ξεκινώντας από την υπόθεση, πως η μία από τις δύο παραμέτρους $U_k 50\%$ ή σ_k , που καθορίστηκαν όπως πιο πάνω, αποτελεί ήδη την καλλίτερη δυνατή εκτίμηση και βάση αυτής της παράδοσης, επιδιώκεται η διόρθωση της άλλης παραμέτρου. Επειδή, από την πρώτη οπτική εκτίμηση η $U_k 50\%$, καθορίζεται με καλλίτερη προσέγγιση παρά η σ_k , η μέθοδος των διαδοχικών προσεγγίσεων, αρχίζει με την παραδοχή πως η παράμετρος $U_k 50\%$ είναι γνωστή και αναζητιέται η αντιπροσωπευτικότερη τιμή του σ_k . Θεωρώντας το σημείο $P_{k50\%} - U_{k50\%}$ γνωστό, κάθε σημείο $P_k - U_k$, ενώνεται με μία ευθεία, με το $P_{k50\%} - U_{k50\%}$ και από κάθε μία από τις ευθείες αυτές εκτιμάται ένα σ_k , από την σχέση $\sigma_k = U_{k50\%} - U_{k16\%}$.

Η μέση τιμή όλων αυτών των σ_k , αποτελεί την καλλίτερη εκτίμηση των σ_k , με την προϋπόθεση, πως σε κάθε σ_k , έχει δοθεί ένας συντελεστής βαρύτητας, με τον οποίο λαμβάνεται υπ' όψη αφ' ενός ο αριθμός η_k εφαρμογών της τάσης, που χρησιμοποιήθηκαν, για τον καθορισμό του σημείου $P_k - U_k$ και αφ' ετέρου, το επίπεδο της πιθανότητας P_k , στην οποία αντιστοιχεί το σημείο $P_k - U_k$.

Ο συντελεστής βαρύτητας που αναφέρεται στον αριθμό εφαρμογών της τάσης, είναι αυτός ο ίδιος ο αριθμός η_k στην περίπτωση μας πάντα $\eta_k = \eta_k = 50$.

Με την προϋπόθεση, πως για κάθε $P_k - U_k$, ακολουθεί μια κανονική κατανομή, μπορεί ναδειχθεί πως ο συντελεστής $W_k = W_j$, με τον οποίο λαμβάνεται υπ' όψη, το επίπεδο πιθανότητας $P_k = W_j$, δίνεται από την καμπύλη του σχήματος 17.



Σχήμα 17: Καμπύλη για το συντελεστή βαρύτητας W_i όταν U_{50} θεωρείται γνωστό και αναζητείται το αντίστοιχο σ .

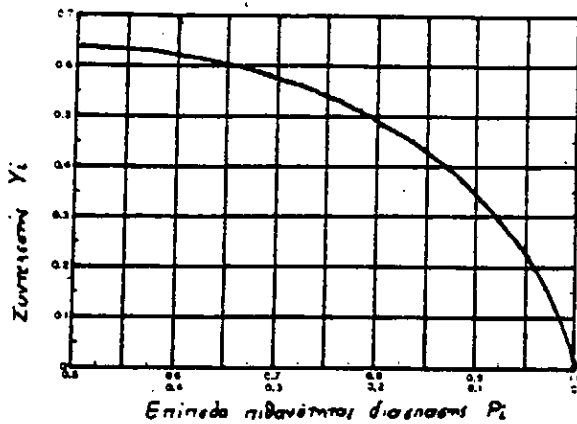
Η αντιπροσωπευτικότερη τιμή του σ_k θα δίνεται από τη

σχέση $\sigma_k = \frac{\sum_{i=1}^m \eta_{ki} \cdot W_i \cdot \sigma_{ki}}{\sum_{i=1}^m \eta_{ki} \cdot W_i}$, όπου $\sigma_{ki} = \sigma_i$ όπου m το πλήθος των

πειραματικών σημείων.

Ξεκινώντας, έτσι, με την παραδοχή πως η τιμή του $U_k 50\%$ που καθορίστηκε από την αρχική οπτική παρεμβολή, των πειραματικών σημείων $P_k - U_k$, είναι η θεωρητικά αντιπροσωπευτικότερη, καθορίζεται από την σχέση (2), το θεωρητικά καταλληλότερο σ_k . Γίνεται στην συνέχεια δεκτό, πως το σ_k αυτό είναι το θεωρητικά αντιπροσωπευτικότερο και επιδιώκεται η διόρθωση του $U_k 50\%$, με την πιο κάτω μέθοδο.

Αν από κάθε πειραματικό σημείο $P_k - U_k$, χαρακτηί μία ευθεία, που να έχει σαν τυπική απόκλιση την τιμή του σ_k , που καθορίστηκε πιο πάνω, από την εξίσωση (2), όλες αυτές οι ευθείες, θα είναι παράλληλες και από κάθε μία τους, μπορεί να καθορισθεί μια τιμή $U_k 50\%$. Η μέση αντιπροσωπευτικότερη τιμή, του $U_k 50\%$ προκύπτει σαν η μέση τιμή όλων των $U_k 50\%$ με την προϋπόθεση, πως σε κάθε ένα από αυτά εφαρμόζεται πάλι ένας συντελεστής βαρύτητας που αφορά τον αριθμό εφαρμογών της τάσης και που είναι αυτός ο αριθμός η_{ki} και ένας άλλο συντελεστής $Y_{ki} = Y_i$ που εξαρτάται από το επίπεδο της πιθανότητας $P_k = P_i$. Με την ίδια παραδοχή που έγινε για τα σ_k μπορεί να δεχτεί, πως ο συντελεστής Y_i , δίνεται από την καμπύλη του σχήματος 18.



Σχήμα 18: Καμπύλη για το συντελεστή βαρύτητας Y_i όταν σ θεωρείται γνωστό.

Η αντιπροσωπευτικότερη τιμή του $U_{k,50\%}$ δίνεται από την σχέση

$$U_{50\%} = \frac{\sum_{i=1}^m \eta_{ki} \cdot Y_i \cdot U_{ki,50\%}}{\sum_{i=1}^m \eta_{ki} \cdot Y_i}$$

, όπου $U_{ki,50\%} = U_{i,50\%}$.

Με το νέο καθορισμό του $U_{k,50\%}$ μπορεί να γίνει νέα διόρθωση του σ_k . Οι τιμές των σ_k και $U_{k,50\%}$, που θα προκύψουν από τις διαδοχικές αυτές προσεγγίσεις, θα πλησιάζουν όλο περισσότερο σε ένα όριο, που θα είναι το πιο αντιπροσωπευτικό των πειραματικών σημείων.

Συνήθως μία ή δύο προσεγγίσεις είναι αρκετές.

3.4 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΤΑΣΗ ΔΙΑΣΠΑΣΗΣ ΤΟΥ ΑΕΡΑ.

Το βασικό φυσικό φαινόμενο που διέπει την ηλεκτρική διάσπαση του αέρα, είναι ο προοδευτικός ιονισμός, των ουδετέρων μορφών, 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, δηλ. αρκετή ταχύτητα. Η ταχύτητα του ηλεκτρονίου, κατά τη στιγμή της σύγκρουσης, εξαρτάται, αφ ενός 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 μία σύγκρουση, εξαρτάται από την πυκνότητα του αέρα. Η πυκνότητα του αέρα, εξαρτάται, δε, από την πίεση και την θερμοκρασία. Έτσι, σύμφωνα με τον μηχανισμό αυτό, η τάση διάσπασης ενός διακένου 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 από αυτή, η ενεργειακή τους κατάσταση σημειώνεται πάντως ότι με την αύξησή της, μειώνεται η τάση διάσπασης.

Από όσο αναφέρθηκαν πιο πάνω, προκύπτει, πως ο ιονισμός από κρούσεις ηλεκτρονίων, με ουδέτερα άτομα, είναι καταρρακτώδες φαινόμενο. Ένα αρχικό ηλεκτρόνιο, ελευθερώνει άλλο ένα *καμιά φορά και περισσότερα από ένα* και έτσι προκύπτουν δύο ηλεκτρόνια, τα δύο 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 ενέργειας*, όταν συγκρουστούν με ένα άτομο, το οποίο μάλιστα έχει την ικανότητα να ενσωματώνει ελεύθερα ηλεκτρόνια *ηλεκτρομαγνητικό*, ενσωματώνονται με 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, όσα περισσότερα ηλεκτραρνητικά άτομα ή μόρια, υπάρχουν μέσα στον αέρα. Τα μόρια των υδρατμών, συμβαίνει να είναι ηλεκτραρνητικά.

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:

1) Η πυκνότητα του αέρα, που χαρακτηρίζεται με την σχετική πυκνότητα RAD δηλαδή τον λόγο της μάζας μιας ποσότητας αέρα, προς την μάζα ίδιου όγκου, αλλά υπό κανονικές συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσεως και

2) Η απόλυτη υγρασία, μετρούμενη σε γραμμάρια υδρατμών, ανά κυβικό μέτρο αέρα κανονικών συνθηκών

$$\frac{g}{m^3}.$$

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 αυτού, εκφράζεται με ένα συντελεστή, με τον οποίο πρέπει να πολλαπλασιαστεί η τάση διάσπασης που προκύπτει υπό τις κρατούσες καιρικές συνθήκες, για να προκύψει η τάση διάσπασης, υπό κανονικές ατμοσφαιρικές συνθήκες. Ο συντελεστής αυτός, ονομάζεται *συντελεστής διόρθωσης ατμοσφαιρικών συνθηκών*. Υπάρχουν δύο συντελεστές διόρθωσης ατμοσφαιρικών συνθηκών, ένας για την πυκνότητα του αέρα και ένας για την υγρασία.

Ως κανονικές ατμοσφαιρικές συνθήκες, δεχόμαστε τις παρακάτω:

Θερμοκρασία: $T_0 = 20^\circ C$

Ατμοσφαιρική πίεση: $P_0 = 760 mmHg$

Απόλυτη υγρασία: $H_0 = 11 \frac{g}{m^3} O$

συντελεστής διόρθωσης της τάσης για την πυκνότητα του αέρα και για σχετικά μικρά διάκενα $2m$ είναι με την σχετική πυκνότητα του αέρα: $K_d = \frac{P}{P_0} \cdot \frac{T_0}{T}$. Όπου:

P η επικρατούσα ατμοσφαιρική πίεση

P₀ η κανονική ατμοσφαιρική πίεση στις ίδιες μονάδες όπως και η **P**.

T₀ $273 + T_0$ η κανονική θερμοκρασία σε βαθμούς KELVIN.

T $273 + T_a$ η επικρατούσα θερμοκρασία σε βαθμούς KELVIN.

Επειδή η σχετική πυκνότητα του αέρα, αυξάνει με την ατμοσφαιρική πίεση και ελαττώνεται με την θερμοκρασία, την

ίδια επίδραση θα έχουν οι δύο αυτές παράμετροι στην τάση διάσπασης του αέρος. Από την παρατήρηση αυτή, προκύπτει, ότι εγκαταστάσεις υψηλής τάσης, που βρίσκονται σε μεγάλη υψόμετρα, θα παρουσιάζουν μειωμένη τάση διάσπαση και αυτό θα είναι ένα γεγονός που 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, εξ' αιτίας της ενσωμάτωσής τους με τα ηλεκτραρνητικά 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 μία από τις φάσεις της διάσπασης, αποκτά διαφορετική σπουδαιότητα, η επίδραση της υγρασίας μεταβάλλεται. Πειράματα έχουν δείξει πως η επίδραση της υγρασίας, μειώνεται όσο το μήκος του διακένου αυξάνει.

Ένα άλλο ιδιαίτερο χαρακτηριστικό, που παρουσιάζει η υγρασία, είναι ότι η επίδρασή 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 πιο πάνω παρατηρήσεις, δείχνουν πως η διόρθωση της τάσης διάσπασης, για την επίδραση της υγρασίας, είναι και πολύπλοκη και αβέβαιη. Παρ' όλα αυτά, έχουν καθοριστεί πειραματικοί συντελεστές, που καλύπτουν τις πιο συνήθεις περιπτώσεις.

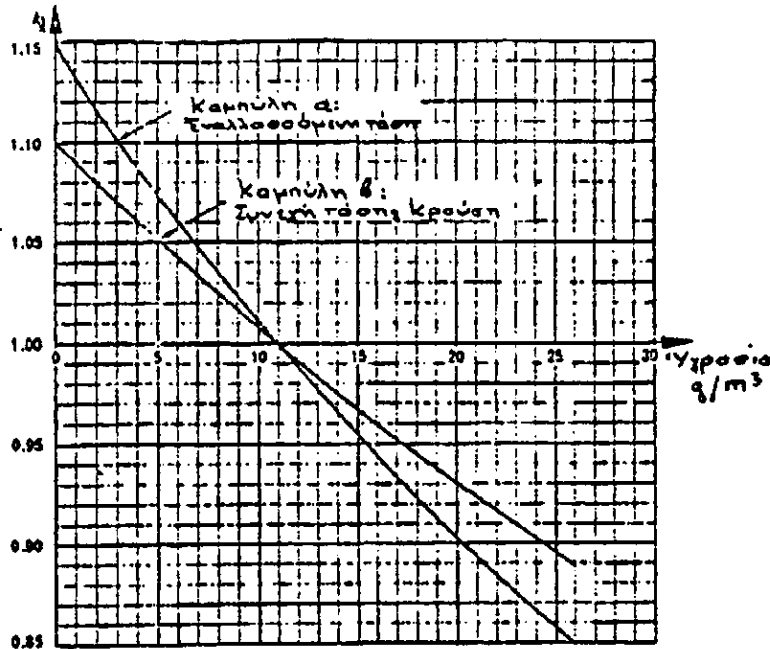
Οι συντελεστές αυτοί, δείχνονται από το σχήμα 19. Η πιο συνήθης, μέθοδος μέτρησης της υγρασίας, είναι με δύο θερμομέτρα ένα υγρό και ένα ξηρό. Η σχετική και η απόλυτη υγρασία, προκύπτουν από τις ενδείξεις, των δύο θερμομέτρων, με την βοήθεια του διαγράμματος του σχήματος 20.

3.5 ΕΞΑΡΤΗΣΗ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ K_H ΑΠΟ ΤΗΝ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ.

Στην εύρεση του συντελεστή K_H , σύμφωνα με την προηγούμενη παράγραφο λάβαμε υπ' όψη, 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, μία μείωση της σχετικής πυκνότητας του αέρα, θα έχει σαν αποτέλεσμα, μία αύξηση του ποσοστού των μορίων των υδρατμών στον αέρα. Έτσι για κάθε σύγκρουση μεταξύ ηλεκτρονίων και μορίων, η πιθανότητα δημιουργίας αρνητικών ιόντων, θα αυξηθεί.



Σχήμα 20: Συντελεστής διόρθωσης υγρασίας K_h σαν συνάρτηση της απόλυτης υγρασίας.

Επομένως, θα πρέπει, να αναμένεται μια εντονότερη επίδραση της υγρασίας.

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

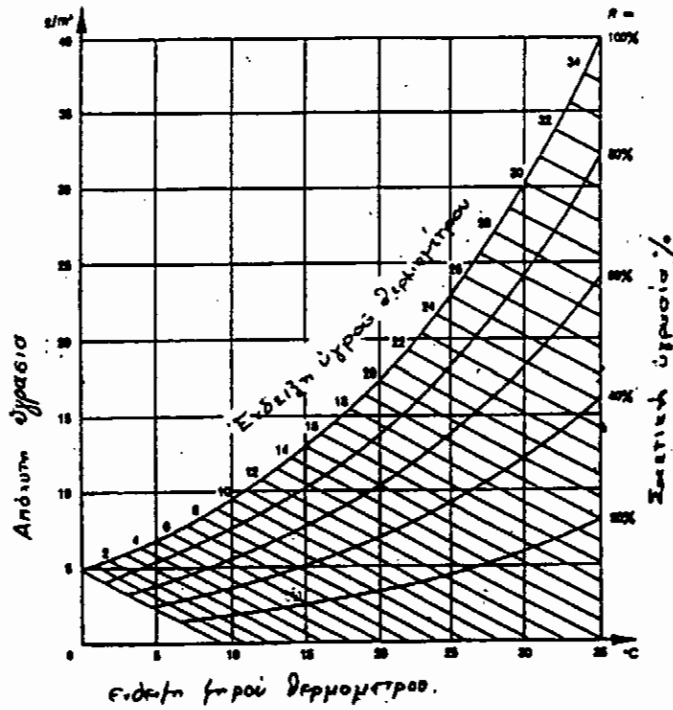
$$K_h = \frac{1}{1 + \frac{h - h_0}{100 \cdot K_d}} \quad \text{όπου}$$

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

h_0 είναι ίση με $11 \frac{g}{m^3}$.

K_d η σχετική πυκνότητα.

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



Σχήμα 21:

Διάγραμμα για τον υπολογισμό της απόλυτης υγρασίας του αέρα.

4. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

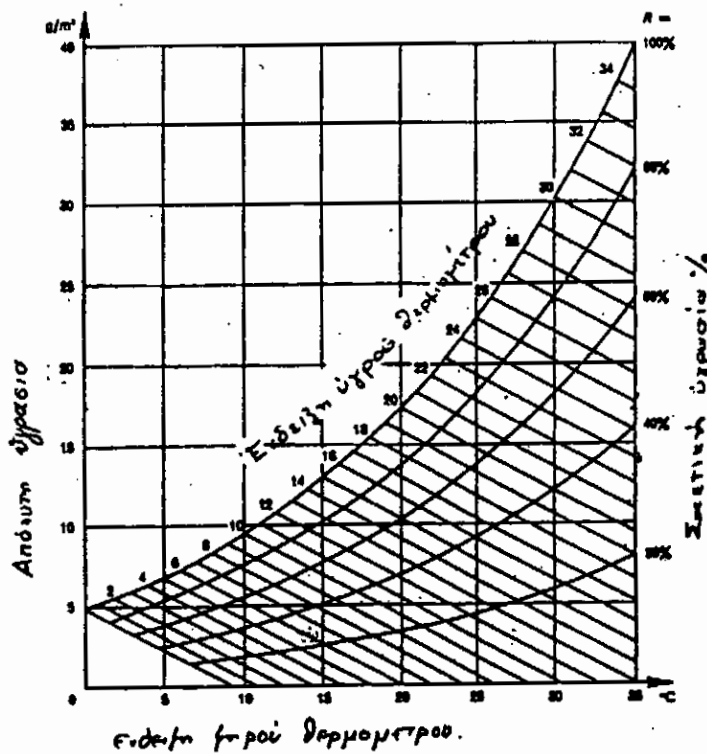
4.1 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Γίνεται εύρεση της κριτικής τάσης διάσπασης διακένου ράβδου, με δύο παράλληλα σύρματα γειωμένα, όπως φαίνεται και στην φωτογραφία. Η καταπόνηση του διακένου γίνεται με κρουστική τάση. Στο 3^ο κεφάλαιο αναφέρθηκε ότι ο υπολογισμός της κριτικής τάσης διάσπασης στηρίζεται στην γραφική μέθοδο για την καλύτερη προσέγγιση των $U_{50\%}$ και της πρακτικής απόκλισης σ του συγκεκριμένου διακένου αέρα 8cm.

Η διαδικασία αυτή περιγράφεται αναλυτικά παρακάτω για την πληρέστερη κατανόηση.

Παίρνουμε σαν παράδειγμα την πρώτη ομάδα μετρήσεων, ΠΠΝΑΚΕΣ 1,2,3 (13- 3-1997) με διάκενο πάντα σταθερό στα 8cm και απόσταση μεταξύ των παράλληλων συρμάτων μεταβλητή αρχίζοντας από 10cm. Όπως βλέπουμε ξεκινάμε την καταπόνηση του διάκενου με πιθανότητα διάσπασης 20%,55%,76%. Αυτό σημαίνει ότι τουλάχιστον 20,55,76, φορές θα γίνει εκκένωση μεταξύ της ράβδου και των παράλληλων συρμάτων. Όπως θα παρατηρήσουμε και παρακάτω, μεγαλώνοντας την απόσταση μεταξύ των παράλληλων συρμάτων αυξάνεται και η πιθανότητα να έχουμε εκκένωση μεταξύ ράβδου και της άμμου θαλάσσης που υπάρχει ακριβώς κάτω από τα σύρματα. Σε κάθε μέτρηση λαμβάνονται απαραίτητα οι ατμοσφαιρικές συνθήκες όπως η ένδειξη του υγρού και ξηρού θερμομέτρου και ατμοσφαιρική πίεση

Στην ομάδα 1 λοιπόν παρατηρούμε ότι οι ατμοσφαιρικές συνθήκες στη διάρκεια του πειράματος ήταν $P=756mmHg$, ξηρό θερμόμετρο $16,5^{\circ}C$, υγρό θερμόμετρο $15^{\circ}C$. Από τις δύο τελευταίες ενδείξεις μέσω του πίνακα που ακολουθεί παρακάτω βρίσκουμε την απόλυτη υγρασία ίση προς $12gr/m^3$.



Σχήμα 22:

Διάγραμμα για τον υπολογισμό της απόλυτης υγρασίας του αέρα.

Όλες οι προηγούμενες τιμές είναι απαραίτητες για τον προσδιορισμό των δύο συντελεστών διόρθωσης ατμοσφαιρικών συνθηκών, ένας για την πυκνότητα του αέρα Kd και ένας για την υγρασία Kh .

Μέσω του τύπου $Kd = \frac{P}{P_0} \cdot \frac{T_0}{T}$, όπου $T_0 = T = 293^{\circ}K$, $P_0 = 760mmHg$, $P = 756mmHg$, βρίσκουμε τελικά ότι $Kd = 1,011$,

ενώ μέσω του τύπου $Kh = \frac{1}{1 + \frac{H - Ho}{100Kd}}$ βρίσκουμε ότι $Kh = 0,99$

με $Ho = 11gr/m^3$.

Οι δύο αυτοί συντελεστές θα χρησιμοποιηθούν για την διόρθωση των τιμών των διαφόρων κριτικών τάσεων διάσπασης. Έτσι λοιπόν έχουμε :

• Ομάδα 1, πίνακας 1^{ος}, με πιθανότητα διάσπασης 20% : Ο μέσος όρος των περιπτώσεων όπου δεν έγινε εκκένωση (όπου υπάρχει στον πίνακα το σύμβολο {-}) είναι ίσος με $\frac{241 \cdot 484,3}{1000} = 81,26KV$. Όμως την τιμή αυτή την διορθώνουμε

πολλαπλασιάζοντάς την με το λόγο $\frac{Kh}{Kd}$. Έτσι η διορθωμένη τιμή είναι $79,49KV$. Άρα τελικά έχουμε $20\% \rightarrow 79,49KV$.

• Ομάδα 1, πίνακας 2^{ος}, με πιθανότητα διάσπασης 55% : Ομοίως με την προηγούμενη περίπτωση έχουμε ότι $\frac{241 \cdot 487,22}{1000} = 84,08KV$. Διορθώνοντας την τιμή αυτή

προκύπτει τελικά $82,25KV$. Άρα $55\% \rightarrow 82,25KV$.

• Ομάδα 1, πίνακας 3^{ος}, με πιθανότητα διάσπασης 76% : Σε αυτή την περίπτωση έχουμε ότι $\frac{241 \cdot 489}{1000} = 85,796KV$.

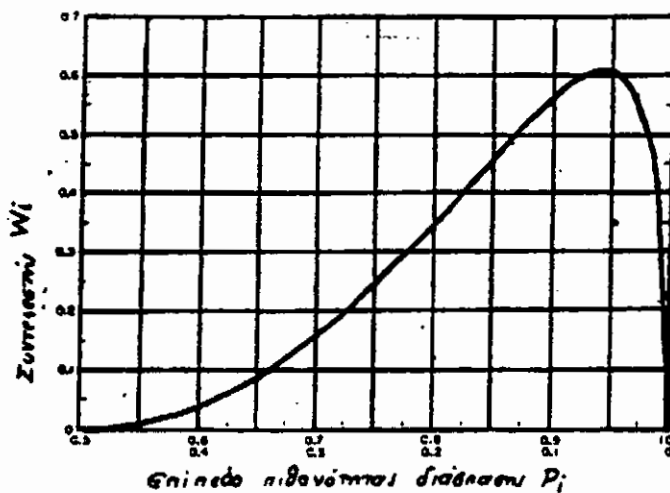
Διορθώνοντας την τιμή αυτή προκύπτει τελικά $83,93KV$. Άρα $76\% \rightarrow 83,93KV$.

Αφού λοιπόν υπολογίσαμε τα 3 ζευγάρια τιμών, (ΤΑΣΗ KV, ΠΘ/ΤΑ%) τα τοποθετούμε στο σχεδιάγραμμα σύμφωνα με τις συντεταγμένες τους. Φέρνουμε ποιοτικά την ευθεία ανάμεσα στα 3 σημεία και βρίσκουμε που τέμνει την ευθεία αυτή η $V_{50\%}$. Το σημείο το οποίο αντιστοιχεί στην τομή των

δύο ευθειών έχει σαν τάση την τιμή $V_{50\%A} = 81,7KV$. Λαμβάνουμε την τιμή αυτή ως σωστή και πάμε να διορθώσουμε την πρακτική απόκλιση σ_A , όπου $\sigma_A = V_{50\%A} - V_{16\%}$, με $V_{16\%} = 79,6KV$. Άρα $\sigma_A = 2,1KV$.

Στην συνέχεια σχηματίζουμε 3 ευθείες, ενώνοντας το σημείο με συντεταγμένες (50%, 81,7KV) με τα άλλα 3 σημεία που βρήκαμε προηγουμένως. Με αυτό τον τρόπο σχηματίζουμε 3 νέες τιμές πρακτικών αποκλίσεων, $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$. Αυτές υπολογίζονται ως εξής : οι νέες ευθείες που σχηματίσαμε τέμνουν εκ νέου την ευθεία $V_{16\%}$. Τις τιμές των σημείων τομής τις αφαιρούμε από την τιμή $V_{50\%A}$. Έτσι βρίσκουμε ότι $\sigma_1 = 81,7 - 79,1 = 2,6KV$, $\sigma_2 = 81,7 - 77,2 = 4,5KV$, $\sigma_3 = 81,7 - 78,6 = 3,1KV$. Χρησιμοποιώντας τον πίνακα που φαίνεται παρακάτω υπολογίζουμε τους συντελεστές w_1, w_2, w_3 τους οποίους τοποθετούμε στον τύπο

$$\sigma = \sigma_B = \frac{n_1 \cdot w_1 \cdot \sigma_1 + n_2 \cdot w_2 \cdot \sigma_2 + n_3 \cdot w_3 \cdot \sigma_3}{n_1 \cdot w_1 + n_2 \cdot w_2 + n_3 \cdot w_3}$$

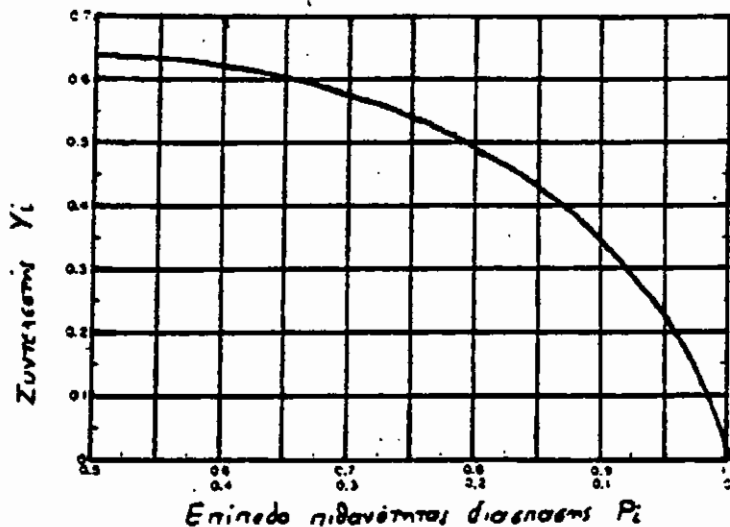


Σχήμα 23:

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

Τα n_1, n_2, n_3 αναφέρονται στις

επαναλήψεις των μετρήσεων των πινάκων 1,2,3. Τελικά υπολογίζεται ότι $\sigma_\beta = 3,16KV$. Στην συνέχεια θεωρούμε το σ_β σταθερό και πάμε να υπολογίσουμε το $V_{50\% \beta}$. Σχηματίζουμε εκ νέου 3 ευθείες οι οποίες έχουν κλίση ίση με σ_β . Έτσι υπολογίζουμε τα $V_{50\%_1}, V_{50\%_2}, V_{50\%_3}$, τα όποια και τοποθετούμε στον τύπο $V_{50\% \beta} = \frac{n_1 \cdot Y_1 \cdot V_{501} + n_2 \cdot Y_2 \cdot V_{502} + n_3 \cdot Y_3 \cdot V_{503}}{n_1 \cdot Y_1 + n_2 \cdot Y_2 + n_3 \cdot Y_3}$. Οι τιμές των Y_1, Y_2, Y_3 υπολογίζονται βάσει του παρακάτω πίνακα.



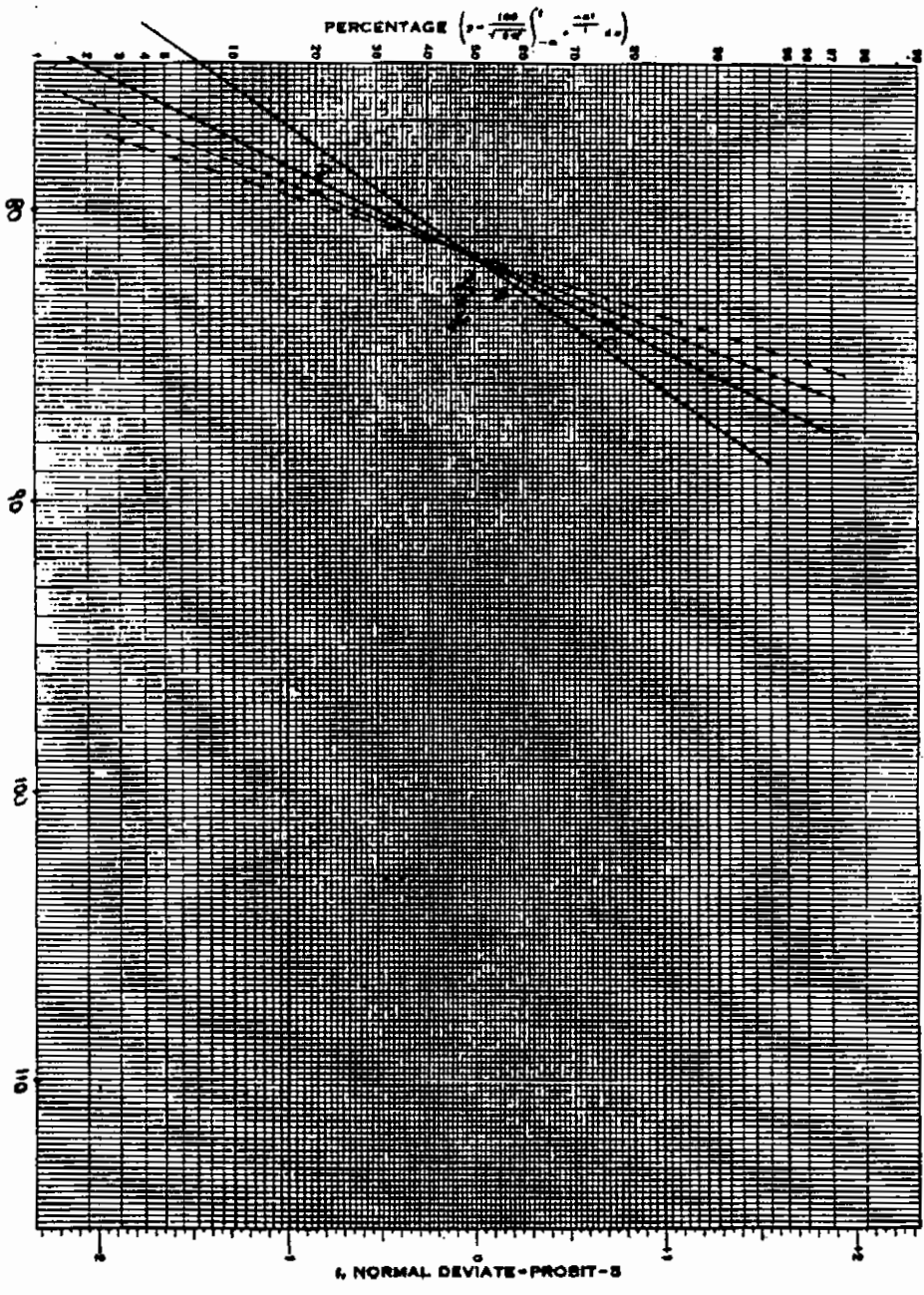
Σχήμα 24: Καμπύλη για το συντελεστή βαρύτητας Y_i όταν σ θεωρείται γνωστό.

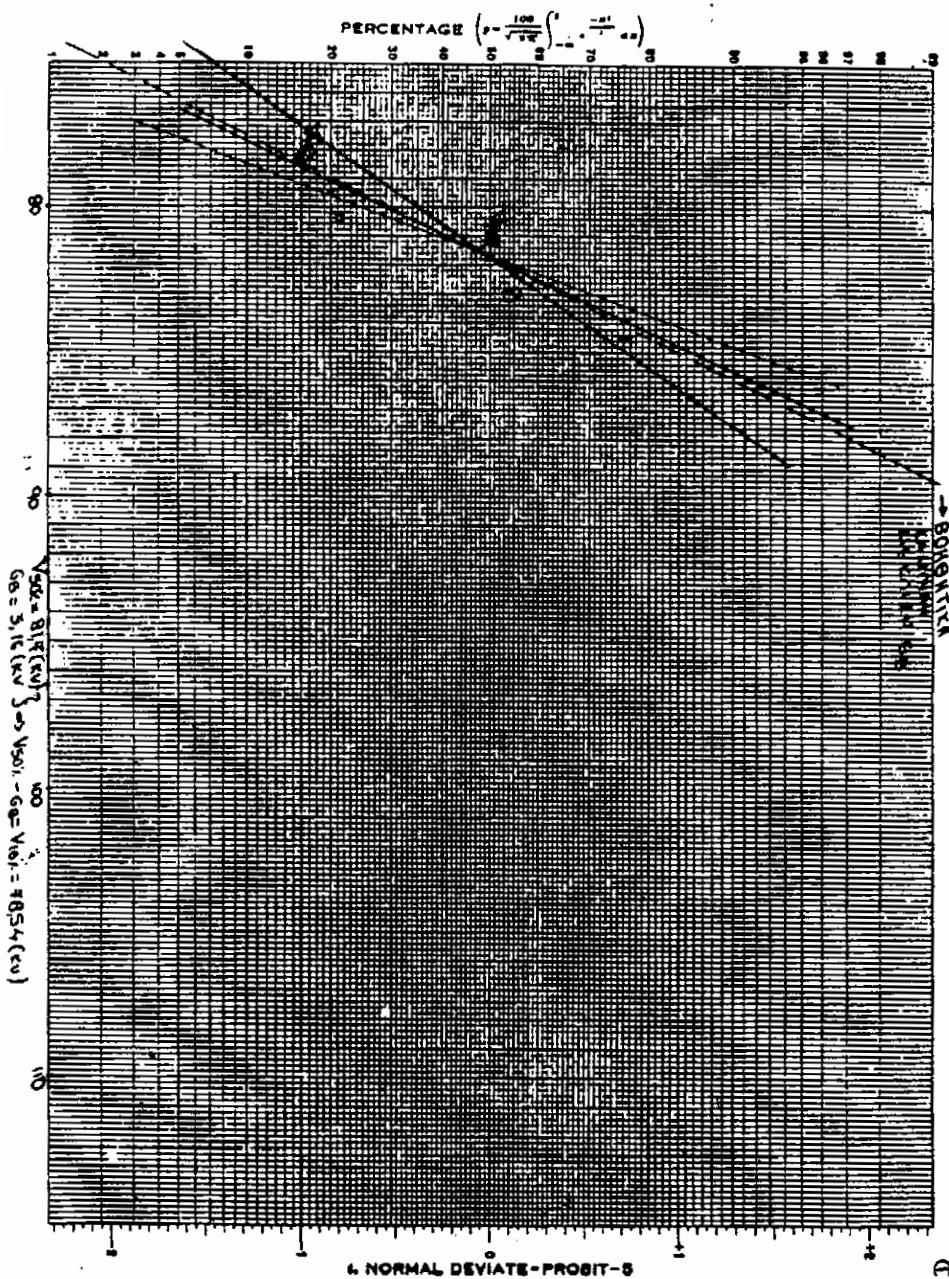
Τελικά προκύπτει ότι $V_{50\% \beta} = 81,73KV$. Όλες οι ευθείες που αναφέρθηκαν προηγουμένως βρίσκονται σχεδιασμένες στο τέλος κάθε ομάδας στο ειδικά κατασκευασμένο διάγραμμα. Έπειτα από κάθε τέτοιο διάγραμμα ακολουθεί ένα άλλο το οποίο παριστάνει γραφικά την βοηθητική καμπύλη με κλίση σ_β .

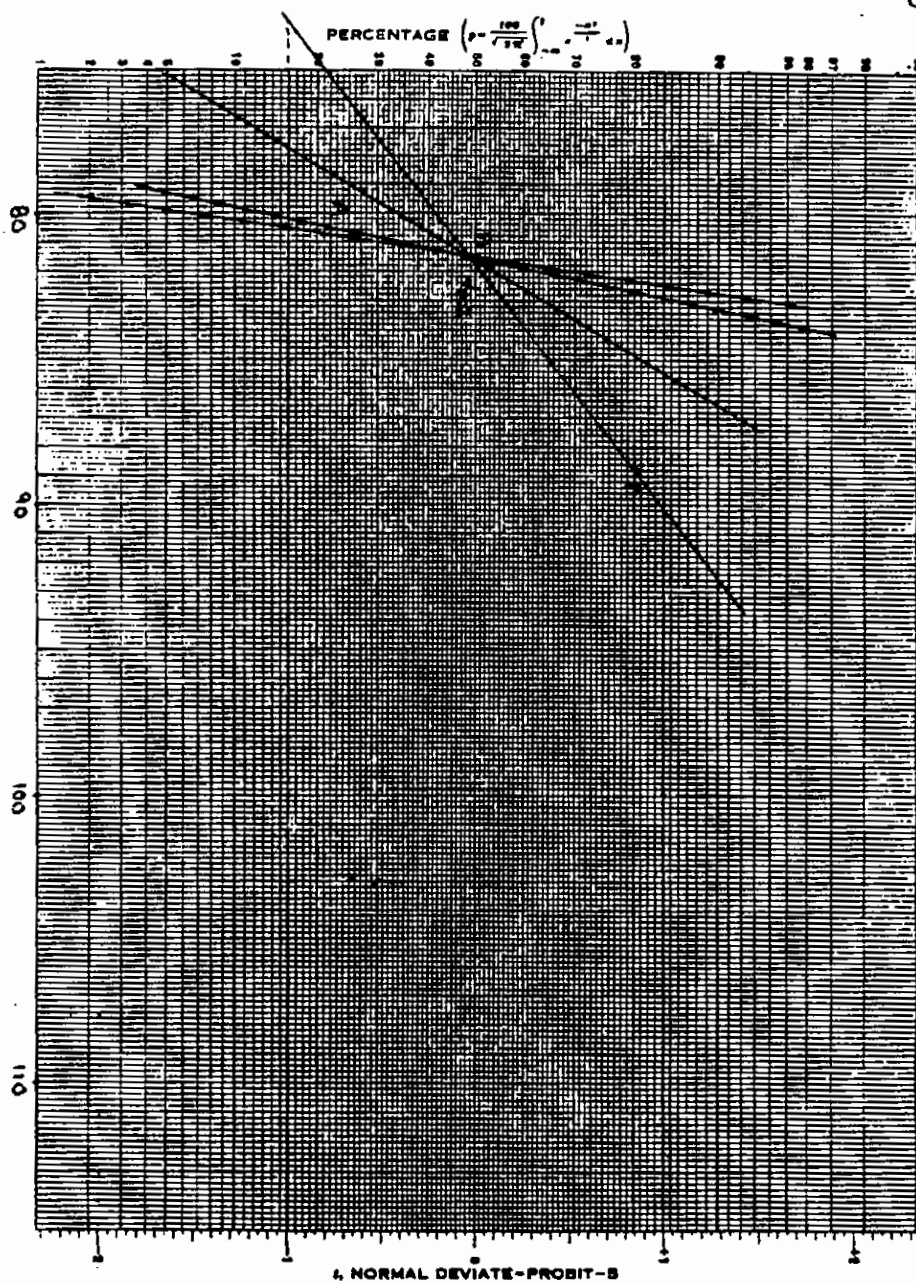
ΟΜΑΔΑ 1					
K_d	1,011				
K_h	0,99				
ΠΘ/ΤΑ %	20%	55%	76%		
	↓	↓	↓		
ΤΑΣΗ [KV]	79,49	82,25	83,93		
$V_{50\%.A}$ [KV]	81,7				
σ_α [KV]	2,1				
σ_β [KV]	3,16				
$V_{50\%.B}$ [KV]	81,73				
ΟΜΑΔΑ 2					
K_d	1,0026				
K_h	0,99				
ΠΘ/ΤΑ %	25%	52%	80%		
	↓	↓	↓		
ΤΑΣΗ [KV]	80,85	81,81	88,64		
$V_{50\%.A}$ [KV]	81,55				
σ_α [KV]	1,35				
σ_β [KV]	5,3				
$V_{50\%.B}$ [KV]	82,9				
ΟΜΑΔΑ 3					
K_d	1,0026				
K_h	0,9987				
ΠΘ/ΤΑ %	0%	10%	40%	55%	85%
	↓	↓	↓	↓	↓
ΤΑΣΗ [KV]	82,58	85,4	86,42	91,22	95,06
$V_{50\%.A}$ [KV]	89,7				
σ_α [KV]	4,6				
σ_β [KV]	4,955				
$V_{50\%.B}$ [KV]	89,7				

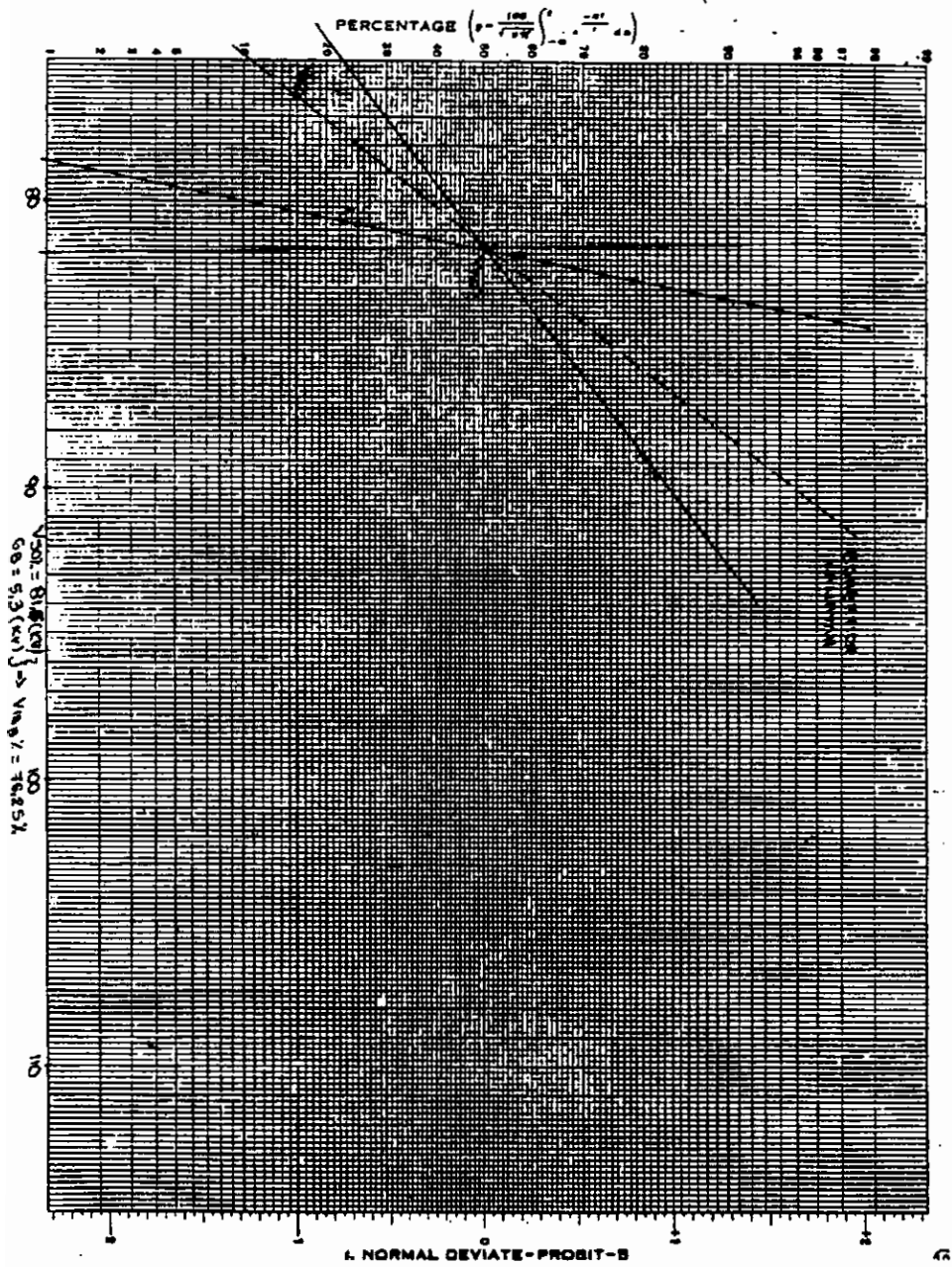
ΟΜΑΔΑ 4				
K_d	1,0026			
K_h	1,0044			
ΠΘ/ΤΑ %	10%	35%	55%	80%
	↓	↓	↓	↓
ΤΑΣΗ [KV]	87,92	91,705	93,83	97,05
$V_{50\%.A}$ [KV]	93,3			
σ_a [KV]	3			
σ_β [KV]	4,33			
$V_{50\%.B}$ [KV]	93,35			
ΟΜΑΔΑ 5				
K_d	1,0026			
K_h	0,996			
ΠΘ/ΤΑ %	15%	30%	70%	95%
	↓	↓	↓	↓
ΤΑΣΗ [KV]	96,858	99,5	101,9	106,3
$V_{50\%.A}$ [KV]	100,6			
σ_a [KV]	3,8			
σ_β [KV]	2,915			
$V_{50\%.B}$ [KV]	101			
ΟΜΑΔΑ 6				
K_d	1,012			
K_h	0,998			
ΠΘ/ΤΑ %	35%	40%	85%	
	↓	↓	↓	
ΤΑΣΗ [KV]	103,52	109,32	114,08	
$V_{50\%.A}$ [KV]	110,2			
σ_a [KV]	6,3			
σ_β [KV]	5,03			
$V_{50\%.B}$ [KV]	109,05			

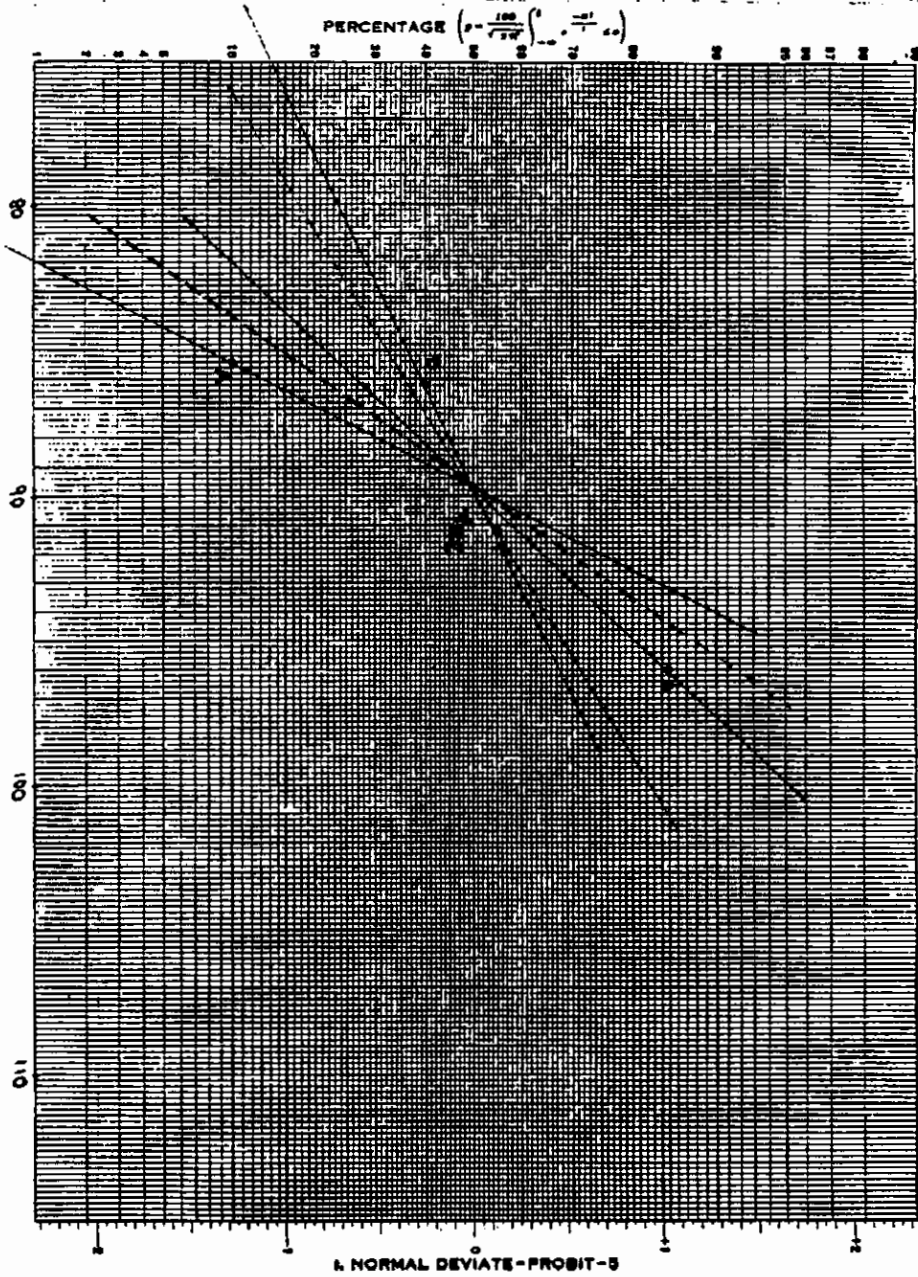
ΟΜΑΔΑ 7					
K_d	1,0035				
K_h	0,99				
ΠΘ/ΤΑ %	10%	18%	72%	78%	90%
	↓	↓	↓	↓	↓
ΤΑΣΗ [KV]	109,36	12,22	115,079	120,17	123,63
$V_{50\%.A}$ [KV]	114,7				
σ_α [KV]	3,3				
σ_β [KV]	4,3				
$V_{50\%.B}$ [KV]	115,05				
ΟΜΑΔΑ 8					
K_d	1,0026				
K_h	0,99				
ΠΘ/ΤΑ %	15%	58%		74%	
	↓	↓		↓	
ΤΑΣΗ [KV]	119,59	123,74		126,31	
$V_{50\%.A}$ [KV]	123,9				
σ_α [KV]	3				
σ_β [KV]	3,56				
$V_{50\%.B}$ [KV]	122,5				
ΟΜΑΔΑ 9					
K_d	1,0099				
K_h	0,992				
ΠΘ/ΤΑ %	15%	58%		78%	
	↓	↓		↓	
ΤΑΣΗ [KV]	108,9	113,85		117,41	
$V_{50\%.A}$ [KV]	113,8				
σ_α [KV]	3,4				
σ_β [KV]	4,38				
$V_{50\%.B}$ [KV]	113				

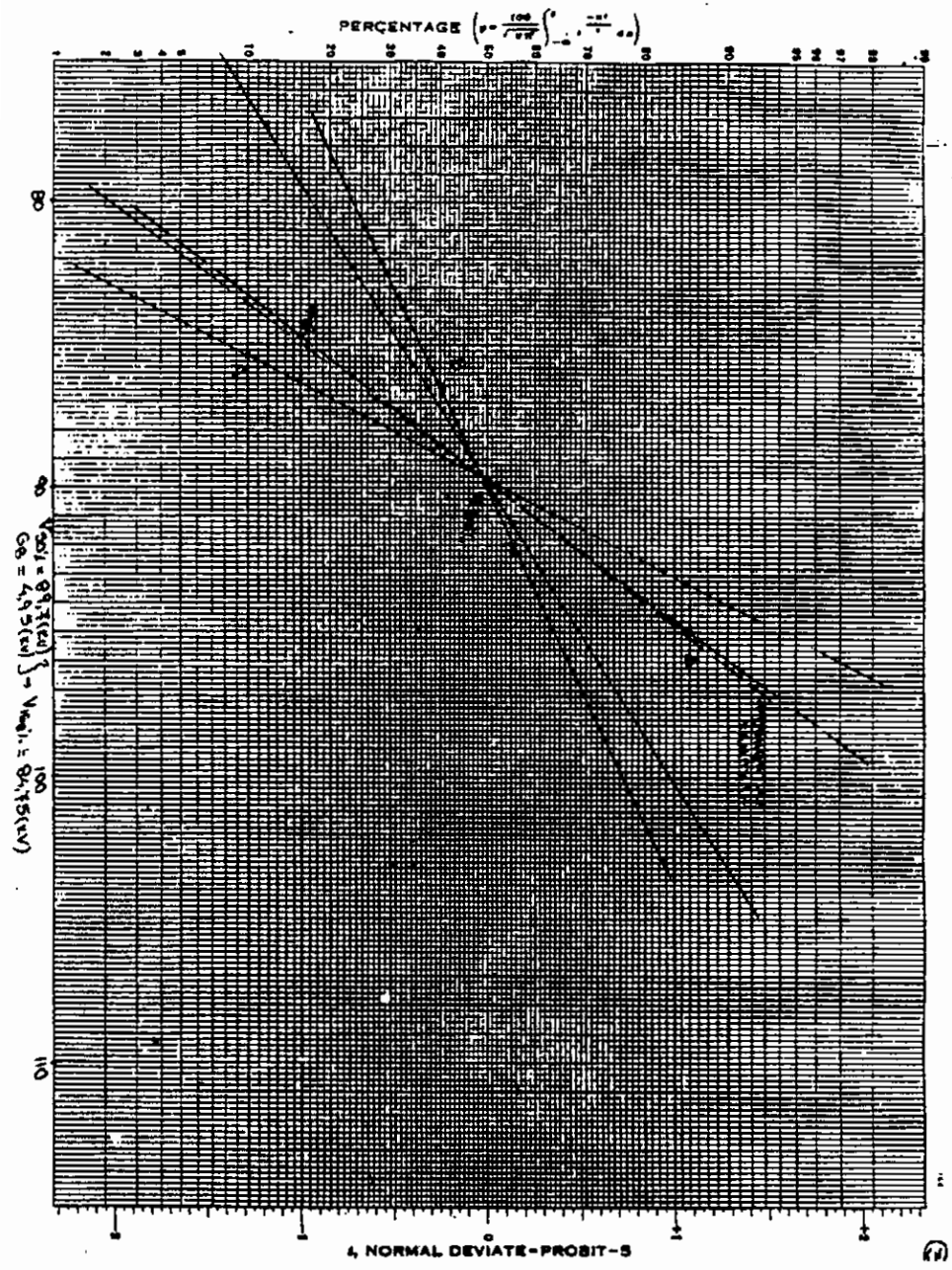




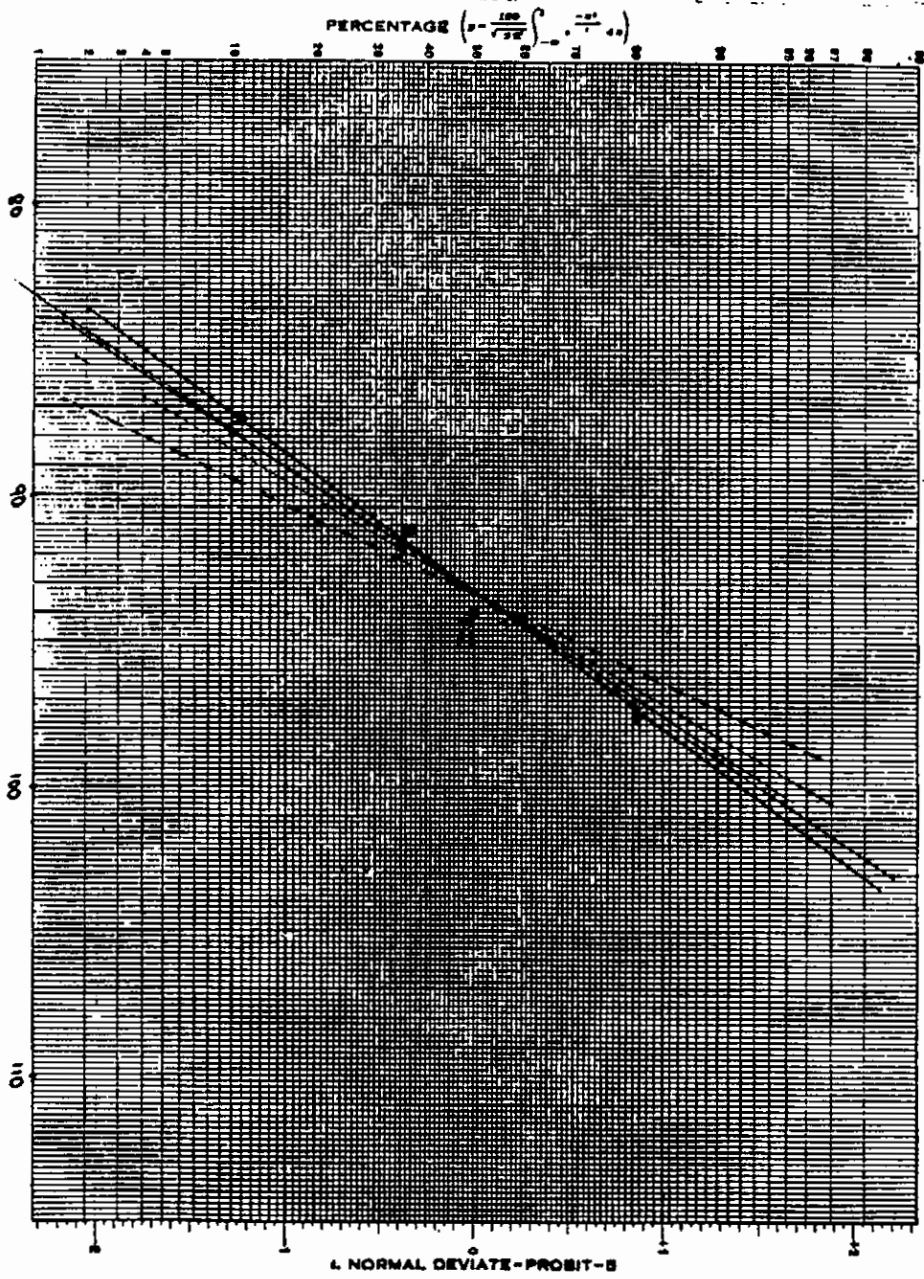


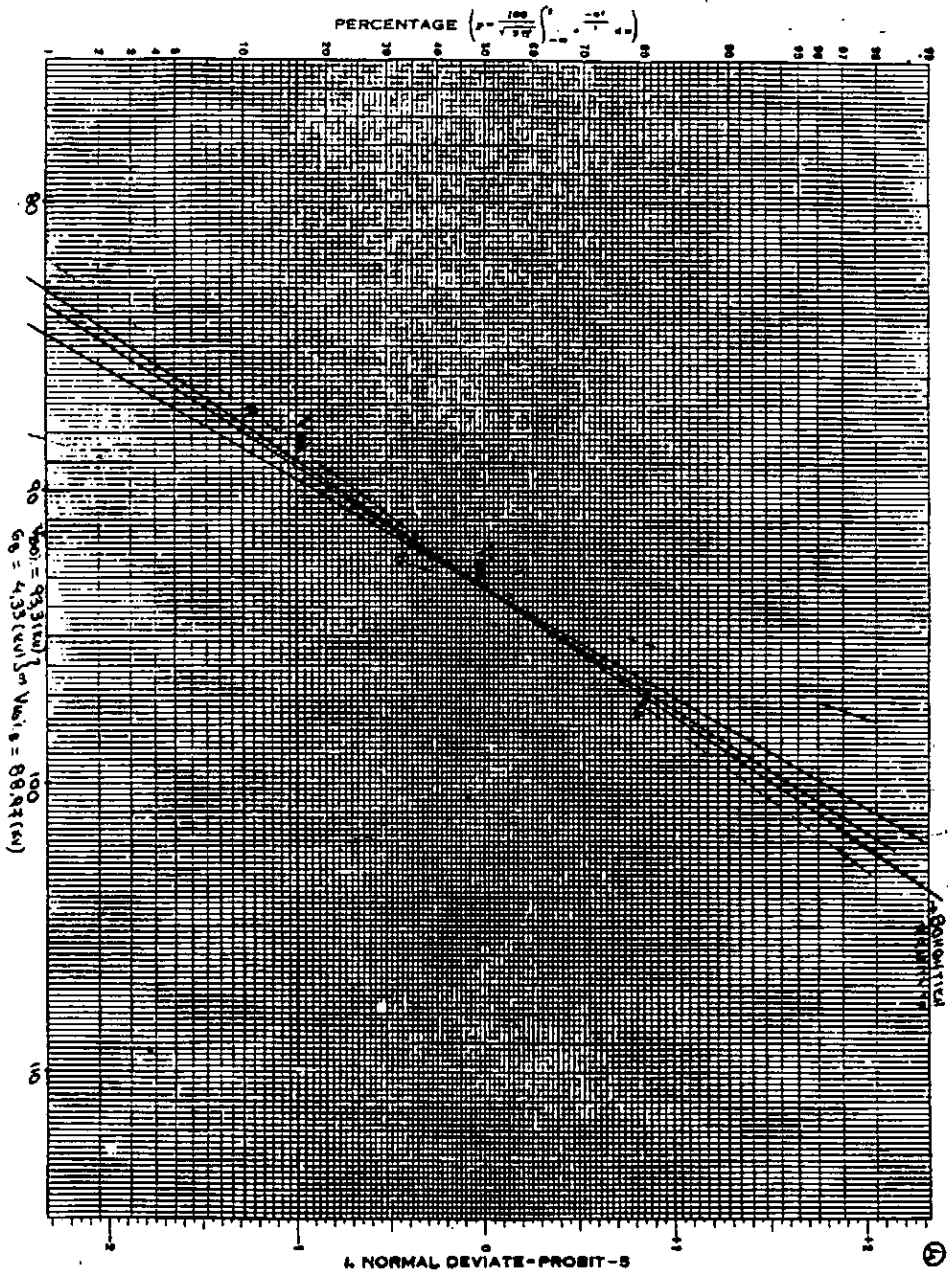






(7)





ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΥΨΗΛΩΝ ΤΑΣΕΩΝ

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ : 7 - 4 - 97

ΟΜΑΔΑ 5 6

Σύντομη περιγραφή πειράματος

Διάκενο 8 cm

Απόσταση συρμάτων 30 cm

Ατμοσφαιρικές συνθήκες

Ατμοσφ. Πίεση : 749 mm Hg

Ένδειξη ξηρού θερμομ. : 15,5 °C

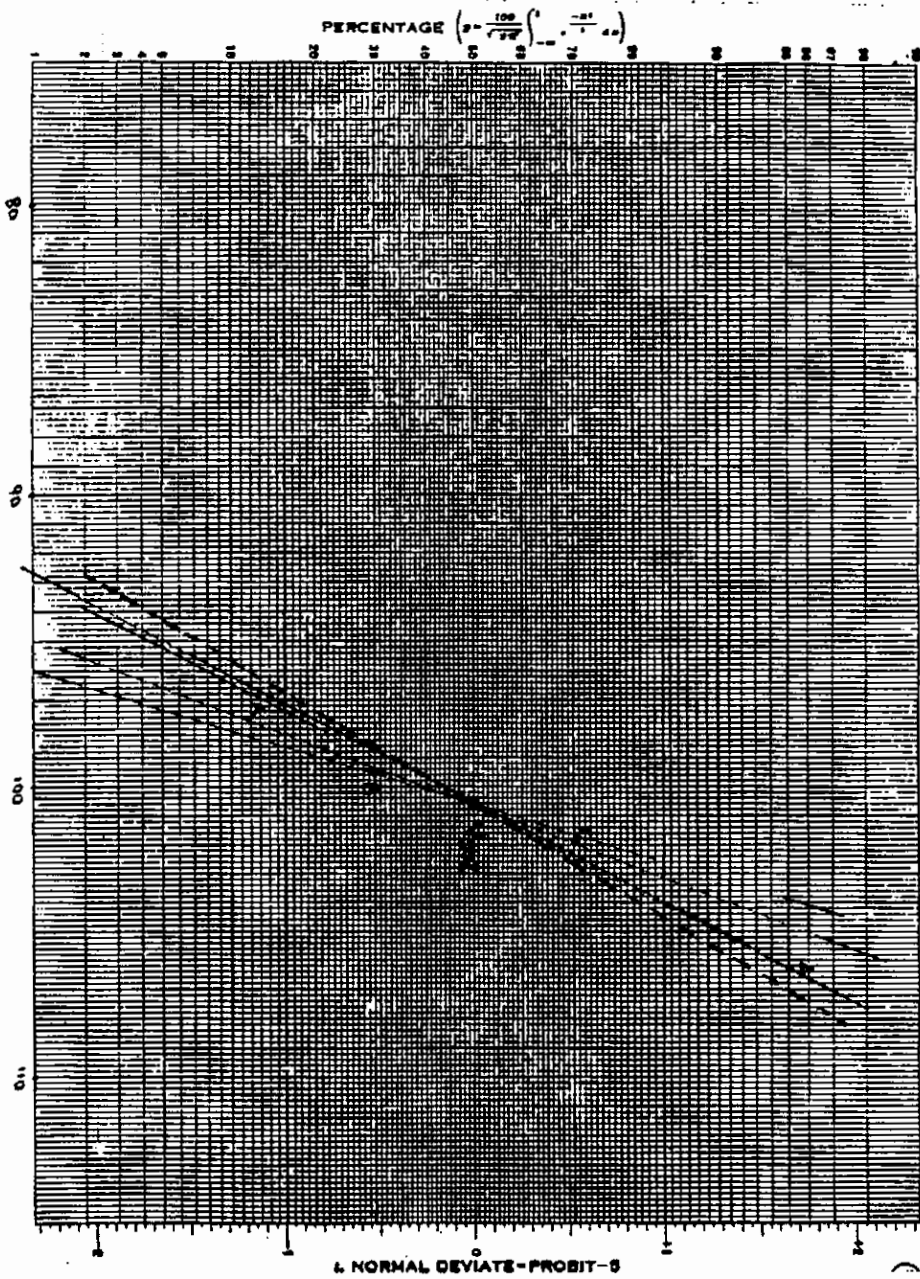
Ένδειξη υγρού θερμομ. : 13,5 °C

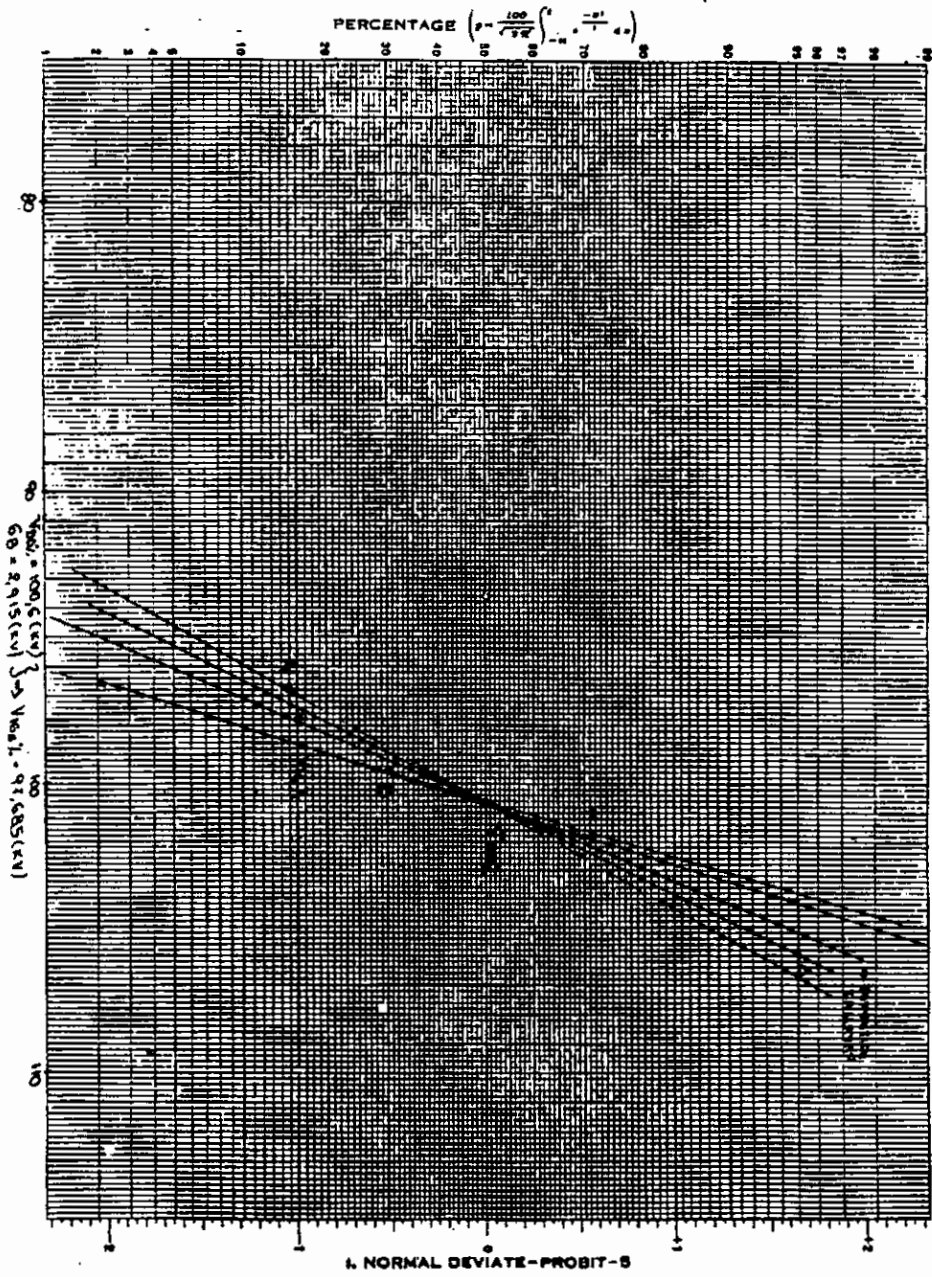
Απόλυτη υγρασία : 11,4 gr/m³

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

[KV]			100%											
α/α	E.B	=/-	α/α	E.B	=/-	α/α	E.B	=/-	α/α	E.B	=/-	α/α	E.B	=/-
	113	+Σ		114	+Σ									
	113	+Χ		114	+Σ									
	115	+Σ		114	+Σ									
	113	+Χ		114	+Σ									
	114	+Σ		114	+Σ									
	113	+Σ		114	+Σ									
	113	+Σ		114	+Σ									
	114	+Σ		114	+Σ									
	114	+Σ		114	+Σ									
	114	+Σ		114	+Σ									
	114	+Σ		114	+Σ									

Τ.Ε.Ι. ΠΑΤΡΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ





ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΥΨΗΛΩΝ ΤΑΣΕΩΝ

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ : 10 - 4 - 97

ΟΜΑΔΑ 6 1

Σύντομη περιγραφή πειράματος

Διάκενο 8 cm

Απόσταση συρμάτων 34 cm

Ατμοσφαιρικές συνθήκες

Ατμοσφ. Πίεση : 756 mm Hg

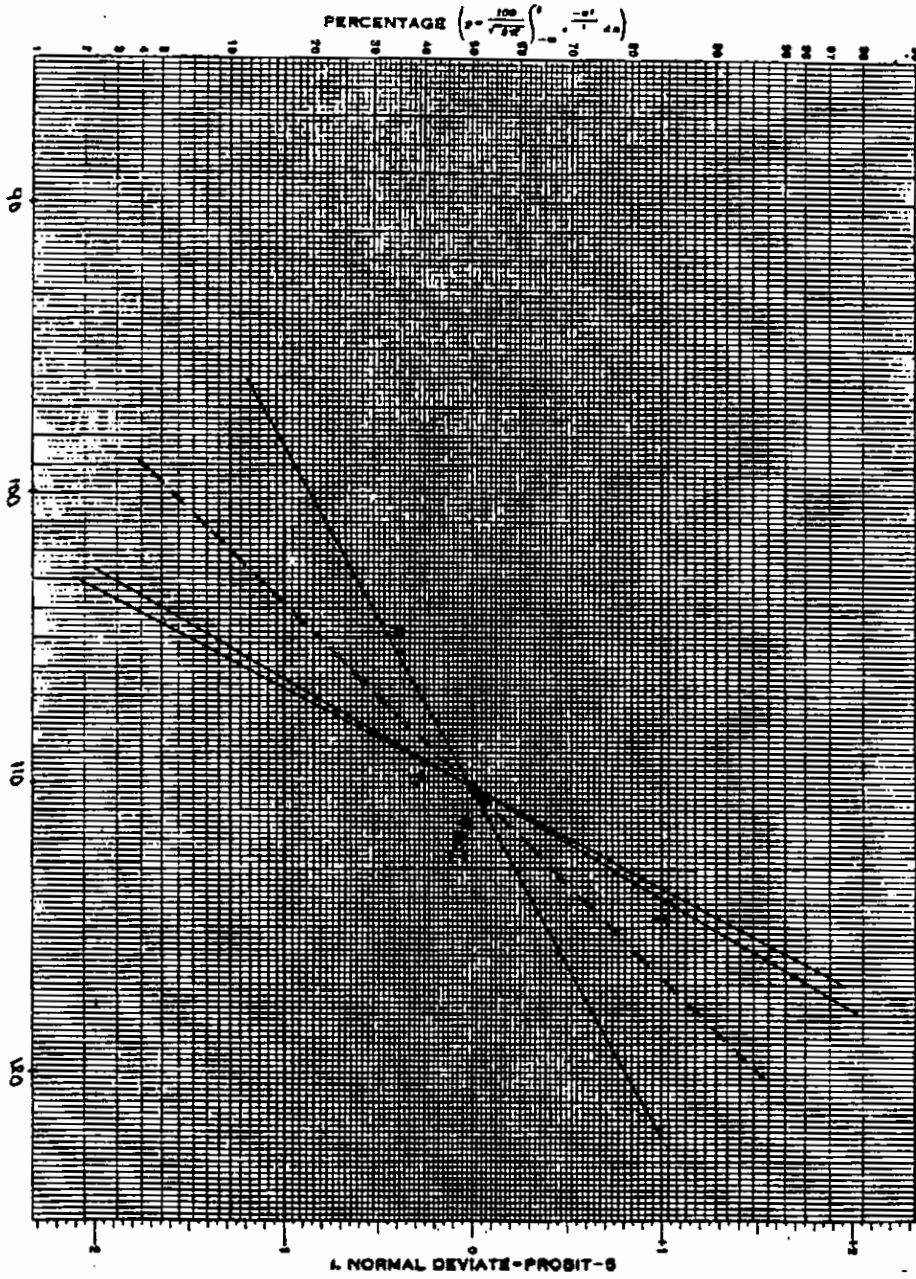
Ένδειξη ξηρού θερμομ. : 17 °C

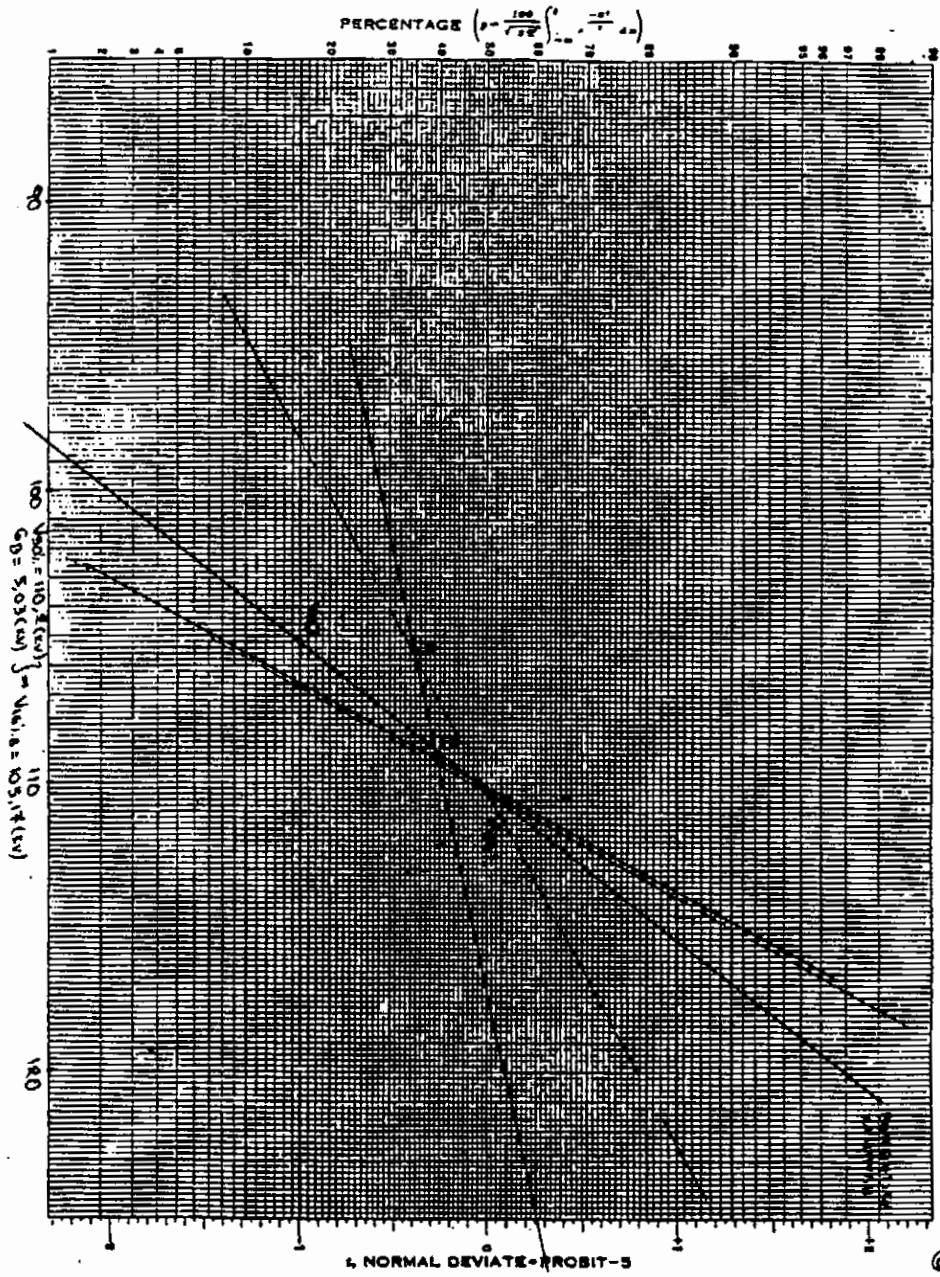
Ένδειξη υγρού θερμομ. : 13,5 °C

Απόλυτη υγρασία : 11,2 gr/m³

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

[KV]									35%		
α/α	E.B	=/-	α/α	E.B	=/-	α/α	E.B	=/-	α/α	E.B	=/-
	111	-		111	-						
	111	+ ₂		111	-						
	111	-		111	-						
	111	-		111	+ ₂						
	111	-		111	+ ₂						
	111	-		111	-						
	111	+ ₂		111	+ ₂						
	111	-		111	-						
	111	-		111	-						
	111	+ ₂		111	+ ₂						





ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΥΨΗΛΩΝ ΤΑΣΕΩΝ

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ : 14 - 4 - 97

ΟΜΑΔΑ 7 2

Σύντομη περιγραφή πειράματος

Διάκενο 8 cm

Απόσταση συρμάτων 38 cm

Ατμοσφαιρικές συνθήκες

Ατμοσφ. Πίεση : 749,7 mm Hg

Ένδειξη ξηρού θερμομ. : 15 °C

Ένδειξη υγρού θερμομ. : 14 °C

Απόλυτη υγρασία : 12 gr/m³

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

[KV]								18%						
α/α	E.B	=/-		α/α	E.B	=/-		α/α	E.B	=/-		α/α	E.B	=/-
	118	-		118	-			118	+Σ			118	-	
	118	-		118	-			118	-			118	-	
	118	-		118	-			118	-			118	-	
	118	-		118	+Σ			118	-			118	-	
	118	-		118	+Σ			118	-			118	-	
	118	+X		118	-			118	-			118	-	
	118	-		118	-			118	+Σ			118	+Σ	
	118	+X		118	-			118	+Σ			118	-	
	118	-		118	-			118	-			118	-	
	118	-		118	-			118	-			118	+Σ	

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΥΨΗΛΩΝ ΤΑΣΕΩΝ

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ : 14 - 4 - 97
 ΟΜΑΔΑ 7 3

Σύντομη περιγραφή πειράματος
Διάκενο 8 cm
Απόσταση συρμάτων 38 cm

Ατμοσφαιρικές συνθήκες

Ατμοσφ. Πίεση : 749,7 mm Hg
 Ένδειξη ξηρού θερμομ. : 15 °C
 Ένδειξη υγρού θερμομ. : 14 °C
 Απόλυτη υγρασία : 12 gr/m³

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

[KV]									72%		
α/α	Ε.Β	=/-	α/α	Ε.Β	=/-	α/α	Ε.Β	=/-	α/α	Ε.Β	=/-
121	-		121	+Σ		121	+Σ		121	+Σ	
121	-		121	-		121	+Σ		121	+Σ	
121	+Σ		121	+Σ		121	+Σ		121	+Σ	
121	+Χ		121	+Σ		121	-		121	+Σ	
121	+Χ		121	+Σ		121	+Σ		121	+Σ	
121	+Σ		121	+Σ		121	+Σ		121	-	
121	+Χ		121	-		121	-		121	+Σ	
121	-		121	+Σ		121	-		121	-	
121	+Σ		121	+Σ		121	+Σ		121	+Σ	
121	+Σ		121	-		121	+Σ		121	+Χ	

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΥΨΗΛΩΝ ΤΑΣΕΩΝ

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ : 14 - 4 - 97

ΟΜΑΔΑ 7 4

Σύντομη περιγραφή πειράματος

Διάκενο 8 cm

Απόσταση συρμάτων 38 cm

Ατμοσφαιρικές συνθήκες

Ατμοσφ. Πίεση : 749,7 mm Hg

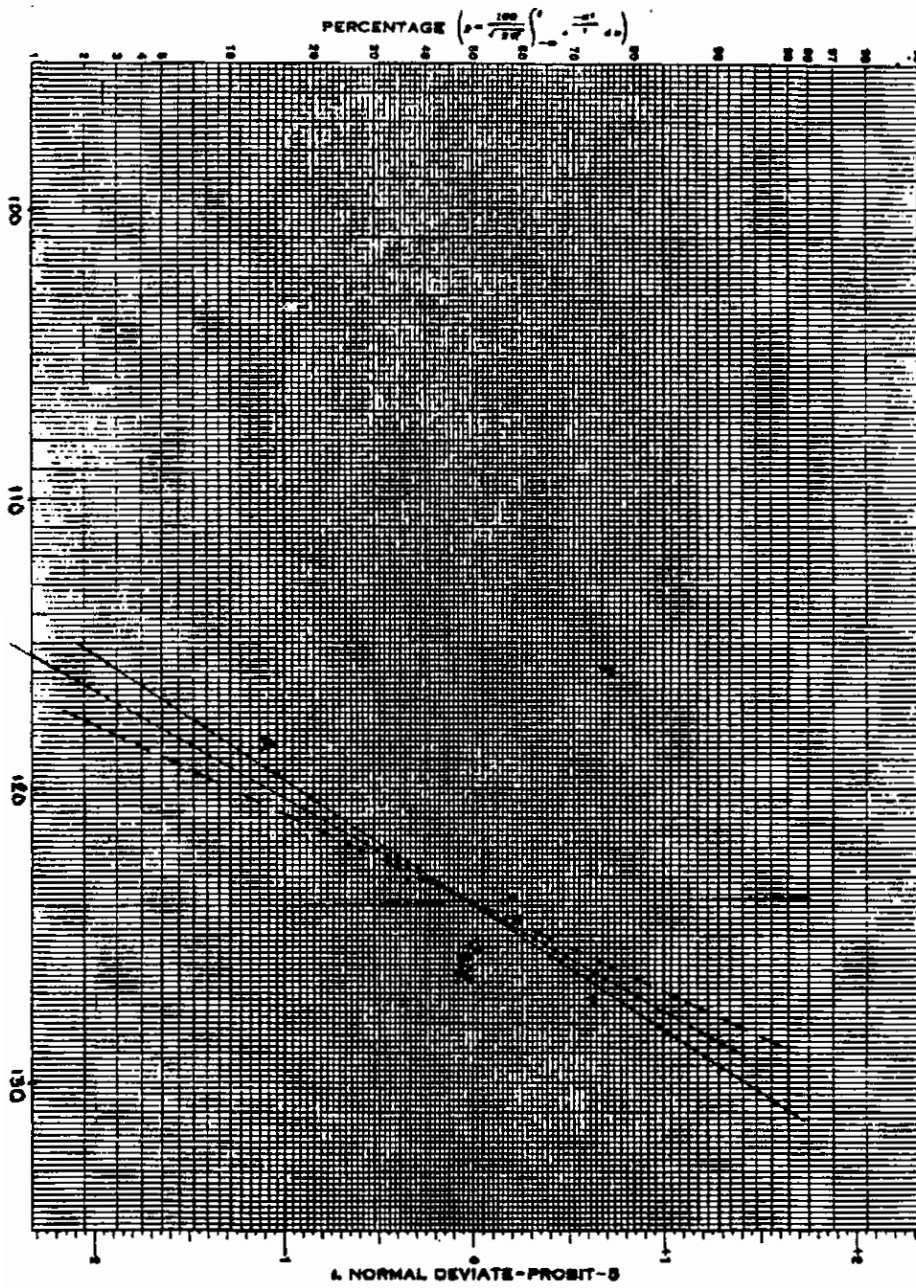
Ένδειξη ξηρού θερμομ. : 15 °C

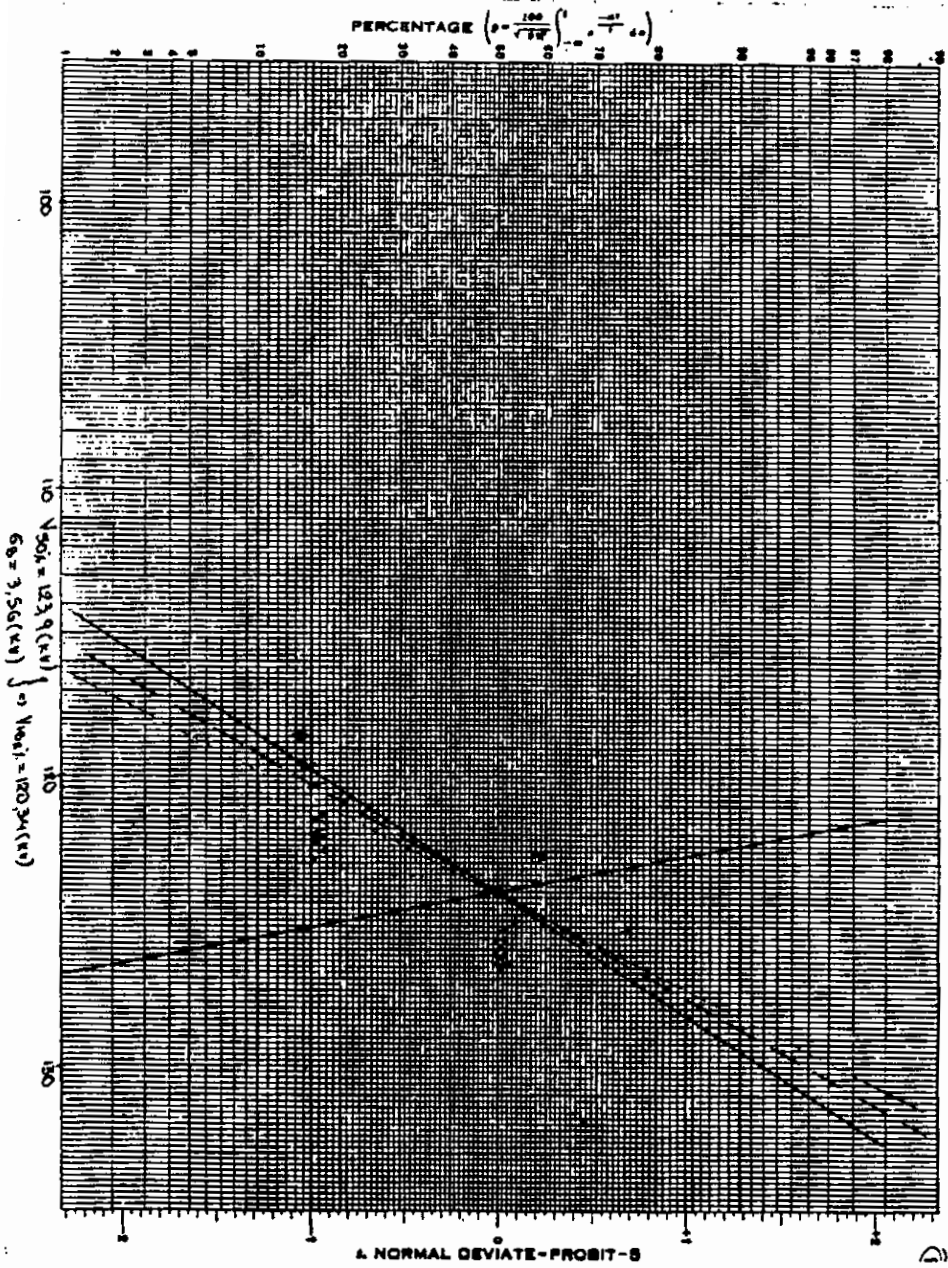
Ένδειξη υγρού θερμομ. : 14 °C

Απόλυτη υγρασία : 12 gr/m³

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

[KV]			78%											
α/α	E.B	=/-	α/α	E.B	=/-	α/α	E.B	=/-	α/α	E.B	=/-	α/α	E.B	=/-
	125	+Σ		125	+Σ		127	+Σ		125	+Σ		126	+Σ
	125	+Σ		126	+Σ		126	+Σ		126	+Σ		126	+Σ
	125	+Σ		126	-		126	+Σ		126	+Σ		126	-
	126	-		126	+Σ		126	+Χ		126	+Σ		127	+Σ
	127	+Σ		126	-		126	+Σ		126	+Σ		127	+Σ
	126	+Χ		126	+Σ		126	-		126	+Σ		127	-
	127	+Σ		126	+Σ		126	+Σ		126	+Σ		127	-
	126	+Σ		126	+Σ		126	+Σ		126	-		127	+Σ
	127	-		126	+Σ		126	+Σ		126	+Σ		127	+Χ
	127	-		126	+Σ		126	-		126	+Σ		126	+Σ





ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΥΨΗΛΩΝ ΤΑΣΕΩΝ

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ : 14 - 4 - 97

ΟΜΑΔΑ 8 2

Σύντομη περιγραφή πειράματος

Διάκενο 8 cm

Απόσταση συρμάτων 42 cm

Ατμοσφαιρικές συνθήκες

Ατμοσφ. Πίεση : 749 mm Hg

Ένδειξη ξηρού θερμομ. : 15 °C

Ένδειξη υγρού θερμομ. : 14 °C

Απόλυτη υγρασία : 12 gr/m³

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

[KV]			58%											
α/α	E.B	=/-	α/α	E.B	=/-	α/α	E.B	=/-	α/α	E.B	=/-	α/α	E.B	=/-
	129	+Σ		130	-		130	+Σ		130	+Σ		130	-
	130	+Σ		130	-		130	+Χ		130	-		130	+Σ
	130	+Σ		130	-		130	-		130	+Χ		130	+Σ
	130	+Σ		130	+Σ		130	+Χ		130	-		130	+Σ
	130	+Σ		130	-		130	+Σ		130	+Χ		130	+Χ
	130	-		130	+Σ		130	-		130	-		130	-
	130	-		130	+Σ		130	-		130	-		130	+Σ
	130	-		130	-		130	+Χ		130	+Σ		130	+Σ
	130	+Σ		130	-		130	-		130	+Σ		130	+Σ
	130	+Χ		130	+Χ		130	-		130	+Σ		130	-

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΥΨΗΛΩΝ ΤΑΣΕΩΝ

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ : 14 - 4 - 97

ΟΜΑΔΑ 8 3

Σύντομη περιγραφή πειράματος

Διάκενο 8 cm

Απόσταση συρμάτων 42 cm

Ατμοσφαιρικές συνθήκες

Ατμοσφ. Πίεση : 749 mm Hg

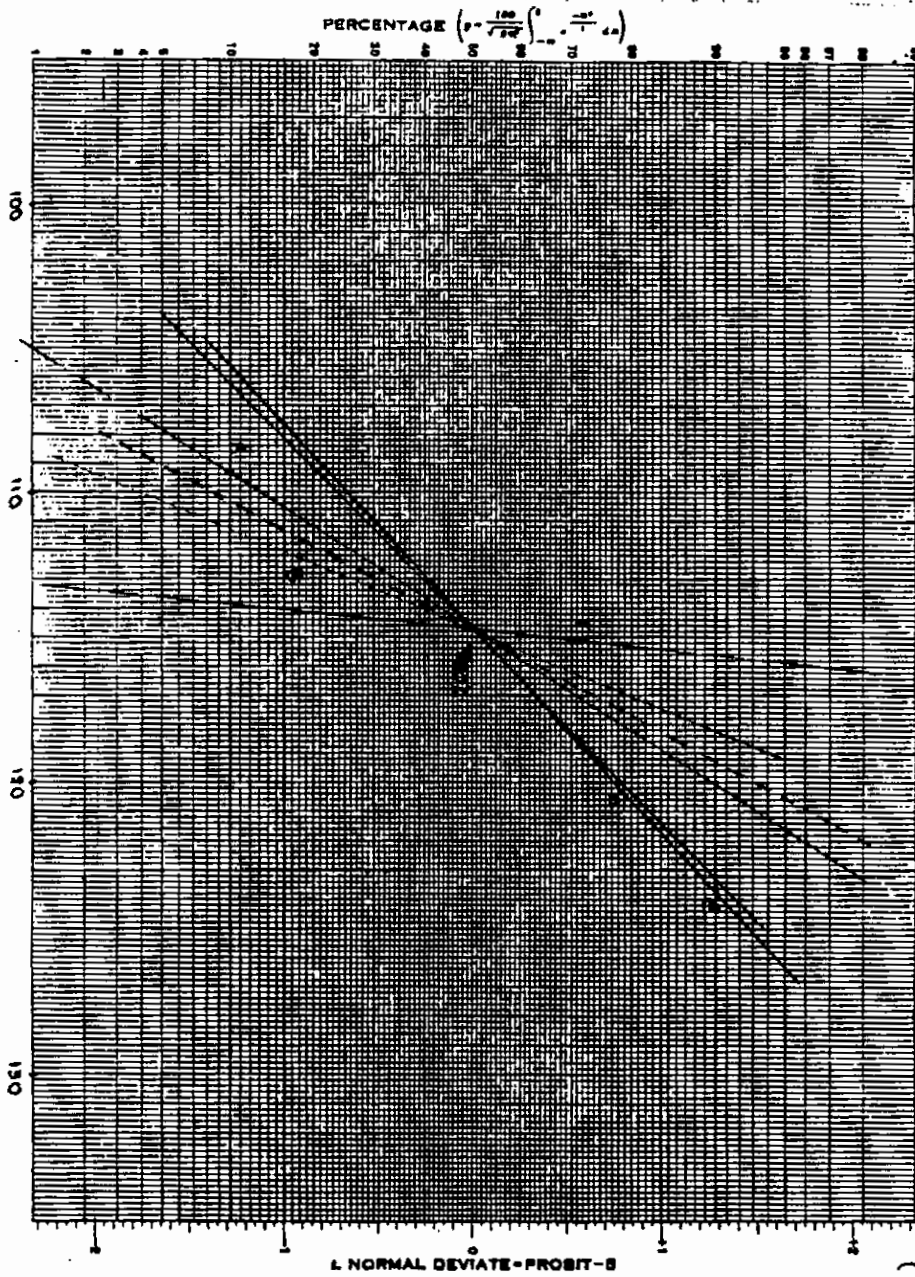
Ένδειξη ξηρού θερμομ. : 15 °C

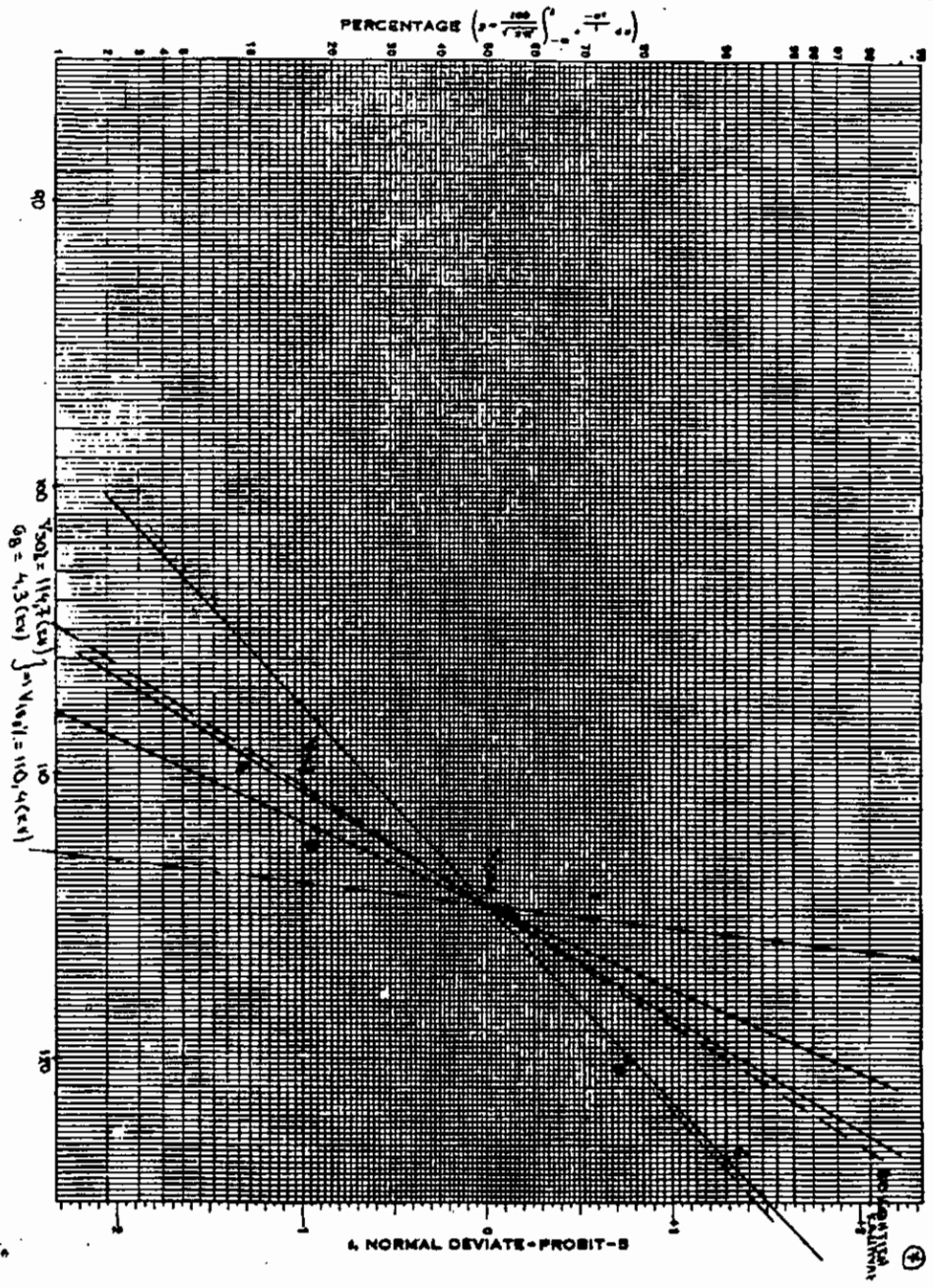
Ένδειξη υγρού θερμομ. : 14 °C

Απόλυτη υγρασία : 12 gr/m³

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

[KV]									74%					
α/α	Ε.Β	=/-	α/α	Ε.Β	=/-	α/α	Ε.Β	=/-	α/α	Ε.Β	=/-			
	132	+Σ		133	+Σ		133	-		132	+Σ		133	+Σ
	132	+Σ		133	+Σ		134	-		132	+Σ		133	-
	132	-		133	+Σ		132	-		133	+Σ		133	+Σ
	133	+Σ		133	+Σ		131	-		133	+Σ		133	+Σ
	134	-		134	+Σ		133	+Σ		133	+Σ		133	+Σ
	133	+Σ		133	+Σ		133	+Σ		133	-		133	+Σ
	133	-		133	+Σ		133	-		133	-		133	+Σ
	133	+Σ		133	+Σ		133	+Σ		133	+Σ		133	+Σ
	133	+Σ		133	-		132	+Σ		133	+Σ		133	+Σ
	132	-		133	+Σ		133	+Σ		134	+Σ		133	-





ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΥΨΗΛΩΝ ΤΑΣΕΩΝ

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ : 17 - 4 - 97
 ΟΜΑΔΑ 9 2

Σύντομη περιγραφή πειράματος

Διάκενο 8 cm

Απόσταση συρμάτων 42 cm

Πλάκα μεταλλική κάτω από την άμμο

Ατμοσφαιρικές συνθήκες

Ατμοσφ. Πίεση : 754,5 mm Hg
 Ένδειξη ξηρού θερμομ. : 16 °C
 Ένδειξη υγρού θερμομ. : 13,2 °C
 Απόλυτη υγρασία : 11,8 gr/m³

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

[KV]												58%		
α/α	E.B	=/-	α/α	E.B	=/-	α/α	E.B	=/-	α/α	E.B	=/-	α/α	E.B	=/-
	120	+Σ		120	+Σ		120	-		120	+Σ		120	-
	120	+Σ		120	+Σ		120	+Χ		120	+Σ		120	-
	120	-		120	-		120	-		121	-		120	-
	120	+Χ		120	-		120	-		121	-		120	+Σ
	120	+Σ		120	-		121	-		120	+Σ		120	+Σ
	120	-		120	+Σ		120	+Σ		121	-		120	+Σ
	120	+Σ		120	+Σ		121	+Σ		120	-		120	+Σ
	120	+Σ		120	+Χ		121	-		120	-		120	-
	120	+Σ		120	-		120	+Σ		120	+Σ		120	+Σ
	120	+Χ		120	-		120	+Χ		120	+Σ		120	+Σ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΥΨΗΛΩΝ ΤΑΣΕΩΝ

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ : 17 - 4 - 97
 ΟΜΑΔΑ 9 3

Σύντομη περιγραφή πειράματος

Διάκενο 8 cm

Απόσταση συρμάτων 42 cm

Πλάκα μεταλλική κάτω από την άμμο

Ατμοσφαιρικές συνθήκες

Ατμοσφ. Πίεση : 754,5 mm Hg
 Ένδειξη ξηρού θερμομ. : 16 °C
 Ένδειξη υγρού θερμομ. : 13,2 °C
 Απόλυτη υγρασία : 11,8 gr/m³

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

[KV]												78%		
α/α	E.B	=/-	α/α	E.B	=/-	α/α	E.B	=/-	α/α	E.B	=/-	α/α	E.B	=/-
	125	+Σ		124	+Χ		124	+Σ		124	+Χ		124	+Σ
	125	+Σ		124	+Σ		124	-		124	-		124	-
	125	+Σ		124	-		124	+Σ		124	+Σ		124	+Σ
	125	+Σ		124	+Σ		124	+Σ		124	+Σ		124	+Σ
	125	+Σ		124	+Σ		124	+Σ		124	+Χ		124	+Χ
	125	+Σ		124	-		124	+Χ		124	+Σ		124	+Σ
	125	-		124	+Σ		124	+Σ		124	+Σ		124	+Σ
	124	+Χ		124	+Σ		124	+Χ		124	+Σ		124	+Σ
	124	-		124	+Σ		124	-		124	+Σ		123	-
	124	-		124	+Σ		124	+Σ		124	+Χ		124	+Χ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΥΨΗΛΩΝ ΤΑΣΕΩΝ

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ : 17 - 4 - 97

ΟΜΑΔΑ 9 4

Σύντομη περιγραφή πειράματος

Διάκενο 8 cm

Απόσταση συρμάτων 42 cm

Πλάκα μεταλλική κάτω από την άμμο

Ατμοσφαιρικές συνθήκες

Ατμοσφ. Πίεση : 754,5 mm Hg

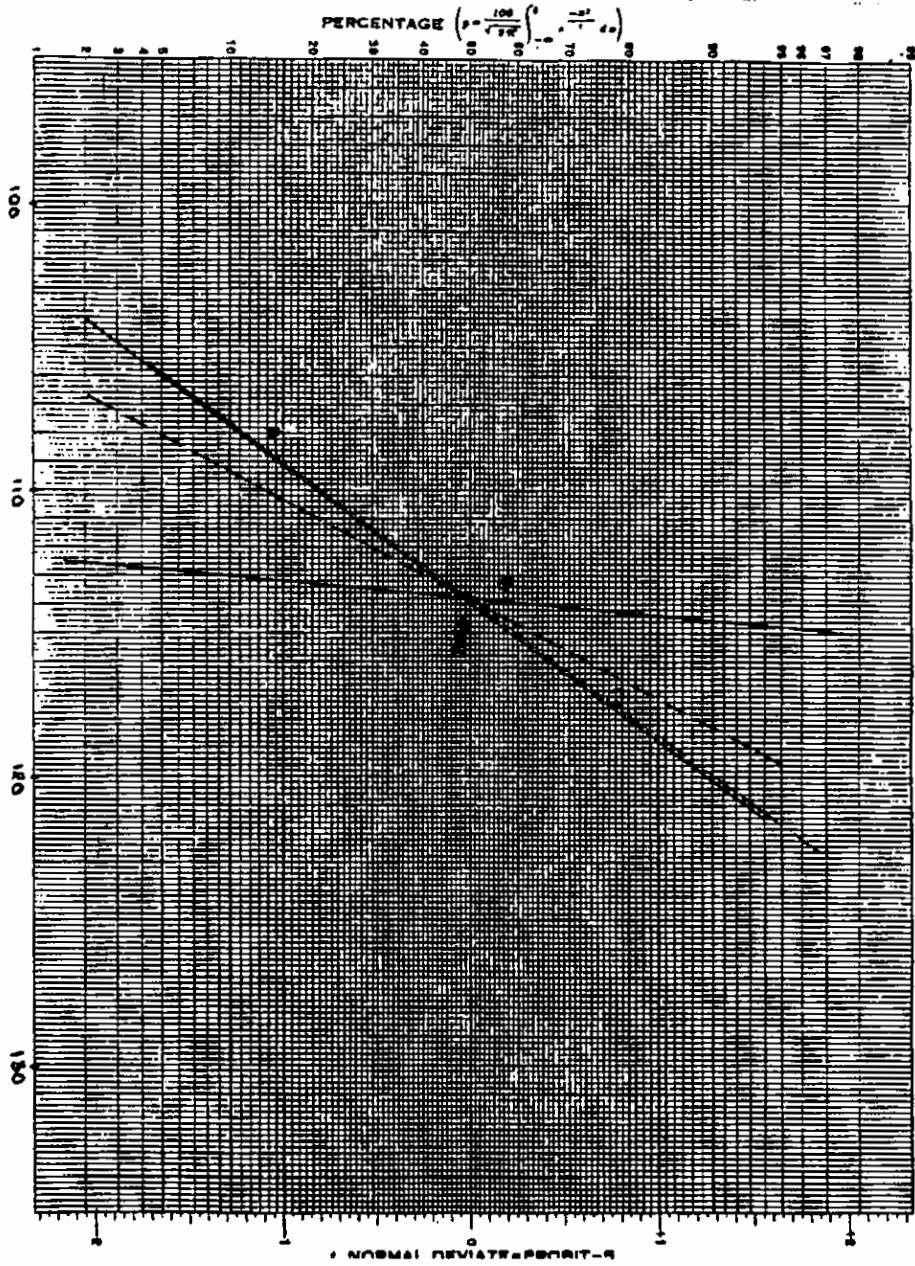
Ένδειξη ξηρού θερμομ. : 16 °C

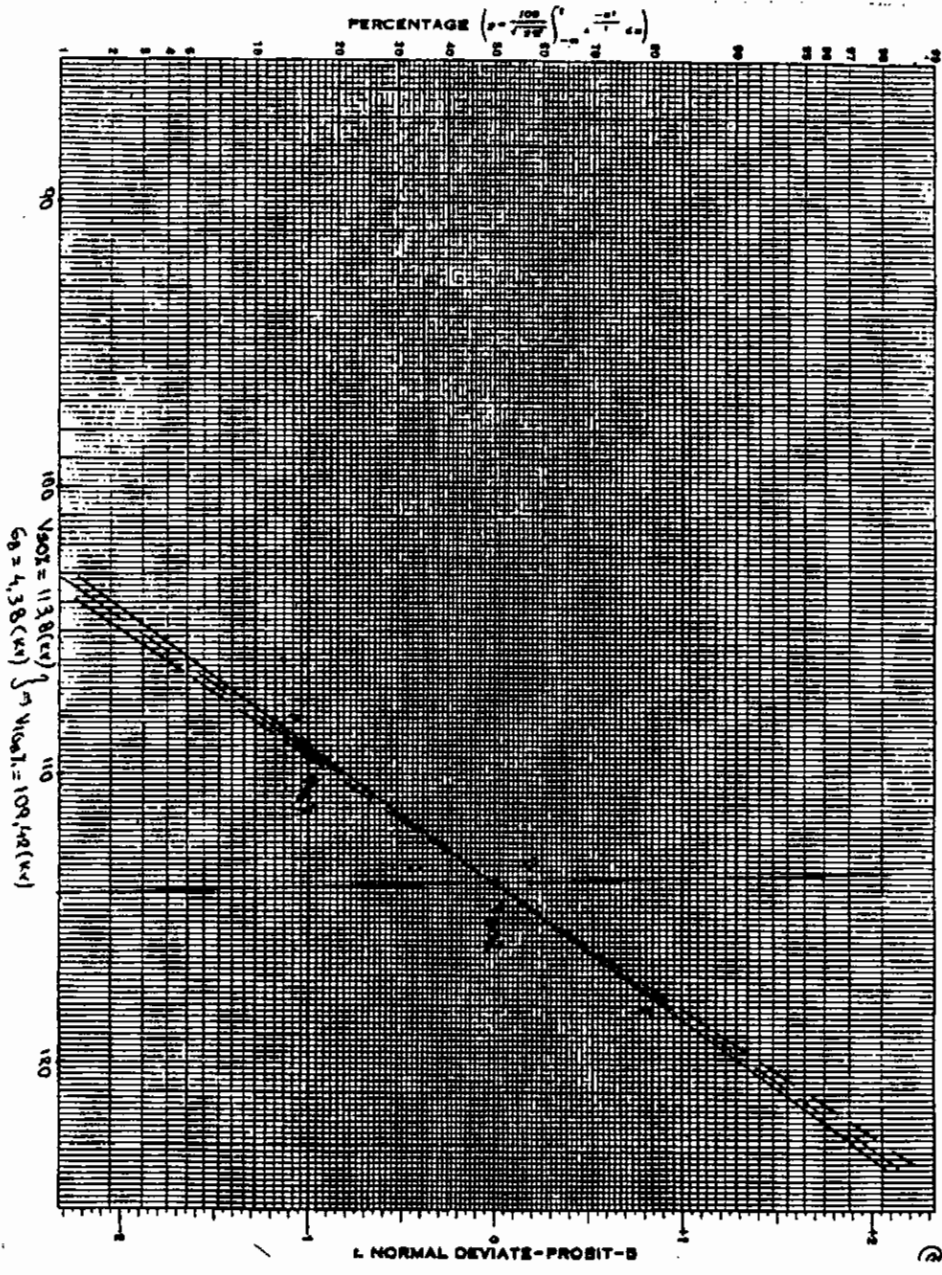
Ένδειξη υγρού θερμομ. : 13,2 °C

Απόλυτη υγρασία : 11,8 gr/m³

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

[KV]			100%											
α/α	E.B	=/-	α/α	E.B	=/-	α/α	E.B	=/-	α/α	E.B	=/-	α/α	E.B	=/-
	130	+Σ		130	+Σ		130	+Σ		130	+Χ		130	+Σ
	130	+Σ		130	+Σ		130	+Σ		130	+Σ		130	+Σ
	130	+Σ		130	+Σ		130	+Σ		130	+Σ		130	+Σ
	130	+Χ		130	+Σ		130	+Σ		130	+Σ		130	+Σ
	130	+Σ		130	+Χ		130	+Σ		130	+Σ		130	+Σ
	130	+Σ		130	+Σ		130	+Σ		130	+Χ		130	+Σ
	130	+Σ		130	+Σ		130	+Σ		130	+Σ		130	+Σ
	130	+Σ		130	+Σ		130	+Σ		130	+Σ		130	+Χ
	130	+Σ		130	+Σ		130	+Σ		130	+Σ		130	+Σ
	130	+Χ		130	+Σ		130	+Σ		130	+Σ		130	+Σ





5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.

Υστερα από την επεξήγηση των πειραματικών μας μετρήσεων και την παράθεση των κατάλληλων γραφικών παραστάσεων, παρατηρούμε ότι έχουμε την ιδανική διάταξη για διάκενο 8cm και απόσταση μεταξύ των παράλληλων συρμάτων 18cm . Σε αυτή την περίπτωση έχουμε 100% απαγωγή από τα σύρματα σε υψηλές πιθανότητες διάσπασης.

Σε μικρότερες πιθανότητες το ποσοστό της απαγωγής από τα σύρματα πέφτει, όμως δεν έχουμε διάσπαση στο έδαφος. Στις αποστάσεις 22cm & 26cm η απαγωγή από τα σύρματα πέφτει στις τάξεις του 70% με 85% για υψηλές πιθανότητες ενώ αντίθετα για μέσες και χαμηλές πιθανότητες κατεβαίνει πιο κάτω.

Καθώς ανεβαίνει η απόσταση μεταξύ των παράλληλων συρμάτων στα 30cm & 38cm παρατηρούμε ότι η διάσπαση στο έδαφος παίρνει μεγάλη τιμή στις χαμηλές και μέσες πιθανότητες γύρω στο 15% ενώ αντίθετα πέφτει για μεγάλες τιμές πιθανοτήτων διάσπασης.

Για διάκενο όμως 34cm έχουμε διάσπαση στο έδαφος τις τάξης του 2% στις υψηλές μόνο πιθανότητες. Τέλος κάνουμε μια σύγκριση αποτελεσμάτων που αφορά τις δύο τελευταίες ομάδες.

Για την ίδια απόσταση των 42cm μεταξύ των συρμάτων, μία φορά παίρνουμε κανονικές μετρήσεις όπως και προηγουμένως ενώ παράλληλα παίρνουμε μετρήσεις με τοποθετημένη μεταλλική πλάκα κάτω από τα σύρματα μέσα στην άμμο.

Στην πρώτη περίπτωση η διάσπαση στο έδαφος για υψηλές πιθανότητες φτάνει στο 16% ενώ στην δεύτερη

περίπτωση έχουμε διακύμανση από 10%–18% ανάλογα στο επίπεδο στο οποίο βρισκόμαστε.

Έτσι λοιπόν σαν καλύτερη περίπτωση επιλέγεται εκείνη της απόστασης των 18cm όπου το ποσοστό διάσπασης στο χώμα μηδενίζεται τόσο σε χαμηλές όσο σε μέσες και υψηλές πιθανότητες, ενώ η απαγωγή από τα σύρματα όπως προαναφέρθηκε είναι της του 100%.

0. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.....	2
1.1 ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΓΗΣ.....	2
1.2 ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΟΥ ΝΕΦΟΥΣ.....	3
1.3 ΟΡΙΣΜΟΙ ΣΧΕΤΙΚΟΙ ΜΕ ΤΑ ΜΕΓΕΘΗ ΤΟΥ ΚΕΡΑΥΝΟΥ.....	6
1.4 ΕΙΔΗ ΚΕΡΑΥΝΩΝ.....	7
1.5 ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΚΕΡΑΥΝΟΥ, ΕΞΟΜΟΙΩΣΗ ΣΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ.....	9
1.6 ΕΝΑΡΞΗ ΤΗΣ ΕΚΚΕΝΩΣΗΣ ΤΟΥ ΚΕΡΑΥΝΟΥ.....	12
1.7 Η ΦΑΣΗ ΤΟΥ ΟΧΕΤΟΥ ΕΠΙΣΤΡΟΦΗΣ.....	13
1.8 ΣΥΝΔΕΤΙΚΟΣ ΟΧΕΤΟΣ-ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΔΙΑΣΠΑΣΗΣ-ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΩΝ ΑΛΕΞΙΚΕΡΑΥΝΩΝ.....	15
1.9 ΡΕΥΜΑ ΤΟΥ ΚΕΡΑΥΝΟΥ ΚΑΙ ΣΧΕΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ.....	18
1.10 ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ.....	22
1.11 ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΣΥΛΛΗΨΗΣ ΤΟΥ ΚΕΡΑΥΝΟΥ.....	25
2. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.....	30
2.1 ΑΝΑΓΚΗ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΕΩΝ ΣΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ.....	30
2.2 ΚΡΟΥΣΤΙΚΕΣ ΤΑΣΕΙΣ.....	32
2.3 ΙΣΟΔΥΝΑΜΙΑ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΩΝ ΜΕ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΚΡΟΥΣΤΙΚΕΣ ΤΑΣΕΙΣ.....	34
2.4 ΚΡΟΥΣΤΙΚΗ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ / MULTI TEST SET ΤΗΣ HAEFELY ...	36
2.5 ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ ΤΗΣ ΚΡΟΥΣΤΙΚΗΣ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ.....	38
2.6 ΤΟΠΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΤΗΣ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ.....	39
2.7 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΗΣ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ.....	43
3. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....	47
3.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	47
3.2 ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΗΣ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑΣ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ ΜΕ ΚΡΟΥΣΤΙΚΕΣ ΤΑΣΕΙΣ.....	47
3.3 ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΕΥΤΙΚΟΤΕΡΗΣ ΚΑΝΟΝΙΚΗΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΜΙΑΣ ΣΕΙΡΑΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....	50
3.4 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΤΑΣΗ ΔΙΑΣΠΑΣΗΣ ΤΟΥ ΑΕΡΑ.....	55
3.5 ΕΞΑΡΤΗΣΗ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ K_H ΑΠΟ ΤΗΝ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ.....	60
4. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο.....	63
4.1 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ.....	63

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....127

