

Τ.Ε.Ι. ΠΑΤΡΑΣ

Τμήμα: Ηλεκτρολογίας

Πτυχιακή Εργασία

Αριθμός 392

**«Κατασκευή 3 μετρητών κεραυνών και
εγκατάσταση ενός πλήρους συστήματος
μέτρησης στο χώρο του ΤΕΙ Πατρών»**



Εισηγητές:
Πυργιώτη Λ.
Μαυρογέννης Ι.

Σπουδαστές:
Αγγελόπουλος Άγγελος
Γεωργόπουλος Ιωάννης

Πάτρα - Φ. 98

ΑΡΙΘΜΟΣ
ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ

3232

Πρόλογος

Η εργασία αυτή έγινε στα πλαίσια του προγράμματος σπουδών του τμήματος Ηλεκτρολόγων των ΤΕΙ Πατρών, για την απόκτηση πτυχίου.

Το θέμα δόθηκε το 1997 από την καθηγήτρια Ελ. Πυργιώτη με την οποία ευχαριστούμε για τη συνεργασία και για τις απαραίτητες συμβουλές της κατά τη διάρκεια εκτέλεσης της εργασίας.

Στην εργασία αυτή αναπτύσσεται η μέτρηση κεραυνών κατά τρόπο που να αποτελέσει χρήσιμο βοήθημα γι' αυτούς που ασχολούνται με συναφή θέματα. Το ηλεκτρονικό σχέδιο του μετρητή κεραυνών είναι βασισμένο στο διεθνές πρότυπο μετρητών CIGRE.

Περιεχόμενα

<i>Πρόλογος</i>	1
<i>Περιεχόμενα</i>	2
<i>Εισαγωγή</i>	4
<i>Κεφάλαιο 1^ο</i>	5
<i>Κεραυνός - Αποτελέσματα</i>	5
1.1. Ηλεκτρική κατάσταση της γης και του σύννεφου	5
1.2. Είδη κεραυνών	7
1.3. Ο μηχανισμός των εκκενώσεων	9
1.4. Ρεύμα του κεραυνού	13
1.5 Αποτελέσματα του κεραυνού	14
<i>Κεφάλαιο 2^ο</i>	19
<i>Κεραυνική πυκνότητα- Εκτίμηση της κεραυνικής πυκνότητας</i>	19
2.1. Ορισμός της κεραυνικής πυκνότητας	19
2.2. Γενικά	20
2.3. Ενεργός ακτίνα δράσης των μετρητών	22
2.4. Κεραυνική πυκνότητα	25
<i>Κεφάλαιο 3^ο</i>	27
<i>Μετρητές κεραυνών</i>	27
3.1. Γενικά για τους μετρητές κεραυνών	27
3.2. Συχνότητα απόκρισης των μετρητών	28
3.3. Ο μετρητής CIGRE 10 KHz	30
3.3.1 Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά του μετρητή CIGRE 10 KHz	30
3.3.2 Λειτουργία του κυκλώματος του μετρητή CIGRE 10KHz	30
3.3.3 Κατασκευαστικές λεπτομέρειες του μετρητή CIGRE 10KHz	38
3.3.4 Ρύθμιση της ευαισθησίας του μετρητή κεραυνών	43
3.3.5 Βαθμολόγηση του μετρητή κεραυνών	45

3.3.6. Τοποθέτηση και κατασκευή της κεραίας	45
3.3.7. Η θέση εγκατάστασης του μετρητή	47
3.3.8. Η θέση των μετρητών	48
3.3.9. Εγγραφές	50
3.4. Εξήγηση των αποτελεσμάτων και βαθμολόγηση	51

Εισαγωγή

Οι κεραυνοί αποτελούν ένα φυσικό φαινόμενο με επικίνδυνα αποτελέσματα τόσο στις διάφορες κατασκευές και τα δίκτυα μεταφοράς και διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας όσο και για την ίδια τη ζωή των ανθρώπων.

Ο πρώτος που υπέδειξε μεθόδους για την προστασία από κεραυνούς ήταν ο Benjamin Franklin στα μέσα του 18^{ου} αιώνα και η σχετική έρευνα εντάχθηκε από την αρχή του αιώνα που διανύουμε.

Η ανάγκη να μετρηθούν οι κεραυνοί άρχισε να επείγει στα τέλη της δεκαετίας του 1950. Οι μετρητές κεραυνών της δεκαετίας του 1950 ήταν δύσκολο να βαθμολογηθούν όσον αφορούσε την εμπέλειά τους, και η απόκρισή τους ήταν φτωχή. Η έρευνα που έγινε στη Νότιο Αφρική συγκεντρώθηκε στη βελτίωση της απόκρισης και της βαθμολόγησης των μετρητών. Αυτό αποτέλεσε την βελτίωση ενός μετρητή των 10kHz ο οποίος είχε απόκριση καλύτερη από 90% καθώς και μια αποτελεσματική ακτίνα μέτρησης κεραυνών η οποία ήταν σχεδόν 20 km. Μετά από έρευνες και από συγκρίσεις με άλλους μετρητές ο μετρητής των 10 kHz υιοθετήθηκε και ανήκει στο διεθνές πρότυπο μετρητών CIGRE.

Κεφάλαιο 1^ο

Κεραυνός - Αποτελέσματα

1.1. Ηλεκτρική κατάσταση της γης και του σύννεφου

Η γη είναι μόνιμα φορτισμένη με αρνητικό ηλεκτρικό φορτίο της τάξης των $5 \times 10^5 \text{Cb}$. Το φορτίο αυτό δημιουργεί, σε συνθήκες καλοκαιρίας, ένα ηλεκτρικό πεδίο με κατεύθυνση από την ατμόσφαιρα προς τη γη. Ισοδύναμο θετικό φορτίο βρίσκεται κατανεμημένο στα χαμηλότερα στρώματα της ατμόσφαιρας.

Ιονισμένα σωματίδια, θετικά και αρνητικά, που βρίσκονται στην ατμόσφαιρα, κινούνται σε αντίθετες κατευθύνσεις λόγω του ηλεκτρικού πεδίου. Αυτό όμως θα είχε σαν αποτέλεσμα την εκφόρτιση της γης. Το γεγονός ότι αυτό δεν συμβαίνει, οφείλεται στο ότι η γη δέχεται αρνητικό φορτίο ισοδύναμο με αυτό του ρεύματος των θετικών ιόντων. Η κύρια πηγή τροφοδοσίας της γης με αρνητικό φορτίο είναι τα ηλεκτρισμένα σύννεφα και οι κεραυνοί.

Ένα ηλεκτρισμένο σύννεφο συνήθως έχει τη μορφή ενός διπόλου με θετικό φορτίο στη κορυφή του και αρνητικό φορτίο στη πλευρά του που είναι προς τη γη. Ένα σύννεφο περνά από την ουδέτερη κατάσταση στην ηλεκτρισμένη σε λίγα μόνο λεπτά. όταν ένα σύννεφο, με τη μορφή που περιγράψαμε πιο πάνω, βρεθεί στο πεδίο καλοκαιρίας τότε προκαλεί την αναστροφή του πεδίου αυτού. Το νέο πεδίο που σχηματίζεται έχει φορά από τη γη προς την ατμόσφαιρα και διαταράσσεται στιγμιαία με κάθε εκκένωση κεραυνού ή εκκένωση εσωτερική του νέφους και στη συνέχεια αποκαθίσταται όπως πριν.

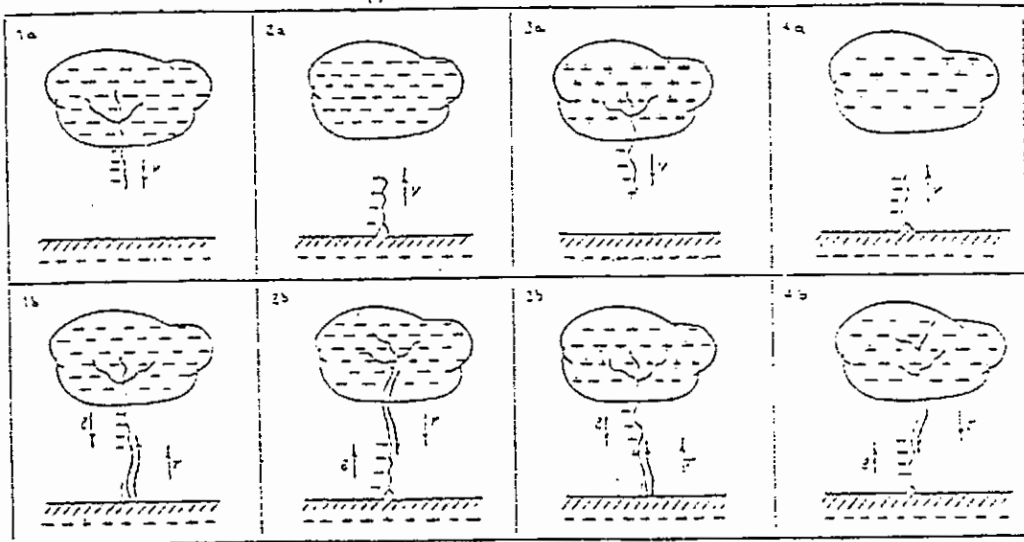
Όταν το πεδίο στην επιφάνεια της γης, που προκαλείται από ένα ηλεκτρισμένο σύννεφο, γίνει μεγαλύτερο από 2 KV/m , τότε σε αιχμηρές προεξοχές στο έδαφος αρχίζει ιονισμός από κρούσεις και θετικά ιόντα μεταφέροντας από τη γη, μέσω της προεξοχής, στην ατμόσφαιρα. Η προεξοχή μπορεί να είναι ένα υψηλό κτήριο, ένα δέντρο κ.λ.π. Το ηλεκτρικό ρεύμα που δημιουργείται ονομάζεται ρεύμα ιονισμού της προεξοχής. Το ρεύμα αυτό όπως θα δούμε παρακάτω, παίζει σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη του κεραυνού.

1.2. Είδη κεραυνών

Για να ξεκινήσει ένας κεραυνός απαιτούνται σημεία υψηλής πεδιακής έντασης. Όταν έχουμε συγκέντρωση φορτίου ενός προσήμου σε μία θέση του νέφους και φορτίο αντίθετου προσήμου στο έδαφος, τότε μεταξύ νέφους και εδάφους υπάρχει μία ζώνη αυξημένων πεδιακών εντάσεων. Οι υψηλότερες εντάσεις μέσα στη ζώνη αυτή μπορούν να βρίσκονται είτε κοντά στο νέφος, είτε σε μία σημαντική προεξοχή στο έδαφος. Στην περίπτωση που οι υψηλές εντάσεις του πεδίου βρίσκονται κοντά στο νέφος, η εκκένωση, αν γίνει, θα ξεκινήσει από το νέφος. Αντίθετα αν οι υψηλές εντάσεις του πεδίου βρίσκονται σε κάποια προεξοχή στο έδαφος, η ενδεχόμενη εκκένωση θα ξεκινήσει από το έδαφος. Δηλαδή διακρίνουμε τον κατερχόμενο οχετό προεκκένωσης και τον ανερχόμενο οχετό προεκκένωσης.

Πριν ο οχετός προεκκένωσης συναντήσει το έδαφος ή το νέφος, ένας αντίθετος οχετός που ονομάζεται συνδετικός οχετός, αναπτύσσεται από την άλλη πλευρά και συναντά τον οχετό προεκκένωσης. Το φαινόμενο ολοκληρώνεται με τον οχετό επιστροφής όπως θα δούμε παρακάτω.

Στο σχήμα 1.1 φαίνονται τα 4 είδη του οχετού προεκκένωσης και η συμπλήρωση του αντίστοιχου είδους κεραυνού, με τον οχετό επιστροφής:



Σχ. 1.1: Είδη κεραυνών

- 1α κατερχόμενος αρνητικός οχετός προεκκένωσης
- 2α ανερχόμενος θετικός οχετός προεκκένωσης
- 3α κατερχόμενος θετικός οχετός προεκκένωσης
- 4α ανερχόμενος αρνητικός οχετός προεκκένωσης.

Από τα 4 είδη κεραυνών που παρουσιάστηκαν πιο πάνω, το πιο συνηθισμένο είδος είναι το πρώτο. Από παρατηρήσεις που έχουν γίνει διαπιστώθηκε ότι το τέταρτο είδος αποτελεί τον πιο ισχυρό τύπο κεραυνού, γιατί συνοδεύεται από τις μεγαλύτερες εντάσεις ρεύματος.

1.3. Ο μηχανισμός των εκκένωσης

Για την έναρξη μιας εκκένωσης μέσα σ' ένα σύννεφο, θα πρέπει πεδιακή ένταση να είναι μεγαλύτερη μιας ορισμένης τιμής, η οποία καθορίζεται αφ' ενός μεν από την παρουσία σταγόνων που προκαλούν τοπική ενίσχυση του ηλεκτρικού πεδίου, αφ' ετέρου δε από την πυκνότητα του αέρα μέσα στο σύννεφο. Η εν λόγω τιμή πεδιακής έντασης είναι 900 KV/m. Έχει παρατηρηθεί όμως ότι αν αντί για σταγόνες υπάρχουν κρύσταλλοι πάγου, μια πεδιακή ένταση 400 έως 500 KV/m είναι ικανή για την έναρξη εκκένωσης.

Εξ αιτίας της υψηλής τιμής της έντασης του πεδίου που αναφέραμε πιο πάνω, προκαλείται έναρξη ιονισμού των μορίων του αέρα από κρούσεις ηλεκτρονίων. Ο τονισμός αυτός είναι το πρώτο βήμα μιας εκκένωσης. Το επόμενο βήμα είναι ο

σχηματισμός του οχετού προεκκένωσης.

Αν δύο γειτονικά νέφη έχουν φορτία αντίθετου προσήμου, τότε η περιοχή μεγίστων εντάσεων του ηλεκτρικού πεδίου βρίσκεται μεταξύ των δύο νεφών. Επίσης, είναι δυνατό έν νέφος να περιέχει θύλακες ετερόσημων φορτίων. Τότε η περιοχή μεγίστων εντάσεων του πεδίου βρίσκεται εντός του ίδιου του νέφους. Και στις δύο πιο πάνω περιπτώσεις ένας οχετός θα ακολουθήσει τις γραμμές μέγιστης πεδιακής έντασης και θα προκαλέσει ηλεκτρική σύνδεση και αλληλοεξουδετέρωση των ετερόσημων φορτίων. Η εξουδετέρωση αυτή συνοδεύεται από έντονη λάμψη (αστραπή) και δυνατό θόρυβο (βροντή). Οι συνέπειες της εκκένωσης αυτής στο έδαφος περιορίζονται σε μια παροδική διαταραχή του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου, που γίνεται αισθητή σε δέκτες ραδιοφώνου, τηλεοράσεως κλπ.

Στην περίπτωση που οι γραμμές μέγιστης πεδιακής έντασης κατευθύνονται από το νέφος προς το έδαφος, ο οχετός θα κατευθυνθεί προς το έδαφος. Ο οχετός προεκκένωσης προχωρεί με διαδοχικά πηδήματα που το καθένα έχει μήκος μερικά μέτρα ή δεκάδες μέτρα. Η μέση ταχύτητα του οχετού προεκκένωσης είναι 0,15 m/μs. Ο κατερχόμενος οχετός καθώς πλησιάζει προς το έδαφος, επάγει ένα ηλεκτρικό πεδίο. Η

ένταση του επαγόμενου πεδίου είναι μεγαλύτερη σε προεξοχές του εδάφους. Όταν στο άκρο μιας προεξοχής, η ένταση ενισχυθεί αρκετά, θα αρχίσει απ' αυτή ένας ανερχόμενος οχετός προεκκένωσης, ο οποίος καλείται συνδετικός οχετός, που θα κατευθύνεται προς την κεφαλή του κατερχόμενου οχετού προεκκένωσης.

Με τη συνάντηση των δύο οχετών συμπληρώνεται η ημιαγώγιμη σύνδεση νέφους εδάφους κατ ακολουθεί ο οχετός επιστροφής, με τον οποίο συμπληρώνεται ο κεραυνός.

Είναι φανερό από τα παραπάνω, πως το σημείο προτίμησης για την περάτωση του κεραυνού, αποφασίζεται την τελευταία στιγμή, όταν δηλαδή ο οχετός προεκκένωσης πλησιάσει σε τέτοια απόσταση, ώστε να υπάρξουν συνθήκες συνδέσεως του κατερχόμενου οχετού με κάποιο σημείο του εδάφους. Οι συνθήκες συνδέσεως πληρούνται όταν η μέση πεδιακή ένταση ανάμεσα στην κεφαλή του κατερχόμενου οχετού και του σημείου προτίμησης πέσει στα 5 KV/cm. Η απόσταση στην οποία η πεδιακή ένταση πέφτει στην πιο πάνω τιμή ονομάζεται απόσταση διασπάσεως. Η απόσταση διασπάσεως εξαρτάται από την τάση που παρουσιάζει η κεφαλή του κατερχόμενου οχετού προεκκένωσης προς το έδαφος. Η τάση

αυτή, με τη σειρά της, εξαρτάται από το μέγεθος του φορτίου του θύλακα του νέφους από το οποίο ξεκίνησε ο οχετός προεκκένωσης. Όσο μεγαλύτερο είναι το φορτίο αυτό τόσο μεγαλύτερη είναι η απόσταση διασπάσεως. Οι συνήθεις τιμές της απόστασης διασπάσεως ποικίλλουν από μερικές δεκάδες μέτρα, μέχρι 150 ή και 200 μέτρα. Η απόσταση διασπάσεως συνδέεται με το ρεύμα του κεραυνού με τη σχέση $r_s = 8I_o^{0,65}$ όπου:

r_s = απόσταση διασπάσεως σε μέτρα.

I_o = ρεύμα του κεραυνού σε ΚΑ.

Η αρχική εκκένωση του κεραυνού ακολουθείται από επόμενες εκκενώσεις. Οι εκκενώσεις αυτές διαδέχονται η μία την άλλη σε μικρά χρονικά διαστήματα και η κάθε μια περιλαμβάνει δικό της συνδετικό οχετό κατ' 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 πολλαπλές εκκενώσεις παρουσιάζουν συνήθως οι κατερχόμενοι αρνητικοί κεραυνοί, που αποτελούν και το μεγαλύτερο ποσοστό των κεραυνών, ενώ πολλαπλοί θετικοί κεραυνοί είναι σπανιότατοι.

1.4. Ρεύμα του κεραυνού

Η πιο σημαντική παράμετρος της εκκένωσης του κεραυνού, από πλευράς προστασίας, είναι το ρεύμα I του κεραυνού. Το κύριο ρεύμα που συνοδεύει μια εκκένωση οφείλεται στον οχετό επιστροφής.

Στον οχετό επιστροφής 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 τη γη.

Το μέγεθος του ρεύματος που αναπτύσσεται κατά τη ροή του φορτίου αυτού, εξαρτάται κατ' αρχήν από το μέγεθος του φορτίου του νέφους, αλλά και από την ταχύτητα με την οποία προχωρεί ο οχετός επιστροφής από τον ήδη τονισμένο δρόμο που έχει χαράξει ο οχετός προεκκένωσης. Το μέγεθος του ρεύματος ενός κεραυνού εξαρτάται ακόμα από το είδος του κεραυνού και την πολικότητά του.

Εκτός από το ρεύμα του κεραυνού, μία ενδιαφέρουσα επίσης παράμετρος είναι και η διάρκεια ροής μιας ορισμένης

εντάσεως ρεύματος. Όσο μεγαλύτερη είναι η διάρκεια αυτή, τόσο μεγαλύτερη είναι και η ενέργεια που συσσωρεύεται μέσα στην αντίσταση που διαρρέει, δηλαδή τόσο μεγαλύτερη είναι και η εκλυόμενη θερμότητα. Κεραυνοί με μεγάλη διάρκεια ρεύματος καλούνται θερμοί κεραυνοί, έστω κι αν η μέγιστη τιμή του ρεύματος δεν είναι πολύ υψηλή. Οι θερμοί κεραυνοί είναι πιο επικίνδυνοι μόνο όταν υπάρχει θέμα πυρκαγιάς ή εκρήξεως. Για τα ηλεκτρικά συστήματα, πιο επικίνδυνοι είναι οι κεραυνοί με μεγάλες εντάσεις, επειδή αυτοί επάγουν τις υψηλότερες τάσεις που καταπονούν τις μονώσεις.

1.5 Αποτελέσματα του κεραυνού

Τα αποτελέσματα ενός κεραυνού διακρίνονται σε θερμικά μηχανικά και ηλεκτρικά.

Το ρεύμα που ρέει στον οχετό επιστροφής είναι συγκεντρωμένο κατά το μεγαλύτερο μέρος του στον πυρήνα του οχετού που έχει διάμετρο ένα έως δύο εκατοστά του μέτρου και η θερμοκρασία του που αυξάνει σε λίγα μικροδευτερόλεπτα, φτάνει τους 30.000 βαθμούς Kelvin. Η θερμοκρασία αυτή δημιουργεί ατμοποίηση των υδρατμών, με

αποτέλεσμα την εμφάνιση αραιωμάτων και πυκνωμάτων αέρα. Η κύμανση αυτή δημιουργεί ένα ηχητικό κύμα το οποίο στην αρχή βρίσκεται στην περιοχή των υπερήχων, κατόπιν όμως καταλήγει στη γνωστή μας βροντή.

Αν ένας κεραυνός πλήξει ένα μονωτικό υλικό ή έναν όχι καλό αγωγό, στο σημείο του πλήγματος θα έχουμε αύξηση της θερμοκρασίας και σαν άμεσο αποτέλεσμα το τρύπημα του υλικού. Στην επόμενη σελίδα βλέπουμε πως έγινε ένα τηλεφωνικό καλώδιο που χτυπήθηκε από κεραυνό. Λόγω της σύντομης διάρκειάς του, ο κεραυνός δεν κατάφερε να κάψει όλο το καλώδιο. Η θερμότητα όμως που προκλήθηκε, ήταν αρκετή για να αναγκάσει το μεταλλικό μέρος να βγει από τη μόνωση.

Όπως αναφέρθηκε η θερμοκρασία του οχetőυ επιστροφής μπορεί να φτάσει τους 30.000 βαθμούς Kelvin μέσα σε λίγα μικροδευτερόλεπτα. Λόγω αυτού παράγεται ένα κύμα πίεσης που είναι υπεύθυνο και για το κύμα αέρα που παρατηρείται μετά από άμεσο πλήγμα. Το κύμα αέρα είναι ικανό να σηκώσει κεραμίδια σπιτιών και πολλές φορές είναι υπεύθυνο και για τραυματισμό ανθρώπων.

Αν ένας άνθρωπος βρίσκεται κοντά στο σημείο πτώσης του κεραυνού είναι πιθανό να παρουσιαστεί μια διαφορά δυναμικού μεταξύ των ποδιών του, εξαιτίας της πιθανής διαφοράς δυναμικού μεταξύ των δύο διαφορετικών σημείων του εδάφους πάνω στα οποία ακουμπάνε τα πόδια. Έτσι ένα ρεύμα μπορεί να ρεύσει μέσω των ποδιών του και του χαμηλότερου μέρους του σώματος. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την ολιγόλεπτη, παροδική παραλυσία των ποδιών.



Περίπου εκατό Αμερικάνοι χάνουν τη ζωή τους κάθε χρόνο από κεραυνό, παρ' όλο που οι πιθανότητες επιβίωσης είναι εξαιρετικά μεγάλες, αν προσφερθούν γρήγορα οι πρώτες

βοήθειες.

Στην φωτογραφία της επόμενης σελίδας βλέπουμε ένα κεραυνό που πλήττει έναν επιβλητικό πλάτανο, που το ύψος του ξεπερνάει τα είκοσι μέτρα. Η φωτογραφία αποτελεί το πιο εύγλωτο και πειστικό επιχείρημα, αν θες να εξηγήσεις σε κάποιον γιατί δεν πρέπει με κανένα τρόπο να τρέξει να κρυφτεί κάτω από ένα δέντρο όταν μαίνεται η καταιγίδα.

Στα μηχανικά αποτελέσματα του κεραυνού μπορούμε να αναφέρουμε τους αγωγούς προστασίας ενός κτίσματος, που σχηματίζουν σε κάποια σημεία τους γωνίες μικρής κλίσης. Όταν μέσω αυτών εκφορτιστεί το ρεύμα ενός κεραυνού, οι αγωγοί υπόκεινται σε μια δύναμη που τείνει να τους ισιώσει. Η δύναμη "αυτή είναι ανάλογη του τετραγώνου της τιμής του ρεύματος που τους διαρρέει. Μπορεί λοιπόν οι αγωγοί να πάθουν ζημία ή να καταστραφούν με τη πάροδο του χρόνου. Γι' αυτό αποφεύγονται οι απότομες γωνίες στους αγωγούς προστασίας.

Τα πιο σοβαρά και επικίνδυνα τέλος αποτελέσματα της πτώσης ενός κεραυνού είναι αυτά που αφορούν τα συστήματα μεταφοράς και διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας.

Δημιουργούνται λοιπόν υπερτάσεις είτε από επαγωγή εξαιτίας κεραυνού που πλήττει το έδαφος κοντά στη γραμμή, είτε από άμεσο πλήγμα σ' έναν αγωγό φάσης, είτε από άμεσο πλήγμα στον αγωγό προστασίας της γραμμής.

Κεφάλαιο 2^ο

Κεραυνική πυκνότητα- Εκτίμηση της κεραυνικής πυκνότητας

2.1. Ορισμός της κεραυνικής πυκνότητας

Όπως είδαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο, ο κεραυνός προξενεί πολλά δυσάρεστα αποτελέσματα, τα οποία ο άνθρωπος προσπαθεί να ελαχιστοποιήσει λαμβάνοντας μέτρα προστασίας. Για να είναι αποτελεσματικά τα μέτρα προστασίας, πρέπει να γνωρίζουμε την συχνότητα με την οποία οι κεραυνοί πλήττουν μια περιοχή. Η συχνότητα αυτή, όπως είναι φυσικό, διαφέρει από τόπο σε τόπο. Έτσι έχει οριστεί το μέγεθος N_g , που ονομάζεται κεραυνική πυκνότητα και είναι ο αριθμός των εκκενώσεων νέφους-γης, για μια συγκεκριμένη περιοχή, εκφρασμένος σε κεραυνούς ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο και ανά έτος. Η τιμή της κεραυνικής πυκνότητας N_g σε κάποιο τόπο διαφέρει από χρόνο σε χρόνο. Άρα για να βγάλουμε κάποιο συμπέρασμα για την κεραυνική

πυκνότητα σε μια συγκεκριμένη περιοχή, δεν αρκεί μόνο μια ετήσια μέτρηση αλλά παρατηρήσεις και μετρήσεις αρκετών χρόνων.

2.2. Γενικά

Παρακάτω αναφέρονται ορισμένα μεγέθη με τους ορισμούς τους.

N_g : Κεραυνική πυκνότητα. Αριθμός εκκενώσεων νέφους-γης, για μια συγκεκριμένη περιοχή, εκφρασμένος σε κεραυνούς ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο και ανά έτος.

N_c : Πυκνότητα εκκενώσεων εσωτερικών του νέφους ή μεταξύ νεφών (πυκνότητα αστραπών). Αριθμός εκκενώσεων νέφους- νέφους, για μια συγκεκριμένη περιοχή, εκφρασμένος σε αστραπές ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο και ανά έτος.

R_g : Ενεργός ακτίνα δράσης του μετρητή ως προς εκκενώσεις νέφους-γης. Είναι η ακτίνα της κυκλικής περιοχής γύρω από τον μετρητή, μέσα στην οποία όταν συμβεί ένας αριθμός εκκενώσεων νέφους-γης και για μεγάλο χρονικό διάστημα παρατηρήσεων, τότε ο μετρητής θα έχει καταγράψει τον ίδιο αριθμό εκκενώσεων.

R_c : Ενεργός ακτίνα δράσης του μετρητή ως προς τις εκκενώσεις νέφους-νέφους. Είναι η ακτίνα της περιοχής γύρω από τον μετρητή, μέσα στην οποία όταν συμβεί ένας αριθμός εκκενώσεων νέφους-νέφους και για μεγάλο χρονικό διάστημα, τότε ο μετρητής θα έχει καταγράψει τον ίδιο αριθμό εκκενώσεων.

r : Συμβολίζουμε με r την απόσταση, σε m , από τον μετρητή.

$P(r)$: Πιθανότητα λειτουργίας του μετρητή για μια εκκένωση που γίνεται σε απόσταση $r(Km)$ από αυτόν. Πρακτικά η $P(r)$ είναι ίση με το κλάσμα των εκκενώσεων που συμβαίνουν μέσα σε μια μεγάλη χρονική περίοδο, σε απόσταση r και οι οποίες λειτουργούν τον μετρητή.

Y_g : Συντελεστής διόρθωσης εγγραφών του μετρητή.

Χρησιμοποιείται για να εξάγει τον πραγματικό αριθμό εκκενώσεων νέφους-γης όταν ο μετρητής έχει καταγράψει K συνολικές εκκενώσεις (και νέφους-γης και νέφους-νέφους).

K : Συνολικός αριθμός καταγραφών του μετρητή για εκκενώσεις νέφους-γης και για εκκενώσεις νέφους-νέφους.

K_g : Εγγραφές του μετρητή που αντιστοιχούν μόνο σε εκκενώσεις νέφους-γης.

K_c : Εγγραφές του μετρητή που αντιστοιχούν μόνο σε εκκενώσεις νέφους-νέφους.

- Καμπύλη λειτουργίας ενός μετρητή, καλείται η γραφική παράσταση της πιθανότητας λειτουργίας, $P(r)$, συναρτήσει της απόστασεως, r , από τον μετρητή.
- Περιοχή λειτουργίας ενός μετρητή, καλείται κυκλική περιοχή γύρω απ' αυτόν, με ακτίνα ίση με την καλύτερη εκτίμηση (προσέγγιση) του σημείου του άξονα της απόστασης, r , στο οποίο τερματίζεται η καμπύλη λειτουργίας αυτού του μετρητή. Πρακτικά αυτή η ακτίνα είναι ίση με τη μέγιστη απόσταση στην οποία μπορεί να ανιχνευθεί μια εκκένωση από τον μετρητή.

2.3. Ενεργός ακτίνα δράσης των μετρητών

Γνωρίζουμε ότι οι μετρητές, στην ουσία, συλλαμβάνουν ηλεκτρομαγνητικά κύματα. Καθοριστικό στοιχείο για τη σωστή εξαγωγή συμπερασμάτων (από τις καταγραφές των μετρητών), αποτελεί η ενεργός ακτίνα R των μετρητών, δηλαδή η απόσταση στην οποία οι μετρητές μπορούν να συλλάβουν έναν κεραυνό. Η απόσταση αυτή όμως εξαρτάται από την

ένταση του ρεύματος που συνοδεύει του κεραυνό. Κεραυνοί με μεγάλη ένταση ρεύματος που συμβαίνουν σε μεγάλη απόσταση (δεκάδες χιλιόμετρα) από το μετρητή, είναι δυνατό να καταγραφούν απ' αυτόν. Αν όμως σε μια τέτοια μεγάλη απόσταση συμβεί ένας κεραυνός με μικρή ένταση ρεύματος, το πιο πιθανό είναι να μην καταγραφεί από το μετρητή. Στο σχήμα 4.1 φαίνεται η κατανομή του ρεύματος των κεραυνών κατά Berger. Έχει παρατηρηθεί πως το μέσο εύρος του ρεύματος της πρώτης εκκένωσης των αρνητικών κεραυνών είναι 25 KA.

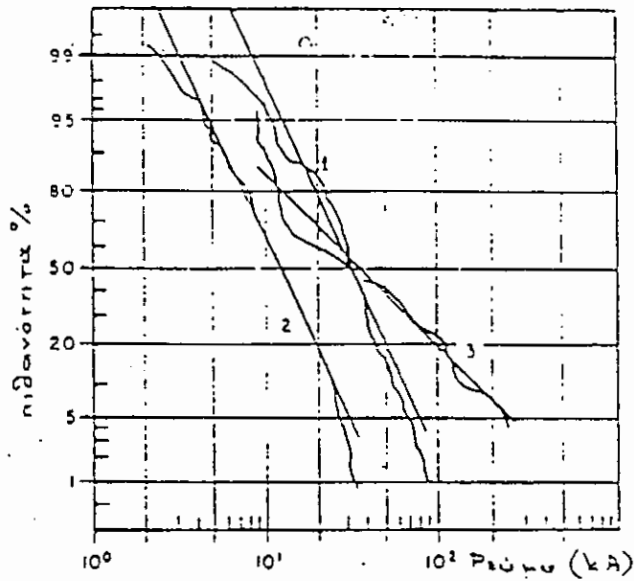
Επειδή όπως είπαμε προηγουμένως, το εύρος ρεύματος των κεραυνών ποικίλλει, η επιφάνεια γύρω από τον μετρητή στην οποία συλλαμβάνονται κεραυνοί δεν είναι ορθογώνια. Για το λόγο αυτό ορίζεται μια συμβατική ενεργός ακτίνα δράσης του μετρητή. Η ακτίνα αυτή δίνεται από τη σχέση.

$$R_s = \left[2 \int P(r) \cdot r \cdot dr \right]^{1/2}$$

όπου $P(r)$ η πιθανότητα να συλλάβει ο μετρητής ένα κεραυνό, που συμβαίνει σε απόσταση r απ' αυτόν. Πολλοί ερευνητές μετά από μακροχρόνιες παρατηρήσεις, κατάφεραν να σχεδιάσουν την καμπύλη λειτουργίας, δηλαδή την πιθανότητα

λειτουργίας $P(r)$ συναρτήσει της αποστάσεως r , για διάφορα είδη μετρητών.

Τελικά το συμπέρασμα που προκύπτει για την ενεργό ακτίνα δράσης R ενός μετρητή, είναι ότι η ακτίνα R εξαρτάται από τη στατιστική διανομή του εύρους του ρεύματος των κεραυνών,



Σχ 2.1: κατανομή ρεύματος κεραυνών κατά Berger.

Καμπύλη 1. Πρώτη εκκένωση αρνητικών κεραυνών

Καμπύλη 2. Επόμενες εκκενώσεις αρνητικών κεραυνών

Καμπύλη 3. Θετικοί κεραυνοί

αφού και η πιθανότητα λειτουργίας $P(r)$ εξαρτάται από την ίδια παράμετρο. Για την πιο συνηθη διανομή εύρους ρεύματος των

κεραυνών έχει βρεθεί, μετά από πολλές παρατηρήσεις, ότι για τον μετρητή CIGRE 10KHz (για το τυποποιημένο του κύκλωμα και μέγεθος κεραίας) η ακτίνα R_g είναι 20Km. Άρα σύμφωνα με το πιο πάνω στοιχείο ένας μετρητής καταγράφει τον αριθμό των κεραυνών που πέφτουν σε μια επιφάνεια περίπου 1250 τετραγωνικών χιλιομέτρων.

2.4. Κεραυνική πυκνότητα

Γνωρίζουμε ότι εκτός από τις εκκενώσεις νέφους-γης, δηλαδή τους κεραυνούς, συμβαίνουν και εκκενώσεις νέφους-νέφους (ακόμα και εσωτερικές του νέφους). Έχουμε ήδη αναφέρει ότι το ζητούμενο από ένα μετρητή είναι η καταγραφή μόνο των εκκενώσεων νέφους-γης. Για τον σκοπό αυτό στο κύκλωμα του μετρητή έχει ληφθεί ιδιαίτερη πρόνοια. Παρ' όλα αυτά όμως ο μετρητής καταγράφει και ένα μικρό μέρος των εκκενώσεων νέφους-νέφους. Για την αντιμετώπιση αυτής της δυσκολίας χρησιμοποιήθηκε στις σχέσεις υπολογισμού της κεραυνικής πυκνότητας N ένας διορθωτικός συντελεστής Y_g . Αυτός ορίζεται ως ο λόγος του αριθμού των παρατηρούμενων εκκενώσεων νέφους-γης, προς το συνολικό αριθμό εκκενώσεων (νέφους-γης και νέφους-νέφους) οι οποίες

καταγράφησαν από το μετρητή. Για τον καθορισμό της τιμής του συντελεστή Y_g απαιτούνται παρατηρήσεις για αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα.

Αν ο παράγοντας διόρθωσης Y_g είναι γνωστός για τον μετρητή, τότε ο αριθμός των εκκενώσεων νέφους-γης είναι $K_g = Y_g K$, όπου K είναι ο συνολικός αριθμός των εκκενώσεων που καταγράφησαν από το μετρητή. Έτσι η κεραυνική πυκνότητα N_g δίνεται από τη σχέση:

$$N_g = Y_g \frac{K}{\pi R^2} \text{ κεραυνοί/Km}^2$$

Έχει βρεθεί μετά από παρατηρήσεις χρόνων, ότι μια σωστή τιμή του συντελεστή Y_g για το μετρητή CIGRE 10 KHz είναι 0,95.

Από τους ερευνητές συνιστάται ότι για οποιαδήποτε περιοχή της γης, αν χρησιμοποιηθούν για τον υπολογισμό της κεραυνικής πυκνότητας N_g (με μετρητές CIGRE 10 KHz) ενεργός ακτίνα δράσης 20 Km και διορθωτικός συντελεστής για τις εκκενώσεις νέφους-νέφους 0,95, τότε το πιθανό σφάλμα θα είναι μικρότερο του 5%.

Κεφάλαιο 3^ο

Μετρητές κεραυνών

3.1. Γενικά για τους μετρητές κεραυνών

Για τον άμεσο καθορισμό του αριθμού των κεραυνών ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο και ανά έτος μιας περιοχής, σχεδιάστηκαν και κατασκευάστηκαν όργανα που ονομάστηκαν μετρητές κεραυνών. Κύριο χαρακτηριστικό τους η ευαισθησία τους στις γρήγορες αλλαγές του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου που προκαλούνται από εκκενώσεις που συμβαίνουν στη γειτονιά του σημείου που είναι εγκατεστημένος ο μετρητής. Το ζητούμενο ήταν η καταγραφή μόνο κεραυνών αλλά το δεδομένο ήταν η απόκριση του μετρητή και σε εκκενώσεις εσωτερικές του νέφους, όπως και μεταξύ νεφών.

3.2. Συχνότητα απόκρισης των μετρητών

Έχει διαπιστωθεί πως το φάσμα συχνοτήτων που παράγεται από μια εκκένωση νέφους-γης (κεραυνού) είναι διαφορετικό από αυτό που παράγεται από μια εκκένωση νέφους-νέφους. Πράγματι έχει βρεθεί πως η μέση τυπική συχνότητα του φάσματος ενός κεραυνού είναι 20KHz, ενώ η μέση τυπική συχνότητα μιας εκκένωσης νέφους-νέφους (βροντής) είναι 700Hz. Για τον πιο πάνω λόγο οι μετρητές είναι εφοδιασμένοι με φίλτρα εισόδου εστιασμένα στη συχνότητα των 10KHz, δηλαδή οι μετρητές έχουν κεντρική συχνότητα απόκρισης τα 10KHz. Έτσι οι μετρητές καταγράφουν, με μικρές αποκλίσεις όπως θα δούμε, μόνο κεραυνούς και όχι εκκενώσεις νέφους-νέφους.

Πριν από αρκετά χρόνια η CIGRE (conference Internationale des Grands Reseaux Electriques) έχει καθορίσει το ηλεκτρονικό κύκλωμα και τις υπόλοιπες παραμέτρους των μετρητών κεραυνικής πυκνότητας, ώστε σε όλες τις χώρες να γίνονται μετρήσεις των οποίων τα αποτελέσματα να είναι συγκρίσιμα. Κάθε μετρητής καταγράφει με μια μονάδα το ηλεκτρομαγνητικό σήμα που εκπέμπεται από την πτώση ενός

κεραυνού.

Αξίζει να σημειωθεί η πρόνοια του κατασκευαστή, όσο αφορά τις πολλαπλές εκκενώσεις. Όπως γνωρίζουμε ένας κεραυνός αποτελείται από μια ή περισσότερες εκκενώσεις (συνήθως πέντε ή έξι). Είναι φανερό ότι ένας πολλαπλός κεραυνός θα δημιουργήσει μια ανεπιθύμητη πολλαπλή απόκριση στον μετρητή. Ο κατασκευαστής όμως έχει φροντίσει, όπως θα δούμε παρακάτω, μια πολλαπλή εκκένωση να καταγραφεί σαν μια μόνο μονάδα από τον μετρητή.

Πρέπει να τονίσουμε ότι η συσκευή μέτρησης των κεραυνών δεν δίνει πληροφορίες για τη σφοδρότητα του κεραυνού. Η σφοδρότητα ενός κεραυνού καθορίζεται από την ένταση του ρεύματος που τον συνοδεύει. Αυτό είναι ένα στατιστικό μέγεθος και κυμαίνεται από μερικές εκατοντάδες αμπέρ μέχρι μερικές εκατοντάδες κιλοαμπέρ. Επίσης ο μετρητής δεν δίνει πληροφορίες για το αν ο κεραυνός ήταν αρνητικής πολικότητας όπως είναι το μεγαλύτερο ποσοστό των κεραυνών, ή θετικής πολικότητας. Τέλος ο μετρητής δεν μας δίνει πληροφορίες για την απόσταση, από το σημείο στο οποίο είναι τοποθετημένος ο μετρητής, στο σημείο στο οποίο έπεσε ο κεραυνός στη γη.

3.3. Ο μετρητής CIGRE 10 KHz

3.3.1 Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά του μετρητή CIGRE 10 KHz

Στο σχήμα 3.1 παρουσιάζεται το κύκλωμα του μετρητή CIGRE 10KHz. Ακολουθεί η λίστα στοιχείων του κυκλώματος. Στο σχήμα 3.2 παρουσιάζεται η σύνδεση κεραίας του μετρητή CIGRE 10KHz.

Η εναισθησία του μετρητή καθορίστηκε στο όριο της κατώτερης τιμής της αλλαγής του πεδίου για την οποία ο μετρητής λειτουργεί. Η τιμή αυτή μετρήθηκε 20 V/m. Η κεντρική συχνότητα απόκρισης του κυκλώματος είναι 10KHz. Το εύρος της μπάντας απόκρισης λειτουργίας κυμαίνεται από 2,5 έως 40KHz.

3.3.2 Λειτουργία του κυκλώματος του μετρητή CIGRE 10KHz

Τα τρανζίστορ T_1 , T_2 , T_3 , μαζί με όλα τα βοηθητικά στοιχεία αποτελούν ένα μονοσταθί πολυδονητή που σε συνθήκες μη λειτουργίας εγγραφής τραβάει ένα μικρό μόνο ρεύμα διαρροής από την μπαταρία των 9 Volt. Χρησιμοποιείται ένα θερμίστορ

για αντιστάθμιση θερμοκρασίας και ένας ρυθμιστής (trigger για αντιστάθμιση της τάσης στο επίπεδο αναφοράς. Αυτά τα στοιχεία του κυκλώματος είναι τα R_{12} , R_{13} , R_{14} , D_6 , D_7 , D_8 , D_9 , D_{10} , D_{11} και ο πυκνωτής C_5 .

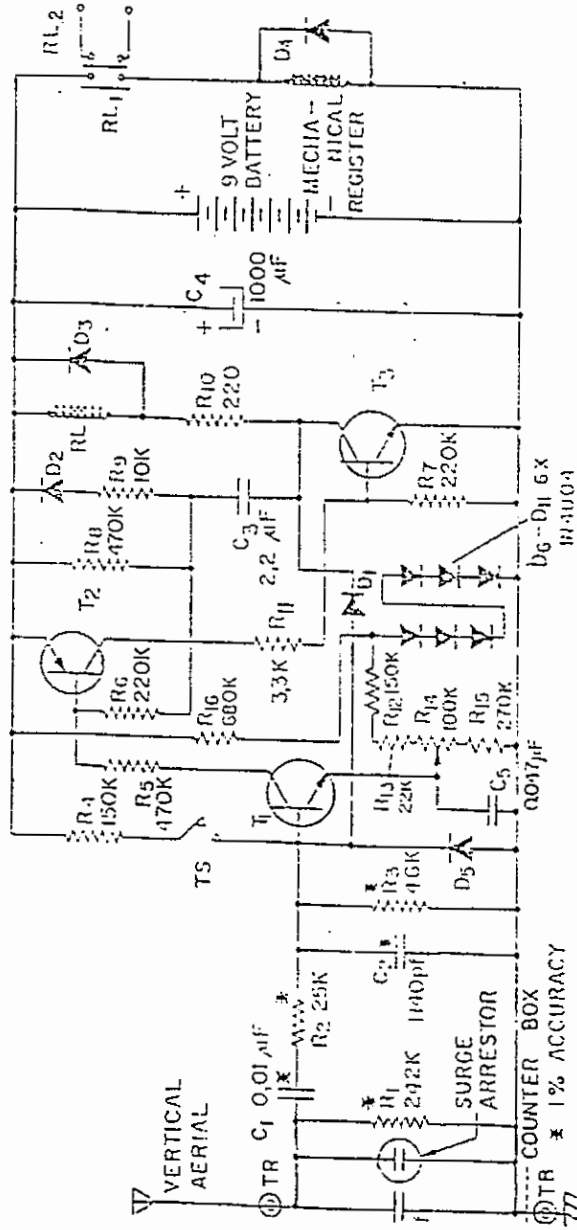
Όταν στη βάση του T παρουσιαστεί μια τάση πάνω από 1,95V, το T_1 πάει στην κατάσταση αγωγής. Τότε και τα T_2 , T_3 πηγαίνουν στην κατάσταση αγωγής. Όταν και τα τρία τρανζίστορ άγουν, τότε περνάει ρεύμα από το πηνίο RL που ενεργοποιείται κλείνοντας τις επαφές RL. Τότε ρεύμα περνάει από το πηνίο του μηχανικού μετρητή ο οποίος θα καταγράψει μια μονάδα, όταν τελειώσει η αγωγή και ελευθερωθούν οι επαφές.

Επειδή, όπως έχουμε ήδη αναφέρει, η πτώση ενός κεραυνού πολλές φορές (τις περισσότερες) προκαλεί επόμενες εκκενώσεις μέσα στον ίδιο δρόμο που χάραξε η πρώτη εκκένωση, έχει ληφθεί πρόνοια για την αποφυγή της λειτουργίας του μετρητή στη διάρκεια που συμβαίνουν οι επόμενες εκκενώσεις. Συγκεκριμένα θετική ανασύζευξη μέσω του πυκνωτή C_3 κρατάει τα τρανζίστορ σε κατάσταση αγωγής έως ότου ο πυκνωτής εκφορτιστεί μέσω της αντίστασης R_8 οπότε έχουμε αποκοπή για το τρανζίστορ T_2 . Η περίοδος

αγωγής που ονομάζεται και χρόνος κρατήματος διαρκεί περίπου 1 sec και τότε η βάση του T_1 είναι βραχυκυκλωμένη, μέσω της διόδου D_1 , στο συλλέκτη του T_3 .

Έτσι κανένα εξωτερικό σήμα δεν μπορεί να επιδράσει στη λειτουργία μέχρις ότου το κύκλωμα επανέλθει στην κατάσταση ηρεμίας.

Σ' αυτή την κατάσταση ο πυκνωτής C_3 έχει εκφορτιστεί μέσω της R_9 και ο μετρητής είναι έτοιμος για νέα μέτρηση.



Σχ 3.1 Κύκλωμα του μετρητή CIGRE 10KHz

Λίστα στοιχείων του κυκλώματος***Αντιστάσεις***

R1 : 242 ΚΩ ±1%

R2 : 25 ΚΩ ±1%

R3 : 46 ΚΩ ±1%

R4 : 150 ΚΩ ±5%

R5 : 470 ΚΩ ±5%

R6 : 220 ΚΩ ±5%

R7 : 220 ΚΩ ±5%

R8 : 470 ΚΩ ±5%

R9 : 10 ΚΩ ±5%

R10 : 220 ΚΩ ±5%

R11 : 3,3 ΚΩ ±5%

R12 : 150 ΚΩ NTC Resistor (Thermistor)

R13 : 22 ΚΩ ±5%

R14 : 100 ΚΩ ±5%

R15 : 270 KΩ ±5%

R16 : 680 KΩ ±5%

Δίοδοι

D1, D2, D3, D4 : τύπος IN4004

D5 : τύπος 34P4, Si

D6 ως DLL : τύπος IN4004.

Πυκνωτές

C1 : 0,01 μF ±1%

C2 : 1140 pF ±1%

CL : 180 pF ±1%

C3 : 2,2 μF (Euromet 63V)

C4 : 1000 μF, 16V, ηλεκτρολυτικός

C5 : 0,047 μF.

Τρανζίστορ

T1 : τύπος BC 107 NPN

T2 : τύπος BC 177 PNP

T3 : τύπος BC 107 NPN

Διάφορα στοιχεία

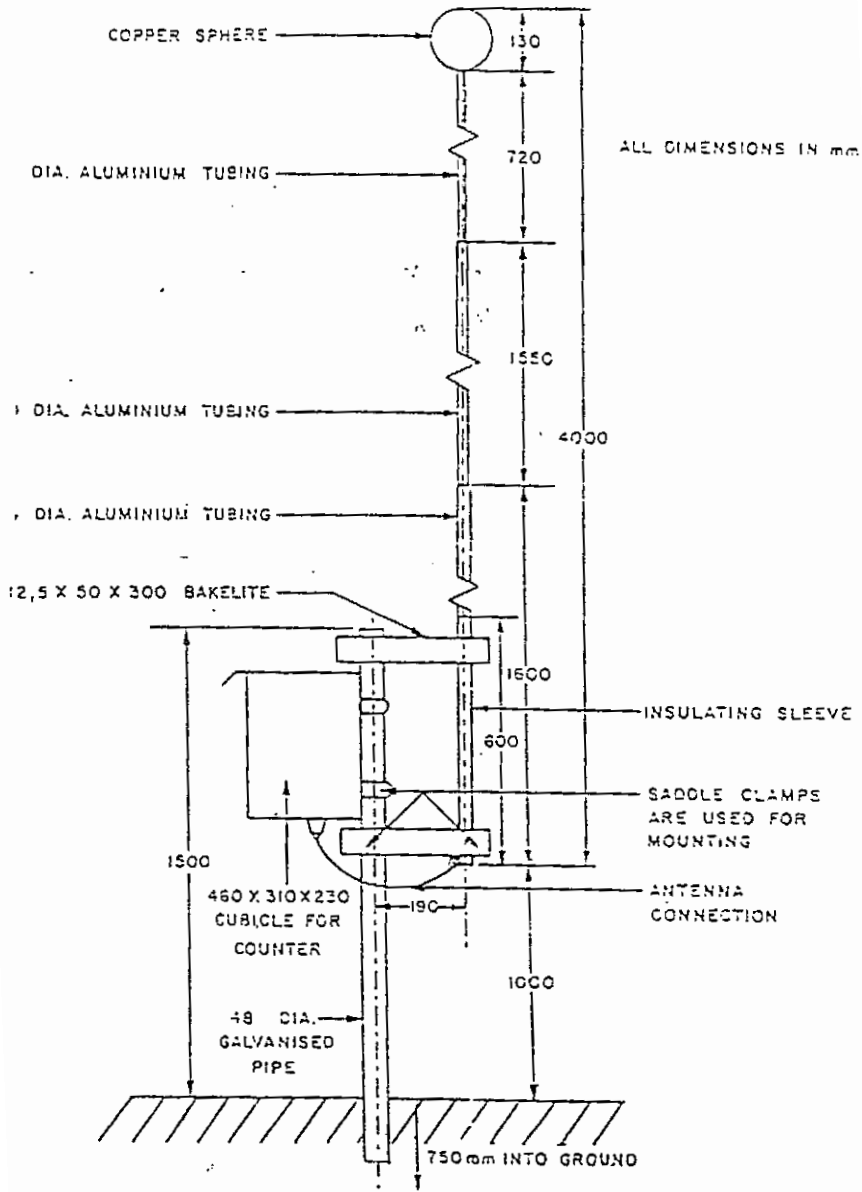
TR, TB : Μπόρνες για τάση μέχρι 2.500 V, αντίσταση μόνωσης : 10^{13} χωρητικότητα: 3pF, ρεύμα: 25^A.

RL : Ηλεκτρονόμος, τύπος DELDUC - D32A2100, C oil 5V/40mA, Contact: 100V / 0,25A, N.O., DIP-14.

Μηχανικός μετρητής: Μη μηδενιζόμενος, 5 ψηφίων, αντίστασης περίπου 100, τύπος: Siemens V30013-X5015-C1-13.

Αλεξικέραυνο: 180 έως 200V (clipping Voltage).

TS: Μπουτόν (σε ηρεμία ανοικτό).



Σχ 3.2 Σύνδεση κεραίας του μετρητή CIGRE 10KHz

3.3.3 Κατασκευαστικές λεπτομέρειες του μετρητή CIGRE 10KHz

Όλα τα εξαρτήματα πρέπει να είναι τοποθετημένα μέσα σ' ένα μεταλλικό κουτί κατάλληλων διαστάσεων, ώστε να διευκολυνθεί η ταχυδρομική αποστολή του, αν είναι απαραίτητο. Η κατασκευή του κουτιού πρέπει να είναι τέτοια ώστε να επιτρέπει δεκαπέντε επιτυχή ανοίγματα και κλεισίματα λειτουργίας χειροτέρευση. Το κουτί του μετρητή πρέπει επιπλέον να αερίζεται αρκετά, ώστε η συμπυκνωμένη υγρασία να ελαχιστοποιείται. Επίσης πρέπει να είναι κατάλληλα βαμμένο, ή να έχει χρησιμοποιηθεί κάποιος άλλος τρόπος, για να εμποδιστεί η διάβρωση.

Τα μοναδικά ορατά εξαρτήματα που είναι τοποθετημένα στο μπροστινό άκρο του μεταλλικού κουτιού, είναι μια κεραία, μια υποδοχή, ένας διακόπτης δοκιμής, ο μηχανικός μετρητής και δύο εφεδρικές υποδοχές καλωδιωμένες σ'ένα φυσιολογικά ανοιχτό ζευγάρι επαφής για να ενεργοποιούνται οι μακρινές εγγραφές λειτουργίας, αν απαιτείται.

Όλα τα εξαρτήματα του κυκλώματος, εκτός του διακόπτη δοκιμής, του αλεξικέραυνου, της εννιάβολτης μπαταρίας και του μηχανικού μετρητή πρέπει να τοποθετηθούν σε μια

πλακέτα από ίνες γυαλιού. Ένα βερνίκι που απωθεί το νερό πρέπει να βρίσκεται και από τις δύο πλευρές της πλακέτας μετά τη συναρμολόγηση, με ιδιαίτερα καλή κάλυψη στην είσοδο του κυκλώματος, για να διατηρηθεί μια υψηλή επιφανειακή αντίσταση της πλακέτας κάτω από υγρές συνθήκες.

Για την τοποθέτηση της πλακέτας δεν πρέπει να χρησιμοποιηθούν φισ συνδέσεως και όλοι οι αγωγοί διασύνδεσης πρέπει να συγκολληθούν στα δύο άκρα. Οι αγωγοί της μπαταρίας πρέπει να συγκολληθούν στους ακροδέκτες της μπαταρίας, λαμβάνοντας υπόψη ότι τα χαλαρά άκρα στους ακροδέκτες της μπαταρίας, πρέπει να είναι σφιχτά συγκολλημένα. Αυτό γίνεται για να ελαττωθεί η πιθανότητα κακών επαφών στους ακροδέκτες. Διακόπτης μπαταρίας δεν χρειάζεται, εξ' αιτίας του μικρού ρεύματος που ρέει στο κύκλωμα όταν αυτό είναι σε κατάσταση ηρεμίας.

Από τη στιγμή που η αντικατάσταση των μπαταριών αναμένεται να είναι μια ετήσια λειτουργία ρουτίνας, η θέση της μπαταρίας και οι σφιγκτήρες που την κρατούν στη θέση της, πρέπει να είναι τέτοια ώστε η αλλαγή της μπαταρίας να είναι εύκολη. Ακόμη πρέπει να αντέχουν δεκαπέντε αντικαταστάσεις

χωρίς να φθείρονται.

Το αλεξικέραυνο πρέπει να τοποθετηθεί ακριβώς ανάμεσα στην κεραία κατ' στους ακροδέκτες γης και όχι στην πλακέτα. Οι αγωγοί γείωσης του μηχανικού μετρητή, η εννιάβολτη μπαταρία και η πλακέτα πρέπει να συναντιούνται μόνο στο μαύρο ακροδέκτη της, όπου μια σύνδεση γης του μεταλλικού κουτιού πρέπει να έχει εγκατασταθεί.

Η κεραία αποτελείται από τρία τμήματα σχεδιασμένα να μανταλώνουν σφιχτά μαζί. Οι διαστάσεις πρέπει να είναι αυτές που φαίνονται στο σχήμα 3.2. Μια μεταλλική σφαίρα είναι τοποθετημένη στη κορυφή της λεπτότερης ράβδου. (Αυτό γίνεται για να εμποδιστούν οι εκφορτίσεις από την κεραία κάτω από συνθήκες υψηλού πεδίου). Ελαφρές αποκλίσεις (10mm) στα ξεχωριστά τμήματα επιτρέπονται αλλά το συνολικό μήκος όταν συγκεντρωθεί πρέπει να είναι 4.000mm (50mm) και κατάλληλα στηρίγματα ή κωνοειδή άκρα επιτρέπονται στις δύο ενώσεις, ώστε το συνολικό μήκος να είναι το ζητούμενο. Στο χαμηλότερο άκρο του πιο χοντρού τμήματος ένα μάνταλο και ένα παξιμάδι πρέπει να υπάρχει, ώστε να πραγματοποιηθεί η τοποθέτηση της κεραίας όπως νωρίτερα περιγράφηκε.

Τα μέταλλα που θα χρησιμοποιηθούν, πρέπει να είναι ανθεκτικά στη διάβρωση. Αλουμίνιο έχει χρησιμοποιηθεί σε κατασκευές με μια χάλκινη μπάλα στη κορυφή. Πάντως οι συνδέσεις και των δύο πλευρών πρέπει να είναι γανωμένες πριν συγκολληθούν μαζί.

Ένας σωλήνας από PVC κατάλληλου πάχους που να γλυστράει πάνω στο πιο χοντρό τμήμα της κεραίας, μήκους 600mm, χρειάζεται και πρέπει να είναι τοποθετημένος σε μια θέση απέναντι από τη βίδα σύνδεσης της κεραίας.

Ο σωλήνας που πάει προς τη γη είναι ένας ατσάλινος σωλήνας νερού διαμέτρου εξωτερικής 48 mm ή ένας ισοδύναμος ατσάλινος σωλήνας τετραγωνικής διατομής μήκους 2.250 mm. Ο σωλήνας αυτός πρέπει να είναι γαλβανισμένος αλλά όχι βαμμένος και να δίνει μια αντίσταση προς τη γη λιγότερη από 1ΚΩ. Δύο μονωτικές λωρίδες πρέπει να προβλέπονται για την κεραία και πρέπει να είναι κατασκευασμένες από φύλλα βακελίτη, ή από κάποιο άλλο κατάλληλο υλικό. Μάνταλα σε σχήμα U πρέπει να δένουν μαζί την κεραία, τις λωρίδες, και τον σωλήνα που πάει προς τη γη. Τρύπες πρέπει να υπάρχουν στις λωρίδες από βακελίτη για να διευκολυνθεί η συγκέντρωση. Όλα τα μάνταλα και τα

παξιμάδια πρέπει να είναι από ατσάλι.

Ένας μεταλλικός μικρός θάλαμος στεγάζει τον μετρητή. Προτείνεται ο θάλαμος να είναι σαν το μεταλλικό κουτί που χρησιμοποιούν οι αρχές ηλεκτρικής παροχής, με διαστάσεις κατά προσέγγιση 460X310X230mm. Η επιφάνεια του θαλαμίσκου πρέπει να είναι κατάλληλα διαμορφωμένη ώστε να προστατεύεται από τη διάβρωση. Έτσι θα είναι εξασφαλισμένη η διατήρηση του μετρητή σε καλή κατάσταση. Ο μικρός αυτός θάλαμος πρέπει να έχει μικρές τρύπες στο κάτω μέρος με διάμετρο κατά προσέγγιση 15-20 mm για να φεύγει το νερό της βροχής που ίσως έχει εισέλθει στο εσωτερικό. Ο θάλαμος πρέπει να μανταλωθεί με τον σωλήνα γης. Χρειάζεται ακόμα ένα κατάλληλο μονωτικό για την εισαγωγή της κεραίας μέσα στον θάλαμο.

Οι συνδέσεις της κεραίας και της γης πρέπει να αποτελούνται από μονωμένο σύρμα PVC διατομής 4 mm² και να είναι προσαρμοσμένες σε βίσματα τύπου μπανάνας για τη σύνδεση με το μετρητή. Το σύρμα της κεραίας πρέπει να έχει 750 mm μήκος και πρέπει να κρέμεται από ένα βρόχο ώστε να διατηρεί μια σταθερή χωρητικότητα ως προς τη γη. Εναλλακτικά, ένα ομοαξονικό καλώδιο των 50ohm με χωρητικότητα ως προς τη

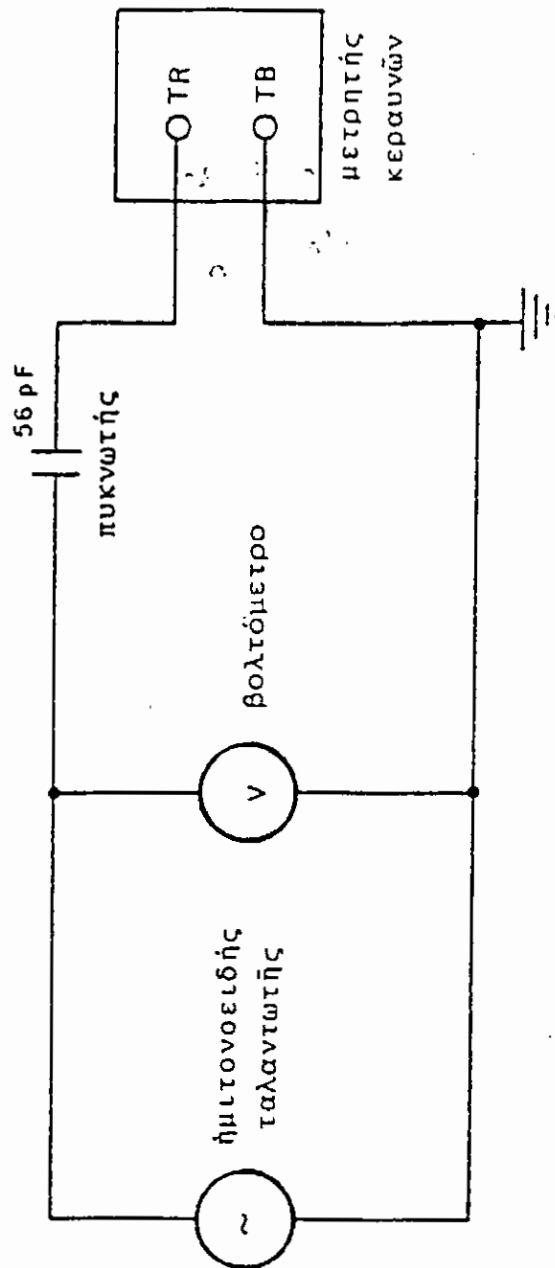
γη 75pF, μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Η χωρητικότητα των 75pF όμως πρέπει να αφαιρεθεί από την τιμή των 180pF του πυκνωτή C_1 .

Ο θάλαμος που στεγάζει τον μετρητή πρέπει να έχει ένα καπάκι στο μπροστινό μέρος το οποίο να κλείνει με τη βοήθεια μιας κλειδαριάς. Με τον τρόπο αυτό ο μετρητής θα είναι ασφαλής.

3.3.4. Ρύθμιση της ευαισθησίας του μετρητή κεραυνών

Για τη ρύθμιση της ευαισθησίας του μετρητή θα πρέπει να κατασκευαστεί το κύκλωμα του σχ.3.3 που αποτελείται από ένα ημιτονοειδή ταλαντωτή, ένα ηλεκτρονικό βολτόμετρο που θα συνδεθεί στο μετρητή μέσω ενός πυκνωτή 56pF και τα καλώδια θα πρέπει να είναι αρκετά κοντά για να μην υπάρχουν παρασιτικές χωρητικότητες.

Θα τοποθετήσουμε στον ταλαντωτή συχνότητα 10 kHz και τάση 30V Rms έτσι ώστε η μεταβλητή αντίσταση R_{14} να τοποθετηθεί σε τέτοια θέση που να έχουμε triggering με ταχύτητα περίπου 3sec.



Σχ.3.3. Κύκλωμα βαθμολόγησης μετρητή κεραυνών 10KHz

3.3.5. Βαθμολόγηση του μετρητή κεραυνών

Χρησιμοποιώντας το κύκλωμα του σχ.3 η βαθμολόγηση θα γίνεται το λιγότερο μια φορά το χρόνο ή όταν ο μετρητής σταματά για οποιοδήποτε λόγο.

Το triggering συμβαίνει στα όρια της τάσης που δείχνονται στον παρακάτω πίνακα στις αντίστοιχες συχνότητες.

Συχνότητα (Hz)	Τάση Rms (V)
1000	$63,5 \pm 5$
10000	$30 \pm 1,5$
50000	$43,5 \pm 5$

Σε κάθε συχνότητα η τάση πρέπει να αυξάνει αργά μέχρι τη λειτουργία του μετρητή. Εάν είναι αναγκαίο η ευαισθησία θα πρέπει να επαναδιευθετηθεί.

3.3.6. Τοποθέτηση και κατασκευή της κεραίας

Απαραίτητο στοιχείο για τη σωστή λειτουργία του μετρητή είναι η σωστή κατασκευή της κεραίας. Η κεραία αποτελείται από τρία κυκλικά τμήματα σχεδιασμένα να σφηνώνουν και μέσω

μιας βίδας να στερεώνονται το ένα μέσα στο άλλο. Υπάρχει το σχέδιο της κεραίας στο σχ.2 και θα πρέπει οι διαστάσεις να είναι αυτές που δείχνονται στο σχέδιο. Μια κοίλη σφαίρα τοποθετείται στο πάνω άκρο της κεραίας και αυτό γίνεται για να προστατεύει την κεραία από εκφορτίσεις κάτω από συνθήκες στις οποίες το πεδίο είναι πολύ μεγάλο. Μικρές παρεκκλίσεις $\pm 100\text{mm}$ στα ιδιαίτερα τμήματα της κεραίας επιτρέπονται αλλά θα πρέπει το συνολικό μήκος της κεραίας να είναι 4000mm με ανοχή $\pm 50\text{mm}$.

Θα πρέπει να διαλέξουμε μέταλλα για την κατασκευή της κεραίας που να αντέχουν στη διάβρωση. Σαν τέτοιο μέταλλο συνδυάζοντας και άλλα πλεονεκτήματα είναι το αλουμίνιο. Η μπάλα στην κορυφή λόγω κατασκευαστικής δυσκολίας θα είναι ξύλινη επενδεδυμένη με αλουμίνιο.

Ο μετρητής και το ηλεκτρικό κύκλωμα θα πρέπει να τοποθετηθούν σε ένα μεταλλικό κουτί έτσι ώστε να βλέπουμε μόνο την ένδειξη του μετρητή, την είσοδο για την κεραία, τη γείωση και το δοκιμαστικό μπουτόν. Όλα αυτά θα πρέπει να μπουν σε ένα μεταλλικό κουβούκλιο δίπλα στην κεραία που θα κλειδώνει και στο κάτω μέρος θα υπάρχουν τρύπες για να φεύγει η υγρασία που θα γίνεται σταγόνες. Το ότι θα πρέπει

όλα τα μεταλλικά εξαρτήματα να βαφτούν είναι ευνόητο και αυτό γιατί θα πρέπει να τα προφυλάξουμε από τη σκουριά.

Το καλώδιο που θα συνδέει την κεραία με το μετρητή θα πρέπει να είναι περίπου 750 mm και να είναι κρεμασμένο σε βρόχο έτσι ώστε να υπάρχει σταθερή χωρητικότητα.

3.3.7. Η θέση εγκατάστασης του μετρητή

Για να είμαστε σίγουροι ότι οι μετρητές θα λειτουργήσουν σωστά ώστε να εξάγουμε αποτελέσματα τα οποία θα είναι κοντά στη πραγματικότητα, πρέπει οι θέσεις στις οποίες θα εγκαταστήσουμε τους μετρητές να τηρούν κάποιες προϋποθέσεις.

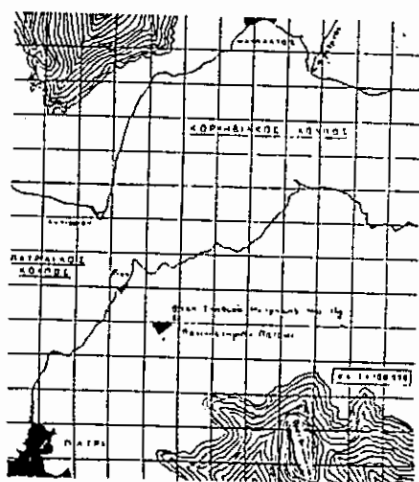
Οι μετρητές πρέπει να τοποθετούνται σε θέσεις όπου δεν θα υπάρχουν παρεμποδίσσεις αντικειμένων, ώστε να δημιουργούνται ανεπιθύμητα αποτελέσματα. Μια θέση θεωρείται πρώτης ποιότητας για τον μετρητή κεραυνών, όταν ο μετρητής τοποθετηθεί εκεί όπου οποιοδήποτε κτίριο, γραμμή ισχύος, φράχτης, δέντρο ή άλλο αντικείμενο, είναι τουλάχιστον τρεις φορές το ύψος του αντικείμενου μακριά από τον μετρητή. Επιπρόσθετα, αν κοντά στον μετρητή υπάρχει γραμμή υψηλής

τάσης, τότε ο μετρητής πρέπει να βρίσκεται τόσα μέτρα μακριά από τη γραμμή, όσος ο αριθμός των κιλοβόλτς που έχει η γραμμή. Για καλή λειτουργία του μετρητή, σε απόσταση τριών μέτρων από αυτόν η βλάστηση δεν θα επιτρέπεται να μεγαλώνει περισσότερο από 0,3m ύψος. Επίσης θάμνοι δεν πρέπει να βρίσκονται κοντά στη θέση που βρίσκεται ο μετρητής.

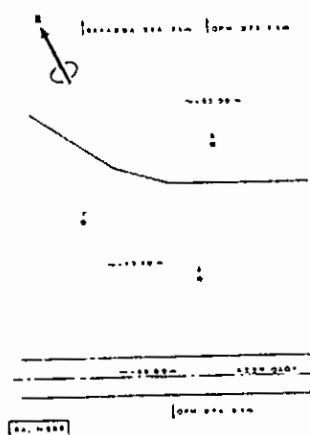
3.3.8. Η θέση των μετρητών

Στο χώρο του Πανεπιστημίου της Πάτρας έχει εγκατασταθεί, από το Φεβρουάριο του 1985, σταθμός μέτρησης της συχνότητας με την οποία οι κεραυνοί πλήττουν τη γύρω περιοχή. Ο σταθμός μέτρησης περιλαμβάνει μετρητές του διεθνώς καθιερωμένου τύπου CIGRE 10KHz, ώστε οι μετρητές να δίνουν διεθνώς συγκρίσιμα αποτελέσματα. Στο σχήμα 3.4 δείχνεται η γεωγραφική θέση του σταθμού μέτρησης του Πανεπιστημίου Πατρών, ενώ στο σχήμα 3.5 φαίνονται οι θέσεις των μετρητών μέσα στο σταθμό μέτρησης. Πρέπει να σημειώσουμε, ότι η θέση Β βρίσκεται κατά 1,70 μέτρα περίπου υψηλότερα από τις θέσεις Γ και Δ. Οι μετρητές K_2, K_3 και AK_2 , κατά τη διάρκεια των ετών 1993 και 1994, βρίσκονταν στις

θέσεις Β, Γ και Δ αντίστοιχα. Σε επόμενες σελίδες παρουσιάζονται οι φωτογραφίες των μετρητών, κατά σειρά Κ₃, Κ₂, ΑΚ₂.



Σχ.3.4. Η Γεωγραφική θέση του Σταθμού μέτρησης του Πανεπιστημίου Πατρών



Σχ. 3.5. Θέσεις των μετρητών στο σταθμό μέτρησης του πανεπιστημίου Πατρών

3.3.9. Εγγραφές

Η καταγραφή των ενδείξεων των μετρητών πρέπει να γίνεται καθημερινά καθ' όλη τη διάρκεια του έτους με σκοπό να αναγνωριστούν οι ημέρες κατά τη διάρκεια των οποίων συμβαίνουν καταιγίδες. Εναλλακτικά, εκεί όπου δεν υπάρχει διαθέσιμο προσωπικό ή εκεί όπου η πρόσβαση στους μετρητές είναι δύσκολη, η καταγραφή των ενδείξεων των μετρητών πρέπει να γίνεται μια φορά την εβδομάδα ή το αργότερο μια φορά τον μήνα.

Ο μετρητής πρέπει να δοκιμάζεται τουλάχιστον μια φορά τον μήνα. Η δοκιμή γίνεται χρησιμοποιώντας το κουμπί δοκιμής. Ο αριθμός των δοκιμών και οι ημερομηνίες των δοκιμών πρέπει να καταγράφονται.

Οι καταγραφές των ενδείξεων των μετρητών πρέπει να συγκεντρώνονται κάθε ημερολογιακό έτος και να επεξεργάζονται κατάλληλα. Στα επόμενα κεφάλαια θα παρουσιαστούν οι καταγραφές των μετρητών, για τα έτη 1993 και 1994 στη περιοχή της Πάτρας.

3.4. Εξήγηση των αποτελεσμάτων και βαθμολόγηση

Ο κύριος σκοπός της βαθμολόγησης είναι, να είναι ικανή να εξηγήσει τις συνολικές καταγραφές του μετρητή σε ένα ορισμένο χρονικό διάστημα, με σχέσεις.

Είναι γενικά γνωστό ότι στη διάρκεια κάποιου χρόνου και σε ειδικό περιβάλλον, ένα σταθερό κλάσμα των καταγραφών του μετρητή οφείλεται στους κεραυνούς και το υπόλοιπο στις αστραπές μεταξύ των νεφών. Με σωστή βαθμονόμηση αυτό το κλάσμα ονομάζεται διορθωτικός συντελεστής Y .

Είναι γνωστό ακόμα ότι ο λόγος αστραπών μεταξύ και κεραυνών διαφέρει από χώρα σε χώρα και γι' αυτό πρέπει να προσδιορίζεται για την περιοχή που βρίσκεται η μετρητής.

Για το μετρητή κεραυνών 10 kHz έχει βρεθεί ότι έχει αποτελεσματική ακτίνα δράσης (R_g) περίπου 20 km και διόρθωση συντελεστή $Y=0,94$.

Η πυκνότητα των κεραυνών (N_g) μπορεί να υπολογιστεί από τα αναφερόμενα νούμερα που έχουν καταγραφεί (K) σε μια χρονική περίοδο. Με αυτά τα δεδομένα έχουμε:

$$N_g = KY/\pi R_g^2$$

Τα δύο στοιχεία που θα πρέπει να προσδιοριστούν για τη βαθμολόγηση είναι το Y και το R_g . Η ακτίνα δράσης του μετρητή είναι αρκετά μικρή ώστε να επιτρέπει την ορατή του βαθμολόγηση. Ο αριθμός και η ταυτότητα των αστραπών παρατηρούμε εάν κάνουν το μετρητή να λειτουργεί ή όχι. Ταυτόχρονα οι αποστάσεις του κεραυνού από το μετρητή μετριοούνται με τη μέθοδο του χρόνου που παρήλθε από το άκουσμα της βροντής ή τριγωνικά χρησιμοποιώντας ένα κοσμικό σύστημα.

Ένα τέτοιο σύστημα αποτελείται από 360° με όλες τις φωτογραφικές μηχανές ρυθμισμένες έτσι ώστε να έχουν τη νύκτα το διάφραγμα τους ανοικτό και με τις αστραπές που γίνονται να υπάρχει συγχρονισμός του χρόνου και να γίνεται καταγραφή.

Σε μια χρονική περίοδο πρέπει να μαζεύονται τα δεδομένα που αναφέρονται στο συντελεστή Y δηλαδή της αναλογίας των αστραπών που λειτουργεί ο μετρητής και της πιθανοτικής συνάρτησης λειτουργίας δηλαδή της αναλογίας των κεραυνών που συμβαίνουν σε κάθε εκλεγμένο διάστημα ακτίνας δράσης.

Έτσι τότε η αποτελεσματική ακτίνα δράσης μπορεί να

υπολογιστεί με ακρίβεια. Μια προσεγγιστική τιμή μπορούμε να πάρουμε παρατηρώντας την περιοχή ακτίνας δράσης στην οποία η πιθανότητα για κεραυνό μετρήσιμο είναι 40%.

Μια άλλη κατάλληλη μέθοδος έτσι ώστε να βαθμολογηθεί ο μετρητής είναι η τεχνική που χρησιμοποιούμε δυο μετρητές που λειτουργούν σε μια περίοδο χρόνου μέσα στην ακτίνα δράσης ο ένας του άλλου.

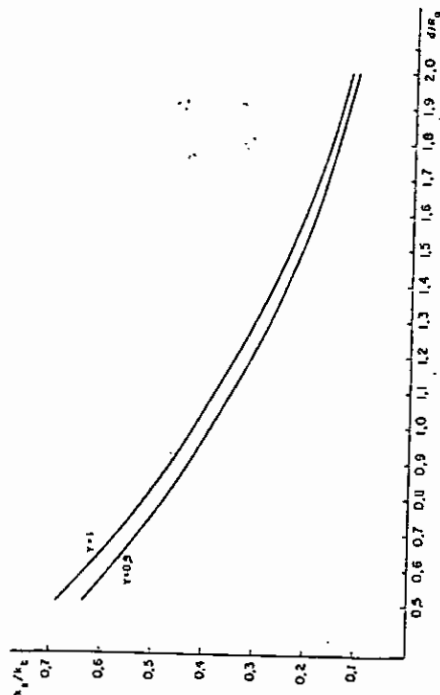
Χρησιμοποιώντας έναν ακριβή χρονικό συγχρονισμό μπορούμε να αποκτήσουμε μια αναλογία του αριθμού των ταυτόχρονων καταγραφών των δύο μετρητών στον ίδιο κεραυνό (K_s) ως προς το συνολικό αριθμό καταγραφών (K_t) του κάθε μετρητή. Αυτή η αναλογία είναι συνάρτηση του λόγου της απόστασης (d) των μετρητών ως προς την αποτελεσματική ακτίνα δράσης (R_e) των μετρητών.

Αυτός ο μετρητής είναι γνωστό ότι έχει καλή διάκριση στις αστραπές και έτσι ο συντελεστής διόρθωσης (Y) μπορεί να δείχτει ότι δεν επηρεάζεται σημαντικά από μια ποικιλία συννέφων.

Το διάστημα των μετρητών πρέπει να είναι μεταξύ 10 και 30 km και ο λόγος K_s/K_t ο λόγος των στιγμιαίων μετρήσεων προς

τις συνολικές μετρήσεις κάθε μετρητού. Η μέθοδος αυτή θα πρέπει να συνεχιστεί μέχρις ότου ο μετρούμενος λόγος να σταθεροποιηθεί σε μια λογική στατιστική τιμή

Στο σχ.3.6. βρίσκεται μια καμπύλη η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη βαθμολόγηση του μετρητού κεραυνών 10kHz από μια μέθοδο των δύο μετρητών.



Σχ. 3.6. Καμπύλη βαθμολόγησης μετρητή κεραυνών 10KHz

