

Τ.Ε.Ι. Πάτρας

Π Τ Υ Χ Ι Α Κ Η Ε Ρ Γ Α Σ Ι Α

“Σχεδιασμός προστασίας ηλεκτρονικών
συσκευών και συστημάτων από υπερτάσεις
λόγω κεραυνών”

Εισηγητής:

Ε. Πυργιώτη

Σπουδαστές:

Τζώρας Παύλος

Παναγιωτόπουλος Φώτης



APR 01 '32	324
FIDELITY	

Π ε ρ ι ε χ ό μ ε ν α

Εισαγωγή	4
Κεφάλαιο Πρώτο	
1.1 Αιτίες υπέρτασης	8
1.2 Διαδικασία εκτίμησης κινδύνου για προστασία ηλεκτρονικών συστημάτων από κεραυνούς	11
1.3 Κίνδυνοι από κεραυνούς	14
1.4 Γενικές σχέσεις	15
1.5 Εκτίμηση αριθμού κεραυνοβολήσεων	17
1.6 Πιθανότητα ζημιάς	22
1.7 Συχνότητα των ζημιών	24
1.8 Παράγοντας ζύγισης δ	25
1.9 Κριτήρια επιλογής προστασίας	26
1.10 Διαδικασία επιλογής μέτρων προστασίας	28
1.11 Συμπεράσματα και επιπλέον εξέλιξης	30
1.12 Παρουσίαση σχήματος	31
 Κεφάλαιο δεύτερο	
2.1 Πρακτικά παραδείγματα προστασίας	35
2.2 Εξωτερική προστασία	38

2.3 Καθοδικοί αγωγοί	39
2.4 Συστήματα γείωσης	45
2.5 Μεταλλικά μέρη κτιρίου (SCREENING)	47
2.6 Εσωτερική προστασία	48
2.7 Εφαρμογές προστατευτών υπέρτασης	52
2.8 Γεωτρήσεις.....	52
2.9 Εγκαταστάσεις καθαρισμού	53
2.10 Σταθμοί συμπύκνωσης αερίων	53
2.11 Εργοστάσια	59
2.12 Κεντρικό γραφείο δημοτικών έργων	63
Επίλογος	68
Βιβλιογραφία	70

Πρόλογος

Η πτυχιακή αυτή εργασία έχει σαν σκοπό να παρουσιάσει τους κινδύνους που αντιμετωπίζουν διάφορες ηλεκτρονικές συσκευές και συστήματα από υπερτάσεις λόγω κεραυνών.

Έτσι στο πρώτο κεφάλαιο αναφέρονται αναλυτικά οι αιτίες της υπέρτασης και η διαδικασία ανάλυσης του κινδύνου σε δομές που έχουν τα ηλεκτρονικά συστήματα. Επίσης αναπτύσσονται σημαντικές μαθηματικές σχέσεις που μας επιτρέπουν να υπολογίζουμε στοιχεία όπως ο αριθμός των κεραυνοβολήσεων, η συχνότητα της αναμενόμενης ζημίας και αρκετά άλλα χρήσιμα στοιχεία.

Στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύουμε τους πρακτικούς τρόπους αντιμετώπισης και προστασίας των ηλεκτρ. συστημάτων από υπέρταση.

Τέλος, θα αναφερθούμε και σε συστήματα τα οποία έχουν ταλαιπωρηθεί από θορύβους αλλά και καταστροφές από κεραυνούς.

Με την παράθεση διαφόρων εικόνων και σχεδιαγραμμάτων πιστεύουμε ότι θα γίνουν κατανοητά τα θέματα που πραγματεύονται τα κεφάλαια της πτυχιακής εργασίας μας.

Σχεδιασμός προστασίας ηλεκτρονικών συσκευών και συστημάτων από υπερτάσεις λόγω κεραυνών

Εισαγωγή

Οι χρήστες ηλεκτρονικών συσκευών πρέπει να βρουν απάντηση στις ακόλουθες ερωτήσεις: 1) Χρειάζεται προστασία από τους κεραυνούς; 2) Αν ναι, τότε πώς μπορεί αυτή να επιτευχθεί; Η απάντηση στη δεύτερη ερώτηση δεν είναι εύκολη. Όταν ηλεκτρονικά κυκλώματα χρειάζονται προστασία, οι παρενέργειες από τον ηλεκτρομαγνητικό παλμό του κεραυνού (LEMP), που προκαλείται από το ρεύμα του κεραυνού όταν αυτός πλήττει την συσκευή ή το περιβάλλον της δεν μπορούν να αγνοηθούν.

Μια κατάλληλη στρατηγική γείωσης, δέσμευσης, εξουδετέρωσης και προοιμίας είναι σημαντικό εργαλείο για τον έλεγχο του (LEMP-coupling)=σύνδεση.

Σύμφωνα με την στρατηγική που θα ακολουθήσει, οι συσκευές προστασίας από υπέρταση ή υπέρρευμα (SPDS)

πρέπει να επιλεγούν με τέτοιον τρόπο ώστε να ταιριάζουν στα όρια αντοχής των συσκευών ή εγκαταστάσεων που θα προστατευθούν.

Κεφάλαιο Πρώτο

1.1 Αιτίες υπέρτασης

Γενικά

Η επιρροή γευδοσημάτων και υπετάσεων στα ηλεκτρονικά κυκλώματα έχει γίνει οικείο πρόβλημα στους ηλεκτρονικούς τα τελευταία χρόνια. Ενώ ήταν πιθανό σε συσκευές προηγούμενων γενεών να υπερφορτωθούν οι ρελέδες για σύντομο διάστημα με αρκετές εκατοντάδες volts χωρίς κίνδυνο, σε κυκλώματα ημιαγωγών ακόμα και χαμηλής ισχύος παλμοί τάσης είναι ικανοί να προκαλέσουν ζημιά, να διακόψουν την λειτουργία, οπότε δημιουργούνται σημαντικές δυσκολίες.

Το θέμα της προστασίας από υπέρταση θα αποκτήσει μεγαλύτερη σημασία στο μέλλον για τους εξής λόγους:

- Καθώς αυξάνεται η πυκνότητα ολοκλήρωσης των chips, τα όρια τιμών εισόδου των στοιχείων των ολοκληρωμένων (resistor, δίοδοι, transistors) μοιραία θα μειωθούν.
- Καθώς η τεχνολογία προοδεύει οι εφαρμογές θα αυξηθούν πράγμα που απαιτεί ολοκληρωτική αξιοπιστία στη λειτουργία (π.χ. πυρηνικοί σταθμοί ισχύος).
- Χάρη στις οικονομικές και σχεδόν απεριόριστες τεχνικές εφαρμογές της (H/Y, μικροεπεξεργαστές) η ηλεκτρονική χρησιμοποιείται όλο και πιο πολύ στη λύση προβλημάτων παρακάμπτοντας το πεδίο ηλεκτρικών εφαρμογών (μηχανική, υδραυλική) ή τουλάχιστον κάνει δυνατές τέτοιες λύσεις.
- Το αυξανόμενο ποσό πληροφοριών που παράγονται από ηλεκτρονικά συστήματα σημαίνει ότι όλο και πιο πολλά δεδομένα πρέπει να επεξεργαστούν σε αποκρυσμένα σημεία ενός συστήματος (π.χ. αυτόματος μετεωρολογικός σταθμός εφοδιασμένος με "ευφυείς" αισθητήρες).
- Ο τελευταίος και σημαντικότερος κίνδυνος είναι αυτός ενός πυρηνικού ηλεκτρομαγνητικού παλμού (NEMP) που προκαλείται από πυρηνική έκρηξη. Αυτό το φαινόμενο έχει πάγει εδώ και καιρό να θεωρείται απλά μια αναπόφευκτη παρενέργεια μιας πυρηνικής έκρηξης πρέπει

να θεωρήσουμε ότι σε ένα πόλεμο αυτό θα χρησιμοποιηθεί εσκεμμένα για να καταστραφούν όλων των ειδών οι ηλεκτρονικές εγκαταστάσεις.

Υπερτάσεις προκαλούνται από ατμοσφαιρικές εκκενώσεις, από διακοπτικές λειτουργίες στην τροφοδοσία και τις συνδεδεμένες συσκευές, από στατικά φορτία, από επαφή με αγωγούς υψηλής τάσης και τελευταία από NEMP όπως προαναφέρθηκε. Αυτό το σύγγραμμα προσφέρει λεπτομερή επισκόπηση των συνεπειών και των τρόπων προστασίας από ατμοσφαιρικές εκκενώσεις, θεωρώντας ότι καλύπτει όλες τις άλλες περιπτώσεις όσον αφορά τις επιδράσεις τους.

1.2 Διαδικασία εκτίμησης κινδύνου για προστασία ηλεκτρονικών συστημάτων από κεραυνούς.

Γενικά

Στο κεφάλαιο αυτό θα ασχοληθούμε και με την ουσιώδη διαδικασία ανάλυσης του κινδύνου σε δομές που έχουν ηλεκτρονικά συστήματα. Στην εκτίμηση του κινδύνου λαμβάνονται υπ' όψιν τ' αποτελέσματα τόσο των άμεσων χτυπημάτων των κεραυνών στις δομές αυτές όσο και στον περιβάλλοντα χώρο τους.

Λόγω της μεγάλης ευαισθησίας των ηλεκτρονικών συστημάτων οι υπερτάσεις που διαπερνούν τις συσκευές από το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο που δημιουργεί ο κεραυνός θεωρούνται η κύρια πηγή ζημιών.

Εισαγωγή

Η ανάπτυξη ηλεκτρονικών συστημάτων με αυξημένη ευαισθησία στους ηλεκτρομαγνητικούς παλμούς των κεραυνών (LEMP) και τα σοβαρά επακόλουθα από τις ζημιές απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή στην επιλογή των κατάλληλων μεγεθών προστασίας.

Συνήθως, τα επακόλουθα αποτελέσματα των ζημιών ενός ηλεκτρονικού συστήματος συνίσταται σε σημαντικά οικονομικά κόστη λόγω της απώλειας του ίδιου του συστήματος αλλά και της διακοπής της λειτουργίας του που θα μπορούσε να είναι η παροχή υπηρεσίας στο ευρύ κοινό, ενώ ακόμη διακινδυνεύονται ανθρώπινες ζωές ή κίνδυνοι για την κοινωνία την ίδια.

Αυτό φαίνεται ειδικότερα όταν η λειτουργία του ηλεκτρονικού συστήματος αφορά χημικές ή πυρηνικές εγκαταστάσεις λειτουργία σταθμών ανίχνευσης ή και κατάσβεσης πυρκαγιών κ.λπ.

Ο υπολογισμός κινδύνου στα ηλεκτρονικά συστήματα βοηθάει τον σχεδιαστή προστασίας από κεραυνούς, να

αποφασίσει αν χρειάζεται το σύστημα προστασία ή όχι, αν ναι τότε να επιλέξει το κατάλληλο μέγεθος προστασίας.

Στη διαδικασία υπολογισμού του κινδύνου, οι ακόλουθοι παράγοντες είναι υγίστης σημασίας:

- διαστάσεις και θέση του συστήματος
- η φύση των υλικών του συστήματος
- ο τύπος και η φυσική υλοποίηση του σχεδιασμού όλων των συστατικών του συστήματος (τερματικά, γραμμές επικοινωνίας, γραμμές δεδομένων) τόσο των εσωτερικών του όσο και των εξωτερικών
- η παρουσία και αποτελεσματικότητα διατάξεων που ελαχιστοποιούν τις ζημιές, όπως σύστημα προστασίας από κεραυνό (LPS), ηλεκτρομαγνητικές οδόνες (EMS) και διατάξεις προστασίας από αιχμές ρεύματος (SPD).

Αυτοί οι παράγοντες μαζί με τη συχνότητα ηλεκτρομαγνητικού κύματος του κεραυνού καθορίζουν το επίπεδο κινδύνου που πρέπει να εξεταστεί.

Επίσης πρέπει να ληφθούν υπόψη δύο είδη κεραυνοβόλησης:

- ο άμεσος στο σύστημα
- ο έμμεσος στο περιβάλλον του συστήματος που μπορεί να το επηρεάσει είτε απευθείας με κάποιο

βραχυκύκλωμα είτε να επιρρεάσει τις εισροές των δεδομένων των ρευμάτων και τάσεων.

Οι ζημιές μπορεί να προκληθούν είτε από βραχυκυκλώματα λόγω ηλεκτρομαγνητισμού είτε από πυρκαγιά στο κτίριο, ακόμα και κατάρρευση, λόγω έκρηξης. Πάντως η κύρια αιτία ζημιών στα ηλεκτρονικά συστήματα οφείλεται σε υπερτάσεις από τον κεραυνό λόγω της μεγάλης τους ευαισθησίας.

1.3 Κίνδυνοι από κεραυνούς

Τα μέτρα προστασίας ενάντια στις επιπτώσεις του κεραυνού είναι ακριβά. Έτσι, γενικά το κόστος της προστασίας πρέπει να είναι ανάλογο προς την καταστροφή, η οποία θα ήταν αναμενόμενη αν τα μέτρα προστασίας δεν είχαν παρθεί. Γι'αυτό είναι σημαντικό να γνωρίζουμε ποιές είναι οι πιθανότητες προκλήσεως του κεραυνού.

Σύμφωνα με την ερευνήτρια H.Pripz μια σημαντική παράμετρος είναι το ισοκεραυνικό επίπεδο το οποίο δείχνει τον αριθμό των ημερών του έτους που οι κεραυνοί μπορεί να

είναι αναμενόμενοι σε ένα συγκεκριμένο μέρος. Την παραπάνω παράμετρο, το ισοκεραυνο επίπεδο εξαρτάται κυρίως από το γεωγραφικό μήκος.

Η συχνότητα του κεραυνού για κάθε km^2 και για το χρόνο στις παρακάτω περιοχές είναι:

Βόρεια Γερμανία και Σκανδιναβία	0.3	3
Πεδιάδες των Άλπεων	3	7
Τροπικές ζώνες	30	70

1.4 Γενικές Σχέσεις

Σύμφωνα με τη γενική θεωρία εκτίμησης κινδύνου από κεραυνό, ο κίνδυνος R ζημίας από υπέρταση καθορίζεται από τρεις βασικές παραμέτρους.

- τον μέσο ετήσιο αριθμό N κεραυνοβολήσεων που επιρραάζουν το σύστημα έμμεσα ή άμεσα
- την πιθανότητα P ζημιάς ή παρεμβολής στο σύστημα από ένα χτύπημα κεραυνού
- τον παράγοντα ζύγισης δ για τον υπολογισμό πιθανών αλυσιδωτών απωλειών λόγω βλάβης του συστήματος.

Το γινόμενο NP εκφράζει την μέση συχνότητα F της αναμενόμενης ζημιάς μέσα σ'ένα χρόνο, είναι δηλαδή το μέσο ετήσιο επίπεδο κινδύνου. Οι σχέσεις μεταξύ των παραμέτρων για διάστημα ενός έτους είναι:

$$F = N \cdot P \quad (1)$$

$$R = [1 - \exp(-F)] \cdot S \quad (2)$$

Στην περίπτωση $F \ll 1$ η (2) απλοποιείται ως εξής:

$$R = F \cdot \delta \quad (3)$$

Λόγω της πολυπλοκότητας των N και P , η συσχέτισή τους σε πρακτικές εφαρμογές είναι δυνατή μόνο με αυστηρές απλοποιήσεις.

1.5 Εκτίμηση αριθμού κεραυνοβολήσεων

Ο αναμενόμενος αριθμός κεραυνοβολήσεων N , που μπορούν να επιρρεάσουν ένα ηλεκτρονικό σύστημα διαιρείται στις ακόλουθες τρεις ομάδες:

- N_a , αριθμός άμεσων κεραυνοβολήσεων του συστήματος.
- N_n , αριθμός κεραυνοβολήσεων στην επιφάνεια της γης γύρω από το σύστημα
- N_s , αριθμός κεραυνοβολήσεων είτε των στοιχείων που αποτελούν είσοδο στο σύστημα είτε άλλων συστημάτων διασυνδεδεμένων με αυτά.

Σύμφωνα λοιπόν με την παραπάνω διάκριση, ο συνολικός αριθμός κεραυνοβολήσεων είναι

$$N = N_a + N_n + N_s \quad (4)$$

όπου

$$N_a = N_g A_d, \quad N_n = N_g A_n,$$

$$N_s = \sum_{i=1}^m N_{si} = N_g \sum_{i=1}^m A_i$$

όπου m είναι ο αριθμός εισόδων στο σύστημα, N_d , N_n , και N_s είναι τα γινόμενα της μέσης ετήσιας πυκνότητας κεραυνών N_g επί των περιοχών συλλογής A_d , A_n , A_i αντίστοιχα, οι οποίες ανταποκρίνονται στον προηγούμενο διαχωρισμό των ομάδων. Η περιοχή συλλογής A_d ορίζεται ως εδαφική επιφάνεια που δέχεται τον ίδιο ετήσιο αριθμό κεραυνοβολήσεων με το σύστημα.

Η A_n ορίζεται ως η εδαφική επιφάνεια που περιβάλλει το σύστημα όπου οι κεραυνοβολήσεις που δέχεται μπορούν να επηρεάσουν το σύστημα λόγω της τοπικής αύξησης του δυναμικού του εδάφους.

Η A_i αποτελείται από τις εξής περιοχές:

- την A_{Si} που σχετίζεται με το σύστημα εισόδου. Στην περίπτωση υπόγειων συσκευών ή γραμμών επικοινωνίας, περιοχή συλλογής ορίζεται η εδαφική επιφάνεια που η αύξηση του δυναμικού της μπορεί να επηρεάσει αυτά τα συστήματα, ενώ στην περίπτωση υπέργειων συσκευών τότε η περιοχή συλλογής ορίζεται η περιοχή που αν χτυπηθεί από κεραυνό τότε προκαλούνται υπερτάσεις στα συστήματα αυτά.

- την A_{ni} ενός συνεργαζόμενου συστήματος συνδεδεμένου με το υπό θεώρηση σύστημα (δηλαδή αντίστοιχα της A_n).

Όλες οι πιο πάνω περιοχές εξαρτώνται από τις διαστάσεις και θέσεις των συστημάτων ως ακολούθως:

$$A_d = ab + 6(a+b)h + 9\pi h^2 \quad (5)$$

$$A_n = ab + 2(a+b)ds + \pi d_s^2 - A_d \quad (6)$$

$$A_i = A_{si} + A_{ni} \quad (7)$$

με

$$A_{si} = 2 d_{si} l_i \quad (8)$$

$$A_{ni} = a_i b_i + 2(a_i + b_i) d_{si} + \pi d_{si}^2 \quad (9)$$

όπου

- a, b, h οι διαστάσεις της κύριας δομής
- a_i, b_i οι διαστάσεις των συνδεδεμένων συστημάτων

- d_s η απόσταση μεταξύ της περιμέτρου της δομής και της περιφέρειας της A_n
- d_{sj} η απόσταση μεταξύ των εισόδων του συστήματος και της περιφέρειας της A_{sj}
- l_j είναι το μήκος κάθε γραμμής.

Η επιλογή κρίσιμων τιμών για τις d_s , d_{sj} , l_j χρήζουν ιδιαίτερης ανάλυσης.

Όσον αφορά τα d_s και d_{sj} , οι ελάχιστες τιμές τους κάτω από τις οποίες οι κεραυνοί είναι επικίνδυνοι σύμφωνα με την ανάλυση εκτίμησης κινδύνου, πρέπει να ορίζονται συγκρίνοντας το επίπεδο μόνωσης του συστήματος με τις υπερτάσεις που θα υπολογιστούν σαν συνάρτηση απόστασης, συνυπολογίζοντας και τα επαγωγικά ρεύματα.

Για παράδειγμα υποθέτοντας (i) δομή από ξύλα ή τούβλα και (ii) υπερτάσεις που δεν υπερβαίνουν τα 6 KV, τότε κρίσιμες τιμές αυτών των αποστάσεων σαν πρώτη προσέγγιση είναι:

- $d_{sj}(cr)=1000$ m για περιοχές με υπέργεια συστήματα για τα οποία έχει ληφθεί υπόψη και το επαγωγικό ρεύμα.

- $d_s(cr)=d_{sj}(cr)=\rho m$ για περιοχές με υπόγεια συστήματα που έχουν ανθεκτικές συνδέσεις και ρ είναι η αντίσταση του εδάφους σε Ωm .

Παρακάτω προτείνονται τιμές για την περιοχή A_{Sj}

- υπέργεια γραμμή $A_{Sj} = 2 \cdot 1000 \cdot l_j$

- υπόγεια γραμμή $A_{Sj} = 2 \cdot \rho \cdot l_j$

Η μέγιστη τιμή του ρ είναι 500 Ωm .

Το μήκος l_j των γραμμών εισόδου μετράται από την περίμετρο της δομής και από το πρώτο κομβικό σημείο του δικτύου ή του συνδεδεμένου συστήματος. Κρίσιμη τιμή γι' αυτό το μήκος σαν οριακή τιμή προτείνεται να είναι 1000 m. Στην περίπτωση μεγαλύτερων γραμμών το μήκος πρέπει να περιορίζεται σ' αυτή την κρίσιμη τιμή. Συνδεδεμένα συστήματα σε απόσταση μεγαλύτερη των 1000 m δεν λαμβάνονται υπόψη.

Αν η γραμμή εισόδου δεν είναι μεταλλική θεωρούμε ότι $A_{Sj} = 0$.

Πολυπύρνα καλώδια θεωρούνται σαν ένα καλώδιο και όχι σαν ξεχωριστά κυκλώματα.

1.6 Πιθανότητα ζημιάς

Στην κλασική πιθανοτική προσέγγιση εκτίμησης κινδύνου από κεραυνό οι επικίνδυνες πηγές πρόκλησης ζημιών, ξεχωρίζονται και υπολογίζονται. Αυτές οι πηγές είναι υπερτάσεις που διαπερνούν ηλεκτρονικά συστήματα είτε άμεσα είτε από τον περιβάλλοντα χώρο, είτε μέσω των γραμμών εισόδου.

Δείξαμε πιο πριν ότι η πιθανότητα ζημιάς P είναι αποτέλεσμα σύνθεσης "επιμέρους πιθανοτήτων" ανάλογα με το πιο σημείο πλήτεται από κεραυνό.

Για να απλοποιηθεί η διαδικασία εκτίμησης κινδύνου είναι χρήσιμο να λάβουμε υπόψη μας μόνο τις πιθανότητες άμεσης πλήξης του συστήματος (p_1) και των γραμμών εισόδου (p_2).

Η πιθανότητα P_d να πληγεί άμεσα το σύστημα δίνεται από τη σχέση

$$P_d = 1 - (1 - p_1) \cdot (1 - p_2) \approx p_1 + p_2 (p_1 p_2 \ll 1) \quad (10)$$

Η πιθανότητα p_i να πληγεί ο περιβάλλον χώρος ή κάποια γραμμή εισόδου δίνεται από τη σχέση

$$p_1 = p_2 \quad (11)$$

Λαμβάνοντας υπόψη την ευαισθησία των ηλεκτρονικών συστημάτων, όλες αυτές οι παλμικές υπερτάσεις μπορούν να προκαλέσουν ζημιά αν η δομή δεν έχει μπετόν αρμέ ή δεν έχει μεταλλική πρόσοψη, και φυσικά αν δεν έχει σύστημα αλεξικέραυνης προστασίας. Αυτό σημαίνει ότι οι πιθανότητες p_1 και p_2 θεωρούνται ίσες με 1. Με αυτή την υπόθεση η σύνδεση όλων των πιθανοτήτων δίνει:

$$P = 1 \quad (12)$$

που σημαίνει σύμφωνα με τη σχέση (1) ότι η συχνότητα F ζημιών ορίζεται μόνο από τον μέσο αριθμό N των χτυπημάτων σ' ένα χρόνο. Στην περίπτωση που οι διαστάσεις d_s , d_{si} και l_j μας δίνουν περιοχή συλλογής - γύρω στο 1 km^2 , το N (και κατά συνέπεια η συχνότητα F) είναι μεγαλύτερο του 1, οπότε σύμφωνα με την (2) ο κίνδυνος R προσεγγίζει τη μονάδα. Αυτό σημαίνει ότι ο κίνδυνος από κεραυνοβόληση πρέπει να μειωθεί με εφαρμογή μέτρων προστασίας.

Σύγχρονες δομές έχουν μεταλλικά πλαίσια, ή είναι κατασκευασμένες από μπετόν-αρμέ που μειώνουν τον κίνδυνο

και θεωρούνται σαν φυσικό μέτρο προστασίας. Επιπλέον μείωση του κινδύνου παρέχεται από καλλυμένα καλώδια σαν αναπόσπαστο μέρος ηλεκτρονικών συσκευών.

Η επιρροή στον κίνδυνο ζημιάς με αυτά τα μέτρα προστασίας αλλά και με άλλη που μπορούν να παρέχονται μπορεί να ληφθεί υπόψη εισάγοντας τους παράγοντες k_1 και k_2 μειώνοντας τις επιμέρους πιθανότητες P_1 και P_2 .

Ο παράγων k_1 μειώνει την πιθανότητα P_1 ενώ ο παράγων k_2 μειώνει την πιθανότητα P_2 .

Αν διαφορετικά μέτρα προστασίας παρέχονται στο ίδιο κύκλωμα, στο εσωτερικό της δομής, ή στην ίδια γραμμή εισόδου, τότε ο παράγων μείωσης είναι το γινόμενο των δύο αυτών παραγόντων.

1.7 Η συχνότητα των ζημιών

Η ετήσια συχνότητα ζημιών F των ηλεκτρονικών συστημάτων είναι ο συνδυασμός των ζημιών από υπερτάσεις λόγω άμεσου χτυπήματος και έμμεσου. Η τιμή της F υπολογίζεται από την ακόλουθη έκφραση:

$$F = N_d(p_1 + p_2) + N_n p_2 + \sum_{i=1}^m N_{si} p_{zi} \quad (13)$$

όπου

$F_d = N_d (P_1 + P_2)$ είναι η συχνότητα ζημιάς λόγω άμεσων χτυπημάτων

$F_n = N_n P_2$ είναι η συχνότητα ζημιάς από χτυπήματα στον περιβάλλοντα χώρο

$F_i = \sum_{i=1}^m N_{si} P_{zi}$ είναι η συχνότητα ζημιών από χτυπήματα στις m γραμμές εισόδου.

1.8 Παράγοντας ζύγισης δ

Όπως είδαμε από τις σχέσεις (2) και (3) για να υπολογιστούν οι επιπτώσεις των παρενεργειών από τις ζημιές στα ηλεκτρονικά συστήματα, μια επαρκής τιμή του παράγοντα δ πρέπει να χρησιμοποιηθεί.

Οι μέσες πιθανές απώλειες που μπορεί να υπάρξουν σαν αποτέλεσμα ζημιών στα συστήματα εξαρτώνται από διάφορους παράγοντες όπως:

- Αριθμός ανθρώπων και η διάρκεια παραμονής τους σε επικίνδυνα μέρη.
- Τον τύπο και την σημασία της υπηρεσίας που παρέχεται στο κοινό με ιδιαίτερη αναφορά, στον αριθμό ατόμων που επηρεάζονται από την απώλεια της υπηρεσίας, καθώς και από τον ετήσιο χρόνο απώλειας υπηρεσιών:

Στην περίπτωση όπου δεν υπάρχει κίνδυνος για ζωή ή για το περιβάλλον, ούτε άλλος κίνδυνος για το κοινωνικό σύνολο, η τιμή του δ μπορεί να υπολογιστεί στη βάση του κόστους της ζημίας εσωτερικής, εμπορικής και βιομηχανικής σημασίας.

1.9 Κριτήρια επιλογής προστασίας

Η απόφαση να προστατεύσουμε ένα ηλεκτρονικό σύστημα, παίρνεται με καθαρά οικονομικά κριτήρια συγκρίνοντας το ετήσιο κόστος των μέτρων προστασίας, με το

σύνολο του ετήσιου κόστους των αναμενόμενων απωλειών από τους κεραυνούς.

Το συνολικό κόστος προστασίας απαρτίζεται από τα κόστη προστασίας του κτιρίου, της ισχύος, των γραμμών επικοινωνίας αλλά και από τις διακυμάνσεις του κόστους των υλικών.

Όταν όμως διακινδυνεύονται ζωές, περιβαλλοντικές επιπτώσεις και γενικότερα, στο κοινωνικό σύνολο, τότε η απόφαση για παροχή προστασίας λαμβάνεται με την ακόλουθη διαδικασία.

Η προστασία απέναντι στους κεραυνούς έχει σαν στόχο να μειώσει τον κίνδυνο ζημιάς R κάτω από ένα μέγιστο επίπεδο R_c :

$$R \leq R_c \quad (14)$$

Συνήθως $R_c = 10^{-5}$ επιλέγεται όταν διακινδυνεύεται ζωή. Σαν συνέπεια της (14) και λόγω της (3) η συχνότητα ζημιών πρέπει να είναι μικρότερη της τιμής F_c , που είναι αποδεκτή σαν μέγιστη:

$$F \leq F_c \quad (15)$$

$$\text{όπου } F_c = R_c/\delta \quad (16)$$

Αν $F > F_c$ τότε χρειάζεται να παρέχεται προστασία.

Πιθανά μέτρα προστασίας είναι:

- μέτρα για να μειωθούν οι επιπτώσεις των LEMP για να μειωθεί η πιθανότητα ζημιάς P_1
- εγκατάσταση SPD στις γραμμές εισόδου για να μειωθεί η πιθανότητα P_2
- εγκατάσταση LPS για να μειωθούν και η P_1 και η P_2 .

1.10 Διαδικασία επιλογής μέτρων προστασίας

Τα ουσιαστικά δεδομένα για τη επιλογή μέτρων προστασίας είναι:

- αριθμός κεραυνών
- πιθανότητα ζημιάς
- έκταση της ζημιάς

Για την επιλογή μέτρων προστασίας πρέπει να ληφθούν υπόψη η συνεισφορά κάθε πηγής ζημιών, στην συνολική

ετήσια συχνότητα ζημιών στη δομή, καθώς και οι τεχνικές και οικοδομικές πτυχές του κάθε μέτρου προστασίας.

Για την επιλογή είναι χρήσιμο η ξεχωριστή θεώρηση της F_d από το άθροισμα $F_n + F_i$. Αν $F_d > F_c$ τότε πρέπει να τοποθετηθεί ένα LPS σύμφωνα με τα διεθνή στάνταρντς αποτελεσματικότητας E_c , όπου

$$E_c = 1 - F_d / F_c \quad (17)$$

Το LPS μαζί με το αντίστοιχο SPD στις γραμμές εισόδου θα μειώσει τη συχνότητα ζημιών από κεραυνούς στον περιβάλλοντα χώρο και τις επιπτώσεις από το LEMP. Αν η αποτελεσματικότητα E του LPS είναι χαμηλότερη από E_c , πρέπει να παρασχεθεί συγκεκριμένη προστασία ενάντια στο LEMP.

Αν $F_n + F_i > F_c$ τότε πρέπει να τοποθετηθεί SPD στις γραμμές εισόδου.

$$\text{Αν } F_d \leq F_c \quad (18)$$

$$F_n + F_i \leq F_c \quad (19)$$

$$\text{και } F = F_d + F_n + F_i > F_c \quad (20)$$

τότε πρέπει να ληφθεί υπόψη ο μεγαλύτερος παράγων από τους K_1 K_2 για την εκτίμηση της πιθανότητας ζημιάς και αντίστοιχα να τοποθετηθεί συγκεκριμένο μέτρο προστασίας για να μειωθεί αυτή η πιθανότητα.

1.11 Συμπεράσματα και επιπλέον εξελίξεις

Σ' αυτό το paper προτάθηκε μια διαδικασία εκτίμησης κινδύνου ζημιών σε ηλεκτρονικά συστήματα. Η εφαρμογή της είναι χρήσιμη για την επιλογή κατάλληλων μέτρων προστασίας, αλλά απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή και θεμελιώδεις απλουστεύσεις.

Στην εκτίμηση κινδύνου λαμβάνονται υπόψη ζημιές από άμεσα χτυπήματα κεραυνών στον περιβάλλοντα χώρο, αλλά και από γραμμές εισόδου.

Η συνθήκη για την επιλογή αποτελεσματικής προστασίας, είναι η μείωση της συχνότητας ζημιών κάτω από ένα επιθυμητό επίπεδο.

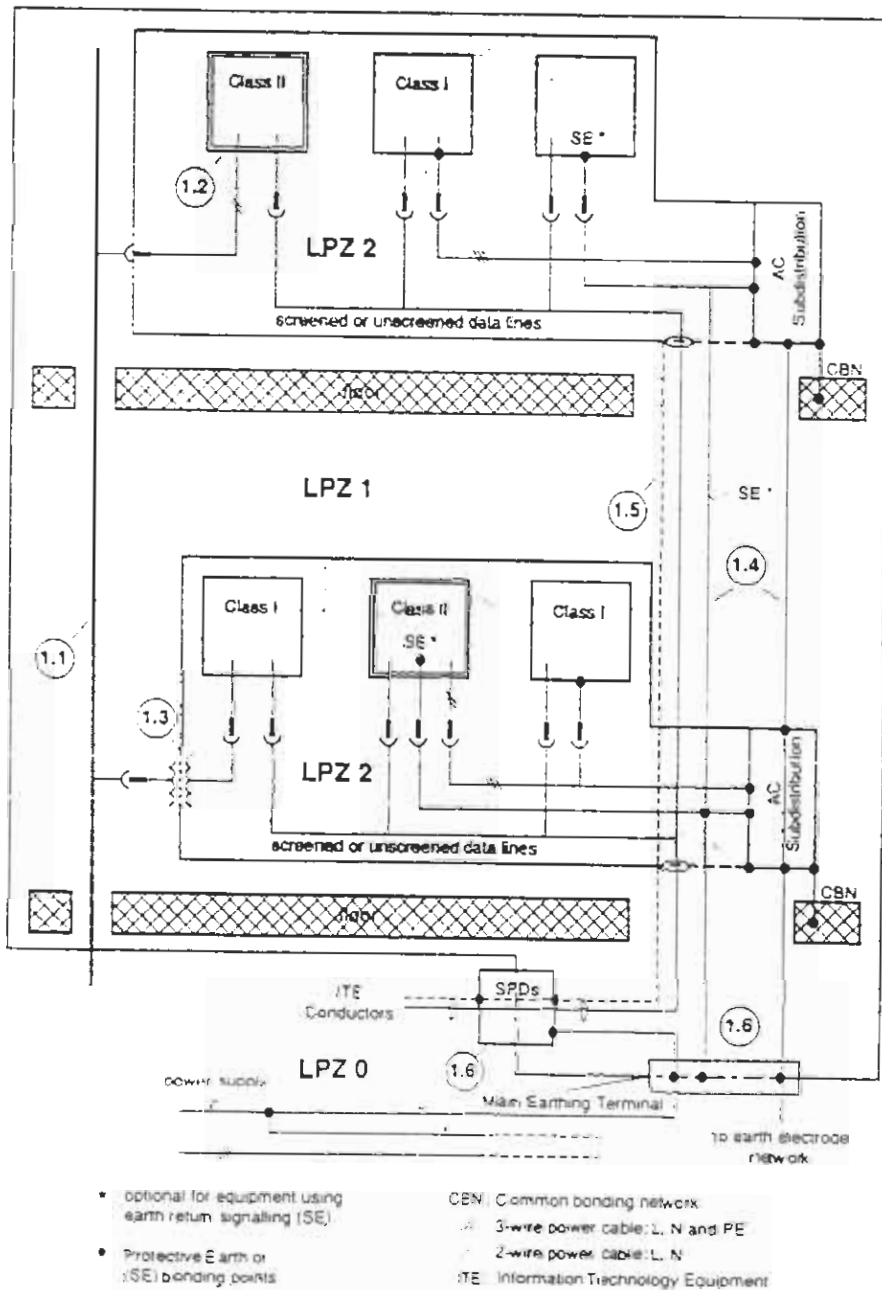
Αυτή η διαδικασία που παρουσιάστηκε εδώ, ακολουθεί την κλασική θεωρία των πιθανοτήτων.

1.12 Περί του σχήματος

Το σχήμα δείχνει εξοπλισμό τεχνολογίας πληροφοριών (ITE) σε δύο ορόφους σ'ένα κτίριο.

Οι συσκευές είναι συνδεδεμένες σε γραμμές δεδομένων (Data lines) και εν μέρει στην υπάρχουσα γραμμή τροφοδοσίας (στα αριστερά) ή σε μια επιπρόσθετη γραμμή (στα δεξιά). Επιπλέον δείχνει τρεις διαφορετικές "Ζώνες προστασίας από κεραυνό" (LPZ 0, 1, 2). Στις διασυνδέσεις μεταξύ αυτών των ζωνών, το επίπεδο απειλής από κεραυνό πρέπει να μειώνεται βήμα-βήμα, έχοντας κατά νου ότι το υψηλότερο επίπεδο απειλής υπάρχει στη LPZ 0. Φυσικά ο σχεδιασμός τριών LPZ δεν είναι υποχρεωτικός, αλλά είναι μια στρατηγική που μας βοηθάει.

Ο συντονισμός των SPD πρέπει να γίνει με τέτοιο τρόπο, ώστε κανένα από αυτά να μην υπερπιεστεί και ακόμη η κύρια ενέργεια να αντανακλασθεί ή να απορροφηθεί από τα SPDs στην είσοδο (LPZ 0, 1) και όχι από το τελευταίο SPD δίπλα ή μέσα στις συσκευές.



Εξήγηση του σχήματος 1.

- 1.1 Υπάρχουσα κύρια τροφοδοσία (TN, TT, IT) στην οποία έχει προστεθεί μια νέα εγκατάσταση, όπου οι περιστάσεις απαιτούν τη χρήση νέας καλωδιακής εξουδετέρωσης.
- 1.2 Ο εξοπλισμός της Class II έχει εγκατασταθεί για να αποτρέγει ανάμειξη ρευμάτων χαμηλής συχνότητας από τις συσκευές και τα καλώδια. Αυτά τα ρεύματα μπορεί να προκληθούν από μεγάλα loops (=θηλιές) ή από την έλλειψη ενός common Bonding Network (=Δίκτυο κοινής διασύνδεσης, CBN) με σημαντικά χαμηλή εμπέδηση.
- 1.3 Αν ο εξοπλισμός της class II δεν είναι διαθέσιμος, τότε ένας διπλά μονωμένος μετατροπέας (ή διπλός μετατροπέας μονωμένος) εξυπηρετεί τον ίδιο σκοπό. Προτείνονται οπτικές ίνες μη-μεταλλικές για συνδέσμους σημάτων, για να συνδέουν τις συσκευές.

- 1.4 Επιπλέον μεγάλα loops μπορούν ν' αποφευχθούν από παρακείμενη εξουδετέρωση ηλεκτρικής ισχύος. Συνίσταται η χρήση προστατευμένων καλωδίων σήματος. Το προστατευτικό (ή το κάλυμμα, screen) πρέπει να συνδεθεί και στις δύο άκρες του εξοπλισμού.
- 1.5 Επιπρόσθετη προστασία (ή κάλυψη, screening) όπως συνδεδεμένη μεταλλική κύρια οδός (τουλάχιστον μεταξύ των ορόφων). Επίσης παρέχει ένα χαμηλότερης εμπέδησης CBN. Αυτό το μέτρο είναι χρήσιμο ειδικά για υψηλές δομές ή όταν η λειτουργία του εξοπλισμού απαιτεί υψηλή αξιοπιστία.
- 1.6 Προτιμητέα θέση αλεξικέραυνου.

Κεφάλαιο δεύτερο

2.1 Πρακτικά παραδείγματα προστασίας

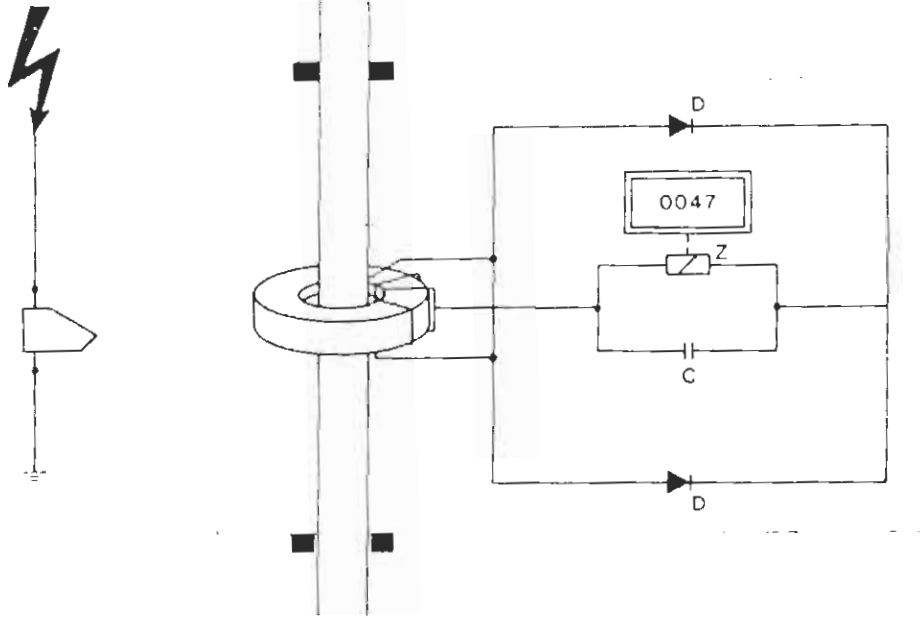
Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται πρακτικές εφαρμογές μέτρων προστασίας καθώς και συσκευών προστασίας από υπέρταση σε ηλεκτρικά συστήματα με ευαίσθητα ηλεκτρονικά στοιχεία. Θα ασχοληθούμε και με συστήματα που έχουν ταλαιπωρηθεί από θορύβους αλλά και καταστροφές από κεραυνοβολήσεις. Με την εφαρμογή μέτρων προστασίας αυτά τα συστήματα λειτουργούν χωρίς προβλήματα για χρόνια ακόμα και σε καταιγίδες.

Πριν από 15 χρόνια άρχισε η ανάπτυξη των περιοριστών υπέρτασης. Τότε είχαν εγκατασταθεί στα συστήματα μετρητές κεραυνοβολήσεων, με αποτέλεσμα σήμερα, ύστερα από μία δεκαετία και πλέον εμπειρίας, να έχουμε αξιόπιστες πληροφορίες για την αποτελεσματικότητα αυτών των συσκευών προστασίας από υπέρταση, και για την απόδοση των συστημάτων που χωρίς προστασία υπέφεραν από 5 τουλάχιστον καταρρεύσεις το χρόνο.

Ο μετρητής αιχμών ρεύματος μπορεί επίσης να καταγράψει την απόκριση των συσκευών προστασίας από υπέρταση και φαίνεται στο σχ. 2.1. Έχει τη διαμόρφωση ενός μετατροπέα ρεύματος (σχ. 2.2) και καταγράφει αιχμές ρεύματος με κορυφαίες τιμές μεγαλύτερες των 200Α. Ο μετρητής μπορεί να εγκατασταθεί απευθείας στο αλεξικέραυνο (σχ. 2.3) ή στην γείωση μιας συσκευής προστασίας από υπέρταση.



Σχήμα 2.1



Σχήμα 2.2.



Σχήμα 2.3

Συχνά είναι απαραίτητο να γίνονται πειραματικοί έλεγχοι αιχμών ρεύματος και υπερτάσεων όχι μόνο στο εργαστήριο ή στη γραμμή παραγωγής των συσκευών προστασίας, αλλά και επί τόπου, στο σύστημα υπό προστασία. Σ' αυτή την περίπτωση η φορητή υβριδική γεννήτρια είναι η κατάλληλη λύση. Στην περίπτωση μικρού κυκλώματος, αυτή η συσκευή, παράγει αιχμή ρεύματος 8/20 με μέγιστη τιμή κορυφής 10kA, ενώ κατά την κανονική λειτουργία παράγει το τυπικό κύμα τάσης 1,2/50 με τιμή κορυφής μέχρι 10kV.

2.2 .Εξωτερική προστασία

Το σύστημα εξωτερικής προστασίας (Σ.Ε.Π.) αποτελείται από εγκαταστάσεις συλλογής, αγωγούς και το σύστημα γείωσης. Για την προστασία ευαίσθητων ηλεκτρονικών συσκευών το Σ.Ε.Π. μπορεί να βελτιστοποιηθεί αν συμπεριληφθούν σ' αυτό υπάρχοντα τμήματα του κτιρίου όπως περιγράφεται στα επόμενα τμήματα.

2.3 Καθοδικοί αγωγοί

Κανονικά οι καθοδικοί αγωγοί (σχ. 2.1) εγκαθίστανται σε ύψος 20 m. Για κτίρια που περιέχουν δίκτυα δεδομένων, αυτή η απόσταση μπορεί να μειωθεί στα 5-7m σύμφωνα με το DIN VDE 0185.

Σε σύγχρονα κτίρια με μεταλλικά πλέγματα μπετόν-αρμέ και ενδεχομένως μεταλλικές συνδέσεις, αυτά μπορούν να ολοκληρωθούν σε ένα Σ.Ε.Π. Αν το Σ.Ε.Π. σχεδιάζεται να υλοποιηθεί στον αρχικό σχεδιασμό του κτιρίου, τότε πλεονεκτικές αρχιτεκτονικές λύσεις μπορούν να εφαρμοστούν. Η επόμενη διαδικασία εφαρμόζεται σε ένα κτίριο εργοστασίου από προκατασκευασμένα κομμάτια.

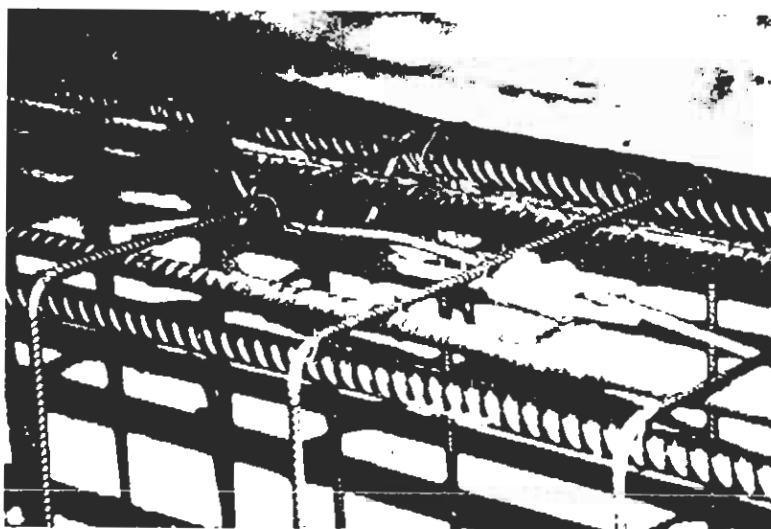
- Τα ενισχυτικά σίδερα στα καλούπια των θεμελίων συνδέονται με το εσωτερικό και το εξωτερικό (σχ. 2.12.β)

- Τα ενισχυτικά σίδερα της κολώνας είναι διασυνδεδεμένα και τα καλώδια σύνδεσης προεξέχουν και από την κορυφή και από τη βάση (σχ. 2.1.2 c και d).

- Τα ενισχυτικά σίδερα των πατωμάτων είναι διασυνδεδεμένα με εγκάρσια ατσάλινα καλώδια (σχ. 2.12 f) και κοντά στις κολώνες προεξέχουν για επακόλουθη σύνδεση με την κύρια γείωση τύπου δακτυλίου (σχ. 2.1.2 g).

- Οι ενισχυτικές γραμμές σύνδεσης που προεξέχουν από την κορυφή των κολωνών (σχ. 2.1.2 h) είναι δεμένα με την ατσάλινη δομή υποστήριξης της ταράτσας (σχ. 2.1.2 j).

- Όλες οι σωληνώσεις και καλωδιώσεις που εισέρχονται στο κτίριο (νερού, θερμότητας, λαδιού, αέρα, τηλεφώνων, ηλεκτρισμού κ.λπ.) εισέρχονται μέσω ενός ενισχυμένου αγωγού σε ένα συγκεκριμένο σημείο όπου ο ισοδύναμος δεσμός προστασίας, επίσης υφίσταται.

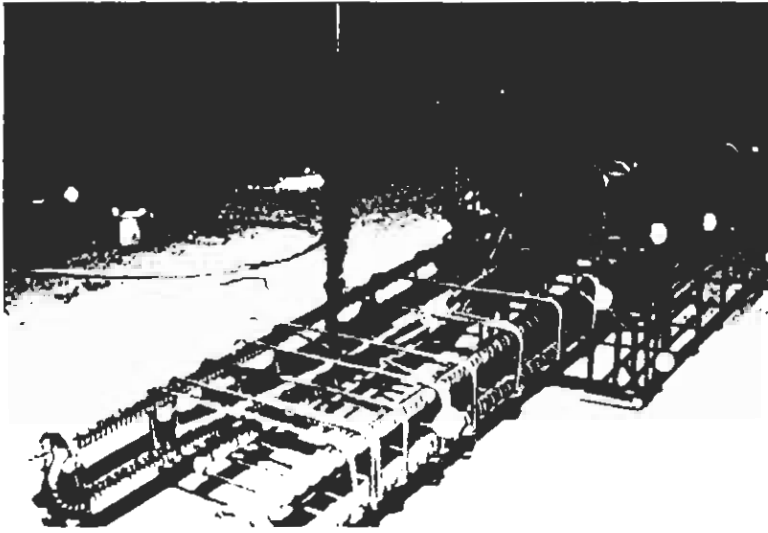


Σχήμα 2.1.2 b

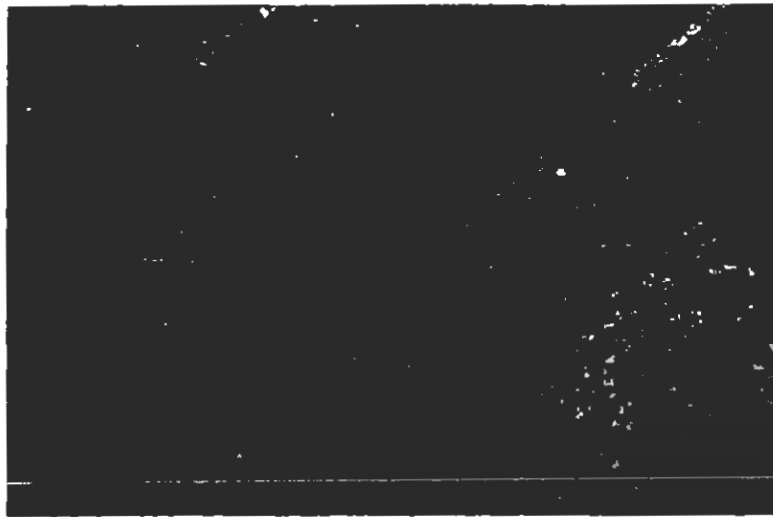
Κατά συνέπεια σε συνεργασία με τον κατασκευαστή των προκατασκευασμένων τμημάτων ένα βέλτιστο Σ.Ε.Π. δημιουργείται χρησιμοποιώντας τον οπλισμό των κολωνών, σαν καθοδικούς αγωγούς.



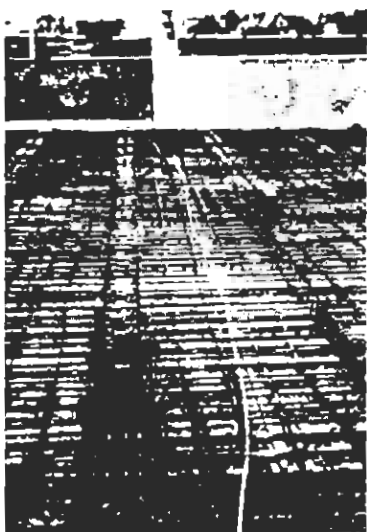
Σχήμα 2. 1.2 c



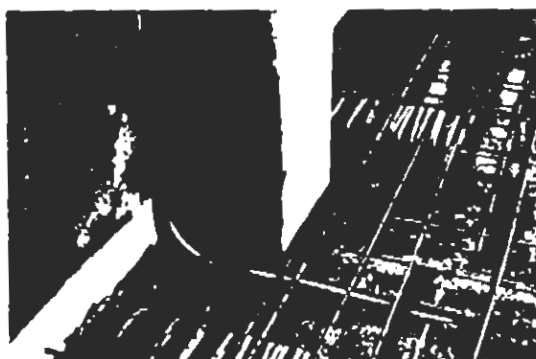
Σχήμα 2.1.2 d



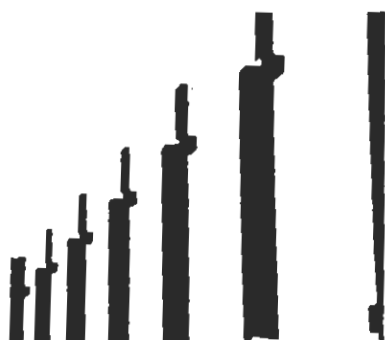
Σχήμα 2.1.2 e



Σχήμα 2.1.2 f



Σχήμα 2.1.2 g



Σχήμα 2.1.2 h



Σχήμα 2.1.2 i

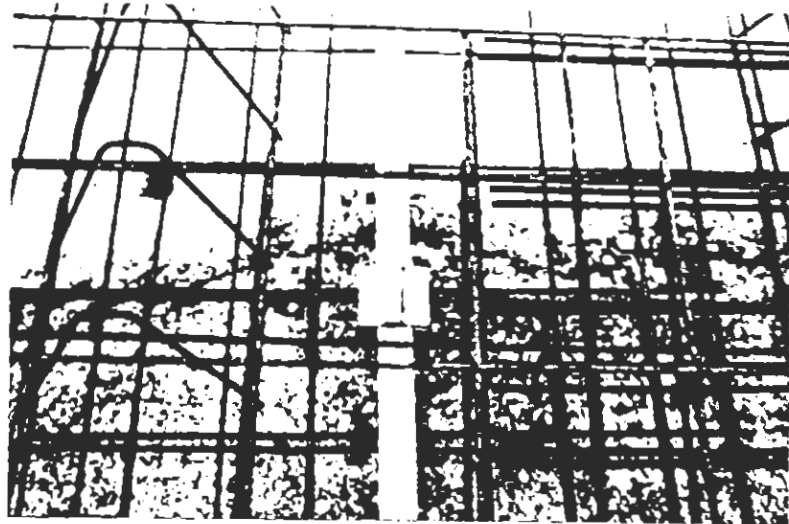


Σχήμα 2.1.2 j

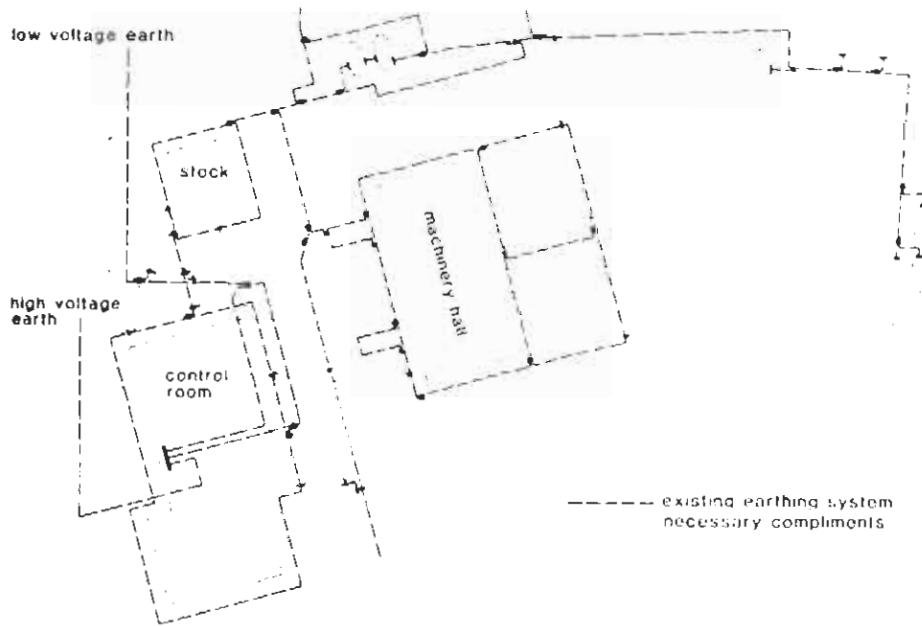
2.4 Συστήματα γείωσης

Για την προστασία συστημάτων δεδομένων μόνο όλες οι ενισχύσεις των θεμελίων πρέπει να ενσωματωθούν στο σύστημα γείωσης, απ' όπου οι διάφορες θωρακίσεις είναι διασυνδεδεμένες (σχ. 2.1.5). Τα συστήματα γείωσης των κτιρίων σε ένα ολοκληρωμένο σύστημα πρέπει να

διασυνδέονται κατά τέτοιον τρόπο ώστε να σχηματίζουν ένα επιφανειακό δίκτυο γείωσης (σχ. 2.1.6).



Σχήμα 2.1.5



Σχήμα 2.1.6

2.5 Μεταλλικά μέρη κτιρίου (screening)

Σε κτίρια που δεν έχουν πολλά μεταλλικά μέρη και είναι εφοδιασμένα μόνο με κλασικό Σ.Ε.Π. οι ευαίσθητες ηλεκτρονικές συσκευές δεν έχουν επαρκή προστασία. Για να προστατευθούν τέτοια συστήματα, πρέπει οι ενισχύσεις των πατωμάτων και των τοίχων να δεθούν μεταξύ τους για να σχηματίσουν κλειστά τμήματα προστασίας. Σύγχρονα βιομηχανικά κτίρια έχουν μεταλλική υποδομή. Αυτή η

συνεχής μεταλλική υποδομή μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν αλεξικέραυνο. Τα μεταλλικά μέρη διασυνδέονται με το Σ.Ε.Π. οπότε γίνονται ηλεκτρικά αγωγά και έτσι χρησιμοποιούνται για σκοπούς προστασίας.

2.6 Εσωτερική προστασία

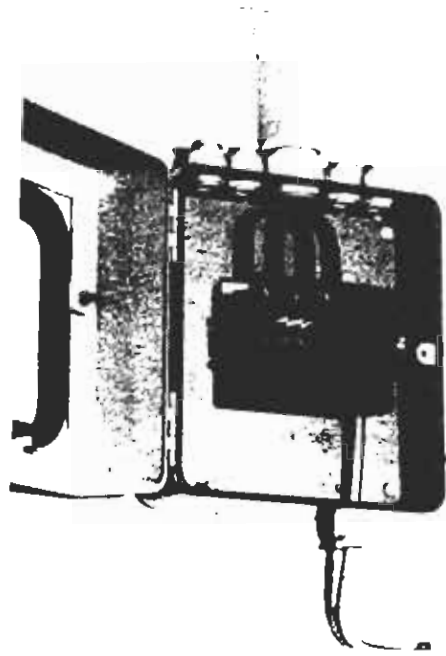
Όλες οι σωληνώσεις και οι αγωγοί που εξέρχονται και εισέρχονται στο κτίριο (κατά προτίμηση σε ένα σημείο) θα πρέπει να συμπεριληφθούν στο (ισοδύναμο δεσμό προστασίας). Οι σωληνώσεις πρέπει να είναι συνδεδεμένες είτε απευθείας είτε μέσω αποσύνδεσης κενών σπινθήρων με τον κύριο σταθμό γείωσης όπως π.χ. στην περίπτωση καθοδικώς προστατευόμενου συστήματος. Τα καλώδια τροφοδοσίας πρέπει να ενσωματωθούν στον ισοδύναμο δεσμό όσο πιο κοντά γίνεται στο σημείο εισόδου στο κτίριο (μετά τον πίνακα κατανεμητή ή του τροφοδοτεί!).

Μερικές γερμανικές ηλεκτρ. εταιρείες επιτρέπουν την εγκατάσταση συλλέκτη (arrester) πριν τον μετρητή.

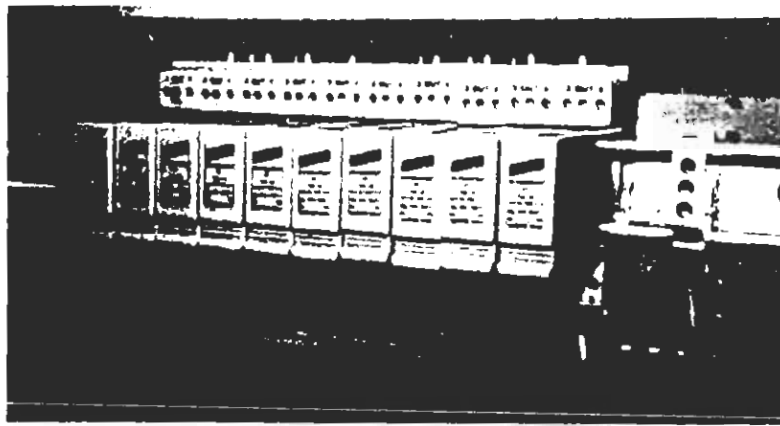
Η LECH-ELEKTRIZITATSWERE (LEW) καθορίζει: “Η εγκατάσταση σε σφραγιστά κουτιά επιτρέπεται σε δίκτυα γραμμών υπερχύλισης (overhead line networks) ύστερα από ολοκλήρωση με LEW συλλέκτη. Οι μη-γραμμικοί συλλέκτες αντιστάσεις (resistance arresters) πρέπει να εγκαθίστανται σε σφραγιστά προβλήματα με διαφανή καπάκια, ακριβής πλάι στο κουτί του μετρητή. Η σύνδεση πρέπει να γίνει στο χαμηλότερο σημείο σύνδεσης στο T-joint της παροχής ή στο σύστημα busbar(=μεταλλική ράβδος ή χοντρό καλώδιο που συνδέει συσκευές).

Το 2.2.1 δείχνει το τετράπολο αλεξικέραυνο DEHNVENTIL σε μεταλλικό περίβλημα με διαφανές κάλυμμα το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ισοδύναμα συστήματα εσωτερικής προστασίας.

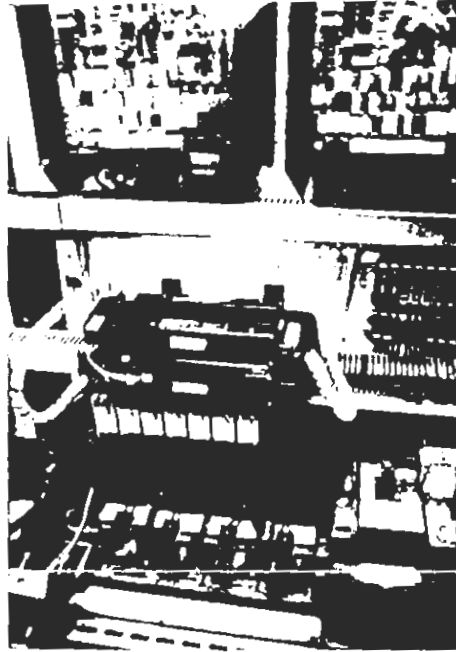
Καλώδια δεδομένων πρέπει να συνδέονται με τον κύριο σταθμό γείωσης στην είσοδο του κτιρίου μέσω Blitzductors (σχ. 2.2.2a) ή BEE κάρτες (σχ. 2.2.2b). Στο 2.2.4 ο προστατευτής CS (αποδεκτός από τα Γερμανικά ταχυδρομεία) έχει εγκατασταθεί πίσω από ένα modem.



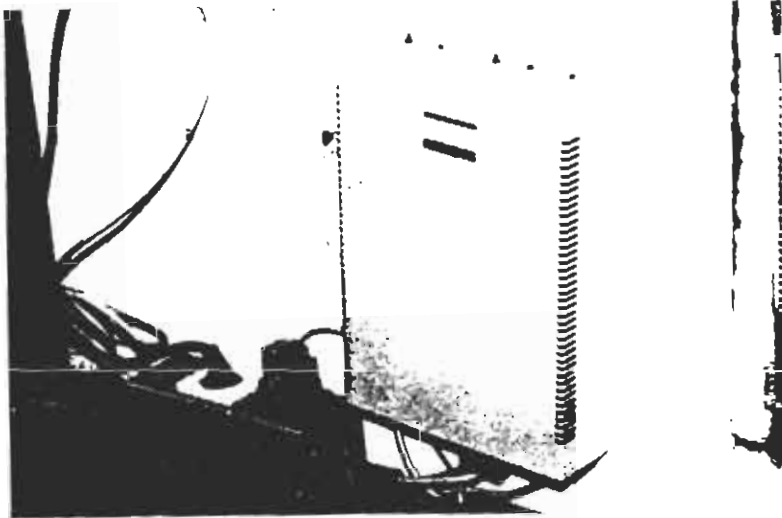
Σχήμα 2.2.1



Σχήμα 2.2α.



Σχήμα 2.2b



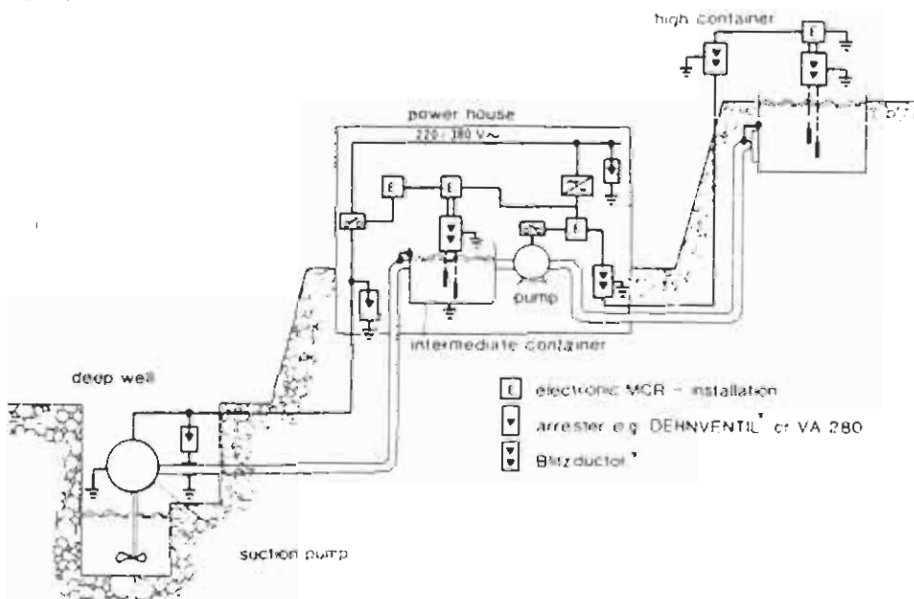
Σχήμα 2.2.4

2.7 Εφαρμογές προστατευτών υπέρτασης

Στα επόμενα τμήματα περιγράφονται συγκεκριμένες εφαρμογές προστατευτών υπέρτασης σε διαφορετικά ηλεκτρονικά συστήματα.

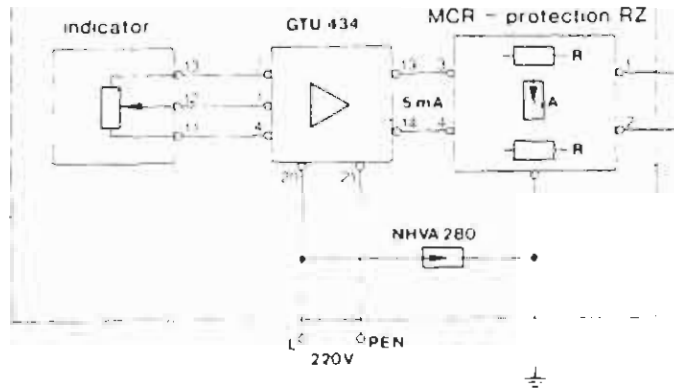
2.8 Γεωτρήσεις

Το σχήμα 2.2.5 δείχνει το βασικό σχέδιο μιας γεώτρησης με βαθύ πηγάδι, κτίριο με ηλεκτρολογικό εξοπλισμό και υπερυψωμένη δεξαμενή. Σ' αυτό φαίνονται οι προστατευτές υπέρτασης που απαιτούνται για τα δίκτυα ρεύματος και δεδομένων. Τα σχήματα 2.2.6α, 2.2.6β δείχνουν την εφαρμογή των προστατευτών σε όργανα μέτρησης ενός υδραγωγείου.

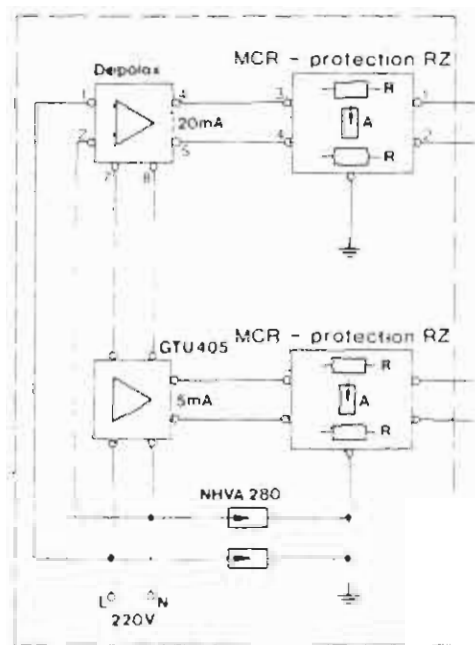


Σχήμα 2.25

52α



Σχήμα 2.2.6α



Σχήμα 2.2.6 b

2.9 Εγκαταστάσεις καθαρισμού

Τα ηλεκτρολογικά εγκαταστάσεων καθαρισμού κινδυνεύουν όχι μόνο από άμεσες κεραυνοβολήσεις αλλά και από απομακρυσμένες. Αυτό συμβαίνει επειδή έχουν πολλά και εκτενή κυκλώματα μετρήσεων και ελέγχου που διασυνδέονται με την βοήθεια μακρών αγωγών που σχηματίζουν μεγάλες επαγωγικές θηλειές.

2.10 Σταθμοί συμπύκνωσης αερίων

Το σχήμα 2.2.9 δείχνει το σχέδιο βιομηχ. εγκαταστάσεων αερίων με μια κεντρική αίθουσα ελέγχου και μερικούς εξωτερικούς σταθμούς που περιέχουν υπερευαίσθητες συσκευές μετρήσεων, ρυθμίσεων ελέγχων σχεδιασμένες για τάσεις 12, 15 ή 24 V, οι οποίες λειτουργούν με ρεύματα της τάξης των 10 mA.

Στο σχήμα, ένας καθοδικά προστατευμένος μακρύς σωλήνας εισέρχεται σ'έναν σταθμό μονωμένος στην είσοδο με φλάτζα, και μέσα συνδέεται στο ισοδύναμο σύστημα

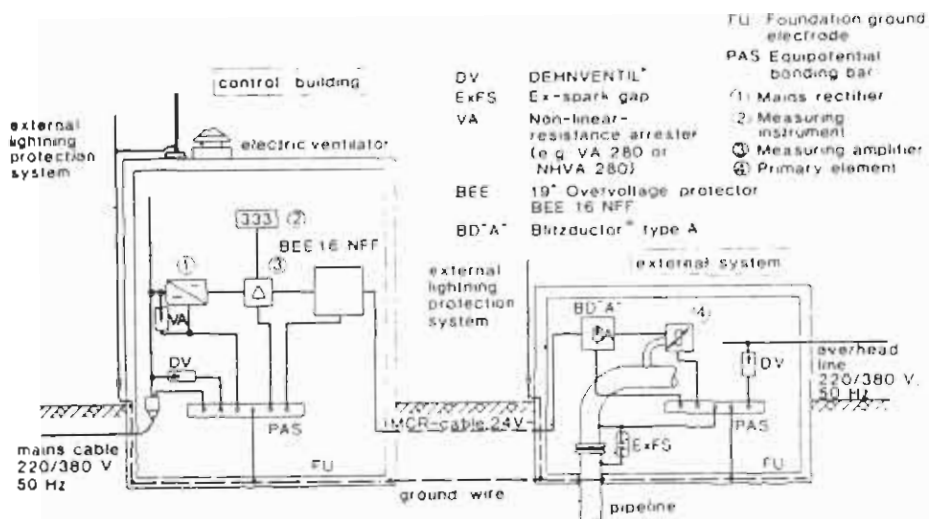
προστασίας. Η φλάντζα γεφυρώνεται με ένα "κενό σπινθήρα" (disconnection spark gap) προστατευμένο αντιακρηκτικά (σχ. 2.30) ένα εναέριο καλώδιο παρέχει ρεύμα στο σταθμό και στην είσοδο του κτιρίου εγκαθίσταται ένα DEHNVENTILO (σχ. 2.31). Η αίθουσα ελέγχου τροφοδοτείται στο υπόγειο καλώδιο. Μετά το DEHNVENTIL, τοποθετούνται συλλέκτες χαμηλής τάσης γι' αυτό το χαμηλής τάσης σύστημα.

Σε μικρότετους χρησιμοποιούνται Blitzductors για την προστασία μικρών καλωδίων με λίγα σύρματα (σχ. 2.33). Στην αίθουσα ελέγχου πάντως, υπάρχουν συνήθως αρκετές γραμμές ελέγχου, ρύθμισης μετρητών, οπότε η προστασία μπορεί να επιτευχθεί με κάρτες ΒΕΕ πιο οικονομικά (σχ. 2.34).

Η εφαρμογή αυτών των βασικών αρχών παρουσιάζονται με φωτογραφίες του σταθμού συμπίεσης αερίων MEGAL στο Waidhaus (σχ. 2.35). Για καλύτερη κατανόηση πάντως, πρέπει να επεξηγηθούν δύο συνθήκες: Με τη βοήθεια ενός μεγάλου αγωγού αερίου 5.000 χλμ., μεταφέρεται φυσικό αέριο από την πρώην ΕΣΣΔ μέσω Τσεχοσλοβακίας στη Γαλλία και τη Γερμανία. Στη Γερμανία υπάρχουν τρεις σταθμοί συμπίεσης αερίου όπου το αέριο φθάνει με πίεση 50 bar. Για περαιτέρω μεταφορά του συμπιέζεται σε 80 bar πίεση. Κάθε σταθμός έχει τρεις συμπιεστές. Ο ένας είναι ρεζέρβα. Κάθε μηχανή

φθάνει 15.000 HP. Στον σταθμό Megal μπορούν να συμπιεστούν $1.5 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{h}$. Σ' έναν τέτοιο σταθμό, έχει μεγάλη σημασία η υψηλή διαθεσιμότητα. Η εμπειρία έχει δείξει ότι ο χρόνος επιδιόρθωσης συμπεριλαμβανομένου του χρόνου εντοπισμού της βλάβης είναι περίπου μία ώρα. Μετά την παύση λειτουργίας του συστήματος, ο συμπιεστής χρειάζεται δύο ώρες για να φθάσει σε 80 bar πίεση. Το κόστος της ωραίας αναστολής λειτουργίας είναι 1.000.000 μάρκᾱ.

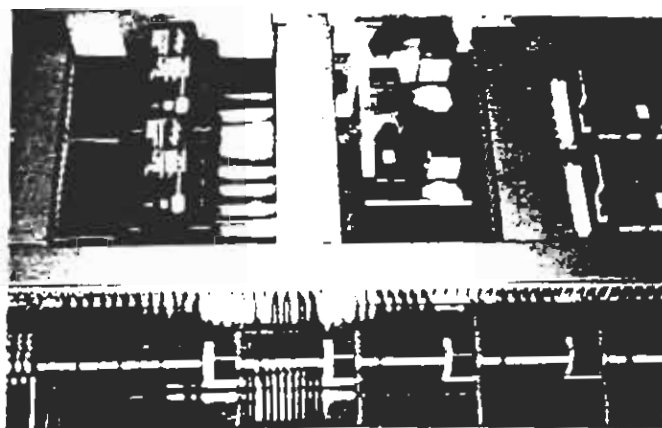
Οι διακοπές και επιρροές των συστημάτων πρέπει να αποφεύγονται λοιπόν, με χρήση και εφαρμογή αποτελεσματικών προστατευτικών μέτρων και βέβαια με όσο γίνεται πιο οικονομικές επενδύσεις. Σύμφωνα με τα Pipeline Engineering Specification [80], όλες οι γραμμές ισχύος στον σταθμό MEGAL, και όλες οι γραμμές μετρητών, ελέγχων και ρυθμίσεων που εκτείνονται σε αρκετά κτίρια μέσα στον σταθμό, είναι εφοδιασμένες με προστατευτικές υπέρτασης. Όπως φαίνεται στο Σχ. 2.36 στους σταθμούς έχουν εγκατασταθεί Blitzductors, ενώ στην κεντρική αίθουσα ελέγχου, προστατευτικές κάρτες BEE.



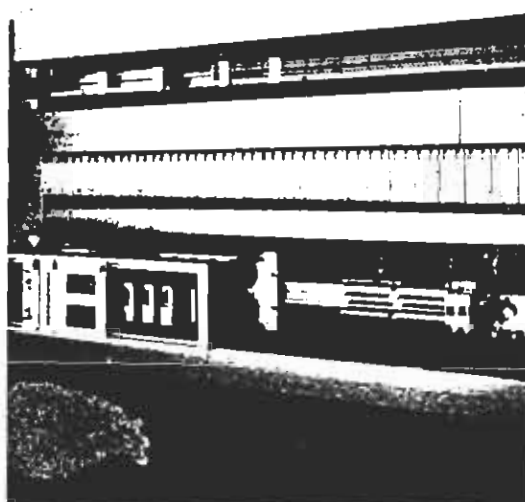
Σχήμα 2.29



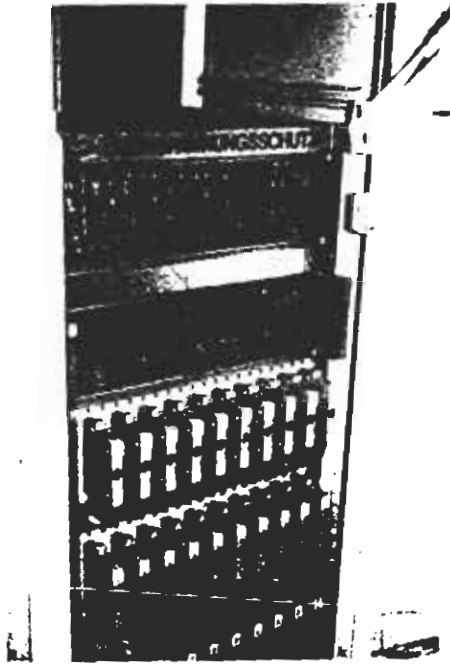
Σχήμα 2.30



Σχήμα 2.31



Σχήμα 2.33



Σχήμα 2.34



Σχήμα 2.35

2.11 Εργοστάσια

Οι συχνές ζημιές που προκαλούνται από κεραυνούς σε βιομηχανίες βαρέων οχημάτων ελεγχόμενες από computers στη Νότια Γερμανία, έδωσαν το έρισμα, ένα μεγάλο χρονικό διάστημα, ν'ασχοληθούν εντατικά με το θέμα αυτό. Πρόκειται για τις πιο σημαντικές βιομηχανίες του είδους στην Ευρώπη. Συχνά αναστελλόταν ολοκληρωτικά η λειτουργία τους όχι μόνο από άμεσες κεραυνοβολήσεις, αλλά και από κάποια απόσταση, με συνέπεια υψηλές απώλειες στην παραγωγή.

Οι μονάδες παραγωγής βρίσκονται σε έκταση της τάξης 1.5 χλμ. επί 1 χλμ. και με κανονικές και αναπυρρέαστες συνθήκες λειτουργίας παράγονται 400 φορτηγά σε κάθε βάρδια από 10.000 εργαζόμενους. Οι υπολογιστές στον χειρισμό των υλικών είναι συνδεδεμένοι με αυτούς στον σχεδιασμό παραγωγής απευθείας μ'έναν σύνδεσμο (link) μεταφοράς δεδομένων που είναι ένα συμμετρικό γηφιακό λειτουργικό σύστημα περίπου στα 350 mV. Έπειτα από αρκετές σημαντικές ζημιές από κεραυνούς, 15 γραμμές μεταφοράς δεδομένων εφοδιάστηκαν με Blitzductors και στις δύο άκρες, (Ανοιξη 1982). Κατά τη διάρκεια καλοκαιρινών καταιγίδων (το 1982) αυτά τα κυκλώματα και οι συνδεδεμένες

με αυτά συσκευές λειτούργησαν ανεπιρρέαστα, ενώ τα απροστάτευτα τμήματα του συστήματος υπέστησαν πάλι ζημιές.

Το 1984, ολόκληρο το σύστημα εφοδιάστηκε με συσκευές προστασίας και από τότε λειτουργεί ανελλιπώς χωρίς βλάβες ή ζημιές, ακόμα και στα ισχυρότερα καιρικά φαινόμενα.

Χρησιμοποιήθηκαν οι ακόλουθες συσκευές προστασίας:

- Μη-γραμμικά αλεξικέραυνα resistance arresters VA280 στην παροχή ρεύματος.
- Κάρτες ΒΕΕ για προστασία των υπολογιστών και αίδουσες ελέγχου (σχ. 2.37)
- Blitzductors για προστασία των τερματικών σταθμών στις σάλες (Σχ. 2.38).

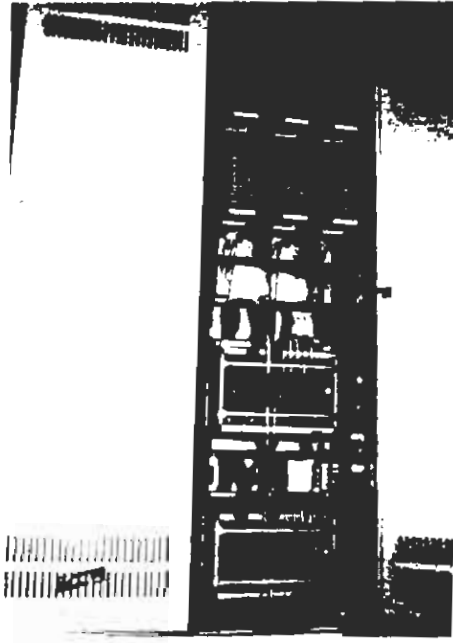
Συχνά συνέβαιναν βλάβες από καιρικά φαινόμενα παραγωγής και στο σύστημα συναγερμού φωτιάς. Μερικοί αγωγοί λοιπόν που ήταν ιδιαίτερα ευαίσθητοι, προστατεύθηκαν από Blitzductors (σχ. 2.39). Επίσης οι μακρινές γραμμές δεδομένων από Blitzductors ή κάρτες ΒΕΕ.



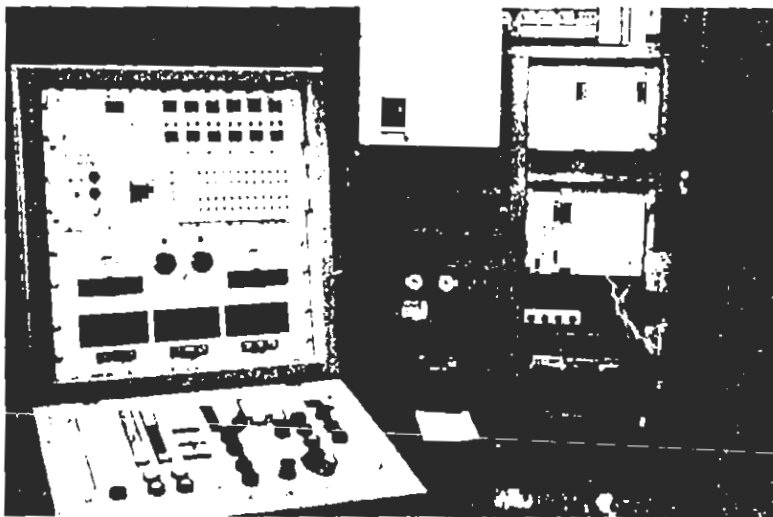
Σχήμα 2.37



Σχήμα 2.38



Σχήμα 2.39



Σχήμα 2.43

2.12 Κεντρικό γραφείο δημοτικών έργων

Η χρήση προστατευτών σ'έναν πολύπλοκο οργανισμό διοίκησης και διαχείρισης επιδεικνύεται από το παράδειγμα του κεντρικού γραφείου δημοτικών έργων του Neuwied που ελέγχει την παροχή ηλεκτρικού, ύδρευσης και τις δημοτικές συγκοινωνίες.

- Η τροφοδοσία ρεύματος προστατεύεται από μη-γραμμικό αλεξικέραυνο (resistance arrester) VA 280 για το κύριο δίκτυο διανομής και VM 280 για το υποδίκτυο (σχ. 2.45a και 2.45b).

- Τα κεντρικά συστήματα επεξεργασίας δεδομένων τροφοδοτούνται από το δίκτυο χαμηλής τάσης και σε περίπτωση διακοπής, από μία εσωτερική πηγή για έκτακτες περιπτώσεις. Και τα δύο καλώδια τροφοδοσίας είναι προσαρμοσμένα δίπλα-δίπλα και προστατεύονται από arresters χαμηλής τάσης (σχ. 2.45 c).

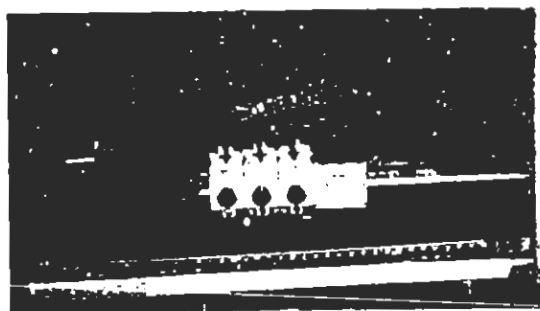
- Στην κεντρική αίθουσα ελέγχου, τα tuner των ραδιοσυσκευών για επικοινωνία με τα μέσα μεταφοράς, οι ραδιοφωνικές λειτουργίες και η πυρασφάλεια, είναι εφοδιασμένα με Blitzductors (σχ. 2.45 d).

- Στο σύστημα των ηλεκτρικών μεγαφώνων, η τροφοδοσία είναι εφοδιασμένη με arresters VM και οι γραμμές εισόδου των 100 V με Blitzductors.

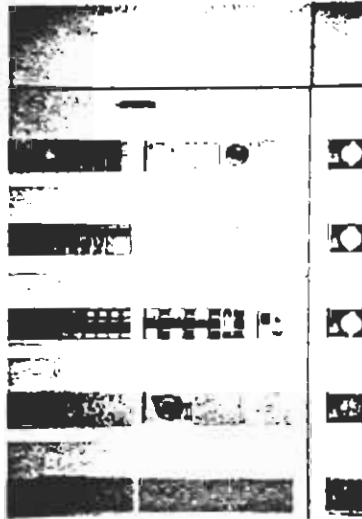
- Το σύστημα του αυτόματου ανοίγματος πορτών προστατεύεται όσον αφορά την τροφοδοσία από arresters VM και στις γραμμές σημάτων από Blitzductors (σχ. 2.45 f).

- Οι αντιστροφείς του εσωτερικού έκτακτης ανάγκης τροφοδοτικού είναι εφοδιασμένοι με arresters χαμηλής τάσης τύπου VA (σχ. 2.45 g).

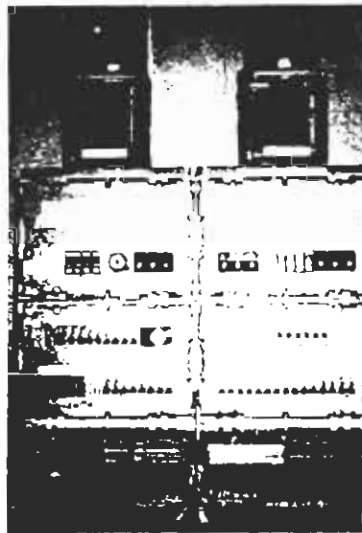
- Οι συσκευές τηλεχειρισμού των -20mA, 24V/60V, δυαδικών γραμμών NF σημάτων) προστατεύονται από Blitzductors.



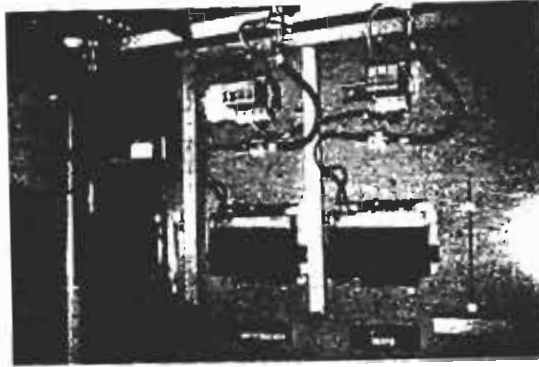
Σχήμα 2.45a



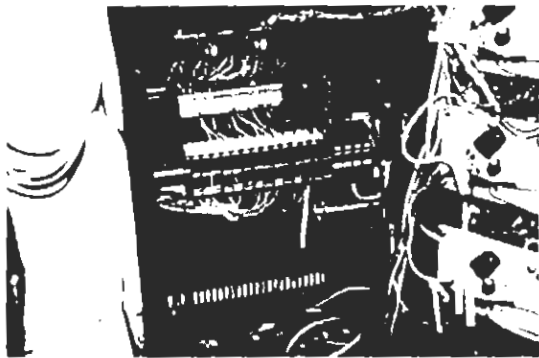
Σχήμα 2.45b



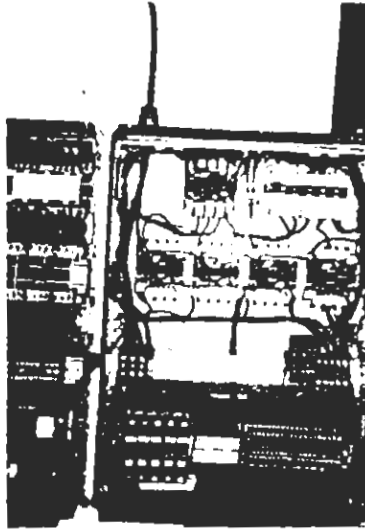
Σχήμα 2.45c



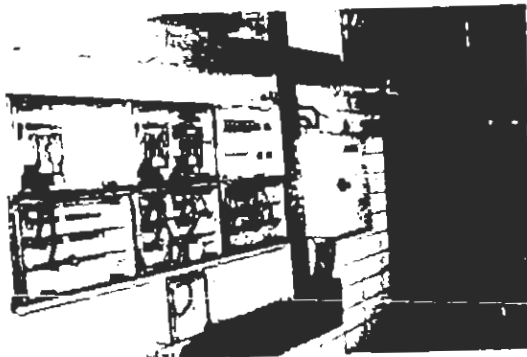
Σχήμα 2.45d



Σχήμα 2.45e



Σχήμα 2.45f



Σχήμα 2.45g

Επίλογος

Στοιχεία Προστασίας

Γενικά

Η προστασία από τους κεραυνούς είναι ένα (πολύ) πολύπλοκο ζήτημα που δεν σχετίζεται μόνο με την απλή εγκατάσταση ενός κυκλώματος προστασίας.

Έτσι, μπορεί να γίνει κατανοητό ότι το πρόβλημα ποτέ δεν είναι δυνατόν να λυθεί με ένα μόνο μέτρο, αλλά χρειάζεται μια εμπειριστατωμένη εξέταση όλων των γεγονότων και των καταστάσεων. Εφόσον είναι συχνά δύσκολο να προβλεφθούν (ή προβλέγουμε) όλες τις δυνατές καταστάσεις που θα μπορούσαν να δημιουργηθούν, **επιπρόσθετα** μέτρα πρέπει να παρθούν.

Ένας σημαντικός παράγοντας σε σχέση μ'αυτές τις σκέυεις είναι η αναλογία κόστους-αποτελεσματικότητας. Μόνο στη μειοψηφία των περιπτώσεων συμβαίνει το

αντικείμενο να αποκτήσει απόλυτη προστασία σε κάθε τιμή. Γενικά, είναι πρωτίστως απαραίτητο να έχουμε μία ξεκάθαρη ιδέα όσον αφορά τί επίπεδο της προστασίας απαιτείται και σε ποιό κόστος (βάρος). Ξεκινώντας από ένα τελείως απροστάτευτο κύκλωμα ή εγκατάσταση, είναι πιθανό, χρησιμοποιώντας δευτερεύοντα μέτρα προστασίας σε πολύ χαμηλό κόστος υλικού, να αποκτήσουμε (να κερδίσουμε) μία αύξηση στην προστασία από τους κεραυνούς ...

Επιπρόσθετα, οι βασικές αρχές της EMC τεχνολογίας μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μία ιδέα σχετική με την προστασία πρέπει να επεξεργαστεί είτε από τον χρήστη, είτε από το προμηθευτή των στοιχείων προστασίας ή και από τους δύο.

Βιβλιογραφία

1. H Prinz "Gewitterelektrizitat als Gefahr" Bulletin SEV 67 (1976) 24.
2. K. Berge "Das Verhalten von Erdungen unter hohen Stromstossen"
Bulletin SEV 37 (1946) 8.
3. C. Massetti, U. Ratti, "Risk assessment procedure for the protection of electronic systems against lighting", 2nd International Conference on Siphing Protection, University of Rome "Sa' saprenza" Italy.

