



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ  
ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

**Προστασία σε συνήθεις κτηριακές και νοσοκομειακές ηλεκτρικές  
εγκαταστάσεις και κατασκευή μίας διάταξης προστασίας  
έναντι διακυμάνσεων της τάσης και αποκοπής αγωγού.**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Μαρία-Δανάη Μ. Μιχαηλίδου**

Επιβλέπων: Κωνσταντίνος Καραγιαννόπουλος  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Οκτώβριος 2011





ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ  
ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

**Προστασία σε συνήθεις κτηριακές και νοσοκομειακές ηλεκτρικές εγκαταστάσεις και κατασκευή μίας διάταξης προστασίας έναντι διακυμάνσεων της τάσης και αποκοπής αγωγού.**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Μαρία-Δανάη Μ. Μιχαηλίδου**

Επιβλέπων: Κωνσταντίνος Καραγιαννόπουλος  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 18<sup>η</sup> Νοεμβρίου 2011.

.....  
Κωνσταντίνος Καραγιαννόπουλος  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....  
Νικόλαος Θεοδώρου  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....  
Περικλής Μπούρκας  
Ομ. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Οκτώβριος 2011

.....  
Μαρία-Δανάη Μ. Μιχαηλίδου

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Μαρία-Δανάη Μ. Μιχαηλίδου, 2011

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

## Περίληψη

Στην εργασία αυτή γίνεται μία ανασκόπηση σε βασικά θέματα προστασίας των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων σε συνήθη κτήρια και σε νοσοκομεία. Πρόκειται κυρίως για:

- τις γειώσεις,
- τα ειδικά κυκλώματα προστασίας σε ηλεκτρικές εγκαταστάσεις επειγόντων νοσοκομειακών φορτίων,
- την προστασία των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων και συσκευών (ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών) από διακυμάνσεις της τάσης και από την αποκοπή αγωγού (ή αγωγών) του δικτύου, και
- τα αλεξικέραυνα προστασίας κτηρίων

Στην εργασία περιλαμβάνεται η κατασκευή μίας διάταξης μέσω ηλεκτρονόμου επιτήρησης, για την προστασία στην εγκατάσταση του καταναλωτή έναντι διακυμάνσεων της τάσης και αποκοπής αγωγού (ή αγωγών) του δικτύου διανομής χαμηλής τάσης. Κρίνεται σκόπιμο η διάταξη αυτή να εγκαθίσταται σε κάθε κτηριακή εγκατάσταση.

## Λέξεις Κλειδιά

Γείωση, ισοδυναμικές συνδέσεις, διακυμάνσεις τάσης, ηλεκτροστατικές εκφορτίσεις.

## **Abstract**

This thesis is an overview on key protection issues of electrical installations in ordinary buildings and hospitals. These are mainly:

- the grounding,
- special protection circuits in electrical installations of emergency hospital loads,
- protection of electrical installations and appliances (electrical and electronic) from voltage variations and network conductor (or conductors) abruption and
- the lightning rods which protect buildings.

This thesis also includes the construction of a device through a monitoring relay to protect the consumer's installation against voltage variations and abruption of the low voltage distribution network conductor (or conductors). It is considered that this device should be installed in any premises.

## **Keywords**

Groundings, equipotential connections, voltage variations, electrostatic discharges.

## Ευχαριστίες

Από τη θέση αυτή θέλω να ευχαριστήσω τον Καθηγητή κ. Κωνσταντίνο Καραγιαννόπουλο για την ανάθεση της εργασίας αυτής.

Επίσης, ευχαριστώ θερμά τον Ομότιμο Καθηγητή κ. Περικλή Μπούρκα για την αμέριστη βοήθεια και υποστήριξη του όλων αυτών τον καιρό, για τις πολύτιμες γνώσεις του τις οποίες μοιράστηκε μαζί μου και για το χρόνο που διέθεσε οποτεδήποτε τον χρειάστηκα.

Τέλος, θέλω να αφιερώσω αυτή τη διπλωματική εργασία στην οικογένειά μου που με στηρίζει και με βοηθά όλα αυτά τα χρόνια και κυρίως στην αδερφή μου, Βούλα, για τη συμπαράσταση και την καθοδήγησή της στον αγώνα που έδωσα προκειμένου να πετύχω τους στόχους μου μέχρι τώρα στη ζωή μου.

Μαρία-Δανάη Μ. Μιχαηλίδου  
Αθήνα, Οκτώβριος 2011

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1	Γειώσεις σε συνήθεις εγκαταστάσεις .....	13
1.1	Γενικά περί γειώσεων .....	13
1.2	Μέθοδοι γείωσης στις συνήθεις κτηριακές και βιομηχανικές εγκαταστάσεις	15
1.3	Σύμβολα γειώσεων .....	21
1.4	Ισοδυναμικές συνδέσεις.....	21
1.5	Βιβλιογραφία.....	22
2	Γειώσεις και μέσα εξάλειψης των κινδύνων από τις ηλεκτροστατικές εκφορτίσεις σε ειδικούς χώρους νοσοκομείων.....	23
2.1	Γενικά περί των ειδικών νοσοκομειακών εγκαταστάσεων .....	23
2.2	Οι κίνδυνοι ηλεκτροπληξίας για τον ασθενή των μονάδων επείγουσας ιατρικής	23
2.3	Παράδειγμα γειώσεων σε μία μονάδα επείγουσας ιατρικής (π.χ. σε ένα χώρο της μονάδας εντατικής θεραπείας) .....	25
2.3.1	Το κύκλωμα της γείωσης προστασίας.....	25
2.4	Το αντιστατικό δάπεδο και η γείωσή του.....	30
2.4.1	Γενικά περί εξάλειψης των κινδύνων λόγω ηλεκτροστατικών εκφορτίσεων	30
2.4.2	Παράδειγμα τοποθέτησης αντιστατικού δαπέδου .....	31
2.4.3	Μετρήσεις αντιστατικών δαπέδων.....	32
2.5	Έλεγχος των χωρητικών ρευμάτων διαρροής (ή ρευμάτων διαφυγής) .....	33
2.6	Κυκλώματα προστασίας του ασθενούς στις διατάξεις βιοηλεκτρικών μετρήσεων .....	35
2.7	Ο ειδικός κλιματισμός σε μονάδες επείγουσας ιατρικής .....	38
2.8	Η επιλογή των διακοπών σε πίνακες επειγόντων νοσοκομειακών φορτίων ..	38
2.9	Οι ηλεκτρικές εγκαταστάσεις των χειρουργείων.....	39
2.10	Βιβλιογραφία.....	44
3	Αποκοπή αγωγών .....	45
3.1	Αποκοπή ουδετέρου του δικτύου διανομής.....	45
3.2	Αποκοπή του ουδετέρου στην εγκατάσταση του καταναλωτή .....	47
3.3	Πιθανές συνέπειες για τον άνθρωπο και το περιβάλλον από την αποκοπή αγωγού του δικτύου διανομής χαμηλής τάσης .....	48



3.3.1	Η διάταξη ενός υπαίθριου υποσταθμού και η συνθήκη ουδετέρωσης.....	48
3.3.2	Υπολογισμός του ρεύματος προς γη κατά την αποκοπή ενός αγωγού.....	49
3.3.3	Υπολογισμός της αύξησης της θερμοκρασίας στην αντίσταση επαφής ...	51
3.3.4	Σχόλια .....	53
3.3.5	Μία μέθοδος προστασίας του ανθρώπου και του περιβάλλοντος κατά την αποκοπή αγωγού του δικτύου διανομής χαμηλής τάσης .....	54
3.3.6	Συμπεράσματα.....	55
3.4	Βιβλιογραφία.....	55
4	Μέσα προστασίας στην εγκατάσταση του καταναλωτή .....	57
4.1	Μέσα προστασίας στην εγκατάσταση του καταναλωτή από την αποκοπή του αγωγού του ουδετέρου ή αποκοπή αγωγού (ή αγωγών) φάσεως στη γραμμή διανομής χαμηλής τάσης της ΔΕΗ.....	57
4.2	Βιβλιογραφία.....	60
5	Διακυμάνσεις τάσης.....	61
5.1	Γενικά για τις διακυμάνσεις της τάσης σε σχέση με τα εμπλεκόμενα μέρη....	61
5.2	Προϋποθέσεις για τη σωστή λειτουργία των κτηριακών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων και των ηλεκτρικών συσκευών.....	61
5.2.1	Η μονωτική ικανότητα και η γείωση μίας ηλεκτρικής εγκατάστασης.....	62
5.2.2	Η αξιοπιστία του ηλεκτροτεχνικού εξοπλισμού των εγκαταστάσεων και των ηλεκτρικών συσκευών που ηλεκτροδοτούν.....	64
5.3	Η δυνατότητα που πρέπει να έχουν οι συσκευές (ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές) για λειτουργία υπό τάση δικτύου 195,5 V έως 253 V .....	69
5.4	Μεταβολή της τάσης λόγω αποκοπής του ουδετέρου .....	70
5.5	Οι στιγμιαίες διακυμάνσεις της τάσης του δικτύου.....	70
5.6	Βιβλιογραφία.....	74
6	Αλεξικέραυνα προστασίας κτηρίων .....	76
6.1	Η εκδήλωση κεραυνών μεταξύ νέφους και γης.....	76
6.2	Η προστασία κτηρίων από τους κεραυνούς .....	76
6.2.1	Το αλεξικέραυνο Franklin .....	77
6.2.2	Τα αλεξικέραυνα κλωβού .....	78
6.3	Μέθοδοι υπολογισμού της περιοχής προστασίας συστημάτων έλξης του κερανού κατά IEC 1024-1, ΕΛΟΤ 1197 .....	79

6.4	Βιβλιογραφία.....	80
7	Μία μέθοδος προστασίας του ανθρώπου και του περιβάλλοντος κατά την αποκοπή αγωγού του δικτύου διανομής μέσης τάσης ή του δικτύου μεταφοράς.....	81
7.1	Μέθοδος.....	81
8	Κατασκευή μίας διάταξης προστασίας στην εγκατάσταση του καταναλωτή από διακυμάνσεις της τάσης του δικτύου και από την αποκοπή του αγωγού στη γραμμή διανομής χαμηλής τάσης της ΔΕΗ.....	82
8.1	Το κύκλωμα του ηλεκτρονόμου επιτήρησης.....	82
8.2	Κατασκευή μίας διάταξης προστασίας.....	84
8.3	Έλεγχος της λειτουργίας του κυκλώματος που κατασκευάστηκε.....	85
8.4	Συμπεράσματα.....	86

### ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1-1:	Αποτέλεσμα του εναλλασσόμενου ρεύματος 50 Hz στον ανθρώπινο οργανισμό.....	15
Πίνακας 1-2:	Αντίσταση του εδάφους.....	17
Πίνακας 1-3:	Αντίσταση ηλεκτροδίου ( $R_0$ ) για $r = 100 \Omega$ .....	18
Πίνακας 3-1:	Θερμοκρασία ανάφλεξης ορισμένων υλικών.....	54
Πίνακας 5-1:	Εναλλασσόμενη τάση δοκιμής επί 1 min.....	68
Πίνακας 5-2:	Κρουστική τάση δοκιμής βιομηχανικής (μορφής 1,2/50 $\mu s$ ).....	68
Πίνακας 5-3:	Δοκιμή της αντοχής σε εναλλασσόμενη τάση επί 1 min μεταξύ των υπό τάση τμημάτων και του σώματος της συσκευής.....	68
Πίνακας 5-4:	Μέγεθος της ασφάλειας αναλόγως της διατομής του αγωγού.....	72
Πίνακας 5-5:	Παράδειγμα τάξη μεγέθους της αύξησης της θερμοκρασίας στους αγωγούς μίας ηλεκτρικής εγκατάστασης σε περίπτωση διακυμάνσεων της τάσης επί 1 sec για συνολικό χρόνο 10 min. ....	74
Πίνακας 6-1:	Γωνία προστασίας $\varphi$ ανάλογα με την στάθμη προστασίας και το ύψος του κτηρίου.....	78
Πίνακας 6-2:	Γωνία προστασίας ( $\varphi$ ), άνοιγμα κλωβού ( $\alpha$ ) και ακτίνα κυλιόμενης σφαίρας ( $r$ ) για τον υπολογισμό συστημάτων έλξης του κεραυνού.....	79

### ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1.1-1:	Παράδειγμα γείωσης λειτουργίας και γείωσης προστασίας.....	13
Σχήμα 1.1-2:	Επεξήγηση του κυκλώματος της γείωσης προστασίας.....	14
Σχήμα 1.2-1:	Γείωση στο δίκτυο ύδρευσης.....	16
Σχήμα 1.2-2:	Τρίγωνο γείωσης.....	17
Σχήμα 1.2-3:	Σύνδεση του διακόπτη διαφυγής έντασης σε περίπτωση που η εγκατάσταση έχει ηλεκτρόδιο γείωσης (ή όταν η γείωση έχει γίνει στο δίκτυο ύδρευσης). ....	19

Σχήμα 1.2-4: Επεξήγηση της λειτουργίας του στοιχείου υπερέντασης του διακόπτη διαφυγής.....	20
Σχήμα 1.2-5: Σύνδεση του διακόπτη διαφυγής τάσης ( ΔΔΤ) .....	20
Σχήμα 1.2-6: Σύμβολα διακοπών διαφυγής .....	21
Σχήμα 1.3-1: Σύμβολα γειώσεων .....	21
Σχήμα 1.4-1: Τυπική διάταξη θεμελιακής γείωσης .....	22
Σχήμα 2.3-1: Παράδειγμα εγκατάστασης δύο αγωγών γείωσης στο θάλαμο του ασθενούς· ο ασθενής δεν προστατεύεται από ρεύματα διαρροής, που εκδηλώνονται εκτός του θαλάμου του .....	27
Σχήμα 2.3-2: Παράδειγμα σύνδεσης των γειώσεων σε δύο διαφορετικά σημεία (α και β) επί του αγωγού γείωσης· ο ασθενής δεν προστατεύεται λόγω της αντίστασης του τμήματος "αβ" του αγωγού γείωσης, από διαρροή ρεύματος εκτός του θαλάμου του .....	28
Σχήμα 2.3-3: Παράδειγμα διαρροής ρεύματος προς τον ασθενή παρά τη γείωση επί ενός σημείου K (κόμβος γείωσης).....	28
Σχήμα 2.3-4: Σχηματική παράσταση του κυκλώματος γείωσης σε ένα θάλαμο νοσηλείας μίας μονάδας επείγουσας ιατρικής.....	29
Σχήμα 2.4-1: Παράδειγμα πλέγματος γείωσης αντιστατικού δαπέδου .....	32
Σχήμα 2.4-2: Παράδειγμα διάταξης μέτρησης αντιστατικού δαπέδου.....	33
Σχήμα 2.5-1: Βασικά αίτια πρόελευσης ρευμάτων διαρροής από χωρητικές ζεύξεις στις συσκευές βιοηλεκτρικών μετρήσεων.....	34
Σχήμα 2.5-2: Μέτρηση ρευμάτων διαρροής από χωρητική ζεύξη προς ξένες πηγές (κατά τις προδιαγραφές των Η.Π.Α.) .....	35
Σχήμα 2.6-1: Αρχή λειτουργίας ενός ενισχυτή απομόνωσης.....	36
Σχήμα 2.6-2: Αρχή λειτουργίας ενός ηλεκτρονικού ενισχυτή απομόνωσης .....	37
Σχήμα 2.6-3: Κυκλώματα προστασίας με διόδους και αντιστάσεις.....	37
Σχήμα 2.6-4: Κύκλωμα προστασίας με JFET και διόδους Zenner.....	38
Σχήμα 2.9-1: Έλεγχος των μονώσεων προς γη με σύγκριση των τιμών $I_1$ και $I_2$ (σε περίπτωση που δεν υπάρχει ρεύμα διαρροής είναι $I_1=I_2$ . Όταν $I_1 \neq I_2$ αναπτύσσεται η τάση U στην είσοδο του ενισχυτή).....	40
Σχήμα 2.9-2: Έλεγχος των μονώσεων προς γη με γέφυρα αντιστάσεων.....	40
Σχήμα 2.9-3: Έλεγχος των μονώσεων προς γη με σύνθετες αντιστάσεις και μέτρηση του ρεύματος σε δύο διαφορετικές θέσεις.....	41
Σχήμα 2.9-4: Μονογραμμικό σχέδιο του χειρουργείου κατά το σχήμα 2.9-5 .....	42
Σχήμα 2.9-5: Ενδεικτική κάτοψη χειρουργείων .....	43
Σχήμα 3.1-1 .....	45
Σχήμα 3.1-2 .....	46
Σχήμα 3.2-1 .....	47
Σχήμα 3.2-2 .....	47
Σχήμα 3.3-1: Παράδειγμα υπαίθριου υποσταθμού μέσης προς χαμηλή τάση (20 kV/400 V).....	49
Σχήμα 3.3-2: Αποκοπή ενός αγωγού φάσης.....	50
Σχήμα 3.3-3: Χαρακτηριστικές $I = f(I)$ για τους γυμνούς αγωγούς αλουμινίου ισοδύναμης διατομής χαλκού $16 \text{ mm}^2$ του δικτύου διανομής χαμηλής τάσης .....	51

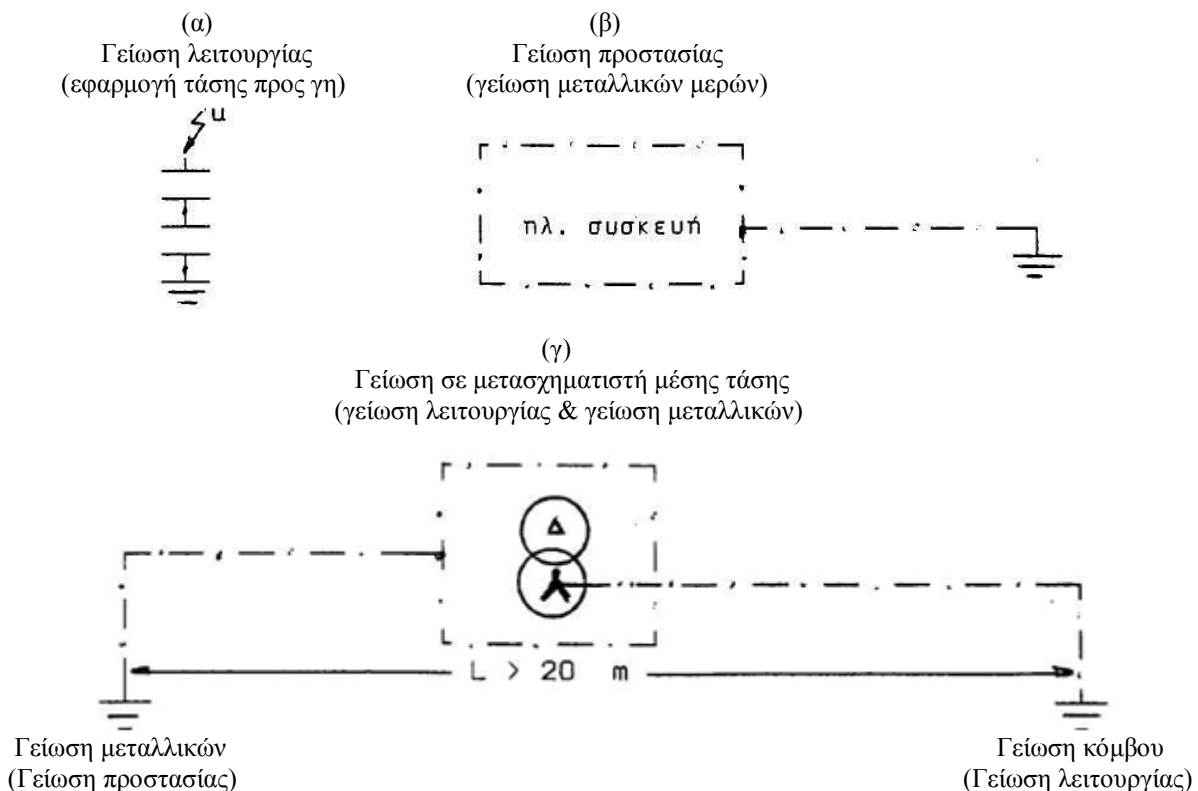
Σχήμα 3.3-4: Χαρακτηριστικές $\Delta\theta = f(I_p)$ για τους γυμνούς αγωγούς αλουμινίου του δικτύου διανομής χαμηλής τάσης.....	53
Σχήμα 3.3-5: Ενεργοποίηση συστήματος GSM σε περίπτωση αποκοπής αγωγού.....	55
Σχήμα 4.1-1: Προστασία της εγκατάστασης και των μηχανημάτων του καταναλωτή (ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών) μέσω ηλεκτρονόμου επιτήρησης κατά την αποκοπή του αγωγού του ουδετέρου του δικτύου .....	58
Σχήμα 4.1-2: Κύκλωμα ηλεκτρονόμου επιτήρησης τάσης και ενός αυτόματου διακόπτη για προστασία της εγκατάστασης και των μηχανημάτων του καταναλωτή από την αποκοπή του αγωγού του ουδετέρου της γραμμής της ΔΕΗ ή από την αποκοπή αγωγού (ή αγωγών) φάσεως.....	59
Σχήμα 4.1-3: Κύκλωμα ηλεκτρονόμου επιτήρησης τάσης με χρονοκαθυστέρηση για προστασία των ευαίσθητων μηχανημάτων του καταναλωτή από την αποκοπή του αγωγού του ουδετέρου της γραμμής της ΔΕΗ ή από την αποκοπή αγωγού (ή αγωγών) φάσεως .....	60
Σχήμα 5.2-1: Απλοποιημένο παράδειγμα ισοδυναμικών συνδέσεων.....	63
Σχήμα 5.2-2: Κατηγορίες των δοκιμών τύπου.....	65
Σχήμα 6.1-1: Μηχανισμός πτώσης του κεραυνού .....	76
Σχήμα 6.2-1: Περιοχή προστασίας ενός αλεξικέραυνου Franklin .....	77
Σχήμα 6.2-2: Παράδειγμα αλεξικέραυνου κλωβού .....	78
Σχήμα 6.3-1: Περιοχή προστασίας με τη μέθοδο της κυλιόμενης σφαίρας.....	80
Σχήμα 7.1-1: Ενεργοποίηση συστήματος GSM σε περίπτωση αποκοπής αγωγού μέσης τάσης .....	81
Σχήμα 8.1-1: Ηλεκτρονόμος επιτήρησης τάσης EU 102 .....	83
Σχήμα 8.1-2: Ηλεκτρονόμος ελέγχου κλιματιστικού EU 101.....	84
Σχήμα 8.2-1: Η κατασκευασθείσα διάταξη προστασίας.....	85

# 1 Γειώσεις σε συνήθεις εγκαταστάσεις

## 1.1 Γενικά περί γειώσεων

Στις συνήθεις κτηριακές και βιομηχανικές εγκαταστάσεις διακρίνει κανείς δύο ξεχωριστές γειώσεις: τη γείωση λειτουργίας και τη γείωση προστασίας (ή γείωση μεταλλικών). Όταν προβλέπεται προστασία από τους κεραυνούς, τότε υπάρχει ιδιαίτερη γείωση για το αλεξικέραυνο. Το ίδιο ισχύει και στην περίπτωση εφεδρικής ρευματοδότησης μέσω ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους, καθώς και όταν γενικά απαιτείται γείωση, που δεν σχετίζεται με τη γείωση μεταλλικών της ηλεκτρικής εγκατάστασης (π.χ. γείωση αντιστατικού δαπέδου χειρουργείων, γείωση ηλεκτρονόμου διαφυγής έντασης, κ.λπ.).

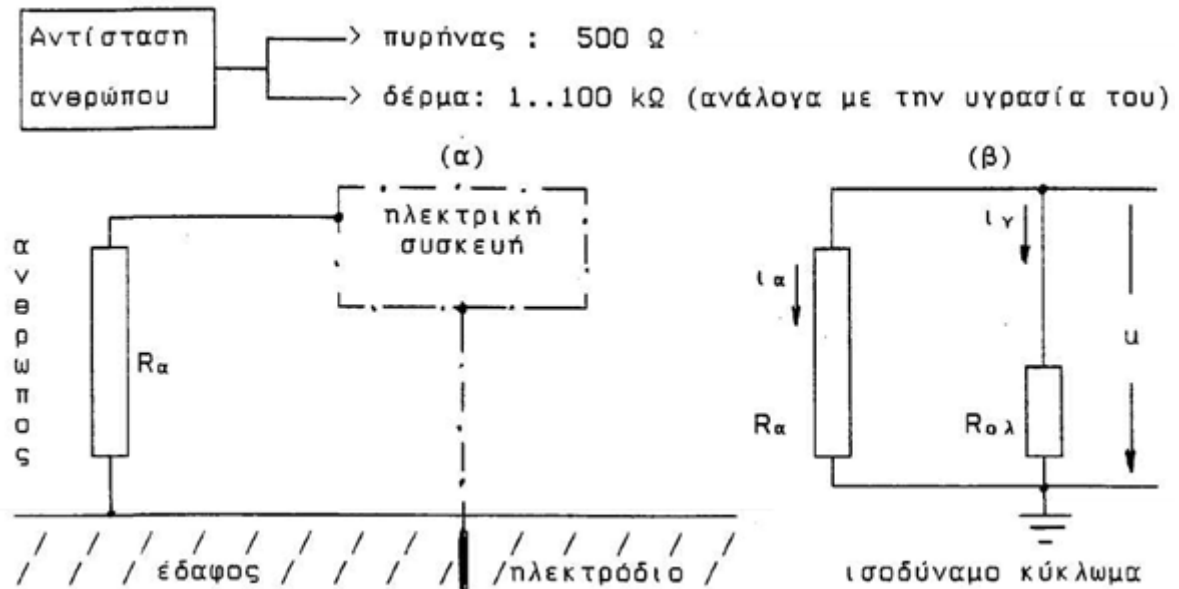
Η διαφορά μεταξύ γείωσης λειτουργίας και γείωσης προστασίας φαίνεται στα παραδείγματα του σχήματος 1.1-1. Η γείωση λειτουργίας είναι απαραίτητη για τη λειτουργία του κυκλώματος, όπως π.χ. στο παράδειγμα α και στο παράδειγμα γ (γείωση του κόμβου του μετασχηματιστή), ενώ



**Σχήμα 1.1-1: Παράδειγμα γείωσης λειτουργίας και γείωσης προστασίας (ή γείωσης μεταλλικών)**

η γείωση προστασίας (ή γείωση μεταλλικών) αποσκοπεί στην προστασία του ανθρώπου από διαρροή ρεύματος προς το μεταλλικό περίβλημα μίας ηλεκτρικής συσκευής, με το οποίο έρχεται αυτός σε επαφή, π.χ. παράδειγμα β & παράδειγμα γ (γείωση μεταλλικών του μετασχηματιστή).

Ο τρόπος με τον οποίο επενεργεί η γείωση προστασίας (ή γείωση μεταλλικών) φαίνεται στο Σχήμα 1.1-2. Σύμφωνα με το σχήμα αυτό, η αντίσταση του ανθρώπου αποτελείται από δύο



**Σχήμα 1.1-2: Επεξήγηση του κυκλώματος της γείωσης προστασίας (ή γείωσης μεταλλικών)**

μέρη: τον πυρήνα (περίπου 500 Ω) και το δέρμα (1..100 kΩ). Όσο περισσότερο υγρό είναι το δέρμα τόσο μικρότερη γίνεται η αντίσταση του. Όταν ο άνθρωπος έρχεται σε επαφή με το μεταλλικό περίβλημα μίας γειωμένης ηλεκτρικής συσκευής, στο οποίο εκδηλώνεται ένα ρεύμα διαρροής (περίπτωση "α" του σχήματος 1.1-2), τότε περιορίζεται η τιμή του ρεύματος διαρροής προς τον άνθρωπο (αντίσταση R<sub>α</sub>), ανάλογα με την τιμή της συνολικής αντίστασης του κυκλώματος γείωσης R<sub>ολ</sub>. Το ισοδύναμο κύκλωμα της παραπάνω διάταξης διαρροής του ρεύματος αποδίδεται από την περίπτωση "β" του σχήματος 1.1-2. Από το παραπάνω ισοδύναμο κύκλωμα φαίνεται ότι για :

$$R_{ολ} \ll R_{α}$$

είναι :

$$I_{γ} \gg I_{α}$$

Επομένως, για τη καλύτερη δυνατή προστασία του ανθρώπου θα πρέπει να επιδιώκεται τιμή της αντίστασης γείωσης, που να προσεγγίζει την θεωρητική τιμή  $R = 0$ . Η συνολική τιμή της αντίστασης γείωσης για τις συνήθεις κτηριακές και βιομηχανικές εγκαταστάσεις είναι στην πράξη μερικά  $\Omega$  ( $1\Omega \div 10\Omega$ ).

Σύμφωνα με τα παραπάνω, όταν δεν υπάρχει γείωση προστασίας σε μία εγκατάσταση, ή η τιμή της αντίστασης γείωσης είναι μεγάλη, ή η αντίσταση του ανθρώπου είναι μικρή, τότε υπάρχουν κίνδυνοι για τον άνθρωπο, που έρχεται σε επαφή με τα μεταλλικά περιβλήματα των διαφόρων ηλεκτρικών συσκευών. Στην περίπτωση αυτή το αποτέλεσμα της ηλεκτροπληξίας εξαρτάται κυρίως από την τιμή του ρεύματος. Σημασία έχουν επίσης και άλλοι παράγοντες, όπως: η τιμή της τάσης, η συχνότητα, η χρονική διάρκεια του ηλεκτροφυσικού φαινομένου, η κατάσταση του εδάφους (υγρό, στεγνό) κ.λπ.

Στη βιβλιογραφία δίνονται διάφοροι πίνακες τιμών, ανάλογα με την περίπτωση ηλεκτροπληξίας. Οι πίνακες αυτοί έχουν καταρτιστεί από πειράματα, που έχουν γίνει σε ζώα. Ένας πίνακας, για το αποτέλεσμα της ηλεκτροπληξίας στον άνθρωπο από το εναλλασσόμενο ρεύμα 50 Hz είναι ο Πίνακας 1-1. Παρατηρεί κανείς, ότι η επικίνδυνη τιμή του ρεύματος διαρροής σε ασθενείς είναι αρκετά μικρότερη από εκείνη στον υγιή άνθρωπο.

1 mA	όριο που γίνεται αντιληπτό
16 mA	Σύσπαση μυών
50 mA	σε ορισμένες περιπτώσεις απώλεια των αισθήσεων-τραυματισμός
100...300 mA	κοιλιακός ινιδισμός (ταχύτατες συσπάσεις του μυοκαρδίου οι οποίες είναι ανεπαρκείς για την άντληση του αίματος)
5 A	Κοιλιακός ινιδισμός, διακοπή της αναπνοής κατά διαστήματα, εγκαύματα
επικίνδυνη τιμή ρεύματος για ασθενείς σε μονάδες επείγουσας ιατρικής (π.χ.: μονάδα εντατικής θεραπείας, μονάδα αναπνευστικής ανεπάρκειας, κ.λπ.)	πάνω από 100 $\mu$ A

**Πίνακας 1-1: Αποτέλεσμα του εναλλασσόμενου ρεύματος 50 Hz στον ανθρώπινο οργανισμό**

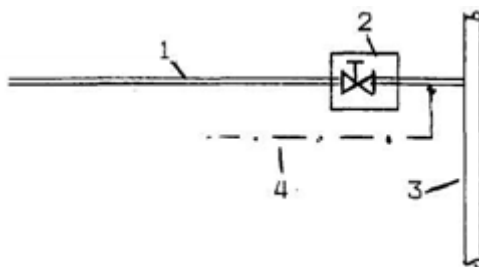
## 1.2 Μέθοδοι γείωσης στις συνήθεις κτηριακές και βιομηχανικές εγκαταστάσεις

Η γείωση προστασίας (ή γείωση των μεταλλικών) μέσω ηλεκτρονόμου (ή διακόπτη) διαφυγής έντασης είναι πλέον υποχρεωτική σε κάθε κτηριακή εγκατάσταση. Παρά το γεγονός αυτό, γίνεται ακολούθως αναφορά στις διάφορες μεθόδους γείωσης, γιατί υπάρχουν στην πλειοψηφία των εγκαταστάσεων, προ της υποχρεωτικής τοποθέτησης του διακόπτη διαφυγής έντασης.

Η γείωση προστασίας σε κτηριακές εγκαταστάσεις προ της υποχρεωτικής γείωσης με ηλεκτρονόμο διαφυγής έντασης γίνονται με τις παρακάτω μεθόδους:

- α) Με ηλεκτρόδιο γείωσης (ή άμεση γείωση).
- β) Με ουδετέρωση (γείωση στον ουδέτερο του δικτύου όταν ο ουδέτερος του δικτύου είναι γειωμένος).
- γ) Με διακόπτες διαφυγής έντασης (ή ηλεκτρονόμους διαφυγής).

Η γείωση στους σωλήνες νερού προϋπάρχει επίσης ως ένα είδος γείωσης με ηλεκτρόδιο. Μειονεκτεί πάντως ως ηλεκτρόδιο, τόσο για τα γαλβανικά φαινόμενα που προκαλεί στους σωλήνες ύδρευσης, όσο και για το λόγο χρησιμοποίησης πλαστικών σωλήνων στο δίκτυο ύδρευσης της πόλης. Σε περίπτωση πάντως που εφαρμόζεται η μέθοδος αυτή, θα πρέπει να βρίσκεται η σύνδεση μετά τον μετρητή νερού (σχήμα 1.2-1).



**Σχήμα 1.2-1: Γείωση στο δίκτυο ύδρευσης**

- 1: σωλήνας παροχής νερού της κατοικίας**
- 2: μετρητής νερού**
- 3: σωλήνας νερού του δικτύου της πόλης**
- 4: αγωγός γείωσης**

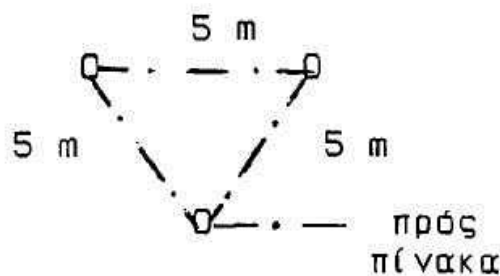
Ως άμεση γείωση εννοεί κανείς τη γείωση μέσω ηλεκτροδίου. Το σύγχρονο ηλεκτρόδιο είναι η θεμελιακή γείωση, η οποία τοποθετείται πάνω από το μπετό καθαριότητας στο κάτω μέρος των πεδιλοδοκών των θεμελίων και των βάσεων των κολόνων. Πρόκειται για ένα κλειστό βρόγχο από ταινία γαλβανιζέ 30x3,5 mm<sup>2</sup> ή 25x4 mm<sup>2</sup> (ή βέργα Φ10 ή Φ12). Σε μεγάλα κτήρια με μήκος βρόγχου άνω των 60 m είναι σκόπιμο να γίνονται και εγκάρσιες συνδέσεις στον βρόγχο. Οι απολήξεις του βρόγχου τοποθετούνται στο εσωτερικό μέρος του τοίχου όπου και γίνεται η σύνδεση με τον αγωγό γείωσης. Η αντίσταση της θεμελιακής γείωσης υπολογίζεται προσεγγιστικά από την σχέση:

$$R = 2r/L_{\Pi}$$



όπου  $L_{\Pi}$  το μήκος του βρόγχου (και των εγκάρσιων συνδέσεων αν υπάρχουν). Η θεμελιακή γείωση δίνει κατά κανόνα μικρές αντιστάσεις (π.χ. για φυτική γη και  $L_{\Pi} = 200 \text{ m}$  είναι  $R=1 \Omega$ ).

Στις παλαιότερες κτηριακές και βιομηχανικές εγκαταστάσεις χρησιμοποιούνταν ένα ηλεκτροδίο (π.χ. σωλήνας γαλβανισμένος 1,1/4 " μήκους 3 m). Για επίτευξη καλύτερης αντίστασης γείωσης χρησιμοποιούνταν ένα ή περισσότερα τρίγωνα γείωσης (όπου ένα τρίγωνο γείωσης είναι συνήθως τρεις σωλήνες γαλβανισμένοι εσωτερικής διατομής 1,1/4 " και μήκους 3 m, που συνδέονται μεταξύ τους με τον αγωγό γείωσης κατά το σχήμα 1.2-2). Οι συνδέσεις των σωλήνων με τους αγωγούς πρέπει να υπάρχουν σε φρεάτια γείωσης, για να ελέγχονται.



**Σχήμα 1.2-2: Τρίγωνο γείωσης**

Ο υπολογισμός των ηλεκτροδίων γείωσης κατά τους Γερμανικούς κανονισμούς για ονομαστικές τάσεις μέχρι 1000 V (VDE 0100), γίνεται από την τιμή  $r$  (βλ.πίνακα 1-2), το είδος του ηλεκτροδίου (βλ.π.χ. πίνακα 1-3 για σωλήνα 1 " και πλάκα) και τις δύο σχέσεις που ακολουθούν.

$$r/100 = R/R_0$$

$$R_{ολ} = R + R_{cu}$$

όπου :  $R$  η αντίσταση του ηλεκτροδίου για τιμή  $r$  διαφορετική από 100  $\Omega$ ,  $R_{cu}$  η αντίσταση του αγωγού γείωσης και  $R_{ολ}$  η ολική αντίσταση.

Είδος εδάφους	$r$ σε $\Omega$
πετρώδες έδαφος	3000
στεγνή άμμος ή στεγνό χαλίκι	1000
Υγρό χαλίκι	500
Υγρή άμμος	200
χώμα αγρού (φυτική γη)	100
βαλτώδες έδαφος	30

**Πίνακας 1-2: Αντίσταση του εδάφους**

για $r = 100 \Omega$		
είδος ηλεκτροδίου	διαστάσεις ηλεκτροδίου	$R_0$ σε $\Omega$
σωλήνας γαλβανισμένος 1"	1 m μήκος	70
	2 m μήκος	40
	3 m μήκος	30
	5 m μήκος	20
κατακόρυφη πλάκα από St ή Cu πάχους 3 mm	επιφάνεια σε $m^2$	
	0,5 x 1	35
	1 x 1	25

**Πίνακας 1-3: Αντίσταση ηλεκτροδίου ( $R_0$ ) για  $r = 100 \Omega$**

Η προστασία με ηλεκτρονόμους διαφυγής έντασης επιτυγχάνεται γενικά με άμεση απόζευξη της εγκατάστασης (ή μέρος της, που προστατεύεται από τον διακόπτη διαφυγής), σε τιμή της τάσης επαφής μικρότερη από 50 V. Στις οικιακές εγκαταστάσεις ο διακόπτης διαφυγής έντασης προκαλεί απόζευξη όλης της εγκατάστασης προς τις διάφορες αναχωρήσεις του πίνακα, όπου είναι εγκατεστημένος.

Ο διακόπτης διαφυγής έντασης διακόπτει την παροχή της τάσης προς την εγκατάσταση, που επιτηρεί, σε χρόνο περίπου 30 ms και για τιμή του ρεύματος διαρροής της τάξης των 30 mA σε οποιοδήποτε σημείο της εγκατάστασης. Οι διακόπτες αυτοί είναι διπολικοί ή τετραπολικοί.

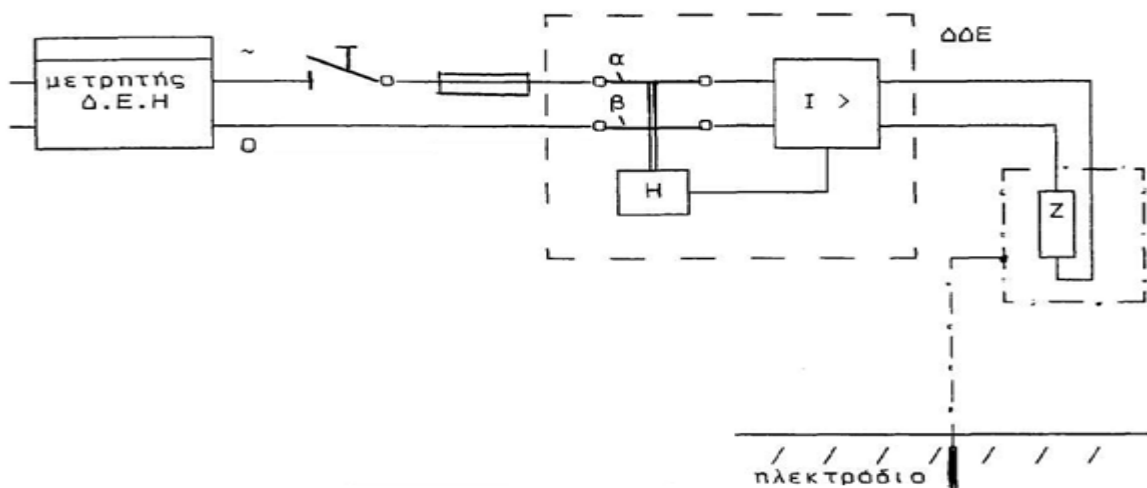
Οι διπολικοί χρησιμοποιούνται σε μονοφασικές παροχές τάσης και προκαλούν ζεύξη-απόζευξη τόσο στη φάση, όσο και στον ουδέτερο. Οι τετραπολικοί έχουν εφαρμογή σε τριφασικές παροχές (ζεύξη-απόζευξη των τριών φάσεων και του ουδέτερου). Στο σχήμα 1.2-3 δίνεται απλοποιημένα η μέθοδος σύνδεσης του διπολικού διακόπτη διαφυγής έντασης. Σημειώνεται ότι σε περίπτωση ουδετέρωσης, η γείωση του ουδέτερου γίνεται πριν τον διακόπτη διαφυγής έντασης (π.χ. στο κιβώτιο παροχής τάσης που τοποθετεί η Δ.Ε.Η. σε μία κατοικία). Σύμφωνα με το σχήμα 1.2-3 ο διακόπτης διαφυγής έντασης έχει ένα στοιχείο υπερέντασης ( $I >$ ). Το στοιχείο αυτό προκαλεί, σε περίπτωση διαρροής ρεύματος της τάξης των 30 mA, τη διέγερση ενός ηλεκτρομαγνήτη (H), που ανοίγει κατά την έλξη του σιδηροπυρήνα του τις επαφές  $\alpha$  και  $\beta$ , με αποτέλεσμα τη διακοπή της τάσης προς την εγκατάσταση (φορτίο Z). Ο παραπάνω ηλεκτρομαγνήτης είναι δηλαδή ένα είδος ηλεκτρονόμου. Το στοιχείο υπερέντασης βασίζει τη λειτουργία του στη διαφορετική τιμή του ρεύματος στον αγωγό φάσης ως προς εκείνη στον αγωγό ουδέτερου κατά την εκδήλωση της διαρροής. Πρόκειται για ένα μετασχηματιστή (σχήμα 1.2-4), όπου η διαφορά :

$$\Delta I = I_1 - I_2,$$

από το ρεύμα διαρροής  $\Delta I$  προς το μεταλλικό περίβλημα μίας συσκευής, παράγει μία τάση  $u$  στο δευτερεύον του μετασχηματιστή, λόγω της οποίας τίθεται αυτομάτως σε λειτουργία ο ηλεκτρονόμος  $H$ , με αποτέλεσμα να ανοίξουν οι επαφές  $\alpha$  και  $\beta$ .

Ο διακόπτης διαφυγής τάσης περιλαμβάνει ένα στοιχείο υπέρτασης (πηνίο) και έναν ηλεκτρονόμο (ηλεκτρομαγνήτης όπως και στην περίπτωση του διακόπτη διαφυγής έντασης), που διακόπτει το κύκλωμα σε περίπτωση υπέρτασης (σχήμα 1.2-5). Για τη λειτουργία του διακόπτη διαφυγής τάσης χρειάζεται, εκτός από τη γείωση μεταλλικών, ένα βοηθητικό ηλεκτρόδιο. Ο αγωγός προς το βοηθητικό ηλεκτρόδιο πρέπει να είναι μονωμένος μέχρι το ηλεκτρόδιο αυτό, ώστε να μη βραχυκυκλώνεται το πηνίο υπέρτασης. Η διατομή του παραπάνω αγωγού είναι τουλάχιστον  $2,5 \text{ mm}^2$ . Για τους ίδιους λόγους είναι επίσης μονωμένος και ο αγωγός γείωσης του ηλεκτροδίου της γείωσης μεταλλικών. Ο διακόπτης διαφυγής τάσης πρέπει να λειτουργεί για τάση στο στοιχείο υπέρτασης (διαφορά δυναμικού μεταξύ των δύο γειώσεων) μικρότερη από  $50 \text{ V}$ . Ως βοηθητικό ηλεκτρόδιο δεν πρέπει να χρησιμοποιείται το δίκτυο ύδρευσης, εκτός εάν είναι απολύτως βέβαιο ότι δεν βραχυκυκλώνεται το πηνίο υπέρτασης από γειώσεις μεταλλικών προς το δίκτυο ύδρευσης. Ως βοηθητικό ηλεκτρόδιο μπορεί να χρησιμοποιείται μία μεταλλική ράβδος ηλεκτροδίων γείωσης του εμπορίου (π.χ.  $12,5 \text{ mm}^2$  και μήκους  $1,5 \text{ m}$ ) ή ισοδύναμο ηλεκτρόδιο από γαλβανισμένο σωλήνα.

Στο σχήμα 1.2-6 δίνονται σύμβολα των διακοπών διαφυγής κατά DIN 40717, αλλά και όπως συνηθίζεται συχνά στη βιβλιογραφία.



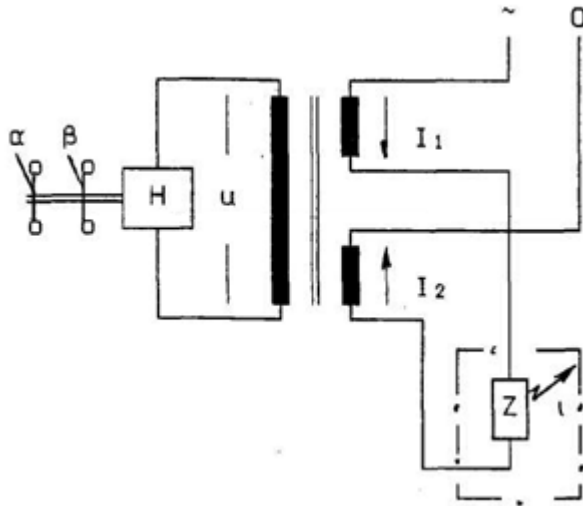
**Σχήμα 1.2-3: Σύνδεση του διακόπτη διαφυγής έντασης σε περίπτωση που η εγκατάσταση έχει ηλεκτρόδιο γείωσης (ή όταν η γείωση έχει γίνει στο δίκτυο ύδρευσης).**

~: φάση,

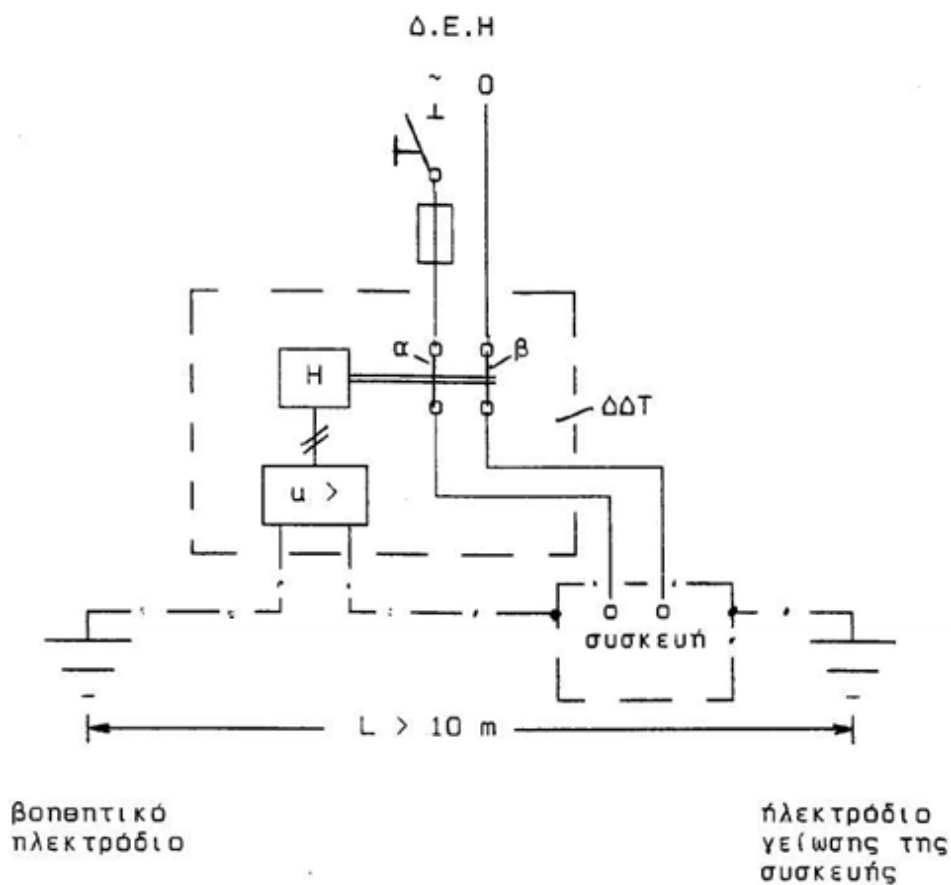
0 : ουδέτερος

**ΔΔΕ** : διακόπτης διαφυγής έντασης (**I >** : στοιχείο υπέρτασης, κατά την οποία ανοίγουν οι επαφές  $\alpha$  και  $\beta$  μέσω του ηλεκτρομαγνήτη **H**)

**Z** : φορτίο, που παριστάνει όλη την εγκατάσταση μετά τον διακόπτη διαφυγής ρεύματος



Σχήμα 1.2-4: Επεξήγηση της λειτουργίας του στοιχείου υπέρτασης του διακόπτη διαφυγής


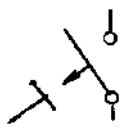

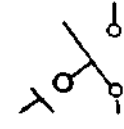


Σχήμα 1.2-5: Σύνδεση του διακόπτη διαφυγής τάσης (ΔΔΤ)

~: φάση, 0 : ουδέτερος

u > : στοιχείο υπέρτασης του ΔΔΤ




H : ηλεκτρομαγνήτης (ανοίγει τις επαφές α και β κατά τη διέγερση του από το στοιχείο υπέρτασης)

διακόπτης διαφυγής	κατά DIN	συνηθίζεται συχνά
έντασης		
τάσης		

Σχήμα 1.2-6: Σύμβολα διακοπών διαφυγής

### 1.3 Σύμβολα γειώσεων

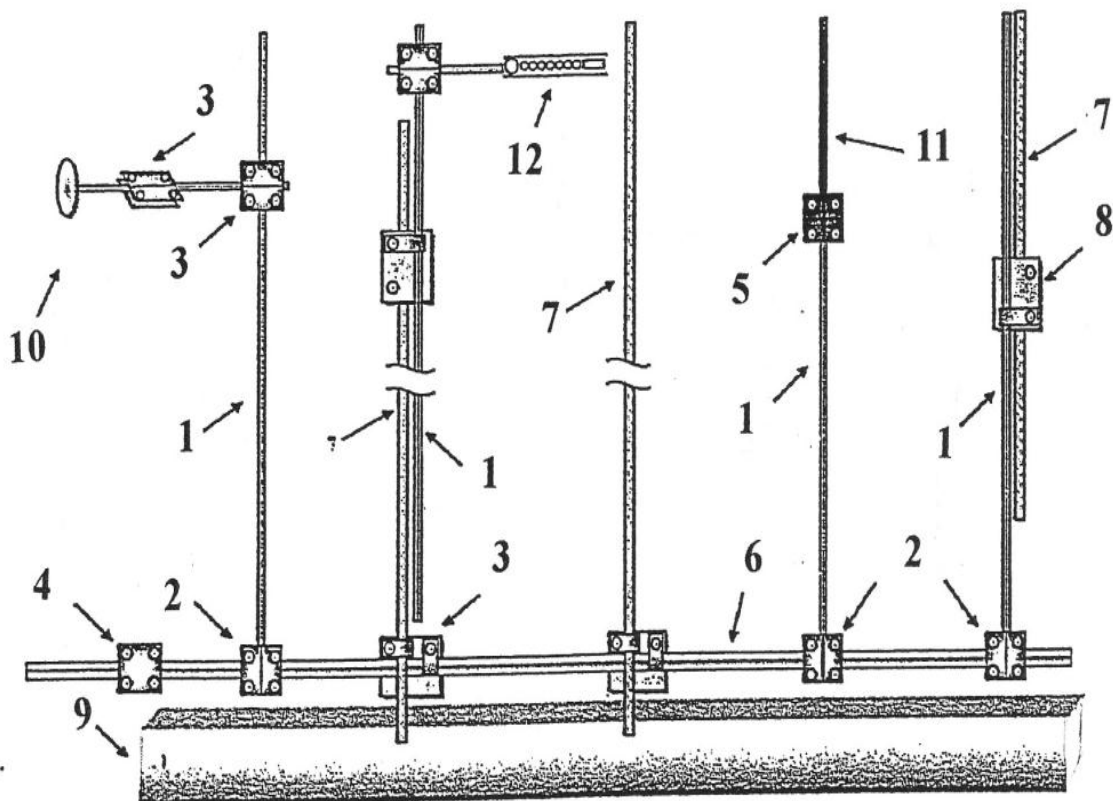
Στο σχήμα 1.3-1 δίνονται σύμβολα της γείωσης κατά DIN , καθώς και σύμβολα, που χρησιμοποιούνται συχνά στην πράξη.

Κατά DIN	συνηθίζεται επίσης ως γενικό σύμβολο
γενικό σύμβολο	
ακροδέκτης γείωσης σε μία συσκευή	
σύνδεση προς το μεταλλικό περίβλημα μίας συσκευής	ή 

Σχήμα 1.3-1: Σύμβολα γειώσεων

### 1.4 Ισοδυναμικές συνδέσεις

Με τις ισοδυναμικές συνδέσεις επιδιώκεται να συνδεθούν όλα τα μεταλλικά μέρη που συνυπάρχουν σε ένα κτήριο (σωλήνες νερού, σωλήνες θέρμανσης, σωλήνες κλιματιστικών, θερμοσίφωνα, μεταλλική μπανιέρα, σωλήνες φυσικού αερίου, οπλισμός του κτηρίου, μεταλλικοί μανδύες των καλωδίων, μεταλλικές επενδύσεις κτηρίων, κ.λπ.) ώστε σε περίπτωση εκδήλωσης σφάλματος να μην υπάρχουν μεταξύ τους επικίνδυνες τάσεις (τάσεις άνω των 50 V) ως διαφορές δυναμικού. Σημειώνεται ότι η ισοδυναμική σύνδεση του οπλισμού κάθε κτηρίου διασφαλίζεται πλέον με την θεμελιακή γείωση. Στο σχήμα 1.4-1 δίνεται η τυπική διάταξη της θεμελιακής γείωσης.



Σχήμα 1.4-1: Τυπική διάταξη θεμελιακής γείωσης

- |  |                                     |
|--|-------------------------------------|
| 1. Αγωγός St/tZn $\Phi 10$ mm                              | 7. Μπετόβεργα του οπλισμού          |
| 2. Σύνδεσμος St/tZn $\Phi 10/30$ 3 <sup>ov</sup> πλακιδίων | 8. Σύνδεσμος St/tZn οπλισμού        |
| 3. Σύνδεσμος St/tZn $\Phi 10/10$ 3 <sup>ov</sup> πλακιδίων | 9. Μπετό καθαριότητας               |
| 4. Σύνδεσμος St/tZn $\Phi 30/30$ 3 <sup>ov</sup> πλακιδίων | 10. Υποδοχέας από ανοξείδωτο χάλυβα |
| 5. Διμεταλλικός σύνδεσμος Cu-St/tZn $\Phi 10/10$           | 11. Αγωγός χαλκού                   |
| 6. Ταινία St/tZn $30 \times 3,5$ mm <sup>2</sup>           | 12. Ισοδυναμικός ζυγός              |

## 1.5 Βιβλιογραφία

- [1] Π.Δ. Μπούρκας, Κ.Γ. Καραγιαννόπουλος, Εφαρμογές ηλεκτρολογικών εκθέσεων πραγματογνωμοσύνης σε βιομηχανικές και κτιριακές εγκαταστάσεις Ε.Μ. Πολυτεχνείου 2011.
- [2] Π.Δ. Μπούρκας, Ασκήσεις Κτιριακών-Βιομηχανικών Εγκαταστάσεων, Ε.Μ. Πολυτεχνείου 2008.
- [3] Π.Δ. Μπούρκας, Εισαγωγή στο Μηχανολογικό και Ηλεκτρολογικό Σχέδιο, Ε.Μ. Πολυτεχνείου 1999.
- [4] Π.Δ. Μπούρκας, Εφαρμογές κτιριακών και βιομηχανικών εγκαταστάσεων, Ε.Μ. Πολυτεχνείου 1998.

## **2 Γειώσεις και μέσα εξάλειψης των κινδύνων από τις ηλεκτροστατικές εκφορτίσεις σε ειδικούς χώρους νοσοκομείων**

### **2.1 Γενικά περί των ειδικών νοσοκομειακών εγκαταστάσεων**

Οι νοσοκομειακές εγκαταστάσεις είναι μία εξειδικευμένη περιοχή των κτηριακών-βιομηχανικών εγκαταστάσεων (τα νοσοκομεία χαρακτηρίζονται από την νομοθεσία ως βιομηχανικές εγκαταστάσεις θ κατηγορίας). Αρκετές νοσοκομειακές εγκαταστάσεις διαφέρουν από τις συνήθεις οικιακές και βιομηχανικές εγκαταστάσεις, γιατί πρέπει να συνδυάζουν την απρόσκοπτη λειτουργία τους με ορισμένες (κατά περίπτωση εγκατάστασης) αυξημένες προϋποθέσεις ασφάλειας. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι τα επείγοντα ηλεκτρικά φορτία ενός νοσοκομείου (χειρουργεία, ψυγείο αίματος, μονάδα εντατικής θεραπείας, άλλες ειδικές μονάδες, κ.λπ.), τα οποία σε περίπτωση διακοπής του ρεύματος της πόλης, ηλεκτροδοτούνται από το ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος. Ο κλιματισμός επίσης ενός χειρουργείου δεν είναι ο ίδιος με εκείνον ενός γραφείου, γιατί στην περίπτωση του χειρουργείου το ζητούμενο δεν είναι μόνο το ευχάριστο περιβάλλον, αλλά ταυτόχρονα η καθαρότητα του αέρα (προς αποφυγή των μολύνσεων) και η συμβολή του κλιματισμού στην εξάλειψη των κινδύνων από τους ηλεκτροστατικούς φορείς. Παρακάτω γίνεται αναφορά σε παραδείγματα γειώσεων σε ειδικούς νοσοκομειακούς χώρους και στα μέσα εξάλειψης των κινδύνων από τις ηλεκτροστατικές εκφορτίσεις στους παραπάνω χώρους.

### **2.2 Οι κίνδυνοι ηλεκτροπληξίας για τον ασθενή των μονάδων επείγουσας ιατρικής**

Τα αποτελέσματα της ηλεκτροπληξίας στο ανθρώπινο σώμα εξαρτάται από τις συνθήκες που επικρατούν κατά το ατύχημα, όπως: η τιμή της τάσης, η συχνότητα, ο τρόπος επαφής και τα σημεία επαφής (αντίσταση του σώματος-διαδρομή ρεύματος), ο χρόνος που διαρκεί το ηλεκτροφυσικό φαινόμενο, το έδαφος (υγρό, στεγνό, ξύλινο, κ.λπ.), οι ατμοσφαιρικές συνθήκες, κ.λπ. Η τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος εξαρτάται απ' την ηλεκτρική αντίσταση, που θα έχει το σώμα, καθώς και την αντίσταση επαφής (αντίσταση διάβασης) στα σημεία επαφής.

Οι ασθενείς των μονάδων επείγουσας ιατρικής (μονάδα εντατικής θεραπείας, υπομονάδα εντατικής θεραπείας, μονάδα αναπνευστικής ανάνηψης, κ.λπ.) έχουν αρκετά μικρότερη αντίσταση από τον υγιή άνθρωπο. Αυτό συμβαίνει κυρίως γιατί:

- Η αντίσταση του δέρματος μειώνεται σκόπιμα στις θέσεις σύνδεσης των ηλεκτροδίων των βιοηλεκτρικών διατάξεων μέτρησης.
- Η χρησιμοποίηση ενδοφλέβιων υγρών ή καθετήρων μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την παράκαμψη της διαδρομής του ρεύματος στο δέρμα.

- Έχει διαπιστωθεί, ότι η "ηλεκτρική ευαισθησία " του ασθενούς επηρεάζεται από την πρόσφατη χρήση φαρμάκων και αρκετούς ψυχολογικούς και κλινικούς παράγοντες όπως: βάρος του σώματος, αυξημένη θερμοκρασία, ανοξία, υποξία, κ.λπ.).

Αποτέλεσμα της μείωσης της αντίστασης του ασθενούς είναι ο κίνδυνος ηλεκτροπληξίας που διατρέχει από τιμές ρεύματος, οι οποίες θεωρούνται ακίνδυνες για τον υγιή άνθρωπο. Οι κίνδυνοι ειδικότερα για την πρόκληση μαρμαρυγής είναι αυξημένοι, γιατί η αντίσταση της διαδρομής του ρεύματος προς την καρδιά αποκτά μικρή τιμή. Το ανεκτό όριο του εναλλασσόμενου ρεύματος συχνότητας 50 Hz για τους ασθενείς των μονάδων επείγουσας ιατρικής θεωρείται ότι είναι 100  $\mu\text{A}$  .

Η ανάγκη για προστασία του ασθενούς από διαρροές ρεύματος, που μπορούν να εκδηλωθούν στις διάφορες συσκευές με τις οποίες έρχεται σε επαφή είναι προφανής λόγω του μικρού ορίου των 100  $\mu\text{A}$ . Η προστασία αυτή επιδιώκεται μέσω κυκλωμάτων στις ηλεκτρονικές συσκευές (με τις οποίες συνδέεται ο ασθενής για την "παρακολούθηση-ρύθμιση" της λειτουργίας του οργανισμού του), καθώς και από το ειδικό δίκτυο των γειώσεων του χώρου.

Η μικρή ανεκτή τιμή του ρεύματος (100  $\mu\text{A}$ ) για τον ασθενή των μονάδων επείγουσας ιατρικής υποδηλώνει ότι ρεύματα διαρροής ξένα προς το κύκλωμα (ρεύματα διαφυγής), μπορούν να προκαλέσουν ατυχήματα. Τα ρεύματα αυτά προέρχονται κυρίως από τη χωρητικότητα μεταξύ αγωγού φάσης και αγωγού γείωσης του καλωδίου παροχής της τάσης μίας συσκευής, από τις χωρητικότητες του πρωτεύοντος του μετασχηματιστή προς γη (σε όλες σχεδόν τις ηλεκτρικές συσκευές υπάρχει ένας μετασχηματιστής για τις διάφορες τάσεις τροφοδοσίας των κυκλωμάτων) και από χωρητικότητες ως προς ξένες πηγές. Για την εξάλειψη των κινδύνων από τα ρεύματα αυτά πρέπει να γίνονται προγραμματισμένες μετρήσεις.

Ένας άλλος κίνδυνος για τον ασθενή, το προσωπικό και τον εξοπλισμό που περιλαμβάνει ολοκληρωμένα κυκλώματα, είναι ο στατικός ηλεκτρισμός που μπορεί να δημιουργηθεί στις μονάδες αυτές και ιδιαίτερα στους χώρους νάρκωσης και στα χειρουργεία. Το ηλεκτροστατικό πεδίο στους χώρους αυτούς προέρχεται από την παραγωγή ελεύθερων ηλεκτρικών φορέων, λόγω διεργασιών φόρτισης (τριβή, κόψιμο τεμαχίων, κ.λπ.) και ηλεκτροστατικών φορτίσεων υπό την επίδραση ηλεκτρικών πεδίων. Οι ηλεκτροστατικές εκφορτίσεις, υπό μορφή σπινθήρα (ηλεκτρικό τόξο) ή όχι, που είναι δυνατόν να εκδηλωθούν στο παραπάνω ηλεκτροστατικό πεδίο, μπορεί να προκαλέσουν ανωμαλίες λειτουργίας ή βλάβες σε κυκλώματα ηλεκτρονικών συσκευών, καθώς και έκρηξη ή ανάφλεξη, όταν συνυπάρχουν με εύφλεκτα μείγματα αερίων, που χρησιμοποιούνται στους χώρους αυτούς. Ο στατικός ηλεκτρισμός στις μονάδες επείγουσας ιατρικής μπορεί να γίνει επικίνδυνος ακόμα και απ' το φόβο που προκαλεί όταν γίνεται αντιληπτός. Έχει επίσης διατυπωθεί η άποψη ότι ο στατικός ηλεκτρισμός μπορεί να προκαλέσει στάση της καρδιάς, όταν εφαρμοσθεί σε ένα βηματικό καθετήρα. Οι κίνδυνοι από το στατικό ηλεκτρισμό υπάρχουν σε μεγαλύτερο βαθμό στους χώρους νάρκωσης και στα χειρουργεία από ότι στις μονάδες ασθενών επείγουσας ιατρικής. Για την εξάλειψη των κινδύνων από το στατικό ηλεκτρισμό



χρειάζονται ειδικές εγκαταστάσεις. Πρόκειται κυρίως για τα αντιστατικά δάπεδα και τον ειδικό κλιματισμό. Θα πρέπει επίσης να αποφεύγεται η χρήση υλικών που ευνοούν από τη φύση τους τη δημιουργία ηλεκτροστατικών φορέων. Στα χειρουργεία και γενικά σε χώρους νάρκωσης χρειάζονται επιπλέον αντιακρηκτικού τύπου ηλεκτρικές εγκαταστάσεις και συσκευές.

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι η προστασία του ασθενούς πρέπει να αντιμετωπίζεται με αυστηρότερα κριτήρια από εκείνα που εφαρμόζονται στις συνηθείς ηλεκτρικές εγκαταστάσεις και ηλεκτρικές συσκευές. Παρακάτω εξετάζεται το κύκλωμα γείωσης στο χώρο του ασθενούς μίας μονάδας επείγουσας ιατρικής (όπως π.χ. σε μία μονάδα εντατικής θεραπείας). Γίνεται επίσης αναφορά στο αντιστατικό δάπεδο και τη γείωση του.

## **2.3 Παράδειγμα γειώσεων σε μία μονάδα επείγουσας ιατρικής (π.χ. σε ένα χώρο της μονάδας εντατικής θεραπείας)**

### **2.3.1 Το κύκλωμα της γείωσης προστασίας**

#### **α) Ο κόμβος γείωσης**

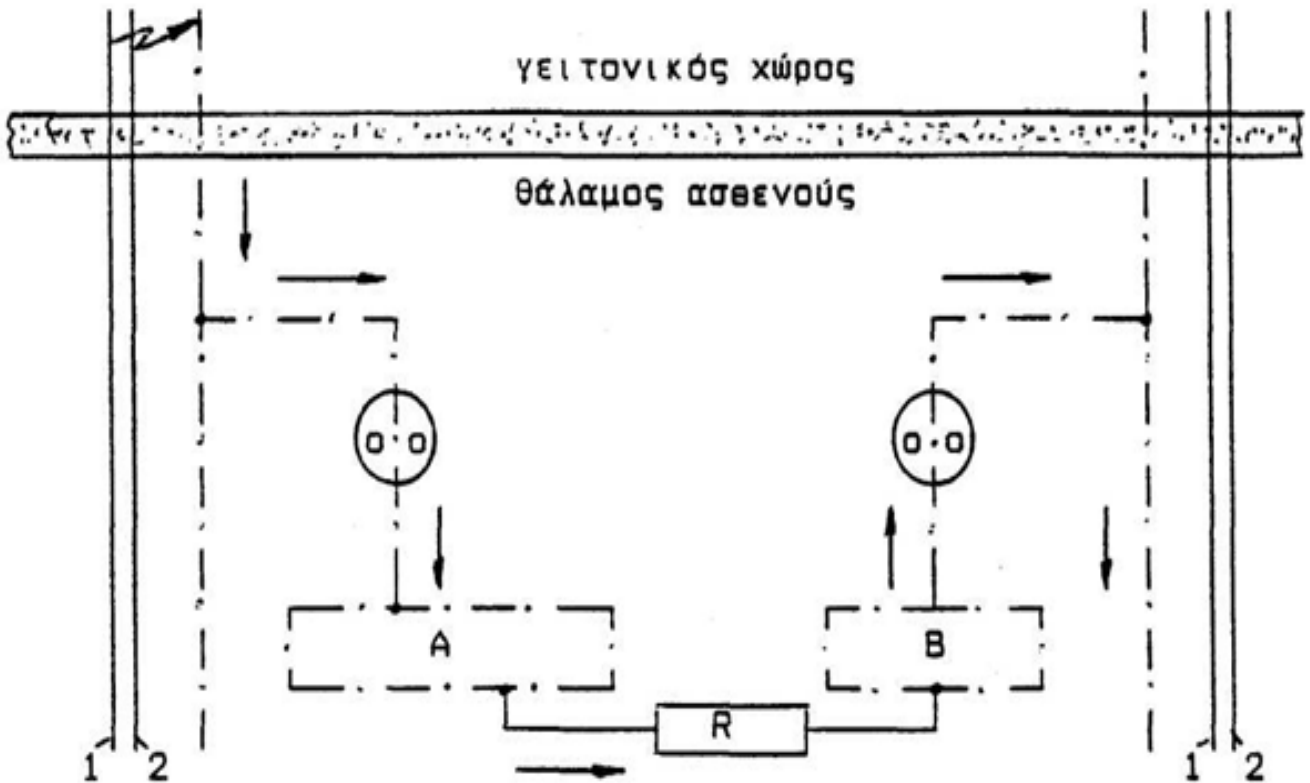
Αν και οι αγωγοί γείωσης και ουδέτερου συνδέονται στο ίδιο σημείο στον πίνακα, δεν είναι εναλλάξιμοι γιατί εξυπηρετούν διαφορετικούς σκοπούς. Σε μία σωστή εγκατάσταση το ηλεκτρικό ρεύμα ρέει από τον αγωγό φάσης και επιστρέφει μέσω του αγωγού ουδέτερου, ενώ στον αγωγό γείωσης δε ρέει καθόλου ρεύμα.

Όταν σε μία ηλεκτρική συσκευή υπάρχει διαρροή ρεύματος, λόγω π.χ. καταστροφής ή γήρανσης της μόνωσης του αγωγού φάσης, τότε ο αγωγός γης προστατεύει το χρήστη, γιατί μια μεγάλη τιμή ρεύματος μέσω του αγωγού αυτού θα προκαλέσει διακοπή του κυκλώματος από την ασφάλεια. Το παραπάνω δίκτυο διανομής με τρεις αγωγούς (φάση, ουδέτερος και γη) θα πρέπει να κατασκευάζεται σε κάθε κτήριο υπηρεσιών υγείας. Τα τρικαλωδιακό αυτό δίκτυο έχει όμως τις ιδιαιτερότητές του στις μονάδες επείγουσας ιατρικής, οι οποίες εξετάζονται ακολούθως με τα παραδείγματα των σχημάτων 2.3-1 έως 2.3-3.

Όπως δίνεται απλοποιημένα στο σχήμα 2.3-1, η χρησιμοποίηση δύο διαφορετικών αγωγών γείωσης μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα τη διαρροή ρεύματος προς τον ασθενή (ο οποίος συμβολίζεται με την αντίσταση του  $R$ ). Αυτό είναι δυνατό να συμβεί όταν ο ασθενής είναι σε επαφή με τις δύο ηλεκτρικές συσκευές (A και B) και συμβαίνει βραχυκύκλωμα εκτός του θαλάμου νοσηλείας του. Συμπεραίνεται επομένως, ότι πρέπει να προβλέπεται ένας αγωγός γείωσης στο θάλαμο του ασθενούς για την προστασία του από διαρροές ρεύματος, που προέρχονται από άλλους χώρους. Η παραπάνω όμως προϋπόθεση δεν είναι αρκετή από μόνη της για να προστατεύσει τον ασθενή. Πράγματι, όπως φαίνεται στο παράδειγμα του σχήματος 2.3-2 οι δύο συσκευές συνδέονται σε διαφορετικά σημεία επί του αγωγού γείωσης. Έτσι, ανάλογα με την αντίσταση (το μήκος) του καλωδίου μεταξύ των δύο αυτών σημείων,

εξακολουθεί να υπάρχει κίνδυνος από διαρροή ρεύματος προς τον ασθενή (που είναι σε επαφή με τα μεταλλικά μέρη των συσκευών A και B) λόγω εκδήλωσης βραχυκυκλώματος εκτός του θαλάμου νοσηλείας. Αν υποθεθεί π.χ. ότι η αντίσταση του αγωγού γείωσης μεταξύ των δύο σημείων είναι  $0.05 \Omega$ , τότε για μία τιμή ρεύματος  $20 \text{ A}$  (λόγω κάποιου βραχυκυκλώματος εκτός του θαλάμου), η τιμή του ρεύματος προς τον ασθενή (αντίσταση  $500 \Omega$ ) είναι  $2 \text{ mA}$ . Καταλήγει επομένως κανείς στο συμπέρασμα, ότι πρέπει να προβλέπεται ένας αγωγός γείωσης στο θάλαμο του ασθενούς, αλλά όλες οι συνδέσεις προς τον αγωγό αυτό να γίνονται σε ένα σημείο που ονομάζεται κόμβος γείωσης.

Με τα δύο προηγούμενα παραδείγματα εξετάστηκε η εγκατάσταση γείωσης σε ότι αφορά την προστασία του ασθενούς από διαρροές ρεύματος που μπορεί να δημιουργηθούν μέσω του αγωγού γης, όταν συμβεί κάποιο βραχυκύκλωμα εκτός του θαλάμου νοσηλείας. Πώς προστατεύεται όμως ο ασθενής όταν εκδηλωθεί ένα βραχυκύκλωμα σε μια ηλεκτρική συσκευή του δικού του χώρου; Η απάντηση στο ερώτημα αυτό δίνεται με το παράδειγμα του σχήματος 2.3-3. Όπως φαίνεται στο σχήμα αυτό, έχει εφαρμοστεί η γείωση κόμβου. Όταν συμβεί ένα βραχυκύκλωμα σε μία συσκευή (π.χ. στην συσκευή A), τότε είναι πιθανό ένα μέρος του ρεύματος να περάσει μέσω του ασθενούς στο κύκλωμα: "R - μεταλλικό κάλυμμα συσκευής B - αγωγός γείωσης" (υποτίθεται ότι ο ασθενής βρίσκεται σε επαφή με τα μεταλλικά μέρη των δύο συσκευών). Είναι φανερό, ότι στην περίπτωση αυτή ο ασθενής μπορεί να προστατευθεί μόνο με συσκευές που είναι μονωμένες εξωτερικά προς την γη, ώστε να αποκλείεται η αγώγιμη σύνδεσή του με τον αγωγό γείωσης. Καταλήγει επομένως κανείς στο συμπέρασμα ότι η γείωση ενός σημείου είναι μία σωστή εγκατάσταση, η οποία προστατεύει τον ασθενή από διαρροές ρεύματος, που προέρχονται έξω από τον θάλαμο, όχι όμως από διαρροές εντός του χώρου του. Στην περίπτωση αυτή, ο ασθενής μπορεί να προστατευθεί όταν το περίβλημα των ηλεκτρικών συσκευών είναι μονωμένο εξωτερικά ως προς τη γη. Όμως οι ηλεκτρικές συσκευές δεν είναι πάντοτε μονωμένες εξωτερικά προς τη γη. Ο υπόλοιπος επίσης εξοπλισμός του χώρου έχει συνήθως μεταλλικά μέρη, που μπορούν να αποτελέσουν τη "γέφυρα σύνδεσης" μίας διαδρομής ρεύματος μέσω τρίτου. Γι' αυτό, το συμπέρασμα που προαναφέρθηκε είναι κυρίως ένα κριτήριο αξιολόγησης για τις διάφορες επιλογές του εξοπλισμού, καθώς και τη χωροθέτησή του, ώστε να αποκλείονται οι διαρροές ρεύματος προς τον ασθενή. Συμπεραίνεται επίσης ότι η μελέτη των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων στους χώρους των ασθενών των μονάδων επείγουσας ιατρικής θα πρέπει να συνδυάζεται με εκείνη του εξοπλισμού.



**Σχήμα 2.3-1:** Παράδειγμα εγκατάστασης δύο αγωγών γείωσης στο θάλαμο του ασθενούς: ο ασθενής δεν προστατεύεται από ρεύματα διαρροής, που εκδηλώνονται εκτός του θαλάμου του

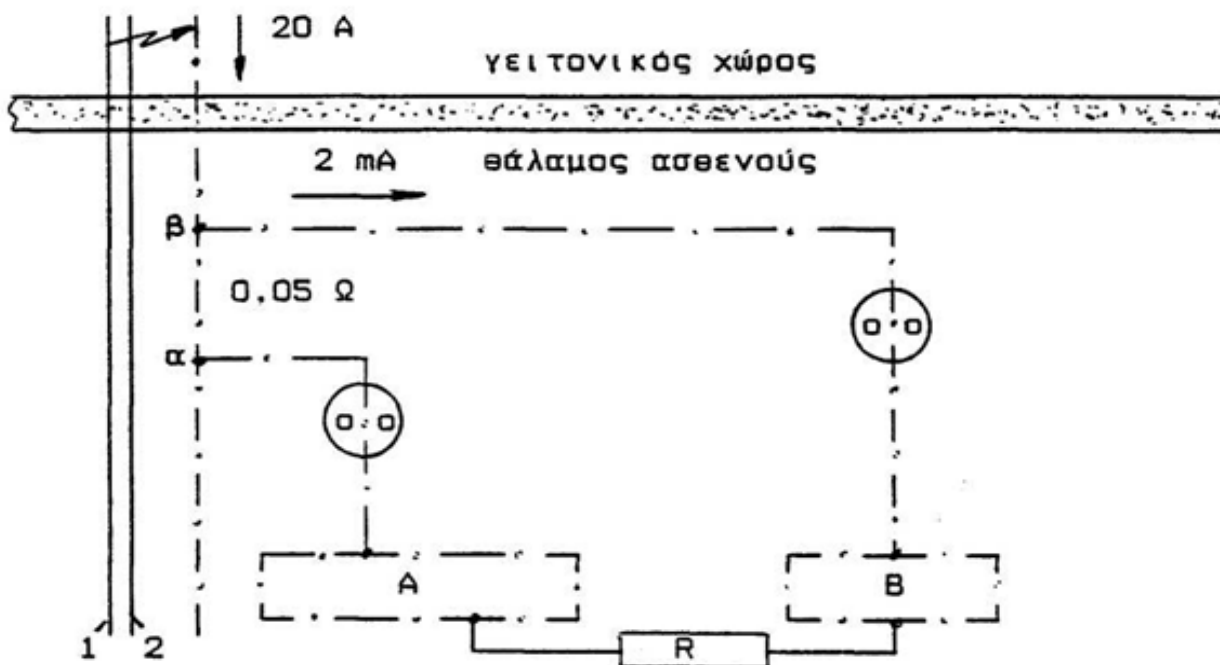
**R:** η αντίσταση του ασθενούς

**A και B:** ηλεκτρικές συσκευές

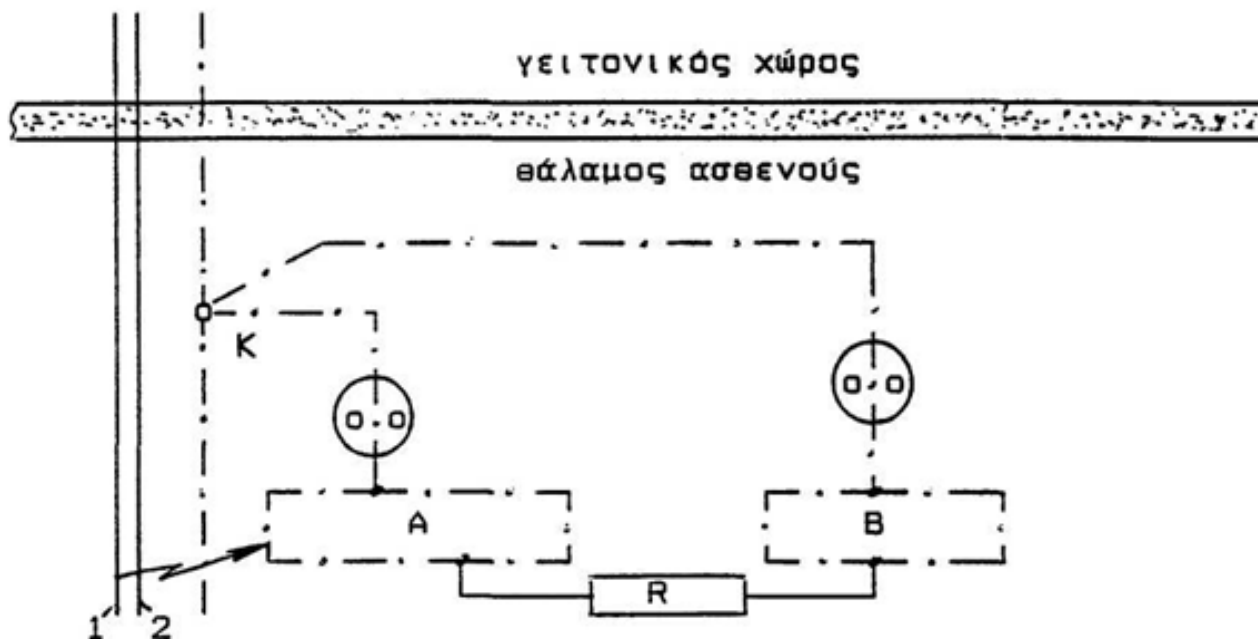
**1:** αγωγός φάσης

**2:** αγωγός ουδετέρου.

—.—: αγωγός γείωσης και μεταλλικά μέρη της συσκευής



Σχήμα 2.3-2: Παράδειγμα σύνδεσης των γειώσεων σε δύο διαφορετικά σημεία (α και β) επί του αγωγού γείωσης· ο ασθενής δεν προστατεύεται λόγω της αντίστασης του τμήματος "αβ" του αγωγού γείωσης, από διαρροή ρεύματος εκτός του θαλάμου του

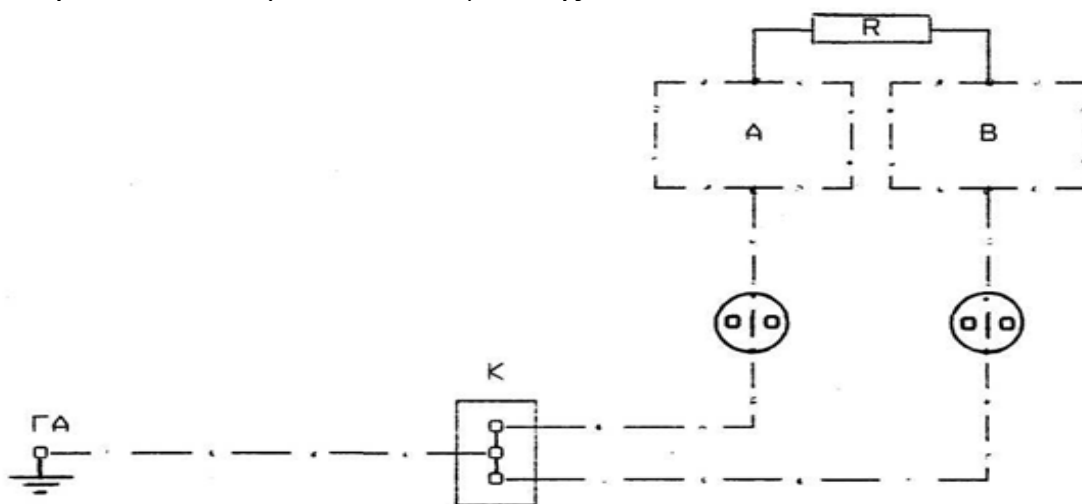


Σχήμα 2.3-3: Παράδειγμα διαρροής ρεύματος προς τον ασθενή παρά τη γείωση επί ενός σημείου K (κόμβος γείωσης)

## β) Η γείωση αναφοράς του θαλάμου νοσηλείας

Για την κατασκευή των γειώσεων σε μονάδες επείγουσας ιατρικής εφαρμόζονται ειδικές τεχνικές, οι βασικές αρχές των οποίων είναι:

- 1) Τρία ξεχωριστά σημεία γείωσης: ο κόμβος γείωσης του εξοπλισμού, η γείωση αναφοράς του χώρου και η γείωση του κτηρίου (ηλεκτρόδιο γείωσης).
- 2) Τα μήκη των καλωδίων πρέπει να περιορίζονται, ώστε οι πτώσεις τάσης  $\sigma'$  αυτά να διατηρούνται σε χαμηλές τιμές (ακίνδυνες τιμές για τον ασθενή).
- 3) Μέτρηση των πτώσεων τάσης στα καλώδια για την επιβεβαίωση της καταλληλότητάς τους.
- 4) Σχέδιο του χώρου με τον πλήρη εξοπλισμό σε θέσεις, οι οποίες, ενώ θα εξυπηρετούν την λειτουργικότητα του, θα εξασφαλίζουν ότι ο ασθενής προστατεύεται με το δίκτυο γείωσης.



**Σχήμα 2.3-4: Σχηματική παράσταση του κυκλώματος γείωσης σε ένα θάλαμο νοσηλείας μίας μονάδας επείγουσας ιατρικής**

**A & B:** ηλεκτρικές συσκευές με τα μεταλλικά καλύμματα των οποίων έρχεται σε επαφή ο ασθενής

**R:** αντίσταση του ασθενούς

**K:** Κόμβος γείωσης

**ΓΑ:** Γείωση αναφοράς χώρου

Στο παράδειγμα του σχήματος 2.3-4 δίνεται απλοποιημένα το κύκλωμα γείωσης δύο ηλεκτρικών συσκευών (Α και Β), που αποτελείται από τους αγωγούς γείωσης των συσκευών αυτών με τους ρευματοδότες, τον κόμβο γείωσης (Κ) και τη γείωση αναφοράς του χώρου (ΓΑ). Με το μεταλλικό περίβλημα των ιατρικών μηχανημάτων (Α και Β) έρχεται σε επαφή ο ασθενής (R) μίας μονάδας εντατικής θεραπείας. Για να προστατεύεται ο ασθενής από διαρροή ρεύματος, που μπορεί να συμβεί στη συσκευή Α ή στη συσκευή Β, έχει καθοριστεί να μην υπερβαίνει η συνολική αντίσταση των αγωγών γείωσης (κάθε συσκευή μέχρι τη γείωση αναφοράς του χώρου) την τιμή των 0,05 Ω.

## 2.4 Το αντιστατικό δάπεδο και η γείωσή του

### 2.4.1 Γενικά περί εξάλειψης των κινδύνων λόγω ηλεκτροστατικών εκφορτίσεων

Στα χειρουργεία και σε άλλους νοσοκομειακούς χώρους επείγουσας ιατρικής (μονάδα εντατικής θεραπείας, μονάδα ανάνηψης, κ.λπ.) θεωρείται ότι είναι δυνατό να δημιουργηθεί ηλεκτροστατικός ηλεκτρισμός, που οφείλεται σε τριβοηλεκτρικές διεργασίες και σε επαγωγικές φορτίσεις. Αποτέλεσμα του παραπάνω στατικού ηλεκτρισμού μπορεί να είναι, όταν δεν προβλέπονται μέσα εξάλειψής του, η εκδήλωση ηλεκτροστατικών εκφορτίσεων.

Ως ηλεκτροστατική εκφόρτιση εννοεί κανείς τη μεταφορά ηλεκτρικού φορτίου μεταξύ δύο σωμάτων, που βρίσκονται σε διαφορά δυναμικού χωρίς να έχουν συνδεθεί αγωγή με μία πηγής τάσης. Οι εκκενώσεις του είδους αυτού σχετίζονται με φορτίσεις υλικών μικρής αγωγιμότητας, που οφείλονται κυρίως:

- στο φαινόμενο της φόρτισης (τριβή, κόψιμο τεμαχίων, άδειασμα υγρών ή στερεών, ροή αερίων κ.λπ.),
- στο φαινόμενο της επαγωγής, υπό την επίδραση ηλεκτροστατικών πεδίων,
- σε θερμοϊονική εκπομπή,
- σε φωτοηλεκτρική φόρτιση και
- στον ιονισμό με κρούσεις.

Από πειράματα, που έχουν γίνει ανάλογα με το είδος του υλικού, είναι γνωστό ότι η παραγωγή των παραπάνω ηλεκτρικών φορέων διευκολύνεται από την υπερβολική θερμότητα, ενώ η αύξηση της σχετικής υγρασίας συνεπάγεται εκθετική μείωση της τάσης, που εκδηλώνεται κατά την ηλεκτροστατική εκφόρτιση.

Ο άνθρωπος είναι μία πηγή στατικού ηλεκτρισμού. Αυτό οφείλεται στην εκδήλωση των βιοηλεκτρικών φαινομένων, που αποδίδονται σε συνεχή μεταβολή χημικής ενέργειας σε ηλεκτρική κατά το μεταβολισμό των κυττάρων. Επίσης, επειδή

ο άνθρωπος έχει μία χωρητικότητα και μεγάλη συνήθως ωμική αντίσταση, φορτίζεται ηλεκτροστατικά από συνήθη μικρά ρεύματα διαρροής ηλεκτρικών συσκευών (της τάξης μερικών δεκάδων  $\mu\text{A}$ ) καθώς και εξ επαγωγής. Η απλούστερη κυκλωματική προσομοίωσή του είναι μία αντίσταση σε σειρά με ένα πυκνωτή. Η αντίσταση του ανθρωπίνου σώματος θεωρείται ότι είναι το άθροισμα της αντίστασης ενός πυρήνα ( $500 \Omega$ ) και της αντίστασης του δέρματος του ( $1 \text{ k}\Omega \div 100 \text{ k}\Omega$  ανάλογα με την υγρασία του). Η χωρητικότητα του ανθρώπου κυμαίνεται από  $100 \text{ pF}$  έως  $300 \text{ pF}$ .

Από έρευνες που έχουν γίνει για τη μελέτη των ηλεκτροστατικών εκφορτίσεων έχει διαπιστωθεί ότι έχουν ενέργεια της τάξης των  $\text{mJ}$ . Ο προκαλούμενος παλμός τάσης έχει κρουστική μορφή και οι τιμές, που τον χαρακτηρίζουν, εξαρτώνται από την περίπτωση της εκφόρτισης (χρόνος ανύψωσης της τάσης  $5 \text{ ns}$  έως  $20 \text{ ns}$  και πλάτος του θετικού ή αρνητικού παλμού από  $1,5 \text{ kV}$  έως  $35 \text{ kV}$  και σπανίως  $40 \text{ kV}$ ). Τα δύο σημαντικά προβλήματα, που προκαλούν οι ηλεκτροστατικές εκφορτίσεις είναι :

- ο κίνδυνος έκρηξης ή ανάφλεξης όταν συνυπάρχουν με εύφλεκτα μείγματα και
- οι ανωμαλίες λειτουργίας ή οι βλάβες ή και η καταστροφή ηλεκτρονικών συσκευών.

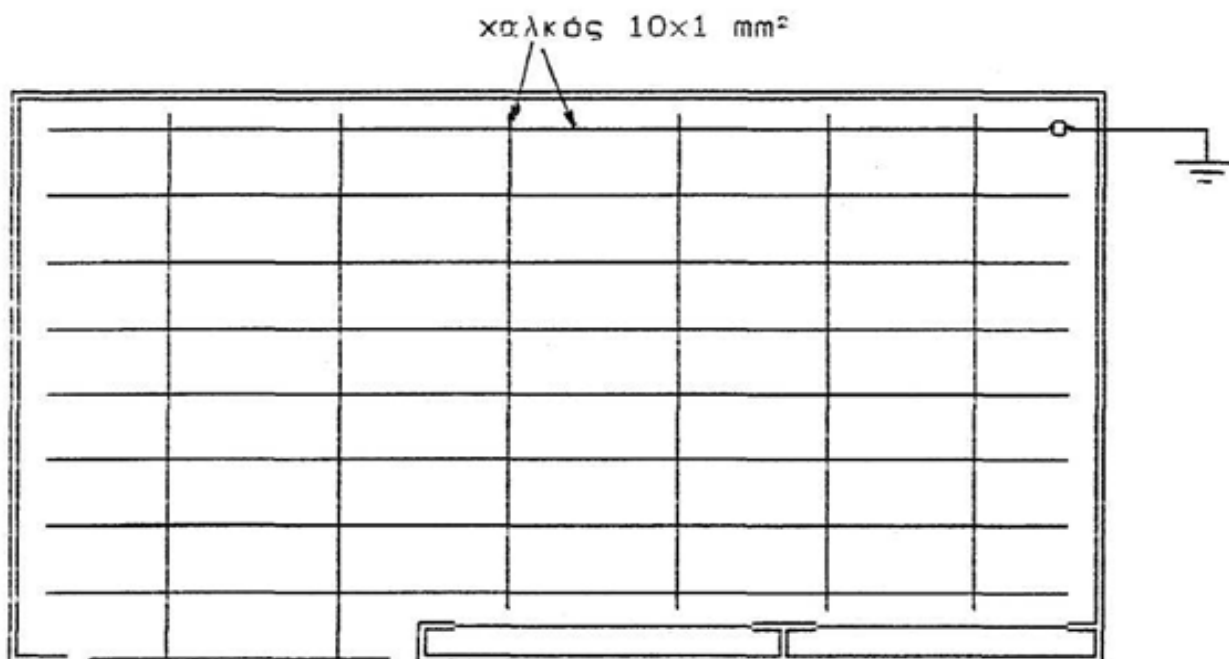
Από έρευνες που έχουν γίνει, είναι γνωστό ότι στην εξάλειψη των ηλεκτροστατικών εκφορτίσεων συμβάλλουν κυρίως:

- Η μείωση της θερμοκρασίας του αέρα.
- Η αύξηση της πίεσης του αέρα.
- Η ανανέωση του αέρα του χώρου.
- Τα αντιστατικά δάπεδα (υλικά, που ενώ έχουν μονωτικές ιδιότητες, διευκολύνουν στην απαγωγή των ελεύθερων ηλεκτρονίων προς γη).
- Τα αντιστατικά υλικά (βαμβακερά υλικά κλινostroμής, βαμβακερός ρουχισμός, υποδήματα από αντιστατικά υλικά, κ.λπ.).
- Η γείωση μεταλλικών επιφανειών.
- Η αύξηση της σχετικής υγρασίας (στα χειρουργεία και στη μονάδα εντατικής θεραπείας απαιτείται σχετική υγρασία  $50\%$ - $60\%$ ).

#### 2.4.2 Παράδειγμα τοποθέτησης αντιστατικού δαπέδου

Στο σχήμα 2.4.1 δίνεται απλοποιημένα ο τρόπος εγκατάστασης ενός αντιστατικού δαπέδου. Αρχικά κατασκευάζεται ένα πλέγμα γείωσης από λάμες

χαλκού (π.χ. διατομής  $30 \times 1 \text{ mm}^2$ ), που δε χρειάζεται να συγκολληθούν μεταξύ τους. Το πλέγμα αυτό συνδέεται σε μία θέση του με ένα ηλεκτρόδιο γείωσης, που δεν έχει σχέση με κανένα άλλο δίκτυο γείωσης. Ακολούθως χρησιμοποιούνται αντιστατικές πλάκες ή χυτό αντιστατικό δάπεδο. Η τοποθέτηση των αντιστατικών πλακών γίνεται μέσω ειδικής αντιστατικής κόλλας. Η μέτρηση των αντιστατικών δαπέδων (και γενικότερα του αντιστατικού εξοπλισμού) γίνεται με ειδικές συσκευές μέτρησης της αντίστασης.



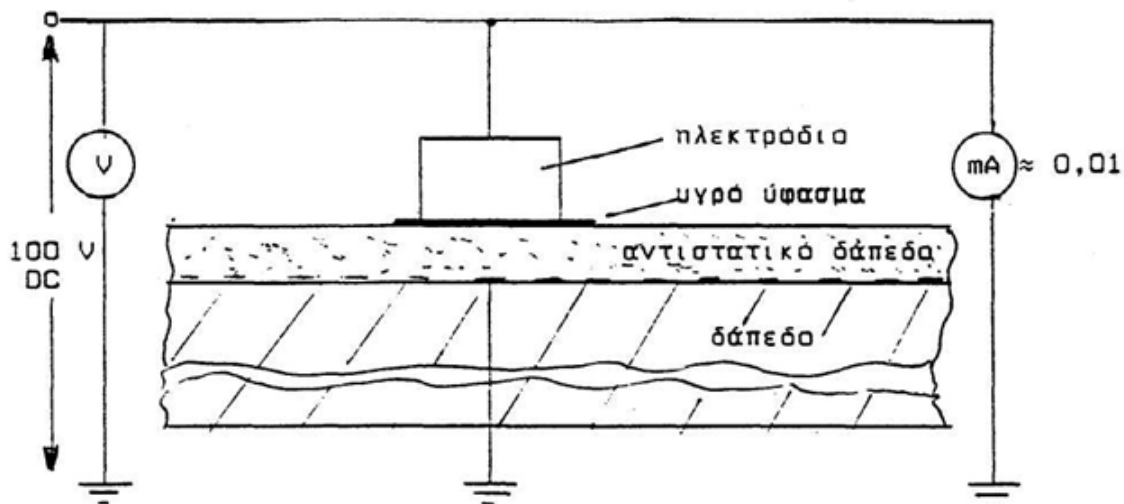
**Σχήμα 2.4-1: Παράδειγμα πλέγματος γείωσης αντιστατικού δαπέδου**

### 2.4.3 Μετρήσεις αντιστατικών δαπέδων

Μία μέθοδος μέτρησης της αντίστασης του αντιστατικού δαπέδου δίνεται στο σχήμα 2.4.2. Το ηλεκτρόδιο έχει επιφάνεια  $20 \text{ cm}^2$  και βάρος  $1 \text{ kp}$ . Για την τιμή της αντίστασης  $R$  του δαπέδου κατά τη μέθοδο αυτή, ισχύει για νέο δάπεδο :  $R \leq 1 \text{ M}\Omega$ . Η ένδειξη του μιλιαμπερομέτρου στο παρακάτω σχήμα αφορά ένα δάπεδο με  $R=1 \text{ M}\Omega$  ( $I=100 \text{ V}/1 \text{ M}\Omega=0.01 \text{ mA}$ ).

Μία άλλη μέθοδος μέτρησης βασίζεται σε δύο τριγωνικά ηλεκτρόδια.





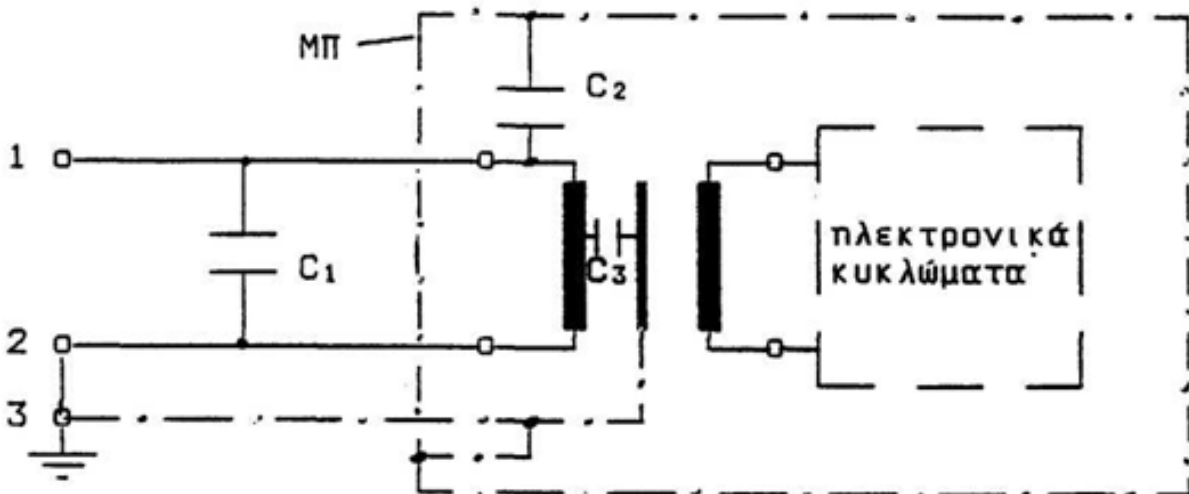
Σχήμα 2.4-2: Παράδειγμα διάταξης μέτρησης αντιστατικού δαπέδου

## 2.5 Έλεγχος των χωρητικών ρευμάτων διαρροής (ή ρευμάτων διαφυγής)

Το ρεύμα διαφυγής είναι ένα “ξένο” ρεύμα προς το κύκλωμα, που οφείλεται σε χωρητικές ή μαγνητικές ζεύξεις και σε καταπονήσεις (φθορές) των μονώσεων. Από τα παραπάνω αίτια προέλευσής του, κυρίαρχη σημασία έχουν:

- η χωρητικότητα μεταξύ αγωγού φάσης και αγωγού γείωσης του καλωδίου παροχής της τάσης μιας συσκευής (σχήμα 2.5-1: πυκνωτής  $C_1$ ),
- οι χωρητικές του πρωτεύοντος του μετασχηματιστή προς γη (σε όλες σχεδόν τις ηλεκτρικές συσκευές υπάρχει ένας μετασχηματιστής για τις διάφορες τάσεις τροφοδοσίας των κυκλωμάτων - βλέπετε σχήμα 2.5-1 πυκνωτές  $C_2$  και  $C_3$ ) και
- η χωρητικότητα ως προς ξένες πηγές.

Η τιμή του ρεύματος λόγω του  $C_1$  είναι μερικά  $\mu\text{A}$  ( $5 \div 20 \mu\text{A}$  για μήκος του αγωγού 3 m). Η τιμή αυτή του ρεύματος διαπερνά τον ασθενή όταν έχει αποσυνδεθεί ο αγωγός γείωσης και ο ασθενής είναι σε επαφή (π.χ. με το χέρι του) με το μεταλλικό κάλυμμα της συσκευής. Έτσι, όταν συντρέχουν λόγοι διαρροής από άλλες αιτίες, τότε η συνολική τιμή του ρεύματος διαρροής μπορεί να γίνει επικίνδυνη για τον ασθενή.



**Σχήμα 2.5-1: Βασικά αίτια προέλευσης ρευμάτων διαρροής από χωρητικές ζεύξεις στις συσκευές βιοηλεκτρικών μετρήσεων.**

**1: φάση**

**2: ουδέτερος,**

**3: γείωση**

**ΜΚ: μεταλλικό κάλυμμα της συσκευής.**

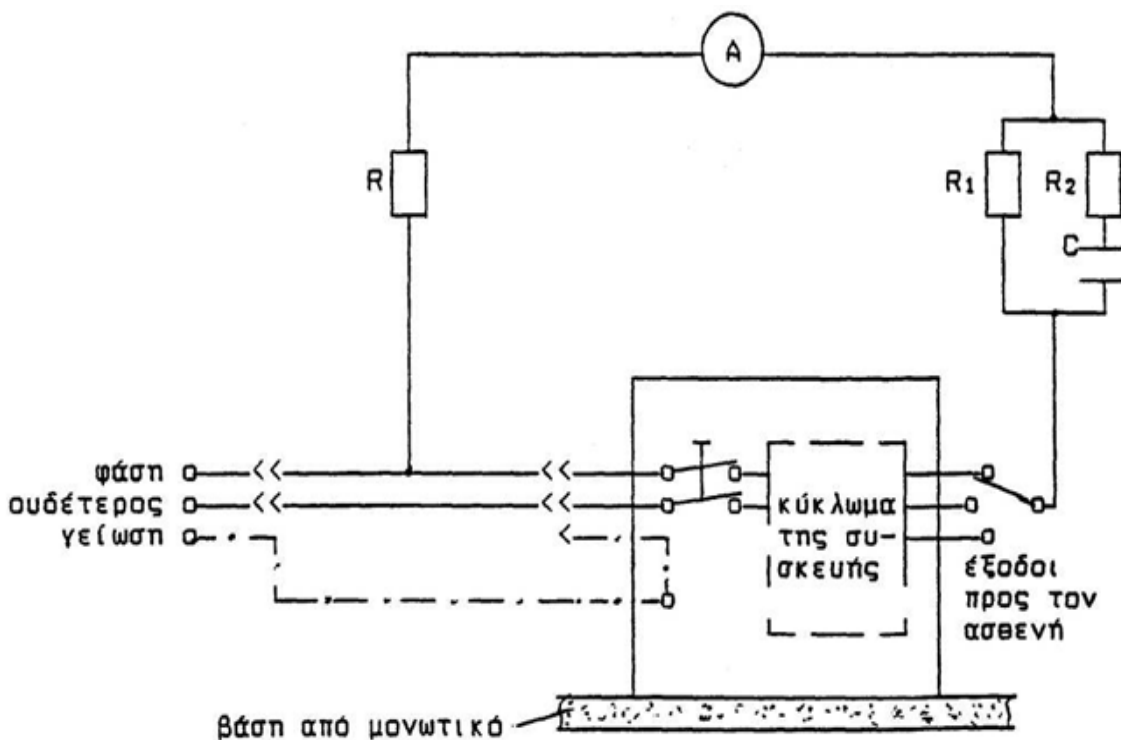
Ο έλεγχος της προστασίας του ασθενή από τα ρεύματα διαφυγής πρέπει να γίνεται με μετρήσεις, στα πλαίσια ενός γενικότερου προγράμματος ελέγχου της σωστής λειτουργίας των εγκαταστάσεων των μηχανημάτων. Οι έλεγχοι που γίνονται αφορούν τη μέτρηση του ρεύματος διαφυγής:

- 1) Από τον αγωγό φάσης προς το μεταλλικό περίβλημα μίας ηλεκτρικής συσκευής, όταν δεν υπάρχει (για κάποια αιτία) αγωγός γείωσης. Η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή του ρεύματος είναι 100  $\mu\text{A}$ .
- 2) Από τον αγωγό φάσης προς τους ακροδέκτες σύνδεσης των ηλεκτροδίων βιοηλεκτρικών μετρήσεων επί της συσκευής. Η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή του ρεύματος διαφυγής είναι 20  $\mu\text{A}$  για συσκευές των μονάδων επείγουσας ιατρικής και 50  $\mu\text{A}$  για άλλες μονάδες.
- 3) Από εξωτερικές πηγές. Η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή του ρεύματος είναι 20  $\mu\text{A}$

Η διεξαγωγή των μετρήσεων αυτών γίνεται, κατά τις προδιαγραφές των Η.Π.Α. μέσω ειδικών κυκλωμάτων. Στο σχήμα 2.5-2 δίνεται π.χ. το κύκλωμα για τη μέτρηση του ρεύματος διαφυγής από ξένες πηγές. Οι τιμές των αντιστάσεων και του πυκνωτή στο σχήμα αυτό ισχύουν για το δίκτυο 110 V, 60 Hz . Οι δοκιμές με το κύκλωμα του

σχήματος 2.5-2 (καθώς και με άλλα κυκλώματα, που αφορούν τις υπόλοιπες μετρήσεις) γίνονται για τις τέσσερις παρακάτω περιπτώσεις :

- διακόπτης παροχής τάσης στη θέση εντός,
- διακόπτης παροχής τάσης στη θέση εκτός.
- πολικότητα κανονική και
- ανάστροφη πολικότητα.



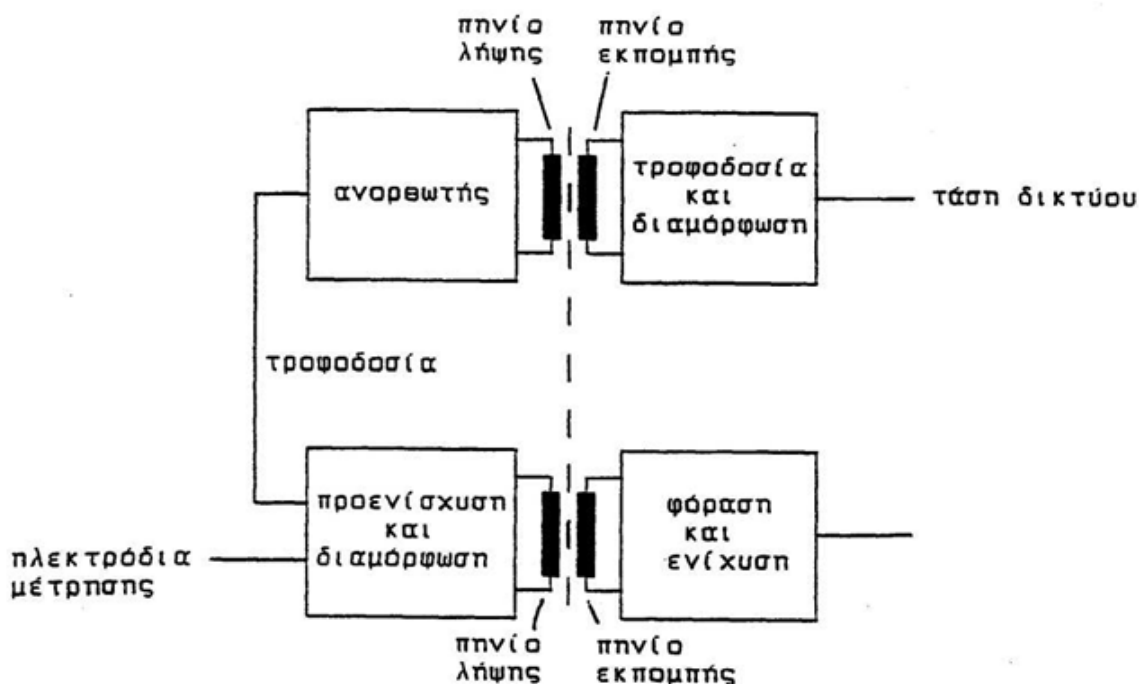
**Σχήμα 2.5-2: Μέτρηση ρευμάτων διαρροής από χωρητική ζεύξη προς ξένες πηγές (κατά τις προδιαγραφές των Η.Π.Α.)**

$$R= 120 \text{ k}\Omega, R_1= 1 \text{ k}\Omega, R_2= 10 \text{ }\Omega \text{ και } C=0,15 \text{ }\mu\text{F}$$

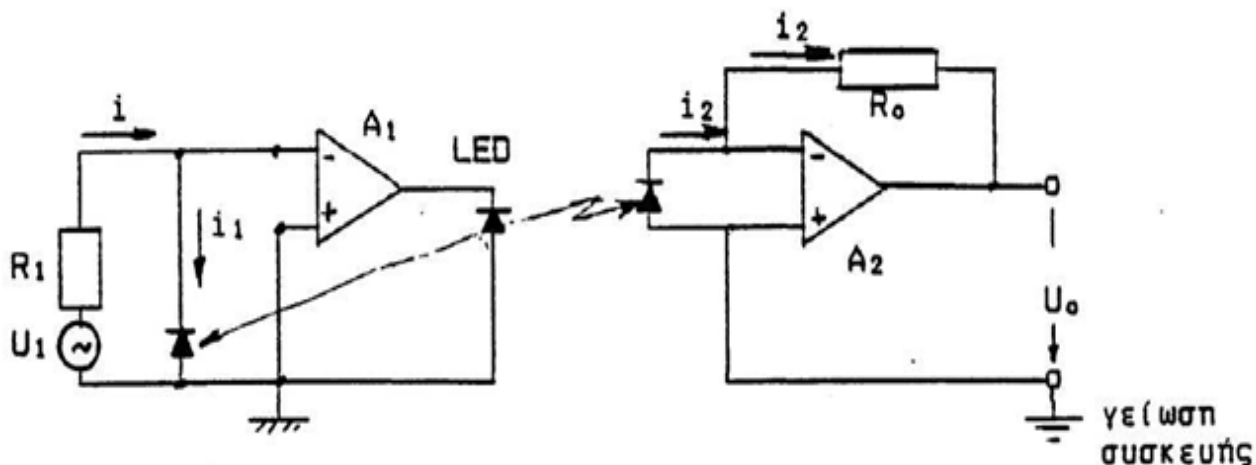
## 2.6 Κυκλώματα προστασίας του ασθενούς στις διατάξεις βιοηλεκτρικών μετρήσεων

Μέσα προστασίας του ασθενούς από διαρροές ρεύματος προβλέπονται και στις ηλεκτρικές συσκευές παρακολούθησης του ασθενούς, όπως: ηλεκτρονικοί ενισχυτές απομόνωσης (σχήμα 2.6-1 και σχήμα 2.6-2), κυκλώματα περιορισμού της τιμής της τάσης με διόδους (σχήμα 2.6-3) και προστασία με JFET σε συνδυασμό με διόδους Zenner (σχήμα 2.6-4). Η προστασία με ασφάλειες στο κύκλωμα και με μετασχηματιστές γαλβανικής απομόνωσης δεν θεωρείται ως πλήρης.

Η αρχή λειτουργίας ενός κυκλώματος απομόνωσης του ασθενούς από το δίκτυο 230 V, 50 Hz ( που είναι η καλύτερη μέθοδος προστασίας) δίνεται στο σχήμα 2.6-1. Σύμφωνα με αυτό, το χαμηλής συχνότητας σήμα από τον ασθενή διαμορφώνεται και εκπέμπεται. Το διαμορφωμένο σήμα συλλαμβάνεται (σε συγκεκριμένη απόσταση) από μία πλήρως απομονωμένη διάταξη "φώρασης-ενίσχυσης". Η παροχή τάσης στο κύκλωμα του "προενισχυτή-διαμορφωτή" γίνεται επίσης με υψίσυχνη εκπομπή. Ο παραπάνω ενισχυτής απομόνωσης έχει πλέον αντικατασταθεί από ηλεκτρονικές συσκευές ολοκληρωμένων κυκλωμάτων, που έχουν επίσης εφαρμογές ως συσκευές απομόνωσης στην προστασία υπολογιστών και συστημάτων ελέγχου από τάσης εξ επαγωγής. Ένας ηλεκτρονικός απομονωτής μπορεί να γίνει με μία δίοδο εκπομπής (LED), η οποία φωτίζει το ίδιο δύο φωτοδιόδους, από τις οποίες η μία είναι στη συσκευή προενίσχυσης και η άλλη στον ενισχυτή (σχήμα 2.6-2).

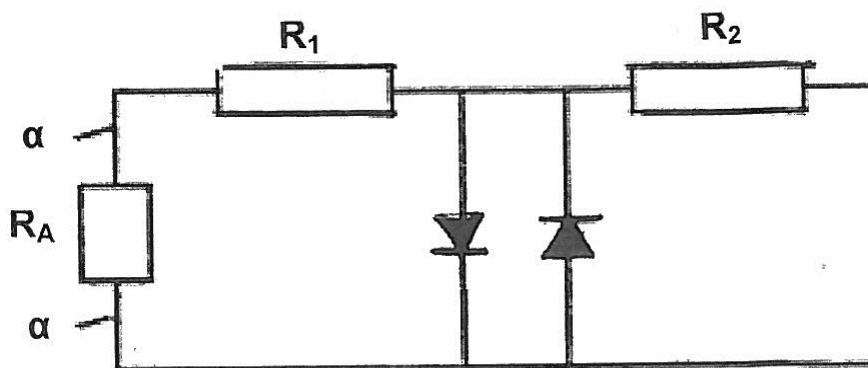


Σχήμα 2.6-1: Αρχή λειτουργίας ενός ενισχυτή απομόνωσης



**Σχήμα 2.6-2: Αρχή λειτουργίας ενός ηλεκτρονικού ενισχυτή απομόνωσης**

Στο κύκλωμα προστασίας του ασθενούς με διόδους και αντιστάσεις (σχήμα 2.6-3) οι διόδοι περιορίζουν την τάση μεταξύ των ηλεκτροδίων και οι αντιστάσεις το ρεύμα.



**Σχήμα 2.6-3: Κυκλώματα προστασίας με διόδους και αντιστάσεις**

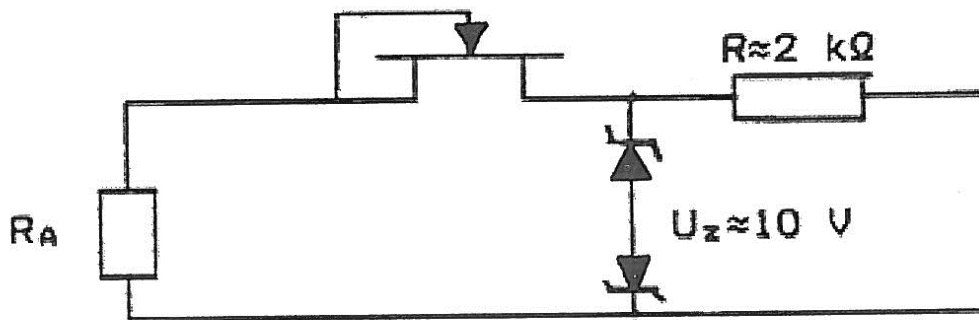
**RA:** αντίσταση ασθενούς

**α:** ηλεκτρόδια

**R<sub>1</sub>:** αντίσταση περιορισμού της τιμής του ρεύματος διαρροής

**R<sub>2</sub>:** αντίσταση προστασίας των διόδων

Στο κύκλωμα προστασίας με JFET (σχήμα 2.6-4) το τρανζίστορ αυτό προστατεύεται από υπερτάσεις με τις δύο διόδους Zenner, οι οποίες πάλι προστατεύονται από μία αντίσταση.



**Σχήμα 2.6-4: Κύκλωμα προστασίας με JFET και διόδους Zenner**  
**RA: αντίσταση ασθενούς**

## 2.7 Ο ειδικός κλιματισμός σε μονάδες επείγουσας ιατρικής

Ο κλιματισμός των μονάδων επείγουσας ιατρικής (όπως π.χ. μονάδες εντατικής θεραπείας) και των χειρουργείων, διαφέρει από εκείνον σε συνήθεις κτηριακές εγκαταστάσεις, γιατί το ζητούμενο δεν είναι μόνο το ευχάριστο περιβάλλον, που επιβάλλεται από την κατάσταση του ασθενούς και το επιβαρυνόμενο έργο του ιατρικού και νοσηλευτικού προσωπικού, αλλά και η καθαρότητα του αέρα από βακτήρια (αντιβακτηριακός κλιματισμός). Για το σκοπό αυτό ανανεώνεται ο αέρας 20 φορές ανά ώρα και η καθαρότητά του από μικρόβια εξασφαλίζεται με διατάξεις φίλτρων λεπτής σκόνης και συγκράτησης των βακτηρίων. Οι κανονικές συνθήκες λειτουργίας του κλιματιζόμενου χώρου είναι σε θερμοκρασία  $22 \div 24$  °C και σχετική υγρασία  $50 \div 60\%$ . Μία άλλη ιδιότητα του αντιβακτηριακού κλιματισμού είναι η διαβάθμιση της πίεσης του αέρα στους διάφορους χώρους, κατά τρόπο ώστε η ροή αέρα να γίνεται από τους καθαρούς προς τους λιγότερο καθαρούς χώρους. Οι παραπάνω τιμές για τις εναλλαγές του αέρα και τη σχετική υγρασία καθώς και η διαβάθμιση της πίεσης του αέρα, συμβάλλουν στην εξάλειψη των κινδύνων από τις ηλεκτροστατικές εκφορτίσεις.

## 2.8 Η επιλογή των διακοπών σε πίνακες επειγόντων νοσοκομειακών φορτίων

Τα επείγοντα φορτία των νοσοκομείων (Χειρουργεία, Μονάδα Εντατικής Θεραπείας, κ.λ.π) πρέπει να βρίσκονται πάντοτε υπό τάση. Γι' αυτό, σε περίπτωση διακοπής της παροχής της τάσης από το δίκτυο της πόλης, ηλεκτροδοτούνται αυτόματα τα φορτία αυτά από ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος. Η παραπάνω όμως προϋπόθεση της απρόσκοπτης λειτουργίας των φορτίων αυτών σημαίνει, ότι δεν είναι εύκολο να προγραμματιστούν εργασίες συντήρησης στους διάφορους πίνακες. Ο προγραμματισμός αυτός γίνεται πρακτικά αδύνατος σε μεγάλα νοσοκομεία, όταν πρόκειται για τη συντήρηση διακοπών του γενικού πίνακα για τα επείγοντα φορτία,

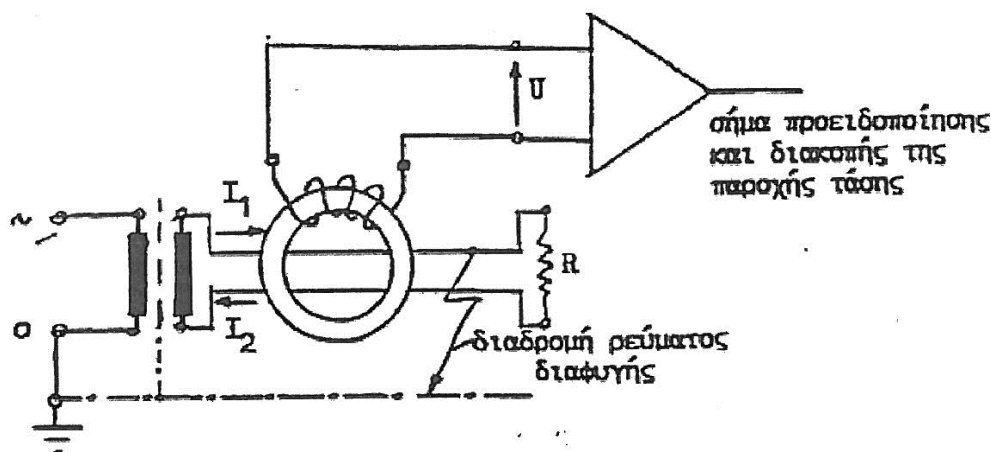
καθώς και για διακόπτες άλλων κεντρικών πινάκων επειγόντων φορτίων, που λειτουργούν σε 24<sup>ωρη</sup> βάση (όπως π.χ. ο πίνακας των χειρουργείων, της μονάδας εντατικής θεραπείας, κ.λπ.). Από τα παραπάνω φαίνεται ότι χρειάζεται να προσδιοριστούν οι προϋποθέσεις που πρέπει να πληρούν οι διακόπτες σε πίνακες επειγόντων φορτίων, καθώς και οι πίνακες αυτοί γενικότερα. Από πειραματικές μελέτες που έχουν γίνει, κρίνεται σκόπιμο οι διακόπτες επειγόντων νοσοκομειακών φορτίων να επιλέγονται με αρκετά μεγαλύτερες απαιτήσεις σε ονομαστικό ρεύμα από εκείνο που υπολογίζεται από τα φορτία της εγκατάστασης (π.χ. με το διπλάσιο ονομαστικό ρεύμα από εκείνο που απαιτείται σε συνήθεις κτηριακές εγκαταστάσεις).

## 2.9 Οι ηλεκτρικές εγκαταστάσεις των χειρουργείων

Στην παράγραφο 2.7 αναφέρθηκαν οι παράγοντες που συμβάλλουν στην εξάλειψη του στατικού ηλεκτρισμού στις αίθουσες των χειρουργείων. Το αντιστατικό δάπεδο (και η χρήση γενικά αντιστατικών υλικών) και ο ειδικός κλιματισμός συμβάλλουν στην εξάλειψη των ηλεκτροστατικών εκφορτίσεων. Μία επιπλέον προστασία απ' το στατικό ηλεκτρισμό είναι η χρησιμοποίηση αντιακρηκτικών διακοπών και ρευματοδοτών σε ύψος μέχρι 1,2 m από το δάπεδο. Το τμήμα του χώρου μέχρι ύψος 1,2 m έχει θεωρηθεί για τις αίθουσες χειρουργείων ως επικίνδυνη περιοχή για την εκδήλωση ηλεκτροστατικών εκφορτίσεων (περιοχή έκρηξης). Οι ηλεκτρικές συσκευές στην παραπάνω περιοχή, καθώς και τα ελεύθερα καλώδια παροχής της τάσης προς αυτές, πρέπει να είναι επίσης αντιακρηκτικού τύπου. Για ύψος μεγαλύτερο από 1,2 m από το δάπεδο δεν απαιτείται η παραπάνω αντιακρηκτική προστασία. Στην περιοχή αυτή τα φωτιστικά σώματα, οι διακόπτες των φωτιστικών, οι ρευματοδότες, οι ρευματολήπτες και γενικά οι ηλεκτρικές συσκευές διέπονται από τους κανόνες των συνήθων ηλεκτρικών εγκαταστάσεων. Ο διαχωρισμός αυτός των εγκαταστάσεων, σε αντιακρηκτικού τύπου και μη, ισχύει επίσης για τους χώρους προνάρκωσης και ανάνηψης που υπάρχουν σε συγκροτήματα χειρουργείων.

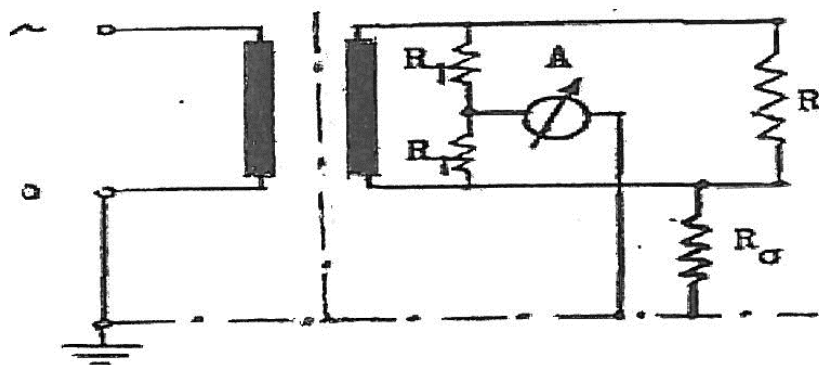
Μία άλλη ιδιαιτερότητα των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων σε αίθουσες χειρουργείων είναι η μεγαλύτερη προστασία που παρέχουν από ρεύματα διαρροής, απ' ότι οι συνήθεις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις. Η έξοδος ενός μετασχηματιστή γαλβανικής απομόνωσης (220 V/ 220 V) επιτηρείται συνήθως με μία διάταξη προστασίας. Η διάταξη αυτή προειδοποιεί περίπου σε 25 ms ότι υπάρχει διαρροή ρεύματος και διακόπτει την παροχή τάσης, για τιμή ρεύματος περίπου 5 mA στο κύκλωμα που επιτηρεί. Η αρχή λειτουργίας της παραπάνω διάταξης βασίζεται σε μετρήσεις ρεύματος ως ένα είδος διαφορικής προστασίας (σχήμα 2.9-1: σύγκριση τιμών  $I_1$ ,  $I_2$ ) ή μετρήσεις ρεύματος λόγω μίας τάσης διαφυγής (σχήμα 2.9-2: αισθητήριο τάσης διαρροής, το οποίο επενεργεί ως γέφυρα αντιστάσεων). Το αμπερόμετρο στο σχήμα 2.9-2 μετρά το ρεύμα διαρροής. Στην ουσία δεν πρόκειται για αμπερόμετρο, αλλά για ένα κύκλωμα που ενεργοποιεί το συναγερμό και τη διακοπή της τάσης στο κύκλωμα (όταν η τιμή του ρεύματος διαφυγής είναι περίπου 5 mA). Αντί των ωμικών αντιστάσεων  $R_1$  (του κυκλώματος κατά το σχήμα 2.9-2) χρησιμοποιούνται επίσης σύνθετες αντιστάσεις, που επιτηρούν το κύκλωμα σε

διαφορετικές θέσεις. Στο σχήμα 2.9-3 δίνεται μια διάταξη με σύνθετη αντίσταση (  $R_1, C$  ), που επιτηρεί την εγκατάσταση σε δύο θέσεις (δύο σύνθετες αντιστάσεις ). Η μεταγωγή του διακόπτη από τη μία θέση στην άλλη γίνεται αυτόματα.



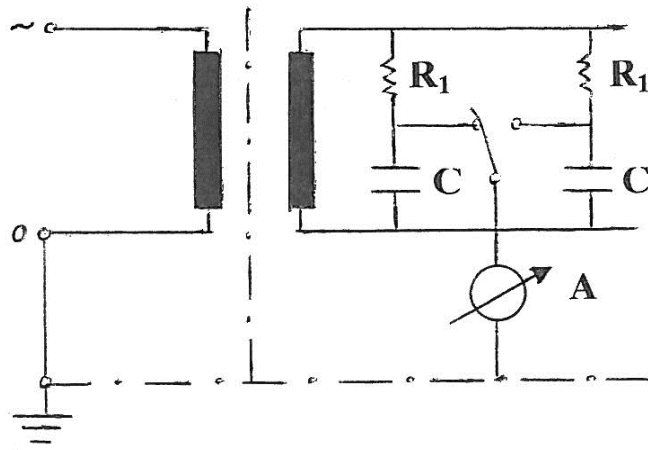
**Σχήμα 2.9-1:** Έλεγχος των μονώσεων προς γη με σύγκριση των τιμών  $I_1$  και  $I_2$  (σε περίπτωση που δεν υπάρχει ρεύμα διαρροής είναι  $I_1=I_2$ . Όταν  $I_1 \neq I_2$  αναπτύσσεται η τάση  $U$  στην είσοδο του ενισχυτή)

Στο Σχήμα 2.9-4 δίνεται ένα παράδειγμα ηλεκτρικής εγκατάστασης ενός χειρουργείου, κατά την κάτοψη του σχήματος 2.9-5. Όπως φαίνεται σ' αυτό, ο ηλεκτρονόμος διαφυγής (διάταξη προστασίας από ρεύματα διαρροής) και η σκιαλυτική λυχνία αποτελούν μία ιδιαίτερη αναχώρηση (γραμμή) από τον ηλεκτρικό πίνακα. Η παροχή τάσης στην περιοχή αυτή γίνεται μέσω των τεσσάρων αντiekρηκτικού τύπου ρευματοδοτών. Προβλέπονται επίσης άλλες τρεις αναχωρήσεις για την αίθουσα του χειρουργείου, οι οποίες αφορούν την εγκατάσταση φωτισμού και τους ρευματοδότες πάνω από την περιοχή έκρηξης, όπου τα φωτιστικά σώματα, οι διακόπτες των φωτιστικών, οι ρευματοδότες, οι ρευματολήπτες και γενικά οι ηλεκτρικές εγκαταστάσεις και οι ηλεκτρικές συσκευές διέπονται από τους κανόνες των συνήθων ηλεκτρικών εγκαταστάσεων.



**Σχήμα 2.9-2:** Έλεγχος των μονώσεων προς γη με γέφυρα αντιστάσεων  $R_0$ : αντίσταση σφάλματος



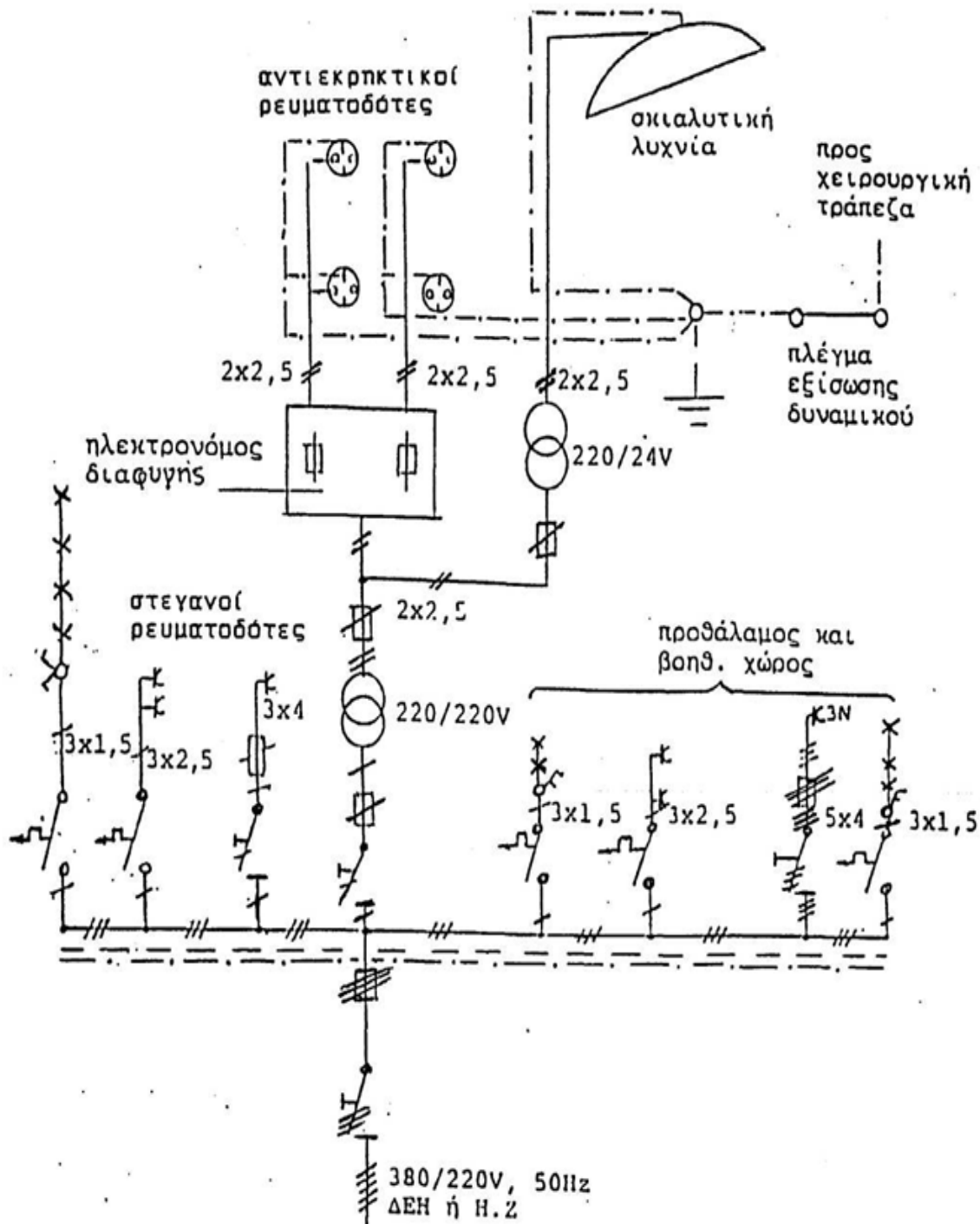


**Σχήμα 2.9-3: Έλεγχος των μονώσεων προς γη με σύνθετες αντιστάσεις και μέτρηση του ρεύματος σε δύο διαφορετικές θέσεις**

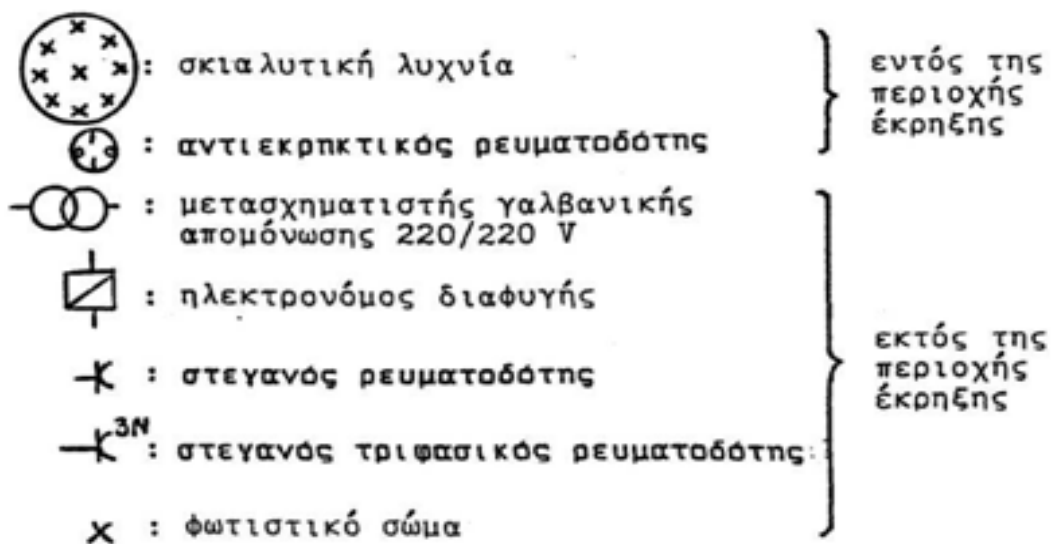
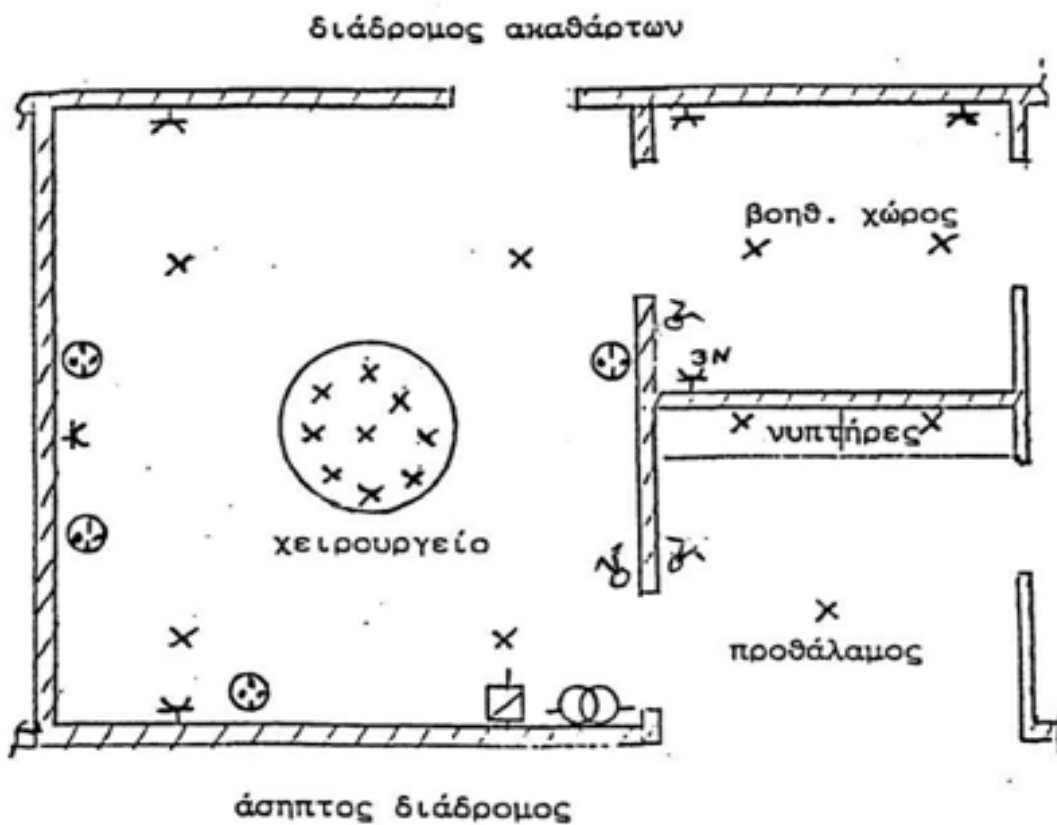
**$R_1$  : ιδανική αντίσταση**

**$C$  : ιδανικός πυκνωτής**

Οι στεγανοί ρευματολήπτες χρησιμεύουν γενικά για την παροχή τάσης σε ιατρικά μηχανήματα μεγάλης ισχύος, για τα οποία δεν επαρκεί η ισχύς του μετασχηματιστή γαλβανικής απομόνωσης (π.χ. φορητό ακτινολογικό, φορητή σκιαλυτική λυχνία, κλίβανος αποστείρωσης εργαλείων στο βοηθητικό χώρο κ.λπ.). Εκτός από αυτό, αποτελούν μία άμεση λύση ρευματοδότησης στην περίπτωση π.χ. βλάβης του μετασχηματιστή γαλβανικής απομόνωσης, του ηλεκτρονόμου διαφυγής κ.λπ.



**Σχήμα 2.9-4: Μονογραμμικό σχέδιο του χειρουργείου κατά το σχήμα 2.9-5**  
**Σκιαλυτική λυχνία: ψυχρός φωτισμός χειρουργικού πεδίου (π.χ. 7 προβολείς**  
**παραβολικού κατόπτρου  $\Phi 30$  cm ο καθένας, τάση λειτουργίας 24 V,**  
**συνολικής ισχύος 350 W, συνολικής φωτ.έντασης 100.000 Lux)**



Σχήμα 2.9-5: Ενδεικτική κάτοψη χειρουργείων

## 2.10 Βιβλιογραφία

- [1] Π.Δ. Μπούρκας, Κ.Γ. Καραγιαννόπουλος, Εφαρμογές ηλεκτρολογικών εκθέσεων πραγματογνωμοσύνης σε βιομηχανικές και κτιριακές εγκαταστάσεις Ε.Μ. Πολυτεχνείου 2011.
- [2] Π.Δ. Μπούρκας, Εφαρμογές εγκαταστάσεων σε νοσοκομεία, Ε.Μ. Πολυτεχνείου 1999.
- [3] Π.Δ. Μπούρκας, Εφαρμογές κτιριακών και βιομηχανικών εγκαταστάσεων, Ε.Μ. Πολυτεχνείου 1998.
- [4] Π.Δ. Μπούρκας: Ο βιοηλεκτρισμός και οι διαγνωστικές εφαρμογές του. Επιθεώρηση Υγείας, Τόμος 7, Τεύχος 3(40), 1996, σελ.57-63.
- [5] M.P. Filippakou, C.G. Karagiannopoulos, P.D. Bourkas : Thermal fatigue of the contact-conductore system in emergency load panels. IEE Proc- Sci. Meas. Technol., Vol. 143. No. 5, September 1996, p.p. 298-301.
- [6] Π. Μπούρκας , Η. Τσιτσόγλου, Κ. Καραγιαννόπουλος, Γ. Παρμάκη, Φ. Κωνσταντίνου: Μία πιθανή ερμηνεία των ηλεκτροστατικών φορτίσεων και εκφορτίσεων υπό την επίδραση ηλεκτροστατικών πεδίων. Τεχνικά χρονικά, Επιστημονική Περιοχή Β, Τόμος 14, Τεύχος 4, 1994, σελ. 157-169.
- [7] Π.Δ. Μπούρκας: Η συμμετοχή του κλιματισμού των χειρουργείων στην εξάλειψη των κινδύνων από τον στατικό ηλεκτρισμό. Επιθεώρηση Υγείας, Τομ. 4, Τεύχος 3(22) 1993, σελ. 50-53 .
- [8] Π.Δ. Μπούρκας: Ιδιαιτερότητες των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων σε μονάδες επείγουσας ιατρικής, Επιθεώρηση Υγείας, Τόμος 3, Τεύχος 1(14) 1992, σελ. 51-55.
- [9] Π.Δ. Μπούρκας, Ν. Ουζούνογλου: Βιοιατρική Τεχνολογία και ειδικές νοσοκομειακές εγκαταστάσεις, Εκδόσεις Συμεών, Αθήνα 1989.
- [10] P.D. Bourkas, E.A. Kayafas. A.M. Maxias: Specified current in emmergency load switches, IEE Proceedings, Pt. C, Vol.135, No. 4, 1988, p.p. 330-333.
- [11]Υπουργείο Υγείας Πρόνοιας και Κοινωνικών ασφαλίσεων: Τεχνικές απαιτήσεις κλιματισμού, Αθήνα 1987.
- [12] Υπουργείο Υγείας Πρόνοιας και Κοινωνικών ασφαλίσεων : Προδιαγραφές Κέντρων Υγείας ( διάφορες προδιαγραφές δημοπράτηση, οδηγίες κατασκευής κ.λπ.), Αθήνα 1983÷1986.
- [13] A. Terry Behill : Bioengineering: Medical and Clinical Engineering, 1981.



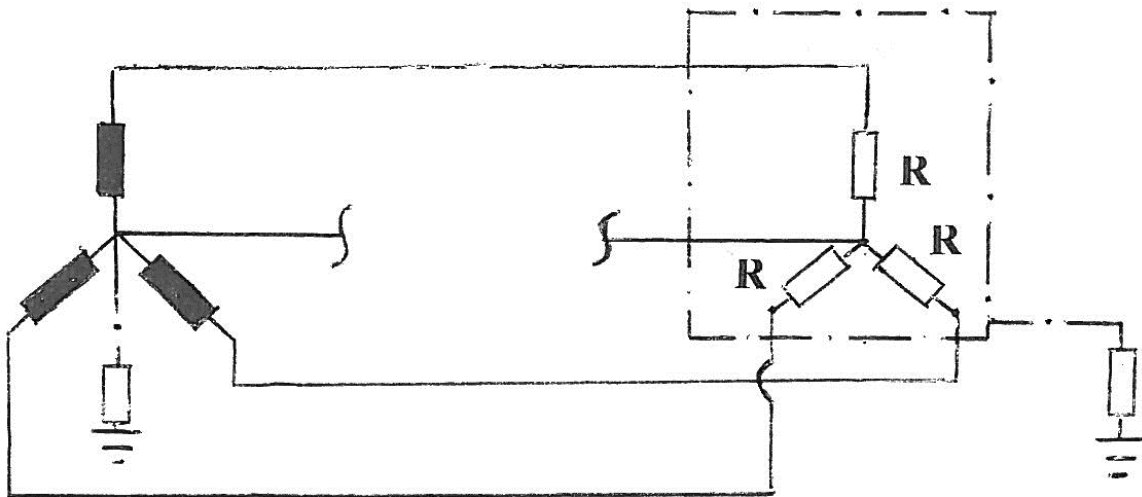
Συμβαίνει καταμερισμός της τάσης μεταξύ της αντίστασης του φορτίου  $R$  και της αντίστασης γείωσης  $R_\gamma$  και τα μεταλλικά μέρη των ηλεκτρικών συσκευών είναι υπό επικίνδυνη τάση, Ισχύει εν προκειμένω:

$$I = \frac{230}{R + R_\gamma},$$

$$U_R = IR \quad \text{και}$$

$$U = IR_\gamma$$

**β) Αποκοπή του ουδετέρου της ΔΕΗ που γειώνεται στον μετασχηματιστή**



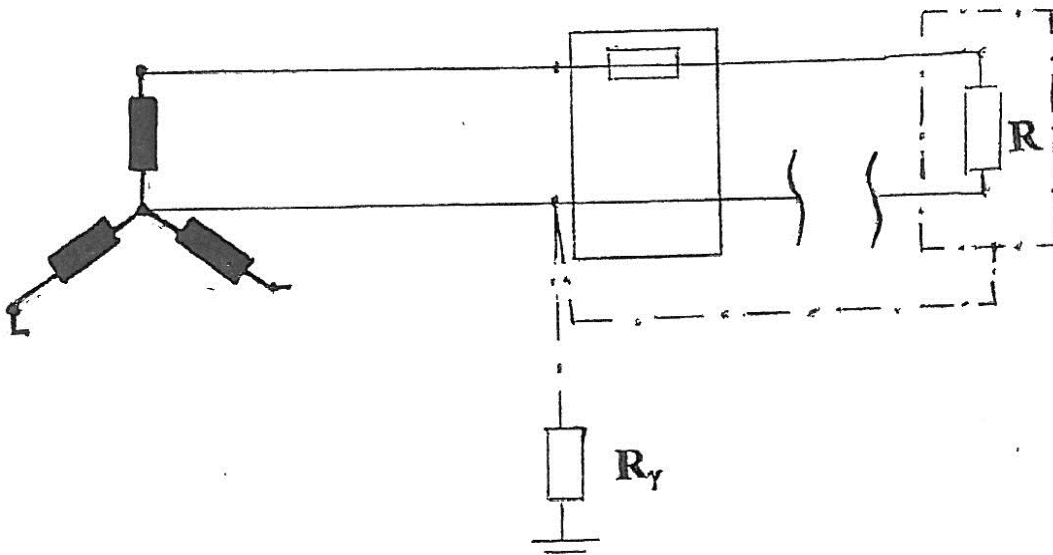
**Σχήμα 3.1-2**

Στην περίπτωση αυτή συνδέονται σε σειρά φορτία με επικίνδυνες συνέπειες λόγω υπερθερμάνσεων.

### 3.2 Αποκοπή του ουδέτερου στην εγκατάσταση του καταναλωτή

α) Αποκοπή του ουδέτερου στην εγκατάσταση του καταναλωτή όταν γειώνεται ο ουδέτερος προ του μετρητή

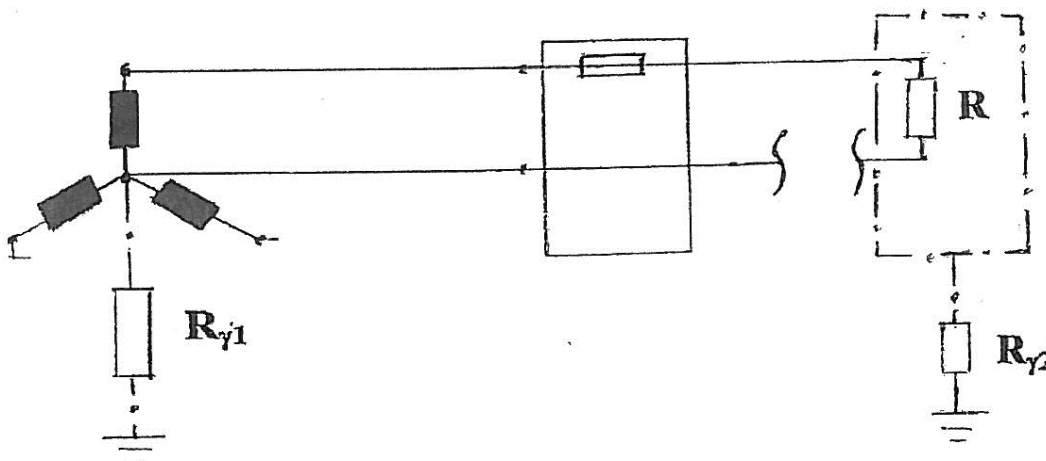
Δεν θα υπάρχει τάση στο φορτίο



Σχήμα 3.2-1

β) Αποκοπή του ουδέτερου στην εγκατάσταση του καταναλωτή όταν γειώνεται ο ουδέτερος στο μετασχηματιστή

Δεν θα υπάρχει τάση στο φορτίο



Σχήμα 3.2-2

### 3.3 Πιθανές συνέπειες για τον άνθρωπο και το περιβάλλον από την αποκοπή αγωγού του δικτύου διανομής χαμηλής τάσης

#### 3.3.1 Η διάταξη ενός υπαίθριου υποσταθμού και η συνθήκη ουδετέρωσης

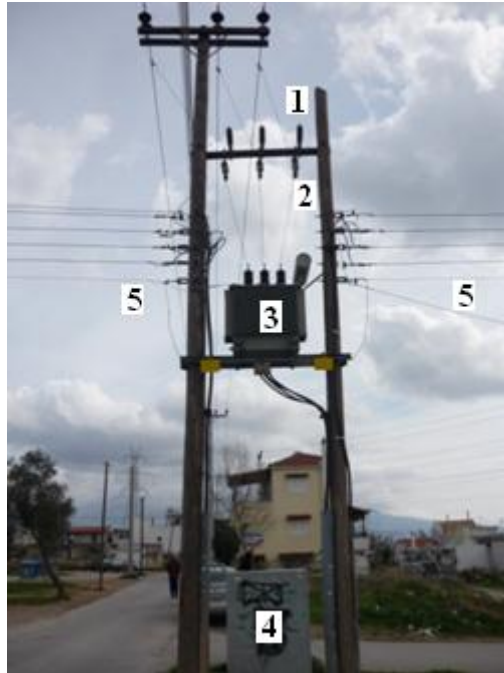
Τα εναέρια δίκτυα διανομής χαμηλής τάσης (400 V, 230 V) του συστήματος διανομής ηλεκτρικής ενέργειας ηλεκτροδοτούνται κυρίως από υπαίθριους υποσταθμούς μέσης προς χαμηλή τάση (στην Ελλάδα 20 kV/400 V ή 15 kV/400 V) μέσω πινάκων (ασφαλειοκιβωτίων) χαμηλής τάσης (σχήμα 3.3-1). Σύμφωνα με το παράδειγμα του σχήματος 3.3-1, η προστασία των γραμμών διανομής χαμηλής τάσης (5) επιτυγχάνεται μέσω κατάλληλων ασφαλειών, που είναι εγκατεστημένες στον πίνακα χαμηλής τάσης (4). Οι μονοπολικοί ασφαλειοαποζεύκτες (2) στη μέση τάση αποτελούν την προστασία του μετασχηματιστή (3) για σφάλματα προερχόμενα από τη μέση τάση και η προστασία του υποσταθμού από κεραυνούς επιτυγχάνεται με τα καθοδικά αλεξικέραυνα (1).

Όπως έχει προαναφερθεί, όταν ικανοποιούνται οι απαιτήσεις για το μέγεθος του μετασχηματιστή, το μέγεθος της ασφάλειας και το μήκος της γραμμής κατά τους πίνακες της παρ. 2, τότε ισχύει η συνθήκη βραχυκύκλωσης, σύμφωνα με την οποία κατά το βραχυκύκλωμα μεταξύ των αγωγών στον αέρα (ή στο έδαφος) συμβαίνει ακαριαία (σε κλάσμα του δευτερολέπτου) τήξη της ασφάλειας, με αποτέλεσμα να θερμαίνονται οι αγωγοί μόνο μερικούς βαθμούς Κελσίου και συνεπώς να μη δημιουργούνται τήγματα μετάλλου από αυτούς. Αυτό αιτιολογείται από το γεγονός, ότι σε όλες τις περιπτώσεις η συνολική αντίσταση της διαδρομής βραχυκύκλωσης είναι πάντοτε το πολύ 1 Ω με αποτέλεσμα το ρεύμα βραχυκύκλωσης να έχει στην πράξη πολύ μεγαλύτερη τιμή από το τριπλάσιο ονομαστικό ρεύμα της ασφάλειας ( $I_N$ ), που προκαλεί λόγω αυτού τήξη της ασφάλειας σε χρόνο μικρότερο του 1 sec. Η χειρότερη περίπτωση είναι όταν το ρεύμα είναι ίσο προς  $3I_N$  και η ασφάλεια τήκεται σε 5 δευτερόλεπτα.

Παρά την προαναφερθείσα αποτελεσματική προστασία των στοιχείων του δικτύου κατά το βραχυκύκλωμα μεταξύ των αγωγών στον αέρα (ή στο έδαφος), έχουν συμβεί θανατηφόρες ηλεκτροπληξίες και πυρκαγιές κατά την αποκοπή αγωγών και πτώση τους στο έδαφος, που οφείλεται κυρίως σε αποκοπή κλώνων τους από σκάγια κυνηγητικών όπλων ή σε πτώση ενός δένδρου στη γραμμή. Τα τελευταία χρόνια π.χ. έχουν συμβεί στην Ελλάδα τέσσερα θανατηφόρα ατυχήματα σε ένα εκ των οποίων προκλήθηκε και πυρκαγιά σε ξερά χόρτα που συνήθως υπάρχουν στις μεσογειακές χώρες το καλοκαίρι. Σε μία περίπτωση ο αγωγός ήρθε κατά την πτώση του σε μία βραχώδη περιοχή σε επαφή με τον επίτονο στύλου και ένας άνθρωπος υπέστη θανατηφόρα ηλεκτροπληξία επειδή ήρθε σε αγωγή με επαφή με τον επίτονο. Σε μία άλλη περίπτωση δύο άνθρωποι σκοτώθηκαν επειδή ακούμπησαν κομμένο αγωγό. Επίσης, ένας άνθρωπος υπέστη θανατηφόρα ηλεκτροπληξία επειδή ένας κομμένος αγωγός είχε πέσει πάνω σε μεταλλική περίφραξη (γαλβανισμένο συρματοπλέγμα),



προκαλώντας ταυτόχρονα πυρκαγιά σε ξερά χόρτα, την οποία ο παθών προσπαθούσε να σβήσει.



**Σχήμα 3.3-1: Παράδειγμα υπαίθριου υποσταθμού μέσης προς χαμηλή τάση (20 kV/400 V)**

- 1. Καθοδικά αλεξικέραυνα**
- 2. Μονοπολικοί ασφαλειοαποζεύκτες**
- 3. Μετασχηματιστής 20 kV/400 V**
- 4. Πίνακας χαμηλής τάσης (ασφαλειοκιβώτιο)**
- 5. Γραμμές διανομής χαμηλής τάσης**

### **3.3.2 Υπολογισμός του ρεύματος προς γη κατά την αποκοπή ενός αγωγού**

Στο σχήμα 3.3-2 δίνεται απλοποιημένα το κύκλωμα κατά την αποκοπή και πτώση ενός αγωγού φάσης στο έδαφος. Εξετάζεται η περίπτωση κατά την οποία το τμήμα του αγωγού που έπεσε στο έδαφος είναι προς την πλευρά του μετασχηματιστή, γιατί τότε μόνο μπορεί να υπάρξει ροή ρεύματος προς γη. Σύμφωνα με το σχήμα αυτό η ενεργός τιμή του ρεύματος προς γη είναι:

$$I = \frac{U}{\sqrt{(R_{\gamma\rho} + R_{M\Sigma} + R_{\gamma\eta\varsigma})^2 + (X_{\gamma\rho} + X_{M\Sigma})^2}}$$

όπου:

$U$  η φασική τάση (230 V),

$R_{\gamma\rho}$  η ωμική αντίσταση του αγωγού,

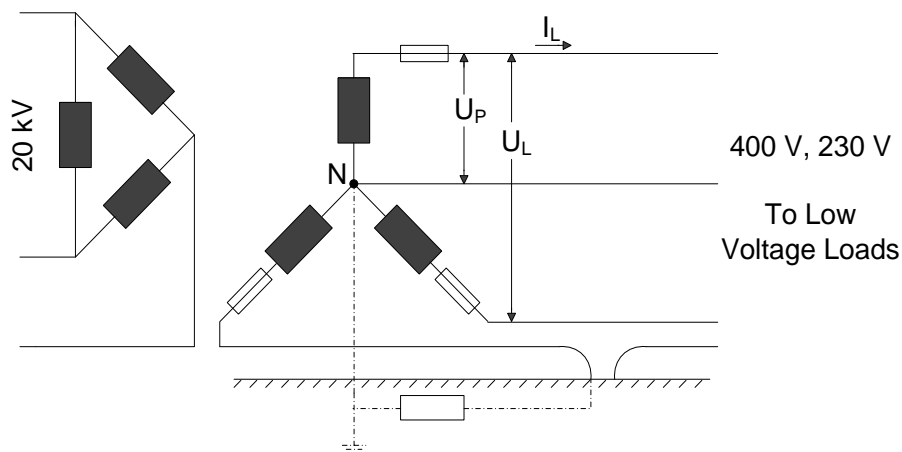
$X_{\gamma\rho}$  η επαγωγική αντίσταση του αγωγού μέχρι την θέση βραχυκύκλωσης,

$R_{M\Sigma}$  η ωμική αντίσταση του μετασχηματιστή,

$X_{M\Sigma}$  η επαγωγική αντίσταση του μετασχηματιστή,

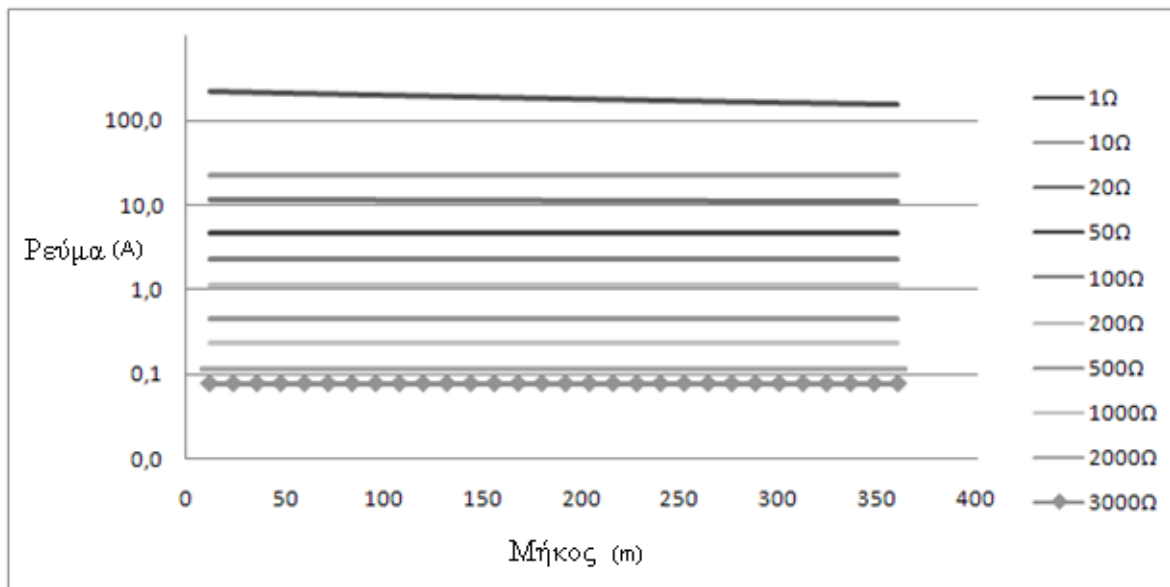
$R_{\gamma\eta\varsigma}$  η αντίσταση επαφής μεταξύ αγωγού και γης (συμπεριλαμβάνοντας την αντίσταση που συναντά το ρεύμα επιστροφής).

Οι υπολογισμοί του ρεύματος έγιναν για  $R_{\gamma\eta\varsigma} = 1, 10, 20, 50, 100, 200, 500, 1000, 2000, 3000 \Omega$ . Οι τιμές αυτές επιλέχθηκαν για να αντιστοιχούν σε μία καλή μεταλλική επαφή ( $R_{\gamma\eta\varsigma} = 1 \Omega$ ) μέχρι και τις μεγάλες αντιστάσεις ( $R_{\gamma\eta\varsigma} = 3000 \Omega$ ) ανάλογα με το έδαφος. Δεν επιλέχθηκαν μεγαλύτερες αντιστάσεις από  $3000 \Omega$  γιατί όπως θα διαπιστωθεί ακολούθως, το θέμα καλύπτεται ουσιαστικά από τις αντιστάσεις  $R_{\gamma\eta\varsigma}$  που προαναφέρθηκαν. Οι αντιστάσεις του αγωγού και του μετασχηματιστή δίνονται στην βιβλιογραφία.



**Σχήμα 3.3-2: Αποκοπή ενός αγωγού φάσης**

Σύμφωνα με τα ανωτέρω τα αποτελέσματα των υπολογισμών του ρεύματος προς γη για αγωγό ισοδύναμης διατομής χαλκού  $16 \text{ mm}^2$  για διάφορες τιμές αντίστασης σε σχέση με το μήκος τους, για ασφάλεια γραμμής 80 A και μετασχηματιστή 100 kVA, δίνονται στο σχήμα 3.3-3.



**Σχήμα 3.3-3: Χαρακτηριστικές  $I = f(l)$  για τους γυμνούς αγωγούς αλουμινίου ισοδύναμης διατομής χαλκού  $16 \text{ mm}^2$  του δικτύου διανομής χαμηλής τάσης**  
 **$I$ : ρεύμα προς γη λόγω αποκοπής αγωγού**  
 **$l$ : μήκος γραμμής**  
**Ασφάλεια γραμμής 80 A**  
**Μετασχηματιστής : 100 kVA, 20 kV/400 V**

### 3.3.3 Υπολογισμός της αύξησης της θερμοκρασίας στην αντίσταση επαφής

Εξετάζεται η περίπτωση κατά την οποία το τμήμα του αγωγού που έπεσε στο έδαφος είναι προς την πλευρά του μετασχηματιστή, γιατί τότε μόνο μπορεί να υπάρξει ροή ρεύματος προς γη.

Ο υπολογισμός του ρεύματος προς γη λόγω πτώσης του αγωγού έγινε, ως αναφέρθηκε, με συμμετοχή όλων των αντιστάσεων που συνθέτουν το κύκλωμα. Όμως, η θερμική ισχύς  $P$  επί του εδάφους, η οποία έχει σημασία για τα φαινόμενα που μπορεί να εκδηλωθούν εκεί, προέρχεται μόνο από την αντίσταση  $R_{\gamma\eta\varsigma}$ .

Έπεται:

$$P \approx I^2 R_{\gamma\eta\varsigma}$$

Έτσι, υπό την προϋπόθεση θερμικής ισορροπίας στον αγωγό ισχύει:

$$I^2 R_{\gamma\eta\varsigma} = P_{\alpha}$$

Όπου  $P_a$  η απαγόμενη θερμική ισχύς, για την οποία ισχύει η σχέση:

$$P_a = K B \Delta\theta$$

όπου:

$K = 7 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$  υπό συνθήκες άπνοιας,

$B$  η επιφάνεια αγωγιμότητας της θερμότητας και

$\Delta\theta$  η αύξηση της θερμοκρασίας ως προς τη θερμοκρασία περιβάλλοντος.

Αν θεωρηθεί ότι, λόγω του ύψους ανάρτησης της γραμμής επί του ξύλινου στύλου, το μήκος του αγωγού επί του εδάφους είναι  $l_p - 10$  μέτρα (όπου  $l_p$  το μήκος της γραμμής από τον προηγούμενο στύλο μέχρι τη θέση αποκοπής, και δέκα μέτρα το ύψος του στύλου στη χαμηλή τάση), τότε η επιφάνεια  $B$  είναι:

$$B \approx \pi D_c (l_p - 10) = \pi \sqrt{\frac{4A}{\pi}} (l_p - 10)$$

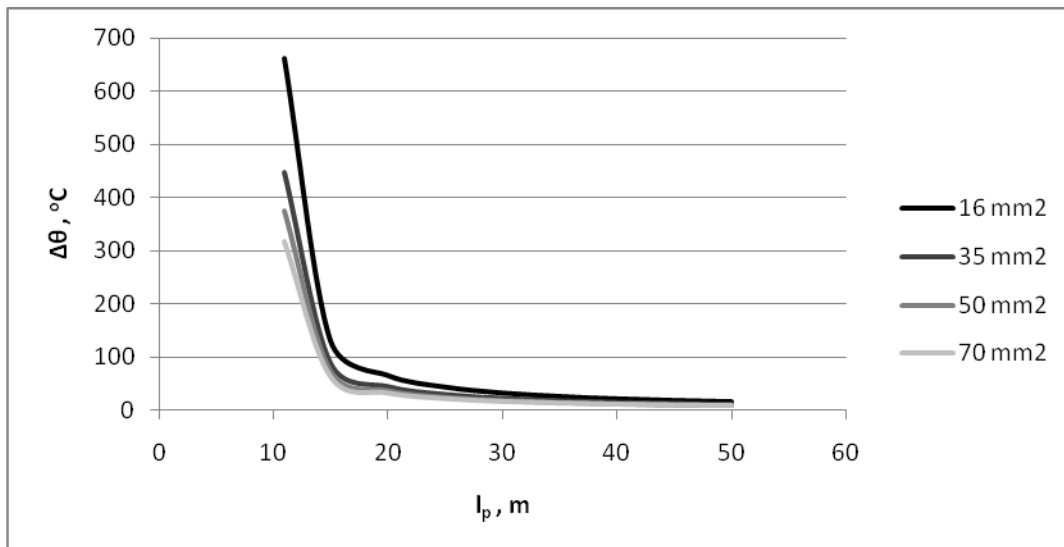
όπου  $D_c$  η διάμετρος του αγωγού και  $A$  η διατομή του. Μέγιστη τιμή για το  $l_p$  έχουν θεωρηθεί τα 50 m που είναι η απόσταση μεταξύ δύο στύλων.

Από τις τρεις προηγούμενες σχέσεις έπεται ότι:

$$\Delta\theta = \frac{I^2 R_c}{24.8(l_p - 10)\sqrt{A}}$$

Σύμφωνα με τα ανωτέρω, τα αποτελέσματα των υπολογισμών της τιμής  $\Delta\theta$  επί του εδάφους, λόγω αποκοπής γυμνού αγωγού αλουμινίου (ηλεκτροδοτούμενου μέσω ασφάλειας 80 A από μετασχηματιστή 100 kVA), αναλόγως της διατομής του (ισοδύναμης χαλκού: 16, 35, 50, και 70 mm<sup>2</sup>) και του μήκους του, δίνονται στο σχήμα 3.3-4. Χρησιμοποιήθηκε αντίσταση διάβασης ίση με 20 Ω καθώς δίνει τις μεγαλύτερες θερμοκρασίες για το εύρος αντιστάσεων 20 ÷ 400 Ω που είναι συνηθισμένο στην πράξη.

Παρόμοια αποτελέσματα με αυτά των σχημάτων 3.3-2 και 3.3-4 που αφορούν ενδεικτικά το μετασχηματιστή των 100 kVA δίνονται και για τους υπόλοιπους μετασχηματιστές διανομής.



**Σχήμα 3.3-4:** Χαρακτηριστικές  $\Delta\theta = f(l_p)$  για τους γυμνούς αγωγούς αλουμινίου του δικτύου διανομής χαμηλής τάσης

$\Delta\theta$ : η αύξηση της θερμοκρασίας επί του εδάφους ως προς τη θερμοκρασία περιβάλλοντος

$l_p$ : μήκος γραμμής μεταξύ δύο στύλων

Ασφάλεια γραμμής 80 A

Μετασχηματιστής: 100 kVA, 20 kV/400 V

Αντίσταση διάβασης 20 Ω

**Σημείωση:** Οι διατομές των αγωγών που δίνονται στο σχήμα είναι ισοδύναμες χαλκού

### 3.3.4 Σχόλια

Από τους υπολογισμούς  $I = f(l)$  φαίνεται ότι κατά την αποκοπή αγωγού για συνολικές τιμές της αντίστασης  $R \leq 1\Omega$  η τιμή της έντασης βραχυκυκλώσεως είναι πολύ μεγάλη και συμβαίνει τήξη της ασφάλειας στον πίνακα του υποσταθμού σε κλάσμα του δευτερολέπτου. Όμως, για  $R = 10\Omega$  έως  $3000\Omega$  ή  $R = \infty$  εάν ο αγωγός παραμένει αιωρούμενος στον αέρα, δεν προκαλείται τήξη της ασφάλειας, αφού το ρεύμα προς γη είναι μικρότερο του ονομαστικού ρεύματος των 80 A της ασφάλειας. Στις περιπτώσεις αυτές υπάρχει άμεσος κίνδυνος ηλεκτροπληξίας για τον άνθρωπο αν έρθει σε επαφή με τον αγωγό, όπως συνέβη στις περιπτώσεις που αναφέρθηκαν στην παρ. 3.3.1.

Από τις χαρακτηριστικές  $\Delta\theta = f(l_p)$  του σχήματος 3.3-4 και τις θερμοκρασίες ανάφλεξης διαφόρων υλικών κατά τον πίνακα 3-1 φαίνεται ότι κατά την πτώση του αγωγού στο έδαφος αναπτύσσονται θερμοκρασίες στην επιφάνεια του εδάφους, που μπορούν να προκαλέσουν πυρκαγιά αν υπάρχει στη θέση πτώσης του αγωγού διαθέσιμη καύσιμη ύλη.

Επίσης από τις χαρακτηριστικές του σχήματος 3.3-4 φαίνεται ότι μεγαλύτερη θερμοκρασία αναπτύσσεται όταν μικρότερο μήκος του αγωγού ακουμπά στο έδαφος.

Από τους υπολογισμούς της διαφοράς θερμοκρασίας που έχουν γίνει για τις διάφορες αντιστάσεις επαφής φαίνεται ότι μεγάλες θερμοκρασίες αναπτύσσονται για αντιστάσεις μικρότερες των 200 Ω.

Υλικό	Θερμοκρασία ανάφλεξης σε °C
Εφημερίδα	185
Μαλλί	228 έως 264
PVC	391
Χαρτί	230
Πευκόξυλο	228 έως 264

**Πίνακας 3-1: Θερμοκρασία ανάφλεξης ορισμένων υλικών**

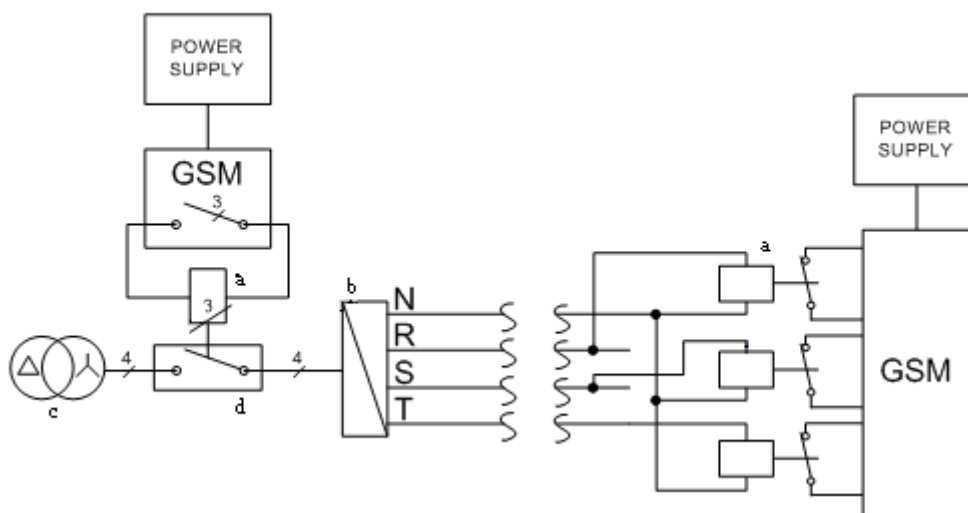
Συνεπώς η αποκοπή ενός ή περισσότερων αγωγών του δικτύου διανομής χαμηλής τάσης, εγκυμονεί κινδύνους ηλεκτροπληξίας για τον άνθρωπο και παράλληλα μπορεί να αποτελέσει και αιτία πυρκαγιάς. Γι' αυτό επιβάλλεται η λήψη μέτρων, τα οποία θα πρέπει να εφαρμοστούν άμεσα για την προστασία των ανθρώπων και του περιβάλλοντος.

### **3.3.5 Μία μέθοδος προστασίας του ανθρώπου και του περιβάλλοντος κατά την αποκοπή αγωγού του δικτύου διανομής χαμηλής τάσης**

Εκ των προαναφερθέντων συμπεραίνεται ότι χρειάζεται να γίνει σχετική πρόβλεψη στους κανονισμούς, ώστε να αποκλείονται οι προαναφερθείσες δυσμενείς επιπτώσεις για τον άνθρωπο και το περιβάλλον.

Η προστασία μπορεί να γίνει με ένα ηλεκτρονόμο 230 V ανά φάση, που διαθέτει μία κλειστή επαφή (NC) (σχήμα 3.3-5). Όπως φαίνεται στο σχήμα οι ηλεκτρονόμοι συνδέονται σε διαφορετική φάση ο καθένας και στον ουδέτερο. Οι συνδέσεις αυτές πρέπει να γίνουν στον τελευταίο στύλο της γραμμής. Επομένως, σε περίπτωση αποκοπής ενός αγωγού ο αντίστοιχος ηλεκτρονόμος δεν θα έχει τάση και γι' αυτό θα κλείσει η επαφή του, με αποτέλεσμα την ενεργοποίηση ενός συστήματος GSM, που θέτει εκτός λειτουργίας έναν αυτόματο γενικό διακόπτη παροχής τάσης προς τον πίνακα χαμηλής τάσης και ειδοποιεί τους μηχανικούς υπηρεσίας μέσω

άμεσης κλήσης στο κέντρο ελέγχου. Η τοποθεσία του σφάλματος μπορεί να καθοριστεί μέσω του αριθμού της κάρτας SIM που αντιστοιχεί σε κάθε σύστημα. Το σύστημα GSM τροφοδοτείται από μπαταρία επαναφορτιζόμενη από το δίκτυο. Συνεπώς, απαιτείται περιοδική συντήρηση και αντικατάσταση της μπαταρίας. Ο προαναφερθείς διακόπτης μπορεί να εγκατασταθεί σε μεταλλικό κιβώτιο συναρμολογημένο πάνω στην οροφή του πίνακα ή στον στύλο. Σημειώνεται ότι συστήματα GSM είναι διαθέσιμα στο εμπόριο, τα οποία βρίσκουν ήδη εφαρμογές σε άλλες ηλεκτρικές εγκαταστάσεις. Εννοείται ότι το σύστημα GSM, που θα χρησιμοποιηθεί, πρέπει να παρέχει δυνατότητα απενεργοποίησής του σε περιπτώσεις αποκατάστασης βλαβών και εργασίες σύνδεσης νέων παροχών.



**Σχήμα 3.3-5: Ενεργοποίηση συστήματος GSM σε περίπτωση αποκοπής αγωγού**  
**a. Ηλεκτρονόμος,**  
**b. Πίνακας διανομής χαμηλής τάσης,**  
**c. Μετασχηματιστής 20 kV/400 V,**  
**d. Αυτόματος διακόπτης**

### 3.3.6 Συμπεράσματα

Σε περίπτωση αποκοπής και πτώσης στο έδαφος γυμνού αγωγού αλουμινίου του δικτύου διανομής χαμηλής τάσης, υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να μην τηχθεί η ασφάλεια, με αποτέλεσμα τη διακινδύνευση της ανθρώπινης ζωής ή την πρόκληση πυρκαγιάς (αν υπάρχουν εύφλεκτα υλικά στην περιοχή). Για να αντιμετωπιστούν αυτοί οι κίνδυνοι, προτάθηκε μια μέθοδος προστασίας η οποία απενεργοποιεί άμεσα την γραμμή σε περίπτωση αποκοπής ενός ή περισσοτέρων αγωγών.

## 3.4 Βιβλιογραφία

- [1] Halevidis C.D., Anagnostatos S.D., Polykrati A.D., Koufakis E.I., Bourkas P.D., Proposal of a protection method against probable consequences to humans and the

environment from short-circuit or abruption, IET, Generation, Transmission & Distribution, accepted for publication.

- [2] Π.Δ. Μπούρκας, Κ.Γ. Καραγιαννόπουλος, Εφαρμογές ηλεκτρολογικών εκθέσεων πραγματογνωμοσύνης σε βιομηχανικές και κτηριακές εγκαταστάσεις Ε.Μ. Πολυτεχνείου 2011.

Βιβλιογραφία που δίνεται στην εργασία [1] ανωτέρω:

- Μπούρκας Π.Δ., Καραγιαννόπουλος Κ.Γ. Εφαρμογές Κτιριακών και Βιομηχανικών Εγκαταστάσεων, Εκδόσεις Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, Αθήνα 1998
- Κανονισμός ΟΔ-22/ΔΕΔ-ΤΤΕ Δ-4/ 4-7-88 της ΔΕΗ
- Psarros, E.G., Polykrati, A.D., Karagiannopoulos, C.G., and Bourkas, P.D.: ‘A Model for Calculating the Temperature of Aluminium Particles Ejected from Overhead Low-voltage Lines owing to a Short-Circuit’, International Journal of Wildland Fire, 2009, 18, (6), pp. 722-726
- Ψαρρός Ε., Υπαίθριες Γραμμές Διανομής Χαμηλής Τάσης σε Περιβάλλον Πυρκαγιών, Διδακτορική Διατριβή, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα 2009
- IEC 60865-1: ‘Short-circuit Currents – Calculation of Effects – Part 1’, 1993
- Kuffel, E., Zaengl, W.S., and Kuffel, J.: ‘High Voltage Engineering: Fundamentals’ (Newnes, 2nd edn., 2000)
- Naidu, M.S., and Kamaraju, V.: ‘High Voltage Engineering’ (McGraw-Hill, 2nd edn., 1996)
- Μπούρκας Π.Δ., Καραγιαννόπουλος Κ.Γ, Βιομηχανικές Διατάξεις και Υλικά, Εκδόσεις Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, Αθήνα 2003
- Philippow, E.: ‘Taschenbuch Elektrotechnik’ (VEB Verlag Technik, 2nd edn., 1966)
- ‘Hütte Taschenbuch für Betriebsingenieure (Betriebshutte), Band II’ (Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn, 4th edn., 1954)
- Holm, R.: ‘Electric Contacts. Theory and Applications’ (Springer-Verlag, 4th edn., 1979)
- Β. Σελούντος, Σ. Περδιός, Γ. Παπαϊωάννου και Κ. Χασιανάκος, Πυρασφάλεια, εφαρμοσμένη πυροπροστασία και στοιχεία πυρόσβεσης, Εκδόσεις Φοίβος, Αθήνα 1998
- Cote, A.E.: ‘Fire Protection Handbook’ (National Fire Protection Association, 17th edn., 1992)
- Babrauskas, V.: ‘Ignition Handbook’ (Fire Science Publishers and Society of Fire Protection Engineers, 2003)



## 4 Μέσα προστασίας στην εγκατάσταση του καταναλωτή

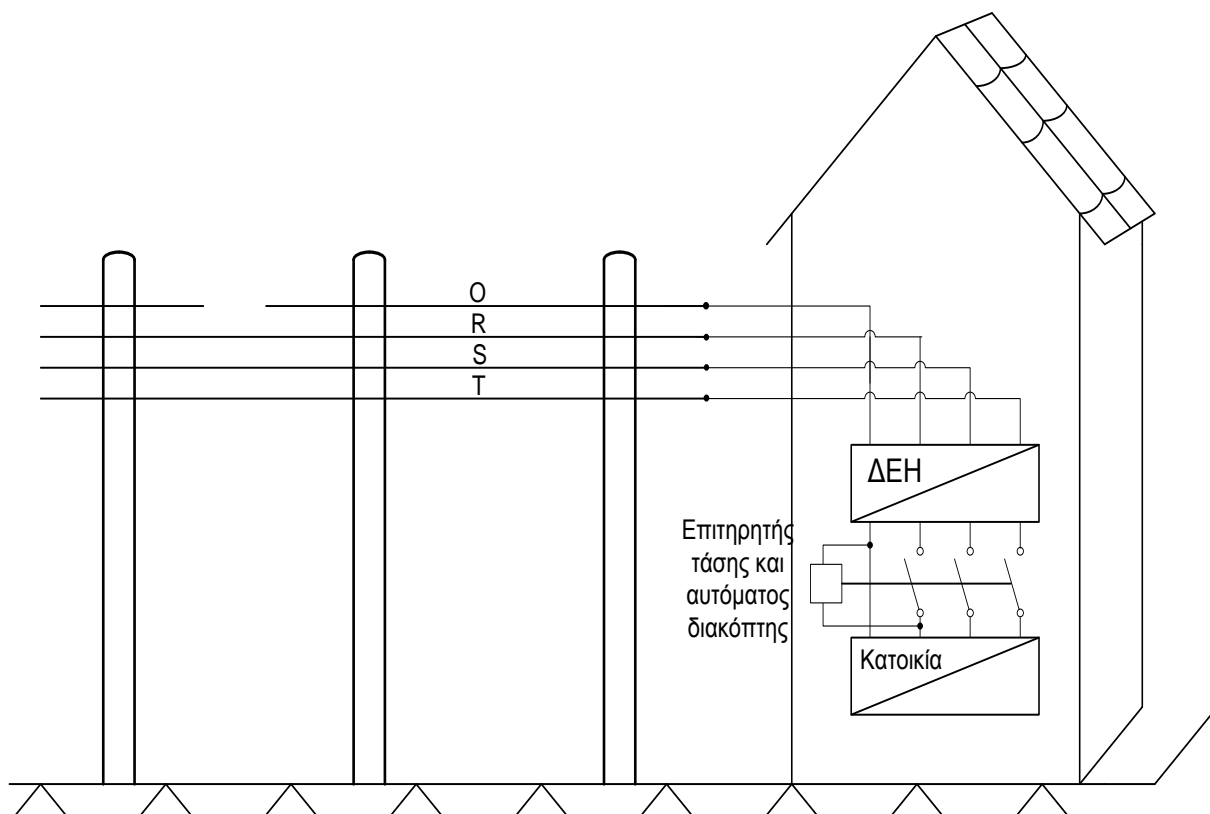
### 4.1 Μέσα προστασίας στην εγκατάσταση του καταναλωτή από την αποκοπή του αγωγού του ουδετέρου ή αποκοπή αγωγού (ή αγωγών) φάσεως στη γραμμή διανομής χαμηλής τάσης της ΔΕΗ

Σύμφωνα με το ΦΕΚ 470/β/5-3-2004 (που επικυρώνει το πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384/2002) ο καταναλωτής πρέπει να προστατεύει την ηλεκτρική εγκατάστασή του με δικά του μέσα. Επειδή ο καταναλωτής δεν μπορεί να έχει τις εξειδικευμένες γνώσεις για να προβλέψει τα μέσα προστασίας στην εγκατάστασή του, είναι αποκλειστική ευθύνη του εγκαταστάτη ηλεκτρολόγου, ο οποίος υποβάλλει στη ΔΕΗ την κατά το νόμο απαιτούμενη «ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΔΗΛΩΣΗ» ότι έχει εγκαταστήσει ότι απαιτείται για την προστασία της εγκατάστασης από την αποκοπή του αγωγού του ουδετέρου της γραμμής διανομής της ΔΕΗ. Θα πρέπει να σημειωθεί, ότι η διαδικασία αυτή μέσω της προαναφερθείσας υπεύθυνης δήλωσης, κάθε άλλο παρά τυπική πρέπει να θεωρείται, γιατί δεν προβλέπεται άλλη διαδικασία εξασφάλισης του καταναλωτή (κάποτε γινόταν έλεγχος από τη ΔΕΗ, ο οποίος όμως έχει καταργηθεί εδώ και αρκετά χρόνια). Στην πράξη (επειδή αφ' ενός ο καταναλωτής δεν γνωρίζει ότι για την ασφαλή λειτουργία της εγκατάστασής του επιβάλλεται η ανάληψη των ευθυνών από τον εγκαταστάτη και αφ' ετέρου εξυπηρετεί τον εγκαταστάτη να μην έχει ευθύνες), πολλές εγκαταστάσεις δε διαθέτουν τα απαιτούμενα μέσα προστασίας. Έτσι, έχουν υπάρξει περιπτώσεις που θεωρήθηκε από καταναλωτές, αλλά και από πραγματογνώμονες μηχανικούς (και κατά συνέπεια από δικαστήρια), ότι ευθύνεται το δίκτυο. Αναφέρεται ως παράδειγμα δικαστική απόφαση του 2009 του Εφετείου Πατρών, όπου αγνοήθηκε πλήρως η ανυπαρξία ισοδυναμικών συνδέσεων (οι οποίες αν υπήρχαν δεν θα είχε εκδηλωθεί πυρκαγιά σε μία κατοικία στη Λευκάδα). Επίσης, η ανυπαρξία ισοδυναμικών συνδέσεων είχε ως αποτέλεσμα να συμβεί θανατηφόρα ηλεκτροπληξία σε ένα μπάνιο γιατί κόπηκε ο ουδέτερος του δικτύου και η εγκατάσταση της κατοικίας δεν διέθετε τα απαιτούμενα μέσα προστασίας. Εσφαλμένες απόψεις διατυπώνονται επίσης και με τις βλάβες ορισμένων ηλεκτρονικών συσκευών, όπου οι βλάβες αποδίδονται σε αποκοπή του ουδετέρου του δικτύου, χωρίς να λαμβάνεται υπ' όψη το γεγονός ότι δεν υπήρχαν μέσα προστασίας στην εγκατάσταση του καταναλωτή.

Ακολουθώς δίνονται μέθοδοι στην εγκατάσταση του καταναλωτή, που εξασφαλίζουν προστασία της εγκατάστασης και των ηλεκτρικών-ηλεκτρονικών συσκευών από την αποκοπή του ουδετέρου της ΔΕΗ και γενικότερα την αποκοπή αγωγού (ή αγωγών). Όπως φαίνεται στα παρακάτω σχήματα, αυτό επιτυγχάνεται με το να ελέγχεται η ηλεκτροδότηση του πηνίου ενός ηλεκτρονόμου επιτήρησης τάσης, ο οποίος τοποθετείται στον πίνακα του καταναλωτή.

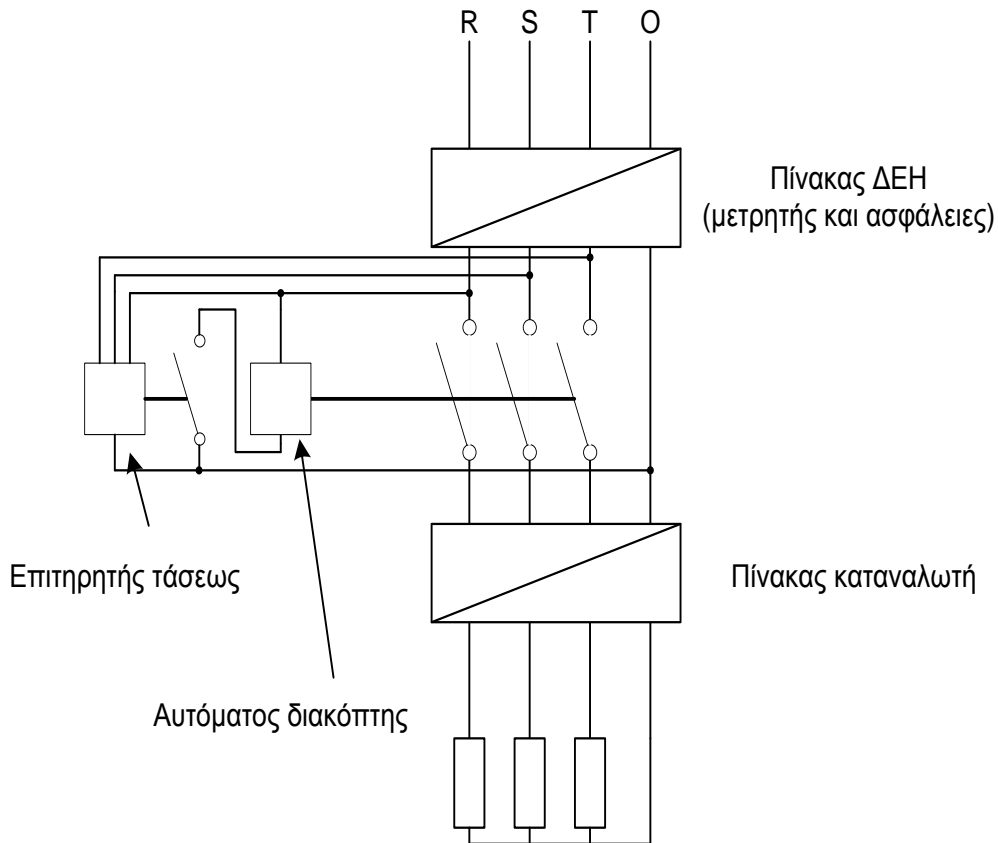
Στο σχήμα 4.1-1 δίνεται ένα παράδειγμα προστασίας στην εγκατάσταση του καταναλωτή κατά την αποκοπή του αγωγού του ουδετέρου. Όπως φαίνεται στο σχήμα αυτό, η προστασία επιτυγχάνεται μέσω ηλεκτρονόμου επιτήρησης στον πίνακα του καταναλωτή, ο οποίος σε περίπτωση αποκοπής του ουδετέρου προκαλεί αυτομάτως

διακοπή ρεύματος. Ο εν λόγω ηλεκτρονόμος πρέπει να εγκαθίσταται (ή να συνδέεται) στο γενικό πίνακα του καταναλωτή μετά τις γενικές ασφάλειες.



**Σχήμα 4.1-1: Προστασία της εγκατάστασης και των μηχανημάτων του καταναλωτή (ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών) μέσω ηλεκτρονόμου επιτήρησης κατά την αποκοπή του αγωγού του ουδετέρου του δικτύου**

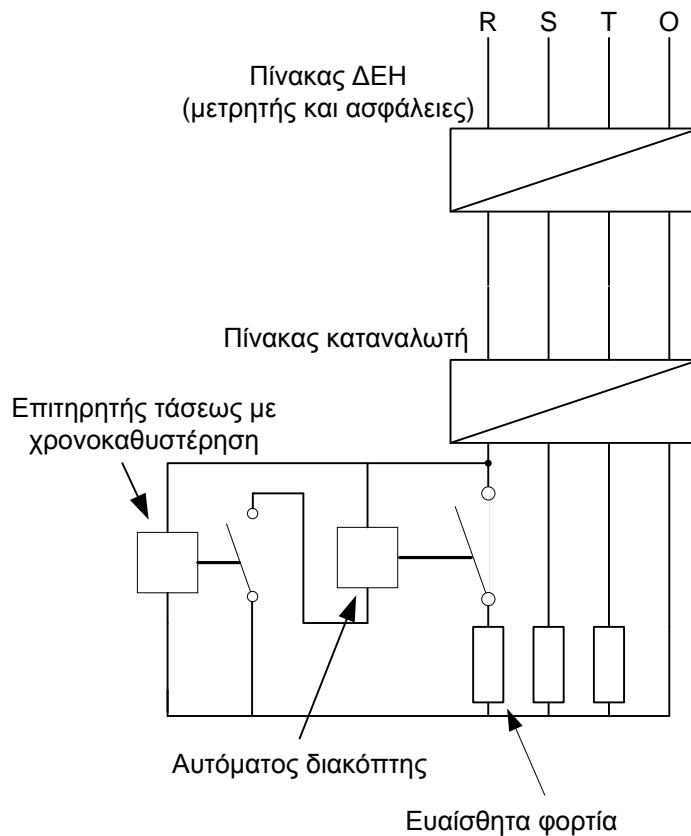
Στο σχήμα 4.1-2 επεξηγείται το προηγούμενο σχήμα. Η εγκατάσταση του καταναλωτή προστατεύεται τόσο από την αποκοπή του ουδετέρου της γραμμής της ΔΕΗ, όσο και από την αποκοπή αγωγού (ή αγωγών) φάσεως. Αυτό επιτυγχάνεται με έναν ηλεκτρονόμο επιτήρησης τάσης ο οποίος είναι σε αλυσίδα εκκίνησης με έναν αυτόματο διακόπτη. Ο προαναφερθείς εξοπλισμός πρέπει να εγκαθίσταται (ή να συνδέεται) στον γενικό πίνακα του καταναλωτή μετά τις γενικές ασφάλειες.



**Σχήμα 4.1-2: Κύκλωμα ηλεκτρονόμου επιτήρησης τάσης και ενός αυτόματου διακόπτη για προστασία της εγκατάστασης και των μηχανημάτων του καταναλωτή από την αποκοπή του αγωγού του ουδετέρου της γραμμής της ΔΕΗ ή από την αποκοπή αγωγού (ή αγωγών) φάσεως**

Στο σχήμα 4.1-3 δίνεται ένα κύκλωμα που επίσης προστατεύει τα ευαίσθητα φορτία του καταναλωτή (όπως κλιματιστικά, ηλεκτρονικές συσκευές κ.λπ.) τόσο από την αποκοπή του ουδετέρου της γραμμής της ΔΕΗ, όσο και από την αποκοπή αγωγού (ή αγωγών) φάσεως. Αυτό επιτυγχάνεται πάλι με έναν ηλεκτρονόμο επιτήρησης τάσης, ο οποίος διαθέτει χρονική καθυστέρηση. Ο εν λόγω εξοπλισμός πρέπει να εγκαθίσταται (ή να συνδέεται) στον πίνακα του καταναλωτή μετά την ασφάλεια της γραμμής προς τον ευαίσθητο εξοπλισμό.

Είναι φανερό ότι με τον ηλεκτρονόμο επιτήρησης τάσης επιτυγχάνεται και προστασία του ηλεκτροτεχνικού εξοπλισμού του καταναλωτή και από διακυμάνσεις της τάσης. Επίσης, η προστασία των επιμέρους συσκευών του καταναλωτή από διακυμάνσεις της τάσης μπορεί να γίνει τοπικά μέσω σταθεροποιητών, όπου απαιτείται.



**Σχήμα 4.1-3: Κύκλωμα ηλεκτρονόμου επιτήρησης τάσης με χρονοκαυστήρηση για προστασία των ευαίσθητων μηχανημάτων του καταναλωτή από την αποκοπή του αγωγού του ουδετέρου της γραμμής της ΔΕΗ ή από την αποκοπή αγωγού (ή αγωγών) φάσεως**

## 4.2 Βιβλιογραφία

- [1] Π.Δ. Μπούρκας, Κ.Γ. Καραγιαννόπουλος, Εφαρμογές ηλεκτρολογικών εκθέσεων πραγματογνωμοσύνης σε βιομηχανικές και κτιριακές εγκαταστάσεις Ε.Μ. Πολυτεχνείου 2011.

## 5 Διακυμάνσεις τάσης

### 5.1 Γενικά για τις διακυμάνσεις της τάσης σε σχέση με τα εμπλεκόμενα μέρη

Όταν αγοράζει κανείς μία ηλεκτρική συσκευή (π.χ. τηλεόραση, στερεοφωνικό συγκρότημα, τοπική κλιματιστική μονάδα, ψυγείο, ηλεκτρική κουζίνα, κ.λπ.), είναι επόμενο να τη βάλει με μεγάλη ευχαρίστηση σε λειτουργία στο σπίτι του όσο πιο γρήγορα γίνεται. Όμως, σε ορισμένες περιπτώσεις (κυρίως σε ηλεκτρονικές συσκευές και κλιματιστικά διαιρούμενου τύπου που περιλαμβάνουν ηλεκτρονικά), κάποια μέρα σταματά να εργάζεται η συσκευή και τότε με απορία και διαμαρτυρίες επικοινωνεί ο αγοραστής με το τμήμα επισκευών, που του υποδεικνύει ο προμηθευτής, όπου συχνά του δίνονται οι παρακάτω ερμηνείες: «*Το δίκτυο έχει υπέρταση ή βύθιση τάσης ή συμβαίνουν διακυμάνσεις της τάσης, που προκάλεσαν βλάβη στην συσκευή*». Η ερμηνεία αυτή συνοδεύεται συνήθως με αναφορά και άλλων περιπτώσεων βλαβών για τους ίδιους λόγους. Ως επακόλουθο των ερμηνειών αυτών ο καταναλωτής απευθύνεται στη δικαιοσύνη. Το θέμα αυτό αποκτά πολύ μεγάλες διαστάσεις αν πρόκειται για εκδήλωση πυρκαγιάς από τη συσκευή, όπου εκτός από την εταιρία ηλεκτρισμού, μπορεί να θεωρηθεί ως υπεύθυνος τόσο ο κατασκευαστής των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων όσο και ο κατασκευαστής της συσκευής. Οι πραγματογνώμονες μηχανικοί που διορίζονται από τα εμπλεκόμενα μέλη έχουν συνήθως αντικρουόμενες απόψεις που δυστυχώς δε διευκολύνουν το έργο της δικαιοσύνης. Επειδή τέτοια θέματα απασχολούν όλο και περισσότερο, εξετάζεται ακολούθως κατά πόσο ευσταθούν οι ερμηνείες που προαναφέρθηκαν περί υπαιτιότητας της εταιρίας ηλεκτρισμού ή του εγκαταστάτη ή αν ευθύνεται ο κατασκευαστής της συσκευής για την βλάβη ή την πυρκαγιά.

### 5.2 Προϋποθέσεις για τη σωστή λειτουργία των κτηριακών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων και των ηλεκτρικών συσκευών.

Ο αγοραστής μίας συσκευής, η οποία έχει καεί (ή έχει υποστεί απρόσμενα βλάβη), δεν έχει ούτε την κρατική πληροφόρηση ούτε τις εξειδικευμένες γνώσεις για να διακρίνει ποιος ευθύνεται. Έτσι, οι προαναφερθείσες ερμηνείες που του δίνονται από το τμήμα επισκευών του προμηθευτή, σε συνδυασμό τόσο με την κακή εμπειρία που έχει από τις γραφειοκρατικές συναλλαγές του με υπηρεσίες οργανισμών (όπου εντάσσει και την εταιρία ηλεκτρισμού, αδιάφορο αν λειτουργεί με κριτήρια δημόσιου ή ιδιωτικού δικαίου), τον κάνουν να πιστεύει ότι για τη βλάβη του μηχανήματός του φταίει η εταιρία ηλεκτρισμού, χωρίς να αποκλείει ότι μπορεί να ευθύνεται και ο κατασκευαστής της ηλεκτρικής εγκατάστασής του σε περίπτωση που έχουν γίνει εργασίες που δεν εγκρίθηκαν αρμοδίως. Η απόφαση όμως δεν πρέπει να είναι έτσι απλή (τουλάχιστον σε επίπεδο πραγματογνωμόνων) γιατί χρειάζεται να ξέρει κανείς αν υπήρχαν οι απαιτούμενες προϋποθέσεις για τη σωστή λειτουργία τόσο των

ηλεκτρικών εγκαταστάσεων (του δικτύου και του κτηρίου) όσο και των συσκευών, που ηλεκτροδοτούνται από αυτές. Θα πρέπει πάντως να σημειωθεί, ότι νομοθετικά η προστασία σε ηλεκτρικές κτηριακές εγκαταστάσεις από τα ρεύματα διαρροής, τις διακυμάνσεις της τάσης, τις υπερτάσεις, κ.λπ. πρέπει να γίνεται με μέσα του καταναλωτή και όχι της ΔΕΗ (βλέπετε Υπουργική Απόφαση Φ.7.5./1816/88, ΦΕΚ 470/Β/5-3-2004 που επικυρώνει το Πρότυπο ΕΛΟΤ HD384/2002).

Στη συνέχεια εξετάζονται οι προϋποθέσεις, που πρέπει να πληρούν η εγκατάσταση και οι συσκευές (ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές) σε σχέση με το δίκτυο.

### 5.2.1 Η μονωτική ικανότητα και η γείωση μίας ηλεκτρικής εγκατάστασης

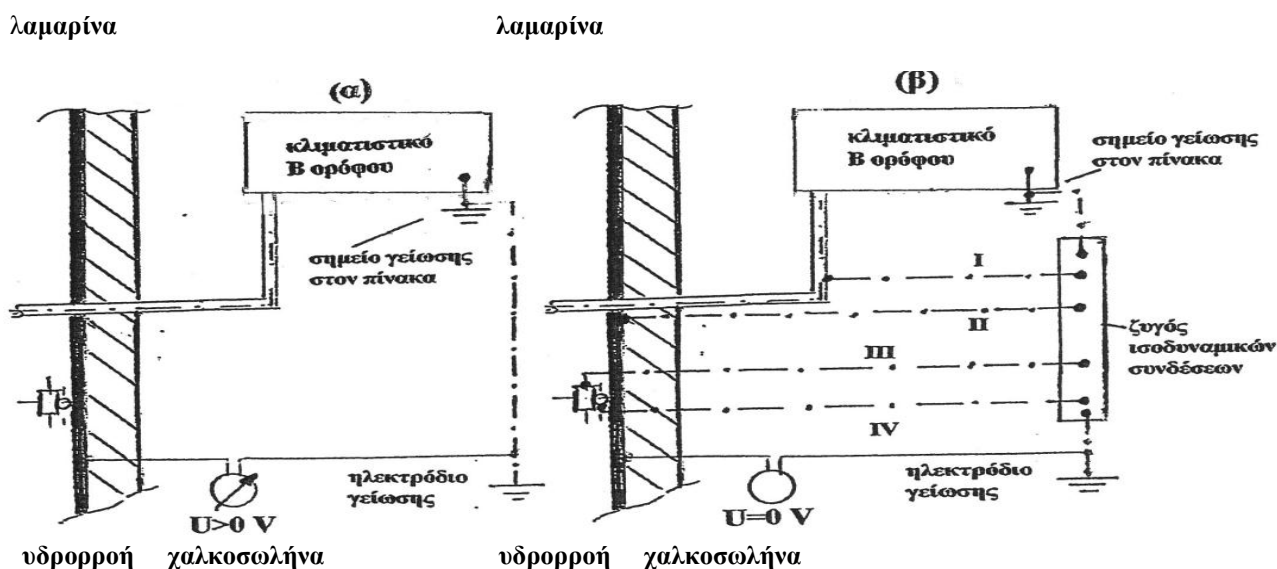
Πριν τεθεί υπό τάση μία νέα εγκατάσταση (ή μία εγκατάσταση στην οποία έγιναν τροποποιήσεις) πρέπει να γίνει μέτρηση της αντίστασης μόνωσης και της αντίστασης γείωσης και να διαπιστώνεται η ύπαρξη ισοδυναμικών συνδέσεων.

Η αντίσταση γείωσης πρέπει να έχει θεωρητικά μηδενική τιμή, όμως, επειδή αυτό δεν είναι δυνατό να γίνει στην πράξη, μία τιμή μερικών Ω ικανοποιεί τις πρακτικές εφαρμογές. Επίσης, σημειώνεται ότι από το 2006 πρέπει να υπάρχει στην εγκατάσταση διακόπτης διαφυγής έντασης και θεμελιακή γείωση.

Για την αντίσταση μόνωσης ισχύει γενικά ότι πρέπει να είναι τουλάχιστον 1000 Ω/V, δηλαδή να είναι τουλάχιστον 400 kΩ για πολική τάση 400 V ή τουλάχιστον 230 kΩ για φασική τάση 230 V.

Οι ισοδυναμικές συνδέσεις είναι άκρως απαραίτητες γιατί προστατεύουν από διαρροές ρεύματος προς τις διάφορες μεταλλικές επιφάνειες, όπως: μεταλλικό περίβλημα ηλεκτρικών συσκευών, δίκτυο νερού, δίκτυο θέρμανσης, μεταλλική επένδυση τοίχου, κ.λπ. Για το λόγο αυτό συνδέονται με το ηλεκτρόδιο γείωσης τα μεταλλικά μέρη του κτηρίου και του ηλεκτροτεχνικού εξοπλισμού του (συμπεριλαμβανομένου και του μεταλλικού οπλισμού του σκυροδέματος). Σε μία ηλεκτρική εγκατάσταση κτηρίου που δεν υπάρχει διακόπτης διαφυγής έντασης στον πίνακα (όπως συμβαίνει π.χ. στην Ελλάδα σε αρκετές κατοικίες πριν το έτος 2006 γιατί δεν ήταν τότε υποχρεωτική η τοποθέτηση διακόπτη διαφυγής έντασης) η ανυπαρξία ισοδυναμικών συνδέσεων μπορεί να γίνει αιτία βλάβης ή πυρκαγιάς σε μία ηλεκτρονική (ή ηλεκτρική συσκευή) ή και να προκαλέσει ακόμα θανατηφόρα ηλεκτροπληξία στον άνθρωπο. Σε μία π.χ. ηλεκτρική εγκατάσταση κατοικίας, που δεν υπάρχει διακόπτης διαφυγής έντασης και οι σωλήνες του νερού δε φέρουν ισοδυναμική σύνδεση, εγκυμονεί κίνδυνος θανατηφόρας ηλεκτροπληξίας στο μπάνιο, αν για κάποιο λόγο συμβεί διαρροή ρεύματος προς σωλήνα του νερού. Επίσης, ένα τοπικό κλιματιστικό διαιρούμενου τύπου μπορεί να πάρει φωτιά από διαρροή ρεύματος προς τα μεταλλικά του, επειδή στην ηλεκτρική εγκατάσταση δεν υπήρχε ούτε διακόπτης διαφυγής έντασης ούτε οι απαιτούμενες ισοδυναμικές συνδέσεις. Η παραπάνω περίπτωση του κλιματιστικού δείχνεται απλοποιημένα στο σχήμα 5.2-1. Σύμφωνα με αυτό, η διαρροή έγινε στο χαλκοσωλήνα διέλευσης ενός καλωδίου, στη θέση μεταξύ μίας υδρορροής αλουμινίου και μίας επένδυσης του τοίχου από γαλβανιζέ λαμαρίνα, με την οποία ήταν σε επαφή η χαλκοσωλήνα ενός διαιρούμενου

κλιματιστικού. Έτσι, επειδή δεν υπήρχαν ισοδυναμικές συνδέσεις (περίπτωση α), αναπτύχθηκαν διαφορές δυναμικού μεταξύ των διαφόρων μεταλλικών μερών και πήρε φωτιά μία πλακέτα του κλιματιστικού. Αυτό δε θα μπορούσε να συμβεί αν υπήρχαν οι απαιτούμενες ισοδυναμικές συνδέσεις (περίπτωση β). Θα πρέπει να σημειωθεί ότι και στα δύο προαναφερθέντα παραδείγματα δεν υπάρχουν ευθύνες στην εταιρία ηλεκτρισμού, αφού το ατύχημα οφείλεται σε σφάλματα στην εγκατάσταση του καταναλωτή.



**Σχήμα 5.2-1: Απλοποιημένο παράδειγμα ισοδυναμικών συνδέσεων**

**α)  $U > 0 \text{ V}$  επειδή δεν υπάρχουν ισοδυναμικές συνδέσεις**

**β)  $U = 0 \text{ V}$  λόγω ισοδυναμικών συνδέσεων**

**I, II, III, IV: ισοδυναμικές συνδέσεις**

Μετά από τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι ο καταναλωτής θα πρέπει να γνωρίζει, ότι προκειμένου να προστατευθούν οι ηλεκτρικές συσκευές του από σφάλματα της ηλεκτρικής εγκατάστασης του κτηρίου και πολύ περισσότερο για να μην υποστεί ο ίδιος ηλεκτροπληξία και να μη συμβεί πυρκαγιά στην συσκευή και κατ' επέκταση στο κτήριο, θα πρέπει να διαθέτει η ηλεκτρική εγκατάσταση διακόπτη διαφυγής έντασης και εκτός αυτού να έχουν γίνει οι απαιτούμενες ισοδυναμικές συνδέσεις. Για όλα αυτά μπορεί να είναι βέβαιος, όταν η εγκατάστασή του λειτουργεί με ευθύνη ηλεκτρολόγου εγκαταστάτη, ο οποίος μέσω της προβλεπόμενης από τον νόμο «υπεύθυνης δήλωσης» (η οποία υποβάλλεται στην εταιρία ηλεκτροδότησης) βεβαιώνει τα ανωτέρω. Επισημαίνεται ότι η εν λόγω υπεύθυνη δήλωση θα πρέπει να ανανεώνεται όταν γίνονται μετατροπές στην εγκατάσταση ή όταν παύει να ισχύει ο ισχύουσα νομοθεσία.

### **5.2.2 Η αξιοπιστία του ηλεκτροτεχνικού εξοπλισμού των εγκαταστάσεων και των ηλεκτρικών συσκευών που ηλεκτροδοτούν**

Εκτός των προαναφερθέντων, βασική προϋπόθεση για την σωστή λειτουργία του εξοπλισμού των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων ενός κτηρίου και των ηλεκτρικών συσκευών του (ηλεκτρική κουζίνα, ψυγείο, τηλεόραση, στερεοφωνικό, κ.λπ.), είναι να έχουν υποστεί τις απαιτούμενες δοκιμές, πριν διατεθούν στην αγορά προς χρήση και μάλιστα να έχουν ελεγχθεί σε λειτουργικές συνθήκες που αντιστοιχούν στις μελλοντικές μέγιστες καταπονήσεις στην πράξη. Οι δοκιμές αυτές, που συνήθως αποτελούν τη τελευταία φάση της παραγωγικής διαδικασίας, προβλέπονται στους κανονισμούς (VDE, IEC, EN, κ.λπ.) και διακρίνονται στις δοκιμές τύπου και στις δοκιμές σειράς [1, 2].

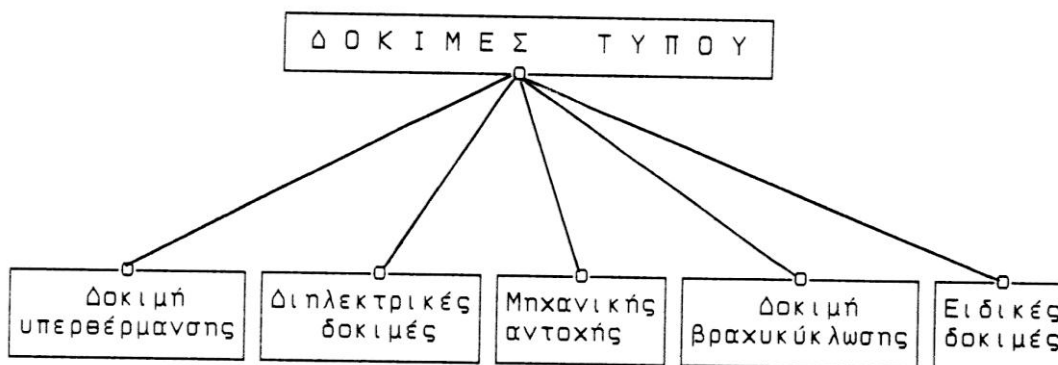
#### **α) Δοκιμές του ηλεκτροτεχνικού εξοπλισμού των κτηριακών εγκαταστάσεων**

Οι δοκιμές τύπου γίνονται σε περιορισμένο αριθμό των παραχθέντων και έτοιμων προς διάθεση προϊόντων (π.χ. για παραγωγή διακοπών 400 V/100 A, σε ένα μόνο τυχαίο δείγμα), ενώ οι δοκιμές σειράς πραγματοποιούνται σε όλα ανεξαιρέτως τα τεμάχια .

Οι δοκιμές τύπου δεν είναι ίδιες για κάθε ηλεκτροτεχνική κατασκευή, αλλά εξαρτώνται από το είδος της (πίνακας, καλώδιο, αποζεύκτης, ασφάλεια, ρελέ, κ.λπ.), τα ονομαστικά στοιχεία (τάση, ρεύμα, κ.λπ.) και τις συνθήκες λειτουργίας που πρόκειται να αντιμετωπίσει κατά περίπτωση στην εγκατάσταση. Για την κατανόηση των δοκιμών τύπου, που προβλέπονται στους διάφορους κανονισμούς, έχουν παρασταθεί στο σχήμα 5.2-2 συγκεντρωτικά οι κατηγορίες τους, οι οποίες πραγματοποιούνται όταν έχουν νόημα για την υπό έλεγχο κατασκευή (σε ένα μονωτήρα π.χ. δεν έχει νόημα η δοκιμή βραχυκύκλωσης, οι δοκιμές μηχανικής αντοχής αφορούν τις επαφές διακοπών κ.λπ.). Το σκεπτικό για την κατάταξη και διεξαγωγή των δοκιμών κατά το σχήμα 5.2-2 προήλθε από την ανάγκη να δοθεί μία αξιόπιστη απάντηση στις εξής βασικές ερωτήσεις για κάθε ηλεκτροτεχνική κατασκευή:

- 1) Μέχρι ποιο ρεύμα μπορεί να εργάζεται μία κατασκευή (ονομαστικό ρεύμα);
- 2) Ποιά είναι η τάση λειτουργίας της (ονομαστική τάση);
- 3) Τι απαιτήσεις μηχανικής αντοχής πρέπει να έχει;
- 4) Αντέχει η συσκευή το βραχυκύκλωμα μέχρι να γίνει διακοπή του από τα μέσα προστασίας του δικτύου;
- 5) Ποιές είναι οι ειδικές απαιτήσεις που θα χαρακτηρίζουν τη λειτουργία της;





**Σχήμα 5.2-2: Κατηγορίες των δοκιμών τύπου**

Οι απαντήσεις στους παραπάνω προβληματισμούς δίνονται με τη διεξαγωγή συγκεκριμένων δοκιμών τύπου που περιλαμβάνονται στους διάφορους κανονισμούς και είναι αντίστοιχα για τις τέσσερις πρώτες ερωτήσεις :

1. Η δοκιμή υπερθέρμανσης (ή ανύψωσης θερμοκρασίας).
2. Οι διηλεκτρικές δοκιμές.
3. Η δοκιμή μηχανικής αντοχής.
4. Η δοκιμή βραχυκύκλωσης.

Σε ότι αφορά την τελευταία ερώτηση οι δοκιμές, που χαρακτηρίστηκαν ως "ειδικές", περιλαμβάνονται επίσης αναλυτικά στους κανονισμούς, ανάλογα με την περίπτωση. Έτσι, η μέτρηση π.χ. των απωλειών ενός μετασχηματιστή, ο έλεγχος της ποιότητας βαφής ενός ηλεκτρικού πίνακα εξωτερικού χώρου κ.λπ., αποτελούν, κατά το παραπάνω σκεπτικό, ειδικές δοκιμές, γιατί αναφέρονται σε συγκεκριμένες ειδικές απαιτήσεις που καθορίζονται από το είδος και τη χρήση της κατασκευής.

Η δοκιμή υπερθέρμανσης (ή ανύψωσης της θερμοκρασίας) αφορά την εξακρίβωση του ονομαστικού ρεύματος (μέγιστο ρεύμα συνεχούς λειτουργίας) μίας κατασκευής. Η δοκιμή θεωρείται ότι είναι επιτυχής, όταν η θερμοκρασία δεν υπερβεί κάποιο συγκεκριμένο κατά τις προδιαγραφές όριο, που είναι της τάξεως  $50 \pm 60$  °C ως προς τη θερμοκρασία περιβάλλοντος.

Οι διηλεκτρικές δοκιμές στοχεύουν στην εξακρίβωση της ικανότητας μόνωσης. Η ονομαστική τάση (ή τάση σειράς) κάθε κατασκευής δεν μπορεί να είναι μία τυχαία τιμή, γιατί πρέπει να ανταποκρίνεται στην προδιαγεγραμμένη διαβάθμιση των τάσεων του δικτύου, που είναι π.χ.: 230V, 400 V, 20 kV, κ.λπ.). Οι μετρήσεις, που γίνονται για τον έλεγχο της ικανότητας μόνωσης, αφορούν κυρίως τις μέγιστες λειτουργικές καταστάσεις της κατασκευής (κυρίως υπερτάσεις από κεραυνούς και χειρισμούς), από τις οποίες επιβεβαιώνεται η στάθμη μόνωσης. Στη χαμηλή τάση (230 V, 400 V) μία εναλλασσόμενη τάση π.χ. 2,5 kV εφαρμοζόμενη επί 1 min, αφορά μεγάλο αριθμό του ηλεκτροτεχνικού εξοπλισμού των εγκαταστάσεων.

Η δοκιμή μηχανικής αντοχής αφορά κυρίως την ικανότητα σε ονομαστικό ρεύμα των επαφών των διακοπών μετά από ένα μεγάλο αριθμό χειρισμών, ενώ παράλληλα ελέγχεται η στιβαρότητα της κατασκευής (ενδεχομένως παραμορφώσεις των επαφών ή τυχόν αποσυναρμολογήσεις ή ακατάλληλα ελατήρια κ.λπ.). Ένας αποζεύκτης π.χ. 400 V/100A θα πρέπει να έχει μετά από 1000 πλήρεις κύκλους

χειρισμών την ίδια ικανότητα σε ονομαστικό ρεύμα (100 A). Μετά το πέρας δηλαδή της δοκιμής αυτής, θα πρέπει να γίνει η δοκιμή υπερθέρμανσης.

Τέλος, με τη δοκιμή σε τριπολικό βραχυκύκλωμα ελέγχεται η καταπόνηση μίας κατασκευής από τις μεγάλες δυνάμεις και θερμοκρασίες που αναπτύσσονται κατά το βραχυκύκλωμα. Η δοκιμή διαρκεί 1sec, αρκετό δηλαδή χρόνο, ως προς εκείνον ενεργοποίησης των μέσων προστασίας της εγκατάστασης, που είναι στην πράξη κλάσμα του sec. Η δοκιμή θεωρείται επιτυχής όταν, μετά το πέρας της, δεν έχουν αναιρεθεί η στάθμη μόνωσης και η ικανότητα σε ονομαστικό ρεύμα (δηλαδή, στη συνέχεια πραγματοποιούνται στο συγκεκριμένο δοκίμιο οι διηλεκτρικές δοκιμές και η δοκιμή υπερθέρμανσης).

Όταν ένα είδος ηλεκτροτεχνικού εξοπλισμού των εγκαταστάσεων δεν αντεπεξέλθει επιτυχώς κάποια από τις προβλεπόμενες δοκιμές τύπου και σειράς, τότε κρίνεται ακατάλληλο και η ζημιά για τον κατασκευαστή μπορεί να είναι αρκετά μεγάλη. Αναλογιστείτε σαν παράδειγμα τη διαμόρφωση του κόστους και τις καθυστερήσεις σε άλλες προγραμματισμένες κατασκευές, όταν το προσωπικό παραγωγής των προαναφερθέντων διακοπών ασχοληθεί με εργασίες επισκευής, γιατί η μόνωσή τους κατά τις δοκιμές βρέθηκε ακατάλληλη. Επειδή της παραγωγής προηγείται μελέτη και κατασκευή δείγματος (που έχει υποστεί επιτυχώς τις δοκιμές τύπου και σειράς), είναι φυσικό οι τυχόν αποτυχίες δοκιμών τύπου και σειράς να οφείλονται σε λάθη κατά την παραγωγική διαδικασία, ή ακόμα σε ελαττώματα που μπορεί να έχουν οι πρώτες ύλες.

Από τα παραπάνω, που πολύ περιληπτικά αναφέρθηκαν, προκύπτει ότι είναι πολύ σημαντικό να ελέγχεται ποιοτικά ο ηλεκτροτεχνικός εξοπλισμός των εγκαταστάσεων πριν διατεθεί προς χρήση. Δυστυχώς, όμως εμφανίζονται στην πράξη αστοχίες υλικών. Ο καταναλωτής πρέπει να προστατεύεται από τις αρμόδιες κρατικές αρχές (Υπουργείο Βιομηχανίας, Υπουργείο Εμπορείου, κ.λπ.) με ελέγχους στα παραγόμενα και εισαγόμενα προϊόντα.

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι μία αποτελεσματική προστασία των συσκευών του καταναλωτή από διακυμάνσεις της τάσης (ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών) είναι η τοποθέτηση ρελέ επιτήρησης της τάσης στο γενικό πίνακα, ώστε το πηνίο του να λειτουργεί σε συγκεκριμένη περιοχή τάσης, ο οποίος θα προστατεύει επίσης και σε περίπτωση αποκοπής του ουδετέρου (βλ. παρ. 4.1).

## **β) Δοκιμές σε ηλεκτρικές συσκευές για οικιακή χρήση και παρόμοιους σκοπούς**

Οι συσκευές (κουζίνες, θερμοσίφωνες, κλιματιστικά, ηλεκτρονικές συσκευές, κ.λπ.) είναι προέκταση της ηλεκτρικής εγκατάστασης αφού συνδέονται άμεσα στην φάση και τον ουδέτερο και στις περισσότερες των περιπτώσεων στη γείωση (όταν το καλώδιο παροχής τους περιλαμβάνει αγωγό γείωσης και επίσης όταν λόγω του μεταλλικού περιβλήματός τους χρειάζεται να συνδεθούν ισοδυναμικά). Κάθε ηλεκτρική συσκευή ισοδυναμεί ουσιαστικά με μία σύνθετη αντίσταση, που

ηλεκτροδοτείται μέσω του ρευματολήπτη από το δίκτυο, η οποία (αντίσταση) θα πρέπει να διαθέτει:

1. Ικανότητα σε ονομαστικό ρεύμα (όπως αυτό προσδιορίζεται από την ονομαστική τάση και την ονομαστική ισχύ, που αναγράφεται στην πινακίδα της), αφού τελικά ο συνδυασμός “ρευματοδότης-ρευματολήπτης” είναι ένα είδος διακόπτη (λυόμενος ηλεκτρικός σύνδεσμος στατικών ηλεκτρικών επαφών [1, 2, 3]), στον οποίο δεν πρέπει να αναπτυχθεί υπερθέρμανση άνω του προαναφερθέντος στη δοκιμή υπερθέρμανσης ορίου για τον ηλεκτροτεχνικό εξοπλισμό των εγκαταστάσεων.
2. Την απαιτούμενη διηλεκτρική αντοχή, αφού και η συσκευή (ηλεκτρική ή ηλεκτρονική) θα πρέπει να ανταπεξέλθει επιτυχώς υπερτάσεις που ενδεχομένως θα υποστεί στην πράξη, όχι μόνο από το δίκτυο, αλλά και από την ίδια της την εγκατάσταση (κυρίως υπερτάσεις χειρισμών). Οι υπερτάσεις για την εξακρίβωση της διηλεκτρικής αντοχής των εν λόγω συσκευών δίνονται στο διεθνές πρότυπο IEC 60335-1. Ειδικότερα:
  - Το διεθνές πρότυπο IEC 60335-1 αφορά συσκευές για οικιακή και παρόμοια χρήση, των οποίων η ονομαστική τάση είναι μέχρι 250 V. Συσκευές οι οποίες δεν προορίζονται για οικιακή χρήση, αλλά ενδέχεται να αποτελέσουν πηγή κινδύνου για τον χρήστη (όπως π.χ. συσκευές σε καθαριστήρια, φάρμες και βιοτεχνίες) ελέγχονται επίσης με το πρότυπο αυτό.
  - Οι εν λόγω συσκευές πρέπει να ελέγχονται (σύμφωνα με το πρότυπο IEC 60335-1) ως προς την διηλεκτρική αντοχή τους (δηλαδή ως προς τη μονωτική ικανότητά τους) με βάση τις τάσεις δοκιμών κατά τους παρακάτω πίνακες.
  - Από τους πίνακες 5-1 και 5-2 προκύπτει ότι όλες οι ηλεκτρικές συσκευές για οικιακή και παρόμοια χρήση, που διαθέτουν βασική μόνωση (δηλαδή έχουν την συνήθη μόνωση, όπως κλιματιστικές συσκευές διαιρούμενου τύπου, ηλεκτρονικές συσκευές, ηλεκτρικές κουζίνες, ψυγεία, κ.λπ.) επιβάλλεται να έχουν υποστεί επιτυχώς δοκιμή υπό εναλλασσόμενη τάση 1000 V επί 1 min και δοκιμή υπό κρουστική τάση 2500 V (μορφής 1,2/50 μs). Συνεπώς, δεν μπορεί να γίνει αποδεκτό ότι συνήθεις υπερτάσεις 230 V+ 10% (δηλαδή υπερτάσεις το πολύ 253 V) υπήρξαν δήθεν η αιτία πυρκαγιάς σε ηλεκτρική συσκευή που έπρεπε να αντέχει τη σχεδόν τετραπλάσια τάση των 1000 V επί 1 min. Γι’ αυτό, αν η συσκευή έχει πιστοποιητικά δοκιμών, η αιτία θα πρέπει να αναζητηθεί στην ηλεκτρική εγκατάσταση του καταναλωτή, για την οποία ευθύνεται κατά τον νόμο ο ιδιοκτήτης και ο ηλεκτρολόγος εγκαταστάτης.
  - Σύμφωνα με τα παραπάνω, σε κάθε περίπτωση, αδιάφορο αν η ηλεκτρική συσκευή διαθέτει πιστοποιητικά δοκιμών ή δε διαθέτει, ή αν η ηλεκτρική

εγκατάσταση του κτηρίου είναι νόμιμη ή δεν είναι νόμιμη, δε νοείται ευθύνη της εταιρίας ηλεκτρισμού, δεδομένου ότι οι υπερτάσεις του δικτύου είναι πάντοτε πολύ μικρότερες από τις τιμές των τάσεων δοκιμών που ορίζονται στους πίνακες 5-1 και 5-2.

<b>Μόνωση</b>	<b><math>U_N \leq 150 \text{ V}</math></b>	<b><math>U_N &gt; 150 \text{ V}</math> έως <math>U_N \leq 250 \text{ V}</math></b>
Βασική μόνωση	1000 V	1000 V
Επιπλέον μόνωση	1250 V	1750 V
Ενισχυμένη μόνωση	3000 V	3000 V

**Πίνακας 5-1: Εναλλασσόμενη τάση δοκιμής επί 1 min**  
 **$U_N$ : ονομαστική τάση**

<b><math>U_N</math> σε V</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>
$\leq 50 \text{ V}$	330 V	500 V	800V
$> 50$ έως $\leq 150$	800 V	1500 V	2500 V
$> 150$ έως $\leq 300$	1500 V	2500 V	4000 V

**Πίνακας 5-2: Κρουστική τάση δοκιμής βιομηχανικής (μορφής 1,2/50  $\mu\text{s}$ )**

**$U_N$ : ονομαστική τάση**

**I** : Συσκευές συνδεδεμένες σε κύκλωμα περιορισμού των παροδικών υπερτάσεων

**II** : Συσκευές που καταναλώνουν ενέργεια

(όπως οι περισσότερες οικιακές συσκευές)

**III**: Συσκευές μόνιμα συνδεδεμένες στην εγκατάσταση καθώς και διακόπτες

Σημειώνεται επίσης, ότι οι ηλεκτρικές συσκευές για οικιακή χρήση και παρόμοιους σκοπούς κατατάσσονται κατά DIN VDE 0700 και DIN VDE 0701 ως προς τη μονωτική ικανότητα (διηλεκτρική αντοχή) μεταξύ των υπό τάση τμημάτων και του σώματος της συσκευής σε τρεις κλάσεις προστασίας (πίνακας 5-3). Η κλάση A στην οποία ανήκουν ηλεκτρικές συσκευές με αγωγό γείωσης, η κλάση B όπου υπάγονται συσκευές με προστατευτική μόνωση (δεν έχουν αγωγό γείωσης), και η κλάση C που αφορά συσκευές με μικρή ακίνδυνη τάση.

<b>Κλάση προστασίας</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
<b>Εφαρμοζόμενη εναλλασσόμενη τάση (50 Hz) επί 1min</b>	1000	3000	400

**Πίνακας 5-3: Δοκιμή της αντοχής σε εναλλασσόμενη τάση επί 1 min μεταξύ των υπό τάση τμημάτων και του σώματος της συσκευής**

Από τους πίνακες 5-1 και 5-2 προκύπτει, ότι υπερτάσεις με χρονική διάρκεια μικρότερη ή ίση του 1 min, οι οποίες έχουν μικρότερη ή ίση τιμή από αυτήν που δίνεται στους εν λόγω πίνακες δεν πρέπει να προκαλούν προβλήματα διηλεκτρικής αντοχής σε ηλεκτρικές συσκευές που έχουν υποστεί τον διηλεκτρικό έλεγχο πριν διατεθούν στην αγορά προς χρήση.

### **5.3 Η δυνατότητα που πρέπει να έχουν οι συσκευές (ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές) για λειτουργία υπό τάση δικτύου 195,5 V έως 253 V**

Οι εταιρίες ηλεκτρισμού έχουν την υποχρέωση να διατηρούν την τάση σε μία συγκεκριμένη περιοχή τιμών. Στην Ευρώπη η περιοχή αυτή είναι:  $230 \pm 10\% \text{ V}$  (υπό συχνότητα  $50 \pm 1\% \text{ Hz}$ ). Η φασική τάση μπορεί δηλαδή να είναι από 253 V μέχρι 207 V και αυτό δε συνιστά αντίστοιχα υπέρταση ή βύθιση τάσης. Ωστόσο, επειδή η παραγόμενη ισχύς έχει μία μέγιστη τιμή, είναι φανερό ότι σε ώρες αιχμής (κυρίως τους καλοκαιρινούς μήνες) οι εταιρίες ηλεκτρισμού δικαιούνται να μειώσουν την τάση κατά 15% για να αποφύγουν το «black out», κάτι βεβαίως που συμφέρει και τους καταναλωτές. Συνεπώς, μία τιμή της φασικής τάσης 195,5 V δεν συνιστά μείωση της τάσης για να προκαλέσει δήθεν υπερεντάσεις σε βάρος της θερμικής συμπεριφοράς των ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συσκευών. Συνεπώς, στην περιοχή της φασικής τάσης 195,5 V έως 253 V πρέπει να λειτουργούν συνεχώς όλες οι συσκευές (ηλεκτρικές ή ηλεκτρονικές) χωρίς να παρουσιάζουν απολύτως καμία βλάβη.

Μία ηλεκτρική ή ηλεκτρονική συσκευή η οποία καταστρέφεται ή παθαίνει βλάβη με μειωμένη τάση του δικτύου μέχρι 195,5 V είναι φανερό ότι είναι κακοσχεδιασμένη. Για μικρότερη τιμή της τάσης από προηγουμένως ακόμα και οι σωστά σχεδιασμένες συσκευές ενδέχεται να υποστούν βλάβη, γιατί, αν δεν πρόκειται για ωμική αντίσταση (δηλαδή αν δεν πρόκειται π.χ. για θερμοσίφωνα, ηλεκτρικό μάτι, κ.λπ.), τότε υπό σταθερή ισχύ η τιμή του ρεύματος αυξάνει και προκαλούνται προβλήματα υπερθέρμανσης. Επίσης, κακοσχεδιασμένη είναι μία ηλεκτρική συσκευή που καταστρέφεται ή παθαίνει βλάβη σε συχνότητα του δικτύου  $50 \pm 1\% \text{ Hz}$ . Τέλος, σε περίπτωση συνεχούς λειτουργίας υπό τάση δικτύου άνω των 253 V (π.χ. 270 V) το ποιο πιθανό είναι να υποστούν βλάβη ακόμα και οι καλοσχεδιασμένες συσκευές. Τα ανωτέρω πρέπει να τα γνωρίζει ένας σωστός κατασκευαστής, ώστε να λειτουργεί η ηλεκτρική συσκευή του κανονικά (αξιόπιστα και χωρίς κίνδυνο για τον άνθρωπο και το περιβάλλον) υπό ονομαστική τάση 195,5 V ÷ 253 V. Για το θέμα αυτό πρέπει να προστατεύεται ο καταναλωτής από τις αρμόδιες κρατικές αρχές (Υπουργείο Βιομηχανίας, Υπουργείο Εμπορίου, κ.λπ.), αφ' ενός με την αναγραφή στην πινακίδα της συσκευής της προαναφερθείσας περιοχής τάσης λειτουργίας και αφ' ετέρου με το να γίνονται από τις υπηρεσίες αυτές οι απαιτούμενοι έλεγχοι.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, στα δίκτυα διανομής χαμηλής τάσης στην Ευρώπη η τάση είναι από 195,5 V μέχρι 253 V. Υπάρχει όμως μία περίπτωση να συμβεί

ηλεκτροδότηση από το δίκτυο με τάση λειτουργίας μεγαλύτερη των 253 V. Στην υπέρταση αυτή ευθύνεται η εταιρία ηλεκτρισμού γιατί θα πρόκειται για ρύθμιση της τάσης στο εργοστάσιο πάνω από το όριο των 253 V. Αυτό μπορεί να συμβεί σε τοπικά μικρά εργοστάσια (π.χ. σε ένα μικρό νησί στην Ελλάδα ή γενικά σε απομονωμένες μικρές περιοχές με δική τους ηλεκτροπαραγωγή), όταν γίνεται ρύθμιση της τάσης τις βραδινές ώρες σε υψηλότερα επίπεδα (π.χ. στα 270 V, με το σκεπτικό ότι δεν δουλεύουν συνήθως ενεργοβόρες συσκευές, όπως πλυντήρια, κουζίνες, κ.λ.π.), ώστε να είναι η τάση κατά τις ώρες αιχμής τις μεσημβρινές ώρες εντός της περιοχής  $195,5 \text{ V} \div 253 \text{ V}$ . Ως επακόλουθο της υπέρτασης αυτής μπορούν να καούν οι πυκνωτές τροφοδοσίας σε ενισχυτές, το τροφοδοτικό μίας τηλεόρασης κ.λπ. Συνεπώς, στα μικρά εργοστάσια ηλεκτροπαραγωγής επιβάλλεται να ρυθμίζεται σωστά η τάση κατά τις βραδινές ώρες και να καταγράφεται η τιμή της ως αποδεικτικό στοιχείο, ώστε να μη δημιουργούνται βλάβες στις ηλεκτρονικές κυρίως συσκευές του καταναλωτή. Αυτό βεβαίως δεν μπορεί να το γνωρίζει ο καταναλωτής, γι' αυτό είναι υποχρέωση της εταιρίας ηλεκτρισμού να διασφαλίζει ότι δε θα συμβαίνουν υπερτάσεις κατά τις βραδινές ώρες.

Οι υπερτάσεις λόγω πτώσεις κεραυνών δεν αντιμετωπίζονται εύκολα, γιατί πρόκειται για ακραίο καιρικό φαινόμενο που μπορεί να προκαλέσει βλάβες σε ηλεκτρονικές συσκευές. Επίσης, βλάβες μπορούν να συμβούν σε ηλεκτρονικά από τις ηλεκτροστατικές εκφορτίσεις (δηλαδή υπερτάσεις χωρίς την ύπαρξη εξωτερικής πηγής ενέργειας), όταν, ενώ συντρέχουν λόγοι εκδήλωσής τους, δεν έχουν ληφθεί μέτρα και μέσα εξάλειψής τους.

## **5.4 Μεταβολή της τάσης λόγω αποκοπής του ουδετέρου**

Λόγω συνοχής περιεχομένου βλέπετε κεφάλαια 3 και 4.

## **5.5 Οι στιγμιαίες διακυμάνσεις της τάσης του δικτύου**

Ένα άλλο θέμα, που εμφανίζεται ορισμένες φορές στο δίκτυο είναι οι στιγμιαίες διακυμάνσεις της τάσης, που οφείλονται σε μεταβατικά φαινόμενα από υπερτάσεις χειρισμών ή βλάβες. Στην περίπτωση αυτή, οι δοκιμές ποιοτικού ελέγχου του εξοπλισμού της ηλεκτρικής εγκατάστασης και των διαφόρων ηλεκτρικών συσκευών (ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών), που προαναφέρθηκαν στις προηγούμενες παραγράφους, εξασφαλίζουν την αξιόπιστη και ακίνδυνη λειτουργία. Πράγματι, η ηλεκτρομονωτική ικανότητα του ηλεκτροτεχνικού εξοπλισμού γενικά κατά την αύξηση της τάσης διαπιστώνεται μέσω των διηλεκτρικών δοκιμών, που προβλέπονται στους διάφορους κανονισμούς, όπου ελέγχεται ουσιαστικά η χωρητική συμπεριφορά της κατασκευής ώστε να αποκλείεται στην πράξη η εκδήλωση φαινομένων αναίρεσης της ικανότητας μόνωσης. Η δοκιμή αυτή υπό εναλλασσόμενη τάση γίνονται με πολύ μεγαλύτερη τιμή από την ονομαστική τάση της κατασκευής και διαρκεί 1 min (βλ. πίνακες 5-1 και 5-3). Η εναλλασσόμενη τάσης δοκιμής επί 1 min για την εξακρίβωση

της διηλεκτρικής αντοχής (δηλ. της μονωτικής ικανότητας) μίας ηλεκτρικής συσκευής με βασική μόνωση, που ηλεκτροδοτείται από μία πρίζα (π.χ. ένα κλιματιστικό διαιρούμενου τύπου ή μία ηλεκτρονική συσκευή κ.λπ.), είναι κατά το πρότυπο IEC 60335-1 1000 V, δηλαδή είναι πολύ μεγαλύτερη των 230 V. Σημειώνεται, ότι η εναλλασσόμενη τάση δοκιμής για τον ηλεκτροτεχνικό εξοπλισμό της κτηριακής εγκατάστασης είναι πολύ μεγαλύτερη των 1000 V επί 1 min. Συνεπώς, στιγμιαίες αυξήσεις της τάσης δεν προκαλούν προβλήματα στις μονώσεις της εγκατάστασης και στις ηλεκτρικές συσκευές που ηλεκτροδοτούνται από αυτές. Επίσης, οι στιγμιαίες μειώσεις της τάσης δεν προκαλούν προβλήματα υπερθέρμανσης, γιατί ο διαθέσιμος προς αυτές χρόνος είναι πολύ μικρός.

Για το θέμα των διακυμάνσεων εξετάζονται αρχικά ως παράδειγμα η αύξηση την θερμοκρασίας στους αγωγούς μίας γραμμής ηλεκτρικής εγκατάστασης σε κατοικία, λόγω στιγμιαίας μείωσης της πολικής τάσης στα 270 V (ή της φασικής τάσης στα 156 V) με κρούσεις του 1 sec για συνολικό χρόνο εκδήλωσης των διακυμάνσεων 1 min, που είναι μία πολύ ακραία κατάσταση για να θεωρηθεί ότι μπορεί να συμβεί στην πράξη. Η θερμότητα  $W_{\theta}$  ενός αγωγού NYA της εγκατάστασης με ειδική θερμότητα  $c$  και όγκο  $V$  δίνεται από την σχέση:

$$W_{\theta} = Vc\Delta\theta = ALc\Delta\theta \quad (1)$$

όπου  $A$  η διατομή του αγωγού και  $L$  το μήκος του.

Για την ηλεκτρική ενέργεια  $W_{\eta}$  στην αντίσταση  $R$  του αγωγού υπό ρεύμα  $I$  ισχύει η σχέση:

$$W_{\eta} = I^2 \rho \frac{L}{A} t \quad (2)$$

όπου  $\rho$  η ειδική αντίσταση και  $t$  ο χρόνος. Από τις δύο ανωτέρω σχέσεις έπεται ότι:

$$\Delta\theta = \frac{\kappa I^2 t}{A^2} \quad (3)$$

όπου  $\kappa=0,0058$  για το χαλκό και  $\kappa=0,0135$  για το αλουμίνιο

( $\kappa=\rho/c$ : για το χαλκό είναι  $\rho=1/50 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$  και  $c=3,44 \text{ Ws} / ^{\circ}\text{C cm}^3$  και επομένως είναι  $\kappa=0,0058$ ).

Για τη λειτουργία ενός αγωγού υπό ονομαστικό ρεύμα  $I_N$  ισχύει ότι:

$$P_N = I_N^2 R \approx \kappa A \Delta\theta_N \quad (4)$$

όπου  $P_N$  η ονομαστική ισχύς,  $R$  η αντίσταση του αγωγού,  $\kappa$  ένας συντελεστής απαγωγής της θερμότητας και  $\Delta\theta_N$  η διαφορά της θερμοκρασίας ως προς τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος, η οποία θα θεωρηθεί ότι είναι  $\Delta\theta_N \approx 60 ^{\circ}\text{C}$ . Για λειτουργία του αγωγού υπό ρεύμα  $I$  ισχύει αντίστοιχα:

$$P = I^2 R = \kappa A \Delta\theta \quad (5)$$

Από τις σχέσεις (4) και (5) έπεται ότι:

$$\Delta\theta = \Delta\theta_N \left( \frac{I}{I_N} \right)^2 \quad (6)$$

Για τους αγωγούς ΝΥΑ και τις ασφάλειες που χρησιμοποιούνται στις κτηριακές εγκαταστάσεις ισχύουν οι τιμές του πίνακα 5-4. Αν υποθεθεί ότι μία συνήθης γραμμή με διατομή αγωγού  $A=1,5 \text{ mm}^2$  λειτουργούσε με το μέγιστο ρεύμα της ασφάλειας  $I_A=10 \text{ A}$  υπό κανονική τάση δικτύου  $U=230 \text{ V}$ , τότε η ισχύς ( $P$ ) θα ήταν:

Διατομή ( $\text{mm}^2$ )	Ονομαστικό ρεύμα του αγωγού ( $I_N$ σε A)	Απαιτούμενη ασφάλεια ( $I_A$ σε A)
1,5	16	10
2,5	21	16
4,0	27	20
6,0	35	25
10,0	48	35

**Πίνακας 5-4: Μέγεθος της ασφάλειας αναλόγως της διατομής του αγωγού**

$$P = UI_A = 230 \cdot 10 = 2300 \text{ W} \quad (7)$$

και η αύξηση της θερμοκρασίας του αγωγού θα ήταν:

$$\Delta\theta = \Delta\theta_N \left( \frac{I_A}{I_N} \right)^2 = 60 \left( \frac{10}{16} \right)^2 \approx 23,4^\circ\text{C} \quad (8)$$

Η παραπάνω τιμή της θερμοκρασίας είναι μικρότερη από την οριακή τιμή  $\Delta\theta_N = 60^\circ\text{C}$ .

Αν υποθεθεί ότι υπό σταθερή ισχύ (κινητήρας που παράγει σταθερό έργο, όπως π.χ. το ψυγείο) μειωθεί η φασική τάση στα  $156 \text{ V}$  σε χρόνο  $t=1 \text{ sec}$ , τότε η τιμή του ρεύματος στον αγωγό θα ήταν:

$$I = \frac{2300}{156} \approx 14,75 \text{ A} \quad (9)$$

Συνεπώς, η αύξηση της θερμοκρασίας του αγωγού θα ήταν:



$$\Delta\theta_{1\text{sec}} = \frac{(\kappa I^2 t)}{A^2} = \frac{0,0058 \cdot 14,75^2}{1,5^2} \approx 0,51^\circ\text{C} \quad (10)$$

Αν θεωρηθεί ότι οι διακυμάνσεις αυτές συνέβαιναν επί 1 min, τότε η αύξηση της θερμοκρασίας θα ήταν το πολύ 30,6 °C. Η τιμή αυτή της θερμοκρασίας εξακολουθεί να είναι μικρότερη από την οριακή τιμή  $\Delta\theta_N=60^\circ\text{C}$  και συνεπώς η διακύμανση της τάσης υπό σταθερή ισχύ (κινητήρας που παράγει σταθερό έργο, όπως π.χ. το ψυγείο) δεν θα προκαλούσε απολύτως κανένα πρόβλημα υπερθέρμανσης στον αγωγό.

Σημειώνεται ότι σε περίπτωση που η ανωτέρω ισχύς P δεν μπορεί να θεωρηθεί ως σταθερή, γιατί μειώνεται υπό τάση 157 V (αντί των 230 V), όπως αυτό συμβαίνει σε ένα ωμικό φορτίο (π.χ. σε με μία γραμμή φωτισμού με λαμπτήρες πυρακτώσεως), τότε η τιμή του ρεύματος I δε θα ήταν μεγαλύτερη από την τιμή  $I_A$  του ρεύματος της ασφάλειας αλλά μικρότερη. Στην περίπτωση αυτή ισχύει δηλαδή, ότι υπό σταθερή τιμή της αντίστασης κατανάλωσης της ηλεκτρικής ενέργειας (π.χ. φωτιστικά, κουζίνα, θερμοσίφωνα κ.λπ.) η θερμοκρασία της γραμμής μειώνεται αντί να αυξάνει και συνεπώς δεν υφίσταται θέμα αύξησης της θερμοκρασίας.

Τέλος, στην περίπτωση αύξησης της φασικής τάσης των 230 V σε π.χ. τριπλάσια τιμή επί 1 sec είναι αυτονόητο ότι μειώνεται η τιμή του ρεύματος και δεν συντρέχουν λόγοι υπερθέρμανσης των αγωγών. Επίσης, δεν υφίσταται πρόβλημα στις μονώσεις, αν έχουν διεξαχθεί επιτυχώς οι διηλεκτρικές δοκιμές σε υπέρταση επί 1 min.

Στον πίνακα 5-5 έχουν δοθεί συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα αύξησης της θερμοκρασίας για τις διατομές των αγωγών NYA, που υπάρχουν συνήθως σε κατοικίες σε περίπτωση που η διακύμανση της φασικής τάσης αποκτά την πολύ μικρή τιμή των 156 V. Από τους υπολογισμούς αυτούς φαίνεται ότι όσο αυξάνει η διατομή μειώνεται η αύξηση της θερμοκρασίας. Αυτό οφείλεται κατά τον πίνακα 5-5 στον περιορισμό του ρεύματος λειτουργίας του αγωγού λόγω του ονομαστικού ρεύματος της ασφάλειας.

Κάτι αντίστοιχο προς το προαναφερθέν παράδειγμα ισχύει (σε περίπτωση διακυμάνσεων της τάσης) για τους αγωγούς, τους ηλεκτρικούς συνδέσμους και άλλα στοιχεία με απώλειες Joule, που αφθονούν στις ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές, αφού η θερμική συμπεριφορά τους εξαρτάται από τις απώλειες θερμότητας που παρουσιάζουν κατά τη διέλευση του ρεύματος. Αν μία συσκευή έχει υποστεί επιτυχώς τη δοκιμή υπερθέρμανσης δε θα υπάρξουν θερμά σημεία για να προκληθεί εκεί υπερθέρμανση άνω των 60 °C. Γι' αυτό, αν υποθεθεί ότι συνέβη βλάβη, λόγω των προαναφερθέντων διακυμάνσεων, σε κάποια π.χ. πλακέτα συνήθους ηλεκτρονικού μηχανήματος (δηλ. ηλεκτρονικού μηχανήματος με βασική μόνωση), αυτό θα σημαίνει ότι δεν είχε δοκιμασθεί ως προς τη θερμική συμπεριφορά, ή ότι οι υπερτάσεις ήταν λόγω κάποιου ακραίου φαινομένου μεγαλύτερες από 1000 V επί 1 min που προβλέπεται στο πρότυπο IEC 60335-1. Από την εμπειρία σε τέτοια θέματα το πρόβλημα εντοπίζεται κυρίως σε τροφοδοτικά ηλεκτρονικών μηχανημάτων και αφορά: μετασχηματιστές, πυκνωτές και κυκλώματα προστασίας.

Τα ανωτέρω δεν τα γνωρίζει ο καταναλωτής με αποτέλεσμα να θεωρεί ότι ευθύνεται η εταιρία διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ, αν δεν πρόκειται για κάποιο ακραίο φαινόμενο που προκάλεσε την ζημιά, το πιθανότερο είναι να ευθύνεται η ηλεκτρική εγκατάσταση της κατοικίας ή η ηλεκτρική συσκευή. Είναι φανερό ότι οι αρμόδιες κρατικές υπηρεσίες πρέπει να ελέγχουν αν γίνονται οι απαιτούμενες δοκιμές και να ενημερώνουν τους καταναλωτές, ώστε να μην κατασπαταλάται χρόνος αναζήτησης ευθυνών εκεί όπου δεν ανήκουν.

$A[mm^2]$	$I_A [A]$	$P[W]$	$I [A]$	$\Delta\theta_{1sec} [^{\circ}C]$	$\Delta\theta_{1min} [^{\circ}C]$
1,5	10	2300	14,75	0,51	30,6
2,5	16	3680	23,6	0,53	31,8
4,0	20	4600	29,5	0,31	18,6
6,0	25	5750	36,8	0,22	13,2
10,0	35	8050	51,6	0,15	9

**Πίνακας 5-5: Παράδειγμα τάξη μεγέθους της αύξησης της θερμοκρασίας στους αγωγούς μίας ηλεκτρικής εγκατάστασης σε περίπτωση διακυμάνσεων της τάσης επί 1 sec για συνολικό χρόνο 10 min.**

**A:** διατομή αγωγού

**$I_A$ :** ονομαστικό ρεύμα της ασφάλειας (μέγιστο ρεύμα της γραμμής)

**$P=I_A \cdot 230$**  σε W

**$I=P/156$**  σε A

**$\Delta\theta_{1sec}$ :** αύξηση της θερμοκρασίας για διακύμανση της τάσης επί 1 sec

**$\Delta\theta_{1min}$ :** αύξηση της θερμοκρασίας για διακυμάνσεις της τάσης επί 1 sec για συνολικό χρόνο των διακυμάνσεων 1 min

## 5.6 Βιβλιογραφία

- [1] Π.Δ. Μπούρκας, Εφαρμογές Κτιριακών και Βιομηχανικών Εγκαταστάσεων, Εκδόσεις Ε.Μ. Πολυτεχνείου, 1998.
- [2] Philippow H., Taschenbuch Elektrotechnik, Band 2, Starkstromtechnik, Berlin 1983.
- [3] Π.Δ. Μπούρκας, Κ.Γ. Καραγιαννόπουλος, Βιομηχανικές ηλεκτρικές διατάξεις και υλικά, Εκδόσεις Ε.Μ. Πολυτεχνείου 2003.
- [4] Πρότυπο IEC 60335-1, 2006-2009
- [5] DIN VDE 0700, Sicherheit elektrische Geräte für den Hausgebrauch und ähnliche Zwecke.
- [6] DIN VDE 0701, Instandsetzung, Änderung und Prüfung elektrische Geräte für den Hausgebrauch und ähnliche Zwecke.
- [7] Europa Lehrmittel, Taschenbuch Elektrotechnik, Europa-Nr. 30103.
- [8] Π. Μπούρκας, Η. Τσιτσόγλου, Κ. Καραγιαννόπουλος, Γ. Παρμάκη, Φ. Κωνσταντίνου: Μία πιθανή ερμηνεία των ηλεκτροστατικών φορτίσεων και εκφορτίσεων υπό την επίδραση ηλεκτροστατικών πεδίων. Τεχνικά χρονικά,

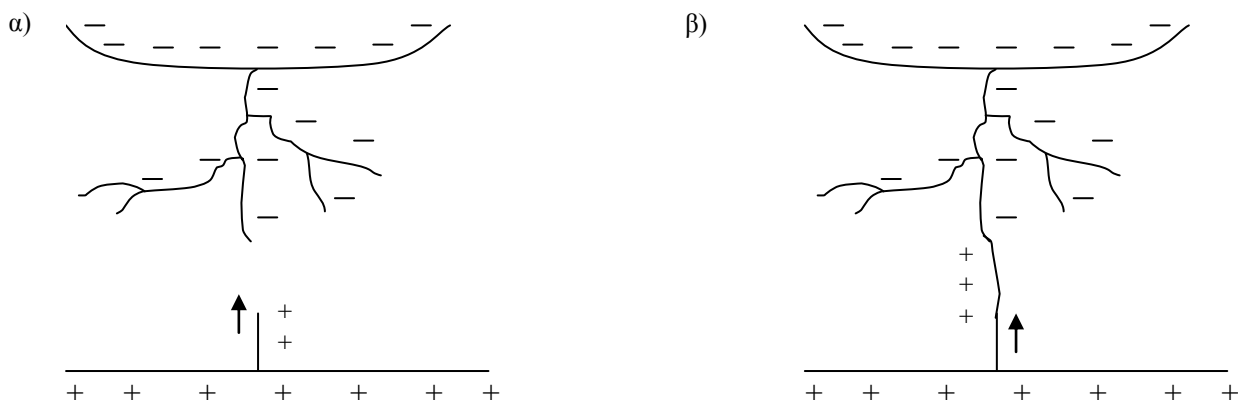
Επιστημονική Περιοχή Β, Τόμος 14, Τεύχος 4, 1994, σελ. 157-169.

- [9] Π.Δ. Μπούρκας, Κ.Γ. Καραγιαννόπουλος, Εφαρμογές ηλεκτρολογικών εκθέσεων πραγματογνωμοσύνης σε βιομηχανικές και κτιριακές εγκαταστάσεις Ε.Μ. Πολυτεχνείου 2011.

## 6 Αλεξικέραυνα προστασίας κτηρίων

### 6.1 Η εκδήλωση κεραυνών μεταξύ νέφους και γης

Όταν εκδηλώνεται καταιγίδα το γήινο ηλεκτροστατικό πεδίο γίνεται (λόγω των φορτισμένων σταγονιδίων νερού και νέφους) πολύ ισχυρό ( $E > 5 \text{ kV/m}$ ) και η διαφορά δυναμικού μεταξύ νέφους και προεξοχών του εδάφους μπορεί να φτάσει σε μεγάλες τιμές (π.χ. 100 kV, 200 kV ή και 1000 kV). Αποτέλεσμα των μεγάλων αυτών τάσεων είναι η δημιουργία κεραυνού, ως επακόλουθο της συνάντησης των φορτίων του νέφους με τα θετικά φορτία της γης προς το νέφος (σχήμα 6.1-1).



**Σχήμα 6.1-1: Μηχανισμός πτώσης του κεραυνού**

**α) μετακίνηση των ηλεκτρικών φορτίων**

**β) πτώση κεραυνού**

Το ηλεκτρικό τόξο που σχηματίζεται από την στιγμιαία σύνδεση νέφους και γης έχει συνήθως τιμές έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος 5 kA έως 40 kA (για ποσοστό 1% είναι 150÷400 kA). Η μετακίνηση των φορτίων του νέφους προς τη γη γίνεται με κάποια σειρά διαδοχικών αλμάτων, που το κάθε ένα διαρκεί περίπου 1 μs και έχει μήκος μερικές δεκάδες μέτρα. Η χρονική διάρκεια μεταξύ των παραπάνω αλμάτων είναι μερικές δεκάδες μs. Η θέση που θα συμβεί ο κεραυνός καθορίζεται μόνο όταν τα αρνητικά άλματα πλησιάζουν τη γη, λόγω των οποίων η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου της επιφάνειας της γης αυξάνει ( $E > 5 \text{ kV/m}$ ) και σε ένα σημείο, όπου η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου έχει τη μεγαλύτερη τιμή της, δημιουργείται το άλμα των θετικών φορτίων με κατεύθυνση προς τα αρνητικά φορτία.

### 6.2 Η προστασία κτηρίων από τους κεραυνούς

Η προστασία από τον κεραυνό διακρίνεται σε:

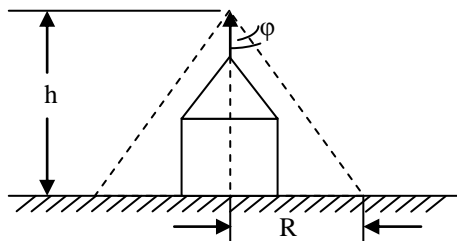
- εξωτερική αντικεραυνική προστασία (τα αλεξικέραυνα), και

- εσωτερική αντικεραυνική προστασία (την προστασία εντός του πίνακα χαμηλής τάσης της εγκατάστασης).

Παρακάτω γίνεται μία περιληπτική αναφορά στο αλεξικέραυνο Franklin και τον κλωβό (που είναι η εξέλιξη του αλεξικέραυνου Franklin).

### 6.2.1 Το αλεξικέραυνο Franklin

Η κατασκευή του αλεξικέραυνου Franklin χρονολογείται από τον 17<sup>ο</sup> αιώνα, όταν ο Benjamin Franklin (1706 – 1790) εδραίωσε την θεωρία του ηλεκτρικού φαινομένου του κεραυνού και δημιούργησε το αλεξικέραυνο αποτελούμενο από μία καλά γειωμένη μεταλλική ράβδο. Η αρχή λειτουργίας του αλεξικέραυνου αυτού έχει



**Σχήμα 6.2-1: Περιοχή προστασίας ενός αλεξικέραυνου Franklin**

περιληπτικά ως ακολούθως: Η απλή παρουσία ενός φορτισμένου νέφους πάνω από το αλεξικέραυνο (που είναι η προεξοχή του εδάφους στην περιοχή της καταιγίδας) προκαλεί αύξηση του ηλεκτρικού πεδίου σε αυτό. Η παραπάνω αύξηση του πεδίου δεν είναι όμως αρκετή για τη δημιουργία του οχετού των θετικών ιόντων προς το νέφος. Προϋπόθεση για να εκδηλωθεί ο οχετός αυτός είναι να πλησιάσει ο οχετός των αρνητικών φορτίων του νέφους το έδαφος σε απόσταση ικανή (μερικές δεκάδες μέτρα μέχρι 150 m ή και 200 m) για να επαχθεί στην ακίδα του αλεξικέραυνου ένα ηλεκτρικό πεδίο (περίπου 5 kV/m μεταξύ κεφαλής του κατερχόμενου οχετού και της ακίδας του αλεξικέραυνου) που μπορεί να προκαλέσει τον ιονισμό με κρούσεις. Αποτέλεσμα δηλαδή της εκδήλωσης του παραπάνω ιονισμού είναι η δημιουργία του οχετού των θετικών ιόντων από την ακίδα του αλεξικέραυνου προς το νέφος, με επακόλουθο να ταυτίζεται αυτή πλέον (ως προεξοχή του εδάφους στην περιοχή της καταιγίδας) με το σημείο πτώσης του κεραυνού. Έτσι, μέσω της κατάλληλης γειωμένης ράβδου του αλεξικέραυνου ο κεραυνός διοχετεύεται σε ένα σημείο στο έδαφος. Κατά τον τρόπο αυτό αποφεύγονται οι τυχόν καταστρεπτικές συνέπειες από την τυχαία θέση πτώσης του κεραυνού, όπως: πυρκαγιά (ενδεικτική τιμή της θερμοκρασίας του τόξου: 20000 °K) διάσπαση μονώσεων, θάνατοι ανθρώπων και ζώων, μόνιμες ή παροδικές βλάβες υγείας κ.λπ. Εδώ σημειώνεται ότι βλάβες από την πτώση κεραυνού μπορεί να προκληθούν και σε απόσταση μέχρι 2 km από το σημείο πτώσης του.

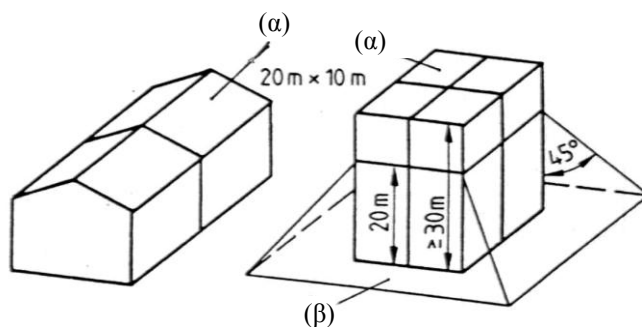
Για την προστασία ενός σχετικά μικρού κτηρίου (π.χ. 15 m x 20 m, ύψος 15 m) επαρκεί ένα αλεξικέραυνο τύπου Franklin. Ο ίδιος ο εφευρέτης συνιστούσε για κτήρια μεγάλων σχετικά διαστάσεων δύο ή και περισσότερες ράβδους με την ίδια γείωση, ώστε κάθε μία να καλύπτει μία περιοχή του κτηρίου. Στην πράξη θεωρείται συνήθως, ότι η περιοχή προστασίας ενός αλεξικέραυνου Franklin καθορίζεται από έναν κώνο με ύψος ( $h$ ) την απόσταση της ακίδας από το έδαφος και με ακτίνα ( $R$ ) της βάσης του  $R=h$  (σχήμα 6.2-1). Στις προδιαγραφές (IEC 1024 και ΕΛΟΤ 1197) δίνονται ακριβέστερα στοιχεία για τη γωνία προστασίας  $\varphi$  (βλέπε σχήμα 6.2-1) ανάλογα με το ύψος του. Για ένα κτήριο π.χ. με  $h = 20$  m η γωνία  $\varphi$  μπορεί να είναι  $25^\circ$ ,  $35^\circ$ ,  $45^\circ$  και  $55^\circ$  για στάθμη προστασίας αντίστοιχα I, II, III και IV (βλέπετε πίνακα 6-1). Σύμφωνα με τον πίνακα 6-1, με την αύξηση του ύψους του κτηρίου και για την ίδια στάθμη προστασίας μειώνεται η γωνία  $\varphi$  και περιορίζεται έτσι η περιοχή προστασίας του αλεξικέραυνου. Γι' αυτό το ύψος  $h$  δεν είναι απεριόριστο και για το λόγο αυτό σε πολύ μεγάλα ύψη έχει παρατηρηθεί η πτώση κεραυνών και πλαγίως προς το κτήριο.

Στάθμη προστασίας	Γωνία προστασίας $\varphi^0$			
	h σε m			
	20	30	45	60
I	25	0	0	0
II	35	25	0	0
III	45	35	25	0
IV	55	45	35	25

**Πίνακας 6-1: Γωνία προστασίας  $\varphi$  ανάλογα με την στάθμη προστασίας και το ύψος του κτηρίου**

### 6.2.2 Τα αλεξικέραυνα κλωβού

Τα αλεξικέραυνα τύπου κλωβού (σχήμα 6.2-2) αποτελούν την εξέλιξη του αλεξικέραυνου Franklin. Ο μεταλλικός κλωβός αποσκοπεί στη συγκέντρωση των



**Σχήμα 6.2-2: Παράδειγμα αλεξικέραυνου κλωβού**

(α): άνοιγμα κλωβού

(β): χώρος προστασίας

φορτίων από τον όγκο της κατασκευής (όπου η αγωγιμότητα των δομικών υλικών είναι μικρή συγκριτικά με εκείνη του κλωβού) σε κάποια θέση του από όπου θα αναπτυχθεί ο οχετός προς το νέφος. Το άνοιγμα του κλωβού ( $\alpha$ ) εξαρτάται κατά τις προδιαγραφές (IEC 1024 και ΕΛΟΤ 1197) από τη στάθμη προστασίας του κτηρίου. Η τιμή  $\alpha$  είναι γενικώς  $\alpha = 5$  m για στάθμη προστασίας I, 10 m για στάθμη προστασίας II και III, και 20 m για στάθμη προστασίας IV. Οι αγωγοί κατασκευής του κλωβού μπορεί να είναι π.χ. Cu Φ8. Σημειώνεται ότι προεξοχές (όπως π.χ. η καμινάδα του λεβητοστασίου) πρέπει να προστατεύονται με ακίδα (που συνδέεται με τον κλωβό) με γωνία προστασίας  $\varphi=45^\circ$ .

Η γείωση του αλεξικέραυνου αυτού είναι πλέον θεμελιακή

### 6.3 Μέθοδοι υπολογισμού της περιοχής προστασίας συστημάτων έλξης του κεραυνού κατά IEC 1024-1, ΕΛΟΤ 1197

Ακολουθως δίνονται συγκεντρωτικά οι τρεις μέθοδοι υπολογισμού κατά IEC 1024-1, ΕΛΟΤ 1197 που είναι:

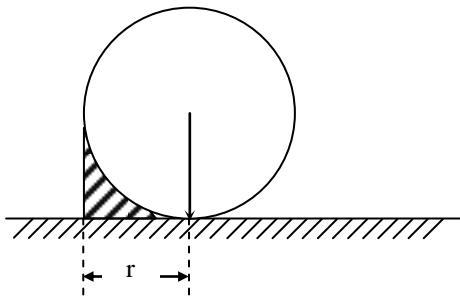
1. Η μέθοδος της γωνίας ( $\varphi$ ).
2. Το άνοιγμα βρόγχου του κλωβού ( $\alpha$ ).
3. Η μέθοδος της κυλιόμενης σφαίρας ακτίνας  $r$ .

Ο πίνακας 6-2 δίνει τις τιμές  $\varphi$ ,  $\alpha$  και  $r$ .

Στάθμη προστασίας	Γωνία προστασίας $\varphi$ σε μοίρες				$\alpha$ [m]	$r$ [m]
	H=20 m	h=30 m	h=45 m	h=60 m		
I	25	0	0	0	5	20
II	35	25	0	0	10	30
III	45	35	25	0	10	45
IV	55	45	35	25	20	60

**Πίνακας 6-2: Γωνία προστασίας ( $\varphi$ ), άνοιγμα κλωβού ( $\alpha$ ) και ακτίνα κυλιόμενης σφαίρας ( $r$ ) για τον υπολογισμό συστημάτων έλξης του κεραυνού**

Η μέθοδος της κυλιόμενης σφαίρας είναι γραφική. Η περιοχή προστασίας είναι ο χώρος που περιλαμβάνεται μεταξύ κυλιόμενης σφαίρας και των δύο επιφανειών με τις οποίες εφάπτεται αυτή. Η μία επιφάνεια είναι η οριζόντια (περίπου το έδαφος) και η άλλη επιφάνεια η κατακόρυφη στην οποία εφάπται ο άξονας του αλεξικεραυνού και η κυλιόμενη σφαίρα.



**Σχήμα 6.3-1: Περιοχή προστασίας με τη μέθοδο της κυλιόμενης σφαίρας  
r : ακτίνα κυλιόμενης σφαίρας**

## 6.4 Βιβλιογραφία

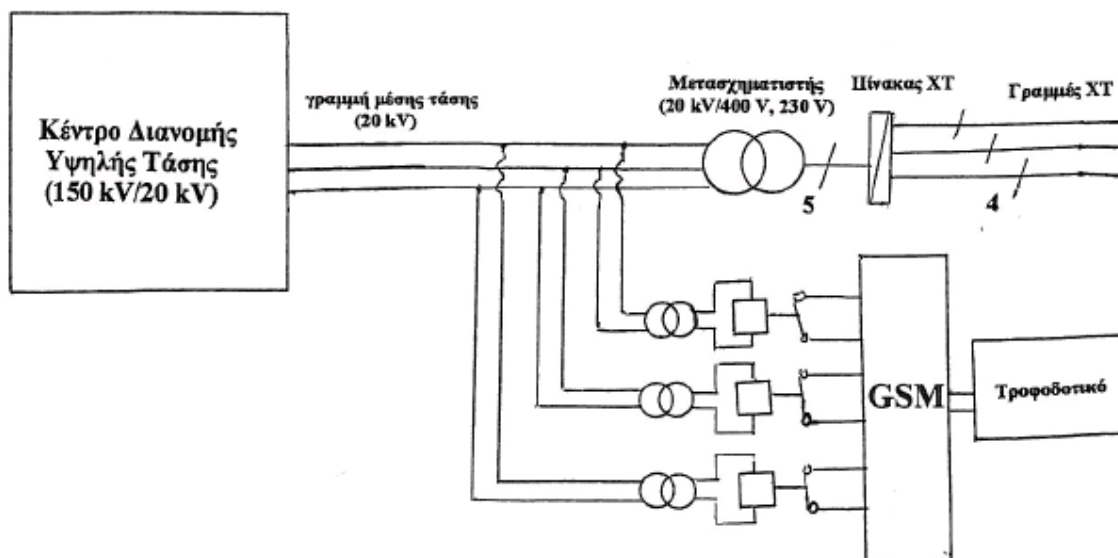
- [1] Π.Δ. Μπούρκας, Κ.Γ. Καραγιαννόπουλος, Βιομηχανικές ηλεκτρικές διατάξεις και υλικά, Εκδόσεις Ε.Μ. Πολυτεχνείου 2003.
- [2] Ντοκόπουλος Π.: Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις καταναλωτών μέσης και χαμηλής τάσης, Εκδόσεις ΖΗΤΗ, Θεσσαλονίκη 1992
- [3] Μαχιάς Α.: Μαθήματα Εσωτερικών Εγκαταστάσεων, Εκδόσεις Ε.Μ.Π., 1991
- [4] Menemenlis E.CH.: Lighting Protection of Buildings and Structures, Techn.Ch.B, Greece, 1984, Vol4. No3, PP 119-134
- [5] Σταθόπουλος Ι.Α.: Προστασία τεχνικών εγκαταστάσεων έναντι υπερτάσεων, Εκδόσεις Συμεών, Αθήνα 1985
- [6] Beatz H.: Mechanismus des Gewitters und Blitzes. Grundlagen de Blitzschutzes von Bauteu, VDE-Schriftenreihe 34, VDE-Verlag GmbH, 1978



## 7 Μία μέθοδος προστασίας του ανθρώπου και του περιβάλλοντος κατά την αποκοπή αγωγού του δικτύου διανομής μέσης τάσης ή του δικτύου μεταφοράς

### 7.1 Μέθοδος

Η προστασία μπορεί να γίνει στον τελευταίο στύλο (ή πυλώνα) με το ίδιο σκεπτικό της παραγράφου 3.3.5, αλλά μέσω τριών μετασχηματιστών υποβιβασμού της τάσης ( π.χ σε 400 V) και με ένα ηλεκτρονόμο ανά μετασχηματιστή, που διαθέτει μία κλειστή επαφή (σχήμα 7-1). Επομένως, σε περίπτωση αποκοπής ενός αγωγού ο αντίστοιχος ηλεκτρονόμος δε θα έχει τάση και γι' αυτό θα κλείσει η επαφή του, με αποτέλεσμα την ενεργοποίηση ενός συστήματος GSM, που θέτει εκτός λειτουργίας τον αυτόματο γενικό διακόπτη παροχής τάσης προς την γραμμή και ειδοποιεί τους μηχανικούς υπηρεσίας μέσω άμεσης κλήσης στο κέντρο ελέγχου. Η τοποθεσία του σφάλματος μπορεί να καθοριστεί μέσω του αριθμού της κάρτας SIM που αντιστοιχεί σε κάθε σύστημα. Το σύστημα GSM τροφοδοτείται από μπαταρία επαναφορτιζόμενη από το δίκτυο. Συνεπώς, απαιτείται περιοδική συντήρηση και αντικατάσταση της μπαταρίας. Σημειώνεται ότι συστήματα GSM είναι διαθέσιμα στο εμπόριο, τα οποία βρίσκουν ήδη εφαρμογές σε άλλες ηλεκτρικές εγκαταστάσεις. Εννοείται ότι το σύστημα GSM, που θα χρησιμοποιηθεί, πρέπει να παρέχει δυνατότητα απενεργοποίησής του σε περιπτώσεις αποκατάστασης βλαβών και εργασίες σύνδεσης νέων παροχών.



Σχήμα 7.1-1: Ενεργοποίηση συστήματος GSM σε περίπτωση αποκοπής αγωγού μέσης τάσης

## **8 Κατασκευή μίας διάταξης προστασίας στην εγκατάσταση του καταναλωτή από διακυμάνσεις της τάσης του δικτύου και από την αποκοπή του αγωγού στη γραμμή διανομής χαμηλής τάσης της ΔΕΗ**

### **8.1 Το κύκλωμα του ηλεκτρονόμου επιτήρησης**

Οι ηλεκτρονόμοι (ή ρελέ) επιτήρησης είναι εξαρτήματα τα οποία δουλεύουν ως διακόπτες και μπορούν να ελέγχονται από απόσταση. Αποτελούνται από ένα μικρό ηλεκτρομαγνήτη, που όταν το πηνίο του διαρρέεται από ρεύμα έλκει τον σπλισμό του, ο οποίος κινεί μια ή περισσότερες επαφές. Όταν διακοπεί η τροφοδότηση του πηνίου του ηλεκτρομαγνήτη, ο σπλισμός και οι επαφές επανέρχονται στην αρχική τους θέση, με την επίδραση ελατηρίου.

Όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 4 η προστασία της εγκατάστασης και των ηλεκτρικών-ηλεκτρονικών συσκευών από την αποκοπή του ουδέτερου της ΔΕΗ και γενικότερα την αποκοπή αγωγού (ή αγωγών) ή από διακυμάνσεις της τάσης του δικτύου επιτυγχάνεται με το να ελέγχεται η ηλεκτροδότηση του πηνίου ενός ηλεκτρονόμου επιτήρησης, ο οποίος είναι σε αλυσίδα εκκίνησης με έναν αυτόματο διακόπτη και τοποθετείται στο γενικό πίνακα του καταναλωτή μετά τις γενικές ασφάλειες.

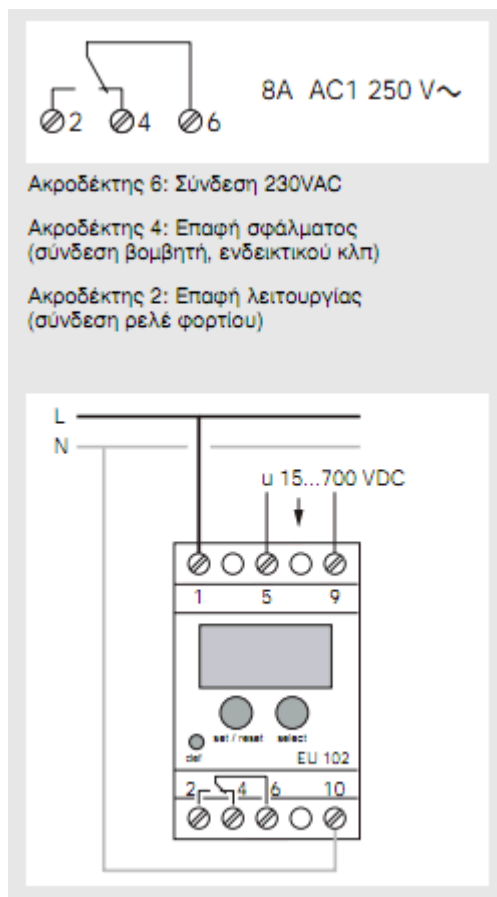
Παρακάτω αναλύονται οι αρχές λειτουργίας δύο ηλεκτρονόμων που χρησιμοποιήθηκαν.

#### **α) Ηλεκτρονόμος επιτήρησης τάσης EU 102**

Ο μονοφασικός επιτηρητής EU 102 (σχήμα 8.1-1) επιτρέπει την επιτήρηση της συνεχούς ή εναλλασσόμενης τάσης που συνδέεται στους ακροδέκτες 5 και 9. Ο EU 102 είναι προγραμματιζόμενος. Μπορούν να καθοριστούν οι ακόλουθες παράμετροι :

- τρόπος λειτουργίας (επιτήρηση υπερτάσεων, υποτάσεων ή και τα δυο)
- ο τύπος του σήματος (dc ή ac),
- όρια τάσης και υστέρηση,
- ο χρόνος αντίδρασης  $t_1$ ,
- η λειτουργία μνήμης.

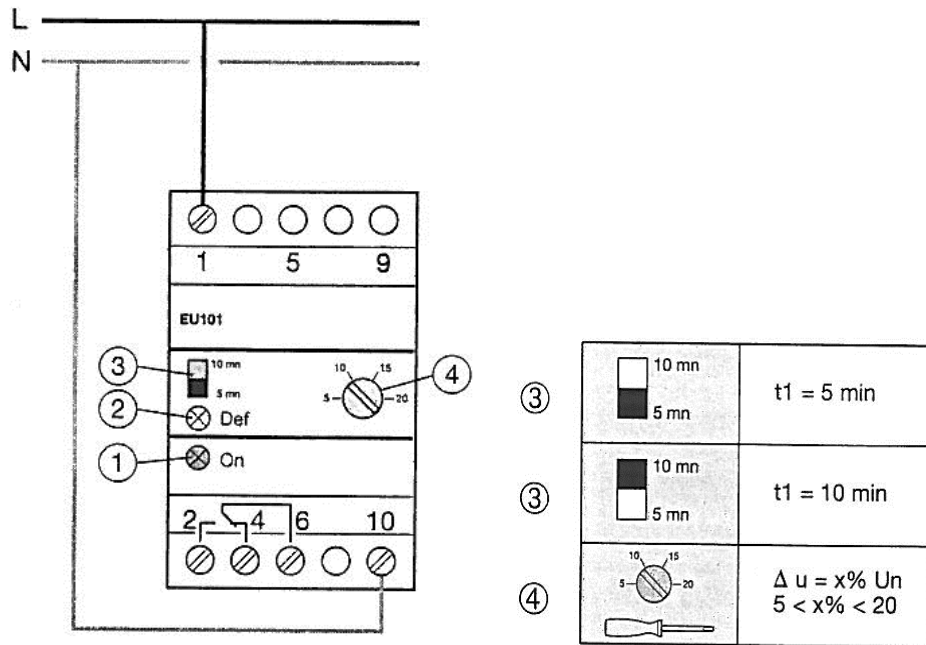
Ο EU 102 διαθέτει οθόνη ενδείξεων LCD, δυο πλήκτρα ρυθμίσεων και ένα ενδεικτικό λειτουργίας.



**Σχήμα 8.1-1: Ηλεκτρονόμος επιτήρησης τάσης EU 102**

### **β) Ηλεκτρονόμος ελέγχου κλιματιστικού EU 101**

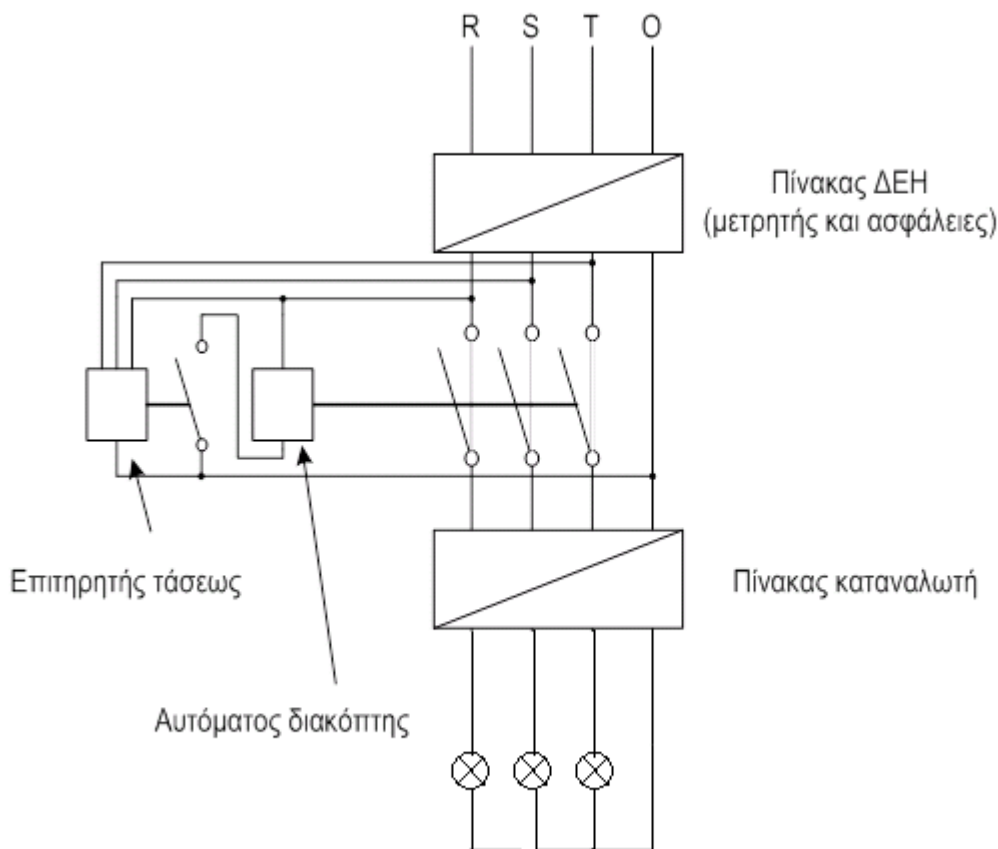
Ο μονοφασικός επιτηρητής ελέγχου κλιματιστικού EU 101 (σχήμα 8.1-2) επιτρέπει την επιτήρηση της εναλλασσόμενης τάσης. Έχει ρύθμιση για να επιτηρεί διακυμάνσεις της τάσης από 5% έως 20% της ονομαστικής τάσης λειτουργίας και ρύθμιση για να επαναφέρει αυτόματα το επιτηρούμενο κύκλωμα σε 5 ή 10 min.



Σχήμα 8.1-2: Ηλεκτρονόμος ελέγχου κλιματιστικού EU 101

## 8.2 Κατασκευή μίας διάταξης προστασίας

Κατασκευάστηκε ένας γενικός πίνακας όπως αυτός που υπάρχει στα σπίτια των καταναλωτών στην πιο απλή του μορφή. Συνδέθηκε το φορτίο (τρεις λυχνίες φωτισμού) με τη γενική ασφάλεια, μετά ο αυτόματος διακόπτης και έπειτα, σε αλυσίδα εκκίνησης με τον αυτόματο διακόπτη συνδέθηκε ο ηλεκτρονόμος επιτήρησης τάσης (σχήμα 8.2-1). Πριν τεθεί το κύκλωμα σε λειτουργία, κατασκευάστηκε ένας ροοστάτης, ο οποίος παρεμβλήθηκε μεταξύ του γενικού πίνακα και της παροχής ρεύματος, ώστε να μπορούν να δημιουργηθούν διακυμάνσεις της τάσης του δικτύου.



**Σχήμα 8.2-1: Η κατασκευασθείσα διάταξη προστασίας**

### 8.3 Έλεγχος της λειτουργίας του κυκλώματος που κατασκευάστηκε

Αρχικά προγραμματίστηκε ο ηλεκτρονόμος επιτήρησης τάσης σύμφωνα με τα βήματα στις οδηγίες χρήσης του. Επιλέχθηκε τύπος σήματος AC, τύπος επιτήρησης υπέρταση και υπόταση, όριο τάσης  $\pm 10\%$ , χρόνος αντίδρασης 1sec και λειτουργία μνήμης ανενεργή ώστε ο επιτηρητής να επαναφέρει αυτόματα το επιτηρούμενο κύκλωμα μετά την αποκατάσταση της ονομαστικής τάσης λειτουργίας.

Έπειτα συνδέθηκε ο ροοστάτης στην παροχή ρεύματος και παρατηρήθηκε το άναμμα των τριών λυχνιών. Αργότερα, μέσω του ρυθμιστή αυξομειώθηκε η τάση παροχής, οπότε ο ηλεκτρονόμος επιτήρησης της τάσης αμέσως διέκοψε το κύκλωμα και ως αποτέλεσμα έσβησαν οι τρεις λυχνίες. Με την αποκατάσταση της τάσης παροχής, ύστερα από λίγα δευτερόλεπτα, ο επιτηρητής επανέφερε το κύκλωμα και άναψαν οι τρεις λυχνίες ξανά.

## 8.4 Συμπεράσματα

Είναι φανερό πως η εγκατάσταση ενός ηλεκτρονόμου επιτήρησης στο γενικό πίνακα κάθε καταναλωτή κρίνεται αναγκαία. Με αυτόν τον τρόπο εξασφαλίζεται η προστασία κάθε καταναλωτή καθώς επίσης και η προστασία της εγκατάστασης και των ηλεκτρικών-ηλεκτρονικών συσκευών του από την αποκοπή του ουδετέρου της ΔΕΗ και γενικότερα την αποκοπή αγωγού (ή αγωγών) και από τις διακυμάνσεις της τάσης του δικτύου.