



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

**Ηλεκτρονικό κύκλωμα προστασίας έναντι διακυμάνσεων τάσης  
και αποκοπής ουδετέρου του δικτύου διανομής χαμηλής τάσης**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

Σταυρούλα Γ. Καμακάρη

**Επιβλέπων:** Κωνσταντίνος Γ. Καραγιαννόπουλος  
Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Νοέμβριος 2011





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

**Ηλεκτρονικό κύκλωμα προστασίας έναντι διακυμάνσεων τάσης  
και αποκοπής ουδέτερου του δικτύου διανομής χαμηλής τάσης**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

Σταυρούλα Γ. Καμακάρη

**Επιβλέπων:** Κωνσταντίνος Γ. Καραγιαννόπουλος  
Καθηγητής ΕΜΠ

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την

Κωνσταντίνος Γ. Καραγιαννόπουλος  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Νικόλαος Ι. Θεοδώρου  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

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

Αθήνα, Νοέμβριος 2011

.....

Σταυρούλα Γ. Καμακάρη

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

Copyright © Σταυρούλα Γ. Καμακάρη, 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 τον 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 κτίρια 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 κτιρίων.

Στην εργασία περιλαμβάνεται η κατασκευή μίας ηλεκτρονικής διάταξης για την προστασία στην εγκατάσταση του καταναλωτή έναντι διακυμάνσεων της τάσης και αποκοπής ουδετέρου του δικτύου. Κρίνεται σκόπιμο η διάταξη αυτή να εγκαθίσταται σε κάθε κτιριακή εγκατάσταση.

## Λέξεις Κλειδιά

Διακυμάνσεις τάσης, Αποκοπή ουδετέρου, Κτιριακή εγκατάσταση, ηλεκτρονική διάταξη

## **Abstract**

This diploma thesis includes an overview of basic protection issues of the electrical installations in ordinary buildings and hospitals. These are mainly:

- the grounding
- the special protection circuits in the electrical installations of hospital emergency loads
- the protection of electrical installations and appliances (electrical and electronic) against voltage fluctuations and the cut off of a network conductor (or conductors) and
- the surge arresters which protect the buildings.

This diploma thesis includes also the construction of an electronic device which can protect the installation of the customer against voltage fluctuations and the cut off of the low voltage network's neutral conductor. It is appropriate that this device should be installed in any building installation.

## **Keywords**

Voltage fluctuations, cut off of neutral conductor, building installation, electronic device

## 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 υποστήριξή του, τις πολύτιμες γνώσεις, τις συμβουλές του και τον χρόνο που διέθεσε για να με βοηθήσει. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον υποψήφιο διδάκτορα κ. Κωνσταντίνο Χαλεβίδη για την σημαντική βοήθεια που μου προσέφερε στη διεξαγωγή των πειραμάτων και την κα. Αικατερίνη Πολυκράτη για το άριστο κλίμα συνεργασίας.

Σταυρούλα Καμακάρη  
Αθήνα, Νοέμβριος 2011





## Περιεχόμενα

<b>1. Γειώσεις σε συνήθεις εγκαταστάσεις</b>	11
1.1. Γενικά περί γειώσεων	11
1.2. Μέθοδοι γείωσης στις συνήθεις κτιριακές και βιομηχανικές εγκαταστάσεις	13
1.3. Σύμβολα γειώσεων	18
1.4. Ισοδυναμικές συνδέσεις	19
<b>2. Γειώσεις και μέσα εξάλειψης των κινδύνων από τις ηλεκτροστατικές εκφορτίσεις σε ειδικούς χώρους νοσοκομείων</b>	20
2.1. Γενικά περί των ειδικών νοσοκομειακών εγκαταστάσεων	20
2.2. Οι κίνδυνοι ηλεκτροπληξίας για τον ασθενή των μονάδων επείγουσας ιατρικής	20
2.3. Παράδειγμα γειώσεων σε μία μονάδα επείγουσας ιατρικής (π.χ. σε ένα χώρο της μονάδας εντατικής θεραπείας)	22
2.3.1. Το κύκλωμα της γείωσης προστασίας	22
α) Ο κόμβος γείωσης	22
β) Η γείωση αναφοράς του θαλάμου νοσηλείας	24
2.4. Το αντιστατικό δάπεδο και η γείωση του	25
2.4.1. Γενικά περί επάλειψης των κινδύνων λόγω ηλεκτροστατικών εκφορτίσεων	25
2.4.2. Παράδειγμα τοποθέτησης αντιστατικού δαπέδου	27
2.4.3. Μετρήσεις αντιστατικών δαπέδων	28
2.5. Έλεγχος των χωρητικών ρευμάτων διαρροής (ή ρευμάτων διαφυγής)	28
2.6. Κυκλώματα προστασίας του ασθενούς στις διατάξεις βιοηλεκτρικών μετρήσεων	30
2.7. Ο ειδικός κλιματισμός σε μονάδες επείγουσας ιατρικής	32
2.8. Η επιλογή των διακοπών σε πίνακες επειγόντων νοσοκομειακών φορτίων	32
2.9. Οι ηλεκτρικές εγκαταστάσεις των χειρουργείων	33
<b>3. Αποκοπή αγωγών</b>	37
3.1. Αποκοπή ουδετέρου του δικτύου διανομής	37
α) Αποκοπή του ουδετέρου της ΔΕΗ που γειώνεται προ του μετρητή	37
β) Αποκοπή του ουδετέρου της ΔΕΗ που γειώνεται στον μετασχηματιστή	38
3.2. Αποκοπή του ουδετέρου στην εγκατάσταση του καταναλωτή	38
α) Αποκοπή του ουδετέρου στην εγκατάσταση του καταναλωτή όταν γειώνεται ο ουδέτερος προ του μετρητή	38
β) Αποκοπή του ουδετέρου στην εγκατάσταση του καταναλωτή όταν γειώνεται ο ουδέτερος στον μετασχηματιστή	39
3.3. Πιθανές συνέπειες για τον άνθρωπο και το περιβάλλον από την αποκοπή αγωγού του δικτύου διανομής χαμηλής τάσης	39
3.3.1. Η διάταξη ενός υπαίθριου υποσταθμού και η συνθήκη ουδετέρωσης	39
3.3.2. Υπολογισμός του ρεύματος προς γη κατά την αποκοπή ενός αγωγού	40
3.3.3. Υπολογισμός της αύξησης της θερμοκρασίας στην αντίσταση επαφής	42
3.3.4. Σχόλια	44
3.3.5. Μία μέθοδος προστασίας του ανθρώπου και του περιβάλλοντος κατά την αποκοπή αγωγού του δικτύου διανομής χαμηλής τάσης	44
3.3.6. Συμπεράσματα	45

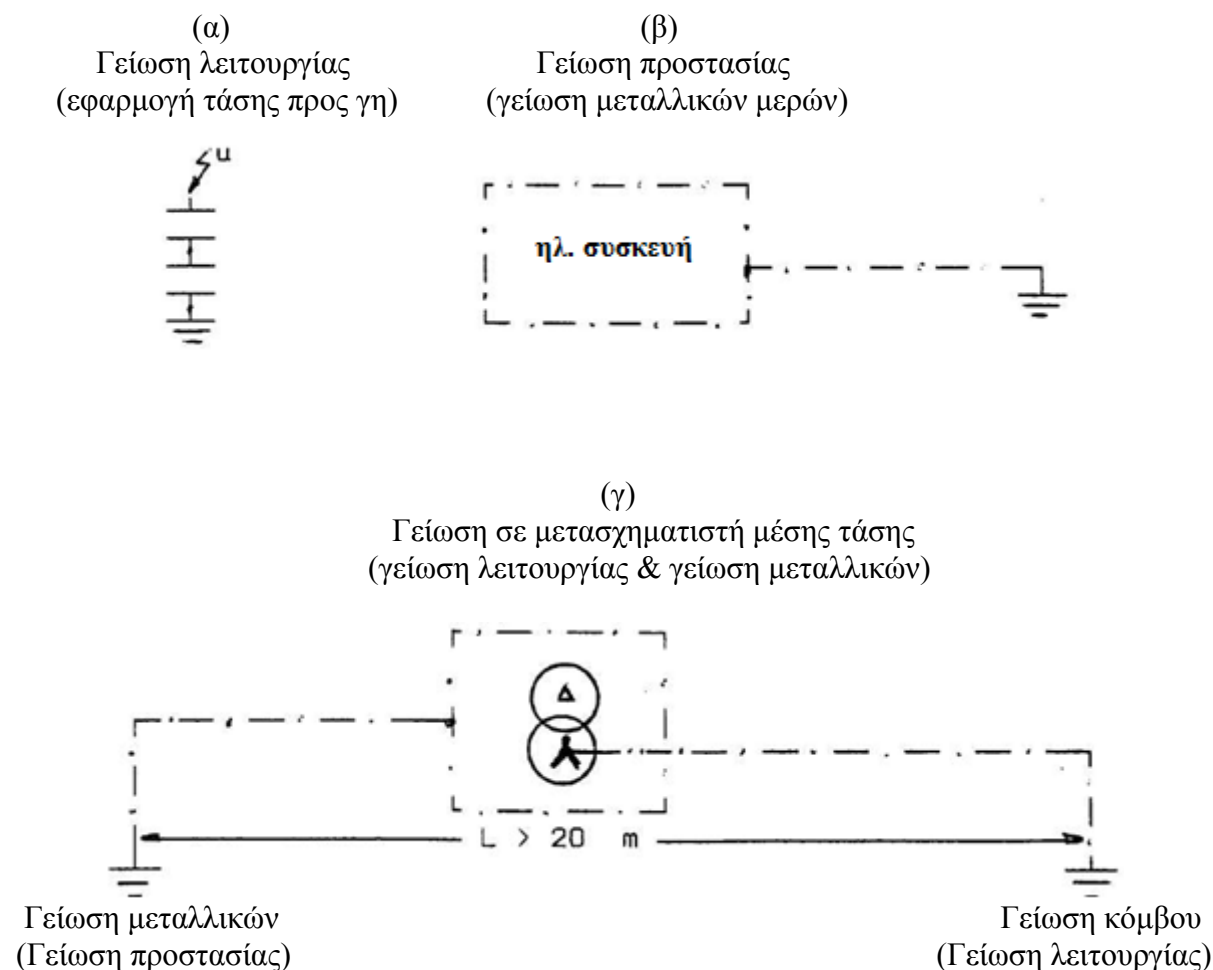
<b>4. Μέσα προστασίας στην εγκατάσταση του καταναλωτή από την αποκοπή του αγωγού του ουδετέρου ή αποκοπή αγωγού (ή αγωγών) φάσεως στη γραμμή διανομής χαμηλής τάσης της ΔΕΗ</b>	46
<b>5. Διακυμάνσεις τάσης</b>	50
5.1. Γενικά για τις διακυμάνσεις της τάσης σε σχέση με τα εμπλεκόμενα μέρη	50
5.2. Προϋποθέσεις για τη σωστή λειτουργία των κτιριακών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων και των ηλεκτρικών συσκευών	50
5.2.1. Η μονωτική ικανότητα και η γείωση μίας ηλεκτρικής εγκατάστασης	51
5.2.2. Η αξιοπιστία του ηλεκτροτεχνικού εξοπλισμού των εγκαταστάσεων και των ηλεκτρικών συσκευών που ηλεκτροδοτούν	53
α) Δοκιμές του ηλεκτροτεχνικού εξοπλισμού των κτιριακών εγκαταστάσεων	53
β) Δοκιμές σε ηλεκτρικές συσκευές για οικιακή χρήση και παρόμοιους σκοπ	55
5.3. Η δυνατότητα που πρέπει να έχουν οι συσκευές (ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές) για λειτουργία υπό τάση δικτύου 195,5 V έως 253 V	57
5.4. Μεταβολή της τάσης λόγω αποκοπής του ουδετέρου	58
5.5. Οι στιγμιαίες διακυμάνσεις της τάσης του δικτύου	58
<b>6. Αλεξικέραυνα προστασίας κτιρίων</b>	62
6.1. Η εκδήλωση κεραυνών μεταξύ νέφους και γης	62
6.2. Η προστασία κτιρίων από τους κεραυνούς	62
6.2.1 Το αλεξικέραυνο Franklin	63
6.2.2 Τα αλεξικέραυνα κλωβού	64
6.3. Μέθοδοι υπολογισμού της περιοχής προστασίας συστημάτων έλξης του κεραυνού κατά IEC 1024-1, ΕΛΟΤ 1197)	65
<b>7. Κατασκευή μίας ηλεκτρονικής διάταξης προστασίας της εγκατάστασης του καταναλωτή από διακυμάνσεις της τάσης και από την αποκοπή του ουδετέρου του δικτύου</b>	66
7.1. Σύνδεση της ηλεκτρονικής διάταξης στην εγκατάσταση του καταναλωτή	66
7.2. Το ηλεκτρονικό κύκλωμα προστασίας	67
7.2.1 Περιγραφή του κυκλώματος της ηλεκτρονικής διάταξης	67
7.2.2 Κόστος	68
7.2.3 Περιγραφή της λειτουργίας του κυκλώματος	68
7.3. Αποτελέσματα της προσομοίωσης του κυκλώματος με χρήση P-SPICE	70
7.4. Πειραματική διαδικασία και μετρήσεις	72
	73
<b>Παράρτημα</b>	
A. Φύλλα δεδομένων (datasheets) των ηλεκτρονικών εξαρτημάτων που χρησιμοποιήθηκαν	73
<b>Βιβλιογραφία</b>	80

# 1. Γειώσεις σε συνήθεις εγκαταστάσεις

## 1.1. Γενικά περί γειώσεων

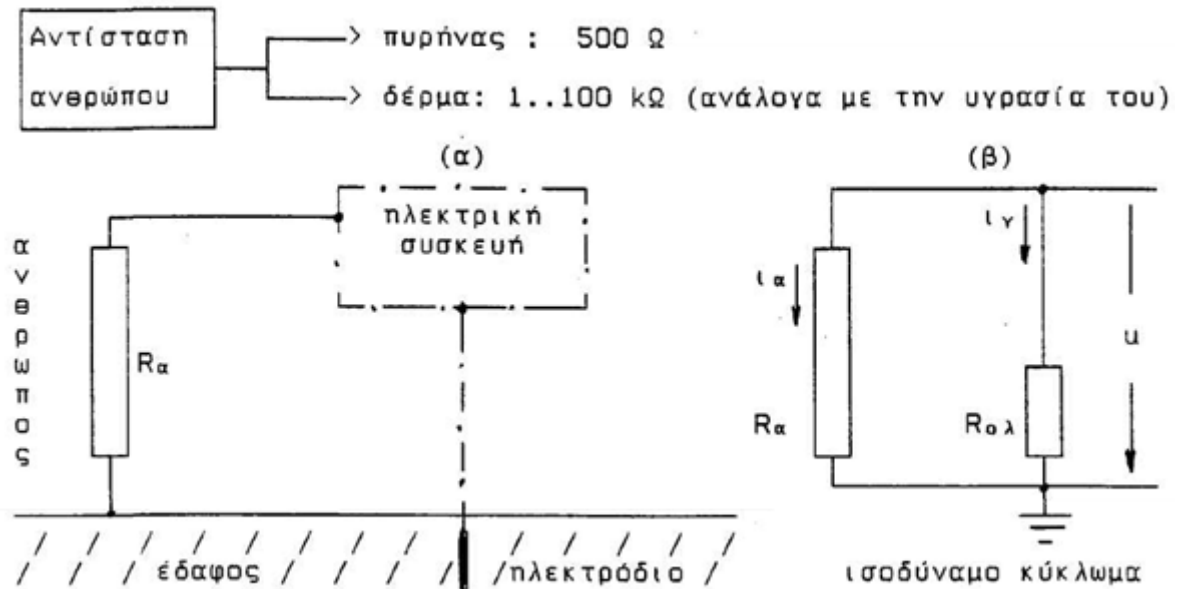
Στις συνήθεις κτιριακές και βιομηχανικές εγκαταστάσεις διακρίνει κανείς δύο ξεχωριστές γειώσεις: τη γείωση λειτουργίας και τη γείωση προστασίας (ή γείωση μεταλλικών). Όταν προβλέπεται προστασία από τους κεραυνούς, τότε υπάρχει ιδιαίτερη γείωση για το αλεξικέραυνο. Το ίδιο ισχύει και στην περίπτωση εφεδρικής 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.λ.π.).

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 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).



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

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 μέρη: τον πυρήνα (περίπου 500 Ω) και το δέρμα (1..100 kΩ).



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

Όσο περισσότερο υγρό είναι το δέρμα τόσο μικρότερη γίνεται η αντίστασή 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  $R_{\alpha}$ ), ανάλογα με την τιμή της συνολικής αντίστασης του κυκλώματος γείωσης  $R_{ολ}$ . 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 :

$$R_{ολ} \ll R_{\alpha} \quad (1.1-1)$$

είναι :

$$I_{\gamma} \gg I_{\alpha} \quad (1.1-2)$$

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 κτιριακές και βιομηχανικές εγκαταστάσεις είναι στην πράξη μερικά Ω ( $1\Omega \div 10\Omega$ ).

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.λ.π.

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 παρακάτω. 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 (ταχύτερες 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.λ.π.		πάνω από 100 $\mu$ A

Πίνακας 1.1-1: Αποτέλεσμα του εναλλασσόμενου ρεύματος 50 Hz στον ανθρώπινο οργανισμό

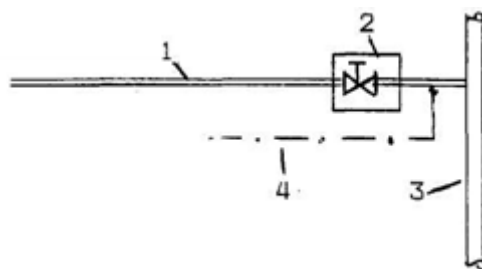
## 1. 2. Μέθοδοι γείωσης στις συνήθεις κτιριακές και βιομηχανικές εγκαταστάσεις

Η γείωση προστασίας (ή γείωση των μεταλλικών) μέσω ηλεκτρονόμου (ή διακόπτη) διαφυγής έντασης είναι πλέον υποχρεωτική σε κάθε κτιριακή 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 κτιριακές 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 ύδρευση 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 .

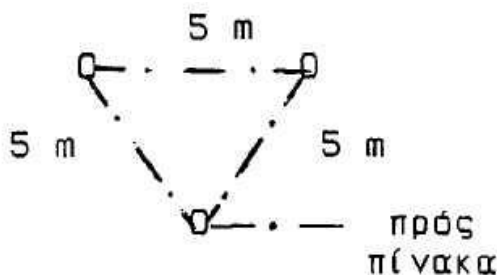
- 1: σωλήνας παροχής νερού της κατοικίας
- 2: μετρητής νερού
- 3: σωλήνας νερού του δικτύου της πόλης
- 4: αγωγός γείωσης

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 κτίρια 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:

$$R = 2r/L_{\Pi} \quad (1.2-1)$$

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  $L_{\Pi} = 200$  m είναι  $R=1\Omega$ ).

Στις παλαιότερες κτιριακές και βιομηχανικές εγκαταστάσεις χρησιμοποιείτο ένα ηλεκτρόδιο (π.χ. σωλήνα γαλβανισμένη 1,1/4 " μήκους 3 m). Για επίτευξη καλύτερης αντίστασης γείωσης χρησιμοποιούνται 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 1.2-1) , το είδος του ηλεκτροδίου ( βλ. π.χ. πίνακα 1.2-2 για σωλήνα 1 " και πλάκα ) και τις δύο σχέσεις που ακολουθούν.

$$r/100 = R/R_o \quad (1.2-2)$$

$$R_{ολ} = R + R_{cu} \quad (1.2-3)$$

όπου : R η αντίσταση του ηλεκτροδίου για τιμή r διαφορετική από 100 Ωm, R<sub>cu</sub> η αντίσταση του αγωγού γείωσης και R<sub>ολ</sub> η ολική αντίσταση.

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

Πίνακας 1.2-1 : Αντίσταση του εδάφους

για r = 100 Ω		
είδος ηλεκτροδίου	διαστάσεις ηλεκτροδίου	R <sub>o</sub> σε Ω
σωλήνας γαλβανισμένος 1"	1 m μήκος	70
	2 m μήκος	40
	3 m μήκος	30
	5 m μήκος	20
είδος ηλεκτροδίου	επιφάνεια σε m <sup>2</sup>	R <sub>o</sub> σε Ω
κατακόρυφη πλάκα από St ή Cu πάχους 3 mm	0,5 x 1	35
	1 x 1	25

Πίνακας 1.2-2 : Αντίσταση ηλεκτροδίου (R<sub>o</sub>) , για r = 100 Ωm

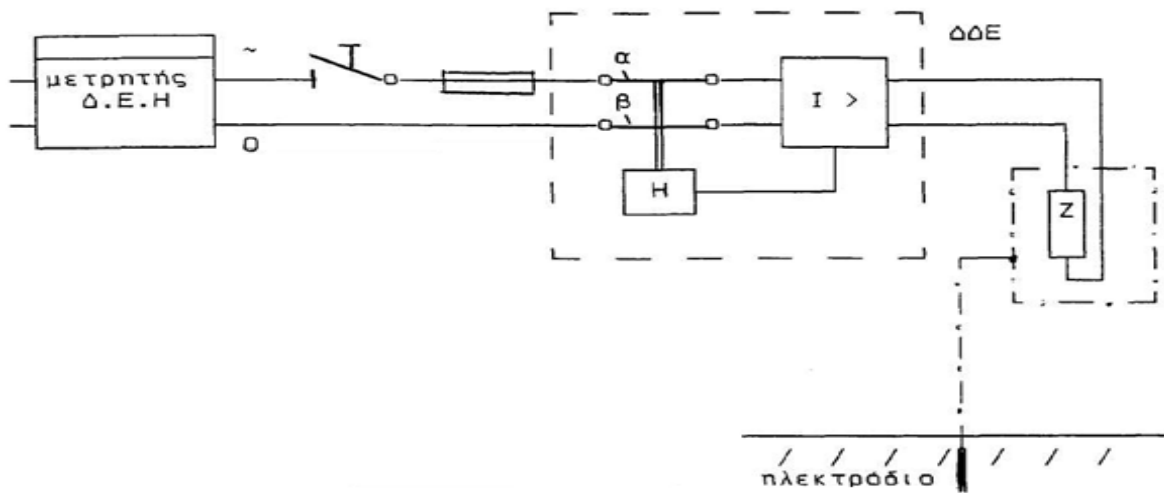
Η προστασία με ηλεκτρονόμους διαφυγής έντασης επιτυγχάνεται γενικά με άμεση απόζευξη της εγκατάστασης (ή μέρους της, που προστατεύεται από τον διακόπτη διαφυγής), σε τιμή της τάσης επαφής μικρότερη από 50 V. Στις οικιακές εγκαταστάσεις ο διακόπτης διαφυγής έντασης προκαλεί απόζευξη όλης της εγκατάστασης 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 ουδετέρου γίνεται πριν τον διακόπτη διαφυγής έντασης (π.χ. στο κιβώτιο παροχής τάσης που τοποθετεί η Δ.Ε.Η. σε μία κατοικία). Σύμφωνα με το παραπάνω σχήμα 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 α και β, 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 ουδετέρου κατά την εκδήλωση της διαρροής. Πρόκειται για έναν μετασχηματιστή (σχήμα 1.2-4), όπου η διαφορά :

$$\Delta I = I_1 - I_2, \quad (1.2-4)$$

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 α και β.



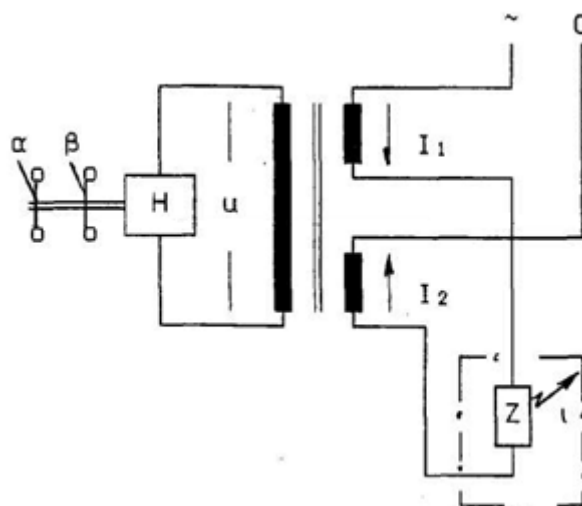
Σχήμα 1.2-3 : Σύνδεση του διακόπτη διαφυγής έντασης σε περίπτωση που η εγκατάσταση έχει ηλεκτρόδιο γείωσης (ή όταν η γείωση έχει γίνει στο δίκτυο ύδρευσης).

~: φάση, 0 : ουδέτερος

ΔΔΕ : διακόπτης διαφυγής έντασης (  $I >$  : στοιχείο υπερέντασης, κατά την οποία ανοίγουν οι επαφές α και β μέσω του ηλεκτρομαγνήτη H)

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





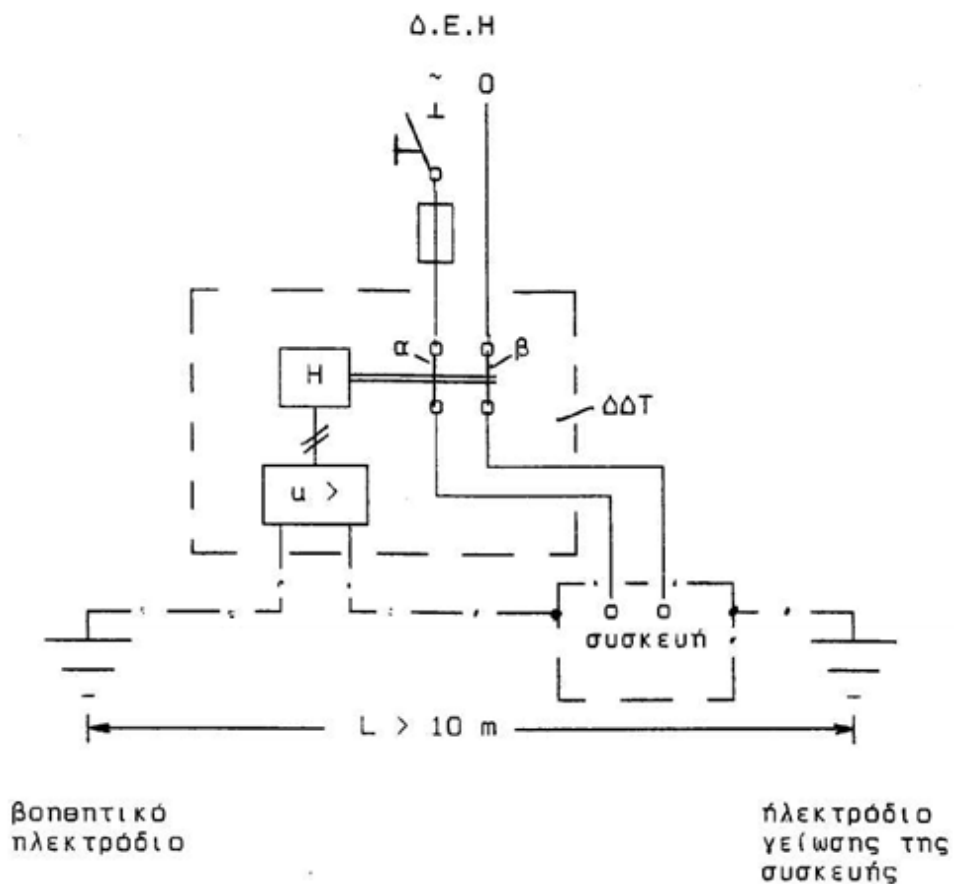
Σχήμα 1.2-4 : Επεξήγηση της λειτουργίας του στοιχείου υπέρτασης του διακόπτη διαφυγής

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 (σχ. 1.2-6). 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 1.2-5 δίνονται σύμβολα των διακοπών διαφυγής κατά DIN 40717, αλλά και όπως συνηθίζεται συχνά στη βιβλιογραφία.

διακόπτης διαφυγής	κατά DIN	συνηθίζεται συχνά
έντασης		
τάσης		

Σχήμα 1.2-5 : Σύμβολα διακοπών διαφυγής



Σχήμα 1.2-6 : Σύνδεση του διακόπτη διαφυγής τάσης (  $\Delta\Delta T$  )  
 $\sim$  : φάση ,  $\emptyset$  : ουδέτερος  
 $u >$  : στοιχείο υπέρτασης του  $\Delta\Delta T$   
 $H$  : ηλεκτρομαγνήτης (ανοίγει τις επαφές  $\alpha$  και  $\beta$  κατά τη διέγερση του από το στοιχείο υπέρτασης)

### 1.3. Σύμβολα γειώσεων

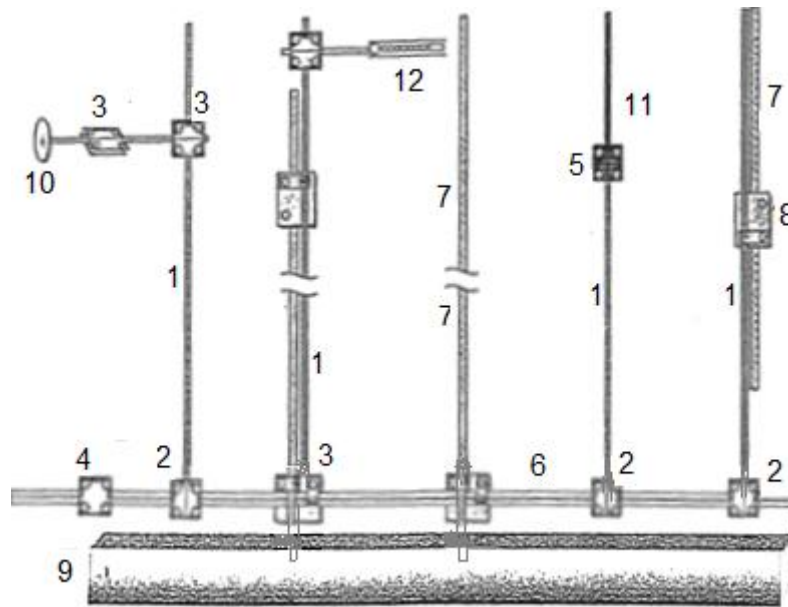
Στο σχήμα 1.3-1 δίνονται σύμβολα της γείωσης κατά DIN , καθώς και σύμβολα, που χρησιμοποιούνται συχνά στην πράξη.

Κατά DIN	συνηθίζεται επίσης ως γενικό σύμβολο
γενικό σύμβολο	
ακροδέκτης γείωσης σε μία συσκευή	
σύνδεση προς το μεταλλικό περί βλήμα 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 κτίριο (σωλήνες νερού, σωλήνες θέρμανσης, σωλήνες κλιματιστικών, θερμοσίφωνα, η μεταλλική μπανιέρα, οι σωλήνες φυσικού αερίου, ο οπλισμός του κτιρίου, οι μεταλλικοί μανδύες των καλωδίων, μεταλλικές επενδύσεις κτιρίων, κ.λ.π.) 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 κτιρίου διασφαλίζεται πλέον με την θεμελιακή γείωση. Στο παρακάτω σχήμα 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 30x3,5 mm <sup>2</sup>                    | 12. Ισοδυναμικός ζυγός              |

## **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 κτιριακών-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.λ.π.), 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 εξαρτώνται 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.λ.π.), οι ατμοσφαιρικές συνθήκες, κ.λ.π.. 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.λ.π.) 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.λ.π.).

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 την 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 προγραμματισμένα 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.λ.π.) και ηλεκτροστατικών φορτίσεων υπό την επίδραση ηλεκτρικών πεδίων. Οι ηλεκτροστατικές εκφορτίσεις, υπό μορφή σπινθήρα (ηλεκτρικό τόξο) ή όχι που είναι δυνατό 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 τον 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 τον 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 αντεκρηκτικού 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 συνήθεις 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)**

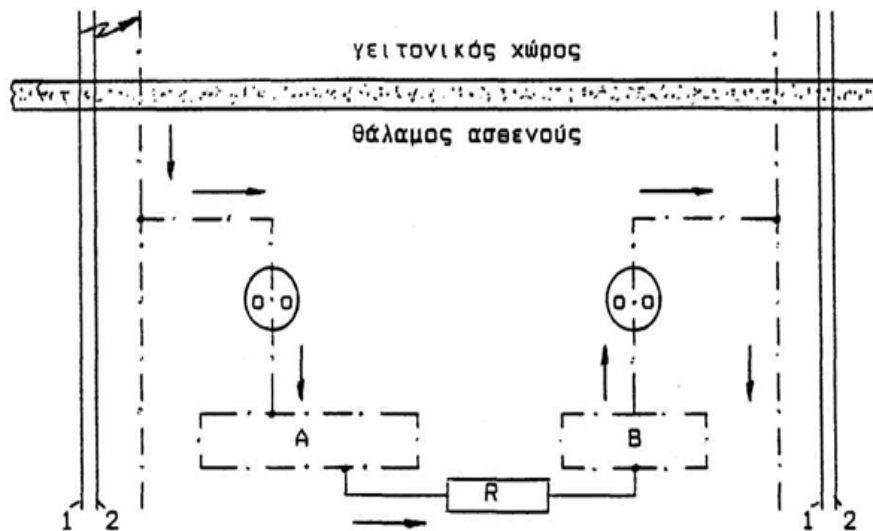
### **2.3.1. Το κύκλωμα της γείωσης προστασίας**

#### **α) Ο κόμβος γείωσης**

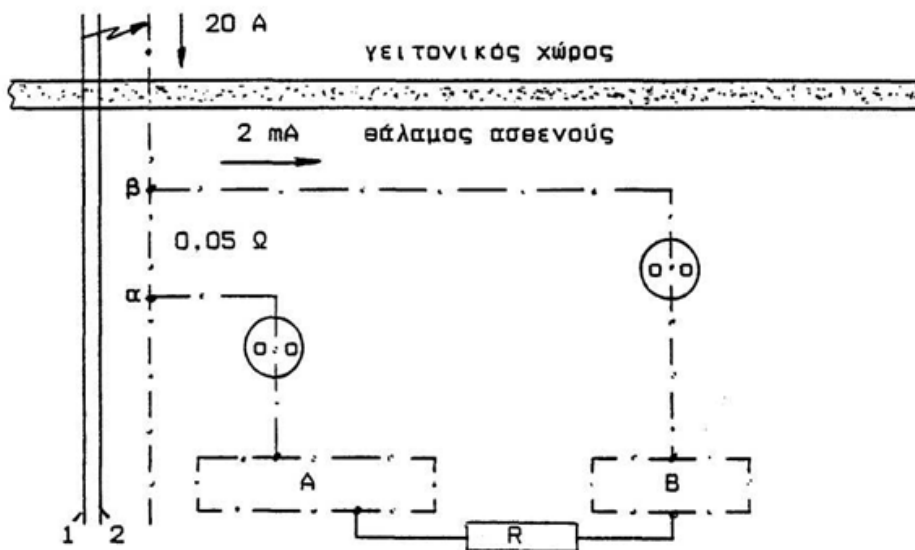
Αν και οι αγωγοί γείωσης και ουδέτερου συνδέονται στο ίδιο σημείο στον πίνακα, δεν είναι εναλλάξιμοι, γιατί εξυπηρετούν διαφορετικούς σκοπούς. Σε μία σωστή εγκατάσταση το ηλεκτρικό ρεύμα ρέει από τον αγωγό φάσης και επιστρέφει μέσω του αγωγού ουδέτερου, ενώ στον αγωγό γείωσης δεν ρέει καθόλου ρεύμα.

Όταν σε μία ηλεκτρική συσκευή υπάρχει διαρροή ρεύματος, λόγω π.χ. καταστροφής ή γήρανσης της μόνωσης του αγωγού φάσης, τότε ο αγωγός γης προστατεύει τον 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 κτίριο υπηρεσιών υγείας. Τα τρικαλωδιακό αυτό δίκτυο έχει όμως τις ιδιαιτερότητες του στις μονάδες επείγουσας ιατρικής, οι οποίες εξετάζονται ακολούθως με τα παραδείγματα των σχημάτων 2.3.1-1 έως 2.3.1-3.

Όπως δίνεται απλοποιημένα στο σχήμα 2.3.1-1, 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 2.3.1-2 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.



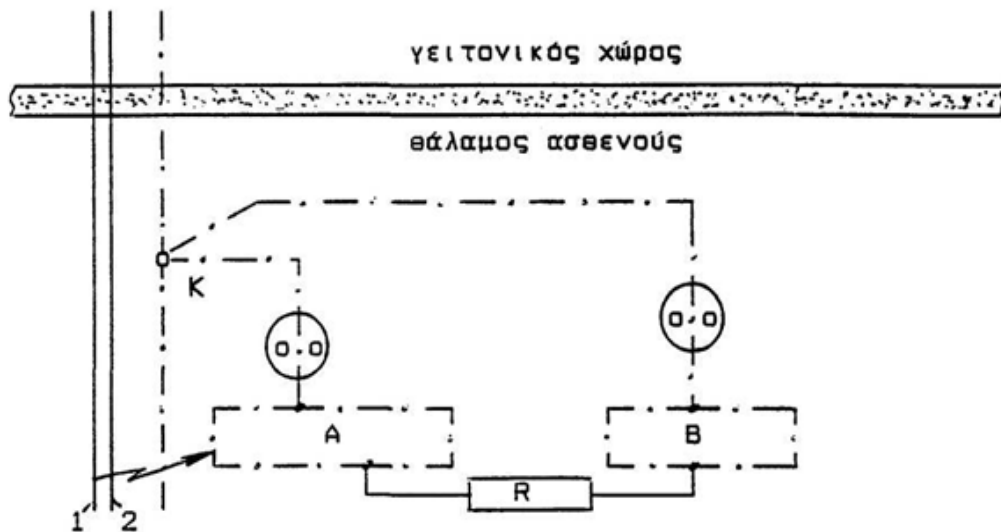
Σχήμα 2.3.1-1: Παράδειγμα εγκατάστασης δύο αγωγών γείωσης στο θάλαμο του ασθενούς: Ο ασθενής δεν προστατεύεται από ρεύματα διαρροής, που εκδηλώνονται εκτός του θαλάμου του.  
 R: η αντίσταση του ασθενούς.  
 A και B: ηλεκτρικές συσκευές,  
 1: αγωγός φάσης. 2: αγωγός ουδετέρου.  
 —.—: αγωγός γείωσης και μεταλλικά μέρη της συσκευής.



Σχήμα 2.3.1-2: 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.

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.

Πως 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 2.3.1-3: Όπως φαίνεται στο σχήμα αυτό, έχει εφαρμοστεί η γείωση κόμβου. Όταν συμβεί ένα βραχυκύκλωμα σε μία συσκευή (π.χ. στην συσκευή Α), τότε είναι πιθανό ένα μέρος του ρεύματος να περάσει μέσω του ασθενούς στο κύκλωμα: "R - μεταλλικό κάλυμμα συσκευής Β - 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 αγωγή με σύνδεση 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 2.3.1-3: Παράδειγμα διαρροής ρεύματος προς τον ασθενή παρά τη γείωση επί ενός σημείου K ("κόμβος γείωσης").

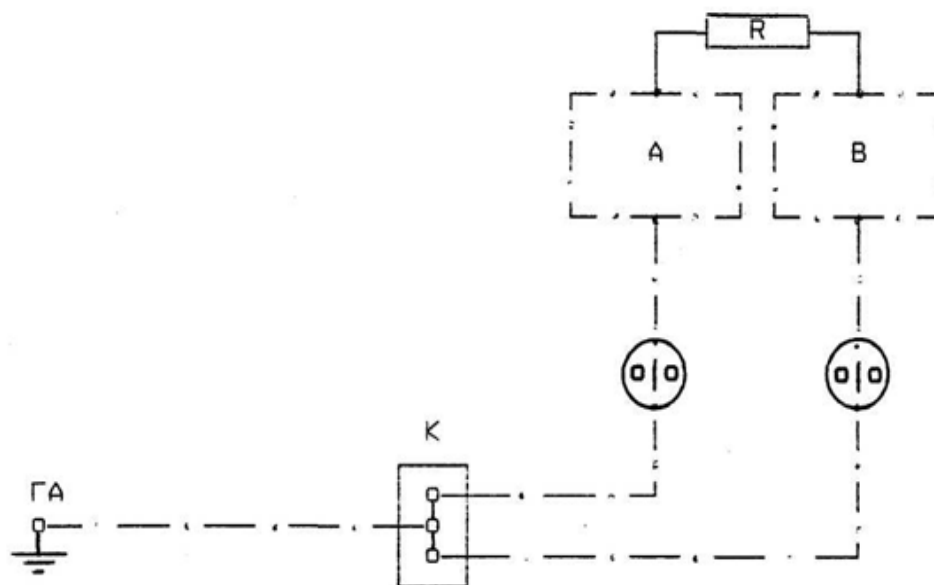
## β) Η γείωση αναφοράς του θαλάμου νοσηλείας

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 κτιρίου (ηλεκτρόδιο γείωσης).



- 2) Τα μήκη των καλωδίων πρέπει να περιορίζονται, ώστε οι πτώσεις τάσης σ' αυτά να διατηρούνται σε χαμηλές τιμές (ακίνδυνες τιμές για τον ασθενή).
- 3) Μέτρηση των πτώσεων τάσης στα καλώδια για την επιβεβαίωση της καταλληλότητας 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 2.3.1-4: 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.  
 Κ: Κόμβος γείωσης.  
 ΓΑ: Γείωση αναφοράς χώρου.

Στο παράδειγμα του σχήματος 2.3.1-4 δίνεται απλοποιημένα το κύκλωμα γείωσης δύο ηλεκτρικών συσκευών (A και B), 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 (A και B) έρχεται σε επαφή ο ασθενής (R) μίας μονάδας εντατικής θεραπείας. Για να προστατεύεται ο ασθενής από διαρροή ρεύματος, που μπορεί να συμβεί στη συσκευή A ή στη συσκευή B, 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 γείωση του

### 2.4.1. Γενικά περί επάλειψης των κινδύνων λόγω ηλεκτροστατικών εκφορτίσεων

Στα χειρουργεία και σε άλλους νοσοκομειακούς χώρους επείγουσας ιατρικής (μονάδα εντατικής θεραπείας, μονάδα ανάνηψης, κ.λ.π. ) 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 αγωγίμα 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.λ.π.),
- στο φαινόμενο της επαγωγής, υπό την επίδραση ηλεκτροστατικών πεδίων,
- σε θερμοϊονική εκπομπή,
- σε φωτοηλεκτρική φόρτιση, και
- στο 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 προσομοίωση του είναι μία αντίσταση σε σειρά με ένα πυκνωτή. Η αντίσταση του ανθρώπινου 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.

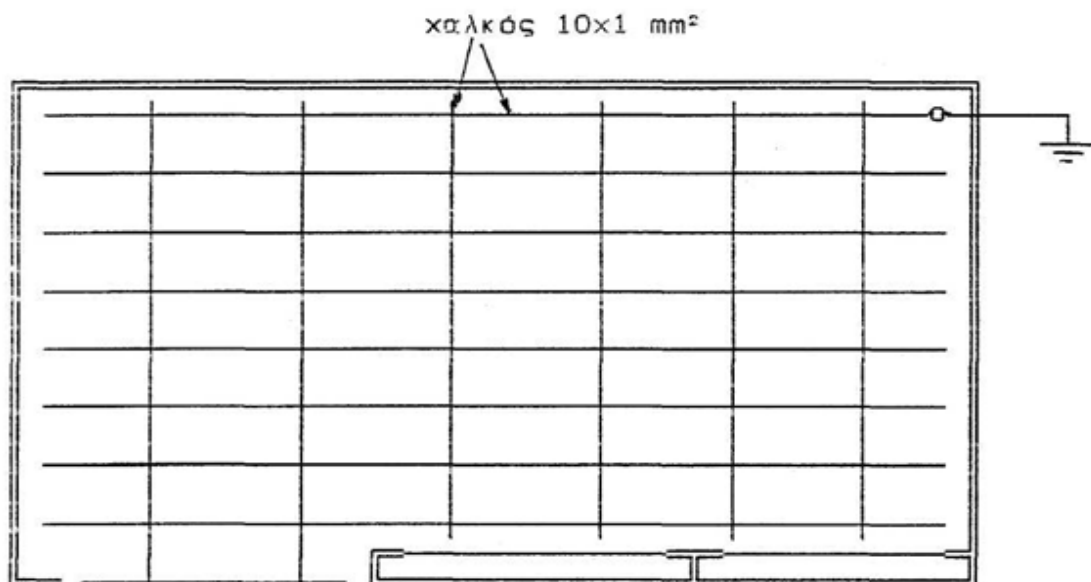
Από έρευνες που έχουν γίνει, είναι γνωστό ότι στην εξάλειψη των ηλεκτροστατικών εκφορτίσεων συμβάλλουν κυρίως:

- 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 κλινοστρομής, βαμβακερός ρουχισμός, υποδήματα από αντιστατικά υλικά, κ.λ.π.).
- 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 2.4.2-1 δίνεται απλοποιημένα ο τρόπος εγκατάστασης ενός αντιστατικού δαπέδου. Αρχικά κατασκευάζεται ένα πλέγμα γείωσης από λάμες χαλκού (π.χ. διατομής 30x1 mm<sup>2</sup>), που δεν 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.



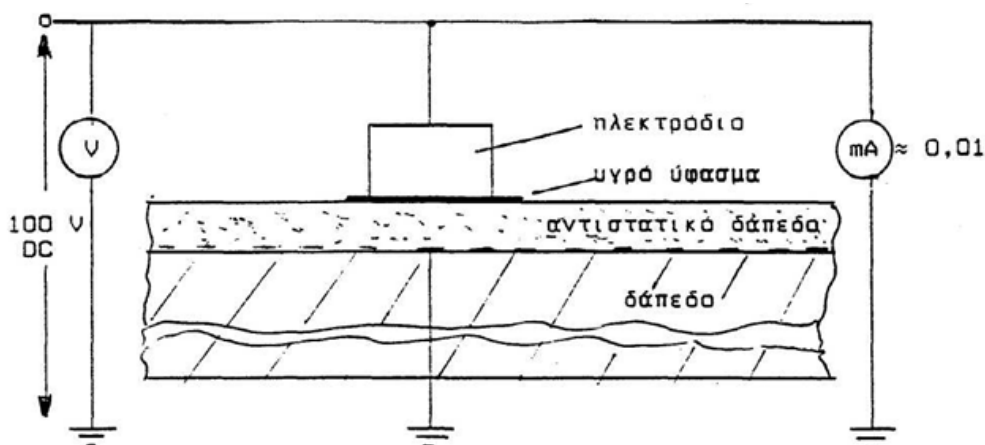
Σχήμα 2.4.2-1: Παράδειγμα πλέγματος γείωσης αντιστατικού δαπέδου

### 2.4.3. Μετρήσεις αντιστατικών δαπέδων

Μία μέθοδος μέτρησης της αντίστασης του αντιστατικού δαπέδου δίνεται στο σχήμα 2.4.3-1. 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.



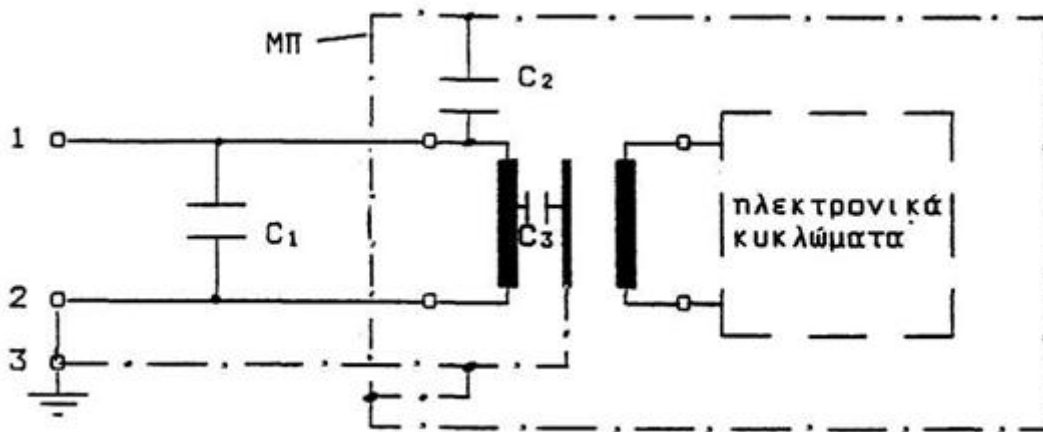
Σχήμα 2.4.3-1: Παράδειγμα διάταξης μέτρησης αντιστατικού δαπέδου

### 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 προέλευσης 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 χωρητικότητες 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  $\mu\text{A}$  ( $5-20 \mu\text{A}$  για μήκος του αγωγού  $3\text{m}$ ). 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

ΜΠ: μεταλλικό περίβλημα 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  $\mu\text{A}$ .

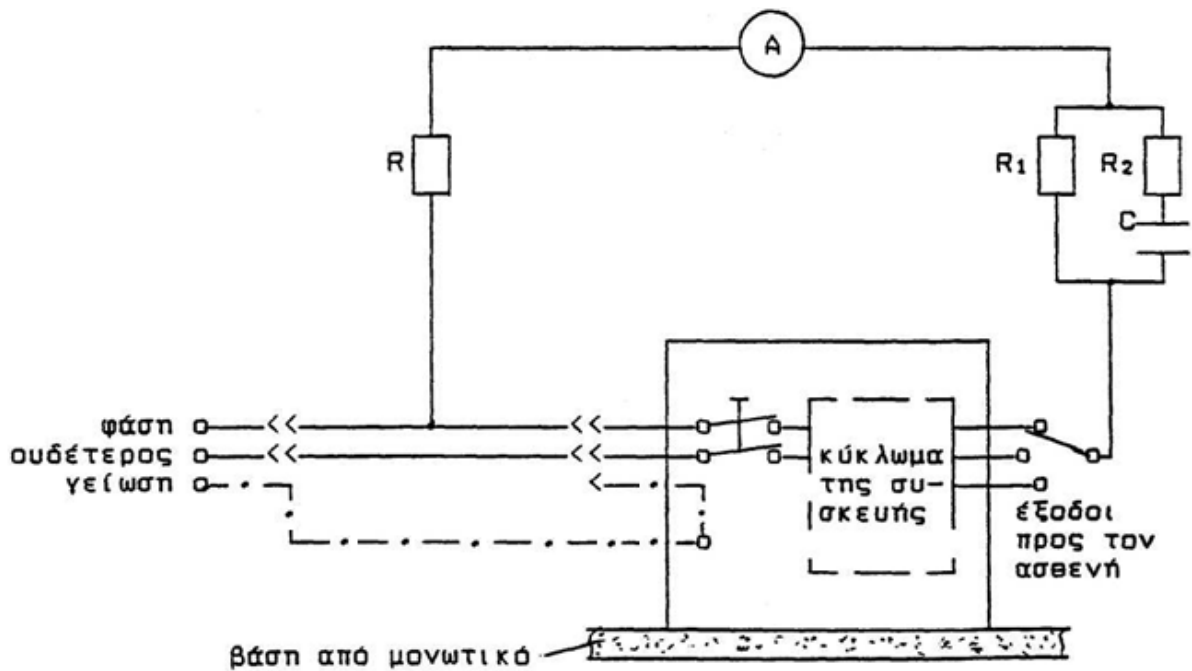
2) Από τον αγωγό φάσης προς τους ακροδέκτες σύνδεσης των ηλεκτροδίων βιοηλεκτρικών μετρήσεων επί της συσκευής. Η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή του ρεύματος διαφυγής είναι 20  $\mu\text{A}$  για συσκευές των μονάδων επείγουσας ιατρικής και 50  $\mu\text{A}$  για άλλες μονάδες.

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.



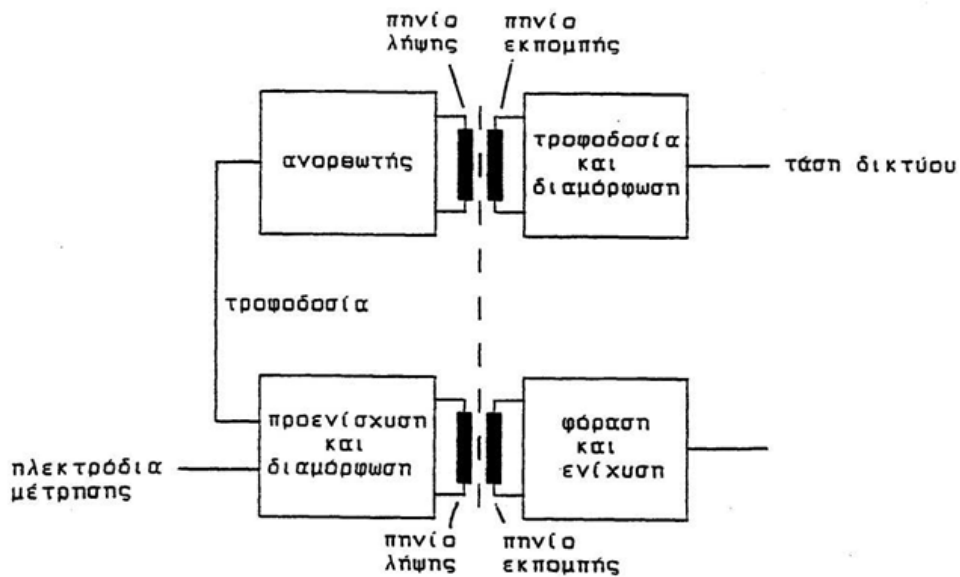
Σχήμα 2.5-2: Μέτρηση ρευμάτων διαρροής από χωρητική ζεύξη προς ξένες πηγές (κατά τις προδιαγραφές των Η.Π.Α.).

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

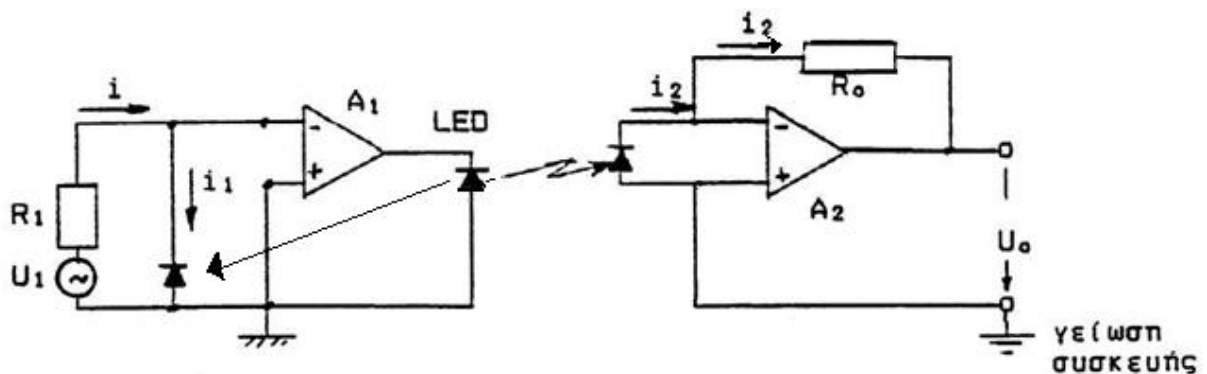
## 2.6. Κυκλώματα προστασίας του ασθενούς στις διατάξεις βιοηλεκτρικών μετρήσεων

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 Zener (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 υψίσυχη 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).

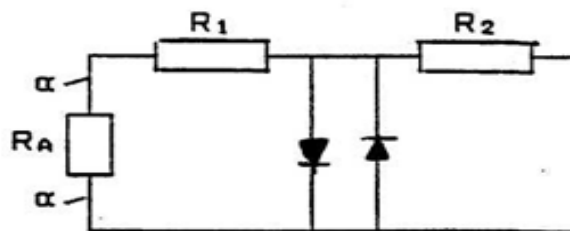


Σχήμα 2.6-1: Αρχή λειτουργίας ενός ενισχυτή απομόνωσης



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

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



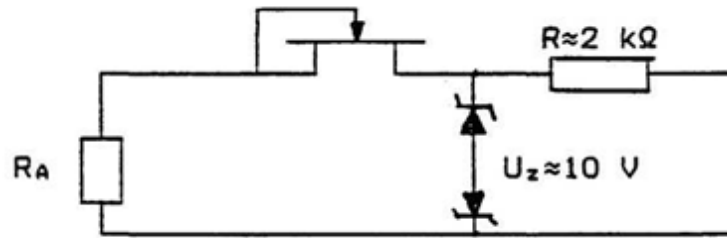
Σχήμα 2.6-3: Κυκλώματα προστασίας με διόδους και αντιστάσεις.

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 Zener, οι οποίες πάλι προστατεύονται από μία αντίσταση.



Σχήμα 2.6-4: Κύκλωμα προστασίας με JFET και διόδους Zener.  
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 κτιριακές εγκαταστάσεις, γιατί το ζητούμενο δεν είναι μόνο το ευχάριστο περιβάλλον ( που επιβάλλεται από την κατάσταση του ασθενούς και το επιβαρημένο έργο του ιατρικού και νοσηλευτικού προσωπικού), αλλά η καθαρότητα του αέρα από βακτηρίδια (αντιβακτηριακός κλιματισμός) . Για το σκοπό αυτό ανανεώνεται ο αέρας 20 φορές ανά ώρα και η καθαρότητα του από μικρόβια εξασφαλίζεται με διατάξεις φίλτρων λεπτής σκόνης και συγκράτησης των βακτηριδίων. Οι κανονικές συνθήκες λειτουργίας του κλιματιζόμενου χώρου είναι: 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 την 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.λ.π.). 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

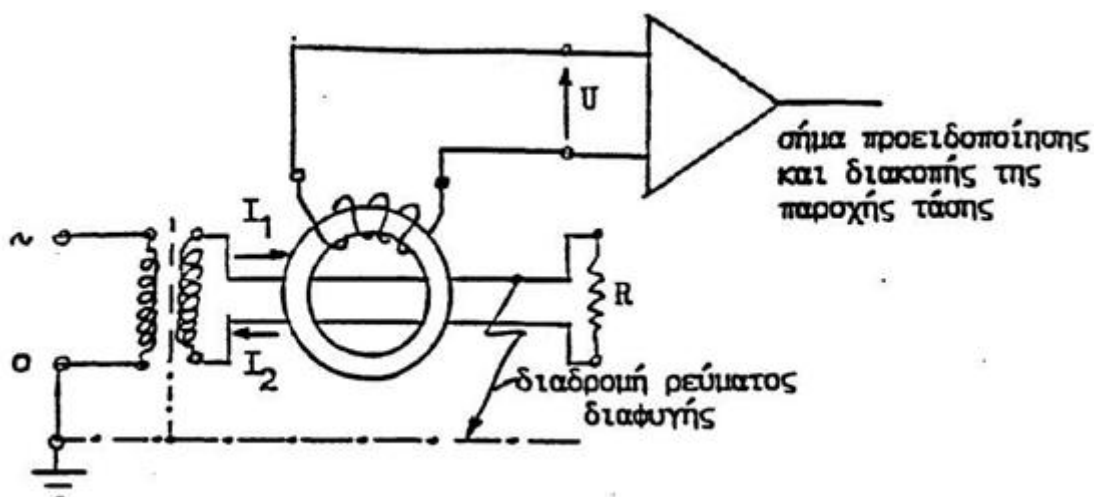


απαιτήσεις σε ονομαστικό ρεύμα, από εκείνο που υπολογίζεται από τα φορτία της εγκατάστασης (π.χ. με το διπλάσιο ονομαστικό ρεύμα από εκείνο που απαιτείται σε συνήθεις κτιριακές εγκαταστάσεις).

## 2.9. Οι ηλεκτρικές εγκαταστάσεις των χειρουργείων

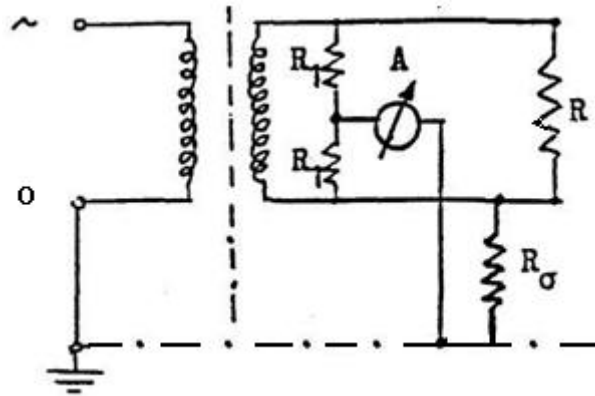
Στην παράγραφο 2.7 αναφέρθηκαν οι παράγοντες που συμβάλλουν στην εξάλειψη του στατικού ηλεκτρισμού στις αίθουσες των χειρουργείων. Το αντιστατικό δάπεδο (και η χρήση γενικά αντιστατικών υλικών) και ο ειδικός κλιματισμός συμβάλλουν στην εξάλειψη των ηλεκτροστατικών εκφορτίσεων. Μία επιπλέον προστασία απ' τον στατικό ηλεκτρισμό είναι η χρησιμοποίηση αντιαεκρηκτικών 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 αντιαεκρηκτικού τύπου. Για ύψος μεγαλύτερο από 1,2 m από το δάπεδο δεν απαιτείται η παραπάνω αντιαεκρηκτική 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 αντιαεκρηκτικού 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 (σχ. 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).



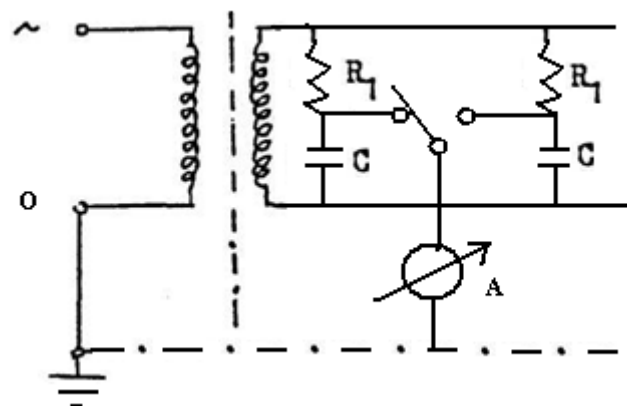
Σχήμα 2.9-1: Έλεγχος των μονώσεων προς γη με σύγκριση των τιμών  $I_1$  και  $I_2$  (σε περίπτωση που δεν υπάρχει ρεύμα διαρροής είναι  $I_1=I_2$ . Όταν  $I_1 \neq I_2$  αναπτύσσεται η τάση  $U$  στην είσοδο του ενισχυτή ).

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.



Σχήμα: 2.9-2: Έλεγχος των μονώσεων προς γη με γέφυρα αντιστάσεων.  
 $R_{\sigma}$ : αντίσταση σφάλματος

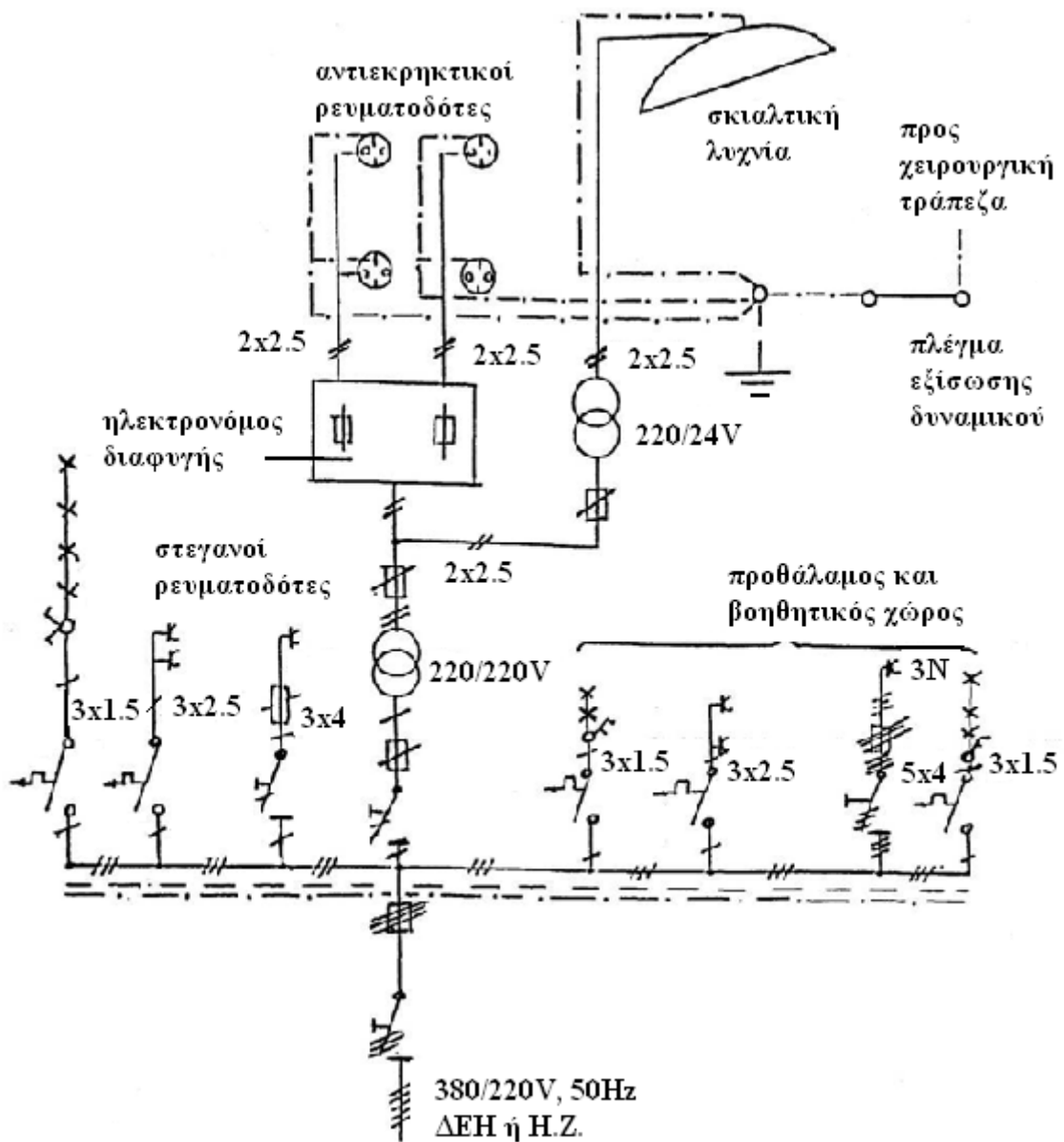
Στο σχήμα 2.9-3 δίνεται μια διάταξη με σύνθετη αντίσταση ( $R_1, C$ ), που επιτηρεί την εγκατάσταση σε δύο θέσεις (δύο σύνθετες αντιστάσεις). Η μεταγωγή του διακόπτη από τη μία θέση στην άλλη γίνεται αυτόματα.



Σχήμα 2.9-3: Έλεγχος των μονώσεων προς γη με σύνθετες αντιστάσεις και μέτρηση του ρεύματος σε δύο διαφορετικές θέσεις.  
 $R_1$ : ιδανική αντίσταση, C: ιδανικός πυκνωτής.

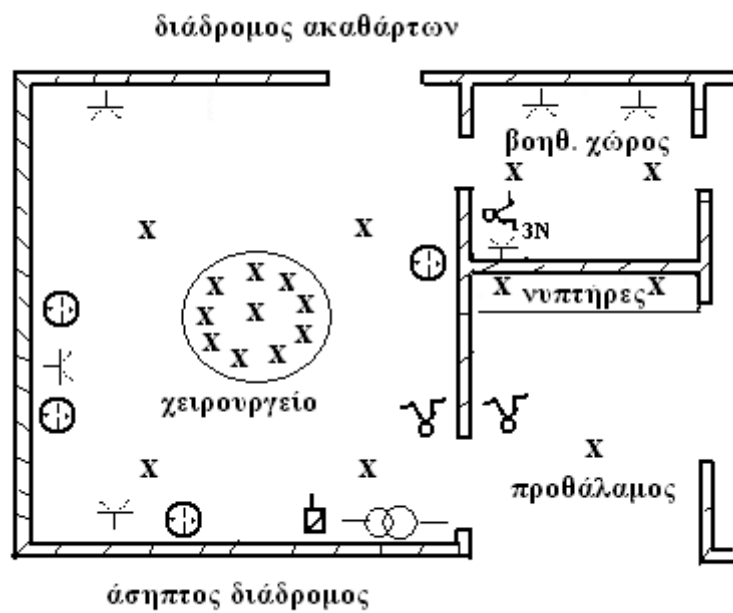
Στο Σχήμα 2.9-4 δίνεται ένα παράδειγμα ηλεκτρικής εγκατάστασης ενός χειρουργείου, κατά την κάτοψη του σχήματος 2.9-5. Όπως φαίνεται σ' αυτό, ο ηλεκτρονόμος διαφυγής (διάταξη προστασίας από ρεύματα διαρροής) και η σκιαλυτική λυχνία αποτελούν μία ιδιαίτερη αναχώρηση (γραμμή) από τον ηλεκτρικό πίνακα. Η παροχή τάσης στην περιοχή αυτή γίνεται μέσω των τεσσάρων αντικρηκτικού 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

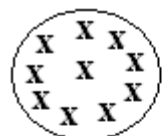





φωτιστικά σώματα, οι διακόπτες των φωτιστικών, οι ρευματοδότες, οι ρευματολήπτες και γενικά οι ηλεκτρικές εγκαταστάσεις και οι ηλεκτρικές συσκευές διέπονται από τους κανόνες των συνήθων ηλεκτρικών εγκαταστάσεων.



Σχήμα 2.9-4: 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).

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. φορητά ακτινολογικό, φορητή σκιαλυτική λυχνία, κλίβανος αποστείρωσης εργαλείων στο βοηθητικό χώρο κ.λ.π.). Εκτός από αυτό, αποτελούν μια άμεση λύση ρευματοδότησης στην περίπτωση π.χ. βλάβης του μετασχηματιστή γαλβανικής απομόνωσης, του ηλεκτρονόμου διαφυγής, κ.λ.π..



-  : σκιαλυτική λυχνία
-  : αντιεκρηκτικός ρευματοδότης
-  : μετασχηματιστής γαλβανικής απομόνωσης 220/220V
-  : ηλεκτρονόμος διαφυγής
-  : στεγανός ρευματοδότης
-  : στεγανός τριφασικός ρευματοδότης
- X** : φωτιστικό σώμα

Σχήμα 2.9-5: Ενδεικτική κάτοψη χειρουργείων

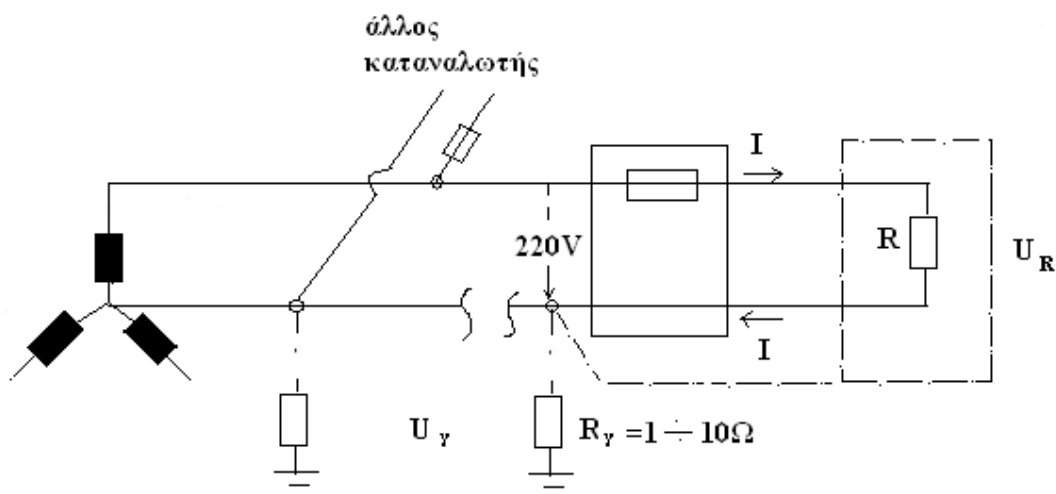
### 3. Αποκοπή αγωγών

#### 3.1.Αποκοπή ουδετέρου του δικτύου διανομής

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 . Είναι προφανές, ότι τα μέσα αυτά είναι κυρίως: τα σωστά μεγέθη ασφαλειών ανά γραμμή, ο διακόπτης διαφυγής έντασης (ΔΔΕ), οι ισοδυναμικές συνδέσεις, η πολύ μικρή αντίσταση γείωσης, οι σταθεροποιητές τάσης (όπου απαιτείται) και η αντικεραυνική προστασία. Συνεπώς, επειδή ο καταναλωτής δεν μπορεί να έχει τις εξειδικευμένες γνώσεις για να προβλέψει τα ανωτέρω στην εγκατάστασή του, είναι αποκλειστική ευθύνη του εγκαταστάτη ηλεκτρολόγου, ο οποίος υποβάλλει στη ΔΕΗ την κατά το νόμο απαιτούμενη «ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΔΗΛΩΣΗ» να έχει εγκαταστήσει ό,τι απαιτείται για την προστασία της εγκατάστασης. Θα πρέπει να σημειωθεί, ότι η διαδικασία αυτή μέσω της προαναφερθείσας υπευθύνου δηλώσεως, κάθε άλλο παρά τυπική πρέπει να θεωρείται, γιατί δεν προβλέπεται άλλη διαδικασία εξασφάλισης του καταναλωτή (κάποτε γινόταν έλεγχος από την ΔΕΗ, ο οποίος όμως έχει καταργηθεί εδώ και αρκετά χρόνια).

Ακολουθώς εξετάζονται οι συνέπειες από την αποκοπή του ουδετέρου. Στην παρ. 3.3. γίνεται αναφορά (με βάση δημοσίευση σε πρόσφατο διεθνές επιστημονικό περιοδικό) στις πιθανές συνέπειες για τον άνθρωπο και το περιβάλλον από την αποκοπή αγωγού του δικτύου διανομής χαμηλής τάσης. Το θέμα των διακυμάνσεων εξετάζεται σε επόμενη παράγραφο.

#### α) Αποκοπή του ουδετέρου της ΔΕΗ που γειώνεται προ του μετρητή



Σχήμα 3.1-1: Αποκοπή του ουδετέρου της ΔΕΗ που γειώνεται προ του μετρητή

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:

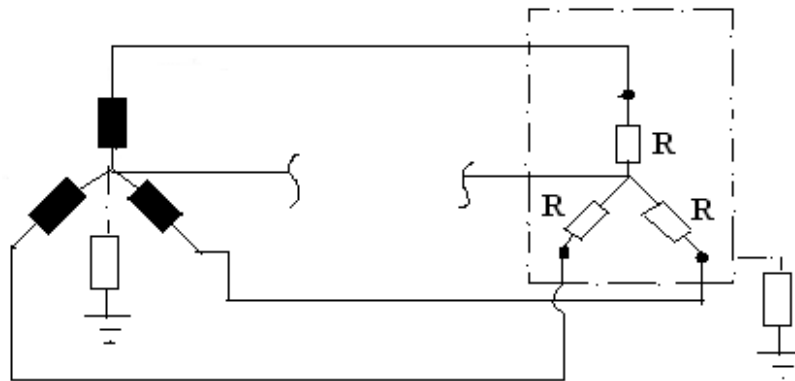
$$I=230 / (R+R_\gamma), \quad (3.1-1)$$

$$U_R = I R \quad (3.1-2)$$

και

$$U = I R_\gamma \quad (3.1-3)$$

### β) Αποκοπή του ουδέτερου της ΔΕΗ που γειώνεται στον μετασχηματιστή



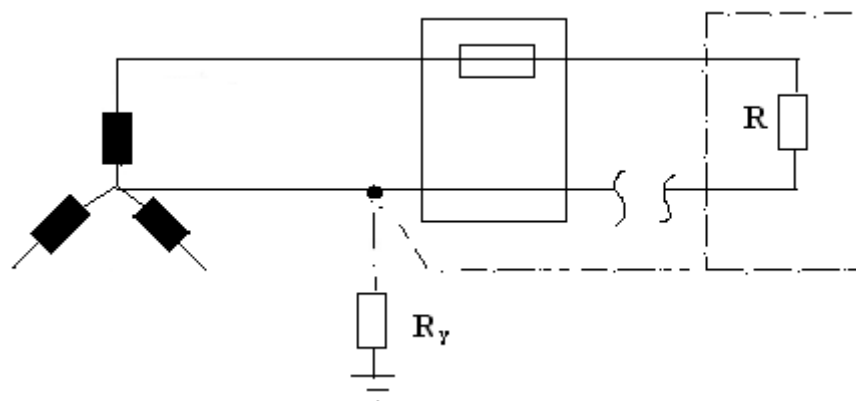
Σχήμα 3.1-2: Αποκοπή του ουδέτερου της ΔΕΗ που γειώνεται στον μετασχηματιστή

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

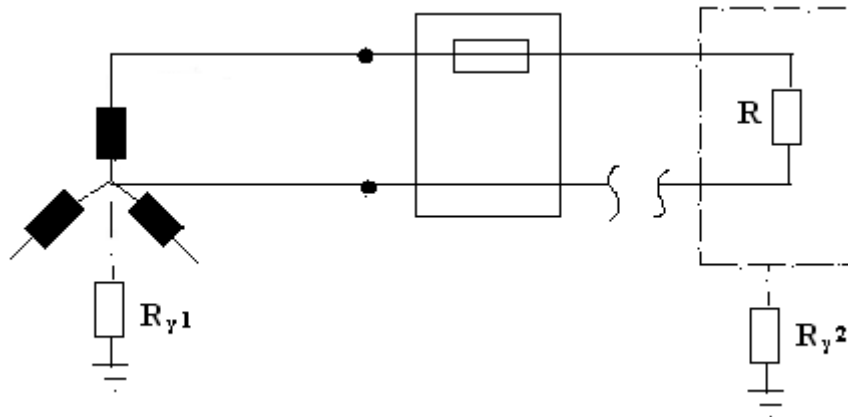
- Δεν θα υπάρχει τάση στο φορτίο



Σχήμα 3.2-1: Αποκοπή του ουδέτερου στην εγκατάσταση του καταναλωτή όταν γειώνεται ο ουδέτερος προ του μετρητή

## β) Αποκοπή του ουδετέρου στην εγκατάσταση του καταναλωτή όταν γειώνεται ο ουδέτερος στον μετασχηματιστή

- Δεν θα υπάρχει τάση στο φορτίο



Σχήμα 3.2-2: Αποκοπή του ουδετέρου στην εγκατάσταση του καταναλωτή όταν γειώνεται ο ουδέτερος στον μετασχηματιστή

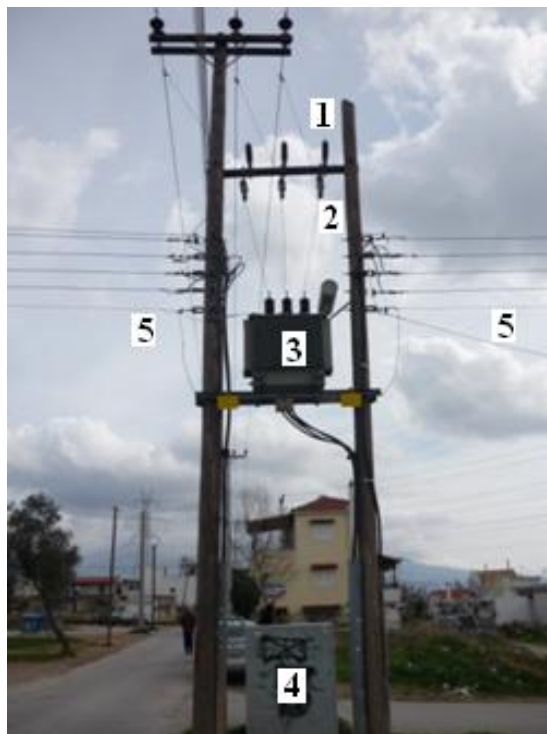
## 3.3 Πιθανές συνέπειες για τον άνθρωπο και το περιβάλλον από την αποκοπή αγωγού του δικτύου διανομής χαμηλής τάσης

### 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 3.3.1-1). Σύμφωνα με το παράδειγμα του σχήματος 3.3.1-1, 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).

Όταν ικανοποιούνται συγκεκριμένες απαιτήσεις για το μέγεθος του μετασχηματιστή, το μέγεθος της ασφάλειας και το μήκος της γραμμής, 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  $\Omega$  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 ήλθε κατά την πτώση του σε μία βραχώδη περιοχή σε επαφή με τον επίτονο στύλου και ένας άνθρωπος υπέστη θανατηφόρο ηλεκτροπληξία επειδή ήλθε σε αγωγήμη επαφή με τον επίτονο. Σε μία άλλη περίπτωση δύο άνθρωποι σκοτώθηκαν επειδή ακούμπησαν κομμένο αγωγό. Επίσης, ένας άνθρωπος υπέστη θανατηφόρο ηλεκτροπληξία επειδή ένας κομμένος αγωγός είχε πέσει πάνω σε μεταλλική περίφραξη (γαλβανισμένο συρματοπλεγμα), προκαλώντας ταυτόχρονα πυρκαγιά σε ξερά χόρτα, την οποία ο παθών προσπαθούσε να σβήσει.



Σχήμα 3.3.1-1: Παράδειγμα υπαίθριου υποσταθμού μέσης προς χαμηλή τάση (20 kV/400 V).

1. Καθοδικά αλεξικέραυνα,
2. Μονοπολικοί ασφαλειοαποξεύκτες,
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

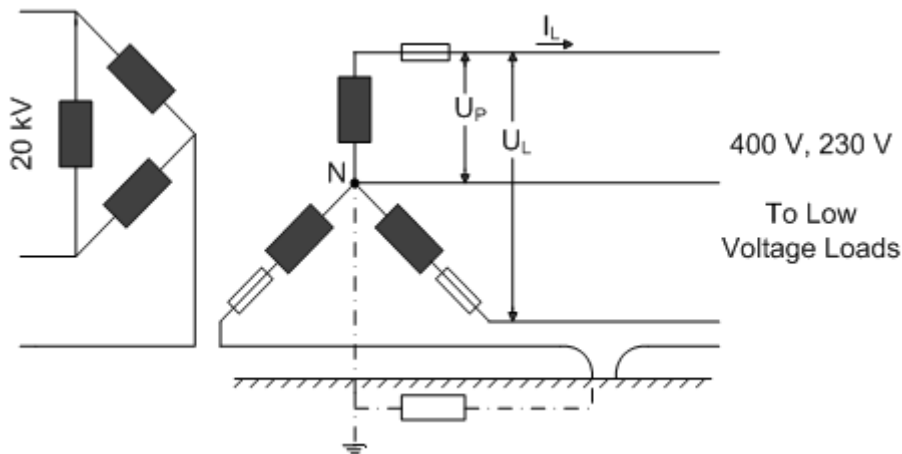
Στο σχήμα 3.3.2-1 δίνεται απλοποιημένα το κύκλωμα κατά την αποκοπή και πτώση ενός αγωγού φάσης στο έδαφος. Εξετάζεται η περίπτωση κατά την οποία το τμήμα του αγωγού που έπεσε στο έδαφος είναι προς την πλευρά του μετασχηματιστή, γιατί τότε μόνο



μπορεί να υπάρξει ροή ρεύματος προς γη. Σύμφωνα με το σχήμα αυτό η ενεργός τιμή του ρεύματος προς γη είναι:

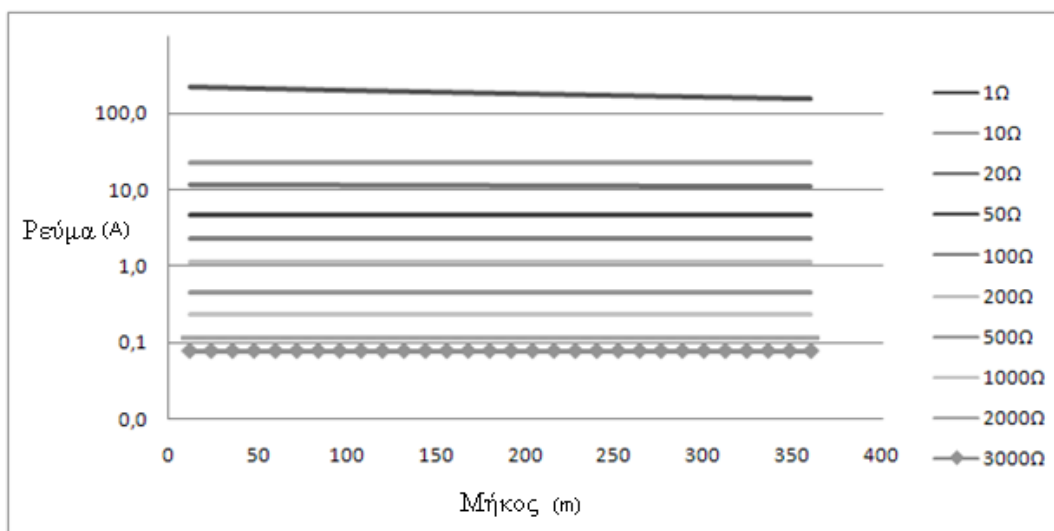
$$I = \frac{U}{\sqrt{(R_{\gamma\rho} + R_{\text{ΜΣ}} + R_{\gamma\eta\varsigma})^2 + (X_{\gamma\rho} + X_{\text{ΜΣ}})^2}} \quad (3.3.2-1)$$

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,  $R_{\text{ΜΣ}}$  η ωμική αντίσταση του μετασχηματιστή,  $X_{\text{ΜΣ}}$  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 επελέγησαν 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 επελέγησαν 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 3.3.2-1: 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 3.3.2-2.



Σχήμα 3.3.2-2: Χαρακτηριστικές  $I = f(l)$  για τους γυμνό αγωγό 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:

$$P \approx I^2 R_{\gamma\eta\varsigma} \quad (3.3.3-1)$$

Έτσι, υπό την προϋπόθεση θερμικής ισορροπίας στον αγωγό ισχύει:

$$I^2 R_{\gamma\eta\varsigma} = P_a \quad (3.3.3-2)$$

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

$$P_a = K B \Delta\theta \quad (3.3.3-3)$$

όπου:  $K = 7 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$  υπό συνθήκες άπνοιας,  $B$  η επιφάνεια απαγωγής 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:

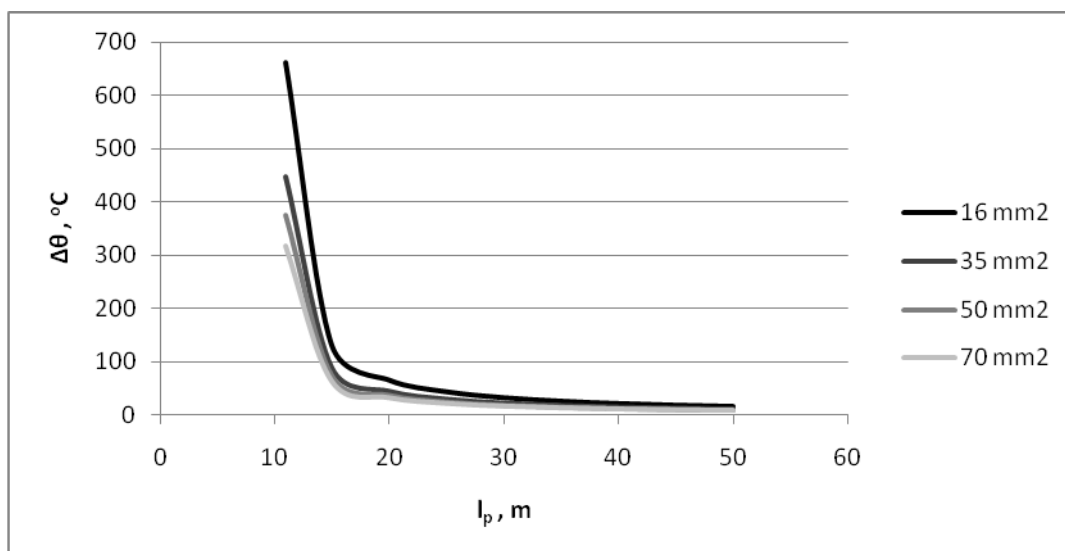
$$B \approx \pi D_C (l_p - 10) = \pi \sqrt{4A/\pi} (l_p - 10) \quad (3.3.3-4)$$

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:

$$\Delta\theta = \frac{I^2 R_C}{24.8(l_p - 10)\sqrt{A}} \quad (3.3.3-5)$$

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 3.3.3-1. Χρησιμοποιήθηκε αντίσταση διάβασης ίση με 20 Ω καθώς δίνει τις μεγαλύτερες θερμοκρασίες για το εύρος αντιστάσεων 20 ÷ 400 Ω που είναι συνηθισμένο στην πράξη.



Σχήμα 3.3.3-1: 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

Παρόμοια αποτελέσματα με αυτά των σχημάτων 3.3.2-2 και 3.3.3-1 που αφορούν ενδεικτικά τον μετασχηματιστή των 100 kVA δίνονται και για τους υπόλοιπους μετασχηματιστές διανομής.

### 3.3.4. Σχόλια

Από τους υπολογισμούς  $I = f(I)$  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 έλθει σε επαφή με τον αγωγό, όπως συνέβη στις περιπτώσεις που αναφέρθηκαν στο εδάφιο 1.

Από τις χαρακτηριστικές  $\Delta\theta = f(I_p)$  του σχήματος 3.3.3-1 και τις θερμοκρασίες ανάφλεξης διαφόρων υλικών κατά τον πίνακα 3.3.4-1 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 3.3.3-1 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  $\Omega$ .

Υλικό	Θερμοκρασία ανάφλεξης σε $^{\circ}\text{C}$
Εφημερίδα	185
Μαλλί	228 έως 264
PVC	391
Χαρτί	230
Πευκόξυλο	228 έως 264

Πίνακας 3.3.4-1: Θερμοκρασία ανάφλεξης ορισμένων υλικών

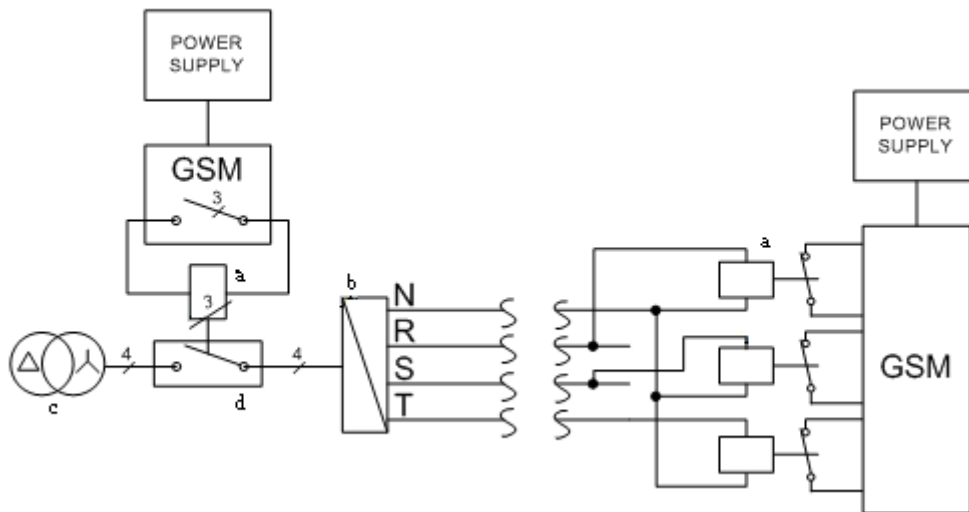
Συνεπώς η αποκοπή ενός ή περισσοτέρων αγωγών του δικτύου διανομής χαμηλής τάσης, εγκυμονεί κινδύνους ηλεκτροπληξίας για τον άνθρωπο και παράλληλα μπορεί να αποτελέσει και αιτία πυρκαγιάς. Γι' αυτό επιβάλλεται η λήψη μέτρων, τα οποία θα πρέπει να εφαρμοστούν άμεσα για την προστασία των ανθρώπων και του 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 3.3.5-1). 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 αντιστοιχίζεται 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 3.3.5-1: 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

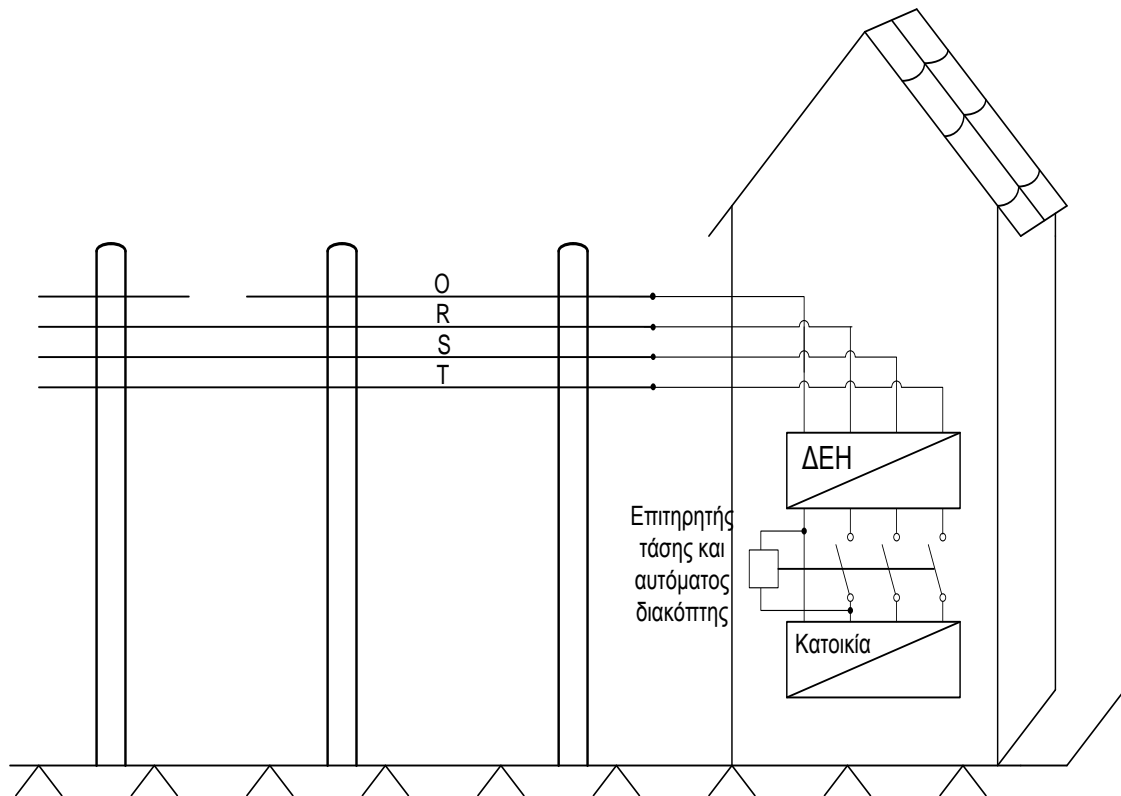
Σε περίπτωση αποκοπής και πτώσης στο έδαφος γυμνού αγωγού αλουμινίου του δικτύου διανομής χαμηλής τάσης, υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να μην τηχθεί η ασφάλεια, με αποτέλεσμα την διακινδύνευση της ανθρώπινης ζωής ή την πρόκληση πυρκαγιάς (αν υπάρχουν εύφλεκτα υλικά στην περιοχή). Για να αντιμετωπιστούν αυτοί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

#### **4. 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» να έχει εγκαταστήσει ό,τι 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 προαναφερθείσης υπευθύνου δηλώσεως, κάθε άλλο παρά τυπική πρέπει να θεωρείται, γιατί δεν προβλέπεται άλλη διαδικασία εξασφάλισης του καταναλωτή (κάποτε γινόταν έλεγχος από την 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 εγκαταστάτη και αφ' ετέρου εξυπηρετεί τον εγκαταστάτη να μην έχει ευθύνες), πολλές εγκαταστάσεις δεν 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 θανατηφόρος ηλεκτροπληξία σε ένα μπάμιο 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.

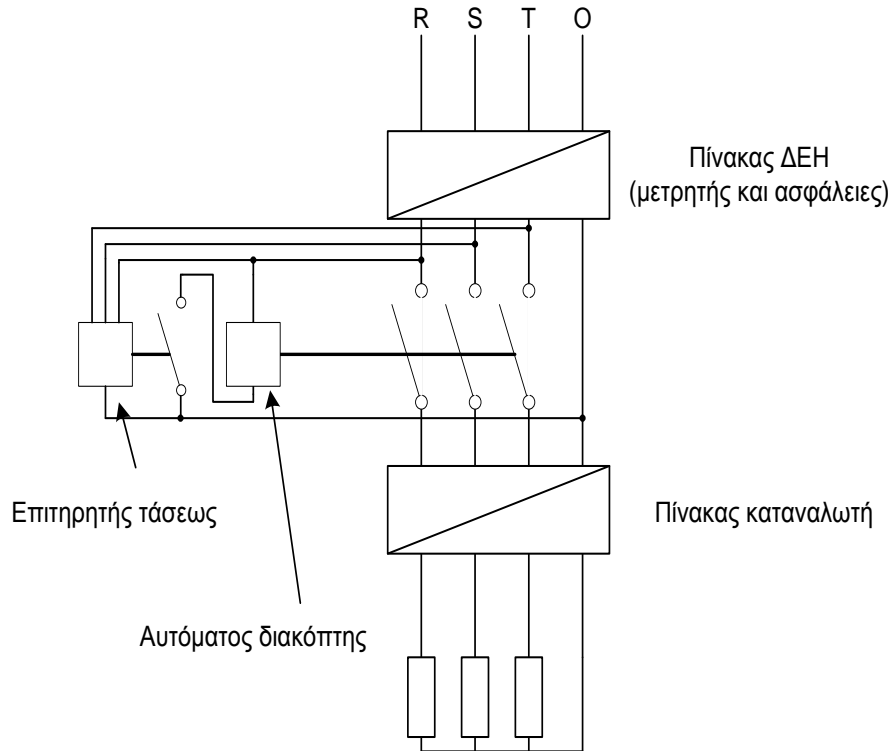
Ακολούθως δίνονται μέθοδοι στην εγκατάσταση του καταναλωτή, που εξασφαλίζουν προστασία της εγκατάστασης και των ηλεκτρικών-ηλεκτρονικών συσκευών από την αποκοπή του ουδετέρου της ΔΕΗ και γενικότερα την αποκοπή αγωγού (ή αγωγών). Όπως φαίνεται στα παρακάτω σχήματα, αυτό επιτυγχάνεται με το να ελέγχεται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

Στο σχήμα 4-1 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: 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 4-2 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

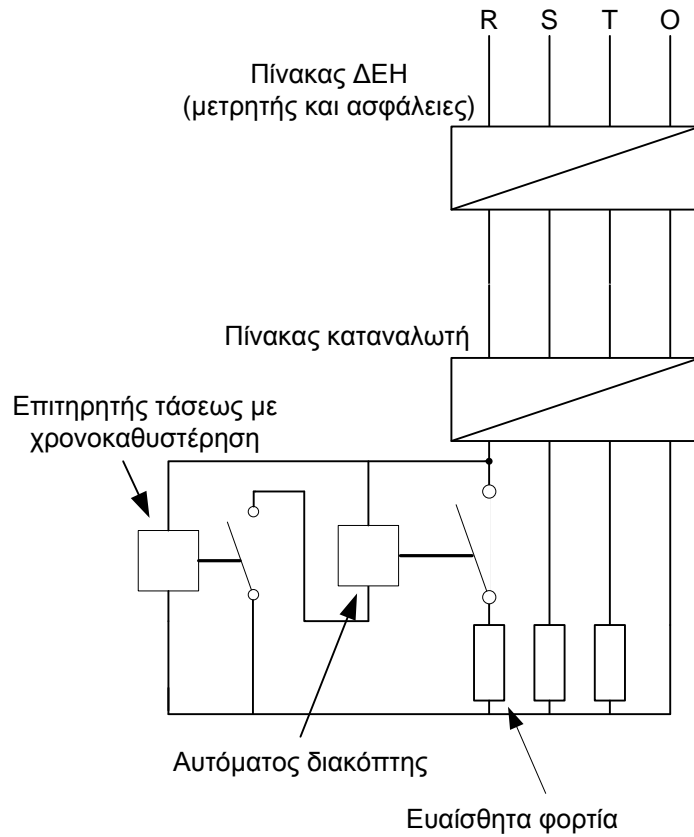


Σχήμα 4-2: Κύκλωμα ηλεκτρονόμου επιτήρησης τάσης και ενός αυτόματου διακόπτη για προστασία της εγκατάστασης και των μηχανημάτων του καταναλωτή από την αποκοπή του αγωγού του ουδετέρου της γραμμής της ΔΕΗ ή από την αποκοπή αγωγού (ή αγωγών) φάσεως

Στο σχήμα 4-3 δίνεται ένα κύκλωμα που επίσης προστατεύει τα ευαίσθητα φορτία του καταναλωτή (όπως κλιματιστικά, ηλεκτρονικές συσκευές κτλ.) 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 4-3: 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

## 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.λ.π.), 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 στην δικαιοσύνη. Το θέμα αυτό αποκτά πολύ μεγάλες διαστάσεις αν πρόκειται για εκδήλωση πυρκαγιάς από την 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 δεν 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 κτιριακών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων και των ηλεκτρικών συσκευών.

Ο αγοραστής μίας συσκευής, ή 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 δημοσίου 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 κτιρίου) όσο και των συσκευών, που ηλεκτροδοτούνται από αυτές. Θα πρέπει πάντως να σημειωθεί, ότι νομοθετικά η προστασία σε ηλεκτρικές κτιριακές εγκαταστάσεις από τα ρεύματα διαρροής, τις διακυμάνσεις της τάσης, τις υπερτάσεις, κ.λ.π. 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.

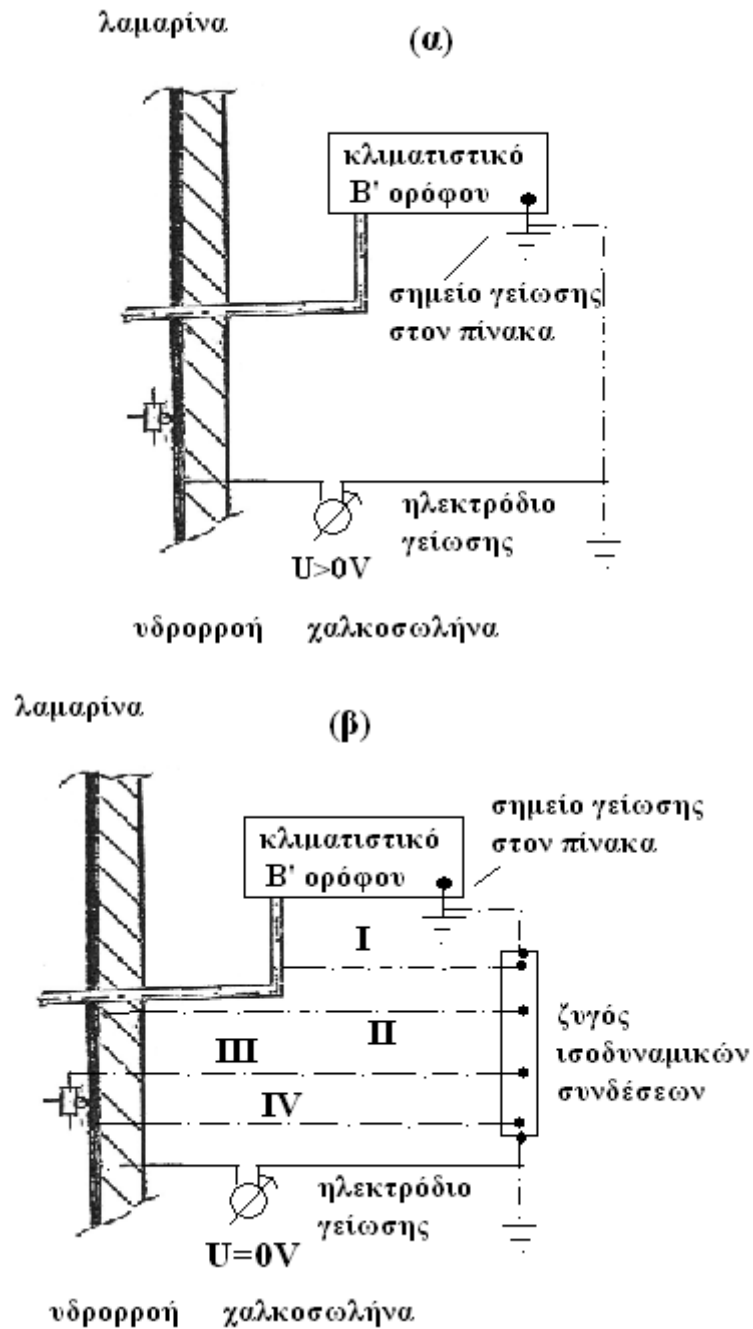
### 5.2.1. Η μονωτική ικανότητα και η γείωση μίας ηλεκτρικής εγκατάστασης

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 Ωμ 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.λ.π. Για τον λόγο αυτό συνδέονται με το ηλεκτρόδιο γείωσης τα μεταλλικά μέρη του κτιρίου 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 θανατηφόρο ηλεκτροπληξία στον άνθρωπο. Σε μία π.χ. ηλεκτρική εγκατάσταση κατοικίας, που δεν υπάρχει διακόπτης διαφυγής έντασης και οι σωλήνες του νερού δεν φέρουν ισοδυναμική σύνδεση, εγκυμονεί κίνδυνος θανατηφόρου 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- 1. Σύμφωνα με αυτό, η διαρροή έγινε στον 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 δεν θα μπορούσε να συμβεί αν υπήρχαν οι απαιτούμενες ισοδυναμικές συνδέσεις (περίπτωση β). Θα πρέπει να σημειωθεί ότι και στις δύο προαναφερθέντα παραδείγματα δεν υπάρχουν ευθύνες στην εταιρία ηλεκτρισμού, αφού το ατύχημα οφείλεται σε σφάλματα στην εγκατάσταση του καταναλωτή.



Σχήμα 5.2.1-1: Απλοποιημένο παράδειγμα ισοδυναμικών συνδέσεων  
 α)  $U > 0$  επειδή δεν υπάρχουν ισοδυναμικές συνδέσεις  
 β)  $U = 0$  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 προστατεύονται οι ηλεκτρικές συσκευές του από σφάλματα της ηλεκτρικής εγκατάστασης του κτιρίου (πολύ δε περισσότερο για να μην υποστεί ο ίδιος ηλεκτροπληξία και να μη συμβεί πυρκαγιά στην συσκευή και κατ' επέκταση στο κτίριο), 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 παρέρχεται ο χρόνος ισχύος της, όπως αυτός καθορίζεται από την κατά περίπτωση ισχύουσα νομοθεσία.

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

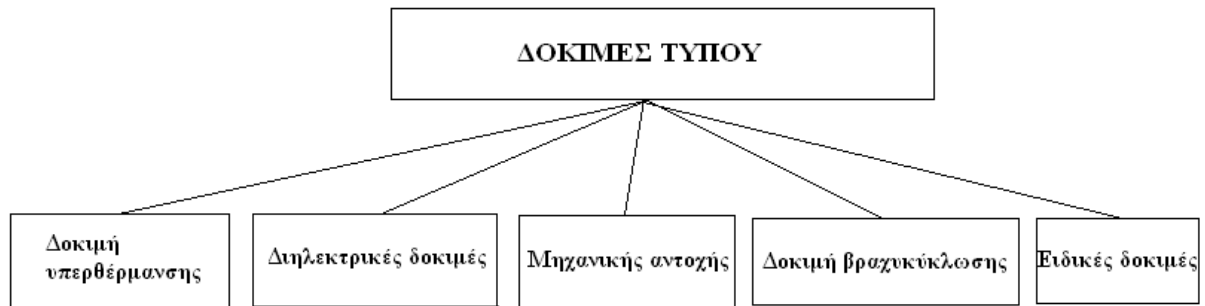
Εκτός των προαναφερθέντων, βασική προϋπόθεση για την σωστή λειτουργία του εξοπλισμού των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων ενός κτιρίου και των ηλεκτρικών συσκευών του (ηλεκτρική κουζίνα, ψυγείο, τηλεόραση, στερεοφωνικό, κ.λ.π.), είναι να έχουν υποστεί τις απαιτούμενες δοκιμές, πριν διατεθούν στην αγορά προς 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, κλπ) και διακρίνονται στις δοκιμές τύπου και στις δοκιμές σειράς.

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

Οι δοκιμές τύπου γίνονται σε περιορισμένο αριθμό των παραγθέντων 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, ρελαί, κ.λ.π.), τα ονομαστικά στοιχεία (τάση, ρεύμα, κ.λ.π.) 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 5.2.2-1 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.λ.π.). Το σκεπτικό για την κατάταξη και διεξαγωγή των δοκιμών κατά το σχήμα 5.2.2-1 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) Ποια 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) Ποιες είναι οι ειδικές απαιτήσεις που θα χαρακτηρίζουν τη λειτουργία της;



Σχήμα 5.2.2-1: 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.λ.π., 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.λ.π.). 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 κλπ). 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 μόνωση 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.λ.π.) 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 ρελαί επιτήρησης της τάσης στον 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).

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

Οι συσκευές (κουζίνες, θερμοσίφωνες, κλιματιστικά, ηλεκτρονικές συσκευές, κ.λ.π.) είναι προέκταση της ηλεκτρικής εγκατάστασης αφού συνδέονται άμεσα στην φάση και τον ουδέτερο και στις περισσότερες των περιπτώσεων στην γείωση (όταν το καλώδιο παροχής τους περιλαμβάνει αγωγό γείωσης και επίσης όταν λόγω του μεταλλικού περιβλήματος 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) 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 την της 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 [30] 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 5.2.2-1 και 5.2.2-2 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.λ.π.) 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 την 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.

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

Πίνακας 5.2.2-1: Εναλλασσόμενη τάση δοκιμής επί 1 min  
 $U_N$ : ονομαστική τάση

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

Πίνακας 5.2.2-2: Κρουστική τάση δοκιμής βιομηχανικής (μορφής 1,2/50 μs)

$U_N$ : 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



- Σύμφωνα με τα παραπάνω, σε κάθε περίπτωση, αδιάφορο αν η ηλεκτρική συσκευή διαθέτει πιστοποιητικά δοκιμών ή δεν διαθέτει, ή αν η ηλεκτρική εγκατάσταση του κτιρίου είναι νόμιμη ή δεν είναι νόμιμη, δεν 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 5.2.2-1 και 5.2.2-2.

Σημειώνεται επίσης, ότι οι ηλεκτρικές συσκευές για οικιακή χρήση και παρόμοιους σκοπούς κατατάσσονται κατά DIN VDE 0700 και DIN VDE 0701 [31, 32, 33] ως προς τη μονωτική ικανότητα (διηλεκτρική αντοχή) μεταξύ των υπό τάση τμημάτων και του σώματος της συσκευής σε τρεις κλάσεις προστασίας (πίνακας 5.2.2-3): η κλάση Α στην οποία ανήκουν ηλεκτρικές συσκευές με αγωγό γείωσης, η κλάση Β όπου υπάγονται συσκευές με προστατευτική μόνωση (δεν έχουν αγωγό γείωσης), και η κλάση C που αφορά συσκευές με μικρή ακίνδυνη τάση.

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

Πίνακας 5.2.2-3: Δοκιμή της αντοχής σε εναλλασσόμενη τάση επί 1 min μεταξύ των υπό τάση τμημάτων και του σώματος της συσκευής

Από τους πίνακες 5.2.2-1 και 5.2.2-2 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:  $230 \pm 10\%$  V (υπό συχνότητα  $50 \pm 1\%$  Hz). Η φασική τάση μπορεί δηλαδή να είναι από 253 V μέχρι 207 V και αυτό δεν 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 προηγούμενος 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.λ.π.), 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  $195,5 \text{ V} \div 253 \text{ V}$ . Για το θέμα αυτό πρέπει να προστατεύεται ο καταναλωτής από τις αρμόδιες κρατικές αρχές (Υπουργείο Βιομηχανίας, Υπουργείο Εμπορείου, κ.λ.π.), 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.λ.π. 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 μην 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 δεν 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 [8].

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

Βλέπετε παραγράφους 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 5.2.2-1 και 5.2.2-3). Η εναλλασσόμενη τάσης δοκιμής επί 1 min για την εξακρίβωση της διηλεκτρικής αντοχής (δηλ. της μονωτικής ικανότητας) μίας ηλεκτρική συσκευή με βασική μόνωση, που ηλεκτροδοτείται από μία πρίζα (π.χ. ένα κλιματιστικό διαιρούμενου τύπου ή μία ηλεκτρονική συσκευή, κ.λ.π.), 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 κτιριακής 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 τούτο 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 ΝΥΥ της εγκατάστασης με ειδική θερμότητα  $c$  και όγκο  $V$  δίνεται από την σχέση:

$$W_{\theta} = V \cdot c \cdot \Delta\theta = A \cdot L \cdot c \cdot \Delta\theta \quad (5.5-1)$$

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:

$$W_{\eta} = I^2 \cdot \rho \cdot (L/A) \cdot t \quad (5.5-2)$$

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

$$\Delta\theta = (\kappa \cdot I^2 \cdot t) / A^2 \quad (5.5-3)$$

όπου  $\kappa=0,0058$  για τον χαλκό και  $\kappa=0,0135$  για το αλουμίνιο ( $\kappa=\rho/c$ : για τον 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:

$$P_N = I_N^2 R \approx \kappa \cdot A \cdot \Delta\theta_N \quad (5.5-4)$$

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:

$$P = I^2 R = \kappa \cdot A \cdot \Delta\theta \quad (5.5-5)$$

Από τις σχέσεις 5.5-4 και 5.5-5 έπεται ότι:

$$\Delta\theta = \Delta\theta_N (I/I_N)^2 \quad (5.5-6)$$

Για τους αγωγούς ΝΥΑ και τις ασφάλειες που χρησιμοποιούνται στις κτιριακές εγκαταστάσεις ισχύουν οι τιμές του πίνακα 5.5-1. 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 $\text{A}$ )	Απαιτούμενη ασφάλεια ( $I_A$ σε $\text{A}$ )
1,5	16	10
2,5	21	16
4,0	27	20
6,0	35	25
10,0	48	35

Πίνακας 5.5-1: Μέγεθος της ασφάλειας αναλόγως της διατομής του αγωγού

$$P=U \cdot I_A=230 \cdot 10=2300 \text{ W} \quad (5.5-7)$$

και η αύξηση της θερμοκρασίας του αγωγού θα ήταν:

$$\Delta\theta = \Delta\theta_N (I_A/I_N)^2 = 60 \cdot (10/16)^2 \approx 23,4, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (5.5-8)$$

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

$$I=2300/156 \approx 14,75 \text{ A} \quad (5.5-9)$$

Συνεπώς, η αύξηση της θερμοκρασίας του αγωγού θα ήταν:

$$\Delta\theta_{1\text{sec}} = (\kappa \cdot I^2 \cdot t) / A^2 = 0,0058 \cdot 14,75^2 / 1,5^2 \approx 0,51 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (5.5-10)$$

Αν θεωρηθεί ότι οι διακυμάνσεις αυτές συνέβαιναν επί  $1 \text{ min}$ , τότε η αύξηση της θερμοκρασίας θα ήταν το πολύ  $30,6 \text{ } ^\circ\text{C}$ . Η τιμή αυτή της θερμοκρασίας εξακολουθεί να είναι μικρότερη από την οριακή τιμή  $\Delta\theta_N=60 \text{ } ^\circ\text{C}$  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  $157 \text{ V}$  (αντί των  $230 \text{ V}$ ), όπως αυτό συμβαίνει σε ένα ωμικό φορτίο (π.χ. σε με μία γραμμή φωτισμού με λαμπτήρες πυρακτώσεως), τότε η τιμή του ρεύματος  $I$  δεν 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.λ.π.), 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 5.5-2 έχουν δοθεί συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα αύξησης της θερμοκρασίας για τις διατομές των αγωγών ΝΥΑ, 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 5.5-1 στον περιορισμό του ρεύματος λειτουργίας του αγωγού λόγω του ονομαστικού ρεύματος της ασφάλειας.

A[mm <sup>2</sup> ]	I <sub>A</sub> [A]	P[W]	I [A]	Δθ <sub>1sec</sub> [°C]	Δθ <sub>1min</sub> [°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 5.5-2: 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<sub>A</sub>: ονομαστικό ρεύμα της ασφάλειας (μέγιστο ρεύμα της γραμμής),

P=I<sub>A</sub> 230 σε W,

I=P/156 σε A,

Δθ<sub>1sec</sub>: αύξηση της θερμοκρασίας για διακύμανση της τάσης επί 1 sec,

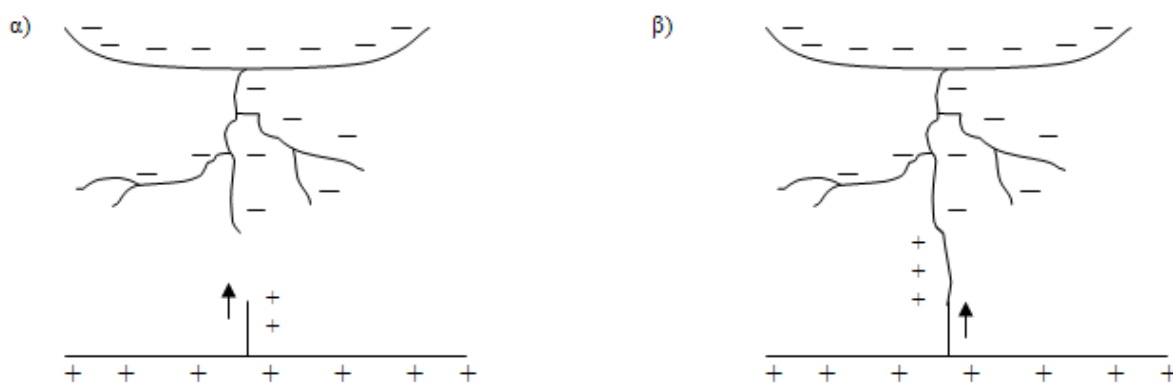
Δθ<sub>1min</sub>: αύξηση της θερμοκρασίας για διακυμάνσεις της τάσης επί 1 sec για συνολικό χρόνο των διακυμάνσεων 1 min.

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 την δοκιμή υπερθέρμανσης δεν θα υπάρξουν θερμά σημεία για να προκληθεί εκεί υπερθέρμανση άνω των 60 °C. Γι' αυτό, αν υποθεθεί ότι συνέβη βλάβη, λόγω των προαναφερόμενων διακυμάνσεων, σε κάποια π.χ. πλακέτα συνήθους ηλεκτρονικού μηχανήματος (δηλ. ηλεκτρονικού μηχανήματος με βασική μόνωση), αυτό θα σημαίνει ότι δεν είχε δοκιμασθεί ως προς την 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 (βλ. πίνακα 5.2.2-1). Από την εμπειρία σε τέτοια θέματα το πρόβλημα εντοπίζεται κυρίως σε τροφοδοτικά ηλεκτρονικών μηχανημάτων και αφορά: μετασχηματιστές, πυκνωτές και κυκλώματα προστασίας. Τα ανωτέρω δεν το 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.

## 6. Αλεξικέραυνα προστασίας κτιρίων

### 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 κτιρίων από τους κεραυνούς

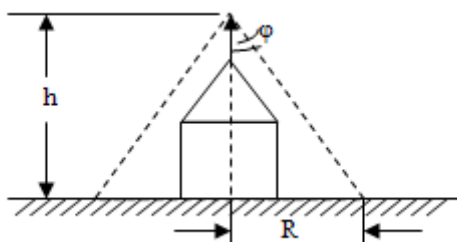
Η προστασία από τον κεραυνό διακρίνεται:

- 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 το αλεξικέραυνο κλωβού (που είναι η εξέλιξη του αλεξικεραύνου 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.



Σχήμα 6.2.1-1: Περιοχή προστασίας ενός αλεξικέραυνου Franklin

Η αρχή λειτουργίας του αλεξικέραυνου αυτού έχει 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.λ.π. 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 κτιρίου (π.χ. 15 m x 20 m, ύψος 15 m) επαρκεί ένα αλεξικέραυνο τύπου Franklin. Ο ίδιος ο εφευρέτης συνιστούσε για κτίρια μεγάλων σχετικά διαστάσεων δύο ή και περισσότερες ράβδους με την ίδια γείωση, ώστε κάθε μία να καλύπτει μία περιοχή του κτιρίου. 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 6.2.1-1). Στις προδιαγραφές (IEC 1024 και ΕΛΟΤ 1197) δίνονται ακριβέστερα στοιχεία για τη γωνία προστασίας  $\varphi$  (βλέπε σχήμα 6.2.1-1) ανάλογα με το ύψος του. Για ένα κτίριο π.χ. με  $h = 20$  m η γωνία  $\varphi$  μπορεί να είναι 25<sup>ο</sup>, 35<sup>ο</sup>, 45<sup>ο</sup> και 55<sup>ο</sup> για στάθμη προστασίας αντίστοιχα I, II, III και IV (βλέπετε πίνακα 6.2.1-1). Σύμφωνα με τον πίνακα 6.2.1-1, με την αύξηση του ύψους του

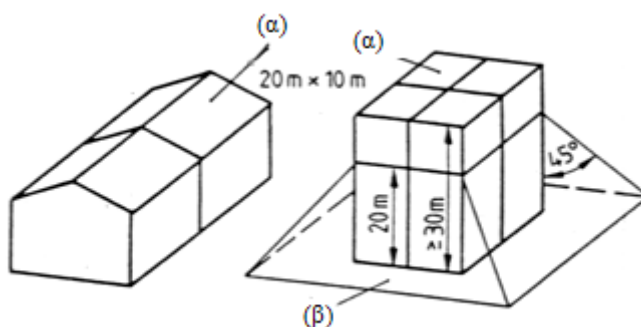
κτιρίου και για την ίδια στάθμη προστασίας μειώνεται η γωνία  $\varphi$  και περιορίζεται έτσι η περιοχή προστασίας του αλεξικέραυνου. Γι' αυτό το ύψος  $h$  δεν είναι απεριόριστο και για το λόγο αυτό σε πολύ μεγάλα ύψη έχει παρατηρηθεί η πτώση κεραυνών και πλαγίως προς το κτίριο.

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 6.2.1-1: γωνία προστασίας  $\varphi$  ανάλογα με την στάθμη προστασίας και το ύψος του κτιρίου

## 6.2.2 Τα αλεξικέραυνα κλωβού

Τα αλεξικέραυνα τύπου κλωβού (σχήμα 6.2.2-1) αποτελούν την εξέλιξη του αλεξικέραυνου Franklin.



Σχήμα 6.2.2-1: Παράδειγμα αλεξικέραυνου κλωβού  
(α): άνοιγμα κλωβού  
(β): χώρος προστασίας

Ο μεταλλικός κλωβός αποσκοπεί στην συγκέντρωση των 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 (α) εξαρτάται κατά τις προδιαγραφές (IEC 1024 και ΕΛΟΤ 1197) από τη στάθμη προστασίας του κτιρίου. Η τιμή  $a$  είναι γενικώς  $a = 5$  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  $\Phi 8$ . Σημειώνεται ότι προεξοχές (όπως π.χ. η καμινάδα του λεβητοστασίου) πρέπει να προστατεύονται με ακίδα (που συνδέεται με τον κλωβό) με γωνία προστασίας  $\varphi=45^0$ . 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)

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

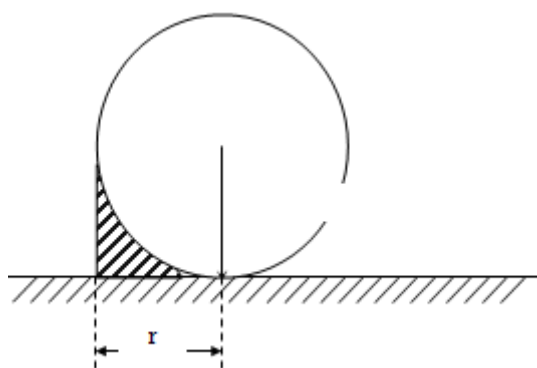
1. Η μέθοδος της γωνίας ( $\varphi$ ).
2. Το άνοιγμα βρόγχου του κλωβού ( $\alpha$ ).
3. Η μέθοδος της κυλιόμενης σφαίρας ακτίνας  $r$ .

Ο παρακάτω πίνακας 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
II	45	35	25	0	10	45
IV	55	45	35	25	20	60

Πίνακας 6.3-1: 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 εφάπτεται ο άξονας του αλεξικεραύνου και η κυλιόμενη σφαίρα.

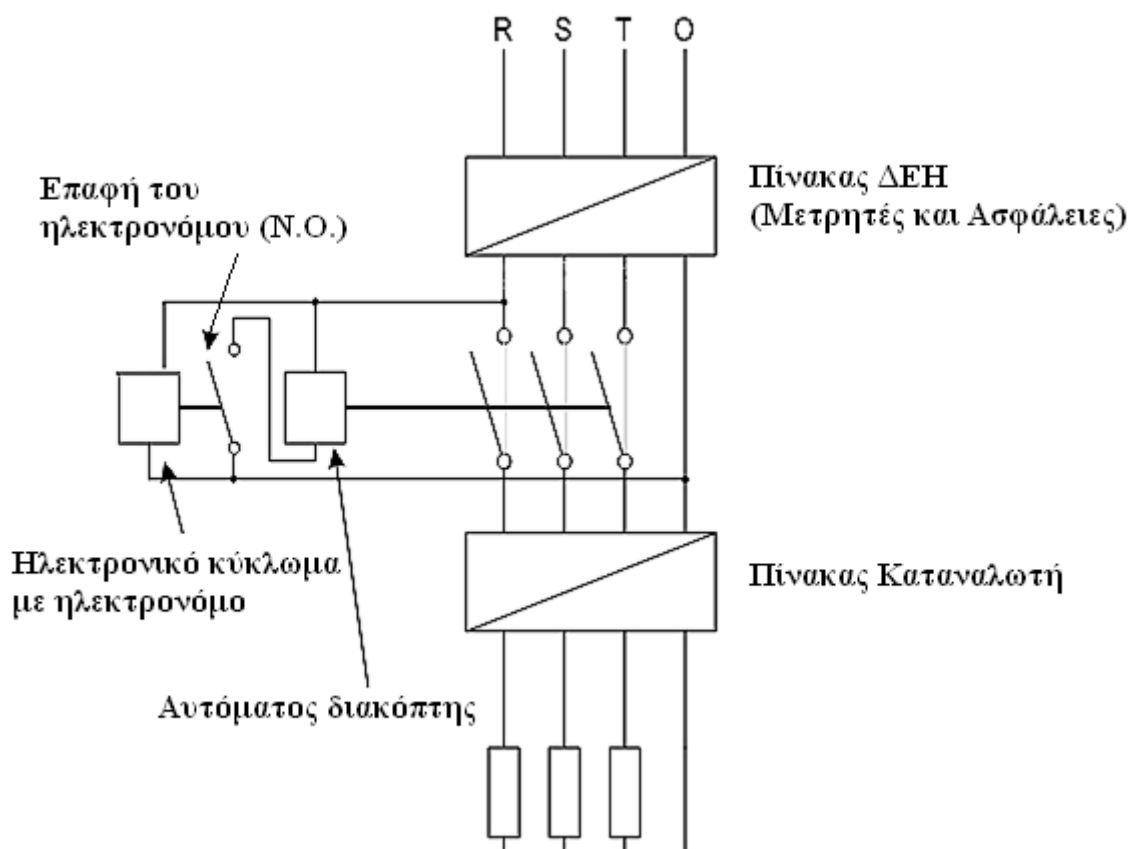


Σχήμα 6.3-1: Περιοχή προστασίας με τη μέθοδο της κυλιόμενης σφαίρας  
 $r$  : ακτίνα κυλιόμενης σφαίρας

## 7. Κατασκευή μίας ηλεκτρονικής διάταξης προστασίας της εγκατάστασης του καταναλωτή από διακυμάνσεις της τάσης και από την αποκοπή του ουδετέρου του δικτύου

### 7.1.Σύνδεση της ηλεκτρονικής διάταξης στην εγκατάσταση του καταναλωτή

Η ηλεκτρονική διάταξη που πρόκειται να περιγραφεί προστατεύει την εγκατάσταση του καταναλωτή από τις διακυμάνσεις τάσεως του δικτύου, καθώς και από την αποκοπή του ουδετέρου της γραμμής της ΔΕΗ, επιτηρώντας την τάση μεταξύ μίας φάσης και του ουδετέρου. Διαθέτει έναν απλό ηλεκτρονόμο (ρελαί), ο οποίος συνδέεται με έναν αυτόματο διακόπτη και σε περίπτωση που ανιχνευτεί ανεπιθύμητη υπέρταση ή βύθιση τάσης, προκαλεί αυτομάτως διακοπή ρεύματος ώσπου η τάση να επανέλθει σε φυσιολογικά επίπεδα. Το συγκεκριμένο κύκλωμα πρέπει να συνδέεται στον γενικό πίνακα του καταναλωτή μετά τις γενικές ασφάλειες. Στο σχήμα 7.1-1 παρουσιάζεται ο προτεινόμενος τρόπος σύνδεσης της ηλεκτρονικής διάταξης.



Σχήμα 7.1-1: Σύνδεση ηλεκτρονικού κυκλώματος στην εγκατάσταση του καταναλωτή, το οποίο προστατεύει την εγκατάσταση από τις διακυμάνσεις τάσης και από την αποκοπή του ουδετέρου της γραμμής της ΔΕΗ



καλώδια που συνδέουν την επαφή του ρελαί με τον αυτόματο διακόπτη και τον ουδέτερο και οι δύο δίοδοι φωτοεκπομπής (led).

### 7.2.2 Κόστος

Το συνολικό κόστος της κατασκευής του κυκλώματος (συμπεριλαμβανομένου του κόστους των ηλεκτρονικών εξαρτημάτων, της πλακέτας, του καλαί, του πλαστικού κουτιού και των καλωδίων) αγγίζει μόλις τα 13 Ευρώ. Συνεπώς, πρόκειται για μία οικονομική λύση για την αποτελεσματική προστασία του καταναλωτή και του εξοπλισμού της εγκατάστασής του από τις διακυμάνσεις της τάσεως και από την αποκοπή του ουδετέρου του δικτύου.

### 7.2.3 Περιγραφή της λειτουργίας του κυκλώματος

- Αρχικά η τάση υποβιβάζεται με τη βοήθεια του μετασχηματιστή και υφίσταται ανόρθωση μέσω του ανορθωτή γέφυρας. Η χρήση των πυκνωτών συνίσταται για την εξομάλυνση της ανορθωμένης τάσεως ώστε να μην υπάρχουν προβλήματα στη λειτουργία του κυκλώματος λόγω κυματώσεων (ripple). Η ανορθωμένη τάση τροφοδοτεί την είσοδο (input) του ρυθμιστή τάσης LM7812C, ο οποίος στην έξοδο του παρέχει σταθερή τάση 12 Volt. Για λόγους περαιτέρω εξομάλυνσης της τάσης εξόδου έχει προστεθεί και στην έξοδο του LM7812C πυκνωτής.

- Χρησιμοποιούνται δύο εκ των τελεστικών ενισχυτών του ολοκληρωμένου LM324 σε συνδεσμολογία ανοιχτού βρόχου για την πραγματοποίηση συγκρίσεων. Με τον πρώτο τελεστικό ενισχυτή ανιχνεύεται η βύθιση τάσεως. Με τη βοήθεια της διόδου zener των 6 Volt και των αντιστάσεων ελέγχεται αν η τάση είναι μικρότερη από κάποιο κάτω όριο, το οποίο καθορίζεται με τη ρύθμιση του τρίμμερ  $R_{pot1}$  κατά τη διεξαγωγή του πειράματος. Αν υπάρχει βύθιση τάσης, η τάση στην αναστρέφουσα είσοδο (-) είναι μικρότερη από την τάση στη μη αναστρέφουσα (+) και έτσι στην έξοδο του πρώτου τελεστικού ενισχυτή η τάση θα γίνει ίση με 12Volt (για την ακρίβεια περίπου 11.5 Volt, δηλαδή τάση λίγο πιο χαμηλή από την θετική τάση κόρου όπως είναι αναμενόμενο). Διαφορετικά, αν δεν υπάρχει βύθιση τάσης, η τάση στην έξοδο του πρώτου τελεστικού ενισχυτή θα είναι 0 Volt. Αντίστοιχα, με τη βοήθεια ενός δεύτερου τελεστικού ενισχυτή σε συνδεσμολογία ανοιχτού βρόχου, που και αυτός χρησιμοποιείται ως συγκριτής, ανιχνεύεται η ύπαρξη υπέρτασης: το άνω όριο ρυθμίζεται κατά την πειραματική διαδικασία μέσω του τρίμμερ  $R_{pot2}$  και έπειτα, αν υπάρχει υπέρταση η έξοδος του τελεστικού ενισχυτή θα είναι στα 12Volt.

Στο σημείο αυτό πρέπει να εξηγηθεί ο λόγος για τον οποίο προστέθηκαν οι θετικές αναδράσεις  $R_4$ ,  $R_{pot4}$  και  $R_{10}$ ,  $R_{11}$  στον πρώτο και στον δεύτερο τελεστικό ενισχυτή αντίστοιχα. Ο τύπος που δίνει την τάση εξόδου ενός τελεστικού ενισχυτή που βρίσκεται σε συνδεσμολογία ανοιχτού βρόχου είναι ο εξής:

$$V_{out}=A_{OL} \cdot V_{id} \quad (7.2.3-1)$$

όπου  $A_{OL}$  το κέρδος ανοιχτού βρόχου και  $V_{id}$  η διαφορική τάση εισόδου του τελεστικού ενισχυτή:

$$V_{id}=V_{+}-V_{-} \quad (7.2.3-2)$$

Η τάση εξόδου ( $V_{out}$ ) μπορεί να παίρνει τιμές μεταξύ της θετικής τάσης τροφοδοσίας και της αρνητικής τάσης τροφοδοσίας, δηλαδή στην περίπτωση του συγκεκριμένου κυκλώματος μεταξύ 12 Volt και 0 Volt. Όμως, επειδή το κέρδος ανοιχτού βρόχου ( $A_{OL}$ ) είναι πολύ μεγάλο, ουσιαστικά η τάση εξόδου του τελεστικού ενισχυτή που βρίσκεται σε συνδεσμολογία ανοιχτού βρόχου είναι πάντα στον κόρο (ή 12 Volt ή 0 Volt δηλαδή). Όταν η διαφορά τάσης στην είσοδο του τελεστικού ενισχυτή είναι πολύ μικρή και ταλαντώνεται ελάχιστα, τότε στην έξοδο του θα παρουσιαστούν ταλαντώσεις  $\pm V_{sat}$  ( $V_{sat}$ = τάση κόρου). Για να αποφευχθεί αυτό το φαινόμενο προστίθεται θετική ανάδραση στον εκάστοτε τελεστικό ενισχυτή, η οποία εισάγει το φαινόμενο της υστέρησης [40] στη συνάρτηση μεταφοράς, δηλαδή ο τελεστικός ενισχυτής «κλειδώνει» στην υπάρχουσα κατάσταση (δηλαδή στο  $V_{out}=+V_{sat}$  ή στο  $V_{out}=-V_{sat}$ ) και χρειάζεται μία αξιοσημείωτη διαφορά τάσης στην είσοδό του για να μεταβεί στην προηγούμενη κατάσταση (δηλαδή στο  $V_{out}=-V_{sat}$  ή στο  $V_{out}=+V_{sat}$  αντίστοιχα). Στο συγκεκριμένο κύκλωμα κρίθηκε απαραίτητο να εισαχθούν θετικές αναδράσεις, διότι λόγω της κυμάτωσης της ανορθωμένης τάσης (ripple) και λόγω των στιγμιαίων διακυμάνσεων τάσης του δικτύου, παρουσιάζονται μικρές ταλαντώσεις στις εισόδους των τελεστικών ενισχυτών. Έτσι, πριν προστεθούν οι αναδράσεις, όταν η εξεταζόμενη τάση βρισκόταν στα όρια να θεωρηθεί βύθιση ή υπέρταση, οι έξοδοι των τελεστικών ενισχυτών ταλαντώνονταν συνεχώς μεταξύ των 0 Volt και των 12 Volt. Μετά την προσθήκη των θετικών αναδράσεων, μόλις η τάση που εξετάζεται πέσει κάτω από το κάτω όριο (βύθιση τάσης) ή υπερβεί το άνω όριο (υπέρταση), η τάση στην έξοδο του αντίστοιχου τελεστικού ενισχυτή γίνεται 12 Volt και παραμένει τόσο ώσπου η εξεταζόμενη τάση όχι μόνο να επανέλθει εντός του φυσιολογικού διαστήματος αλλά να ανεβεί και μερικά ακόμη Volt ή να κατέβει και μερικά ακόμη Volt αντίστοιχα. Έτσι, παρέχεται η μεγαλύτερη δυνατή ασφάλεια στην εγκατάσταση του καταναλωτή.

- Όταν η τάση βρίσκεται σε φυσιολογικά επίπεδα, το τρανζίστορ βρίσκεται σε κατάσταση αποκοπής και άρα στον συλλέκτη του τρανζίστορ και συνεπώς και στον ακροδέκτη 2 του χρονομετρητή 555 η τάση είναι 12 Volt. Το κόκκινο led δεν ανάβει καθώς η τάση και στα δύο άκρα του είναι 12 Volt. Η έξοδος 3 του 555 δίνει 0 Volt (βλέπε Παράρτημα). Το πράσινο led και το ρελαί έχουν στο ένα άκρο τους τάση 0 Volt και στο άλλο άκρο τους τάση 12 Volt και έτσι το πράσινο led ανάβει και η επαφή του ρελαί είναι κλειστή. Άρα η εγκατάσταση του καταναλωτή τροφοδοτείται κανονικά με ρεύμα.

- Σε περίπτωση που ανιχνευτεί ανεπιθύμητη βύθιση τάσης ή υπέρταση, το τρανζίστορ μεταβαίνει σε κατάσταση κόρου και έτσι η τάση στον συλλέκτη του τρανζίστορ και συνεπώς και στον ακροδέκτη 2 του χρονομετρητή 555 γίνεται αυτομάτως 0 Volt. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να ανάψει το κόκκινο led καθώς στο ένα άκρο του η τάση είναι 0 Volt και στο άλλο άκρο του η τάση είναι 12 Volt. Στην έξοδο του 555 η τάση γίνεται 12 Volt (βλ. Παράρτημα) και επομένως, το πράσινο led σβήνει αφού δε διαρέεται από ρεύμα και η επαφή του ρελαί ανοίγει, πράγμα που προκαλεί διακοπή ρεύματος στην εγκατάσταση. Για να κλείσει η επαφή του ρελαί και επομένως να ξαναέλθει το ρεύμα στην εγκατάσταση, πρέπει να ικανοποιηθούν οι εξής δύο προϋποθέσεις: 1) και οι δύο έξοδοι των τελεστικών ενισχυτών να ξαναγίνουν 0 Volt και 2) να έχει περάσει ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα (π.χ. 10 sec), το οποίο καθορίζεται από τον χρήστη με ρύθμιση του ποτενσιόμετρου Rpot3 κατά τη διεξαγωγή του πειράματος.

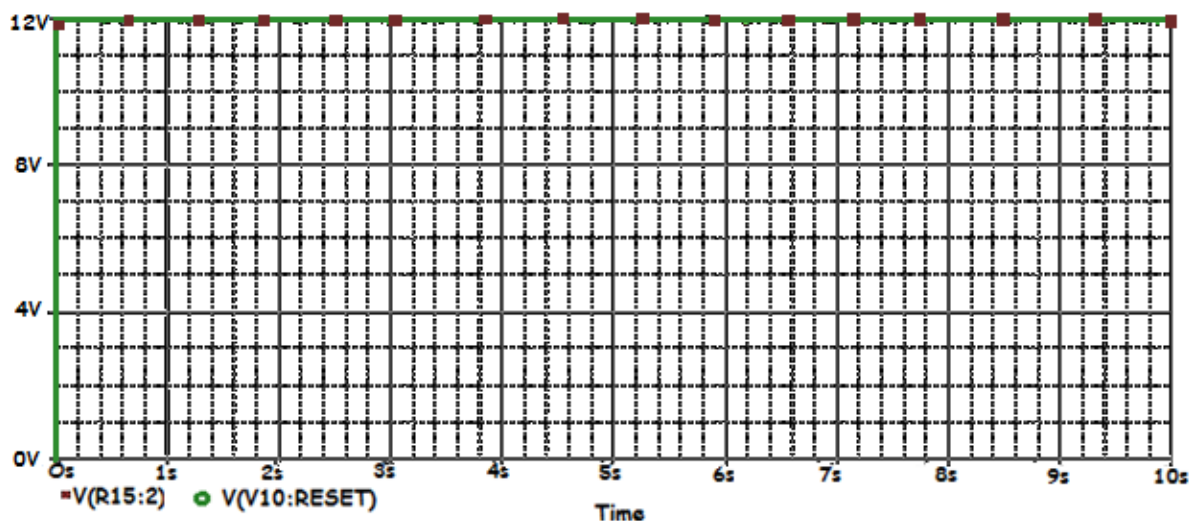
Συνοπτικά:

Υπέρταση ή βύθιση τάσης (τάση άνω των 255 Volt ή κάτω των 207 Volt)	Ανάβει το κόκκινο led. Η επαφή του ρελαί είναι ανοιχτή. Διακοπή ρεύματος.
Φυσιολογική τάση (τάση μεταξύ 207 Volt και 255 Volt)	Ανάβει το πράσινο led. Η επαφή του ρελαί είναι κλειστή. Κανονική παροχή στην εγκατάσταση

Πίνακας 7.2.3-1: Περιγραφή ενδείξεων του ηλεκτρονικού κυκλώματος

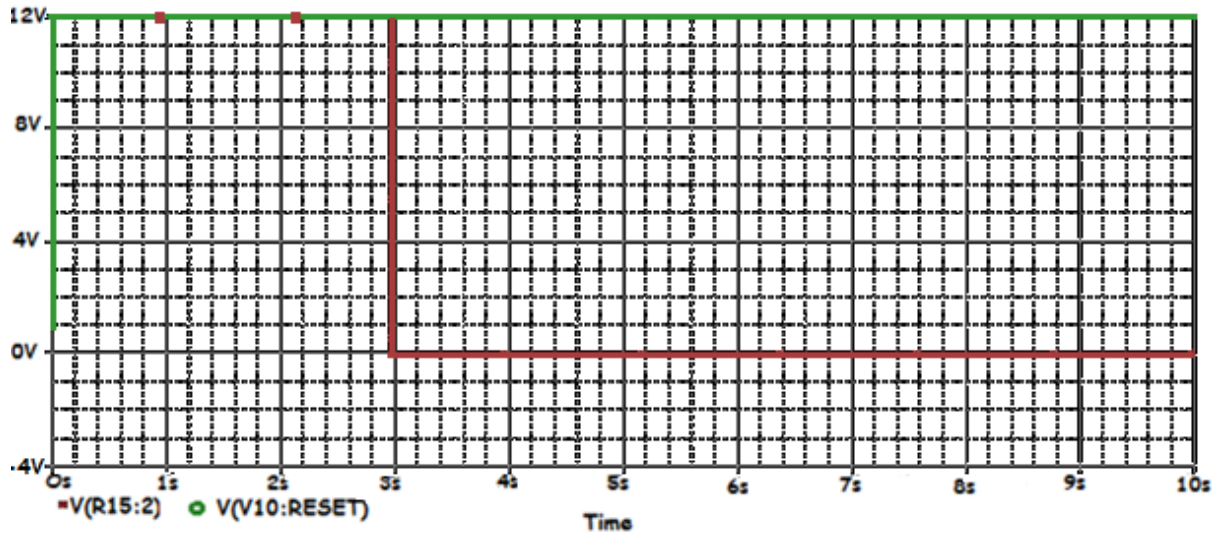
### 7.3. Αποτελέσματα της προσομοίωσης του κυκλώματος με χρήση P-SPICE

Ακολουθούν αποτελέσματα της προσομοίωσης του κυκλώματος σε πρόγραμμα P-SPICE για οριακές τιμές τάσης. Οι μετρήσεις λαμβάνονται στα άκρα του ρελαί για χρονικό διάστημα ίσο με 10sec.



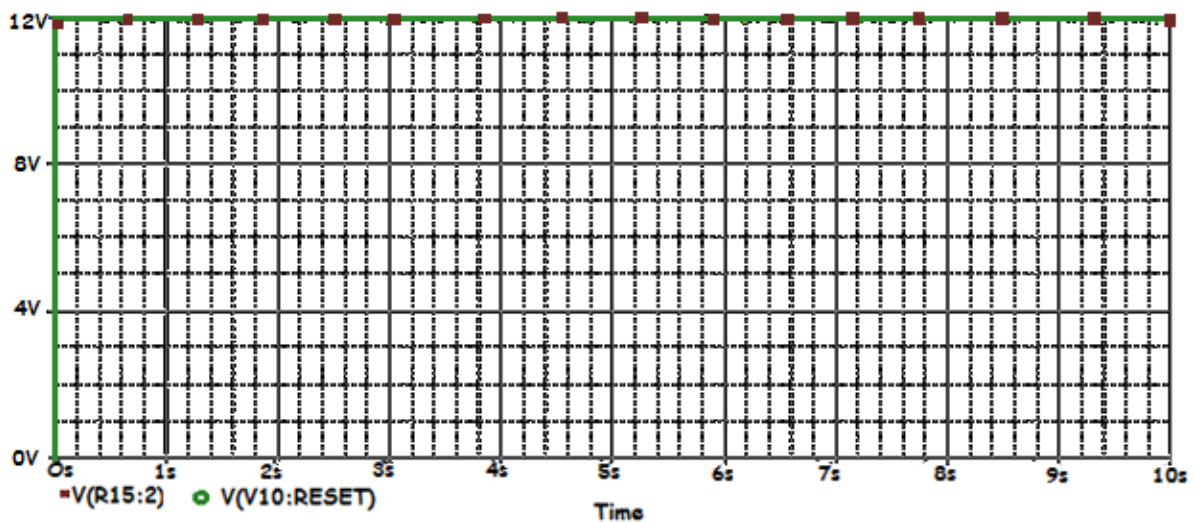
Σχήμα 7.3-1: Αποτελέσματα προσομοίωσης για  $V_{input}=256$  Volt. (Ανίχνευση υπέρτασης).

Στο σχήμα 7.3-1 φαίνεται ότι η τάση και στα δύο άκρα του ρελαί (κόκκινη και πράσινη καμπύλη) είναι 12Volt. Το πηνίο του ρελαί δε διαρέεται από ρεύμα. Συνεπώς η επαφή του ρελαί είναι ανοιχτή και στην εγκατάσταση υπάρχει διακοπή ρεύματος.



Σχήμα 7.3-2: Αποτελέσματα προσομοίωσης για  $V_{input}=255$  Volt. (Επιστροφή τάσης σε φυσιολογικά επίπεδα)

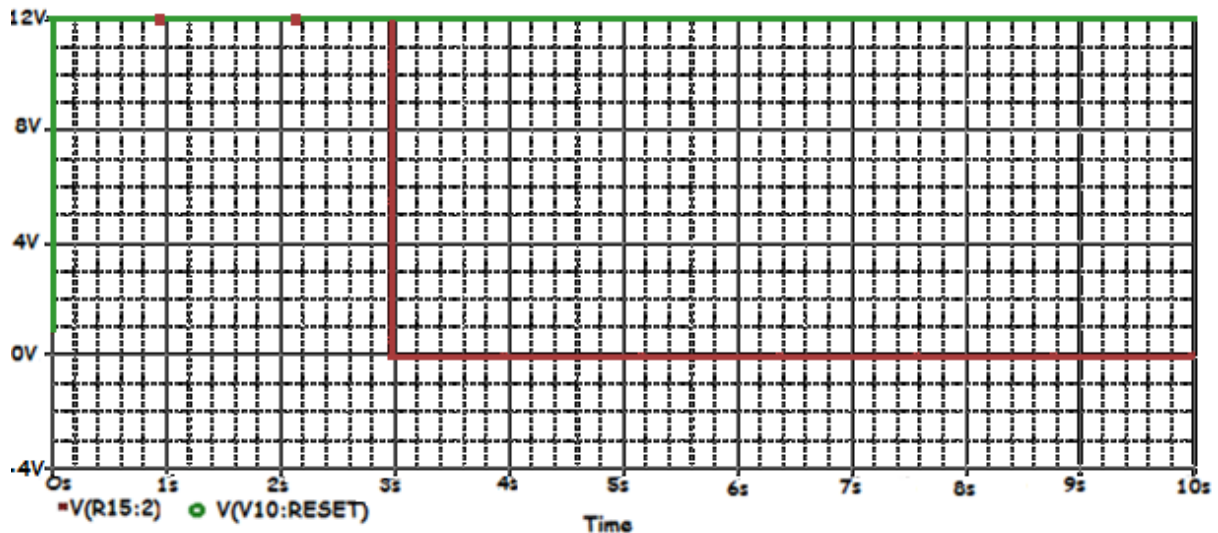
Στο σχήμα 7.3-2 φαίνεται ότι μετά από 3 sec, η τάση στα δύο άκρα του πηνίου γίνεται 12 Volt και 0 Volt αντίστοιχα. Το πηνίο του ρελαί διαρέεται από ρεύμα. Συνεπώς η επαφή του ρελαί κλείνει και στην εγκατάσταση έρχεται κανονικά ρεύμα. Ο χρονομετρητής στην συγκεκριμένη προσομοίωση έχει ρυθμιστεί μέσω του τρίμερ Rpot3 να περιμένει 3sec πρώτου επαναφέρει το ρεύμα στην εγκατάσταση.



Σχήμα 7.3-3: Αποτελέσματα προσομοίωσης για  $V_{input}=206$  Volt. (Ανίχνευση βύθισης τάσης)

Στο σχήμα 7.3-3 φαίνεται ότι η τάση και στα δύο άκρα του ρελαί (κόκκινη και πράσινη καμπύλη) είναι 12Volt. Το πηνίο του ρελαί δε διαρέεται από ρεύμα. Συνεπώς η επαφή του ρελαί είναι ανοιχτή και στην εγκατάσταση υπάρχει διακοπή ρεύματος.





Σχήμα 7.3-4: Αποτελέσματα προσομοίωσης για  $V_{input}=207$  Volt. (Επιστροφή τάσης σε φυσιολογικά επίπεδα)

Στο σχήμα 7.3-4 φαίνεται ότι μετά από 3 sec η τάση στα δύο άκρα του πηνίου γίνεται 12 Volt και 0 Volt αντίστοιχα. Το πηνίο του ρελαί διαρέεται από ρεύμα. Συνεπώς η επαφή του ρελαί κλείνει και στην εγκατάσταση έρχεται κανονικά ρεύμα. Ο χρονομετρητής στην συγκεκριμένη προσομοίωση έχει ρυθμιστεί μέσω του τρίμμερ  $R_{pot3}$  να περιμένει 3sec πρώτου επαναφέρει το ρεύμα στην εγκατάσταση.

Συμπερασματικά, η εικόνα που μας δείχνει η προσομοίωση για τάσεις κάτω των 207 Volt ή άνω των 255 Volt είναι αυτή των σχημάτων 7.3-1 και 7.3-3 (ανοιχτή επαφή ρελαί και black out). Αντίθετα, όταν η τάση επιστρέφει σε φυσιολογικά επίπεδα, η εικόνα είναι αυτή των σχημάτων 7.3-2 και 7.3-4 (κλειστή επαφή ρελαί και επαναφορά ρεύματος στην εγκατάσταση αν έχουν περάσει 3 sec από την στιγμή της επαναφοράς των τάσεων στα φυσιολογικά τους επίπεδα).

#### 7.4. Πειραματική διαδικασία και μετρήσεις

Για τη διεξαγωγή του πειράματος χρησιμοποιήθηκε ένα variac και ένα πολύμετρο. Η είσοδος του variac συνδέθηκε με μία πρίζα, ενώ η έξοδος του με το πρωτεύον του μετασχηματιστή.

Κατά τη διεξαγωγή του πειράματος ρυθμίστηκαν αρχικά τα τρίμμερ  $R_{pot1}$  και  $R_{pot2}$  ώστε να καθοριστούν το κάτω όριο και το πάνω όριο της επιθυμητής τάσης αντίστοιχα. Έπειτα ρυθμίστηκε το τρίμμερ της ανάδρασης  $R_{pot4}$ , ταυτόχρονα με το τρίμμερ  $R_{pot3}$ , ώστε να εξασφαλιστεί ότι δε θα υπάρχουν ταλαντώσεις στην τάση στο ένα άκρο του ρελαί (το άλλο άκρο έχει σταθερή τάση 12 Volt). Ο χρονομετρητής ρυθμίστηκε να έχει χρόνο καθυστέρησης 7 sec.

Τα πειραματικά αποτελέσματα δεν είναι ακριβώς τα ίδια με αυτά της προσομοίωσης στην περίπτωση των οριακών τιμών τάσης. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι στο p-spice δεν μπορούσε να ληφθεί υπόψη το φαινόμενο της υστέρησης λόγω των θετικών αναδράσεων, ούτε και η κυμάτωση (ripple) της ανορθωμένης τάσης. Τα αποτελέσματα λοιπόν είναι τα εξής:

- Στην περίπτωση βύθισης της τάσεως παρατηρήθηκε ότι η επαφή του ρελαί ανοίγει όταν η τάση μειωθεί στα 203 Volt και ξανακλείνει όταν η τάση ανεβεί στα 205 Volt.



- Στην περίπτωση υπέρτασης παρατηρήθηκε ότι η επαφή του ρελαί ανοίγει όταν η τάση φθάσει τα 257 Volt και ξανακλείνει όταν η τάση πέσει στα 243 Volt.

## 7.5 Συμπεράσματα

Η χρήση της παραπάνω ηλεκτρονικής διάταξης σε μία εγκατάσταση καταφέρει σε ικανοποιητικό βαθμό να προστατεύσει τον καταναλωτή και την εξοπλισμό του όχι μόνο από τις διακυμάνσεις τάσης και από την αποκοπή του ουδετέρου του δικτύου, αλλά και από την αποκοπή αγωγού ή αγωγών στο δίκτυο διανομής χαμηλής τάσης της ΔΕΗ. Όλα αυτά φυσικά ισχύουν σε περίπτωση που τοποθετηθούν τρεις τετοιες ηλεκτρονικές διατάξεις και η καθεμία να συνδεθεί με τον τρόπο που περιγράφηκε στο σχήμα 7.1-1.

Χαρακτηριστικό του κυκλώματος είναι ότι στην περίπτωση της υπέρτασης υπάρχει απόσταση 14 Volt μεταξύ της τάσης στην οποία η επαφή του ρελαί ανοίγει και της τάσης στην οποία η επαφή του ρελαί ξανακλείνει. Αυτό οφείλεται στην ύπαρξη θετικών αναδράσεων, που όμως αν δεν προστίθονταν θα υπήρχε πρόβλημα ταλαντώσεων. Μάλιστα, ήταν το καλύτερο αποτέλεσμα που μπορούσε να επιτευχθεί καθώς έγιναν πολλές δοκιμές με διαφορετικές αντιστάσεις και ρυθμίσεις των τρίμμερ. Το πρόβλημα αυτό μπορεί να βελτιωθεί αν χρησιμοποιηθούν άλλα ηλεκτρονικά εξαρτήματα (άλλο ολοκληρωμένο LM324 ή άλλο ρελαί π.χ.). Σε κάθε περίπτωση, η διάταξη επιτυγχάνει τον στόχο της, ο οποίος είναι να προστατεύει τον καταναλωτή και την εγκατάστασή του όταν η τάση ξεφύγει από τα επιθυμητά όρια. Η ηλεκτρονική διάταξη αυτή κρίνεται σκόπιμο να εγκαθίσταται σε κάθε κτιριακή εγκατάσταση.

## Παράρτημα

### **A. Φύλλα δεδομένων (datasheets) των ηλεκτρονικών εξαρτημάτων που χρησιμοποιήθηκαν**

# LM555 Timer

## General Description

The LM555 is a highly stable device for generating accurate time delays or oscillation. Additional terminals are provided for triggering or resetting if desired. In the time delay mode of operation, the time is precisely controlled by one external resistor and capacitor. For astable operation as an oscillator, the free running frequency and duty cycle are accurately controlled with two external resistors and one capacitor. The circuit may be triggered and reset on falling waveforms, and the output circuit can source or sink up to 200mA or drive TTL circuits.

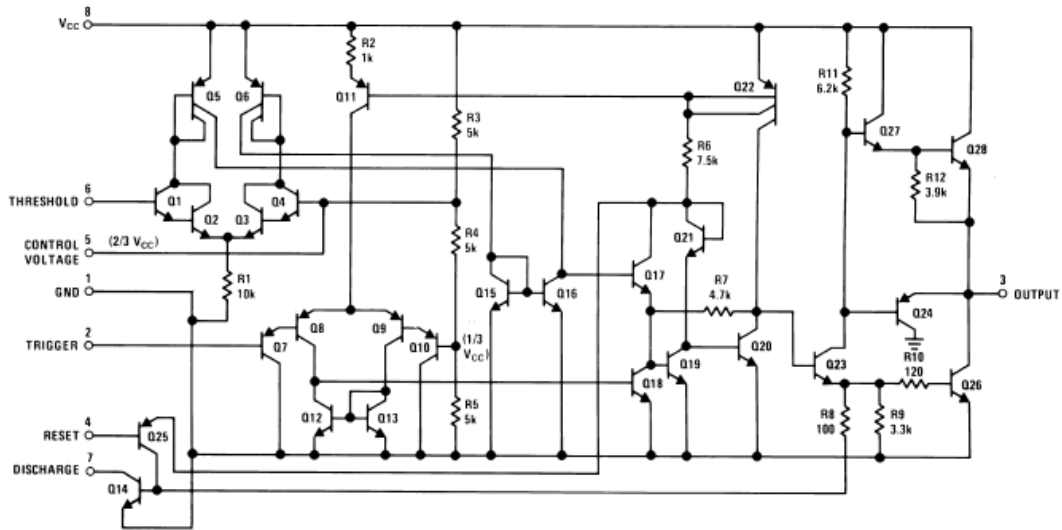
## Features

- Direct replacement for SE555/NE555
- Timing from microseconds through hours
- Operates in both astable and monostable modes
- Adjustable duty cycle
- Output can source or sink 200 mA
- Output and supply TTL compatible
- Temperature stability better than 0.005% per °C
- Normally on and normally off output
- Available in 8-pin MSOP package

## Applications

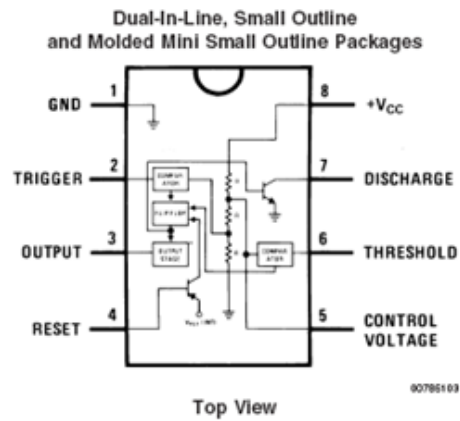
- Precision timing
- Pulse generation
- Sequential timing
- Time delay generation
- Pulse width modulation
- Pulse position modulation
- Linear ramp generator

## Schematic Diagram



00795101

## Connection Diagram



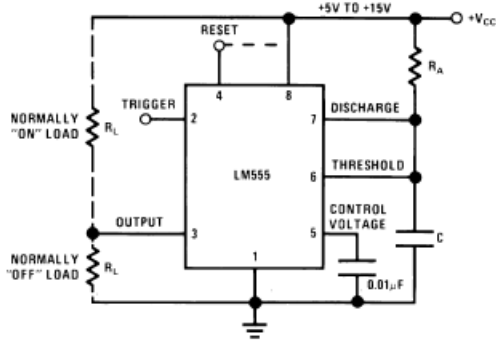
## Ordering Information

Package	Part Number	Package Marking	Media Transport	NSC Drawing
8-Pin SOIC	LM555CM	LM555CM	Rails	M08A
	LM555CMX	LM555CM	2.5k Units Tape and Reel	
8-Pin MSOP	LM555CMM	Z55	1k Units Tape and Reel	MUA08A
	LM555CMMX	Z55	3.5k Units Tape and Reel	
8-Pin MDIP	LM555CN	LM555CN	Rails	N08E

## Applications Information

### MONOSTABLE OPERATION

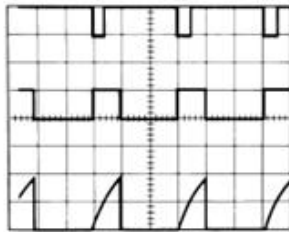
In this mode of operation, the timer functions as a one-shot (Figure 1). The external capacitor is initially held discharged by a transistor inside the timer. Upon application of a negative trigger pulse of less than  $1/3 V_{CC}$  to pin 2, the flip-flop is set which both releases the short circuit across the capacitor and drives the output high.



00785105

FIGURE 1. Monostable

The voltage across the capacitor then increases exponentially for a period of  $t = 1.1 R_A C$ , at the end of which time the voltage equals  $2/3 V_{CC}$ . The comparator then resets the flip-flop which in turn discharges the capacitor and drives the output to its low state. Figure 2 shows the waveforms generated in this mode of operation. Since the charge and the threshold level of the comparator are both directly proportional to supply voltage, the timing interval is independent of supply.



00785106

$V_{CC} = 5V$   
 TIME = 0.1 ms/DIV.  
 $R_A = 9.1k\Omega$   
 $C = 0.01\mu F$

FIGURE 2. Monostable Waveforms

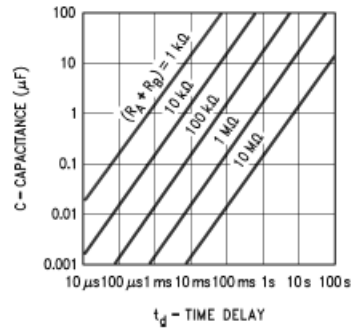
During the timing cycle when the output is high, the further application of a trigger pulse will not effect the circuit so long as the trigger input is returned high at least  $10\mu s$  before the end of the timing interval. However the circuit can be reset

during this time by the application of a negative pulse to the reset terminal (pin 4). The output will then remain in the low state until a trigger pulse is again applied.

When the reset function is not in use, it is recommended that it be connected to  $V_{CC}$  to avoid any possibility of false triggering.

Figure 3 is a nomograph for easy determination of R, C values for various time delays.

**NOTE:** In monostable operation, the trigger should be driven high before the end of timing cycle.

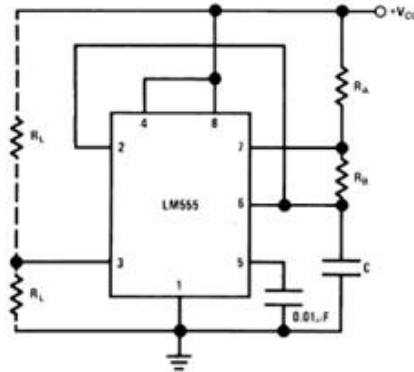


00785107

FIGURE 3. Time Delay

### ASTABLE OPERATION

If the circuit is connected as shown in Figure 4 (pins 2 and 6 connected) it will trigger itself and free run as a multivibrator. The external capacitor charges through  $R_A + R_B$  and discharges through  $R_B$ . Thus the duty cycle may be precisely set by the ratio of these two resistors.



00785108

FIGURE 4. Astable

In this mode of operation, the capacitor charges and discharges between  $1/3 V_{CC}$  and  $2/3 V_{CC}$ . As in the triggered mode, the charge and discharge times, and therefore the frequency are independent of the supply voltage.

## LM124/LM224/LM324/LM2902 Low Power Quad Operational Amplifiers

### General Description

The LM124 series consists of four independent, high gain, internally frequency compensated operational amplifiers which were designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltages. Operation from split power supplies is also possible and the low power supply current drain is independent of the magnitude of the power supply voltage.

Application areas include transducer amplifiers, DC gain blocks and all the conventional op amp circuits which now can be more easily implemented in single power supply systems. For example, the LM124 series can be directly operated off of the standard +5V power supply voltage which is used in digital systems and will easily provide the required interface electronics without requiring the additional  $\pm 15V$  power supplies.

### Unique Characteristics

- In the linear mode the input common-mode voltage range includes ground and the output voltage can also swing to ground, even though operated from only a single power supply voltage
- The unity gain cross frequency is temperature compensated
- The input bias current is also temperature compensated

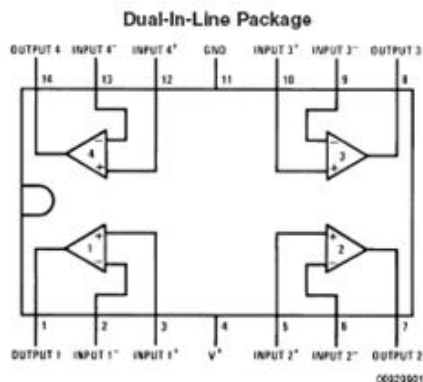
### Advantages

- Eliminates need for dual supplies
- Four internally compensated op amps in a single package
- Allows directly sensing near GND and  $V_{OUT}$  also goes to GND
- Compatible with all forms of logic
- Power drain suitable for battery operation

### Features

- Internally frequency compensated for unity gain
- Large DC voltage gain 100 dB
- Wide bandwidth (unity gain) 1 MHz (temperature compensated)
- Wide power supply range:  
Single supply 3V to 32V  
or dual supplies  $\pm 1.5V$  to  $\pm 16V$
- Very low supply current drain (700  $\mu A$ )—essentially independent of supply voltage
- Low input biasing current 45 nA (temperature compensated)
- Low input offset voltage 2 mV and offset current: 5 nA
- Input common-mode voltage range includes ground
- Differential input voltage range equal to the power supply voltage
- Large output voltage swing 0V to  $V^+ - 1.5V$

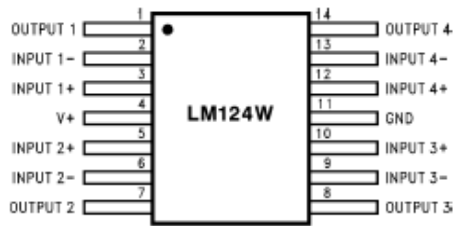
### Connection Diagrams



Top View

Order Number LM124J, LM124AJ, LM124J/883 (Note 2), LM124AJ/883 (Note 1), LM224J, LM224AJ, LM324J, LM324M, LM324MX, LM324AM, LM324AMX, LM2902M, LM2902MX, LM324N, LM324AN, LM324MT, LM324MTX or LM2902N LM124AJRQML and LM124AJRQMLV (Note 3)  
See NS Package Number J14A, M14A or N14A

**Connection Diagrams** (Continued)

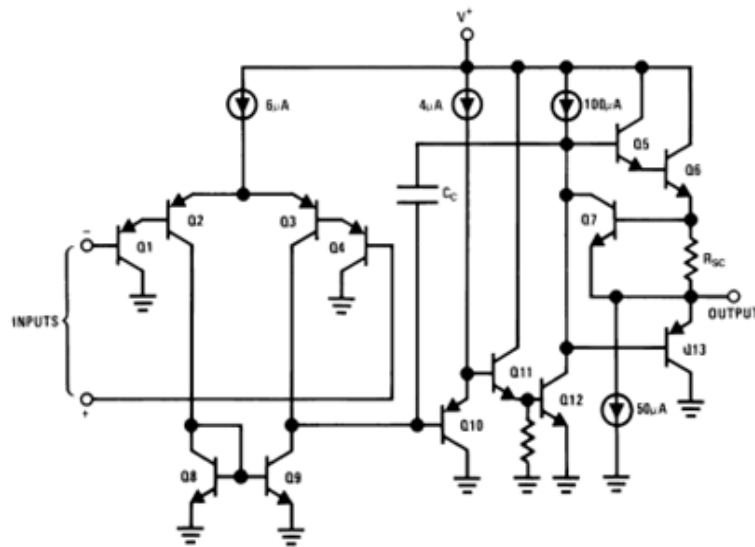


00929933

Order Number LM124AW/883, LM124AWG/883, LM124W/883 or LM124WG/883  
 LM124AWRQML and LM124AWRQMLV(Note 3)  
 See NS Package Number W14B  
 LM124AWGROML and LM124AWGROMLV(Note 3)  
 See NS Package Number WG14A

- Note 1: LM124A available per JM38510/11006
- Note 2: LM124A available per JM38510/11005
- Note 3: See STD MIL DWG 5962R99504 for Radiation Tolerant Device

**Schematic Diagram** (Each Amplifier)



00929932

## LM78XX Series Voltage Regulators

### General Description

The LM78XX series of three terminal regulators is available with several fixed output voltages making them useful in a wide range of applications. One of these is local on card regulation, eliminating the distribution problems associated with single point regulation. The voltages available allow these regulators to be used in logic systems, instrumentation, HiFi, and other solid state electronic equipment. Although designed primarily as fixed voltage regulators these devices can be used with external components to obtain adjustable voltages and currents.

The LM78XX series is available in an aluminum TO-3 package which will allow over 1.0A load current if adequate heat sinking is provided. Current limiting is included to limit the peak output current to a safe value. Safe area protection for the output transistor is provided to limit internal power dissipation. If internal power dissipation becomes too high for the heat sinking provided, the thermal shutdown circuit takes over preventing the IC from overheating.

Considerable effort was expended to make the LM78XX series of regulators easy to use and minimize the number

of external components. It is not necessary to bypass the output, although this does improve transient response. Input bypassing is needed only if the regulator is located far from the filter capacitor of the power supply.

For output voltage other than 5V, 12V and 15V the LM117 series provides an output voltage range from 1.2V to 57V.

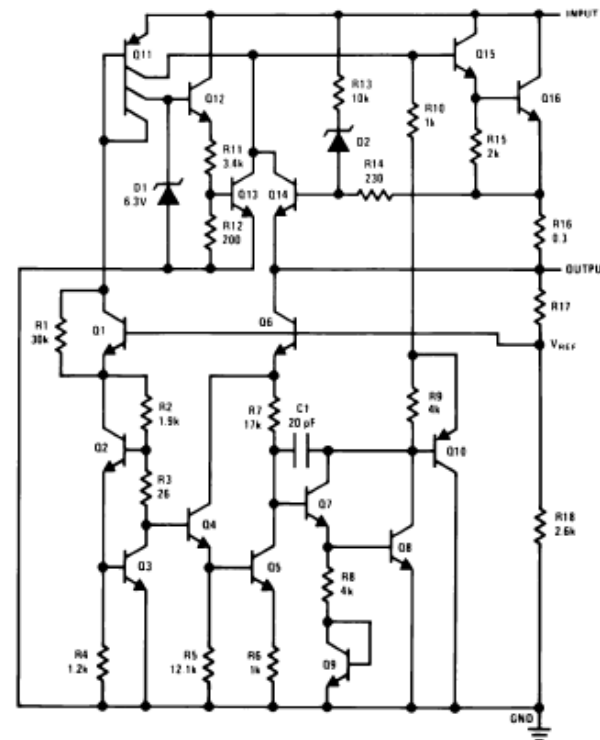
### Features

- Output current in excess of 1A
- Internal thermal overload protection
- No external components required
- Output transistor safe area protection
- Internal short circuit current limit
- Available in the aluminum TO-3 package

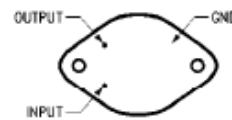
### Voltage Range

LM7805C	5V
LM7812C	12V
LM7815C	15V

### Schematic and Connection Diagrams



Metal Can Package  
TO-3 (K)  
Aluminum

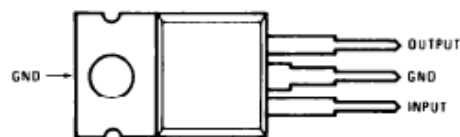


TL/H/7746-2

Bottom View

Order Number LM7805CK,  
LM7812CK or LM7815CK  
See NS Package Number KC02A

Plastic Package  
TO-220 (T)



TL/H/7746-3

Top View

Order Number LM7805CT,  
LM7812CT or LM7815CT  
See NS Package Number T03B

TL/H/7746-1

## 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.
- [5] Π.Δ. Μπούρκας, Εφαρμογές εγκαταστάσεων σε νοσοκομεία, Ε.Μ. Πολυτεχνείου 1999.
- [6] Π.Δ. Μπούρκας, Ο βιοηλεκτρισμός και οι διαγνωστικές εφαρμογές του. Επιθεώρηση Υγείας, Τόμος 7, Τεύχος 3(40), 1996, σελ.57-63.
- [7] 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.
- [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: 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 .
- [10] Π.Δ. Μπούρκας: Ιδιαιτερότητες των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων σε μονάδες επείγουσας ιατρικής, Επιθεώρηση Υγείας, Τόμος 3, Τεύχος 1(14) 1992, σελ. 51-55.
- [11] Π.Δ. Μπούρκας, Ν. Ουζούνουγλου: Βιοιατρική Τεχνολογία και ειδικές νοσοκομειακές εγκαταστάσεις, Εκδόσεις Συμεών, Αθήνα 1989.
- [12] P.D. Bourkas, E.A. Kayafas. A.M. Maxias: Specified current in Emergency load switches, IEE Proceedings, Pt. C, Vol.135, No. 4, 1988, p.p. 330-333.
- [13] Υπουργείο Υγείας Πρόνοιας και Κοινωνικών ασφαλίσεων: Τεχνικές απαιτήσεις κλιματισμού, Αθήνα 1987.
- [14] Υπουργείο Υγείας Πρόνοιας και Κοινωνικών ασφαλίσεων : Προδιαγραφές Κέντρων Υγείας (διάφορες προδιαγραφές δημοπράτηση, οδηγίες κατασκευής κ.λ.π.), Αθήνα 1983÷1986.
- [15] A. Terry Behill , Bioengineering: Medical and Clinical Engineering, 1981.
- [16] 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 abrupton, IET, Generation, Transmission & Distribution, accepted for publication.
- [17] Κανονισμός ΟΔ-22/ΔΕΔ-ΤΤΕ Δ-4/ 4-7-88 της ΔΕΗ
- [18] Psarros, E.G., Polykrati, A.D., Karagiannopoulos, C.G., and Bourkas, P.D.: ‘A Model for Calculating the Temperature of Aluminum Particles Ejected from Overhead Low-voltage Lines owing to a Short-Circuit’, International Journal of Wildland Fire, 2009, 18, (6), pp. 722-726
- [19] Ψαρρός Ε., Υπαίθριες Γραμμές Διανομής Χαμηλής Τάσης σε Περιβάλλον Πυρκαγιών, Διδακτορική Διατριβή, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα 2009\
- [20] IEC 60865-1: ‘Short-circuit Currents – Calculation of Effects – Part 1’, 1993
- [21] Kuffel, E., Zaengl, W.S., and Kuffel, J.: ‘High Voltage Engineering: Fundamentals’ (Newnes, 2nd edn., 2000)



- [22] Naidu, M.S., and Kamaraju, V.: ‘High Voltage Engineering’ (McGraw-Hill, 2nd edn., 1996)
- [23] Μπούρκας Π.Δ., Καραγιαννόπουλος Κ.Γ, Βιομηχανικές Διατάξεις και Υλικά, Εκδόσεις Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, Αθήνα 2003
- [24] Philippow, E.: ‘Taschenbuch Elektrotechnik’ (VEB Verlag Technik, 2nd edn., 1966)
- [25] ‘Hütte Taschenbuch für Betriebsingenieure (Betriebshutte), Band II’ (Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn, 4th edn., 1954)
- [26] Holm, R.: ‘Electric Contacts. Theory and Applications’ (Springer-Verlag, 4th edn., 1979)
- [27] Β. Σελούντος, Σ. Περδιός, Γ. Παπαϊωάννου και Κ. Χασιανάκος, Πυρασφάλεια, εφαρμοσμένη πυροπροστασία και στοιχεία πυρόσβεσης, Εκδόσεις Φοίβος, Αθήνα 1998
- [28] Cote, A.E.: ‘Fire Protection Handbook’ (National Fire Protection Association, 17th edn., 1992)
- [29] Babrauskas, V.: ‘Ignition Handbook’ (Fire Science Publishers and Society of Fire Protection Engineers, 2003)
- [30] Πρότυπο IEC 60335-1, 2006-2009
- [31] DIN VDE 0700, Sicherheit elektrische Geräte für den Hausgebrauch und ähnliche Zwecke.
- [32] DIN VDE 0701, Instandsetzung, Anderung und Prufung elektrische Geräte für den Hausgebrauch und ähnliche Zwecke.
- [33] Europa Lehrmittel, Taschenbuch Elektrotechnik, Europa-Nr. 30103.
- [34] Philippow H., Taschenbuch Elektrotechnik, Band 2, Starkstromtechnik, Berlin 1983.
- [35] Ντοκόπουλος Π.: Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις καταναλωτών μέσης και χαμηλής τάσης, Εκδόσεις ΖΗΤΗ, Θεσσαλονίκη 1992
- [36] Μαχιάς Α.: Μαθήματα Εσωτερικών Εγκαταστάσεων, Εκδόσεις Ε.Μ.Π., 1991
- [37] Menemenlis E.CH.: Lighting Protection of Buildings and Structures, Techn.Ch.B, Greece, 1984, Vol4. No3, pp. 119-134
- [38] Σταθόπουλος Ι.Α.: Προστασία τεχνικών εγκαταστάσεων έναντι υπερτάσεων, Εκδόσεις Συμείων, Αθήνα 1985
- [39] Beatz H.: Mechanismus des Gewitters und Blitzes. Grundlagen de Blitz schutzes von Bauteu, VDE-Schriftenreihe 34, VDE-Verlag GmbH, 1978
- [40] Millman J., Χαλκιάς Χ., Ωλοκληρωμένη Ηλεκτρονική, Τόμος Β’, Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα 2000, σελ. 111-217.
- [41] Ε. Καγιάφας, Η. Κουκούτσης, Εργαστήριο Αναλογικών Ηλεκτρονικών Συστημάτων, Ε.Μ. Πολυτεχνείου, Αθήνα 2010